Java领域最有影响力和价值的著作之一，与《Java编程思想》齐名，10余年全球畅销不衰，广受好评

根据Java SE 7全面更新，全面、深入地讲解Java中所有高级特性和开发技巧，包含大量案例，实践性强

PEARSON

HZ BOOKS 华章科技

Java 核心技术 系列

Java 核心技术 卷II

高级特性（原书第9版）

Core Java Volume II——Advanced Features
(Ninth Edition)

（美）Cay S. Horstmann　Gary Cornell　著
陈昊鹏　王浩　姚建平　等译

机械工业出版社
China Machine Press

Java
核心技术
系列

Java 核心技术 卷II

高级特性（原书第9版）

Core Java Volume II——Advanced Features
(Ninth Edition)

（美）Cay S. Horstmann　Gary Cornell 著
陈昊鹏　王浩　姚建平　等译

机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目（CIP）数据

Java 核心技术　卷 II　高级特性（原书第 9 版）/（美）霍斯特曼（Horstmann, C. S.），（美）科内尔（Cornell, G.）著；陈昊鹏等译．—北京：机械工业出版社，2013.12
（Java 核心技术系列）
书名原文：Core Java Volume II—Advanced Features（Ninth Edition）

ISBN 978-7-111-44250-9

I. J…　II. ①霍…　②科…　③陈…　III. Java 语言－程序设计－英文　IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 235224 号

版权所有·侵权必究
封底无防伪标均为盗版
本书法律顾问　北京市展达律师事务所

本书版权登记号：图字：01-2013-4456

Authorized translation from the English language edition, entitled *Core Java, Volume II—Advanced Features, Ninth Edition*, 978-0-13-708160-8 by Cay S. Horstmann, Gary Cornell, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2013 Oracle and / or its affiliates.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Chinese Simplified language edition published by Pearson Education Asia Ltd., and China Machine Press Copyright © 2014.

本书中文简体字版由 Pearson Education（培生教育出版集团）授权机械工业出版社在中华人民共和国境内（不包括中国台湾地区和中国香港、澳门特别行政区）独家出版发行。未经出版者书面许可，不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

本书封底贴有 Pearson Education（培生教育出版集团）激光防伪标签，无标签者不得销售。

Java 领域最有影响力和价值的著作之一，由拥有 20 多年教学与研究经验的资深 Java 技术专家撰写（获 Jolt 大奖），与《Java 编程思想》齐名，10 余年全球畅销不衰，广受好评。第 9 版根据 Java SE 7 全面更新，同时修正了第 8 版中的不足，系统全面讲解 Java 语言的核心概念、语法、重要特性和开发方法。本书全面覆盖 Java 技术的高级主题，包括流与文件、XML、网络、数据库编程、国际化等，详细描述了图形与 GUI 编程，还涉及安全、远程方法、注解处理、本地方法等。本书对 Java 技术的阐述精确到位，叙述方式深入浅出，并包含大量示例代码，能够帮助读者充分理解 Java 语言并灵活应用。

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街 22 号　　邮政编码　100037）
责任编辑：吴　怡
藁城市京瑞印刷有限公司印刷
2014 年 2 月第 1 版第 1 次印刷
186mm × 240mm · 53.5 印张
标准书号：ISBN 978-7-111-44250-9
定　　价：139.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
客服热线：（010）88378991　88361066　　投稿热线：（010）88379604
购书热线：（010）68326294　88379649　68995259　　读者信箱：hzjsj@hzbook.com

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

译 者 序

《Java 核心技术》又推出了新版第 9 版！可见这套书在广大 Java 程序员和爱好者中心的地位。本书覆盖面广，几乎囊括了 Java 标准版的所有方面。这一版增加了有关 Java SE 7 的内容，并且几乎重新编写了全书所有的示例程序，使得用户能够更加容易地掌握 Java 的精髓。

《Java 核心技术，卷 II：高级特性》面向的是已经熟读并掌握了《Java 核心技术，卷 I：基础知识》内容的读者，或者是已经对 Java 语言的基本特性相当熟悉的读者。卷 II 的内容包含了流和文件、XML、网络、数据库编程、国际化、高级 AWT、高级 Swing、JavaBean 构件、安全、脚本以及注解、分布式对象和本地方法等内容，把读者引入了 Java 世界的更深处。

我们翻译《Java 核心技术，卷 II：高级特性》始于第 7 版，由于水平有限，书中存在不少问题。如果读者对比之前的版本，一定能够发现我们订正了书中的许多错误，使得全书的阅读变得更加流畅了。当然，我们不敢说翻译中的谬误已经全部被订正，因此恳请读者能够批评指正，让我们共同创造精良的译本。

第 9 版的勘定由陈昊鹏完成，本书之前版本由陈昊鹏、王浩、姚建平、龚斌、楼钢、李伟、郭嘉和方小丽等共同完成。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

前　言

致读者

本书是按照 Java SE 7 完全更新后的《 Java 核心技术，卷Ⅱ：高级特性（原书第 9 版）》。卷Ⅰ主要介绍了 Java 语言的一些关键特性；而本卷主要介绍编程人员进行专业软件开发时需要了解的高级主题。因此，与本书之前的版本一样，我们仍将本书定位于用 Java 技术进行实际项目的编程人员。

请注意：如果你是一个经验丰富的开发人员，能够灵活运用像内部类和泛型这样的高级语言特性，那么你就不需要阅读完卷Ⅰ再学习本卷。不过，本卷的某些地方引用了卷Ⅰ的有关内容，（我们希望读者会购买或者已经购买了卷Ⅰ，）当然，读者也可以在任何一本综合介绍 Java 平台的书中找到所需的背景知识。

最后要说明的一点是，编写任何一本书籍都难免会有一些错误或不准确的地方。我们非常乐意听到读者的意见。当然，我们更希望对本书问题的报告只听到一次。为此，我们创建了一个 FAQ、bug 修正以及应急方案的网站 http:// horstmann.com/corejava。你可以在 bug 报告网页（该网页的目的是鼓励读者阅读以前的报告）的末尾处添加 bug 报告，以此来发布 bug 和问题并给出建议，以便我们改进本书将来的版本。

内容提要

本书中的章节大部分是相互独立的。你可以研究自己最感兴趣的主题，并可以按照任意顺序阅读这些章节。

第 1 章的主题是输入输出处理。在 Java 中，所有 I/O 都是通过所谓“流”来处理的。流使你可以按照统一的方式来处理与各种数据源之间的通信，例如文件、网络连接或内存块。我们对各种读入器和写出器类进行了详细的讨论，它们使得对 Unicode 的处理变得很容易。我们还向你展示了：如何使用对象序列化机制从而使保存和加载对象变得容易而方便，及其背后的原理。最后，我们讨论了 Java SE 7 的正则表达式和 NIO2 类库，它们使某些通用操作变得非常便捷，例如读取文件中的所有行。

第 2 章介绍 XML，介绍怎样解析 XML 文件，怎样生成 XML 以及怎样使用 XSL 转换。在一个实用示例中，我们将展示怎样在 XML 中指定 Swing 窗体的布局。我们还讨论了 XPath API，它使得“在 XML 的干草堆中寻找绣花针”变得更加容易。

第 3 章介绍网络 API。Java 使复杂的网络编程工作变得很容易实现。我们将介绍怎样创

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

建连接到服务器上，怎样实现你自己的服务器，以及怎样创建 HTTP 连接。

第 4 章介绍数据库编程，重点讲解 JDBC，即 Java 数据库连接 API，这是用于将 Java 程序与关系数据库进行连接的 API。我们将介绍怎样通过使用 JDBC API 的核心子集，编写能够处理实际的数据库日常操作事务的实用程序。（如果要完整介绍 JDBC API 的功能，可能需要编写一本像本书一样厚的书才行。）最后我们简要介绍了层次数据库，探讨了一下 JNDI（Java 命名及目录接口）以及 LDAP（轻量级目录访问协议）。

第 5 章讨论了一个我们认为其重要性将会不断提升的特性——国际化。Java 编程语言是少数几种一开始就被设计为可以处理 Unicode 的语言之一，不过 Java 平台的国际化支持则走得更加深远。因此，你可以对 Java 应用程序进行国际化，使得它们不仅可以跨平台，而且还可以跨越国界。例如，我们会展示怎样编写一个退休金计算器的 Applet，对它可以根据本地浏览器的情况使用英语、德语或者汉语进行浏览。

第 6 章涵盖了没有纳入卷 I 的所有 Swing 知识，尤其是重要但很复杂的树型构件和表格构件。随后我们介绍了编辑面板的基本用法、“多文档”界面的 Java 实现、在多线程程序中用到的进度指示器，以及诸如闪屏和支持系统托盘这样的“桌面集成特性”。我们仍着重介绍在实际编程中可能遇到的最为有用的构件，因为对 Swing 类库进行百科全书般的介绍可能会占据好几卷书的篇幅，并且只有专门的分类学家才感兴趣。

第 7 章介绍 Java 2D API，你可以用它来创建实际的图形和特殊的效果。该章还介绍了抽象窗口操作工具包（AWT）的一些高级特性，这部分内容看起来过于专业，不适合在卷 I 中介绍。虽然如此，这些技术还是应该成为每一个编程人员工具包的一部分。这些特性包括打印和用于剪切粘贴及拖放的 API。

第 8 章介绍了用于 Java 平台的构件 API——JavaBean。你将会看到怎样编写自己的 Bean，以及其他编程人员怎样在集成构建环境中对它们进行操作。最后我们展示怎样使用 JavaBean 的持久性，以某种与对象序列化不同的适用于长期存储的格式来存储自己的数据。

第 9 章继续介绍 Java 安全模型。Java 平台一开始就是基于安全而设计的，该章会带你深入内部，查看这种设计是怎样实现的。我们将展示怎样编写用于特殊应用的类加载器以及安全管理器。然后介绍允许使用消息、代码签名、授权以及认证和加密等重要特性的安全 API。最后，我们用一个使用 AES 和 RSA 加密算法的示例进行了总结。

第 10 章讨论了三种处理代码的技术。脚本机制和编译器 API 允许程序去调用使用诸如 JavaScript 或 Groovy 之类的脚本语言编写的代码，并且允许程序去编译 Java 代码。可以使用注解向 Java 程序中添加任意信息（有时称为元数据）。我们将展示注解处理器怎样在源码级别或者在类文件级别上收集这些注解，以及怎样运用这些注解来影响运行时的类行为。注解只有在工具的支持下才有用，因此，我们希望我们的讨论能够帮助你根据需要选择有用的注解处理工具。

第 11 章介绍分布式对象。我们详细介绍了 RMI（远程方法调用）。这个 API 可以让你运行分布在多台机器上的 Java 对象。

第 12 章介绍本地方法，这个功能可以让你调用为微软 Windows API 这样的特殊机制而

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

编写的各种方法。很显然，这种特性具有争议性：使用本地方法，那么 Java 平台的跨平台特性将会随之消失。虽然如此，每个为特定平台编写 Java 应用程序的专业开发人员都需要了解这些技术。有时，当你与不支持 Java 平台的设备或服务进行交互时，为了你的目标平台，你可能需要求助于操作系统 API。我们将通过展示如何从某个 Java 程序访问 Windows 注册表 API 来阐明这一点。

所有章节都按照最新版本的 Java 进行了修订，过时的材料都删除了，Java SE 7 的新 API 也都详细地进行了讨论。

约定

我们使用等宽字体表示计算机代码，这种格式在众多的计算机书籍中极为常见。各种图标的含义如下：

注意：需要引起注意的地方。

提示：有用的提示。

警告：关于缺陷或危险情况的警告信息。

C++ 注意：本书中有许多这类提示，用于解释 Java 程序设计语言和 C++ 语言之间的不同。如果你对这部分不感兴趣，可以跳过。

API Application Programming Interface 1.2

Java 平台配备有大量的编程类库或者应用编程接口（API）。当第一次使用某个 API 时，我们在每一节的末尾都添加了一个简短的描述。这些描述可能有点不太规范，但是比官方在线 API 文档更具指导性。接口的名字都是斜体的，就像许多官方文档一样。类、接口或方法名后面的数字是 JDK 的版本，表示在该版本中才引入了这些特性。

本书示例代码以程序清单的形式列举了出来，例如：

程序清单 1-1　ScriptTest.java

可以从网站 http://horstmann.com/corejava [⊖]下载示例代码。

致谢

写书总是需要付出极大的努力，而重写也并不像看上去那么容易，特别是在 Java 技术方面，要跟上其飞快的发展速率，更是如此。一本书的面世需要众多有奉献精神的人共同努力，我非常荣幸地在此向整个《Java 核心技术》团队致谢。

⊖ 也可登录华章网站（http://www.hzbook.com）下载相关代码。——编辑注

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

Prentice Hall 出版社的许多人都提供了颇有价值的帮助，但是他们甘愿居于幕后。我希望他们都能够知道我是多么感谢他们付出的努力。与以往一样，我要热切地感谢我的编辑，Prentice Hall 出版社的 Greg Doench，他对本书从编写到出版进行全程掌舵，并使我可以十分幸福地根本意识不到幕后那些人的存在。我还非常感谢 Julie Nahil 在撰写上的支持，以及感谢 Dmitry Kirsanov 和 Alina Kirsanova 对手稿的编辑和排版。

我非常感谢找到了很多令人尴尬的错误并提出了许多颇具创见性的建议的早先版本的读者。我特别要感谢十分出色的评审团队，他们用令人惊异的眼睛仔细浏览了所有原稿，并将我从许多令人尴尬的错误中拯救了出来。

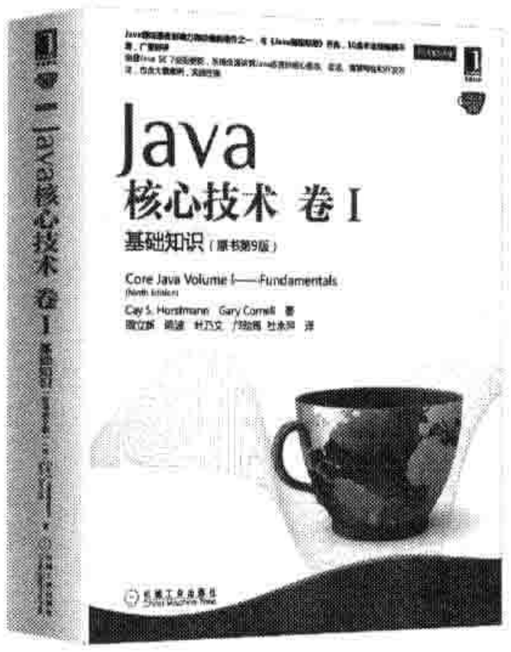
这一版及以前版本是由以下人员评审的：Chuck Allison（特约编辑，《C/C++ Users Journal》）、（Lance Anderson（Oracle））、Alec Beaton（PointBase, Inc.）、Cliff Berg（iSavvix Corporation）、Joshua Bloch David Brown、Corky Cartwright、Frank Cohen（PushToTest）、Chris Crane（devXsolution）、Dr. Nicholas J. De Lillo（曼哈顿学院）、Rakesh Dhoopar（Oracle）、Robert Evans（资深教师，约翰·霍普金斯大学应用物理实验室）、David Geary（Sabreware）、Jin Gish(oracle) Brian Goetz（首席顾问，Quiotix Corp.）、Angela Gordon、Dan Gordon、Rob Gordon、John Gray（Hartford 大学）、Cameron Gregory（olabs.com）、Marty Hall（约翰·霍普金斯大学应用物理实验室）、Vincent Hardy、Dan Harkey（圣何塞州立大学）、William Higgins（IBM）、Vladimir Ivanovic（PointBase）、Jerry Jackson（ChannelPoint Software）、Tim Kimmet（Preview Systems）、Chris Laffra、Charlie Lai、Angelika Langer、Doug Langston、Hang Lau（McGill 大学）、Mark Lawrence、Doug Lea（SUNY Oswego）、Gregory Longshore、Bob Lynch（Lynch Associates）、Philip Milne（顾问）、Mark Morrissey（俄勒冈研究生院）、Mahesh Neelakanta（佛罗里达大西洋大学）、Hao Pham、Paul Philion、Blake Ragsdell、Ylber Ramadani（Ryerson 大学）、Stuart Reges（亚利桑那大学）、Rich Rosen（Interactive Data Corporation）、Peter Sanders（ESSI 大学，Nice, France）、Dr. Paul Sanghera（圣何塞州立大学和布鲁克学院）、Paul Sevinc（Teamup AG）、Devang Shah、Richard Slywczak（NASA/Glenn 研究中心）、Bradley A. Smith、Steven Stelting、Christopher Taylor、Luke Taylor（Valtech）、George Thiruvathukal、Kim Topley（《Core JFC 第 2 版》的作者）、Janet Traub、Paul Tyma（顾问）Peter van der Linden、Burt Walsh、Joe Wang(Oracle) 和 Dan Xu(Oracle)。

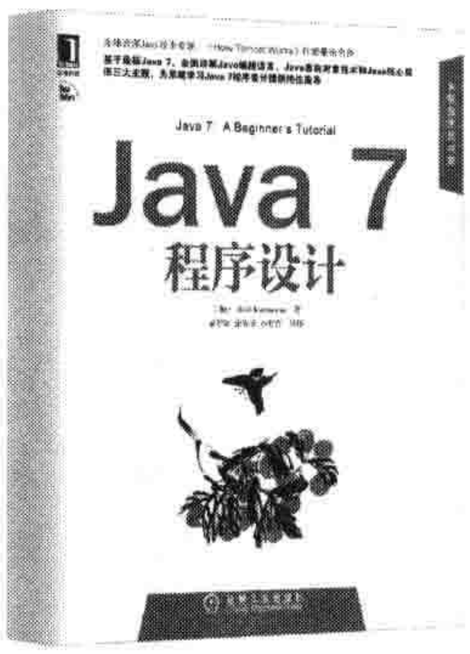
Cay Horstmann

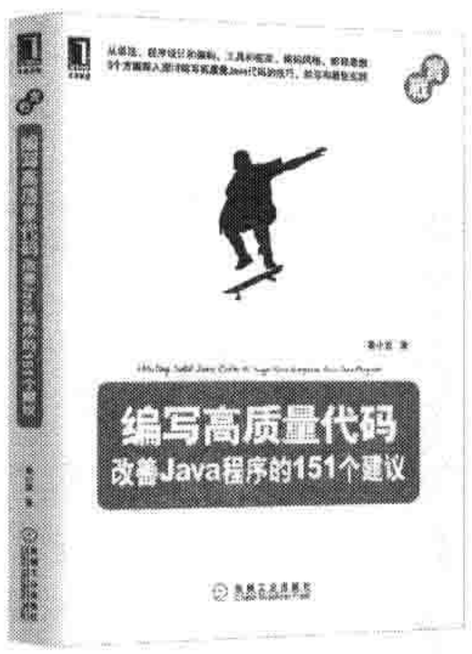
于加州旧金山 2012 年 12 月

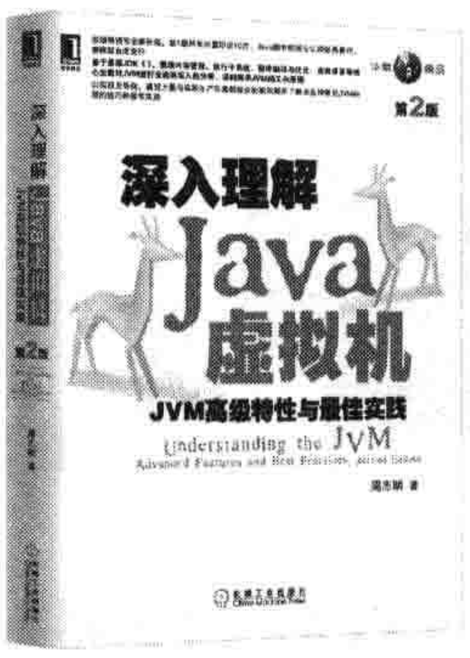
更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

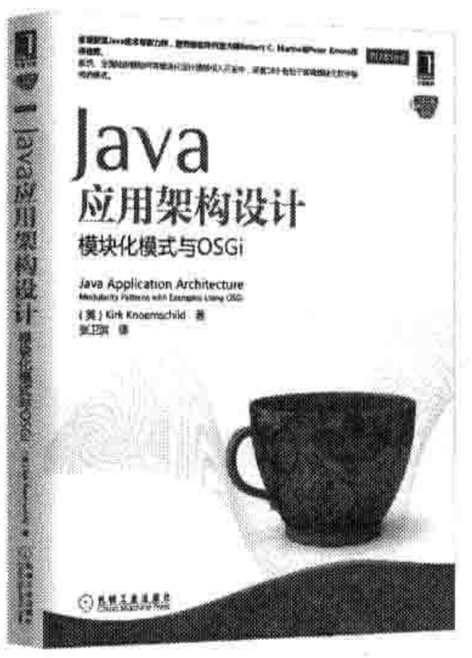
推荐阅读

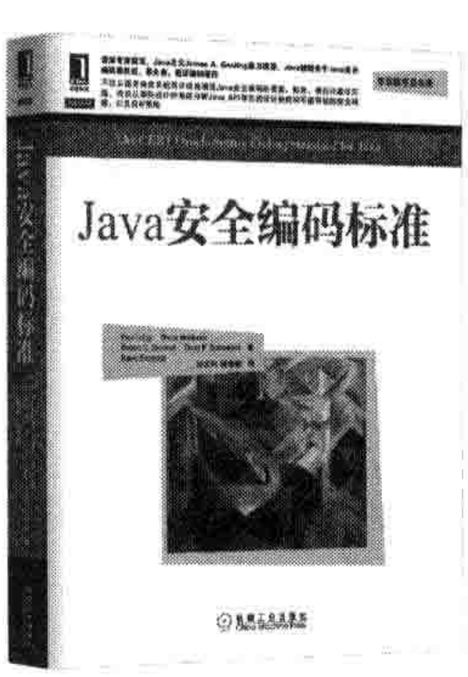


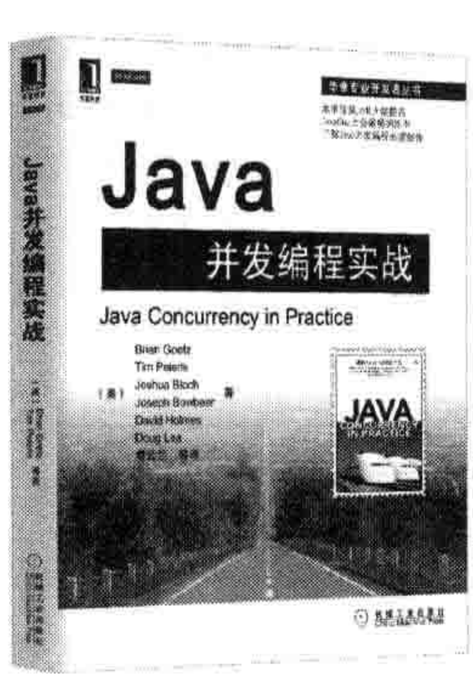


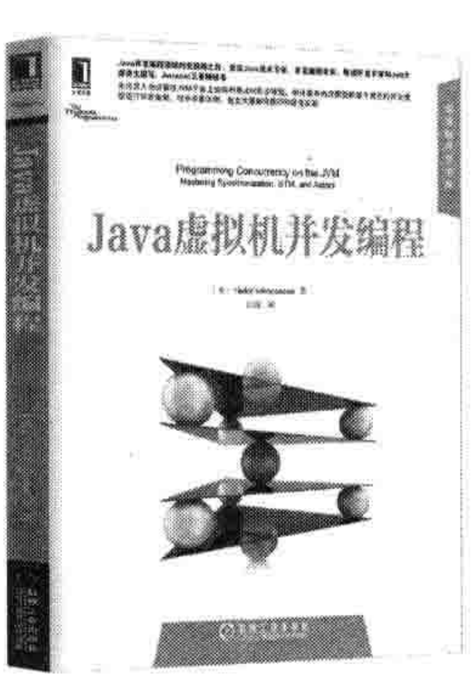






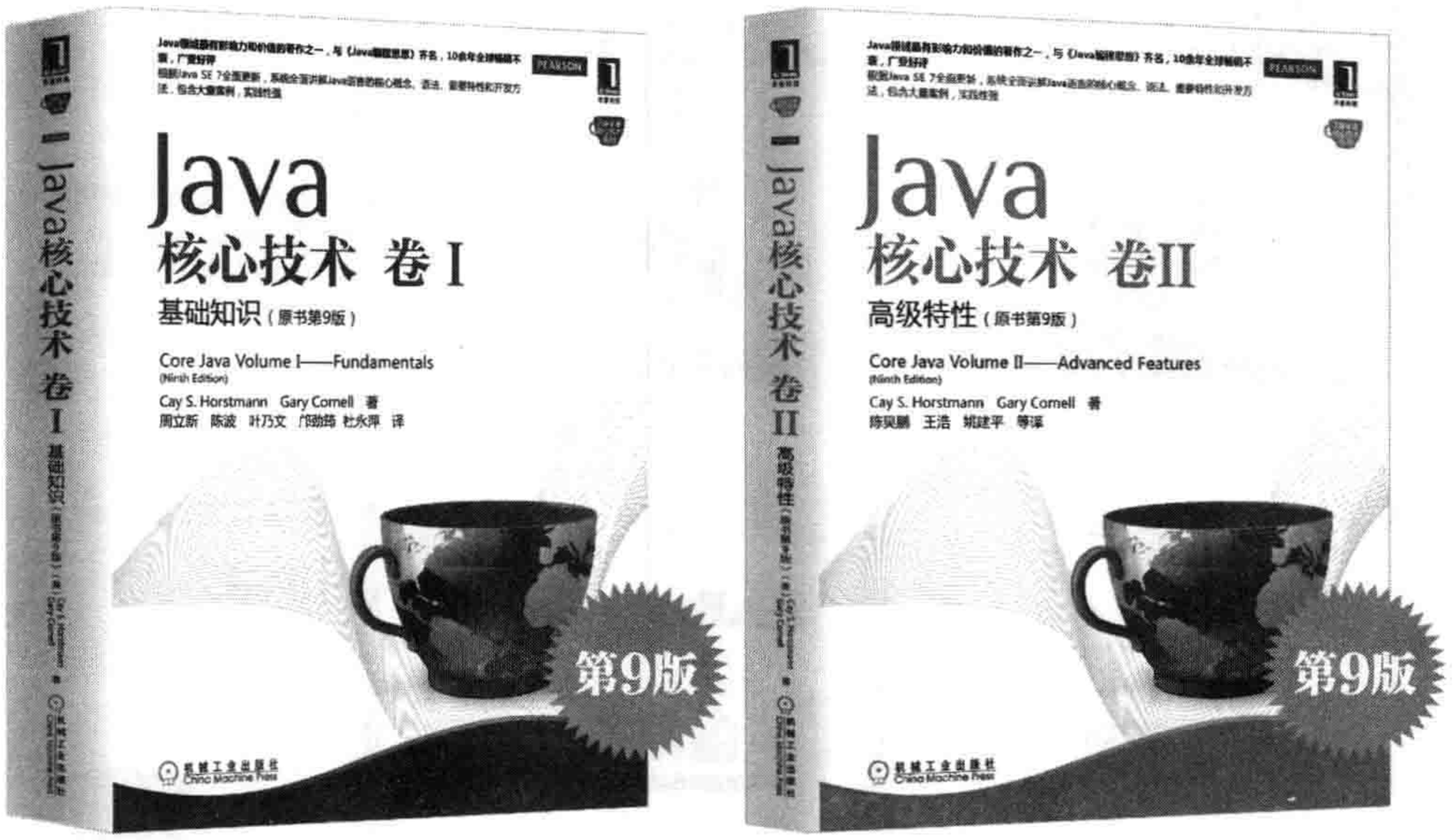






更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

推荐阅读



Java核心技术 卷I和卷II（第9版）

Java领域最有影响力和价值的著作之一，拥有20多年教学与研究经验的资深Java技术专家撰写（获Jolt大奖），与《Java编程思想》齐名，10余年全球畅销不衰，广受好评。第9版根据Java SE 7全面更新，同时修正了第8版中的不足，系统全面讲解Java语言的核心概念、语法、重要特性和开发方法，包含大量案例，实践性强。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

目　录

译者序
前言

第 1 章　流与文件 …… 1
1.1　流 …… 1
1.1.1　读写字节 …… 1
1.1.2　完整的流家族 …… 3
1.1.3　组合流过滤器 …… 7
1.2　文本输入与输出 …… 10
1.2.1　如何写出文本输出 …… 10
1.2.2　如何读入文本输入 …… 13
1.2.3　以文本格式存储对象 …… 13
1.2.4　字符集 …… 16
1.3　读写二进制数据 …… 20
1.4　ZIP 文档 …… 27
1.5　对象流与序列化 …… 29
1.5.1　理解对象序列化的文件格式 … 34
1.5.2　修改默认的序列化机制 …… 39
1.5.3　序列化单例和类型安全的枚举 …… 40
1.5.4　版本管理 …… 42
1.5.5　为克隆使用序列化 …… 44
1.6　操作文件 …… 46
1.6.1　Path …… 46
1.6.2　读写文件 …… 48
1.6.3　复制、移动和删除文件 …… 49
1.6.4　创建文件和目录 …… 50
1.6.5　获取文件信息 …… 51
1.6.6　迭代目录中的文件 …… 53
1.6.7　ZIP 文件系统 …… 55
1.7　内存映射文件 …… 56
1.7.1　缓冲区数据结构 …… 62
1.7.2　文件加锁机制 …… 64
1.8　正则表达式 …… 66

第 2 章　XML …… 76
2.1　XML 概述 …… 76
2.2　解析 XML 文档 …… 81
2.3　验证 XML 文档 …… 91
2.3.1　文档类型定义 …… 92
2.3.2　XML Schema …… 98
2.3.3　实用示例 …… 101
2.4　使用 XPath 来定位信息 …… 113
2.5　使用命名空间 …… 119
2.6　流机制解析器 …… 121
2.6.1　使用 SAX 解析器 …… 122
2.6.2　使用 StAX 解析器 …… 126
2.7　生成 XML 文档 …… 129
2.7.1　不带命名空间的文档 …… 130
2.7.2　带命名空间的文档 …… 130
2.7.3　写出文档 …… 131
2.7.4　示例：生成 SVG 文件 …… 131
2.7.5　使用 StAX 写 XML 文档 … 133
2.8　XSL 转换 …… 140

第 3 章　网络 …… 151
3.1　连接到服务器 …… 151
3.1.1　套接字超时 …… 155
3.1.2　因特网地址 …… 156
3.2　实现服务器 …… 157
3.2.1　为多个客户端服务 …… 160
3.2.2　半关闭 …… 163
3.3　可中断套接字 …… 164
3.4　获取 Web 数 …… 171

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

3.4.1 URL 和 URI …… 171
3.4.2 使用 URLConnection 获取信息 …… 173
3.4.3 提交表单数据 …… 181
3.5 发送 E-mail …… 187
第 4 章 数据库编程…… 191
4.1 JDBC 的设计 …… 191
4.1.1 JDBC 驱动程序类型 …… 192
4.1.2 JDBC 的典型用法 …… 193
4.2 结构化查询语言 …… 194
4.3 JDBC 配置 …… 198
4.3.1 数据库 URL …… 199
4.3.2 驱动程序 JAR 文件 …… 199
4.3.3 启动数据库 …… 199
4.3.4 注册驱动器类 …… 200
4.3.5 连接到数据库 …… 201
4.4 执行 SQL 语句 …… 203
4.4.1 管理连接、语句和结果集… 206
4.4.2 分析 SQL 异常 …… 207
4.4.3 组装数据库 …… 209
4.5 执行查询操作 …… 212
4.5.1 预备语句 …… 212
4.5.2 读写 LOB …… 218
4.5.3 SQL 转义 …… 219
4.5.4 多结果集 …… 220
4.5.5 获取自动生成键 …… 221
4.6 可滚动和可更新的结果集 …… 222
4.6.1 可滚动的结果集 …… 222
4.6.2 可更新的结果集 …… 224
4.7 行集 …… 228
4.7.1 构建行集 …… 228
4.7.2 被缓存的行集 …… 229
4.8 元数据 …… 231
4.9 事务 …… 240
4.9.1 保存点 …… 241
4.9.2 批量更新 …… 241
4.9.3 高级 SQL 类型 …… 243
4.10 Web 与企业应用中的连接管理 …… 244
第 5 章 国际化…… 246
5.1 Locales …… 246
5.2 数字格式 …… 251
5.3 日期和时间 …… 257
5.4 排序 …… 264
5.4.1 排序强度 …… 265
5.4.2 分解 …… 265
5.5 消息格式化 …… 270
选择格式 …… 272
5.6 文本文件和字符集 …… 273
源文件的字符编码 …… 274
5.7 资源包 …… 275
5.7.1 定位资源包 …… 275
5.7.2 属性文件 …… 276
5.7.3 包类 …… 277
5.8 一个完整的例子 …… 278
第 6 章 高级 Swing …… 293
6.1 列表 …… 293
6.1.1 JList 构件 …… 293
6.1.2 列表模式 …… 298
6.1.3 插入和移除值 …… 302
6.1.4 值的绘制 …… 304
6.2 表格 …… 307
6.2.1 简单表格 …… 307
6.2.2 表格模型 …… 310
6.2.3 对行和列的操作 …… 314
6.2.4 单元格的绘制和编辑 …… 328
6.3 树 …… 338
6.3.1 简单的树 …… 339
6.3.2 节点枚举 …… 352
6.3.3 绘制节点 …… 353
6.3.4 监听树事件 …… 356
6.3.5 定制树模型 …… 362

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

6.4 文本构件 …… 370
6.4.1 文本构件中的修改跟踪 … 371
6.4.2 格式化的输入框 …… 373
6.4.3 JSpinner 构件…… 388
6.4.4 用 JEditorPane 显示 HTML… 395
6.5 进度指示器 …… 401
6.5.1 进度条 …… 401
6.5.2 进度监视器 …… 404
6.5.3 监视输入流的进度 …… 407
6.6 构件组织器和装饰器 …… 411
6.6.1 分割面板 …… 411
6.6.2 选项卡面板 …… 414
6.6.3 桌面面板和内部框体 …… 419
6.6.4 级联与平铺 …… 422
6.6.5 否决属性设置 …… 425
第 7 章 高级 AWT …… 440
7.1 绘图操作流程 …… 440
7.2 形状 …… 442
7.3 区域 …… 456
7.4 笔划 …… 458
7.5 着色 …… 465
7.6 坐标变换 …… 466
7.7 剪切 …… 471
7.8 透明与组合 …… 473
7.9 绘图提示 …… 481
7.10 图像的读取器和写入器 …… 486
7.10.1 获得图像文件类型的读取器和写入器 …… 487
7.10.2 读取和写入带有多个图像的文件 …… 488
7.11 图像处理 …… 496
7.11.1 构建光栅图像 …… 496
7.11.2 图像过滤 …… 502
7.12 打印 …… 510
7.12.1 图形打印 …… 510
7.12.2 打印多页文件 …… 518
7.12.3 打印预览 …… 520
7.12.4 打印服务程序 …… 528
7.12.5 流打印服务程序 …… 531
7.12.6 打印属性 …… 532
7.13 剪贴板 …… 538
7.13.1 用于数据传递的类和接口 … 539
7.13.2 传递文本 …… 540
7.13.3 Transferable 接口和数据风格 …… 543
7.13.4 构建一个可传递的图像 … 545
7.13.5 通过系统剪贴板传递 Java 对象 …… 548
7.13.6 使用本地剪贴板来传递对象引用 …… 552
7.14 拖放操作 …… 552
7.14.1 Swing 对数据传递的支持… 553
7.14.2 拖曳源 …… 557
7.14.3 放置目标 …… 559
7.15 平台集成 …… 566
7.15.1 闪屏 …… 566
7.15.2 启动桌面应用程序 …… 571
7.15.3 系统托盘 …… 576
第 8 章 JavaBean 构件 …… 581
8.1 为何使用 Bean…… 581
8.2 编写 Bean 的过程 …… 583
8.3 使用 Bean 构造应用程序 …… 585
8.3.1 将 Bean 打包成 JAR 文件… 585
8.3.2 在开发环境中组合 Bean … 586
8.4 Bean 属性与事件的命名模式… 591
8.5 Bean 属性的类型…… 594
8.5.1 简单属性 …… 594
8.5.2 索引属性 …… 594
8.5.3 绑定属性 …… 595
8.5.4 约束属性 …… 596
8.6 BeanInfo 类 …… 603
8.7 属性编辑器 …… 607

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

8.8 定制器 …… 616
8.9 JavaBean 持久化 …… 624
8.9.1 JavaBean 持久化可用于任何数据 …… 628
8.9.2 一个 JavaBean 持久化的完整示例 …… 633
第 9 章 安全 …… 644
9.1 类加载器 …… 645
9.1.1 类加载器的层次结构 …… 646
9.1.2 将类加载器作为命名空间 … 647
9.1.3 编写你自己的类加载器 … 648
9.2 字节码校验 …… 653
9.3 安全管理器与访问权限 …… 657
9.3.1 Java 平台安全性 …… 658
9.3.2 安全策略文件 …… 661
9.3.3 定制权限 …… 667
9.3.4 实现权限类 …… 669
9.4 用户认证 …… 674
9.5 数字签名 …… 687
9.5.1 消息摘要 …… 688
9.5.2 消息签名 …… 691
9.5.3 校验签名 …… 693
9.5.4 认证问题 …… 695
9.5.5 证书签名 …… 697
9.5.6 证书请求 …… 698
9.6 代码签名 …… 699
9.6.1 JAR 文件签名 …… 699
9.6.2 软件开发者证书 …… 702
9.7 加密 …… 704
9.7.1 对称密码 …… 705
9.7.2 密钥生成 …… 706
9.7.3 密码流 …… 710
9.7.4 公共密钥密码 …… 711
第 10 章 脚本、编译与注解处理 … 716
10.1 Java 平台的脚本 …… 716
10.1.1 获取脚本引擎 …… 716
10.1.2 脚本赋值与绑定 …… 717
10.1.3 重定向输入和输出 …… 719
10.1.4 调用脚本的函数和方法 … 720
10.1.5 编译脚本 …… 722
10.1.6 一个示例：用脚本处理 GUI 事件 …… 722
10.2 编译器 API …… 727
10.2.1 编译便捷之法 …… 727
10.2.2 使用编译工具 …… 727
10.2.3 一个示例：动态 Java 代码生成 …… 732
10.3 使用注解 …… 737
10.4 注解语法 …… 743
10.5 标准注解 …… 746
10.5.1 用于编译的注解 …… 747
10.5.2 用于管理资源的注解 …… 748
10.5.3 元注解 …… 748
10.6 源码级注解处理 …… 750
10.7 字节码工程 …… 756
第 11 章 分布式对象 …… 765
11.1 客户与服务器的角色 …… 765
11.2 远程方法调用 …… 767
11.3 RMI 编程模型 …… 769
11.3.1 接口与实现 …… 769
11.3.2 RMI 注册表 …… 770
11.3.3 部署程序 …… 774
11.3.4 记录 RMI 活动的日志 …… 776
11.4 远程方法中的参数和返回值 … 778
11.4.1 传递远程对象 …… 778
11.4.2 传递非远程对象 …… 779
11.4.3 动态类加载 …… 781
11.4.4 具有多重接口的远程引用 785
11.4.5 远程对象与 equals、hashCode 和 clone 方法 …… 786
11.5 远程对象激活 …… 786

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第 12 章　本地方法 …… 792
12.1　从 Java 程序中调用 C 函数 … 793
12.2　数值参数与返回值 …… 797
12.3　字符串参数 …… 799
12.4　访问域 …… 804
12.4.1　访问实例域 …… 804
12.4.2　访问静态域 …… 808
12.5　编码签名 …… 809
12.6　调用 Java 方法 …… 810
12.6.1　实例方法 …… 810
12.6.2　静态方法 …… 813
12.6.3　构造器 …… 814
12.6.4　替代方法调用 …… 815
12.7　访问数组元素 …… 816
12.8　错误处理 …… 820
12.9　使用调用 API …… 824
12.10　完整的示例：访问 Windows 注册表 …… 829
12.10.1　Windows 注册表概述 … 829
12.10.2　访问注册表的 Java 平台接口 …… 830
12.10.3　以本地方法方式实现注册表访问函数 …… 830

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第1章　流与文件

- ▲ 流
- ▲ 文本输入与输出
- ▲ 读入和写出二进制数据
- ▲ ZIP 文档
- ▲ 对象流与序列化
- ▲ 使用文件
- ▲ 内存映射文件
- ▲ 正则表达式

本章将介绍 Java 中用于输入和输出的各种应用编程接口（Application Programming Interface，API）。你将要学习如何访问文件与目录，以及如何以二进制格式和文本格式来读写数据。本章还要向你展示对象序列化机制，它可以使存储对象像存储文本和数值数据一样容易。然后，我们将介绍在 Java SE 1.4 中引入的“新 I/O”包 `java.nio` 所带来的种种改进，以及 Java 7 的“新新 I/O”改进。最后，本章将讨论正则表达式，尽管这部分内容实际上与流和文件并不相关，但是我们确实也找不到更合适的地方来处理这个话题。很明显，Java 设计团队在这个问题的处理上和我们一样，因为正则表达式 API 的规格说明隶属于“新 I/O”特性的规格说明。

1.1　流

在 Java API 中，可以从其中读入一个字节序列的对象称做*输入流*，而可以向其中写入一个字节序列的对象称做*输出流*。这些字节序列的来源地和目的地可以是文件，而且通常都是文件，但是也可以是网络连接，甚至是内存块。抽象类 `InputStream` 和 `OutputStream` 构成了输入 / 输出（I/O）类层次结构的基础。

因为面向字节的流不便于处理以 Unicode 形式存储的信息（回忆一下，Unicode 中每个字符都使用了多个字节来表示），所以从抽象类 `Reader` 和 `Writer` 中继承出来了一个专门用于处理 Unicode 字符的单独的类层次结构。这些类拥有的读入和写出操作都是基于两字节的 Unicode 码元的，而不是基于单字节的字符。

1.1.1　读写字节

`InputStream` 类有一个抽象方法：

```
abstract int read()
```

这个方法将读入一个字节，并返回读入的字节，或者在遇到输入源结尾时返回 −1。在设计具体的输入流类时，必须覆盖这个方法以提供适用的功能，例如，在 `FileInputStream` 类中，这个方法将从某个文件中读入一个字节，而 `System.in`（它是 `InputStream` 的一个

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

子类的预定义对象）却是从键盘读入信息。

InputStream 类还有若干个非抽象的方法，它们可以读入一个字节数组，或者跳过大量的字节。这些方法都要调用抽象的 read 方法，因此，各个子类都只需覆盖这一个方法。

与此类似，OutputStream 类定义了下面的抽象方法：

```
abstract void write(int b)
```

它可以向某个输出位置写出一个字节。

read 和 write 方法在执行时都将阻塞，直至字节确实被读入或写出。这就意味着如果流不能被立即访问（通常是因为网络连接忙），那么当前的线程将被阻塞。这使得在这两个方法等待指定的流变为可用的这段时间里，其他的线程就有机会去执行有用的工作。

available 方法使我们可以去检查当前可读入的字节数量，这意味着像下面这样的代码片段就不可能被阻塞：

```
int bytesAvailable = in.available();
if (bytesAvailable > 0)
{
   byte[] data = new byte[bytesAvailable];
   in.read(data);
}
```

当你完成对流的读写时，应该通过调用 close 方法来关闭它，这个调用会释放掉十分有限的操作系统资源。如果一个应用程序打开了过多的流而没有关闭，那么系统资源将被耗尽。关闭一个输出流的同时还会冲刷用于该输出流的缓冲区：所有被临时置于缓冲区中，以便用更大的包的形式传递的字符在关闭输出流时都将被送出。特别是，如果不关闭文件，那么写出字节的最后一个包可能将永远也得不到传递。当然，我们还可以用 flush 方法来人为地冲刷这些输出。

即使某个流类提供了使用原生的 read 和 write 功能的某些具体方法，应用系统的程序员还是很少使用它们，因为大家感兴趣的数据可能包含数字、字符串和对象，而不是原生字节。

Java 提供了众多从基本的 InputStream 和 OutputStream 类导出的类，这些类使我们可以处理那些以常用格式表示的数据，而不只是字节。

API java.io.InputStream 1.0

- `abstract int read()`

  从数据中读入一个字节，并返回该字节。这个 read 方法在碰到流的结尾时返回 −1。

- `int read(byte[] b)`

  读入一个字节数组，并返回实际读入的字节数，或者在碰到流的结尾时返回 −1。这个 read 方法最多读入 b.length 个字节。

- `int read(byte[] b, int off, int len)`

  读入一个字节数组。这个 read 方法返回实际读入的字节数，或者在碰到流的结尾时返回 −1。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

参数：b　　数据读入的数组
　　off　　第一个读入字节应该被放置的位置在 b 中的偏移量
　　len　　读入字节的最大数量

- long skip(long n)

在输入流中跳过 n 个字节，返回实际跳过的字节数（如果碰到流的结尾，则可能小于 n）。

- int available()

返回在不阻塞的情况下可获取的字节数（回忆一下，阻塞意味着当前线程将失去它对资源的占用）。

- void close()

关闭这个输入流。

- void mark(int readlimit)

在输入流的当前位置打一个标记（并非所有的流都支持这个特性）。如果从输入流中已经读入的字节多于 readlimit 个，则这个流允许忽略这个标记。

- void reset()

返回到最后一个标记，随后对 read 的调用将重新读入这些字节。如果当前没有任何标记，则这个流不被重置。

- boolean markSupported()

如果这个流支持打标记，则返回 true。

API java.io.OutputStream 1.0

- abstract void write(int n)

写出一个字节的数据。

- void write(byte[] b)
- void write(byte[] b, int off, int len)

写出所有字节或者某个范围的字节到数组 b 中。

参数：b　　数据写出的数组
　　off　　第一个写出字节在 b 中的偏移量
　　len　　写出字节的最大数量

- void close()

冲刷并关闭输出流。

- void flush()

冲刷输出流，也就是将所有缓冲的数据发送到目的地。

1.1.2 完整的流家族

与 C 语言只有单一类型 FILE* 包打天下不同，Java 拥有一个流家族，包含各种流类型，其数量超过 60 个！请参见图 1-1 和图 1-2。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

让我们把流家族中的成员按照它们的使用方法来进行划分，这样就形成了处理字节和字符的两个单独的层次结构。正如所见，InputStream 和 OutputStream 类可以读写单个字节或字节数组，这些类构成了图 1-1 所示的层次结构的基础。要想读写字符串和数字，就需要功能更强大的子类，例如，DataInputStream 和 DataOutputStream 可以以二进制格式读写所有的基本 Java 类型。最后，还包含了多个很有用的流，例如，ZipInputStream 和 ZipOutputStream 可以以常见的 ZIP 压缩格式读写文件。

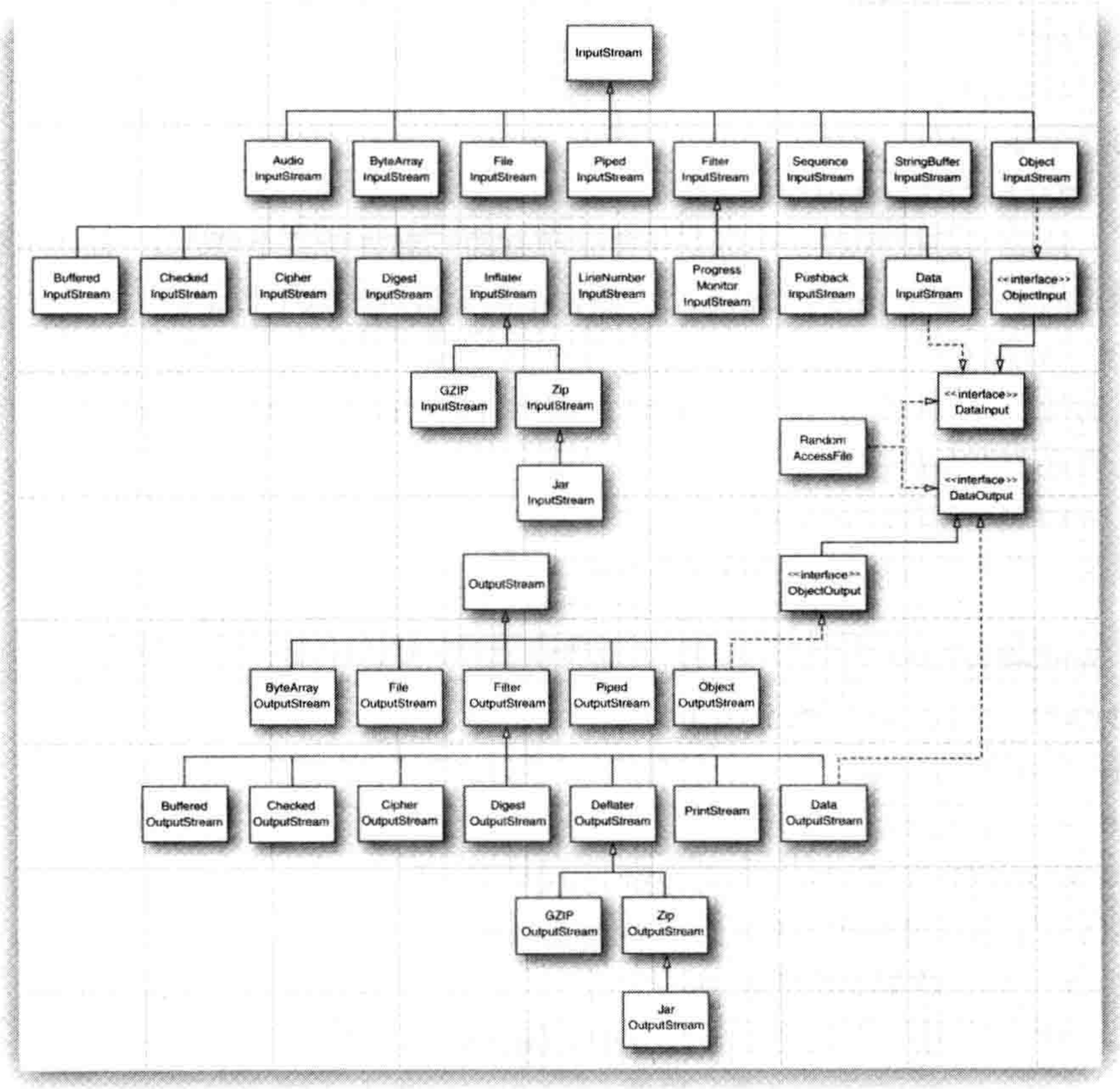


图 1-1 输入流与输出流的层次结构

另一方面，对于 Unicode 文本，可以使用抽象类 Reader 和 Writer 的子类（请参见图 1-2）。Reader 和 Writer 类的基本方法与 InputStream 和 OutputStream 中的方法类似。

```
abstract int read()
abstract void write(int c)
```

read 方法将返回一个 Unicode 码元（一个在 0 ~ 65535 之间的整数），或者在碰到文件结尾时返回 −1。write 方法在被调用时，需要传递一个 Unicode 码元（请查看第 I 卷第 3 章有关 Unicode 码元的讨论）。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

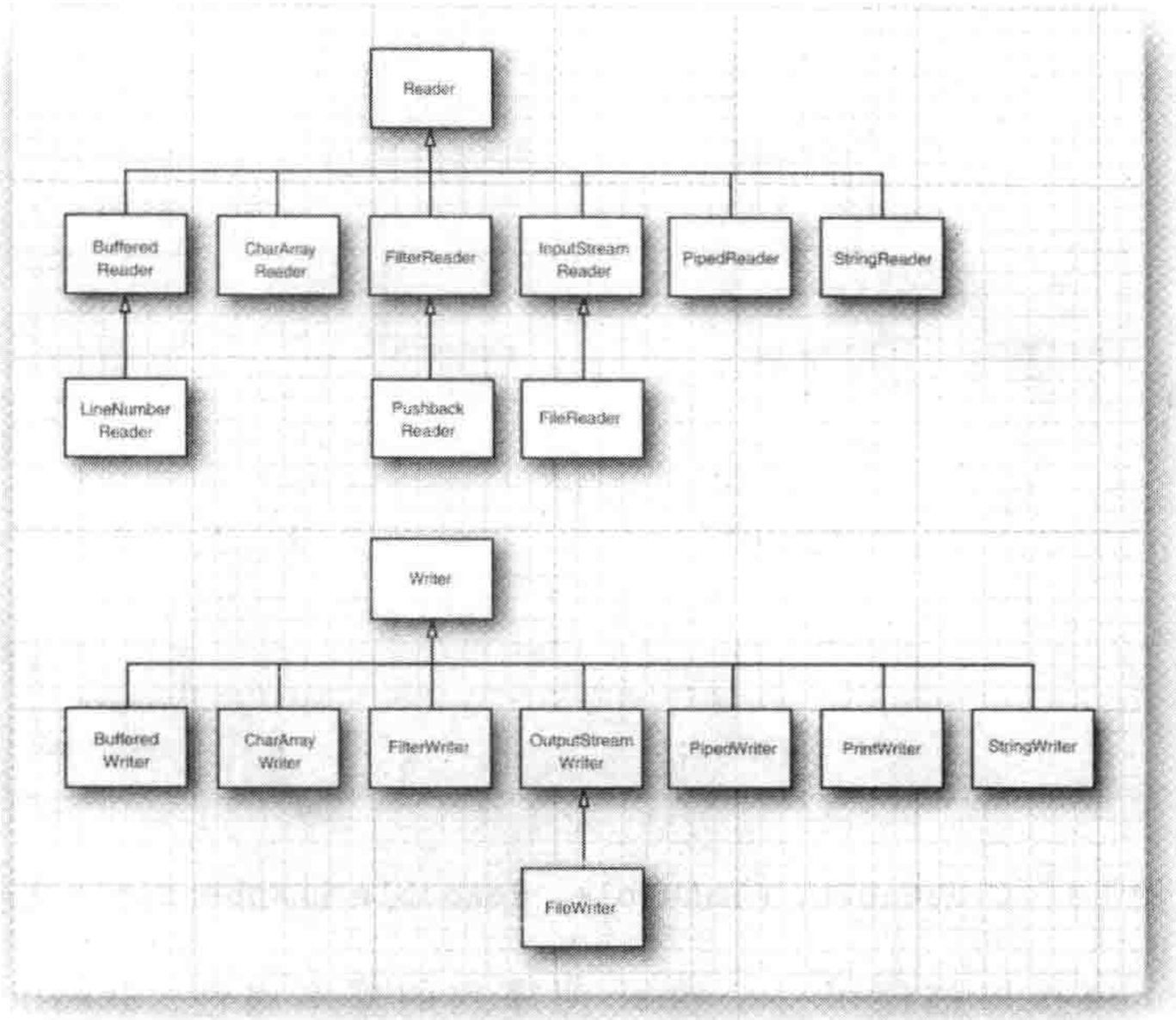


图 1-2 Reader 和 Writer 的层次结构

还有 4 个附加的接口：Closeable、Flushable、Readable 和 Appendable（请查看图 1-3）。前两个接口非常简单，它们分别拥有下面的方法：

```
void close() throws IOException
```

和

```
void flush()
```

InputStream、OutputStream、Reader 和 Writer 都实现了 Closeable 接口。

注意：java.io.Closeable 接口扩展了 java.lang.AutoCloseable 接口。因此，对任何 Closeable 进行操作时，都可以使用 try-with-resource 语句（try-with-resource 语句是指声明了一个或多个资源的 try 语句——译者注）。为什么要有两个接口呢？因为 Closeable 接口的 close 方法只抛出 IOException，而 AutoCloseable.close 方法可以抛出任何异常。

而 OutputStream 和 Writer 还实现了 Flushable 接口。

Readable 接口只有一个方法：

```
int read(CharBuffer cb)
```

CharBuffer 类拥有按顺序和随机地进行读写访问的方法，它表示一个内存中的缓冲区或者一个内存映像的文件（请参见 1.7.1 节“缓冲区数据结构”以了解细节）。

Appendable 接口有两个用于添加单个字符和字符序列的方法：

```
Appendable append(char c)
Appendable append(CharSequence s)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

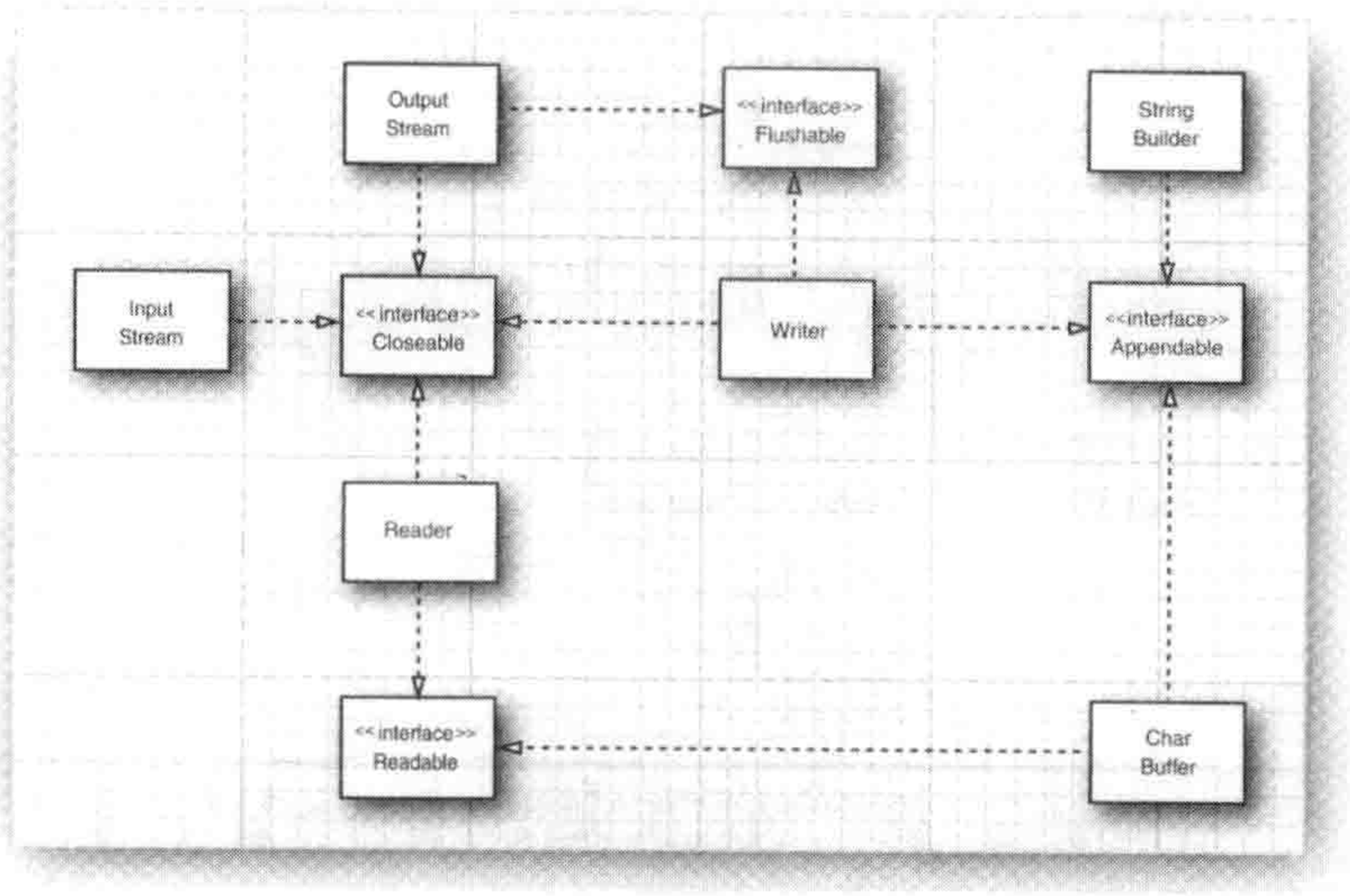


图 1-3 Closeable、Flushable、Readable 和 Appendable 接口

CharSequence 接口描述了一个 char 值序列的基本属性，String、CharBuffer、StringBuilder 和 StringBuffer 都实现了它。

在流类的家族中，只有 Writer 实现了 Appendable。

API *java.io.Closeable* 5.0

- void close()

  关闭这个 Closeable，这个方法可能会抛出 IOException。

API *java.io.Flushable* 5.0

- void flush()

  冲刷这个 Flushable。

API *java.lang.Readable* 5.0

- int read(CharBuffer cb)

  尝试着向 cb 读入其可持有数量的 char 值。返回读入的 char 值的数量，或者当从这个 Readable 中无法再获得更多的值时返回 −1。

API *java.lang.Appendable* 5.0

- Appendable append(char c)
- Appendable append(CharSequence cs)

  向这个 Appendable 中追加给定的码元或者给定的序列中的所有码元，返回 this。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API *java.lang.CharSequence* 1.4

- `char charAt(int index)`
  返回给定索引处的码元。
- `int length()`
  返回在这个序列中的码元的数量。
- `CharSequence subSequence(int startIndex, int endIndex)`
  返回由存储在 `startIndex` 到 `endIndex-1` 处的所有码元构成的 `CharSequence`。
- `String toString()`
  返回这个序列中所有码元构成的字符串。

1.1.3 组合流过滤器

`FileInputStream` 和 `FileOutputStream` 可以提供附着在一个磁盘文件上的输入流和输出流，而你只需向其构造器提供文件名或文件的完整路径名。例如：

```
FileInputStream fin = new FileInputStream("employee.dat");
```

这行代码可以查看在用户目录下名为“`employee.dat`”的文件。

提示： 所有在 `java.io` 中的类都将相对路径名解释为以用户工作目录开始，你可以通过调用 `System.getProperty("user.dir")` 来获得这个信息。

警告： 由于反斜杠字符在 Java 字符串中是转义字符，因此要确保在 Windows 风格的路径名中使用 \\（例如，C:\\Windows\\win.ini）。在 Windows 中，还可以使用单斜杠字符（C:/Windows/win.ini），因为大部分 Windows 文件处理的系统调用都会将斜杠解释成文件分隔符。但是，并不推荐这样做，因为 Windows 系统函数的行为会因与时俱进而发生变化。因此，对于可移植的程序来说，应该使用程序所运行平台的文件分隔符，我们可以通过常量字符串 java.io.File.separator 获得它。

与抽象类 `InputStream` 和 `OutputStream` 一样，这些类只支持在字节级别上的读写。也就是说，我们只能从 `fin` 对象中读入字节和字节数组。

```
byte b = (byte) fin.read();
```

正如下节中看到的，如果我们只有 `DataInputStream`，那么我们就只能读入数值类型：

```
DataInputStream din = . . .;
double s = din.readDouble();
```

但是正如 `FileInput Stream` 没有任何读入数值类型的方法一样，`DataInputStream` 也没有任何从文件中获取数据的方法。

Java 使用了一种灵巧的机制来分离这两种职责。某些流（例如 `FileInputStream` 和由 URL 类的 `openStream` 方法返回的输入流）可以从文件和其他更外部的位置上获取字节，而其他的流（例如 `DataInputStream` 和 `PrintWriter`）可以将字节组装到更有用的数据类

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

型中。Java 程序员必须对二者进行组合。例如，为了从文件中读入数字，首先需要创建一个 FileInputStream，然后将其传递给 DataInputStream 的构造器：

```
FileInputStream fin = new FileInputStream("employee.dat");
DataInputStream din = new DataInputStream(fin);
double s = din.readDouble();
```

如果再次查看图 1-1，你就会看到 FilterInputStream 和 FilterOutputStream 类。这些文件的子类用于向原生字节流添加额外的功能。

你可以通过嵌套过滤器来添加多重功能。例如，流在默认情况下是不被缓冲区缓存的，也就是说，每个对 read 的调用都会请求操作系统再分发一个字节。相比之下，请求一个数据块并将其置于缓冲区中会显得更加高效。如果我们想使用缓冲机制，以及用于文件的数据输入方法，那么就需要使用下面这种相当恐怖的构造器序列：

```
DataInputStream din = new DataInputStream(
   new BufferedInputStream(
      new FileInputStream("employee.dat")));
```

注意，我们把 DataInputStream 置于构造器链的最后，这是因为我们希望使用 DataInputStream 的方法，并且希望它们能够使用带缓冲机制的 read 方法。

有时当多个流链接在一起时，你需要跟踪各个中介流（intermediate stream）。例如，当读入输入时，你经常需要浏览下一个字节，以了解它是否是你想要的值。Java 提供了用于此目的的 PushbackInputStream：

```
PushbackInputStream pbin = new PushbackInputStream(
   new BufferedInputStream(
      new FileInputStream("employee.dat")));
```

现在你可以预读下一个字节：

```
int b = pbin.read();
```

并且在它并非你所期望的值时将其推回流中。

```
if (b != '<') pbin.unread(b);
```

但是读入和推回是可应用于可回推（pushback）输入流的仅有的方法。如果你希望能够预先浏览并且还可以读入数字，那么你就需要一个既是可回推输入流，又是一个数据输入流的引用。

```
DataInputStream din = new DataInputStream(
   pbin = new PushbackInputStream(
      new BufferedInputStream(
         new FileInputStream("employee.dat"))));
```

当然，在其他编程语言的流类库中，诸如缓冲机制和预览等细节都是自动处理的。因此，相比较而言，Java 就有一点麻烦，它必须将多个流过滤器组合起来。但是，这种混合并匹配过滤器类以构建真正有用的流序列的能力，将带来极大的灵活性，例如，你可以从一个 ZIP 压缩文件中通过使用下面的流序列来读入数字（请参见图 1-4）：

```
ZipInputStream zin = new ZipInputStream(new FileInputStream("employee.zip"));
DataInputStream din = new DataInputStream(zin);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

（请查看第 1.4 节“ZIP 文档”以了解更多有关 Java 处理 ZIP 文件功能的知识。）

API java.io.FileInputStream 1.0

- `FileInputStream(String name)`
- `FileInputStream(File file)`

使用由 name 字符串或 file 对象指定路径名的文件创建一个新的文件输入流（File 类在本章结尾处描述）。非绝对的路径名将按照相对于 VM 启动时所设置的工作目录来解析。

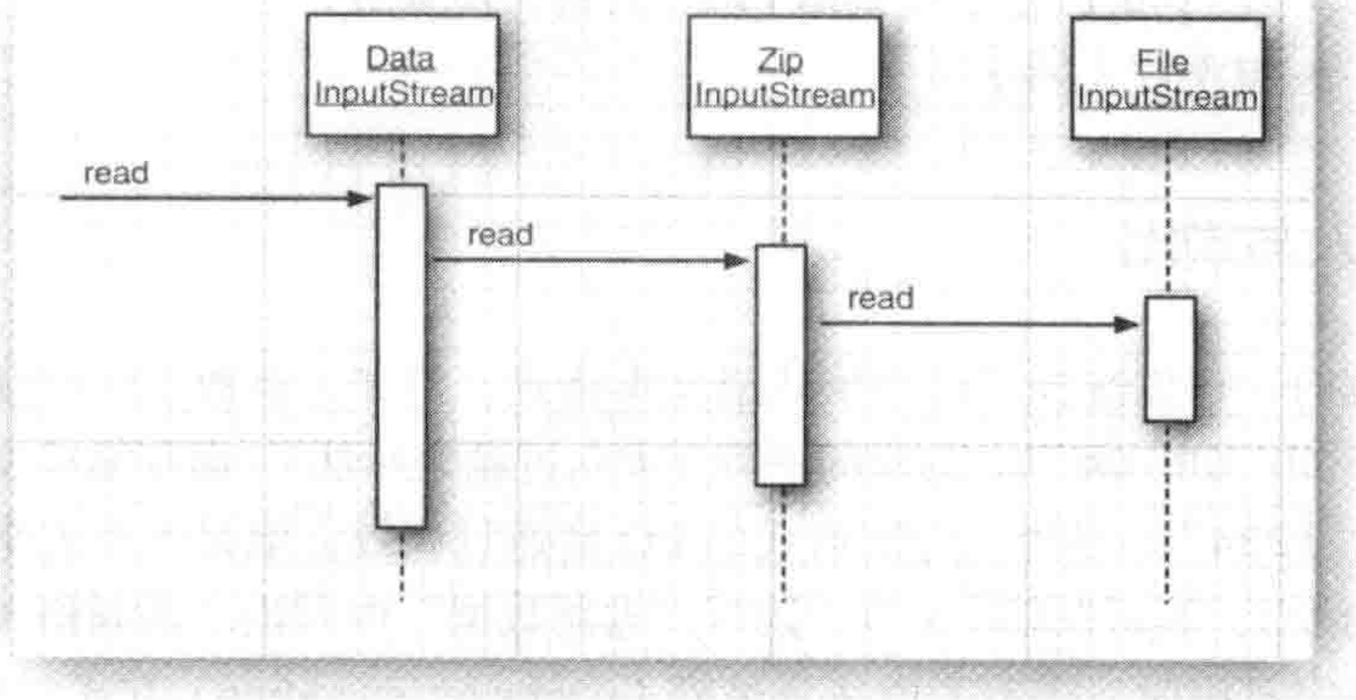


图 1-4 过滤器流序列

API java.io.FileOutputStream 1.0

- `FileOutputStream(String name)`
- `FileOutputStream(String name, boolean append)`
- `FileOutputStream(File file)`
- `FileOutputStream(File file, boolean append)`

使用由 name 字符串或 file 对象指定路径名的文件创建一个新的文件输出流（File 类在本章结尾处描述）。如果 append 参数为 true，那么数据将被添加到文件尾，而具有相同名字的已有文件不会被删除；否则，这个方法会删除所有具有相同名字的已有文件。

API java.io.BufferedInputStream 1.0

- `BufferedInputStream(InputStream in)`

创建一个带缓冲区的流。带缓冲区的输入流在从流中读入字符时，不会每次都对设备访问。当缓冲区为空时，会向缓冲区中读入一个新的数据块。

API java.io.BufferedOutputStream 1.0

- `BufferedOutputStream(OutputStream out)`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

创建一个带缓冲区的流。带缓冲区的输出流在收集要写出的字符时，不会每次都对设备访问。当缓冲区填满或当流被冲刷时，数据就被写出。

API java.io.PushbackInputStream 1.0

- `PushbackInputStream(InputStream in)`
- `PushbackInputStream(InputStream in, int size)`

  构建一个可以预览一个字节或者具有指定尺寸的回推缓冲区的流。
- `void unread(int b)`

  回推一个字节，它可以在下次调用 `read` 时被再次获取。

  参数：`b` 要再次读入的字节。

1.2 文本输入与输出

在保存数据时，可以选择二进制格式或文本格式。例如，整数 1234 存储成二进制数时，它被写为由字节 `00 00 04 D2` 构成的序列（十六进制表示法），而存储成文本格式时，它被存成了字符串“`1234`”。尽管二进制格式的 I/O 高速且高效，但是不宜人来阅读。我们首先讨论文本格式的 I/O，然后在第 1.3 节“读写二进制数据”中讨论二进制格式的 I/O。

在存储文本字符串时，需要考虑*字符编码*（character encoding）方式。在 UTF-16 编码方式中，字符串“`1234`”编码为 `00 31 00 32 00 33 00 34`（十六进制）。但是，许多程序都希望文本文件按照其他的编码方式编码。在 ISO 8859-1 这种在美国和西欧最常用的编码方式中，这个字符串将写出为 `31 32 33 34`，其中并没有任何 0 字节。

`OutputStreamWriter` 类将使用选定的字符编码方式，把 Unicode 字符流转换为字节流。而 `InputStreamReader` 类将包含字节（用某种字符编码方式表示的字符）的输入流转换为可以产生 Unicode 码元的读入器。

例如，下面的代码就展示了如何让一个输入读入器可以从控制台读入键盘敲击信息，并将其转换为 Unicode：

```
InputStreamReader in = new InputStreamReader(System.in);
```

这个输入流读入器会假定使用主机系统所使用的默认字符编码方式，例如西欧采用 ISO 8859-1。你可以通过在 `InputStreamReader` 的构造器中进行指定的方式来选择不同的编码方式。例如，

```
InputStreamReader in = new InputStreamReader(new FileInputStream("kremlin.dat"), "ISO8859_5");
```

请查看第 1.2.4 节“字符集”以了解字符编码方式的更多信息。

1.2.1 如何写出文本输出

对于文本输出，可以使用 `PrintWriter`。这个类拥有以文本格式打印字符串和数字的方法，它甚至还有一个将 `PrintWriter` 链接到 `FileWriter` 的便捷方法，下面的语句：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
PrintWriter out = new PrintWriter("employee.txt");
```

等同于：

```
PrintWriter out = new PrintWriter(new FileWriter("employee.txt"));
```

为了输出到打印写出器，需要使用与使用 System.out 时相同的 print、println 和 printf 方法。你可以用这些方法来打印数字（int、short、long、float、double）、字符、boolean 值、字符串和对象。

例如，考虑下面的代码：

```
String name = "Harry Hacker";
double salary = 75000;
out.print(name);
out.print(' ');
out.println(salary);
```

它将把下面的字符：

```
Harry Hacker 75000.0
```

输出到写出器 out，之后这些字符将会被转换成字节并最终写入 employee.txt 中。

println 方法在行中添加了对目标系统来说恰当的行结束符（Windows 系统是 "\r\n"，UNIX 系统是 "\n"），也就是通过调用 System.getProperty("line.separator") 而获得的字符串。

如果写出器设置为自动冲刷模式，那么只要 println 被调用，缓冲区中的所有字符都会被发送到它们的目的地（打印写出器总是带缓冲区的）。默认情况下，自动冲刷机制是禁用的，你可以通过使用 PrintWriter(Writer out, Boolean autoFlush) 来启用或禁用自动冲刷机制：

```
PrintWriter out = new PrintWriter(new FileWriter("employee.txt"), true); // autoflush
```

print 方法不抛出异常，你可以调用 checkError 方法来查看流是否出现了某些错误。

注意：Java 的老手们可能会很想知道 PrintStream 类和 System.out 底怎么了。在 Java 1.0 中，PrintStream 类只是通过将高字节丢弃的方式把所有 Unicode 字符截断成 ASCII 字符。（那时，Unicode 仍旧是 16 位编码方式）很明显，这并非一种干净利落和可移植的方式，这个问题在 Java 1.1 中通过引入读入器和写出器得到了修正。为了与已有的代码兼容，System.in、System.out 和 System.err 仍旧是流而不是读入器和写出器。但是现在 PrintStream 类在内部采用与 PrintWriter 相同的方式将 Unicode 字符转换成了默认的主机编码方式。当你在使用 print 和 println 方法时，PrintStream 类型的对象的行为看起来确实很像打印写出器，但是与打印写出器不同的是，它们允许我们用 write(int) 和 write(byte[]) 方法输出原生字节。

API java.io.PrintWriter 1.1

- PrintWriter(Writer out)
- PrintWriter(Writer out, boolean autoFlush)

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

创建一个新的 PrintWriter。

参数：out　　一个用于字符输出的写出器

autoflush　　如果为 true，则 println 方法将冲刷输出缓冲区（默认值：false）

- PrintWriter(OutputStream out)
- PrintWriter(OutputStream out, boolean autoflush)

通过创建必需的中介 OutputStreamWriter，从已有的 OutputStream 中创建一个新的 PrintWriter。

- PrintWriter(String filename)
- PrintWriter(File file)

通过创建必需的中介 FileWriter，创建一个向给定的文件写出的新的 PrintWriter。

- void print(Object obj)

通过打印从 toString 产生的字符串来打印一个对象。

参数：obj　　要打印的对象

- void print(String s)

打印一个包含 Unicode 码元的字符串。

- void println(String s)

打印一个字符串，后面紧跟一个行终止符。如果这个流处于自动冲刷模式，那么就会冲刷这个流。

- void print(char[] s)

打印在给定的字符串中的所有 Unicode 码元。

- void print(char c)

打印一个 Unicode 码元。

- void print(int i)
- void print(long l)
- void print(float f)
- void print(double d)
- void print(boolean b)

以文本格式打印给定的值。

- void printf(String format, Object... args)

按照格式字符串指定的方式打印给定的值。请查看第 I 卷第 3 章以了解格式化字符串的相关规范。

- boolean checkError()

如果产生格式化或输出错误，则返回 true。一旦这个流碰到了错误，它就受到了污染，并且所有对 checkError 的调用都将返回 true。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

1.2.2 如何读入文本输入

众所周知：

- 以二进制格式写出数据，需要使用 DataOutputStream。
- 以文本格式写出数据，需要使用 PrintWriter。

因此，你可能认为存在着与 DataInputStream 类似的类允许我们以文本格式读入数据，而在第 I 卷中我们广泛使用的与此最接近的类是 Scanner。但是，在 Java SE 5.0 之前，处理文本输入的惟一方式就是通过 BufferedReader 类，它拥有一个 readLine 方法，使得我们可以读入一行文本。你需要将带缓冲区的读入器与输入源组合起来：

```
BufferedReader in = new BufferedReader(
   new InputStreamReader(new FileInputStream("employee.txt"), "UTF-8"));
```

readLine 方法在没有输入时返回 null。因此，一个典型的输入循环类似于这样：

```
String line;
while ((line = in.readLine()) != null)
{
   do something with line
}
```

然而，BufferedReader 没有任何用于读入数字的方法，我们建议你使用 Scanner 来读入文本输入。

1.2.3 以文本格式存储对象

在本节，我们将带你领略一个示例程序，它将一个 Employee 记录数组存储成了一个文本文件，其中每条记录都保存成单独的一行，而实例字段彼此之间使用分隔符分离开，这里我们使用竖线（|）作为分隔符（冒号（：）是另一种流行的选择，有趣的是，每个人都会使用不同的分隔符）。因此，我们这里是在假设不会发生在要存储的字符串中存在 | 的情况。

下面是一个记录集的样本：

```
Harry Hacker|35500|1989|10|1
Carl Cracker|75000|1987|12|15
Tony Tester|38000|1990|3|15
```

写出记录相当简单，因为我们是要写出到一个文本文件中，所以我们使用 PrintWriter 类。我们直接写出所有的字段，每个字段后面跟着一个 |，而最后一个字段的后面跟着一个 \n。这项工作是在下面这个我们添加到 Employee 类中的 writeData 方法里完成的：

```
public void writeData(PrintWriter out) throws IOException
{
   GregorianCalendar calendar = new GregorianCalendar();
   calendar.setTime(hireDay);
   out.println(name + "|"
      + salary + "|"
      + calendar.get(Calendar.YEAR) + "|"
      + (calendar.get(Calendar.MONTH) + 1) + "|"
      + calendar.get(Calendar.DAY_OF_MONTH));
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

为了读入记录，我们每次读入一行，然后分离所有的字段。我们使用一个扫描器来读入每一行，然后用 String.split 方法将这一行断开成一组标记。

```
public void readData(Scanner in)
{
   String line = in.nextLine();
   String[] tokens = line.split("\\|");
   name = tokens[0];
   salary = Double.parseDouble(tokens[1]);
   int y = Integer.parseInt(tokens[2]);
   int m = Integer.parseInt(tokens[3]);
   int d = Integer.parseInt(tokens[4]);
   GregorianCalendar calendar = new GregorianCalendar(y, m - 1, d);
   hireDay = calendar.getTime();
}
```

split 方法的参数是一个描述分隔符的正则表达式，我们在本章的末尾将详细讨论正则表达式。碰巧的是，竖线在正则表达式中具有特殊的含义，因此需要用 \ 字符来表示转义，而这个 \ 又需要用另一个 \ 来转义，这样就产生了“\\|”表达式。

完整的程序如程序清单 1-1 所示。静态方法

```
void writeData(Employee[] e, PrintWriter out)
```

首先写出该数组的长度，然后写出每条记录。静态方法

```
Employee[] readData(BufferedReader in)
```

首先读入该数组的长度，然后读入每条记录。这显得稍微有点棘手：

```
int n = in.nextInt();
in.nextLine(); // consume newline
Employee[] employees = new Employee[n];
for (int i = 0; i < n; i++)
{
   employees[i] = new Employee();
   employees[i].readData(in);
}
```

对 nextInt 的调用读入的是数组长度，但不包括坠在行尾的换行字符，我们必须处理掉这个换行符，这样，在调用 nextLine 方法后，readData 方法就可以获得下一行输入了。

程序清单 1-1 textFile/TextFileTest.java

```
1  package textFile;
2
3  import java.io.*;
4  import java.util.*;
5
6  /**
7   * @version 1.13 2012-05-30
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class TextFileTest
11 {
12    public static void main(String[] args) throws IOException
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
13    {
14       Employee[] staff = new Employee[3];
15
16       staff[0] = new Employee("Carl Cracker", 75000, 1987, 12, 15);
17       staff[1] = new Employee("Harry Hacker", 50000, 1989, 10, 1);
18       staff[2] = new Employee("Tony Tester", 40000, 1990, 3, 15);
19
20       // save all employee records to the file employee.dat
21       try (PrintWriter out = new PrintWriter("employee.dat", "UTF-8"))
22       {
23          writeData(staff, out);
24       }
25
26       // retrieve all records into a new array
27       try (Scanner in = new Scanner(
28             new FileInputStream("employee.dat"), "UTF-8"))
29       {
30          Employee[] newStaff = readData(in);
31          // print the newly read employee records
32          for (Employee e : newStaff)
33             System.out.println(e);
34       }
35    }
36
37    /**
38     * Writes all employees in an array to a print writer
39     * @param employees an array of employees
40     * @param out a print writer
41     */
42    private static void writeData(Employee[] employees, PrintWriter out) throws IOException
43    {
44       // write number of employees
45       out.println(employees.length);
46
47       for (Employee e : employees)
48          writeEmployee(out, e);
49    }
50
51    /**
52     * Reads an array of employees from a scanner
53     * @param in the scanner
54     * @return the array of employees
55     */
56    private static Employee[] readData(Scanner in)
57    {
58       // retrieve the array size
59       int n = in.nextInt();
60       in.nextLine(); // consume newline
61
62       Employee[] employees = new Employee[n];
63       for (int i = 0; i < n; i++)
64       {
65          employees[i] = readEmployee(in);
66       }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
67          return employees;
68       }
69
70       /**
71        * Writes employee data to a print writer
72        * @param out the print writer
73        */
74       public static void writeEmployee(PrintWriter out, Employee e)
75       {
76          GregorianCalendar calendar = new GregorianCalendar();
77          calendar.setTime(e.getHireDay());
78          out.println(e.getName() + "|" + e.getSalary() + "|" + calendar.get(Calendar.YEAR) + "|"
79                + (calendar.get(Calendar.MONTH) + 1) + "|" + calendar.get(Calendar.DAY_OF_MONTH));
80       }
81       /**
82        * Reads employee data from a buffered reader
83        * @param in the scanner
84        */
85       public static Employee readEmployee(Scanner in)
86       {
87          String line = in.nextLine();
88          String[] tokens = line.split("\\|");
89          String name = tokens[0];
90          double salary = Double.parseDouble(tokens[1]);
91          int year = Integer.parseInt(tokens[2]);
92          int month = Integer.parseInt(tokens[3]);
93          int day = Integer.parseInt(tokens[4]);
94          return new Employee(name, salary, year, month, day);
95       }
96    }
```

1.2.4 字符集

在过去，国际化字符集已经得到了处理，但是处理得很不系统，散布在Java类库的各处。在Java SE 1.4中引入的java.nio包用Charset类统一了对字符集的转换（注意s是小写的）。

字符集建立了两字节Unicode码元序列与使用本地字符编码方式的字节序列之间的映射。ISO-8859-1是最流行的字符编码方式之一，这是一种对Unicode前256个字符进行单字节编码的方式。ISO-8859-15则更加重要，它用法语和芬兰语中带有重音符号的字母取代了ISO-8859-1中某些不常用到的字符，更重要的是，它用欧元符号（€）取代了编码为0xA4的“国际货币”字符¤。通常用于日语和中文的可变字节编码方式是另一个字符编码方式的例子。

Charset类使用的是由IANA字符集注册中心标准化的字符集名字（http://www.iana.org/assignments/character-sets），这些名字与以前版本所使用的名字略有差异。例如，ISO-8859-1的“官方”名字现在是“ISO-8859-1”而不再是“ISO8859-1”，而后者是直到Java SE 1.3还在使用的名字。

为了兼容其他的命名惯例，每个字符集都可以拥有许多别名。例如，ISO-8859-1的别名有：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
ISO8859-1
ISO_8859_1
ISO8859_1
ISO_8859-1
ISO_8859-1:1987
8859_1
latin1
l1
csISOLatin1
iso-ir-100
cp819
IBM819
IBM-819
819
```

aliases 方法可以返回由别名构成的 Set 对象。下面是迭代遍历这些别名的代码：

```
Set<String> aliases = cset.aliases();
for (String alias : aliases)
   System.out.println(alias);
```

字符集名字是大小写不敏感的。

你可以通过调用静态的 forName 方法来获得一个 Charset，只需向这个方法传递一个官方名字或者是它的某个别名：

```
Charset cset = Charset.forName("ISO-8859-1");
```

注意： 在 http://czyborra.com/charsets/iso8859.html 处可以享受到一顿极佳的“ISO 8859 字母大餐”。

为了确定在某个特定实现中哪些字符集是可用的，可以调用静态的 availableCharsets 方法。使用下面的代码可以确定所有可用字符集的名字：

```
Map<String, Charset> charsets = Charset.availableCharsets();
for (String name : charsets.keySet())
   System.out.println(name);
```

表 1-1 列出了每一种 Java 实现都必须涵盖的字符编码方式，表 1-2 列出了 Java 开发包（JDK）默认安装的编码模式，表 1-3 中的字符集只能在使用非欧洲语言的操作系统上安装。

表 1-1 必需的字符编码方式

Charset 标准名	遗留名称	描述
US-ASCII	ASCII	美国信息交换标准码
ISO-8859-1	ISO8859_1	ISO 8859-1，拉丁文字母表 1 号
UTF-8	UTF8	8 位 Unicode 转换格式
UTF-16	UTF-16	16 位 Unicode 转换格式，字节顺序由可选的初始字节顺序标记指定
UTF-16BE	UnicodeBigUnmarked	16 位 Unicode 转换格式，遵从高位在前顺序
UTF-16LE	UnicodeLittleUnmarked	16 位 Unicode 转换格式，遵从低位在前顺序

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表 1-2 基本的字符编码方式

Charset 标准名	遗 留 名	描 述
ISO8859-2	ISO8859_2	ISO 8859-2，拉丁文字母表 2 号
ISO8859-4	ISO8859_4	ISO 8859-4，拉丁文字母表 4 号
ISO8859-5	ISO8859_5	ISO 8859-5，拉丁文 / 西里尔文字母表
ISO8859-7	ISO8859_7	ISO 8859-7，拉丁文 / 希腊文字母表
ISO8859-9	ISO8859_9	ISO 8859-9，拉丁文字母表 5 号
ISO8859-13	ISO8859_13	ISO 8859-13，拉丁文字母表 7 号
ISO8859-15	ISO8859_15	ISO 8859-15，拉丁文字母表 9 号
windows-1250	Cp1250	Windows 东欧文
windows-1251	Cp1251	Windows 西里尔文
windows-1252	Cp1252	Windows 拉丁文 -1
windows-1253	Cp1253	Windows 希腊文
windows-1254	Cp1254	Windows 土耳其文
windows-1257	Cp1257	Windows 波罗的文

表 1-3 扩展的字符编码方式

Charset 标准名	遗 留 名	描 述
Big5	Big5	Big5，繁体中文
Big5-HKSCS	Big5_HKSCS	Big5 带香港扩展，繁体中文
EUC-JP	EUC_JP	JIS X 0201，0208，0212，EUC 编码方式，日文
EUC-KR	EUC_KR	KS C 5601，EUC 编码方式，韩文
GB18030	GB18030	简体中文，中华人民共和国标准
GBK	GBK	GBK，简体中文
ISCII91	ISCII91	印度文脚本的 ISCII91 编码方式
ISO-2022-JP	ISO2022JP	ISO 2022 形式的 JIS X 0201，0208，日文
ISO-2022-KR	ISO2022KR	ISO 2022 KR，韩文
ISO8859-3	ISO8859_3	ISO 8859-3，拉丁文字母表 3 号
ISO8859-6	ISO8859_6	ISO 8859-6，拉丁文 / 阿拉伯文字母表
ISO8859-8	ISO8859_8	ISO 8859-8，拉丁文 / 希伯来文字母表
Shift_JIS	SJIS	Shift-JIS，日文
TIS-620	TIS620	TIS620，泰文
windows-1255	Cp1255	Windows 希伯来文
windows-1256	Cp1256	Windows 阿拉伯文
windows-1258	Cp1258	Windows 越南文
windows-31j	MS932	Windows 日文
x-EUC-CN	EUC_CN	GB2312，EUC 编码方式，简体中文
x-EUC-JP-LINUX	EUC_JP_LINUX	JIS X 0201，0208，EUC 编码方式，日文
x-EUC-TW	EUC_TW	CNS11643 (Plane 1-3)，EUC 编码方式，繁体中文
x-MS950-HKSCS	MS950_HKSCS	Windows 繁体中文带香港扩展

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

（续）

Charset 标准名	遗 留 名	描 述
x-mswin-936	MS936	Windows 简体中文
x-windows-949	MS949	Windows 韩文
x-windows-950	MS950	Windows 繁体中文

本地编码方式模式不能表示所有的 Unicode 字符，如果某个字符不能表示，它将被转换成 ?。

一旦有了字符集，就可以使用它在包含 Unicode 码元的 Java 字符串和编码而成的字节序列之间进行转换，下面是如何编码 Java 字符串的代码：

```
String str = . . .;
ByteBuffer buffer = cset.encode(str);
byte[] bytes = buffer.array();
```

与之相反，要想解码字节序列，需要有字节缓冲区。使用 ByteBuffer 数组的静态方法 wrap 可以将一个字节数组转换成一个字节缓冲区。decode 方法的结果是一个 CharBuffer，调用它的 toString 方法可以获得一个字符串。

```
byte[] bytes = . . .;
ByteBuffer bbuf = ByteBuffer.wrap(bytes, offset, length);
CharBuffer cbuf = cset.decode(bbuf);
String str = cbuf.toString();
```

API java.nio.charset.Charset 1.4

- static SortedMap availableCharsets()

  获取这个虚拟机可用的所有字符集。返回一个映射表，它的键是字符集的名字，值是字符集。

- static Charset forName(String name)

  获取给定名字的字符集。

- Set aliases()

  返回这个字符集的别名集。

- ByteBuffer encode(String str)

  将给定的字符串编码为字节序列。

- CharBuffer decode(ByteBuffer buffer)

  解码给定的字节序列。无法识别的输入将被转换成 Unicode 的 “替代字符”('\uFFFD').

API java.nio.ByteBuffer 1.4

- byte[] array()

  返回这个缓冲区所管理的字节数组。

- static ByteBuffer wrap(byte[] bytes)
- static ByteBuffer wrap(byte[] bytes, int offset, int length)

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

返回管理给定字节数组或给定字节数组的某个范围的字节缓冲区。

API java.nio.CharBuffer

- char[] array()
  返回这个缓冲区所管理的码元数组。
- char charAt(int index)
  返回给定索引处的码元。
- String toString()
  返回由这个缓冲区所管理的码元构成的字符串。

1.3 读写二进制数据

DataOutput 接口定义了下面用于以二进制格式写数组、字符、boolean 值和字符串的方法：

```
writeChars
writeByte
writeInt
writeShort
writeLong
writeFloat
writeDouble
writeChar
writeBoolean
writeUTF
```

例如，writeInt 总是将一个整数写出为 4 字节的二进制数量值，而不管它有多少位，writeDouble 总是将一个 double 值写出为 8 字节的二进制数量值。这样产生的结果并非人可阅读的，但是对于给定类型的每个值，所需的空间都是相同的，而且将其读回也比解析文本要更快。

注意： 根据你所使用的处理器类型，在内存存储整数和浮点数有两种不同的方法。例如，假设你使用的是 4 字节的 int，如果有一个十进制数 1234，也就是十六进制的 4D2（$1234 = 4 \times 256 + 13 \times 16 + 2$），那么它可以按照内存中 4 字节的第一个字节存储最高位字节的方式来存储为：00 00 04 D2，这就是所谓的高位在前顺序（MSB）；我们也可以从最低位字节开始：D2 04 00 00，这种方式自然就是所谓的低位在前顺序（LSB）。例如，SPARC 使用的是高位在前顺序，而 Pentium 使用的则是低位在前顺序。这就可能会带来问题，当存储 C 或者 C++ 文件时，数据会精确地按照处理器存储它们的方式来存储，这就使得即使是最简单的数据在从一个平台迁移到另一个平台上时也是一种挑战。在 Java 中，所有的值都按照高位在前的模式写出，不管使用何种处理器，这使得 Java 数据文件可以独立于平台。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

writeUTF 方法使用修订版的 8 位 Unicode 转换格式写出字符串。这种方式与直接使用标准的 UTF-8 编码方式（如表 1-4 所示）不同，其中，Unicode 码元序列首先用 UTF-16（请查看表 1-5）表示，其结果之后使用 UTF-8 规则进行编码。修订后的编码方式对于编码大于 0xFFFF 的字符的处理有所不同，这是为了向后兼容在 Unicode 还没有超过 16 位时构建的虚拟机。

表 1-4 UTF-8 编码方式

字符范围	编码方式
0...7F	$0a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0$
80...7FF	$110a_{10}a_9a_8a_7a_6$ $10a_5a_4a_3a_2a_1a_0$
800...FFFF	$1110a_{15}a_{14}a_{13}a_{12}$ $10a_{11}a_{10}a_9a_8a_7a_6$ $10a_5a_4a_3a_2a_1a_0$
10000...10FFFF	$11110a_{20}a_{19}a_{18}$ $10a_{17}a_{16}a_{15}a_{14}a_{13}a_{12}$ $10a_{11}a_{10}a_9a_8a_7a_6$ $10a_5a_4a_3a_2a_1a_0$

表 1-5 UTF-16 编码方式

字符范围	编码方式
0...FFFF	$a_{15}a_{14}a_{13}a_{12}a_{11}a_{10}a_9a_8$ $a_7a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0$
10000...10FFFF	$110110b_{19}b_{18}$ $b_{17}b_{16}a_{15}a_{14}a_{13}a_{12}a_{11}a_{10}$ $110111a_9a_8$ $a_7a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0$ 其中 $b_{19}b_{18}b_{17}b_{16} = a_{20}a_{19}a_{18}a_{17}a_{16} - 1$

因为没有其他方法会使用 UTF-8 的这种修订，所以你应该只在写出用于 Java 虚拟机的字符串时才使用 writeUTF 方法，例如，当你需要编写一个生成字节码的程序时。对于其他场合，都应该使用 writeChars 方法。

注意： 请查看 RFC 2279（http://ietf.org/rfc/rfc2279.txt）和 RFC 2781（http://ietf.org/rfc/rfc2781.txt）以了解 UTF-8 和 UTF-16 的定义。

为了读回数据，可以使用在 DataInput 接口中定义的下列方法：

```
readInt
readShort
readLong
readFloat
readDouble
readChar
readBoolean
readUTF
```

DataInputStream 类实现了 DataInput 接口，为了从文件中读入二进制数据，可以将 DataInputStream 与某个字节源相组合，例如 FileInputStream：

```
DataInputStream in = new DataInputStream(new FileInputStream("employee.dat"));
```

与此类似，要想写出二进制数据，你可以使用实现了 DataOutput 接口的 DataOutput- Stream 类：

```
DataOutputStream out = new DataOutputStream(new FileOutputStream("employee.dat"));
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API *java.io.DataInput* 1.0

- `boolean readBoolean()`
- `byte readByte()`
- `char readChar()`
- `double readDouble()`
- `float readFloat()`
- `int readInt()`
- `long readLong()`
- `short readShort()`

  读入一个给定类型的值。

- `void readFully(byte[] b)`

  将字节读入到数组 b 中，其间阻塞直至所有字节都读入。

  参数：b　　数据读入的缓冲区

- `void readFully(byte[] b, int off, int len)`

  将字节读入到数组 b 中，其间阻塞直至所有字节都读入。

  参数：b　　数据读入的缓冲区

  　　off　　数据起始位置的偏移量

  　　len　　读入字节的最大数量

- `String readUTF()`

  读入由“修订过的 UTF-8”格式的字符构成的字符串。

- `int skipBytes(int n)`

  跳过 n 个字节，其间阻塞直至所有字节都被跳过。

  参数：n　　被跳过的字节数

API java.io.DataOuput 1.0

- `void writeBoolean(boolean b)`
- `void writeByte(int b)`
- `void writeChar(int c)`
- `void writeDouble(double d)`
- `void writeFloat(float f)`
- `void writeInt(int i)`
- `void writeLong(long l)`
- `void writeShort(int s)`

  写出一个给定类型的值。

- `void writeChars(String s)`

  写出字符串中的所有字符。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- void writeUTF(String s)

写出由“修订过的 UTF-8”格式的字符构成的字符串。

随机访问文件

RandomAccessFile 类可以在文件中的任何位置查找或写入数据。磁盘文件都是随机访问的，但是从网络而来的数据流却不是。你可以打开一个随机访问文件，只用于读入或者同时用于读写，我们可以通过使用字符串“r”(用于读入访问）或“rw”(用于读入 / 写出访问）作为构造器的第二个参数来指定这个选项。

```
RandomAccessFile in = new RandomAccessFile("employee.dat", "r");
RandomAccessFile inOut = new RandomAccessFile("employee.dat", "rw");
```

当你将已有文件作为 RandomAccessFile 打开时，这个文件并不会被删除。

随机访问文件有一个表示下一个将被读入或写出的字节所处位置的文件指针，seek 方法可以将这个文件指针设置到文件中的任意字节位置，seek 的参数是一个 long 类型的整数，它的值位于 0 到文件按照字节来度量的长度之间。

getFilePointer 方法将返回文件指针的当前位置。

RandomAccessFile 类同时实现了 DataInput 和 DataOutput 接口。为了读写随机访问文件，可以使用在前面小节中讨论过的诸如 readInt/writeInt 和 readChar/writeChar 之类的方法。

我们现在要剖析一个将雇员记录存储到随机访问文件中的示例程序，其中每条记录都拥有相同的大小，这样我们可以很容易地读入任何记录。假设你希望将文件指针置于第三条记录处，那么你只需将文件指针置于恰当的字节位置，然后就可以开始读入了。

```
long n = 3;
in.seek((n - 1) * RECORD_SIZE);
Employee e = new Employee();
e.readData(in);
```

如果你希望修改记录，然后将其存回到相同的位置，那么请切记要将文件指针置回到这条记录的开始处：

```
in.seek((n - 1) * RECORD_SIZE);
e.writeData(out);
```

要确定文件中的字节总数，可以使用 length 方法，而记录的总数则是用字节总数除以每条记录的大小。

```
long nbytes = in.length(); // length in bytes
int nrecords = (int) (nbytes / RECORD_SIZE);
```

整数和浮点值在二进制格式中都具有固定的尺寸，但是在处理字符串时就有些麻烦了，因此我们提供了两个助手方法来读写具有固定尺寸的字符串。

writeFixedString 写出从字符串开头开始的指定数量的码元（如果码元过少，该方法将用 0 值来补齐字符串）。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
public static void writeFixedString(String s, int size, DataOutput out)
   throws IOException
{
   for (int i = 0; i < size; i++)
   {
      char ch = 0;
      if (i < s.length()) ch = s.charAt(i);
      out.writeChar(ch);
   }
}
```

readFixedString 方法从输入流中读入字符，直至读入 size 个码元，或者直至遇到具有 0 值的字符值，然后跳过输入字段中剩余的 0 值。为了提高效率，这个方法使用了 StringBuilder 类来读入字符串。

```
public static String readFixedString(int size, DataInput in)
   throws IOException
{
   StringBuilder b = new StringBuilder(size);
   int i = 0;
   boolean more = true;
   while (more && i < size)
   {
      char ch = in.readChar();
      i++;
      if (ch == 0) more = false;
      else b.append(ch);
   }
   in.skipBytes(2 * (size - i));
   return b.toString();
}
```

我们将 writeFixedString 和 readFixedString 方法放到了 DataIO 助手类的内部。为了写出一条固定尺寸的记录，我们直接以二进制方式写出所有的字段：

```
DataIO.writeFixedString(e.getName(), Employee.NAME_SIZE, out);
out.writeDouble(e.getSalary());
GregorianCalendar calendar = new GregorianCalendar();
calendar.setTime(e.getHireDay());
out.writeInt(calendar.get(Calendar.YEAR));
out.writeInt(calendar.get(Calendar.MONTH) + 1);
out.writeInt(calendar.get(Calendar.DAY_OF_MONTH));
```

读回数据也很简单：

```
String name = DataIO.readFixedString(Employee.NAME_SIZE, in);
double salary = in.readDouble();
int y = in.readInt();
int m = in.readInt();
int d = in.readInt();
```

让我们来计算每条记录的大小：我们将使用 40 个字符来表示姓名字符串，因此，每条记录包含 100 个字节：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- 40 字符 = 80 字节，用于姓名。
- 1 double = 8 字节，用于薪水。
- 3 int = 12 字节，用于日期。

程序清单 1-2 中所示的程序将三条记录写到了一个数据文件中，然后以逆序将它们从文件中读回。为了高效地执行，这里需要使用随机访问，因为我们需要首先读入第三条记录。

程序清单 1-2 randomAccess/RandomAccessTest.java

```
1  package randomAccess;
2
3  import java.io.*;
4  import java.util.*;
5  /**
6   * @version 1.12 2012-05-30
7   * @author Cay Horstmann
8   */
9  public class RandomAccessTest
10 {
11    public static void main(String[] args) throws IOException
12    {
13       Employee[] staff = new Employee[3];
14
15       staff[0] = new Employee("Carl Cracker", 75000, 1987, 12, 15);
16       staff[1] = new Employee("Harry Hacker", 50000, 1989, 10, 1);
17       staff[2] = new Employee("Tony Tester", 40000, 1990, 3, 15);
18
19       try (DataOutputStream out = new DataOutputStream(new FileOutputStream("employee.dat")))
20       {
21          // save all employee records to the file employee.dat
22          for (Employee e : staff)
23             writeData(out, e);
24       }
25
26       try (RandomAccessFile in = new RandomAccessFile("employee.dat", "r"))
27       {
28          // retrieve all records into a new array
29
30          // compute the array size
31          int n = (int)(in.length() / Employee.RECORD_SIZE);
32          Employee[] newStaff = new Employee[n];
33
34          // read employees in reverse order
35          for (int i = n - 1; i >= 0; i--)
36          {
37             newStaff[i] = new Employee();
38             in.seek(i * Employee.RECORD_SIZE);
39             newStaff[i] = readData(in);
40          }
41
42          // print the newly read employee records
43          for (Employee e : newStaff)
44             System.out.println(e);
45       }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
46    }
47    /**
48       Writes employee data to a data output.
49       @param out the data output
50       @param e the employee
51    */
52    public static void writeData(DataOutput out, Employee e) throws IOException
53    {
54       DataIO.writeFixedString(e.getName(), Employee.NAME_SIZE, out);
55       out.writeDouble(e.getSalary());
56
57       GregorianCalendar calendar = new GregorianCalendar();
58       calendar.setTime(e.getHireDay());
59       out.writeInt(calendar.get(Calendar.YEAR));
60       out.writeInt(calendar.get(Calendar.MONTH) + 1);
61       out.writeInt(calendar.get(Calendar.DAY_OF_MONTH));
62    }
63
64    /**
65       Reads employee data from a data input.
66       @param in the data input
67       @return the employee
68    */
69    public static Employee readData(DataInput in) throws IOException
70    {
71       String name = DataIO.readFixedString(Employee.NAME_SIZE, in);
72       double salary = in.readDouble();
73       int y = in.readInt();
74       int m = in.readInt();
75       int d = in.readInt();
76       return new Employee(name, salary, y, m - 1, d);
77    }
78 }
```

API java.io.RandomAccessFile 1.0

- `RandomAccessFile(String file, String mode)`
- `RandomAccessFile(File file, String mode)`

  参数：`file` 要打开的文件

  `mode` “r”表示只读模式；“rw”表示读/写模式；“rws”表示每次更新时，都对数据和元数据的写磁盘操作进行同步的读/写模式；“rwd”表示每次更新时，只对数据的写磁盘操作进行同步的读/写模式

- `long getFilePointer()`

  返回文件指针的当前位置。

- `void seek(long pos)`

  将文件指针设置到距文件开头 pos 个字节处。

- `long length()`

  返回文件按照字节来度量的长度。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

1.4 ZIP 文档

ZIP 文档（通常）以压缩格式存储了一个或多个文件，每个 ZIP 文档都有一个头，包含诸如每个文件名字和所使用的压缩方法等信息。在 Java 中，可以使用 `ZipInputStream` 来读入 ZIP 文档。你可能需要浏览文档中每个单独的项，`getNextEntry` 方法就可以返回一个描述这些项的 `ZipEntry` 类型的对象。`ZipInputStream` 的 `read` 方法被修改为在碰到当前项的结尾时返回 — 1（而不是碰到 ZIP 文件的末尾），然后你必须调用 `closeEntry` 来读入下一项。下面是典型的通读 ZIP 文件的代码序列：

```
ZipInputStream zin = new ZipInputStream(new FileInputStream(zipname));
ZipEntry entry;
while ((entry = zin.getNextEntry()) != null)
{
   analyze entry
   read the contents of zin
   zin.closeEntry();
}
zin.close();
```

当希望读入某个 ZIP 项的内容时，我们可能并不想使用原生的 `read` 方法，通常，我们将使用某个更能胜任的流过滤器的方法。例如，为了读入 ZIP 文件内部的一个文本文件，我们可以使用下面的循环：

```
Scanner in = new Scanner(zin);
while (in.hasNextLine())
   do something with in.nextLine()
```

警告： 在读入单个 ZIP 项后，不要关闭 ZIP 输入流，也不要将其传递给可能会关闭它的方法。否则，你就不能再读入后续的项了。

要写出到 ZIP 文件，可以使用 `ZipOutputStream`，而对于你希望放入到 ZIP 文件中的每一项，都应该创建一个 `ZipEntry` 对象，并将文件名传递给 `ZipEntry` 的构造器，它将设置其他诸如文件日期和解压缩方法等参数。如果需要，你可以覆盖这些设置。然后，你需要调用 `ZipOutputStream` 的 `putNextEntry` 方法来开始写出新文件，并将文件数据发送到 ZIP 流中。当完成时，需要调用 `closeEntry`。然后，你需要对所有你希望存储的文件都重复这个过程。下面是代码框架：

```
FileOutputStream fout = new FileOutputStream("test.zip");
ZipOutputStream zout = new ZipOutputStream(fout);
for all files
{
   ZipEntry ze = new ZipEntry(filename);
   zout.putNextEntry(ze);
   send data to zout
   zout.closeEntry();
}
zout.close();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意： JAR 文件（在第 I 卷第 10 章中讨论过）只是带有一个特殊项的 ZIP 文件，这个项称作清单。你可以使用 `JarInputStream` 和 `JarOutputStream` 类来读写清单项。

ZIP 流是一个能够展示流的抽象化的强大之处的实例。当你读入以压缩格式存储的数据时，不必担心边请求边解压数据的问题，而且 ZIP 格式的字节源并非必须是文件，也可以是来自网络连接的 ZIP 数据。事实上，当 Applet 的类加载器读入 JAR 文件时，它就是在读入和解压来自网络的数据。

注意： 1.6.7 节“ZIP 文件系统”将展示如何使用 Java SE7 的 `FileSystem` 类而无需特殊 API 来访问 ZIP 文档。

API java.util.zip.ZipInputStream 1.1

- `ZipInputStream(InputStream in)`
  创建一个 `ZipInputStream`，使得我们可以从给定的 `InputStream` 向其中填充数据。
- `ZipEntry getNextEntry()`
  为下一项返回 `ZipEntry` 对象，或者在没有更多的项时返回 `null`。
- `void closeEntry()`
  关闭这个 ZIP 文件中当前打开的项。之后可以通过使用 `getNextEntry()` 读入下一项。

API java.util.zip.ZipOutputStream 1.1

- `ZipOutputStream(OutputStream out)`
  创建一个将压缩数据写出到指定的 `OutputStream` 的 `ZipOutputStream`。
- `void putNextEntry(ZipEntry ze)`
  将给定的 `ZipEntry` 中的信息写出到流中，并定位用于写出数据的流，然后这些数据可以通过 `write()` 写出到这个流中。
- `void closeEntry()`
  关闭这个 ZIP 文件中当前打开的项。使用 `putNextEntry` 方法可以开始下一项。
- `void setLevel(int level)`
  设置后续的各个 `DEFLATED` 项的默认压缩级别。这里默认值是 `Deflater.DEFAULT_COMPRESSION`。如果级别无效，则抛出 `IllegalArgumentException`。
  参数：`level` 压缩级别，从 `0(NO_COMPRESSION)` 到 `9(BEST_COMPRESSION)`
- `void setMethod(int method)`
  设置用于这个 `ZipOutputStream` 的默认压缩方法，这个压缩方法会作用于所有没有指定压缩方法的项上。
  参数：`method` 压缩方法，`DEFLATED` 或 `STORED`

API java.util.zip.ZipEntry 1.1

- `ZipEntry(String name)`
  用给定的名字构建一个 `Zip` 项。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

参数：name　　这一项的名字

- long getCrc()

返回用于这个 ZipEntry 的 CRC32 校验和的值。

- String getName()

返回这一项的名字。

- long getSize()

返回这一项未压缩的尺寸，或者在未压缩的尺寸不可知的情况下返回－1。

- boolean isDirectory()

当这一项是目录时返回 true。

- void setMethod(int method)

参数：method　　用于这一项的压缩方法，必须是 DEFLATED 或 STORED

- void setSize(long size)

设置这一项的尺寸，只有在压缩方法是 STORED 时才是必需的。

参数：size　　这一项未压缩的尺寸

- void setCrc(long crc)

给这一项设置 CRC32 校验和，这个校验和是使用 CRC32 类计算的。只有在压缩方法是 STORED 时才是必需的。

参数：crc　　这一项的校验和

API java.util.zip.ZipFile 1.1

- ZipFile(String name)
- ZipFile(File file)

创建一个 ZipFile，用于从给定的字符串或 File 对象中读入数据。

- Enumeration entries()

返回一个 Enumeration 对象，它枚举了描述这个 ZipFile 中各个项的 ZipEntry 对象。

- ZipEntry getEntry(String name)

返回给定名字所对应的项，或者在没有对应项的时候返回 null。

参数：name　　项名

- InputStream getInputStream(ZipEntry ze)

返回用于给定项的 InputStream。

参数：ze　　这个 ZIP 文件中的一个 ZipEntry

- String getName()

返回这个 ZIP 文件的路径。

1.5 对象流与序列化

当你需要存储相同类型的数据时，使用固定长度的记录格式是一个不错的选择。但是，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在面向对象程序中创建的对象很少全部都具有相同的类型。例如，你可能有一个称为 staff 的数组，它名义上是一个 Employee 记录数组，但是实际上却包含诸如 Manager 这样的子类实例。

我们当然可以自己设计出一种数据格式来存储这种多态集合，但是幸运的是，我们并不需要这么做。Java 语言支持一种称为对象序列化（object serialization）的非常通用的机制，它可以将任何对象写出到流中，并在之后将其读回。（你将在本章稍后看到“序列化”这个术语的出处。）

为了保存对象数据，首先需要打开一个 ObjectOutputStream 对象：

```
ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(new FileOutputStream("employee.dat"));
```

现在，为了保存对象，可以直接使用 ObjectOutputStream 的 writeObject 方法，如下所示：

```
Employee harry = new Employee("Harry Hacker", 50000, 1989, 10, 1);
Manager boss = new Manager("Carl Cracker", 80000, 1987, 12, 15);
out.writeObject(harry);
out.writeObject(boss);
```

为了将这些对象读回，首先需要获得一个 ObjectInputStream 对象：

```
ObjectInputStream in = new ObjectInputStream(new FileInputStream("employee.dat"));
```

然后，用 readObject 方法以这些对象被写出时的顺序获得它们：

```
Employee e1 = (Employee) in.readObject();
Employee e2 = (Employee) in.readObject();
```

但是，对希望在对象流中存储或恢复的所有类都应进行一下修改，这些类必须实现 Serializable 接口：

```
class Employee implements Serializable { . . . }
```

Serializable 接口没有任何方法，因此你不需要对这些类做任何改动。在这一点上，它与在第Ⅰ卷第 6 章中讨论过的 Cloneable 接口很相似。但是，为了使类可克隆，你仍旧需要覆盖 Object 类中的 clone 方法，而为了使类可序列化，你不需要做任何事。

注意： 你只有在写出对象时才能用 writeObject/readObject 方法，对于基本类型值，你需要使用诸如 writeInt/readInt 或 writeDouble/readDouble 这样的方法。（对象流类都实现了 DataInput/DataOutput 接口。）

在后台，是 ObjectOutputStream 在浏览对象的所有域，并存储它们的内容。例如，当写出一个 Employee 对象时，其名字、日期和薪水域都会被写出到输出流中。

但是，有一种重要的情况需要考虑：当一个对象被多个对象共享，作为它们各自状态的一部分时，会发生什么呢？

为了说明这个问题，我们对 Manager 类稍微做些修改，假设每个经理都有一个秘书：

```
class Manager extends Employee
{
   private Employee secretary;
   . . .
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

现在每个 Manager 对象都包含一个表示秘书的 Employee 对象的引用，当然，两个经理可以共用一个秘书，正如图 1-5 和下面的代码所示的那样：

```
harry = new Employee("Harry Hacker", . . .);
Manager carl = new Manager("Carl Cracker", . . .);
carl.setSecretary(harry);
Manager tony = new Manager("Tony Tester", . . .);
tony.setSecretary(harry);
```

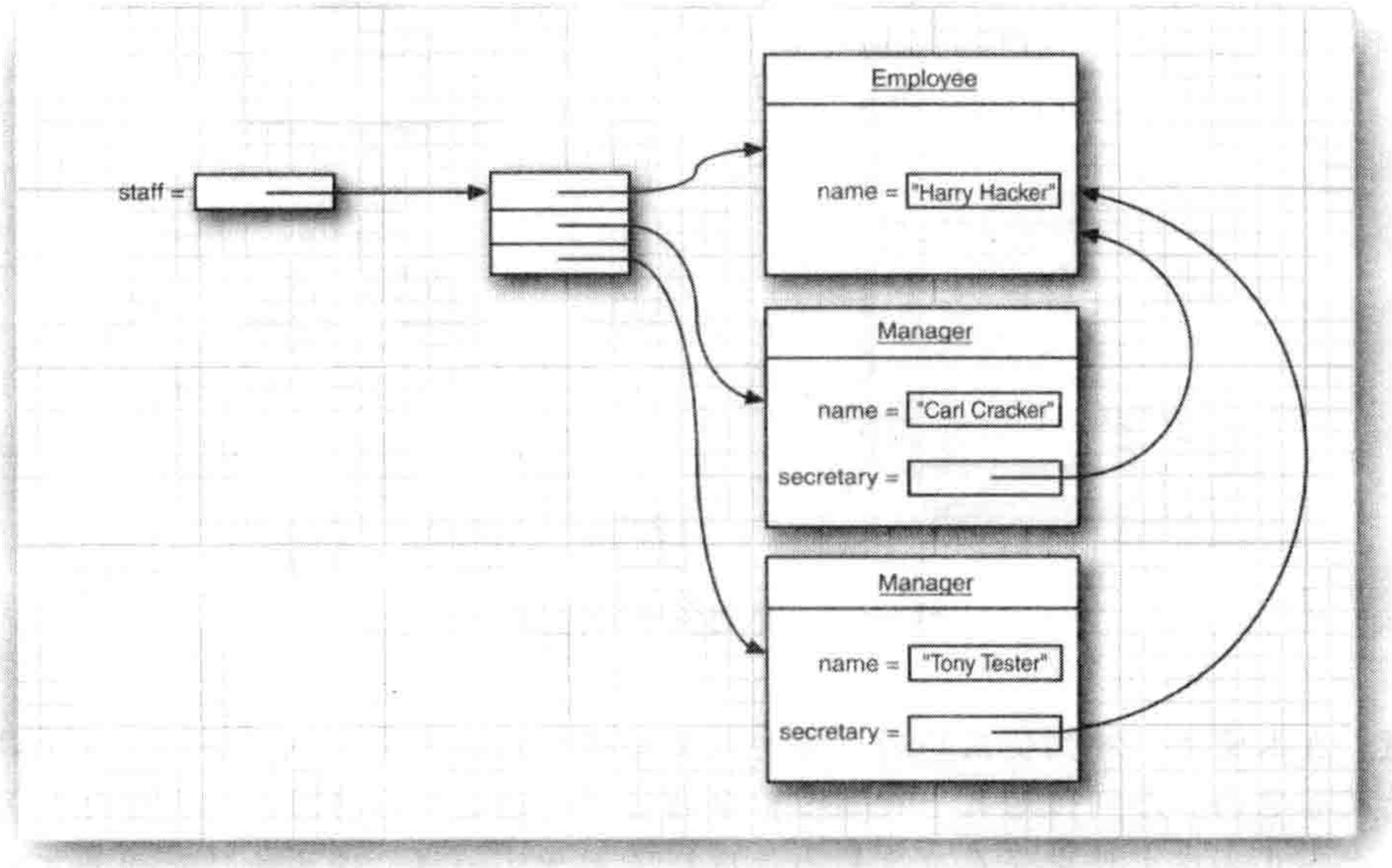


图 1-5 两个经理可以共用一个共有的雇员

保存这样的对象网络是一种挑战，在这里我们当然不能去保存和恢复秘书对象的内存地址，因为当对象被重新加载时，它可能占据的是与原来完全不同的内存地址。

与此不同的是，每个对象都是用一个序列号（serial number）保存的，这就是这种机制之所以称为对象序列化的原因。下面是其算法：

- 对你遇到的每一个对象引用都关联一个序列号（如图 1-6 所示）。
- 对于每个对象，当第一次遇到时，保存其对象数据到流中。
- 如果某个对象之前已经被保存过，那么只写出“与之前保存过的序列号为 x 的对象相同”。

在读回对象时，整个过程是反过来的。

- 对于流中的对象，在第一次遇到其序列号时，构建它，并使用流中数据来初始化它，然后记录这个顺序号和新对象之间的关联。
- 当遇到“与之前保存过的序列号为 x 的对象相同”标记时，获取与这个顺序号相关联的对象引用。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

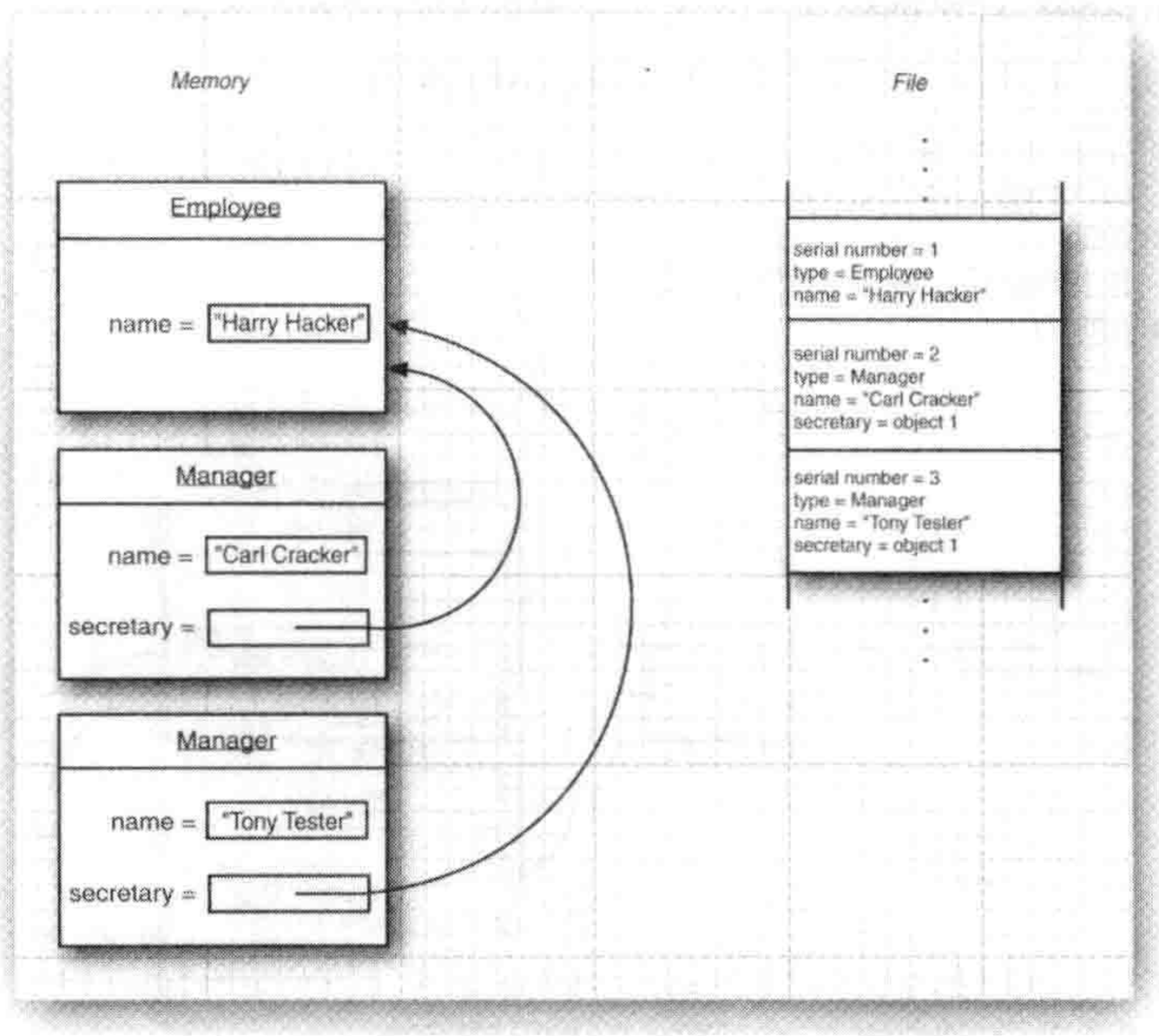


图 1-6 一个对象序列化的实例

注意：在本章中，我们使用序列化将对象集合保存到磁盘文件中，并按照它们被存储的样子获取它们。序列化的另一种非常重要的应用是通过网络将对象集合传送到另一台计算机上。正如在文件中保存原生的内存地址毫无意义一样，这些地址对于在不同的处理器之间的通信也是毫无意义的。因为序列化用序列号代替了内存地址，所以它允许将对象集合从一台机器传送到另一台机器。我们将在第 5 章讨论远程方法调用时学习序列化的这种用法。

程序清单 1-3 是保存和重新加载 `Employee` 和 `Manager` 对象网络的代码（有些对象共享相同的表示秘书的雇员）。注意，秘书对象在重新加载之后是惟一的，当 `newStaff[1]` 被恢复时，它会反映到经理们的 `secretary` 域中。

程序清单 1-3 objectStream/ObjectStreamTest.java

```
1  package objectStream;
2
3  import java.io.*;
4
5  /**
6   * @version 1.10 17 Aug 1998
7   * @author Cay Horstmann
8   */
9  class ObjectStreamTest
10 {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
11    public static void main(String[] args) throws IOException, ClassNotFoundException
12    {
13       Employee harry = new Employee("Harry Hacker", 50000, 1989, 10, 1);
14       Manager carl = new Manager("Carl Cracker", 80000, 1987, 12, 15);
15       carl.setSecretary(harry);
16       Manager tony = new Manager("Tony Tester", 40000, 1990, 3, 15);
17       tony.setSecretary(harry);
18
19       Employee[] staff = new Employee[3];
20       staff[0] = carl;
21       staff[1] = harry;
22       staff[2] = tony;
23
24       // save all employee records to the file employee.dat
25       try (ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(new FileOutputStream("employee.dat")))
26       {
27          out.writeObject(staff);
28       }
29
30       try (ObjectInputStream in = new ObjectInputStream(new FileInputStream("employee.dat")))
31       {
32          // retrieve all records into a new array
33
34          Employee[] newStaff = (Employee[]) in.readObject();
35
36          // raise secretary's salary
37          newStaff[1].raiseSalary(10);
38
39          // print the newly read employee records
40          for (Employee e : newStaff)
41             System.out.println(e);
42       }
43    }
44 }
```

API java.io.ObjectOutputStream 1.1

- `ObjectOutputStream(OutputStream out)`

  创建一个 ObjectOutputStream 使得你可以将对象写出到指定的 OutputStream。

- `void writeObject(Object obj)`

  写出指定的对象到 ObjectOutputStream，这个方法将存储指定对象的类、类的签名以及这个类及其超类中所有非静态和非瞬时的域的值。

API java.io.ObjectInputStream 1.1

- `ObjectInputStream(InputStream in)`

  创建一个 ObjectInputStream 用于从指定的 InputStream 中读回对象信息。

- `Object readObject()`

  从 ObjectInputStream 中读入一个对象。特别是，这个方法会读回对象的类、类的

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

签名以及这个类及其超类中所有非静态和非瞬时的域的值。它执行的反序列化允许恢复多个对象引用。

1.5.1 理解对象序列化的文件格式

对象序列化是以特殊的文件格式存储对象数据的，当然，你不必了解文件中表示对象的确切字节序列，就可以使用 `writeObject/readObject` 方法。但是，我们发现研究这种数据格式对于洞察对象流化的处理过程非常有益。因为其细节显得有些专业，所以如果你对其实现不感兴趣，则可以跳过这一节。

每个文件都是以下面这两个字节的“魔幻数字”开始的

```
AC ED
```

后面紧跟着对象序列化格式的版本号，目前是

```
00 05
```

（我们在本节中统一使用十六进制数字来表示字节。）然后，是它包含的对象序列，其顺序即它们存储的顺序。

字符串对象被存为

```
74  两字节表示的字符串长度      所有字符
```

例如，字符串“`Harry`”被存为

```
74 00 05 Harry
```

字符串中的 Unicode 字符被存储为修订过的 UTF-8 格式。

当存储一个对象时，这个对象所属的类也必须存储。这个类的描述包含

- 类名。
- 序列化的版本惟一的 ID，它是数据域类型和方法签名的指纹。
- 描述序列化方法的标志集。
- 对数据域的描述。

指纹是通过对类、超类、接口、域类型和方法签名按照规范方式排序，然后将安全散列算法（SHA）应用于这些数据而获得的。

SHA 是一种可以为较大的信息块提供指纹的快速算法，不论最初的数据块尺寸有多大，这种指纹总是 20 个字节的数据包。它是通过在数据上执行一个灵巧的位操作序列而创建的，这个序列在本质上可以百分之百地保证无论这些数据以何种方式发生变化，其指纹也都会跟着变化。（关于 SHA 的更多细节，可以查看一些参考资料，例如 William Stallings 所著的《*Cryptography and Network Security: Principles and Practice*》第 5 版 [Prentice Hall, 2011]。）但是，序列化机制只使用了 SHA 码的前 8 个字节作为类的指纹。即便这样，当类的数据域或方法发生变化时，其指纹跟着变化的可能性还是非常大。

在读入一个对象时，会拿其指纹与它所属的类的当前指纹进行比对，如果它们不匹配，那么就说明这个类的定义在该对象被写出之后发生过变化，因此会产生一个异常。在实际情况下，类当然是会演化的，因此对于程序来说，读入较旧版本的对象可能是必需的。我们将

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在第 1.5.4 节“版本管理”中讨论这个问题。

下面表示了类标识符是如何存储的：

72
2 字节的类名长度
类名
8 字节长的指纹
1 字节长的标志
2 字节长的数据域描述符的数量
数据域描述符
78（结束标记）
超类类型（如果没有就是 70）

标志字节是由在 java.io.ObjectStreamConstants 中定义的 3 位掩码构成的：

```
static final byte SC_WRITE_METHOD = 1;
   // class has a writeObject method that writes additional data
static final byte SC_SERIALIZABLE = 2;
   // class implements the Serializable interface
static final byte SC_EXTERNALIZABLE = 4;
   // class implements the Externalizable interface
```

我们会在本章稍后讨论 Externalizable 接口。可外部化的类提供了定制的接管其实例域输出的读写方法。我们要写出的这些类实现了 Serializable 接口，并且其标志值为 02，而可序列化的 java.util.Date 类定义了它自己的 readObject/writeObject 方法，并且其标志值为 03。

每个数据域描述符的格式如下：

1 字节长的类型编码
2 字节长的域名长度
域名
类名（如果域是对象）

其中类型编码是下列取值之一：

B	byte
C	char
D	double
F	float
I	int
J	long
L	对象
S	short
Z	boolean
[	数组

当类型编码为 L 时，域名后面紧跟域的类型。类名和域名字符串不是以字符串编码 74 开头的，但域类型是。域类型使用的是与域名稍有不同的编码机制，即本地方法使用的格式。

例如，Employee 类的薪水域被编码为：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
D 00 06 salary
```

下面是 Employee 类完整的类描述符：

```
72 00 08 Employee
   E6 D2 86 7D AE AC 18 1B 02          指纹和标志
   00 03                               实例域的数量
   D 00 06 salary                      实例域的类型和名字
   L 00 07 hireDay                     实例域的类型和名字
   74 00 10 Ljava/util/Date;           实例域的类名——Date
   L 00 04 name                        实例域的类型和名字
   74 00 12 Ljava/lang/String;         实例域的类名——String
   78                                  结束标记
   70                                  无超类
```

这些描述符相当长，如果在文件中再次需要相同的类描述符，可以使用一种缩写版：

```
71      4字节长的序列号
```

这个序列号将引用到前面已经描述过的类描述符，我们稍后将讨论编号模式。

对象将被存储为：

```
73      类描述符          对象数据
```

例如，下面展示的就是 Employee 对象如何存储：

```
40 E8 6A 00 00 00 00 00             salary域的值——double
73                                  hireDay域的值——新对象
   71 00 7E 00 08                   已有的类java.util.Date
   77 08 00 00 00 91 1B 4E B1 80 78 外部存储——稍后讨论细节
74 00 0C Harry Hacker               name域的值——String
```

正如你所看见的，数据文件包含了足够的信息来恢复这个 Employee 对象。

数组总是被存储成下面的格式：

```
75      类描述符          4字节长的数组项的数量          数组项
```

在类描述符中的数组类名的格式与本地方法中使用的格式相同（它与在其他的类描述符中的类名稍微有些差异）。在这种格式中，类名以 L 开头，以分号结束。

例如，3 个 Employee 对象构成的数组写出时就像下面一样：

```
75                                  数组
   72 00 0B [LEmployee;             新类，字符串长度，类名[Employee[]
      FC BF 36 11 C5 91 11 C7 02    指纹和标志
      00 00                         实例域的数量
      78                            结束标记
      70                            无超类
      00 00 00 03                   数组项的数量
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意，Employee 对象数组的指纹与 Employee 类自身的指纹并不相同。

所有对象（包含数组和字符串）和所有的类描述符在存储到输出文件时都被赋予了一个序列号，这个数字以 00 7E 00 00 开头。

我们已经看到过，任何给定的类其完整的类描述符只保存一次，后续的描述符将引用它。例如，在前面的示例中，对 Date 类的重复引用就被编码为：

```
71 00 7E 00 08
```

相同的机制还被用于对象。如果要写出一个对之前存储过的对象的引用，那么这个引用也会以完全相同的方式存储，即 71 后面跟随序列号，从上下文中可以很清楚地了解这个特殊的序列引用表示的是类描述符还是对象。

最后，空引用被存储为：

```
70
```

下面是前面小节中 ObjectRefTest 程序的带注释的输出。如果你喜欢，可以运行这个程序，然后查看其数据文件 employee.dat 的十六进制码，并将其与注释列表比较。在输出中接近结束部分的几行重要编码展示了对之前存储过的对象的引用。

```
AC ED 00 05                          文件头
75                                   数组staff （序列#1）
   72 00 0B [LEmployee;              新类、字符串长度、类名[Employee[] （序列#0）
      FC BF 36 11 C5 91 11 C7 02     指纹和标志
   00 00                             实例域的数量
   78                                结束标记
   70                                无超类
   00 00 00 03                       数组项的数量
73                                   staff[0]——新对象（序列#7）
   72 00 07 Manager                  新类、字符串长度、类名（序列#2）
      36 06 AE 13 63 8F 59 B7 02     指纹和标志
      00 01                          数据的数量
L 00 09 secretary                    实例域的类型和名字
74 00 0A LEmployee;                  实例域的类名——String （序列#3）
78                                   结束标记
72 00 08 Employee                    超类——新类、字符串长度、类名（序列#4）
   E6 D2 86 7D AE AC 18 1B 02        指纹和标志
   00 03                             实例域的数量
   D 00 06 salary                    实例域的类型和名字
   L 00 07 hireDay                   实例域的类型和名字
   74 00 10 Ljava/util/Date;         实例域的类名——String （序列#5）
   L 00 04 name                      实例域的类型和名字
   74 00 12 Ljava/lang/String;       实例域的类名——String （序列#6）
   78                                结束标记
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
   70                                  无超类
40 F3 88 00 00 00 00 00                salary域的值——double
73                                     hireDay域的值——新对象（序列#9）
   72 00 0E java.util.Date             新类、字符串长度、类名（序列#8）
      68 6A 81 01 4B 59 74 19 03       指纹和标志
      00 00                            无实例变量
      78                               结束标记
      70                               无超类
   77 08                               外部存储、字节的数量
   00 00 00 83 E9 39 E0 00             日期
   78                                  结束标记
74 00 0C Carl Cracker                  name域的值——String（序列#10）
73                                     secretary域的值——新对象（序列#11）
   71 00 7E 00 04                      已有的类（使用序列#4）
   40 E8 6A 00 00 00 00 00             salary域的值——double
   73                                  hireDay域的值——新对象（序列#12）
      71 00 7E 00 08                   已有的类（使用序列#8）
      77 08                            外部存储、字节的数量
      00 00 00 91 1B 4E B1 80          日期
      78                               结束标记
   74 00 0C Harry Hacker               name域的值——String（序列#13）
71 00 7E 00 0B                         staff[1]——已有的对象（使用序列#11）
73                                     staff[2]——新对象（序列#14）
   71 00 7E 00 02                      已有的类（使用序列#2）
   40 E3 88 00 00 00 00 00             salary域的值——double
   73                                  hireDay域的值——新对象（序列#15）
      71 00 7E 00 08                   已有的类（使用序列#8）
      77 08                            外部存储、字节的数量
      00 00 00 94 6D 3E EC 00 00       日期
      78                               结束标记
   74 00 0B Tony Tester                name域的值——String（序列#16）
   71 00 7E 00 0B                      secretary域的值——已有的对象（使用序列#11）
```

当然，研究这些编码大概与阅读常用的电话号码簿一样枯燥。了解确切的文件格式确实不那么重要（除非你试图通过修改数据来达到不可告人的目的），但是对象流对其所包含的所有对象都有详细描述，并且这些充足的细节可以用来重构对象和对象数组，因此了解它还是大有益处的。

你应该记住：

- 对象流输出中包含所有对象的类型和数据域。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- 每个对象都被赋予一个序列号。
- 相同对象的重复出现将被存储为对这个对象的序列号的引用。

1.5.2 修改默认的序列化机制

某些数据域是不可以序列化的，例如，只对本地方法有意义的存储文件句柄或窗口句柄的整数值，这种信息在稍后重新加载对象或将其传送到其他机器上时都是没有用处的。事实上，这种域的值如果不恰当，还会引起本地方法崩溃。Java 拥有一种很简单的机制来防止这种域被序列化，那就是将它们标记成是 transient 的。如果这些域属于不可序列化的类，你也需要将它们标记成 transient 的。瞬时的域在对象被序列化时总是被跳过的。

序列化机制为单个的类提供了一种方式，去向默认的读写行为添加验证或任何其他想要的行为。可序列化的类可以定义具有下列签名的方法：

```
private void readObject(ObjectInputStream in)
   throws IOException, ClassNotFoundException;
private void writeObject(ObjectOutputStream out)
   throws IOException;
```

之后，数据域就再也不会被自动序列化，取而代之的是调用这些方法。

下面是一个典型的示例。在 java.awt.geom 包中有大量的类都是不可序列化的，例如 Point2D.Double。现在假设你想要序列化一个 LabeledPoint 类，它存储了一个 String 和一个 Point2D.Double。首先，你需要将 Point2D.Double 标记成 transient，以避免抛出 NotSerializableException。

```
public class LabeledPoint implements Serializable
{
   private String label;
   private transient Point2D.Double point;
   . . .
}
```

在 writeObject 方法中，我们首先通过调用 defaultWriteObject 方法写出对象描述符和 String 域 label，这是 ObjectOutputStream 类中的一个特殊的方法，它只能在可序列化类的 writeObject 方法中被调用。然后，我们使用标准的 DataOutput 调用写出点的坐标。

```
private void writeObject(ObjectOutputStream out)
   throws IOException
{
   out.defaultWriteObject();
   out.writeDouble(point.getX());
   out.writeDouble(point.getY());
}
```

在 readObject 方法中，我们反过来执行上述过程：

```
private void readObject(ObjectInputStream in)
   throws IOException
{
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
    in.defaultReadObject();
    double x = in.readDouble();
    double y = in.readDouble();
    point = new Point2D.Double(x, y);
}
```

另一个例子是 java.util.Date 类，它提供了自己的 readObject 和 writeObject 方法，这些方法将日期写出为从纪元（UTC 时间 1970 年 1 月 1 日 0 点）开始的毫秒数。Date 类有一个复杂的内部表示，为了优化查询，它存储了一个 Calendar 对象和一个毫秒计数值。Calendar 的状态是冗余的，因此并不需要保存。

readObject 和 writeObject 方法只需要保存和加载它们的数据域，而不需要关心超类数据和任何其他类的信息。

除了让序列化机制来保存和恢复对象数据，类还可以定义它自己的机制。为了做到这一点，这个类必须实现 Externalizable 接口，这需要它定义两个方法：

```
public void readExternal(ObjectInputStream in)
  throws IOException, ClassNotFoundException;
public void writeExternal(ObjectOutputStream out)
  throws IOException;
```

与前面一节描述的 readObject 和 writeObject 不同，这些方法对包括超类数据在内的整个对象的存储和恢复负全责，而序列化机制在流中仅仅只是记录该对象所属的类。在读入可外部化的类时，对象流将用无参构造器创建一个对象，然后调用 readExternal 方法。下面展示了如何为 Employee 类实现这些方法：

```
public void readExternal(ObjectInput s)
   throws IOException
{
   name = s.readUTF();
   salary = s.readDouble();
   hireDay = new Date(s.readLong());
}

public void writeExternal(ObjectOutput s)
   throws IOException
{
  s.writeUTF(name);
  s.writeDouble(salary);
  s.writeLong(hireDay.getTime());
}
```

警告： readObject 和 writeObject 方法是私有的，并且只能被序列化机制调用。与此不同的是，readExternal 和 writeExternal 方法是公共的。特别是，readExternal 还潜在地允许修改现有对象的状态。

1.5.3 序列化单例和类型安全的枚举

在序列化和反序列化时，如果目标对象是唯一的，那么你必须加倍当心，这通常会在实

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

现单例和类型安全的枚举时发生。

如果你使用 Java 语言的 enum 结构，那么你就不必担心序列化，它能够正常工作。但是，假设你在维护遗留代码，其中包含下面这样的枚举类型：

```
public class Orientation
{
   public static final Orientation HORIZONTAL = new Orientation(1);
   public static final Orientation VERTICAL  = new Orientation(2);

   private int value;

   private Orientation(int v) { value = v; }
}
```

这种风格在枚举被添加到 Java 语言中之前是很普遍的。注意，其构造器是私有的。因此，不可能创建出超出 Orientation.HORIZONTAL 和 Orientation.VERTICAL 之外的对象。特别是，你可以使用 == 操作符来测试对象的等同性：

```
if (orientation == Orientation.HORIZONTAL) . . .
```

当类型安全的枚举实现 Serialzable 接口时，你必须牢记存在着一种重要的变化，此时，默认的序列化机制是不适用的。假设我们写出一个 Orientation 类型的值，并再次将其读回：

```
Orientation original = Orientation.HORIZONTAL;
ObjectOutputStream out = . . .;
out.write(original);
out.close();
ObjectInputStream in = . . .;
Orientation saved = (Orientation) in.read();
```

现在，下面的测试：

```
if (saved == Orientation.HORIZONTAL) . . .
```

将失败。事实上，saved 的值是 Orientation 类型的一个全新的对象，它与任何预定义的常量都不等同。即使构造器是私有的，序列化机制也可以创建新的对象！

为了解决这个问题，你需要定义另外一种称为 readResolve 的特殊序列化方法。如果定义了 readResolve 方法，在对象被序列化之后就会调用它。它必须返回一个对象，而该对象之后会成为 readObject 的返回值。在上面的情况中，readResolve 方法将检查 value 域并返回恰当的枚举常量：

```
protected Object readResolve() throws ObjectStreamException
{
   if (value == 1) return Orientation.HORIZONTAL;
   if (value == 2) return Orientation.VERTICAL;
   return null; // this shouldn't happen
}
```

请记住向遗留代码中所有类型安全的枚举以及向所有支持单例设计模式的类中添加 readResolve 方法。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

1.5.4 版本管理

如果使用序列化来保存对象，就需要考虑在程序演化时会有什么问题。例如，1.1 版本可以读入旧文件吗？仍旧使用 1.0 版本的用户可以读入新版本产生的文件吗？显然，如果对象文件可以处理类的演化问题，那它正是我们想要的。

乍一看，这好像是不可能的。无论类的定义产生了什么样的变化，它的 SHA 指纹也会跟着变化，而我们都知道对象流将拒绝读入具有不同指纹的对象。但是，类可以表明它对其早期版本保持兼容，要想这样做，就必须首先获得这个类的早期版本的指纹。我们可以使用 JDK 中的单机程序 `serialver` 来获得这个数字，例如，运行下面的命令

```
serialver Employee
```

将会打印出

```
Employee: static final long serialVersionUID = -1814239825517340645L;
```

如果在运行 `serialver` 程序时添加 `-show` 选项，那么这个程序就会产生下面的图形化对话框（参见图 1-7）。

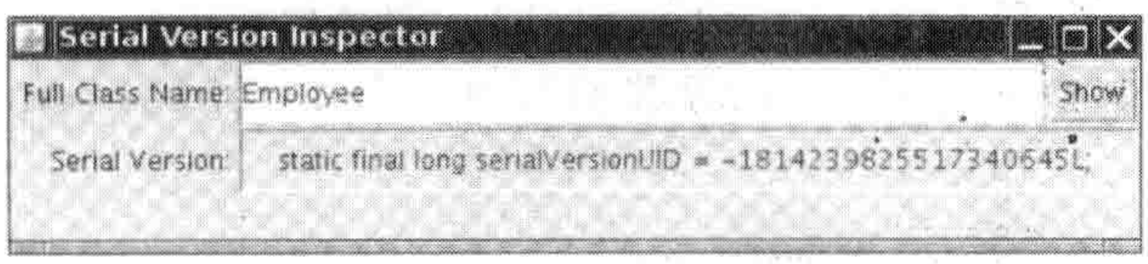


图 1-7 `serialver` 程序的图形化版本

这个类的所有较新的版本都必须把 `serialVersionUID` 常量定义为与最初版本的指纹相同。

```
class Employee implements Serializable // version 1.1
{
   . . .
   public static final long serialVersionUID = -1814239825517340645L;
}
```

如果一个类具有名为 `serialVersionUID` 的静态数据成员，它就不需要再人工地计算其指纹，而只需直接使用这个值。

一旦这个静态数据成员被置于某个类的内部，那么序列化系统就可以读入这个类的对象的不同版本。

如果这个类只有方法产生了变化，那么在读入新对象数据时是不会有任何问题的。但是，如果数据域产生了变化，那么就可能会有问题。例如，旧文件对象可能比程序中的对象具有更多或更少的数据域，或者数据域的类型可能有所不同。在这些情况中，对象流将尽力将流对象转换成这个类当前的版本。

对象流会将这个类当前版本的数据域与流中版本的数据域进行比较，当然，对象流只会考虑非瞬时和非静态的数据域。如果这两部分数据域之间名字匹配而类型不匹配，那么对象流不会尝试将一种类型转换成另一种类型，因为这两个对象不兼容；如果流中的对象具有在当前版本中所没有的数据域，那么对象流会忽略这些额外的数据；如果当前版本具有在流

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

化对象中所没有的数据域，那么这些新添加的域将被设置成它们的默认值（如果是对象则是 null，如果是数字则为 0，如果是 boolean 值则是 false）。

下面是一个示例：假设我们已经用雇员类的最初版本（1.0）在磁盘上保存了大量的雇员记录，现在我们在 Employee 类中添加了称为 department 的数据域，从而将其演化到了 2.0 版本。图 1-8 展示了将 1.0 版的对象读入到使用 2.0 版对象的程序中的情形，可以看到 department 域被设置成了 null。图 1-9 展示了相反的情况：一个使用 1.0 版对象的程序读入了 2.0 版的对象，可以看到额外的 department 域被忽略。

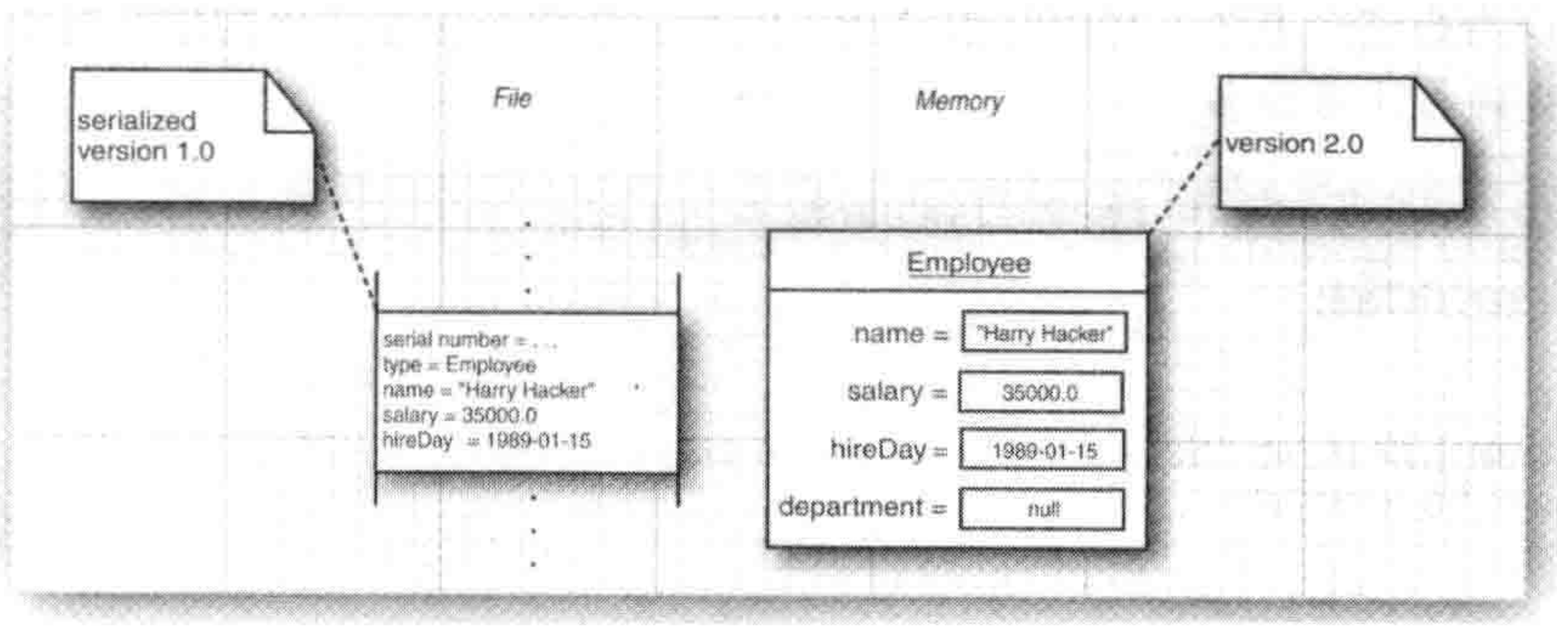


图 1-8 读入具有较少数据域的对象

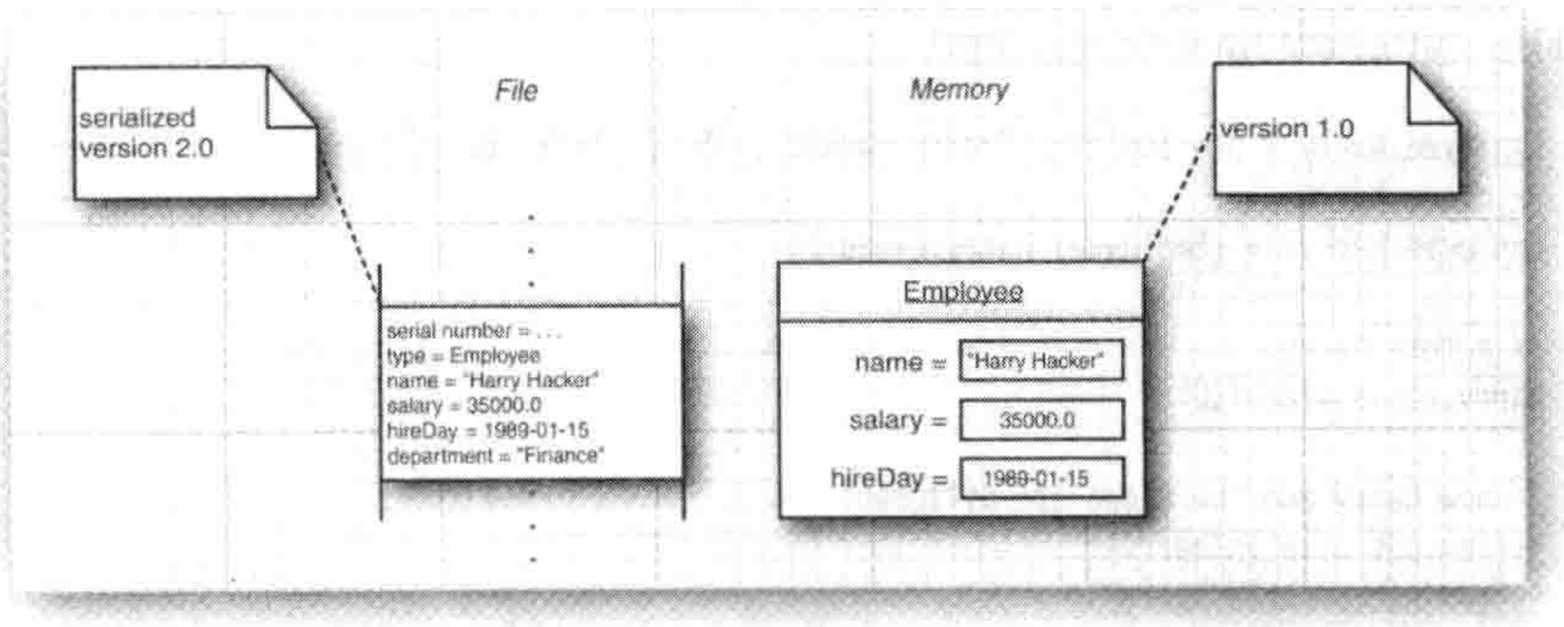


图 1-9 读入具有较多数据域的对象

这种处理是安全的吗？视情况而定。丢掉数据域看起来是无害的，因为接收者仍旧拥有它知道如何处理的所有数据，但是将数据域设置为 null 却有可能并不那么安全。许多类都费尽心思地在其所有的构造器中将所有的数据域都初始化为非 null 的值，以使得其各个方法都不必去处理 null 数据。因此，这个问题取决于类的设计者是否能够在 readObject 方法中实现额外的代码去订正版本不兼容问题，或者是否能够确保所有的方法在处理 null 数据时都足够健壮。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

1.5.5 为克隆使用序列化

序列化机制有一种很有趣的用法：即提供了一种克隆对象的简便途径，只要对应的类是可序列化的即可。其做法很简单：直接将对象序列化到输出流中，然后将其读回。这样产生的新对象是对现有对象的一个深拷贝（deep copy）。在此过程中，我们不必将对象写出到文件中，因为可以用 ByteArrayOutputStream 将数据保存到字节数组中。

正如程序清单 1-4 所示，要想得到 clone 方法，只需扩展 SerialCloneable 类，这样就完事了。

我们应该当心这个方法，尽管它很灵巧，但是它通常会比显式地构建新对象并复制或克隆数据域的克隆方法慢得多。

程序清单 1-4 serialClone/SerialCloneTest.java

```
1  package serialClone;
2
3  /**
4     @version 1.20 17 Aug 1998
5     @author Cay Horstmann
6  */
7
8  import java.io.*;
9  import java.util.*;
10
11 public class SerialCloneTest
12 {
13    public static void main(String[] args)
14    {
15       Employee harry = new Employee("Harry Hacker", 35000, 1989, 10, 1);
16       // clone harry
17       Employee harry2 = (Employee) harry.clone();
18
19       // mutate harry
20       harry.raiseSalary(10);
21
22       // now harry and the clone are different
23       System.out.println(harry);
24       System.out.println(harry2);
25    }
26 }
27
28 /**
29    A class whose clone method uses serialization.
30 */
31 class SerialCloneable implements Cloneable, Serializable
32 {
33    public Object clone()
34    {
35       try
36       {
37          // save the object to a byte array
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
38          ByteArrayOutputStream bout = new ByteArrayOutputStream();
39          ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(bout);
40          out.writeObject(this);
41          out.close();
42
43          // read a clone of the object from the byte array
44          ByteArrayInputStream bin = new ByteArrayInputStream(bout.toByteArray());
45          ObjectInputStream in = new ObjectInputStream(bin);
46          Object ret = in.readObject();
47          in.close();
48
49          return ret;
50       }
51       catch (Exception e)
52       {
53          return null;
54       }
55    }
56 }
57
58 /**
59    The familiar Employee class, redefined to extend the
60    SerialCloneable class.
61 */
62 class Employee extends SerialCloneable
63 {
64    private String name;
65    private double salary;
66    private Date hireDay;
67
68    public Employee(String n, double s, int year, int month, int day)
69    {
70       name = n;
71       salary = s;
72       GregorianCalendar calendar = new GregorianCalendar(year, month - 1, day);
73       hireDay = calendar.getTime();
74    }
75
76    public String getName()
77    {
78       return name;
79    }
80
81    public double getSalary()
82    {
83       return salary;
84    }
85
86    public Date getHireDay()
87    {
88       return hireDay;
89    }
90    public void raiseSalary(double byPercent)
91    {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
92          double raise = salary * byPercent / 100;
93          salary += raise;
94       }
95
96       public String toString()
97       {
98          return getClass().getName()
99             + "[name=" + name
100            + ",salary=" + salary
101            + ",hireDay=" + hireDay
102            + "]";
103      }
104   }
```

1.6 操作文件

你已经学习了如何从文件中读写数据，然而文件管理的内涵远远比读写要广。Path 和 Files 类封装了在用户机器上处理文件系统所需的所有功能。例如，可以使用 Files 类来移除或重命名文件，或者查询文件最后被修改的时间。换句话说，流类关心的是文件的内容，而我们在此处要讨论的类关心的是在磁盘上如何存储文件。

Path 和 Files 是在 Java SE 7 中新添加进来的类，它们用起来比自 JDK 1.0 以来就一直使用的 File 类要方便得多。我们认为这两个类会在 Java 程序员中流行起来，因此在这里做深度讨论。

1.6.1 Path

Path 表示的是一个目录名序列，其后还可以跟着一个文件名。路径中的第一个部件可以是根部件，例如 / 或 C:\，而允许访问的根部件取决于文件系统。以根部件开始的路径是绝对路径；否则，就是相对路径。例如，我们要分别创建一个绝对路径和一个相对路径；其中，对于绝对路径，我们假设计算机运行的是类 Unix 的文件系统：

```
Path absolute = Paths.get("/home", "cay");
Path relative = Paths.get("myprog", "conf", "user.properties");
```

静态的 Paths.get 方法接受一个或多个字符串，并将它们用默认文件系统的路径分隔符（类 Unix 文件系统是 /，Windows 是 \）连接起来。然后它解析连接起来的结果，如果其表示的不是给定文件系统中的合法路径，那么就抛出 InvalidPathException 异常。这个连接起来的结果就是一个 Path 对象。

get 方法可以获取包含多个部件构成的单个字符串，例如，可以像下面这样从配置文件中读取路径：

```
String baseDir = props.getProperty("base.dir")
   // May be a string such as /opt/myprog or c:\Program Files\myprog
Path basePath = Paths.get(baseDir); // OK that baseDir has separators
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意：路径不必对应着某个实际存在的文件，它仅仅只是一个抽象的名字序列。你在接下来的小节中将要看到，当你想要创建文件时，首先要创建一个路径，然后才调用方法去创建对应的文件。

组合或解析路径是司空见惯的操作，调用 p.resolve(q) 将按照下列规则返回一个路径：

- 如果 q 是绝对路径，则结果就是 q。
- 否则，根据文件系统的规则，将“p 后面跟着 q”作为结果。

例如，假设你的应用系统需要查找相对于给定基目录的工作目录，其中基目录是从配置文件中读取的，就像前一个例子一样。

```
Path workRelative = Paths.get("work");
Path workPath = basePath.resolve(workRelative);
```

resolve 方法有一种快捷方式，它接受一个字符串而不是路径：

```
Path workPath = basePath.resolve("work");
```

还有一个很方便的方法 resolveSibling，它通过解析指定路径的父路径产生其兄弟路径。例如，如果 workPath 是 /opt/myapp/work，那么下面的调用

```
Path tempPath = workPath.resolveSibling("temp")
```

将创建 /opt/myapp/temp。

resolve 的对立面是 relativize，即调用 p.relativize(r) 将产生路径 q，对 q 进行解析会产生 r。例如，以“/home/cay”为目标对“/home/fred/myprog”进行相对化操作，会产生“../fred/myprog”，其中，我们假设 .. 表示文件系统中的父目录。

normalize 方法将移除所有冗余的 . 和 .. 部件（或者文件系统认为冗余的所有部件）。例如，规范化 /home/cay/../fred/./myprog 将产生 /home/fred/myprog。

toAbsolutePath 方法将产生给定路径的绝对路径，该绝对路径从根部件开始。

Path 类有许多有用的方法用来将路径断开以及和其他路径进行组合。下面的代码示例展示了其中部分最有用的方法：

```
Path p = Paths.get("/home", "cay", "myprog.properties");
Path parent = p.getParent(); // the path /home/cay
Path file = p.getFileName(); // the path myprog.properties
Path root = p.getRoot(); // the path /
```

注意：偶尔，你可能需要与遗留系统的 API 交互，它们使用的是 File 类而不是 Path 类。Path 类有一个 toFile 方法，而 File 类页也有一个 toPath 方法。

API java.nio.file.Paths 7

- static Path get(String first, String...more)

  通过连接给定的字符串创建一个路径。

API java.nio.file.Path 7

- Path resolve(Path other)

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- Path resolve(String other)
  如果 other 是绝对路径，那么就返回 other；否则，返回通过连接 this 和 other 获得的路径。
- Path resolveSibling(Path other)
- Path resolveSibling(String other)
  如果 other 是绝对路径，那么就返回 other；否则，返回通过连接 this 的父路径和 other 获得的路径。
- Path relativize(Path other)
  返回用 this 进行解析，相对于 other 的相对路径。
- Path normalize()
  移除诸如 . 和 .. 等冗余的路径元素。
- Path toAbsolutePath()
  返回与该路径等价的绝对路径。
- Path getParent()
  返回父路径，或者在该路径没有父路径时，返回 null。
- Path getFileName()
  返回该路径的最后一个部件，或者在该路径没有任何部件时，返回 null。
- Path getRoot()
  返回该路径的根部件，或者在该路径没有任何根部件时，返回 null。
- toFile()
  从该路径中创建一个 File 对象。

API java.io.File.1.0

- Path toPath() 7
  从该文件中创建一个 Path 对象。

1.6.2 读写文件

Files 类可以使得普通文件操作变得快捷。例如，可以用下面的方式很容易地读取文件的所有内容：

```
byte[] bytes = Files.readAllBytes(path);
```

如果想将文件当作字符串读入，那么可以在调用 readAllBytes 之后执行下面的代码：

```
String content = new String(bytes, charset);
```

但是如果希望将文件当作行序列读入，那么可以调用：

```
List<String> lines = Files.readAllLines(path, charset);
```

相反地，如果希望写出一个字符串到文件中，可以调用：

```
Files.write(path, content.getBytes(charset));
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

向指定文件追加内容，可以调用：

```
Files.write(path, content.getBytes(charset), StandardOpenOPtion.APPEND);
```

还可以用下面的语句将一个行的集合写出到文件中：

```
Files.write(path, lines);
```

这些简便方法适用于处理中等长度的文本文件，如果要处理的文件长度比较大，或者是二进制文件，那么还是应该使用所熟知的流或者读入器 / 写出器：

```
InputStream in = Files.newInputStream(path);
OutputStream out = Files.newOutputStream(path);
Reader in = Files.newBufferedReader(path, charset);
Writer out = Files.newBufferedWriter(path, charset);
```

这些便捷方法可以将你从处理 FileInputStream、FileOutputStream、BufferedReader 和 BufferedWriter 的繁复操作中解脱出来。

API java.nio.file.Files 7

- static byte[] readAllBytes(Path path)
- static List<String> readAllLines(Path path, Charset charset)

  读入文件的内容。
- static Path write(Path path, byte[] contents, OpenOption...options)
- static Path write(Path path, Iterable<? extends CharSequence> contents, OpenOption options)

  将给定内容写出到文件中，并返回 path。
- static InputStream newInputStream(Path path, OpenOption...options)
- static OutputStream newOutputStream(Path path, OpenOption...options)
- static BufferedReader newBufferedReader(Path path, Charset charset)
- static BufferedWriter newBufferedWriter(Path path, Charset charset, OpenOption...options)

  打开一个文件，用于读入或写出。

1.6.3 复制、移动和删除文件

将文件从一个位置复制到另一个位置可以直接调用

```
Files.copy(fromPath, toPath);
```

移动文件（即复制并删除原文件）可以调用

```
Files.move(fromPath, toPath);
```

如果目标路径已经存在，那么复制或移动将失败。如果想要覆盖已有的目标路径，可以使用 REPLACE_EXISTING 选项。如果想要复制所有的文件属性，可以使用 COPY_ATTRIBUTES 选项。也可以像下面这样同时选择这两个选项：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
Files.copy(fromPath, toPath, StandardCopyOption.REPLACE_EXISTING,
   StandardCopyOption.COPY_ATTRIBUTES);
```

你可以将移动操作定义为原子性的，这样就可以保证要么移动操作成功完成，要么源文件继续保持在原来位置。具体可以使用 ATOMIC_MOVE 选项来实现：

```
Files.move(fromPath, toPath, StandardCopyOption.ATOMIC_MOVE);
```

最后，删除文件可以调用：

```
Files.delete(path);
```

如果要删除的文件不存在，这个方法就会抛出异常。因此，可转而使用下面的方法：

```
boolean deleted = Files.deleteIfExists(path);
```

该删除方法还可以用来移除空目录。

API java.nio.file.Files 7

- static Path copy(Path from, Path to, CopyOption... options)
- static Path move(Path from, Path to, CopyOption... options)

  将 from 复制或移动到给定位置，并返回 to。
- static void delete(Path path)
- static boolean deleteIfExists(Path path)

  删除给定文件或空目录。第一个方法在文件或目录不存在情况下抛出异常，而第二个方法在这种情况下会返回 false。

1.6.4 创建文件和目录

创建新目录可以调用

```
Files.createDirectory(path);
```

其中，路径中除最后一个部件外，其他部分都必须是已存在的。要创建路径中的中间目录，应该使用

```
Files.createDirectories(path);
```

可以使用下面的语句创建一个空文件：

```
Files.createFile(path);
```

如果文件已经存在了，那么这个调用就会抛出异常。检查文件是否存在和创建文件是原子性的，如果文件不存在，该文件就会被创建，并且其他程序在此过程中是无法执行文件创建操作的。

有些便捷方法可以用来在给定位置或者系统指定位置创建临时文件或临时目录：

```
Path newPath = Files.createTempFile(dir, prefix, suffix);
Path newPath = Files.createTempFile(prefix, suffix);
Path newPath = Files.createTempDirectory(dir, prefix);
Path newPath = Files.createTempDirectory(prefix);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

其中，dir 是一个 Path 对象，prefix 和 suffix 是可以为 null 的字符串。例如，调用 Files.createTempFile(null,“ .txt”) 可能会返回一个像 /tmp/12344055223648371 94.txt 这样的路径。

在创建文件或目录时，可以指定属性，例如文件的拥有者和权限。但是，指定属性的细节取决于文件系统，本书在此不做讨论。

API java.nio.file.Files 7

- static Path createFile(Path path, FileAttribute<?>... attrs)
- static Path createDirectory(Path path, FileAttribute<?>... attrs)
- static Path createDirectories(Path path, FileAttribute<?>... attrs)
  创建一个文件或目录，createDirectories 方法还会创建路径中所有的中间目录。
- static Path createTempFile(String prefix, String suffix, FileAttribute<?>... attrs)
- static Path createTempFile(Path parentDir, String prefix, String suffix, FileAttribute<?>... attrs)
- static Path createTempDirectory (String prefix, FileAttribute<?>... attrs)
- static Path createTempDirectory (Path parentDir, String prefix, FileAttribute<?>... attrs)
  在适合临时文件的位置，或者在给定的父目录中，创建一个临时文件或目录。返回所创建的文件或目录的路径。

1.6.5 获取文件信息

下面的静态方法都将返回一个 boolean 值，表示检查路径的某个属性的结果：

- exists
- isHidden
- isReadable, isWritable, isExecutable
- isRegularFile, isDirectory, IsSymbolicLink

size 方法将返回文件的字节数：

```
long fileSize = Files.size(path);
```

getOwner 方法将文件的拥有者作为 java.nio.file.attribute.UserPrincipal 的一个实例返回。

所有的文件系统都会报告一个基本属性集，它们被封装在 BasicFileAttributes 接口中，这些属性与上述信息有部分重叠。基本文件属性包括：

- 创建文件、最后一次访问以及最后一次修改文件的时间，这些时间都表示成 java.nio.file.attribute.FileTime。
- 文件是常规文件、目录还是符号链接，抑或这三者都不是。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- 文件尺寸。
- 文件主键，这是某种类的对象，具体所属类与文件系统相关，有可能是文件的唯一标识符，也可能不是。

要获取这些属性，可以调用

```
BasicFileAttributes attributes = files.readAttributes(path, BasicFileAttributes.class);
```

如果你了解到用户的文件系统兼容 POSIX，那么你可以获取一个 PosixFileAttributes 实例：

```
PosixFileAttributes attributes = files.readAttributes(path, PosixFileAttributes.class);
```

然后从中找到组拥有者、拥有者、组，以及访问权限。我们不会详细讨论其细节，因为这种信息中很多内容在操作系统之间并不具备可移植性。

API java.nio.file.Files 7

- static boolean exists(Path path)
- static boolean isHidden(Path path)
- static boolean isReadable(Path path)
- static boolean isWriter(Path path)
- static boolean isExecutable(Path path)
- static boolean isRegularFile(Path path)
- static boolean isDirectory(Path path)
- static boolean isSymbolicLink(Path path)

  检查由路径指定的文件的给定属性。
- static long size(Path path)

  获取文件按字节数度量的尺寸。
- A readAttributes(Path path, Class<A> type, LinkOption... options)

  读取类型为 A 的文件属性。

API *java.nio.file.attribute.BasicFileAttributes 7*

- FileTime creationTime()
- FileTime lastAccessTime()
- FileTime lastModifiedTime()
- boolean isRegularFile()
- boolean isDirectory()
- boolean isSymoblicLink()
- long size()
- Object filekey()

  获取所请求的属性。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

1.6.6 迭代目录中的文件

旧的 File 类有一个方法，可以用来获取由一个目录中的所有文件构成的数组，但是当目录中包含大量的文件时，这个方法的性能会非常低。正由于此，Files 类设计了一个方法，它可以产生一个 Iterable 对象。下面代码说明了应该如何使用它：

```
try (DirectoryStream<Path> entries = Files.newDirectoryStream(dir))
{
   for (Path entry : entries)
      Process entries
}
```

try 语句块用来确保目录流可以被正确关闭。访问目录中的项并没有具体的顺序。

可以用 glob 模式来过滤文件：

```
try (DirectoryStream<Path> entries = Files.newDirectoryStream(dir, "*.java"))
```

表 1-6 展示了所有的 glob 模式。

警告： 如果使用 Windows 的 glob 语法，则必须对反斜杠转义两次：一次为 glob 语法转义，一次为 Java 字符串转义：Files.newDirectoryStream(dir,“C:\\\\”)

如果想要访问某个目录的所有子孙成员，可以转而调用 walkFileTree 方法，并向其传递一个 FileVisitor 类型的对象，这个对象会得到下列通知：

- 在遇到一个文件或目录时：FileVisitResult visitFile(T path, BasicFileAttributes attrs)
- 在一个目录被处理前：FileVisitResult preVisitDirectory(T dir, IOException ex)
- 在一个目录被处理后：FileVisitResult postVisitDirectory(T dir, IOException ex)
- 在试图访问文件或目录时发生错误，例如没有权限打开目录：FileVisitResult visitFileFailed(path, IOException)

对于上述每种情况，都可以指定是否希望执行下面的操作：

- 继续访问下一个文件：FileVisitResult.CONTINUE
- 继续访问，但是不再访问这个目录下的任何项了：FileVisitResult.SKIP_SUBTREE
- 继续访问，但是不再访问这个文件的兄弟文(和该文件在同一个目录下的文件)了：FileVisitResult.SKIP_SIBLINGS
- 终止访问：FileVisitResult.TERMINATE

当有任何方法抛出异常时，就会终止访问，而这个异常会从 walkFileTree 方法中抛出。

注意： FileVisitor 接口是泛化类型，但是你也太可能会使用除 FileVisitor<Path> 之外的东西。walkFileTree 方法可以接受 FileVisitor<? Super Path> 类型的参数，但是 Path 并没有多少超类型。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表 1-6 Glob 模式

模式	描述	示例
*	匹配路径组成部分中 0 个或多个字符	*.java 匹配当前目录中的所有 Java 文件
**	匹配跨目录边界的 0 个或多个字符	**.java 匹配在所有子目录中的 Java 文件
?	匹配一个字符	????.java 匹配所有四个字符的 Java 文件 (不包括扩展名)
[...]	匹配一个字符集合，可以使用连线符 [0-9] 和取反符 [!0-9]	Test[0-9A-F].java 匹配 Testx.java，其中 x 是一个十六进制数字
{...}	匹配由逗号隔开的多个可选项之一	*.{java,class} 匹配所有的 Java 文件和类 class 文件
\	转义上述任意模式中的字符	*** 匹配所有文件名中包含 * 的文件

便捷类 SimpleFileVisitor 实现了 FileVisitor 接口，但是其除 visitFileFailed 方法之外的所有方法并不做任何处理而是直接继续访问，而 visitFileFailed 方法会抛出由失败导致的异常，并进而终止访问。

例如，下面的代码展示了如何打印出给定目录下的所有子目录：

```
Files.walkFileTree(dir, new SimpleFileVisitor<Path>()
   {
      public FileVisitResult visitFile(Path path, BasicFileAttributes attrs) throws IOException
      {
         if (attrs.isDirectory())
            System.out.println(path);
         return FileVisitResult.CONTINUE;
      }
      public FileVisitResult visitFileFailed(Path path, IOException exc) throws IOException
      {
         return FileVisitResult.CONTINUE;
      }
   });
```

值得注意的是，我们需要覆盖 visitFileFailed 方法，否则，访问会在遇到不允许打开的目录时立即失败。

还应该注意的是，路径的众多属性是作为一个参数传递的。walkFileTree 已经不得不通过操作系统调用获得这些属性，因为它需要区分文件和目录。因此，你就不需要再次执行系统调用了。

如果你需要在进入或离开一个目录时执行某些操作，那么 FileVisitor 接口的其他方法就显得非常有用了。例如，在创建目录树的副本时，必须先创建当前目录的副本，然后再向该副本中添加文件的副本。在删除目录树时，需要在移除当前目录的所有文件之后，才能移除该目录。

API java.nio.File.Files 7

- DirectoryStream<Path> newDirectoryStream(Path path)
- DirectoryStream<Path> newDirectoryStream(Path path, String glob)

  获取给定目录中可以遍历所有文件和目录的迭代器。第二个方法只接受那些与给定的

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

glob 模式匹配的项。

- `Path walkFileTree(Path start, FileVisitor<? Super Path> visitor)`

遍历给定路径的所有子孙，并将访问器应用于这些子孙之上。

API java.nio.file.SimpleFileVisitor<T> 7

- `FileVisitResult visitFile(T path, BasicFileAttributes attrs)`

  在访问文件或目录时被调用，返回 CONTINUE、SKIP_SUBTREE、SKIP_SIBLINGS 和 TERMINATE 之一，默认实现是不做任何操作而继续访问。
- `FileVisitResult preVisitDirectory(T dir, BasicFileAttributes attrs)`
- `FileVisitResult postVisitDirectory(T dir, BasicFileAttributes attrs)`

  在访问目录之前和之后被调用，默认实现是不做任何操作而继续访问。
- `FileVisitResult visitFileFailed(T path, IOException exc)`

  如果在试图获取给定文件的信息时抛出异常，则该方法被调用。默认实现是重新抛出异常，这会导致访问操作以这个异常而终止。如果你想自己访问，可以覆盖这个方法。

1.6.7 ZIP 文件系统

Paths 类会在默认文件系统中查找路径，即在用户本地磁盘中的文件。你也可以有别的文件系统，其中最有用的之一是 ZIP 文件系统。如果 zipname 是某个 ZIP 文件的名字，那么下面的调用

```
FileSystem fs = FileSystems.newFileSystem(Paths.get(zipname), null);
```

将建立一个文件系统，它包含 ZIP 文档中的所有文件。如果知道文件名，那么从 ZIP 文档中复制出这个文件就会变得很容易：

```
Files.copy(fs.getPath(sourceName), targetPath);
```

其中，fs.getPath 对于任意文件系统来说，都与 Paths.get 类似。

要列出 ZIP 文档中的所有文件，可以遍历文件树：

```
FileSystem fs = FileSystems.newFileSystem(Paths.get(zipname), null);
Files.walkFileTree(fs.getPath("/"), new SimpleFileVisitor<Path>()
   {
      public FileVisitResult visitFile(Path file, BasicFileAttributes attrs) throws IOException
      {
         System.out.println(file);
         return FileVisitResult.CONTINUE;
      }
   });
```

这比 1.4 小节“ZIP 文档”中描述的 API 要好用，它使用的是多个专门处理 ZIP 文档的新类。

API java.nio.file.FileSystems 7

- `static FileSystem newFileSystem(Path path, ClassLoader loader)`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

对所安装的文件系统提供者进行迭代，并且如果 loader 不为 null，那么就还迭代给定的类加载器能够加载的文件系统，返回由第一个可以接受给定路径的文件系统提供者创建的文件系统。默认情况下，对于 ZIP 文件系统是有一个提供者的，它接受名字以 .zip 或 .jar 结尾的文件。

API java.nio.file.FileSystem 7

- static Path getPath(String first, String... more)
  将给定的字符串连接起来创建一个路径。

1.7 内存映射文件

大多数操作系统都可以利用虚拟内存实现来将一个文件或者文件的一部分“映射”到内存中。然后，这个文件就可以当作是内存数组一样地访问，这比传统的文件操作要快得多。

在本节的末尾，你可以发现一个计算传统的文件输入和内存映射文件的 CRC32 校验和的程序。在同一台机器上，我们对 JDK 的 jre/lib 目录中的 37MB 的 rt.jar 文件用不同的方式来计算校验和，记录下来的时间数据如表 1-7 所示。

表1-7 文件操作的处理时间数据

方 法	时 间
普通输入流	110秒
带缓冲的输入流	9.9秒
随机访问文件	162秒
内存映射文件	7.2秒

正如你所见，在这台特定的机器上，内存映射比使用带缓冲的顺序输入要稍微快一点，但是比使用 RandomAccessFile 快很多。

当然，精确的值因机器不同会产生很大的差异，但是很明显，与随机访问相比，性能提高总是很显著的。另一方面，对于中等尺寸文件的顺序读入则没有必要使用内存映射。

java.nio 包使内存映射变得十分简单，下面就是我们需要做的。

首先，从文件中获得一个通道（channel），通道是用于磁盘文件的一种抽象，它使我们可以访问诸如内存映射、文件加锁机制以及文件间快速数据传递等操作系统特性。

```
FileChannel channel = FileChannel.open(path, options);
```

然后，通过调用 FileChannel 类的 map 方法从这个通道中获得一个 ByteBuffer。你可以指定想要映射的文件区域与映射模式，支持的模式有三种：

- FileChannel.MapMode.READ_ONLY：所产生的缓冲区是只读的，任何对该缓冲区写入的尝试都会导致 ReadOnlyBufferException 异常。
- FileChannel.MapMode.READ_WRITE：所产生的缓冲区是可写的，任何修改都会在某个时刻写回到文件中。注意，其他映射同一个文件的程序可能不能立即看到这些修改，多个程序同时进行文件映射的确切行为是依赖于操作系统的。
- FileChannel.MapMode.PRIVATE：所产生的缓冲区是可写的，但是任何修改对这个缓冲区来说都是私有的，不会传播到文件中。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

一旦有了缓冲区，就可以使用 ByteBuffer 类和 Buffer 超类的方法读写数据了。

缓冲区支持顺序和随机数据访问，它有一个可以通过 get 和 put 操作来移动的位置。例如，可以像下面这样顺序遍历缓冲区中的所有字节：

```
while (buffer.hasRemaining())
{
   byte b = buffer.get();
   . . .
}
```

或者，像下面这样进行随机访问：

```
for (int i = 0; i < buffer.limit(); i++)
{
   byte b = buffer.get(i);
   . . .
}
```

你可以用下面的方法来读写字节数组：

```
get(byte[] bytes)
get(byte[], int offset, int length)
```

最后，还有下面的方法：

```
getInt
getLong
getShort
getChar
getFloat
getDouble
```

用来读入在文件中存储为二进制值的基本类型值。正如我们提到的，Java 对二进制数据使用高位在前的排序机制，但是，如果需要以低位在前的排序方式处理包含二进制数字的文件，那么只需调用

```
buffer.order(ByteOrder.LITTLE_ENDIAN);
```

要查询缓冲区内当前的字节顺序，可以调用：

```
ByteOrder b = buffer.order()
```

警告： 这一对方法没有使用 set/get 命名惯例。

要向缓冲区写数字，可以使用下列的方法：

```
putInt
putLong
putShort
putChar
putFloat
putDouble
```

在恰当的时机，以及当通道关闭时，会将这些修改写回到文件中。

程序清单 1-5 用于计算文件的 32 位的循环冗余校验和（CRC32），这个数值就是经常用来判断一个文件是否已损坏的校验和，因为文件损坏极有可能导致校验和改变。java.

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

util.zip包中包含一个CRC32类，可以使用下面的循环来计算一个字节序列的校验和：

```
CRC32 crc = new CRC32();
while (more bytes)
   crc.update(next byte)
long checksum = crc.getValue();
```

注意：对CRC算法有一个很精细的解释，请查看http://www.relisoft.com/ Science/ CrcMath.html。

CRC计算的细节并不重要，我们只是将它作为一个有用的文件操作的实例来使用。

应该像下面这样运行程序：

```
java memoryMap.MemoryMapTest filename
```

程序清单1-5 memoryMap/MemoryMapTest.java

```
1  package memoryMap;
2
3  import java.io.*;
4  import java.nio.*;
5  import java.nio.channels.*;
6  import java.nio.file.*;
7  import java.util.zip.*;
8  /**
9   * This program computes the CRC checksum of a file in four ways. <br>
10  * Usage: java memoryMap.MemoryMapTest filename
11  * @version 1.01 2012-05-30
12  * @author Cay Horstmann
13  */
14 public class MemoryMapTest
15 {
16    public static long checksumInputStream(Path filename) throws IOException
17    {
18       try (InputStream in = Files.newInputStream(filename))
19       {
20          CRC32 crc = new CRC32();
21
22          int c;
23          while ((c = in.read()) != -1)
24             crc.update(c);
25          return crc.getValue();
26       }
27    }
28
29    public static long checksumBufferedInputStream(Path filename) throws IOException
30    {
31       try (InputStream in = new BufferedInputStream(Files.newInputStream(filename)))
32       {
33          CRC32 crc = new CRC32();
34
35          int c;
36          while ((c = in.read()) != -1)
37             crc.update(c);
38          return crc.getValue();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
39          }
40       }
41
42       public static long checksumRandomAccessFile(Path filename) throws IOException
43       {
44          try (RandomAccessFile file = new RandomAccessFile(filename.toFile(), "r"))
45          {
46             long length = file.length();
47             CRC32 crc = new CRC32();
48
49             for (long p = 0; p < length; p++)
50             {
51                file.seek(p);
52                int c = file.readByte();
53                crc.update(c);
54             }
55             return crc.getValue();
56          }
57       }
58
59       public static long checksumMappedFile(Path filename) throws IOException
60       {
61          try (FileChannel channel = FileChannel.open(filename))
62          {
63             CRC32 crc = new CRC32();
64             int length = (int) channel.size();
65             MappedByteBuffer buffer = channel.map(FileChannel.MapMode.READ_ONLY, 0, length);
66
67             for (int p = 0; p < length; p++)
68             {
69                int c = buffer.get(p);
70                crc.update(c);
71             }
72             return crc.getValue();
73          }
74       }
75
76       public static void main(String[] args) throws IOException
77       {
78          System.out.println("Input Stream:");
79          long start = System.currentTimeMillis();
80          Path filename = Paths.get(args[0]);
81          long crcValue = checksumInputStream(filename);
82          long end = System.currentTimeMillis();
83          System.out.println(Long.toHexString(crcValue));
84          System.out.println((end - start) + " milliseconds");
85
86          System.out.println("Buffered Input Stream:");
87          start = System.currentTimeMillis();
88          crcValue = checksumBufferedInputStream(filename);
89          end = System.currentTimeMillis();
90          System.out.println(Long.toHexString(crcValue));
91          System.out.println((end - start) + " milliseconds");
92
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
93          System.out.println("Random Access File:");
94          start = System.currentTimeMillis();
95          crcValue = checksumRandomAccessFile(filename);
96          end = System.currentTimeMillis();
97          System.out.println(Long.toHexString(crcValue));
98          System.out.println((end - start) + " milliseconds");
99
100         System.out.println("Mapped File:");
101         start = System.currentTimeMillis();
102         crcValue = checksumMappedFile(filename);
103         end = System.currentTimeMillis();
104         System.out.println(Long.toHexString(crcValue));
105         System.out.println((end - start) + " milliseconds");
106     }
107 }
```

API java.io.FileInputStream 1.0

- `FileChannel getChannel() 1.4`

  返回用于访问这个流的通道。

API java.io.FileOutputStream 1.0

- `FileChannel getChannel() 1.4`

  返回用于访问这个流的通道。

API java.io.RandomAccessFile1.0

- `FileChannel getChannel() 1.4`

  返回用于访问这个流的通道。

API java.nio.channels.FileChannel 1.4

- `static FileChannel open(Path path, OpenOption...optioins) 7`

  打开指定路径的文件通道，默认情况下，通道打开时用于读入。

  参数：path　　打开通道的文件所在的路径

  　　options　　StandardOpenOption 枚举中的 WRITE、APPEND、TRUNCATE_EXISTING、CREATE 值

- `MappedByteBuffer map(FileChannel.MapMode mode, long position, long size)`

  将文件的一个区域映射到内存中。

  参数：mode　　FileChannel.MapMode 类中的常量 READ_ONLY、READ_WRITE、或 PRIVATE 之一

  　　position　　映射区域的起始位置

  　　size　　映射区域的大小

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API java.nio.Buffer 1.4

- `boolean hasRemaining()`

  如果当前的缓冲区位置没有到达这个缓冲区的界限位置，则返回 `true`。

- `int limit()`

  返回这个缓冲区的界限位置，即没有任何值可用的第一个位置。

API java.nio.ByteBuffer 1.4

- `byte get()`

  从当前位置获得一个字节，并将当前位置移动到下一个字节。

- `byte get(int index)`

  从指定索引处获得一个字节。

- `ByteBuffer put(byte b)`

  向当前位置推入一个字节，并将当前位置移动到下一个字节。返回对这个缓冲区的引用。

- `ByteBuffer put(int index, byte b)`

  向指定索引处推入一个字节。返回对这个缓冲区的引用。

- `ByteBuffer get(byte[] destination)`
- `ByteBuffer get(byte[] destination, int offset, int length)`

  用缓冲区中的字节来填充字节数组，或者字节数组的某个区域，并将当前位置向前移动读入的字节数个位置。如果缓冲区不够大，那么就不会读入任何字节，并抛出 `BufferUnderflow Exception`。返回对这个缓冲区的引用。

  参数：`destination` 要填充的字节数组
  `offset` 要填充区域的偏移量
  `length` 要填充区域的长度

- `ByteBuffer put(byte[] source)`
- `ByteBuffer put(byte[] source, int offset, int length)`

  将字节数组中的所有字节或者给定区域的字节都推入缓冲区中，并将当前位置向前移动写出的字节数个位置。如果缓冲区不够大，那么就不会读入任何字节，并抛出 `BufferUnderflow Exception`。返回对这个缓冲区的引用。

  参数：`source` 要写出的数组
  `offset` 要写出区域的偏移量
  `length` 要写出区域的长度

- *Xxx* `get`*Xxx*`()`
- *Xxx* `get`*Xxx*`(int index)`
- `ByteBuffer put`*Xxx*`(`*xxx* `value)`
- `ByteBuffer put`*Xxx*`(int index,` *xxx* `value)`

  获得或放置一个二进制数。*Xxx* 是 `Int`、`Long`、`Short`、`Char`、`Float` 或 `Double` 中

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

的一个。

- ByteBuffer order(ByteOrder order)
- ByteOrder order()

  设置或获得字节顺序，order 的值是 ByteOrder 类的常量 BIG_ENDIAN 或 LITTLE_ENDIAN 中的一个。
- static ByteBuffer allocate(int capacity)

  构建具有给定容量的缓冲区。
- static ByteBuffer wrap(byte[] values)

  构建具有指定容量的缓冲区，该缓冲区是对给定数组的包装。
- CharBuffer asCharBuffer ()

  构建字符缓冲区，它是对这个缓冲区的包装。对该字符缓冲区的变更将在这个缓冲区中反映出来，但是该字符缓冲区有自己的位置、界限和标记。

API java.nio.CharBuffer 1.4

- char get()
- CharBuffer get(char[] destination)
- CharBuffer get(char[] destination, int offset, int length)

  从这个缓冲区的当前位置开始，获取一个 char 值，或者一个范围内的所有 char 值，然后将位置向前移动越过所有读入的字符。最后两个方法将返回 this。
- CharBuffer put(char c)
- CharBuffer put(char[] source)
- CharBuffer put(char[] source, int offset, int length)
- CharBuffer put(String source)
- CharBuffer put(CharBuffer source)

  从这个缓冲区的当前位置开始，放置一个 char 值，或者一个范围内的所有 char 值，然后将位置向前移动越过所有被写出的字符。当放置的值是从 CharBuffer 读入时，将读入所有剩余字符。所有方法将返回 this。

1.7.1 缓冲区数据结构

在使用内存映射时，我们创建了单一的缓冲区横跨整个文件或我们感兴趣的文件区域。我们还可以使用更多的缓冲区来读写大小适度的信息块。

本节将简要地介绍 Buffer 对象上的基本操作。缓冲区是由具有相同类型的数值构成的数组，Buffer 类是一个抽象类，它有众多的具体子类，包括 ByteBuffer、CharBuffer、DoubleBuffer、IntBuffer、LongBuffer 和 ShortBuffer。

注意： StringBuffer 类与这些缓冲区没有关系。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在实践中，最常用的将是 ByteBuffer 和 CharBuffer。如图 1-10 所示，每个缓冲区都具有：

- 一个容量，它永远不能改变。
- 一个读写位置，下一个值将在此进行读写。
- 一个界限，超过它进行读写是没有意义的。
- 一个可选的标记，用于重复一个读入或写出操作。

这些值满足下面的条件：

0 ≤标记≤位置≤界限≤容量

使用缓冲区的主要目的是执行“写，然后读入”循环。假设我们有一个缓冲区，在一开始，它的位置为 0，界限等于容量。我们不断地调用 put 将值添加到这个缓冲区中，当我们耗尽所有的数据或者写出的数据量达到容量大小时，就该切换到读入操作了。

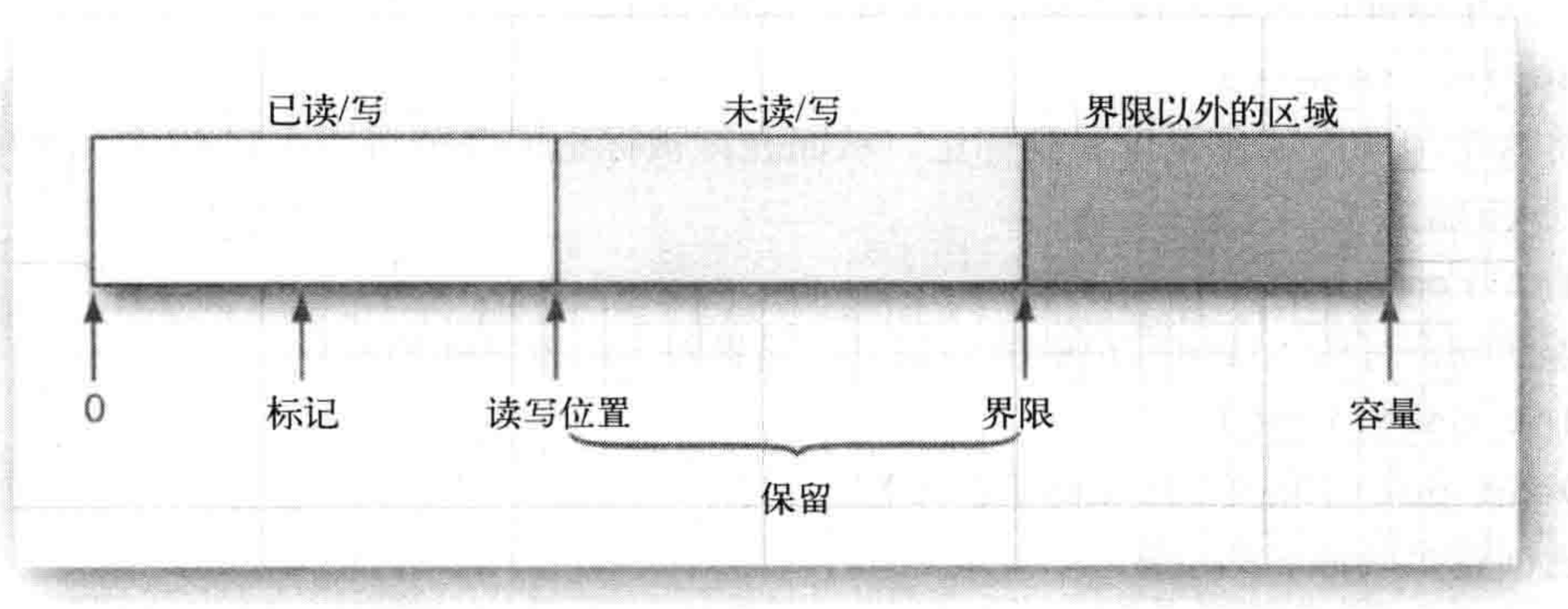


图 1-10 一个缓冲区

这时调用 flip 方法将界限设置到当前位置，并把位置复位到 0。现在在 remaining 方法返回正数时（它返回的值是“界限—位置”），不断地调用 get。在我们将缓冲区中所有的值都读入之后，调用 clear 使缓冲区为下一次写循环做好准备。clear 方法将位置复位到 0，并将界限复位到容量。

如果你想重读缓冲区，可以使用 rewind 或 mark/reset 方法，详细内容请查看 API 注释。

要获取缓冲区，可以调用诸如 ByteBuffer.allocate 或 ByteBuffer.wrap 这样的静态方法。

然后，可以用来自某个通道的数据填充缓冲区，或者将缓冲区的内容写出通道中。例如：

```
ByteBuffer buffer = ByteBuffer.allocate(RECORD_SIZE);
channel.read(buffer);
channel.position(newpos);
buffer.flip();
channel.write(buffer);
```

这是一种非常有用的方法，可以替代随机访问文件。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API java.nio.Buffer 1.4

- `Buffer clear()`

  通过将位置复位到0，并将界限设置到容量，使这个缓冲区为写出做好准备。返回this。

- `Buffer flip()`

  通过将界限设置到位置，并将位置复位到0，使这个缓冲区为读入做好准备。返回this。

- `Buffer rewind()`

  通过将读写位置复位到0，并保持界限不变，使这个缓冲区为重新读入相同的值做好准备。返回this。

- `Buffer mark()`

  将这个缓冲区的标记设置到读写位置，返回this。

- `Buffer reset()`

  将这个缓冲区的位置设置到标记，从而允许被标记的部分可以再次被读入或写出，返回this。

- `int remaining()`

  返回剩余可读入或可写出的值的数量，即界限与位置之间的差异。

- `int position()`
- `void position(int newValue)`

  返回这个缓冲区的位置。

- `int capacity()`

  返回这个缓冲区的容量。

1.7.2 文件加锁机制

考虑一下多个同时执行的程序需要修改同一个文件的情形，很明显，这些程序需要以某种方式进行通信，不然这个文件很容易被损坏。文件锁可以解决这个问题，它可以控制对文件或文件中某个范围的字节的访问。

假设你的应用程序将用户的偏好存储在一个配置文件中，当用户调用这个应用的两个实例时，这两个实例就有可能会同时希望写这个配置文件。在这种情况下，第一个实例应该锁定这个文件，当第二个实例发现这个文件被锁定时，它必须决策是等待直至这个文件解锁，还是直接跳过这个写操作过程。

要锁定一个文件，可以调用FileChannel类的lock或tryLock方法：

```
FileChannel = FileChannel.open(path);
FileLock lock = channel.lock();
```

或

```
FileLock lock = channel.tryLock();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第一个调用会阻塞直至可获得锁，而第二个调用将立即返回，要么返回锁，要么在锁不可获得的情况下返回 null。这个文件将保持锁定状态，直至这个通道关闭，或者在锁上调用了 release 方法。

你还可以通过下面的调用锁定文件的一部分：

```
FileLock lock(long start, long size, boolean shared)
```

或

```
FileLock tryLock(long start, long size, boolean shared)
```

如果 shared 标志为 false，则锁定文件的目的是读写，而如果为 true，则这是一个共享锁，它允许多个进程从文件中读入，并阻止任何进程获得独占的锁。并非所有的操作系统都支持共享锁，因此你可能会在请求共享锁的时候得到的是独占的锁。调用 FileLock 类的 isShared 方法可以查询你所持有的锁的类型。

注意： 如果你锁定了文件的尾部，而这个文件的长度随后增长超过了锁定的部分，那么增长出来的额外区域是未锁定的，要想锁定所有的字节，可以使用 Long.MAX_VALUE 来表示尺寸。

要确保在操作完成时释放锁，与往常一样，最好在一个 try 语句中执行释放锁的操作：

```
try (FileLock lock = channel.lock())
{
   access the locked file or segment
}
```

请记住，文件加锁机制是依赖于操作系统的，下面是需要注意的几点：

- 在某些系统中，文件加锁仅仅是建议性的，如果一个应用未能得到锁，它仍旧可以向被另一个应用并发锁定的文件执行写操作。
- 在某些系统中，不能在锁定一个文件的同时将其映射到内存中。
- 文件锁是由整个 Java 虚拟机持有的。如果有两个程序是由同一个虚拟机启动的（例如 Applet 和应用程序启动器），那么它们不可能每一个都获得一个在同一个文件上的锁。当调用 lock 和 tryLock 方法时，如果虚拟机已经在同一个文件上持有了另一个重叠的锁，那么这两个方法将抛出 OverlappingFileLockException。
- 在一些系统中，关闭一个通道会释放由 Java 虚拟机持有的底层文件上的所有锁。因此，在同一个锁定文件上应避免使用多个通道。
- 在网络文件系统上锁定文件是高度依赖于系统的，因此应该尽量避免。

API java.nio.channels.FileChannel 1.4

- FileLock lock()

  在整个文件上获得一个独占的锁，这个方法将阻塞直至获得锁。

- FileLock tryLock()

  在整个文件上获得一个独占的锁，或者在无法获得锁的情况下返回 null。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- FileLock lock(long position, long size, boolean shared)
- FileLock tryLock(long position, long size, boolean shared)

在文件的一个区域上获得锁。第一个方法将阻塞直至获得锁，而第二个方法将在无法获得锁时返回 null。

参数：position　　要锁定区域的起始位置
　　size　　要锁定区域的尺寸
　　shared　　true 为共享锁，false 为独占锁

API java.nio.channels.FileLock 1.4

- void close() 1.7

释放这个锁。

1.8 正则表达式

正则表达式（regular expression）用于指定字符串的模式，你可以在任何需要定位匹配某种特定模式的字符串的情况下使用正则表达式。例如，我们有一个示例程序就是用来定位 HTML 文件中的所有超链接的，它是通过查找 <a href = "..."> 模式的字符串来实现此目的的。

当然，对于指定模式来说，... 标记法并不够精确。你需要精确地指定什么样的字符序列才是合法的匹配，这就要求无论何时，当你要描述一个模式时，都需要使用某种特定的语法。

下面是一个简单的示例，正则表达式

```
{Jj}ava.+
```

匹配下列形式的所有字符串：

- 第一个字母是 J 或 j。
- 接下来的三个字母是 ava。
- 字符串的其余部分由一个或多个任意的字符构成。

例如，字符串“javanese”就匹配这个特定的正则表达式，但是字符串“core java”就不匹配。

正如你所见，你需要了解一点这种语法，以理解正则表达式的含义。幸运的是，对于大多数情况，一小部分很直观的语法结构就足够用了。

- 字符类（character class）是一个括在括号中的可选择的字符集，例如，[Jj]、[0-9]、[A-Za-z] 或 [^0-9]。这里“-”表示是一个范围（所有 Unicode 值落在两个边界范围之内的字符），而 ^ 表示补集（除了指定字符之外的所有字符）。
- 如果字符类中包含“-”，那么它必须是第一项或最后一项；如果要包含“[”，那么它必须是第一项；如果要包含“^”，那么它可以是除开始位置之外的任何位置。其中，你只需要转义“[”和“\”。
- 有许多预定的字符类，例如 \d（数字）和 \p{Sc}（Unicode 货币符号）。请查看表 1-8 和表 1-9。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表 1-8 正则表达式语法

语 法	解 释
字符	
c	字符 c
\unnnn, \xnn, \0n, \0nn, \0nnn	具有给定十六进制或十进制值的码元
\t, \n, \r, \f, \a, \e	控制符：制表符、换行符、回车符、换页符、警告符、逃逸符
\cc	与字符 c 相关的控制符
字符类	
[C_1C_2...]	任何由 C_1、C_2，...表示的字符，其中 C_i 可以是多个字符、字符范围 (c_1 — c_2) 或字符类
[^...]	字符类的补集
[... && ...]	两个字符集的交集
预定义字符类	
.	除了行终止符之外的所有字符（在 DOTALL 标志被设置时，则表示所有字符）
\d	一个数字 [0-9]
\D	一个非数字 [^0-9]
\s	一个空白字符 [\t\n\r\f\x0B]
\S	一个非空白字符
\w	一个词语字符 [a-zA-Z0-9_]
\W	一个非词语字符
\p{*name*}	一个命名字符类—请查看表 1-9
\P{*name*}	一个命名字符类的补集
边界匹配符	
^ $	输入的开头和结尾（或者在多行模式下行的开头和结尾）
\b	一个词语边界
\B	一个非词语边界
\A	输入的开头
\z	输入的结尾
\Z	除了行终止符之外的输入结尾
\G	前一个匹配的结尾
量词	
X?	可选的 X
X*	X 重复 0 或多次
X+	X 重复 1 或多次
X{*n*} X{*n*,} X{*n*, *m*}	X 重复 *n* 次，至少 *n* 次，在 *n* 到 *m* 次之间
量词后缀	
?	将默认（贪婪）匹配转变为勉强匹配
+	将默认（贪婪）匹配转变为占有匹配
集合操作	

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

（续）

语　法	解　释
XY	任何 X 中的字符串，后面跟随任何 Y 中的字符串
X|Y	任何 X 或 Y 中的字符串
群组	
(X)	捕获将 X 作为群组匹配的字符串
\n	第 *n* 个群组的匹配
转义	
\c	字符 c（必须是不在字母表中的字符）
\Q . . . \E	逐字地引用 . . .
(?. . .)	特殊结构——请查看 Pattern 类的 API 注释

表 1-9　预定义的字符类名字

字符类名字	解　释
Lower	ASCII 的小写字母 [a-z]
Upper	ASCII 的大写字母 [A-Z]
Alpha	ASCII 的字母 [A-Za-z]
Digit	ASCII 的数字 [0-9]
Alnum	ASCII 的字母或数字 [A-Za-z0-9]
XDigit	十六进制数字 [0-9A-Fa-f]
Print 或 Graph	可打印的 ASCII 字符 [\x21-\x7E]
Punct	ASCII 的非字母和数字字符 [\p{Print}&&\P{Alnum}]
ASCII	所有 ASCII 字符 [\x00-\x7F]
Cntrl	ASCII 的控制字符 [\x00-\x1F]
Blank	空格字符或制表符 [\t]
Space	空白字符 [\t\n\r\f\0x0B]
javaLowerCase	小写字母，正如 Character.isLowerCase() 确定的字符
javaUpperCase	大写字母，正如 Character.isUpperCase() 确定的字符
javaWhitespace	空白字符，正如 Character.isWhitespace() 确定的字符
javaMirrored	镜像字符，正如 Character.isMirrored() 确定的字符
In*Block*	Block 是 Unicode 字符块的名字，不过要剔除名字中的空格，例如 Arrows 或 LatinlSupplement
Is*Script*	*Script* 就 Unicade 脚本的名称，不过要剔除名字中的空格，例如 Common
Category 或 *InCategory*	*Category* 是 Unicode 字符类别的名字，例如，L（字母）和 Sc（货币符号）
Is*Property*	*Propery* 是以下值之一：Alphabetic、Ideographic、Letter、Lowercase、Uppercase、Titlecase、Punctuation、Control、White_Space、Digit、Hex_Digit、Noncharater_Code_Point、Assigned

- 大部分字符都可以与它们自身匹配，例如在前面示例中的 ava 字符。
- . 符号可以匹配任何字符（有可能不包括行终止符，这取决于标志的设置）。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- 使用 \ 作为转义字符，例如，\. 匹配句号而 \\ 匹配反斜线。
- ^ 和 $ 分别匹配一行的开头和结尾。
- 如果 X 和 Y 是正则表达式，那么 XY 表示“任何 X 的匹配后面跟随 Y 的匹配”，X | Y 表示“任何 X 或 Y 的匹配”。
- 你可以将量词运用到表达式 X：X+（1 个或多个）、X*（0 个或多个）与 X？（0 个或 1 个）。
- 默认情况下，量词要匹配能够使整个匹配成功的最大可能的重复次数。你可以修改这种行为，方法是使用后缀？（使用勉强或吝啬匹配，也就是匹配最小的重复次数）或使用后缀 +（使用占有或贪婪匹配，也就是即使让整个匹配失败，也要匹配最大的重复次数）。

例如，字符串 cab 匹配 `[a-z]*ab`，但是不匹配 `[a-z]*+ab`。在第一种情况中，表达式 `[a-z]*` 只匹配字符 c，使得字符 ab 匹配该模式的剩余部分；但是贪婪版本 `[a-z]*+` 将匹配字符 cab，模式的剩余部分将无法匹配。

- 我们使用群组来定义子表达式，其中群组用括号 () 括起来。例如，`([+-]?)([0-9]+)`。然后你可以询问模式匹配器，让其返回每个组的匹配，或者用 `\n` 来引用某个群组，其中 n 是群组号（从 `\1` 开始）。

例如，下面是一个有些复杂但是却可能很有用的正则表达式，它描述了十进制和十六进制整数：

```
[+-]?[0-9]+|0[Xx][0-9A-Fa-f]+
```

遗憾的是，在使用正则表达式的各种程序和类库之间，表达式语法并未完全标准化。尽管在基本结构上达成了一致，但是它们在细节上仍旧存在着许多令人抓狂的差异。Java 正则表达式类使用的语法与 Perl 语言使用的语法十分相似，但是并不完全一样。表 1-8 展示的是 Java 语法中的所有结构。关于正则表达式语法的更多信息，可以求教于 `Pattern` 类的 API 文档和 Jeffrey E. F. Friedl 的《*Mastering Regular Expressions*》(O'Reilly and Associates, 2006)。

正则表达式的最简单用法就是测试某个特定的字符串是否与它匹配。下面展示了如何用 Java 来编写这种测试，首先用表示正则表达式的字符串构建一个 `Pattern` 对象。然后从这个模式中获得一个 `Matcher`，并调用它的 `matches` 方法：

```
Pattern pattern = Pattern.compile(patternString);
Matcher matcher = pattern.matcher(input);
if (matcher.matches()) . . .
```

这个匹配器的输入可以是任何实现了 `CharSequence` 接口的类的对象，例如 `String`、`StringBuilder` 和 `CharBuffer`。

在编译这个模式时，你可以设置一个或多个标志，例如：

```
Pattern pattern = Pattern.compile(patternString,
   Pattern.CASE_INSENSITIVE + Pattern.UNICODE_CASE);
```

下面是所支持的六个标志：

- `CASE_INSENSITIVE`：匹配字符时忽略字母的大小写，默认情况下，这个标志只考虑 US ASCII 字符。
- `UNICODE_CASE`：当与 CASE_INSENSITIVE 组合时，用 Unicode 字母的大小写来匹配。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- MULTILINE：^ 和 $ 匹配行的开头和结尾，而不是整个输入的开头和结尾。
- UNIX_LINES：在多行模式中匹配 ^ 和 $ 时，只有 '\n' 被识别成行终止符。
- DOTALL：当使用这个标志时，. 符号匹配所有字符，包括行终止符。
- CANON_EQ：考虑 Unicode 字符规范的等价性，例如，u 后面跟随 ¨（分音符号）匹配 ü。

如果正则表达式包含群组，那么 Matcher 对象可以揭示群组的边界。下面的方法

```
int start(int groupIndex)
int end(int groupIndex)
```

将产生指定群组的开始索引和结束之后的索引。

你可以直接通过调用下面的方法抽取匹配的字符串：

```
String group(int groupIndex)
```

群组 0 是整个输入，而用于第一个实际群组的群组索引是 1。调用 groupCount 方法可以获得全部群组的数量。

嵌套群组是按照前括号排序的，例如，假设我们有下面的模式

```
((1?[0-9]):([0-5][0-9]))[ap]m
```

和下面的输出

```
11:59am
```

那么，匹配器会报告下面的群组：

群组索引	开始	结束	字符串
0	0	7	11:59am
1	0	5	11:59
2	0	2	11
3	3	5	59

程序清单 1-6 的程序提示输入一个模式，然后提示输入用于匹配的字符串，随后将打印出输入是否与模式相匹配。如果输入匹配模式，并且模式包含群组，那么这个程序将用括号打印出群组边界，例如

```
((11):(59))am
```

程序清单 1-6 regex/RegexTest.java

```
1  package regex;
2
3  import java.util.*;
4  import java.util.regex.*;
5
6  /**
7     This program tests regular expression matching. Enter a pattern and strings to match,
8     or hit Cancel to exit. If the pattern contains groups, the group boundaries are displayed
9     in the match.
10    @version 1.02 2012-06-02
11    @author Cay Horstmann
12 */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
13 public class RegexTest
14 {
15    public static void main(String[] args) throws PatternSyntaxException
16    {
17       Scanner in = new Scanner(System.in);
18       System.out.println("Enter pattern: ");
19       String patternString = in.nextLine();
20
21       Pattern pattern = Pattern.compile(patternString);
22
23       while (true)
24       {
25          System.out.println("Enter string to match: ");
26          String input = in.nextLine();
27          if (input == null || input.equals("")) return;
28          Matcher matcher = pattern.matcher(input);
29          if (matcher.matches())
30          {
31             System.out.println("Match");
32             int g = matcher.groupCount();
33             if (g > 0)
34             {
35                for (int i = 0; i < input.length(); i++)
36                {
37                   // Print any empty groups
38                   for (int j = 1; j <= g; j++)
39                      if (i == matcher.start(j) && i == matcher.end(j))
40                         System.out.print("()");
41                   // Print ( for non-empty groups starting here
42                   for (int j = 1; j <= g; j++)
43                      if (i == matcher.start(j) && i != matcher.end(j))
44                         System.out.print('(');
45                   System.out.print(input.charAt(i));
46                   // Print ) for non-empty groups ending here
47                   for (int j = 1; j <= g; j++)
48                      if (i + 1 != matcher.start(j) && i + 1 == matcher.end(j))
49                         System.out.print(')');
50                }
51                System.out.println();
52             }
53          }
54          else
55             System.out.println("No match");
56       }
57    }
58 }
```

通常，你不希望用正则表达式来匹配全部输入，而只是想找出输入中一个或多个匹配的子字符串。这时可以使用 `Matcher` 类的 `find` 方法来查找匹配内容，如果返回 `true`，再使用 `start` 和 `end` 方法来查找匹配的内容。

```
while (matcher.find())
{
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
      int start = matcher.start();
      int end = matcher.end();
      String match = input.substring(start, end);
      . . .
   }
```

程序清单 1-7 对这种机制进行了应用，它定位一个 Web 页面上的所有超文本引用，并打印它们。为了运行这个程序，你需要在命令行中提供一个 URL，例如

```
java HrefMatch http://www.horstmann.com
```

程序清单 1-7 match/HrefMatch.java

```
1  package match;
2
3  import java.io.*;
4  import java.net.*;
5  import java.util.regex.*;
6
7  /**
8   * This program displays all URLs in a web page by matching a regular expression that describes the
9   * <a href=...> HTML tag. Start the program as <br>
10  * java match.HrefMatch URL
11  * @version 1.01 2004-06-04
12  * @author Cay Horstmann
13  */
14 public class HrefMatch
15 {
16    public static void main(String[] args)
17    {
18       try
19       {
20          // get URL string from command line or use default
21          String urlString;
22          if (args.length > 0) urlString = args[0];
23          else urlString = "http://java.sun.com";
24
25          // open reader for URL
26          InputStreamReader in = new InputStreamReader(new URL(urlString).openStream());
27          // read contents into string builder
28          StringBuilder input = new StringBuilder();
29          int ch;
30          while ((ch = in.read()) != -1)
31             input.append((char) ch);
32
33          // search for all occurrences of pattern
34          String patternString = "<a\\s+href\\s*=\\s*(\"[^\"]*\"|[^\\s>]*)\\s*>";
35          Pattern pattern = Pattern.compile(patternString, Pattern.CASE_INSENSITIVE);
36          Matcher matcher = pattern.matcher(input);
37
38          while (matcher.find())
39          {
40             int start = matcher.start();
41             int end = matcher.end();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
42              String match = input.substring(start, end);
43              System.out.println(match);
44           }
45        }
46        catch (IOException e)
47        {
48           e.printStackTrace();
49        }
50        catch (PatternSyntaxException e)
51        {
52           e.printStackTrace();
53        }
54     }
55  }
```

Matcher 类的 replaceAll 方法将正则表达式出现的所有地方都用替换字符串来替换。例如，下面的指令将所有的数字序列都替换成 # 字符。

```
Pattern pattern = Pattern.compile("[0-9]+");
Matcher matcher = pattern.matcher(input);
String output = matcher.replaceAll("#");
```

替换字符串可以包含对模式中群组的引用：$n 表示替换成第 *n* 个群组，因此我们需要用 \$ 来表示在替换文本中包含一个 $ 字符。

如果字符串中包含 $ 和 \，但是又不希望它们被解释成群组的替换符，那么就可以调用 matcher.replaceAll(Matcher.quoteReplacement(str))。

replaceFirst 方法将只替换模式的第一次出现。

最后，Pattern 类有一个 split 方法，它可以用正则表达式来匹配边界，从而将输入分割成字符串数组。例如，下面的指令可以将输入分割成标记，其中分隔符是由可选的空白字符包围的标点符号。

```
Pattern pattern = Pattern.compile("\\s*\\p{Punct}\\s*");
String[] tokens = pattern.split(input);
```

API java.util.regex.Pattern 1.4

- static Pattern compile(String expression)
- static Pattern compile(String expression, int flags)

  把正则表达式字符串编译到一个用于快速处理匹配的模式对象中。

  参数：expression　　正则表达式

  　　flags　　CASE_INSENSITIVE、UNICODE_CASE、MULTILINE、UNIX_LINES、DOTALL 和 CANON_EQ 标志中的一个
- Matcher matcher(CharSequence input)

  返回一个 matcher 对象，你可以用它在输入中定位模式的匹配。
- String[] split(CharSequence input)
- String[] split(CharSequence input, int limit)

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

将输入分割成标记，其中模式指定了分隔符的形式。返回标记数组，分隔符并非标记的一部分。

参数：input　　要分割成标记的字符串

limit　　所产生的字符串的最大数量。如果已经发现了 limit - 1 个匹配的分隔符，那么返回的数组中的最后一项就包含所有剩余未分割的输入。如果 limit<0，那么这个输入都被分割；如果 limit 为 0，那么坠尾的空字符串将不会置于返回的数组中

API java.util.regex.Matcher 1.4

- boolean matches()

  如果输入匹配模式，则返回 true。

- boolean lookingAt()

  如果输入的开头匹配模式，则返回 true。

- boolean find()
- boolean find(int start)

  尝试查找下一个匹配，如果找到了另一个匹配，则返回 true。

  参数：start　　开始查找的索引位置

- int start()
- int end()

  返回当前匹配的开始索引和结尾之后的索引位置。

- String group()

  返回当前的匹配。

- int groupCount()

  返回输入模式中的群组数量。

- int start(int groupIndex)
- int end(int groupIndex)

  返回当前匹配中给定群组的开始和结尾之后的位置。

  参数：groupIndex　　群组索引（从 1 开始），或者表示整个匹配的 0

- String group(int groupIndex)

  返回匹配给定群组的字符串。

  参数：groupIndex　　群组索引（从 1 开始），或者表示整个匹配的 0

- String replaceAll(String replacement)
- String replaceFirst(String replacement)

  返回从匹配器输入获得的通过将所有匹配或第一个匹配用替换字符串替换之后的字符串。

  参数：replacement　　替换字符串，它可以包含用 $n 表示的对群组的引用，这时需要用 \$ 来表示字符串中包含一个 $ 符号

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `static String quoteReplacement(String str) 5.0`
  引用 str 中的所有 \ 和 $。
- `Matcher reset()`
- `Matcher reset(CharSequence input)`
  复位匹配器的状态。第二个方法将使匹配器作用于另一个不同的输入。这两个方法都返回 this。

你现在已经看到了在 Java 中输入输出操作是如何实现的，也对正则表达式有了概略的了解。在下一章中，我们将转而研究对 XML 数据的处理。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第2章　XML

- ▲ XML 概述
- ▲ 解析 XML 文档
- ▲ 验证 XML 文档
- ▲ 使用 XPath 来定位信息
- ▲ 使用命名空间
- ▲ 流机制解析器
- ▲ 生成 XML 文档
- ▲ XSL 转换

Don Box 等人在其合著的《*Essential XML*》（Addison-Wesley 出版社 2000 年出版）的前言中半开玩笑地说道："可扩展标记语言（Extensible Markup Language，XML）已经取代了 Java、设计模式、对象技术，成为软件行业解决世界饥荒的方案。"确实，正如你将在本章看到的，XML 是一个非常有用的描述结构化信息的技术。XML 工具使处理和转化信息十分容易。但是，XML 并不是银弹。需要领域相关的标准和代码库才能有效地使用 XML。此外，XML 非但没有使 Java 技术过时，还与 Java 配合得很好。从 20 世纪 90 年代末以来，IBM、Apache 和其他许多公司一直在帮助开发用于 XML 处理的高质量 Java 库，其中大部分重要的代码库都整合到了 Java 平台中。

本章将介绍 XML，并涵盖了 Java 库的 XML 特性。一如既往，我们将指出何时大量地使用 XML 是正确的；而何时必须有保留地使用 XML，通过利用良好的设计和代码，来采用老办法解决问题。

2.1　XML 概述

在第 I 卷第 10 章中，你已经看见过用属性文件（property file）来描述程序配置。属性文件包含了一组名 / 值对，例如：

```
fontname=Times Roman
fontsize=12
windowsize=400 200
color=0 50 100
```

你可以在 `Properties` 类中仅使用一个方法调用即可读入这样的属性文件。这是一个很好的特性，但这还不够。在许多情况下，想要描述的信息的结构比较复杂，属性文件不能很方便地处理它。例如，对于下面例子中的 `fontname/fontsize` 项，使用以下的单一项将更符合面向对象的要求：

```
font=Times Roman 12
```

但是，这时对字体描述的分析就变得很讨厌了，必须确定字体名在何处结束，字体大小在何处开始。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

属性文件采用的是一种单一的平面层次结构。你常常会看到程序员用如下的键名来努力解决这种局限性：

```
title.fontname=Helvetica
title.fontsize=36
body.fontname=Times Roman
body.fontsize=12
```

属性文件格式的另一个缺点是要求键是惟一的。如果要存放一个值序列，则需要另一个变通方法，例如：

```
menu.item.1=Times Roman
menu.item.2=Helvetica
menu.item.3=Goudy Old Style
```

XML 格式解决了这些问题，因为它能够表示层次结构，这比属性文件的平面表结构更灵活。

描述程序配置的 XML 文件可能会像这样：

```
<configuration>
   <title>
      <font>
         <name>Helvetica</name>
         <size>36</size>
      </font>
   </title>
   <body>
      <font>
         <name>Times Roman</name>
         <size>12</size>
      </font>
   </body>
   <window>
      <width>400</width>
      <height>200</height>
   </window>
   <color>
      <red>0</red>
      <green>50</green>
      <blue>100</blue>
   </color>
   <menu>
      <item>Times Roman</item>
      <item>Helvetica</item>
      <item>Goudy Old Style</item>
   </menu>
</configuration>
```

XML 格式能够表达层次结构，并且重复的元素不会被曲解。

正如上面看到的，XML 文件的格式非常直观，它与 HTML 文件非常相似。这完全是有理由的，因为 XML 和 HTML 格式是古老的标准通用标记语言（Standard Generalized Markup Language，SGML）的衍生语言。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

SGML 从 20 世纪 70 年代开始就用于描述复杂文件的结构。它的使用在一些要求对海量文献进行持续维护的产业中取得了成功，特别是在飞机制造业中。但是，SGML 相当复杂，所以它从未风行。造成 SGML 如此复杂的主要原因是 SGML 有两个相互矛盾的目标。它既想要确保文档能够根据其文档类型的规则来形成，又想要通过减少数据键入的快捷方式使数据项变得容易表示。XML 设计成了一个用于因特网的 SGML 的简化版本。和通常情况一样，越简单的东西越好，XML 立即得到了长期以来一直在躲避 SGML 的用户的热情追捧。

注意： 在 http://www.xml.com/axml/axml.html 可以找到一个由 Tim Bray 注释的 XML 标准的极佳版本。

尽管 HTML 和 XML 同宗同源，但是两者之间存在着重要的区别：

- 与 HTML 不同，XML 是大小写敏感的。例如，<H1> 和 <h1> 是不同的 XML 标签。
- 在 HTML 中，如果从上下文可以分清哪里是段落或列表项的结尾，那么结束标签（如 </p> 或 ）就可以省略，而在 XML 中结束标签绝对不能省略。
- 在 XML 中，只有单个标签而没有相对应的结束标签的元素必须以 / 结尾，比如 。这样，解析器就知道不需要查找 </img> 标签了。
- 在 XML 中，属性值必须用引号括起来。在 HTML 中，引号是可有可无的。例如，<applet code="MyApplet.class" width=300 height=300> 对 HTML 来说是合法的，但是对 XML 来说则是不合法的。在 XML 中，必须使用引号，比如，width="300"。
- 在 HTML 中，属性名可以没有值。例如，<input type="radio" name="language" value="Java" checked>。在 XML 中，所有属性必须都有属性值。比如，checked="true" 或 checked="checked"。

XML 文档的结构

XML 文档应当以一个文档头开始，例如：

```
<?xml version="1.0"?>
```

或者

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
```

严格来说，文档头是可选的，但是强烈推荐你使用文档头。

注意： 因为建立 SGML 是为了处理真正的文档，因此 XML 文件叫做文档，尽管许多 XML 文件是用来描述通常不称作文档的数据集的。

文档头之后通常是文档类型定义（Document Type Definition，DTD），例如：

```
<!DOCTYPE web-app PUBLIC
   "-//Sun Microsystems, Inc.//DTD Web Application 2.2//EN"
   "http://java.sun.com/j2ee/dtds/web-app_2_2.dtd">
```

文档类型定义的是确保文档正确的一个重要机制，但是它不是必需的。我们将在本章的后面讨论这个问题。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

最后，XML 文档的正文包含根元素，根元素包含其他元素。例如：

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE configuration . . .>
<configuration>
   <title>
      <font>
         <name>Helvetica</name>
         <size>36</size>
      </font>
   </title>
   . . .
</configuration>
```

元素可以有子元素（child element）、文本或两者皆有。在上述例子中，font 元素有两个子元素，它们是 name 和 size。name 元素包含文本“Helvetica”。

提示：在设计 XML 文档结构时，最好使元素要么包含子元素，要么包含文本。换句话说，你应该避免以下情况：

```
<font>
   Helvetica
   <size>36</size>
</font>
```

在 XML 规范中，这叫做混合式内容（mixed content）。本章中，稍后你将会看到，如果避免了混合式内容，就可以简化解析过程。

XML 元素可以包含属性，例如：

```
<size unit="pt">36</size>
```

何时用元素，何时用属性，在 XML 设计人员中存在一些分歧。例如，将 font 做如下描述：

```
<font name="Helvetica" size="36"/>
```

似乎比下面更简单一些：

```
<font>
   <name>Helvetica</name>
   <size>36</size>
</font>
```

但是，属性的灵活性要差很多。假设你想把单位添加到 size 的值中去，如果使用属性，那么必须把单位添加到属性值中去：

```
<font name="Helvetica" size="36 pt"/>
```

嗨！现在必须对字符串“36 pt”进行解析，而这正是 XML 设计用来避免的那种麻烦。把属性加到 size 元素中则简单多了：

```
<font>
   <name>Helvetica</name>
   <size unit="pt">36</size>
</font>
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

一个常用的经验法则是，属性只应该用来修改值的解释，而不是用来指定值。如果你发现自己陷入了争论，在纠结于某个设置是否是对某个值的解释所作的修改，那么你就应该对属性说“不”，转而使用元素，许多有用的文档根本就不使用属性。

注意： 在 HTML 中属性的使用规则很简单：凡是不显示在网页上的都是属性。例如以下的超链接：

```
<a href="http://java.sun.com">Java Technology</a>
```

字符串 Java Technology 要在网页上显示，但是这个链接的 URL 并不是显示页面的一部分。然而，这个规则对于大多数 XML 并不那么管用，因为 XML 文件中的数据并非像通常意义那样是让人浏览的。

元素和文本是 XML 文档“主要的支撑要素”，你可能还会遇到的其他一些标记，说明如下：

- 字符引用（character reference）的形式是 &# 十进制值 ; 或 &#x 十六进制值 ;。例如，字符 é 可以用下面两种形式表示：

```
&#233; &#xE9;
```

- 实体引用（entity reference）的形式是 *&name;*。下面这些实体引用：

```
&lt; &gt; &amp; &quot; &apos;
```

都有预定义的含义：小于、大于、&、引号、省略号等字符。还可以在 DTD 中定义其他的实体引用。

- CDATA 部分（CDATA Section）用 <![CDATA[和]]> 来限定其界限。它们是字符数据的一种特殊形式。你可以使用它们来囊括那些含有 <、>、& 之类字符的字符串，而不必将它们解释为标记，例如：

```
<![CDATA[< & > are my favorite delimiters]]>
```

CDATA 部分不能包含字符串]]>。使用这一特性时要特别小心。它常用来当作将遗留数据偷偷纳入 XML 文档的一个后门。

- 处理指令（processing instruction）是那些专门在处理 XML 文档的应用程序中使用的指令，它们将用 <? 和 ?> 来限定其界限，例如：

```
<?xml-stylesheet href="mystyle.css" type="text/css"?>
```

每个 XML 都以一个处理指令开头：

```
<?xml version="1.0"?>
```

- 注释（comment）用 <!- 和 --> 限定其界限，例如：

```
<!-- This is a comment. -->
```

注释不能含有字符串 --。注释只能是给文档的读者提供的信息，其中绝不应该含有隐藏的命令，命令应该是用处理指令来实现。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

2.2 解析 XML 文档

要处理 XML 文档，就要先解析（parse）它。解析器是这样一个程序：它读入一个文件，确认这个文件具有正确的格式，然后将其分解成各种元素，使得程序员能够访问这些元素。Java 库提供了两种 XML 解析器：

- 像文档对象模型（Document Object Model, DOM）解析器这样的树型解析器（tree parser），它们将读入的 XML 文档转换成树结构。
- 像 XML 简单 API（Simple API for XML, SAX）解析器这样的流机制解析器（streaming parser），它们在读入 XML 文档时生成相应的事件。

DOM 解析器对于实现我们的大多数目的来说都更容易一些，所以我们首先介绍它。如果你要处理很长的文档，用它生成树结构将会消耗大量内存，或者如果你只是对于某些元素感兴趣，而不关心它们的上下文，那么在这些情况下你应该考虑使用流机制解析器。更多的信息可以查看第 2.6 节“流入解析器”。

DOM 解析器的接口已经被 W3C 标准化了。`org.w3c.dom` 包包含了这些接口类型的定义，比如：Document 和 Element 等。不同的提供者，比如 Apache Organization 和 IBM，都编写了实现这些接口的 DOM 解析器。Java XML 处理 API（Java API for XML Processing, JAXP）库使得实际上可以以插件形式使用这些解析器中的任意一个。但是 JDK 中也包含了自己的 DOM 解析器。在本章中，我们使用的就是这个解析器。

要读入一个 XML 文档，首先需要一个 `DocumentBuilder` 对象，可以从 `DocumentBuilderFactory` 中得到这个对象，例如：

```
DocumentBuilderFactory factory = DocumentBuilderFactory.newInstance();
DocumentBuilder builder = factory.newDocumentBuilder();
```

现在，可以从文件中读入某个文档：

```
File f = . . .
Document doc = builder.parse(f);
```

或者，可以用一个 URL：

```
URL u = . . .
Document doc = builder.parse(u);
```

甚至可以指定一个任意的输入流：

```
InputStream in = . . .
Document doc = builder.parse(in);
```

注意：如果使用输入流作为输入源，那么对于那些以该文档的位置为相对路径而被引用的文档，解析器将无法定位，比如在同一个目录中的 DTD。但是，可以通过安装一个“实体解析器”（entity resolver）来解决这个问题。

`Document` 对象是 XML 文档的树型结构在内存中的表现，它由实现了 `Node` 接口及其各种子接口的类的对象构成。图 2-1 显示了各个子接口的层次结构。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

可以通过调用 getDocumentElement 方法来启动对文档内容的分析，它将返回根元素。

```
Element root = doc.getDocumentElement();
```

例如，如果处理下面的文档：

```
<?xml version="1.0"?>
<font>
   . . .
</font>
```

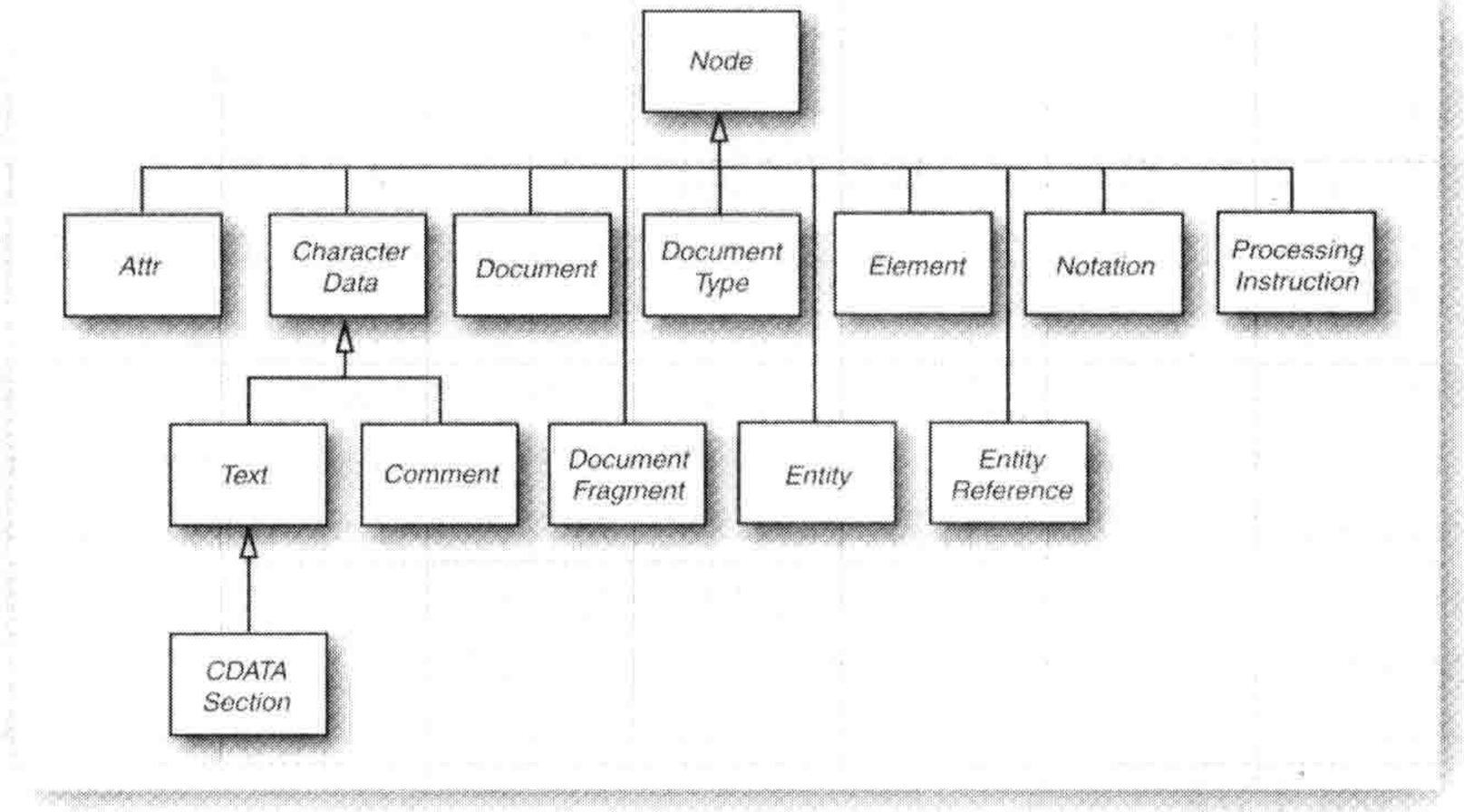


图 2-1 Node 接口及其子接口

那么，调用 getDocumentElement 方法可以返回 font 元素。getTagName 方法可以返回元素的标签名。在前面这个例子中，root.getTagName() 返回字符串 "font"。

如果要得到该元素的子元素（可能是子元素、文本、注释或其他节点），请使用 getChild Nodes 方法，这个方法返回一个类型为 NodeList 的集合。这个类型在标准的 Java 集合类创建之前就存在了，它有一个不同的访问协议；item 方法将得到指定索引值的项；getLength 方法则提供了项的总数。可以像这样枚举所有子元素：

```
NodeList children = root.getChildNodes();
for (int i = 0; i < children.getLength(); i++)
{
   Node child = children.item(i);
   . . .
}
```

分析子元素时要很仔细。例如，假设你正在处理以下文档：

```
<font>
   <name>Helvetica</name>
   <size>36</size>
</font>
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

你预期 font 有两个子元素，但是解析器却报告说有 5 个：

- 和 <name> 之间的空白字符
- name 元素
- </name> 和 <size> 之间的空白字符
- size 元素
- </size> 和 之间的空白字符

图 2-2 显示了其 DOM 树。

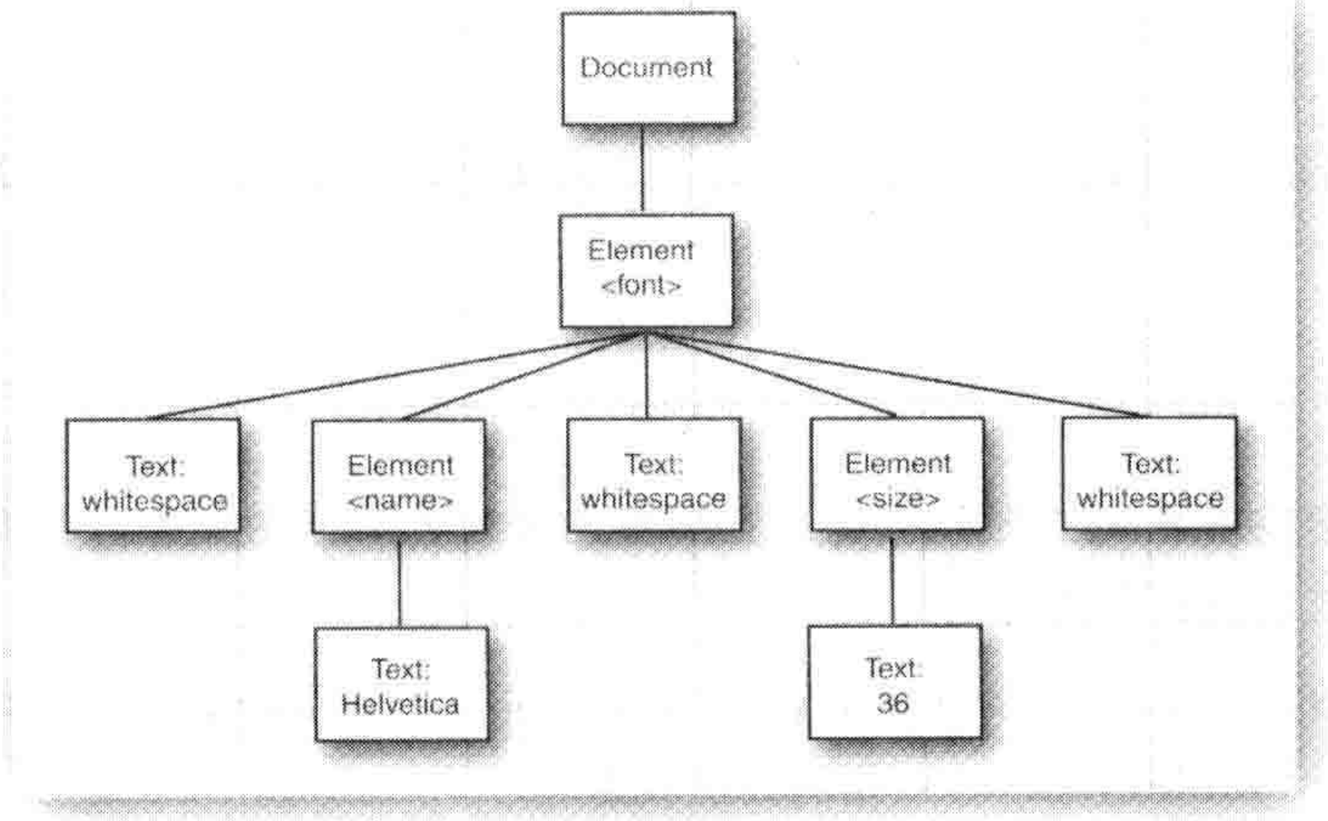


图 2-2 一棵简单的 DOM 树

如果只希望得到子元素，那么可以忽略空白字符：

```
for (int i = 0; i < children.getLength(); i++)
{
   Node child = children.item(i);
   if (child instanceof Element)
   {
      Element childElement = (Element) child;
      . . .
   }
}
```

现在，只会看到两个元素，它们的标签名是 name 和 size。

正如将在下一节中所看到的那样，如果你的文档有 DTD，那么你就可以做得更好。这时，解析器知道哪些元素没有文本节点的子元素，而且它会帮你剔除空白字符。

在分析 name 和 size 元素时，你肯定想获取它们包含的文本字符串。这些文本字符串本身都包含在 Text 类型的子节点中。既然知道了这些 Text 节点是惟一的子元素，就可以用 getFirst-Child 方法而不用再遍历一个 NodeList。然后可以用 getData 方法获取存储在 Text 节点中的字符串。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
for (int i = 0; i < children.getLength(); i++)
{
   Node child = children.item(i);
   if (child instanceof Element)
   {
      Element childElement = (Element) child;
      Text textNode = (Text) childElement.getFirstChild();
      String text = textNode.getData().trim();
      if (childElement.getTagName().equals("name"))
         name = text;
      else if (childElement.getTagName().equals("size"))
         size = Integer.parseInt(text);
   }
}
```

提示：对 getData 的返回值调用 trim 方法是个好主意。如果 XML 文件的作者将起始和结束的标签放在不同的行上，例如：

```
<size>
   36
</size>
```

那么，解析器将会把所有的换行符和空格都包含到文本节点中去。调用 trim 方法可以把实际数据前后的空白字符删掉。

也可以用 getLastChild 方法得到最后一项子元素，用 getNextSibling 得到下一个兄弟节点。这样，另一种遍历子节点集的方法就是：

```
for (Node childNode = element.getFirstChild();
   childNode != null;
   childNode = childNode.getNextSibling())
{
   . . .
}
```

如果要枚举节点的属性，可以调用 getAttributes 方法。它返回一个 NamedNodeMap 对象，其中包含了描述属性的 Node 对象。可以用和遍历 NodeList 一样的办法在 NamedNodeMap 中遍历各子节点。调用 getNodeName 和 getNodeValue 方法可以得到属性名和属性值。

```
NamedNodeMap attributes = element.getAttributes();
for (int i = 0; i < attributes.getLength(); i++)
{
   Node attribute = attributes.item(i);
   String name = attribute.getNodeName();
   String value = attribute.getNodeValue();
   . . .
}
```

或者，如果知道属性名，则可以直接获取相应的属性值：

```
String unit = element.getAttribute("unit");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

现在你已经知道怎么分析 DOM 树了。程序清单 2-1 中的程序将这些技术都运用了一遍。你可以使用 File -> Open 菜单选项来读入一个 XML 文件。DocumentBuilder 对象会解析这个 XML 文件，并产生一个 Document 对象。该程序将 Document 对象显示为一个 JTree（参见图 2-3）。

图 2-3 一个 XML 文档的解析树

该树形结构清楚地显示了子元素是怎样被包含空白字符和注释的文本包围起来的。为了更清楚起见，这个程序将换行和回车字符显示为 \n 和 \r。（否则，它们将显示为空的文本框，这是 Swing 对字符串中不能绘制的字符显示的默认符号）。

在第 6 章你将会学习到该程序中用来显示树形结构和属性表的技术。DOMTreeModel 类实现了 treeModel 接口。getRoot 方法返回文档的根元素，getChild 方法得到子元素的节点列表，返回被请求的索引值的项。表的单元格渲染器显示了以下内容：

- 对元素，显示的是元素标签名和由所有的属性构成的一张表。
- 对字符数据，显示的是界面（文本、注释、CDATA 部分），后面跟着数据，其中换行和回车字符被 \n 和 \r 取代。
- 对其他所有的节点类型，显示的是类名，后面跟着 toString 的结果。

程序清单 2-1 dom/Treeviewer.java

```
1  package dom;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.io.*;
6  import javax.swing.*;
7  import javax.swing.event.*;
8  import javax.swing.table.*;
9  import javax.swing.tree.*;
10 import javax.xml.parsers.*;
11 import org.w3c.dom.*;
12 import org.w3c.dom.CharacterData;
13 /**
14  * This program displays an XML document as a tree.
15  * @version 1.12 2012-06-03
16  * @author Cay Horstmann
17  */
18 public class TreeViewer
19 {
20    public static void main(String[] args)
21    {
22       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
23          {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            public void run()
            {
               JFrame frame = new DOMTreeFrame();
               frame.setTitle("TreeViewer");
               frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
               frame.setVisible(true);
            }
         });
   }
}

/**
 * This frame contains a tree that displays the contents of an XML document.
 */
class DOMTreeFrame extends JFrame
{
   private static final int DEFAULT_WIDTH = 400;
   private static final int DEFAULT_HEIGHT = 400;

   private DocumentBuilder builder;

   public DOMTreeFrame()
   {
      setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);

      JMenu fileMenu = new JMenu("File");
      JMenuItem openItem = new JMenuItem("Open");
      openItem.addActionListener(new ActionListener()
         {
            public void actionPerformed(ActionEvent event)
            {
               openFile();
            }
         });
      fileMenu.add(openItem);

      JMenuItem exitItem = new JMenuItem("Exit");
      exitItem.addActionListener(new ActionListener()
         {
            public void actionPerformed(ActionEvent event)
            {
               System.exit(0);
            }
         });
      fileMenu.add(exitItem);

      JMenuBar menuBar = new JMenuBar();
      menuBar.add(fileMenu);
      setJMenuBar(menuBar);
   }

   /**
    * Open a file and load the document.
    */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
78    public void openFile()
79    {
80       JFileChooser chooser = new JFileChooser();
81       chooser.setCurrentDirectory(new File("dom"));
82
83       chooser.setFileFilter(new javax.swing.filechooser.FileFilter()
84          {
85             public boolean accept(File f)
86             {
87                return f.isDirectory() || f.getName().toLowerCase().endsWith(".xml");
88             }
89
90             public String getDescription()
91             {
92                return "XML files";
93             }
94          });
95       int r = chooser.showOpenDialog(this);
96       if (r != JFileChooser.APPROVE_OPTION) return;
97       final File file = chooser.getSelectedFile();
98
99       new SwingWorker<Document, Void>()
100         {
101            protected Document doInBackground() throws Exception
102            {
103               if (builder == null)
104               {
105                  DocumentBuilderFactory factory = DocumentBuilderFactory.newInstance();
106                  builder = factory.newDocumentBuilder();
107               }
108               return builder.parse(file);
109            }
110            protected void done()
111            {
112               try
113               {
114                  Document doc = get();
115                  JTree tree = new JTree(new DOMTreeModel(doc));
116                  tree.setCellRenderer(new DOMTreeCellRenderer());
117
118                  setContentPane(new JScrollPane(tree));
119                  validate();
120               }
121               catch (Exception e)
122               {
123                  JOptionPane.showMessageDialog(DOMTreeFrame.this, e);
124               }
125            }
126         }.execute();
127   }
128
129 }
130
131 /**
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
132  * This tree model describes the tree structure of an XML document.
133  */
134 class DOMTreeModel implements TreeModel
135 {
136    private Document doc;
137
138    /**
139     * Constructs a document tree model.
140     * @param doc the document
141     */
142    public DOMTreeModel(Document doc)
143    {
144       this.doc = doc;
145    }
146
147    public Object getRoot()
148    {
149       return doc.getDocumentElement();
150    }
151
152    public int getChildCount(Object parent)
153    {
154       Node node = (Node) parent;
155       NodeList list = node.getChildNodes();
156       return list.getLength();
157    }
158    public Object getChild(Object parent, int index)
159    {
160       Node node = (Node) parent;
161       NodeList list = node.getChildNodes();
162       return list.item(index);
163    }
164
165    public int getIndexOfChild(Object parent, Object child)
166    {
167       Node node = (Node) parent;
168       NodeList list = node.getChildNodes();
169       for (int i = 0; i < list.getLength(); i++)
170          if (getChild(node, i) == child) return i;
171       return -1;
172    }
173
174    public boolean isLeaf(Object node)
175    {
176       return getChildCount(node) == 0;
177    }
178
179    public void valueForPathChanged(TreePath path, Object newValue)
180    {
181    }
182
183    public void addTreeModelListener(TreeModelListener l)
184    {
185    }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
186
187    public void removeTreeModelListener(TreeModelListener l)
188    {
189    }
190
191 }
192
193 /**
194  * This class renders an XML node.
195  */
196 class DOMTreeCellRenderer extends DefaultTreeCellRenderer
197 {
198    public Component getTreeCellRendererComponent(JTree tree, Object value, boolean selected,
199          boolean expanded, boolean leaf, int row, boolean hasFocus)
200    {
201       Node node = (Node) value;
202       if (node instanceof Element) return elementPanel((Element) node);
203
204       super.getTreeCellRendererComponent(tree, value, selected, expanded, leaf, row, hasFocus);
205       if (node instanceof CharacterData) setText(characterString((CharacterData) node));
206       else setText(node.getClass() + ": " + node.toString());
207       return this;
208    }
209
210    public static JPanel elementPanel(Element e)
211    {
212       JPanel panel = new JPanel();
213       panel.add(new JLabel("Element: " + e.getTagName()));
214       final NamedNodeMap map = e.getAttributes();
215       panel.add(new JTable(new AbstractTableModel()
216          {
217             public int getRowCount()
218             {
219                return map.getLength();
220             }
221
222             public int getColumnCount()
223             {
224                return 2;
225             }
226
227             public Object getValueAt(int r, int c)
228             {
229                return c == 0 ? map.item(r).getNodeName() : map.item(r).getNodeValue();
230             }
231          }));
232       return panel;
233    }
234
235    public static String characterString(CharacterData node)
236    {
237       StringBuilder builder = new StringBuilder(node.getData());
238       for (int i = 0; i < builder.length(); i++)
239       {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
240         if (builder.charAt(i) == '\r')
241         {
242            builder.replace(i, i + 1, "\\r");
243            i++;
244         }
245         else if (builder.charAt(i) == '\n')
246         {
247            builder.replace(i, i + 1, "\\n");
248            i++;
249         }
250         else if (builder.charAt(i) == '\t')
251         {
252            builder.replace(i, i + 1, "\\t");
253            i++;
254         }
255         if (node instanceof CDATASection) builder.insert(0, "CDATASection: ");
256         else if (node instanceof Text) builder.insert(0, "Text: ");
257         else if (node instanceof Comment) builder.insert(0, "Comment: ");
258
259         return builder.toString();
260      }
261   }
262
```

API javax.xml.parsers.DocumentBuilderFactory 1.4

- `static DocumentBuilderFactory newInstance()`

  返回 DocumentBuilderFactory 类的一个实例。

- `DocumentBuilder newDocumentBuilder()`

  返回 DocumentBuilder 类的一个实例。

API javax.xml.parsers.DocumentBuilder 1.4

- `Document parse(File f)`
- `Document parse(String url)`
- `Document parse(InputStream in)`

  解析来自给定文件、URL 或输入流的 XML 文档，返回解析后的文档。

API *org.w3c.dom.Document* 1.4

- `Element getDocumentElement()`

  返回文档的根元素。

API *org.w3c.dom.Element* 1.4

- `String getTagName()`

  返回元素的名字。

- `String getAttribute(String name)`

  返回给定名字的属性值，没有该属性时返回空字符串。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API *org.w3c.dom.Node* 1.4

- `NodeList getChildNodes()`

  返回包含该节点所有子元素的节点列表。

- `Node getFirstChild()`
- `Node getLastChild()`

  获取该节点的第一个或最后一个子节点，在该节点没有子节点时返回 `null`。

- `Node getNextSibling()`
- `Node getPreviousSibling()`

  获取该节点的下一个或上一个兄弟节点，在该节点没有兄弟节点时返回 `null`。

- `Node getParentNode()`

  获取该节点的父节点，在该节点是文档节点时返回 `null`。

- `NamedNodeMap getAttributes()`

  返回含有描述该节点属性的所有 `Attr` 节点的映射表。

- `String getNodeName()`

  返回该节点的名字。当该节点是 `Attr` 节点时，该名字就是属性名。

- `String getNodeValue()`

  返回该节点的值。当该节点是 Attr 节点时，该值就是属性值。

API *org.w3c.dom.CharacterData* 1.4

- `String getData()`

  返回存储在节点中的文本。

API *org.w3c.dom.NodeList* 1.4

- `int getLength()`

  返回列表中的节点数。

- `Node item(int index)`

  返回给定索引值的节点。索引值范围在 0 到 `getLength()`−1 之间。

API *org.w3c.dom.NamedNodeMap* 1.4

- `int getLength()`

  返回该节点映射表中的节点数。

- `Node item(int index)`

  返回给定索引值的节点。索引值范围在 0 到 getLength()−1 之间。

2.3 验证 XML 文档

在前一节中，我们了解了如何遍历 DOM 文档的树形结构。然而，如果仅仅按照这种方

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

法来操作，会发现需要大量冗长的编程和错误检查工作。你不但需要处理元素间的空白字符，还要检查该文档包含的节点是否和你期望的一样。例如，当你在读入下面这个元素时：

```
<font>
   <name>Helvetica</name>
   <size>36</size>
</font>
```

你将首先得到第一个子节点，这是一个含有空白字符“\n”的文本节点。你跳过文本节点找到第一个元素节点。然后，你要检查它的标签名是不是“name”，还要检查它是否有一个 Text 类型的子节点。接下去，转到下一个非空白字符的子节点，并进行同样的检查。那么，当文档作者改变了子元素的顺序或是加入另一个子元素时又会怎样呢？要是对所有的错误检查进行编码，就会显得太琐碎麻烦了，而跳过这些检查又是不慎重的。

幸好，XML 解析器的一个很大的好处就是它能自动校验某个文档是否具有正确的结构。这样，解析就变得简单多了。例如，如果知道 font 片段已经通过了验证，那么你不用进一步检查就能得到其两个孙节点，并把它们转换成 Text 节点，得到它们的文本数据。

如果要指定文档结构，可以提供一个文档类型定义（DTD）或一个 XML Schema 定义。DTD 或 schema 包含了用于解释文档应如何构成的规则，这些规则指定了每个元素的合法子元素和属性。例如，某个 DTD 可能含有一个规则：

```
<!ELEMENT font (name,size)>
```

这个规则表示，一个 font 元素必须总是有两个子元素，分别是 name 和 size。将同样的约束表示如下：

```
<xsd:element name="font">
   <xsd:sequence>
      <xsd:element name="name" type="xsd:string"/>
      <xsd:element name="size" type="xsd:int"/>
   </xsd:sequence>
</xsd:element>
```

与 DTD 相比，XML Schema 可以表达更加复杂的验证条件（比如 size 元素必须包含一个整数）。与 DTD 语法不同，Schema 使用 XML，这为处理 Schema 文件带来了方便。

XML Schema 语言是设计用来替代 DTD 的。然而，到我们撰写本章时为止，DTD 仍然具有旺盛的生命力。XML Schema 很复杂，而且还远没有得到普遍的采纳。事实上，某些 XML 用户对 XML Schema 的复杂性感到很烦恼，以致他们会采用其他可替代的验证语言，最常用的一种就是 Relax NG（http://www.relaxng.org）。

在下一节中，我们将详细讨论 DTD。接着简要介绍 XML Schema 的一些基础知识。最后，我们展示一个完整的应用程序来演示验证是如何简化 XML 编程的。

2.3.1 文档类型定义

提供 DTD 的方式有多种。可以像下面这样将其纳入至少 XML 文档中：

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE configuration [
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
    <!ELEMENT configuration . . .>
    more rules
    . . .
]>
<configuration>
    . . .
</configuration>
```

正如你看到的，这些规则被纳入到了 DOCTYPE 声明中，该代码块使用 [...] 来限定其界限。文档类型必须匹配根元素的名字，比如我们例子中的 configuration。

在 XML 文档内部提供 DTD 不是很普遍，因为 DTD 会使文件长度变得很长。把 DTD 存储在外面可能更具意义。SYSTEM 声明可以用来实现这个目标。你可以指定一个包含 DTD 的 URL，例如：

```
<!DOCTYPE configuration SYSTEM "config.dtd">
```

或者

```
<!DOCTYPE configuration SYSTEM "http://myserver.com/config.dtd">
```

警告： 如果你使用的是 DTD 的相对 URL（比如 "config.dtd"），那么要给解析器一个 File 或 URL 对象，而不是 InputStream。如果必须从一个输入流来解析，请提供一个实体解析器，请看下面的说明。

最后，有一个来源于 SGML 的用于识别“众所周知的”DTD 的机制，下面是一个例子：

```
<!DOCTYPE web-app
  PUBLIC "-//Sun Microsystems, Inc.//DTD Web Application 2.2//EN"
  "http://java.sun.com/j2ee/dtds/web-app_2_2.dtd">
```

如果 XML 处理器知道如何定位带有公共标识符的 DTD，那么就不需要 URL 了。

注意： 如果你使用的是 DOM 解析器，并且想要支持 PUBLIC 标识符，请调用 DocumentBuilder 类的 setEntityResolver 方法来安装 EntityResolver 接口的某个实现类的一个对象。该接口只有一个方法：resolveEntity。下面是一个典型实现的代码框架：

```
class MyEntityResolver implements EntityResolver
{
   public InputSource resolveEntity(String publicID,
      String systemID)
   {
      if (publicID.equals(a known ID))
         return new InputSource(DTD data);
      else
         return null; // use default behavior
   }
}
```

你可以从 InputStream、Reader 或字符串构建输入源。

现在你已经知道解析器怎样定位 DTD 了，下面，让我们来看看不同类型的规则。

ELEMENT 规则用于指定某个元素可以拥有什么样的子元素。可以指定一个正则表达式，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

它由表 2-1 中所示组成部分构成。

表 2-1 元素内容的规则

规 则	含 义
E*	0 或多个 E
E+	1 或多个 E
E?	0 或 1 个 E
$E_1\|E_2\|\ldots\|E_n$	$E_1, E_2, \ldots, E_n$ 中的一个
$E_1, E_2, \ldots, E_n$	E_1 随后是 $E_2, \ldots, E_n$
#PCDATA	文本
(#PCDATA|E_1|E_2|...|E_n)*	0 或多个文本和 $E_1, E_2, \ldots, E_n$，以任意顺序排列（混合式内容）
ANY	允许任意子元素
EMPTY	不允许有子元素

下面是一些简单而典型的例子。下面的规则声明了 menu 元素包含 0 或多个 item 元素：

```
<!ELEMENT menu (item)*>
```

下面这组规则声明 font 是用一个 name 后跟一个 size 来描述的，它们都包含文本：

```
<!ELEMENT font (name,size)>
<!ELEMENT name (#PCDATA)>
<!ELEMENT size (#PCDATA)>
```

缩写 PCDATA 表示已解析的字符数据。这些数据被称为“已解析的”是因为解析器通过寻找表示一个新标签起始的 < 字符或表示一个实体起始的 & 字符，而解释了这些文本字符串。

元素的规格说明可以包含嵌套的和复杂的正则表达式，例如，下面是一个描述了本书中每一章的结构的规则：

```
<!ELEMENT chapter (intro,(heading,(para|image|table|note)+)+)
```

每章都以简介开头，其后是 1 或多个小节，每个小节由一个标题和 1 个或多个段落、图片、表格或说明构成。

然而，有一种常见的情况是不能把规则定义得像你希望的那样灵活的。当一个元素可以包含文本时，那么就只有两种合法的情况。要么元素只包含文本，比如：

```
<!ELEMENT name (#PCDATA)>
```

要么元素包含任意顺序的文本和标签的组合，比如：

```
<!ELEMENT para (#PCDATA|em|strong|code)*>
```

指定其他包含 #PCDATA 规则的类型都是不合法的。例如，以下规则是非法的：

```
<!ELEMENT captionedImage (image,#PCDATA)>
```

必须重写一个规则，以引入另一个 caption 元素或者允许使用 image 元素和文本的组合。

这种限制简化了 XML 解析器在解析混合式内容（标签和文本的混合）时的工作。因为在允许混合式内容时会难免失控，所以最好在设计 DTD 时，让其中所有的元素要么包含其他

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

元素，要么只有文本。

注意： 实际上，在 DTD 规则中并不能为元素指定任意的正则表达式，XML 解析器会拒绝某些导致非确定性的复杂规则。例如，正则表达式 ((x,y)|(x,z)) 就是非确定性的。当解析器看到 x 时，它不知道在两个选择中取哪一个。这个表达式可以改写成确定性的形式，如 (x,(y|z))。然而，有一些表达式不能被改写，如 ((x,y)*|x?)。Sun 解析器在遇到有歧义的 DTD 时，不会给出警告。在解析时，它仅仅在两者中选取第一个匹配项，这将导致它拒绝一些正确的输入。当然，解析器有权这么做，因为 XML 标准允许解析器假设 DTD 都是非二义性的。在实际应用中，这不是一个会让你睡不着觉的问题，因为大多数 DTD 都非常简单，根本不会遇上二义性问题。

还可以指定描述合法的元素属性的规则。通用语法为：

```
<!ATTLIST element attribute type default>
```

表 2-2 显示了合法的属性类型（type），表 2-3 显示了属性默认值（default）的语法。

以下是两个典型的属性规格说明：

```
<!ATTLIST font style (plain|bold|italic|bold-italic) "plain">
<!ATTLIST size unit CDATA #IMPLIED>
```

第一个规格说明描述了 font 元素的 style 属性。它有 4 个合法的属性值，默认值是 plain。第二个规格说明表示 size 元素的 unit 属性可以包含任意字符数据序列。

表 2-2 属性类型

类 型	含 义
CDATA	任意字符串
$(A_1\|A_2\|\ldots\|A_n)$	字符串属性 A_1 A_2 ... $\|A_n$ 之一
NMTOKEN NMTOKENS	1 或多个名字标记
ID	1 个惟一的 ID
IDREF IDREFS	1 或多个对惟一 ID 的引用
ENTITY ENTITIES	1 或多个未解析的实体

表 2-3 属性的默认值

默 认 值	含 义
#REQUIRED	属性是必需的
#IMPLIED	属性是可选的
A	属性是可选的；若未指定，解析器报告的属性是 *A*
#FIXED *A*	属性必须是未指定的或者是 *A*；两种情况下，解析器报告的属性都是 *A*

注意： 一般情况下，我们推荐用元素而非属性来描述数据。按照这个推荐，font style 应该是一个独立的元素，例如 <style>plain</style>...。然而，对于枚举类型，属性有一个不可否认的优点，那就是解析器能够校验取值是否合法。例如，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果 font style 是一个属性，解析器就会检查它是不是 4 个允许值之一，并且如果没有提供属性值，解析器还会提供一个默认值。

CDATA 属性值的处理与你前面看到的处理 #PCDATA 有着微妙的差别，并且与 <![CDATA[...]]> 部分没有多大关系。属性值首先被规范化，也就是说，解析器要处理对字符和实体的引用（比如 é 或 <），并且要用空格来替换空白字符。

NMTOKEN（即名字标记）与 CDATA 相似，但是大多数非字母数字字符和内部的空白字符是不允许使用的，而且解析器会删除起始和结尾的空白字符。NMTOKENS 是一个以空白字符分隔的名字标记列表。

ID 结构是很有用的，ID 是在文档中惟一的名字标记，解析器会检查其惟一性。在下一个示例程序中，你会看到它的应用。IDREF 是对同一文档中已存在的 ID 的引用。解析器也会对它进行检查。IDREFS 是以空白字符分隔的 ID 引用的列表。

ENTITY 属性值将引用一个“未解析的外部实体”。这是从 SGML 那里沿用下来的，在实际应用中很少见到。http://www.xml.com/axml/axml.html 的被注解的 XML 规范有该属性的一个例子。

DTD 也可以定义实体，或者定义解析过程中被替换的缩写。可以在 Mozilla/Netscape 6 浏览器的用户接口描述中找到一个使用实体的很好的例子。这些描述被格式化为 XML 格式，包含了如下的实体定义：

```
<!ENTITY back.label "Back">
```

其他地方的文本可以包含对这个实体的引用，例如：

```
<menuitem label="&back.label;"/>
```

解析器用替代字符串来替换实体引用。如果要对应用程序进行国际化处理，只需修改实体定义中的字符串即可。其他实体的使用方法更加复杂，且不太常用，详细说明参见 XML 规范。

这样我们就结束了对 DTD 的介绍。现在你已经知道如何使用 DTD 了，你可以配置你的解析器以充分利用它们。首先，通知文档生成工厂打开验证特性。

```
factory.setValidating(true);
```

这样，该工厂生成的所有文档生成器都将根据 DTD 来验证它们的输入。验证的最大好处是可以忽略元素内容中的空白字符。例如，考虑下面的 XML 代码片段：

```
<font>
   <name>Helvetica</name>
   <size>36</size>
</font>
```

一个不进行验证的解析器会报告 font、name 和 size 元素之间的空白字符，因为它无法知道 font 的子元素是：

```
(name,size)
(#PCDATA,name,size)*
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

还是：

```
ANY
```

一旦 DTD 指定了子元素是（name,size），解析器就知道它们之间的空白字符不是文本。调用下面的代码：

```
factory.setIgnoringElementContentWhitespace(true);
```

这样，生成器将不会报告文本节点中的空白字符。这意味着，你可以依赖 font 节点只有 2 个子元素这一事实。你再也不用编写下面这样的单调冗长的循环代码：

```
for (int i = 0; i < children.getLength(); i++)
{
   Node child = children.item(i);
   if (child instanceof Element)
   {
      Element childElement = (Element) child;
      if (childElement.getTagName().equals("name")) . . .
      else if (childElement.getTagName().equals("size")) . . .
   }
}
```

而只需仅仅通过如下代码访问第一个和第二个子元素：

```
Element nameElement = (Element) children.item(0);
Element sizeElement = (Element) children.item(1);
```

这就是 DTD 如此有用的原因。你不会为了检查规则而使程序负担过重。在得到文档之前，解析器已经做完了这些工作。

提示： 许多刚开始使用 XML 的程序员都对验证不习惯，并且最终还是在系统运行过程中分析 DOM 树。如果要说服你的同事使他们相信使用验证过的文档的好处，就给他们看上述两种不同的编码方式，这样才能使他们相信你。

当解析器报告错误时，应用程序希望对该错误执行某些操作。例如，记录到日志中，把它显示给用户，或是抛出一个异常以放弃解析。因此，在验证时，应该安装一个错误处理器，这需要提供一个实现了 ErrorHandler 接口的对象。这个接口有三个方法：

```
void warning(SAXParseException exception)
void error(SAXParseException exception)
void fatalError(SAXParseException exception)
```

可以通过 DocumentBuilder 类的 setErrorHandler 方法来安装错误处理器：

```
builder.setErrorHandler(handler);
```

API javax.xml.parsers.DocumentBuilder 1.4

- `void setEntityResolver(EntityResolver resolver)`
  设置解析器，来定位要解析的 XML 文档中引用的实体。
- `void setErrorHandler(ErrorHandler handler)`
  设置报告解析过程中出现的错误和警告的处理器。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API *org.xml.sax.EntityResolver* 1.4

- `public InputSource resolveEntity(String publicID, String systemID)`

返回一个包含被给定 ID 所引用数据的输入源，或者，当解析器不知道如何解析这个特定名字时，返回 `null`。如果没有提供公共 ID，那么参数 `publicID` 可以为 `null`。

API *org.xml.sax.InputSource* 1.4

- `InputSource(InputStream in)`
- `InputSource(Reader in)`
- `InputSource(String systemID)`

从流、读入器或系统 ID（通常是相对或绝对 URL）中构建输入源。

API *org.xml.sax.ErrorHandler* 1.4

- `void fatalError(SAXParseException exception)`
- `void error(SAXParseException exception)`
- `void warning(SAXParseException exception)`

覆盖这些方法以提供处理器，对致命错误、非致命错误和警告进行处理。

API org.xml.sax.SAXParseException 1.4

- `int getLineNumber()`
- `int getColumnNumber()`

返回引起异常的已处理的输入信息末尾的行号和列号。

API javax.xml.parsers.DocumentBuilderFactory 1.4

- `boolean isValidating()`
- `void setValidating(boolean value)`

获取和设置工厂的 validating 属性。当它设为 true 时，工厂生成的解析器会验证它们的输入信息。

- `boolean isIgnoringElementContentWhitespace()`
- `void setIgnoringElementContentWhitespace(boolean value)`

获取和设置工厂的 `ignoringElementContentWhitespace` 属性。当它设为 `true` 时，工厂生成的解析器会忽略不含混合内容（即，元素与 `#PCDATA` 混合）的元素节点之间的空白字符。

2.3.2 XML Schema

因为 XML Schema 比起 DTD 语法要复杂许多，所以我们只涉及其基本知识。更多信息请参考 http://www.w3.org/TR/xmlschema-0 上的指南。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果要在文档中引用 Schema 文件，需要在根元素中添加属性，例如：

```
<?xml version="1.0"?>
<configuration xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
      xsi:noNamespaceSchemaLocation="config.xsd">
   . . .
</configuration>
```

这个声明说明 Schema 文件 `config.xsd` 会被用来验证文档。如果使用命名空间，语法就更加复杂了。详细请参见 XML Schema 指南（前缀 `xsi` 是一个命名空间别名（namespace alias），请查看第 2.5 节以了解更多信息）。

Schema 使用名字空间定义了每个元素的类型。类型可以是简单类型，即有格式限制的字符串，或者是复杂类型。一些简单类型已经被内建到了 XML Schema 内，包括：

```
xsd:string
xsd:int
xsd:boolean
```

注意：我们用前缀 xsd: 来表示 XSL Schema 定义的命名空间。一些作者代之以 xs:。

可以定义自己的简单类型。例如，下面是一个枚举类型：

```
<xsd:simpleType name="StyleType">
   <xsd:restriction base="xsd:string">
      <xsd:enumeration value="PLAIN" />
      <xsd:enumeration value="BOLD" />
      <xsd:enumeration value="ITALIC" />
      <xsd:enumeration value="BOLD_ITALIC" />
   </xsd:restriction>
</xsd:simpleType>
```

当定义元素时，要指定它的类型：

```
<xsd:element name="name" type="xsd:string"/>
<xsd:element name="size" type="xsd:int"/>
<xsd:element name="style" type="StyleType"/>
```

类型约束了元素的内容。例如，下面的元素将被验证为正确格式：

```
<size>10</size>
<style>PLAIN</style>
```

但是，下面的元素会被解析器拒绝：

```
<size>default</size>
<style>SLANTED</style>
```

你可以把类型组合成复杂类型，例如：

```
<xsd:complexType name="FontType">
   <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="name"/>
      <xsd:element ref="size"/>
      <xsd:element ref="style"/>
   </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

FontType 是 name、size 和 style 的序列。在这个类型定义中，我们用 ref 属性来引用在 Schema 中位于别处的定义。也可以嵌套定义，像这样：

```
<xsd:complexType name="FontType">
   <xsd:sequence>
      <xsd:element name="name" type="xsd:string"/>
      <xsd:element name="size" type="xsd:int"/>
      <xsd:element name="style" type="StyleType">
         <xsd:simpleType>
            <xsd:restriction base="xsd:string">
               <xsd:enumeration value="PLAIN" />
               <xsd:enumeration value="BOLD" />
               <xsd:enumeration value="ITALIC" />
               <xsd:enumeration value="BOLD_ITALIC" />
            </xsd:restriction>
         </xsd:simpleType>
      </xsd:element>
   </xsd:sequence>
</xsd:complexType>
```

请注意 style 元素的匿名定义。

xsd:sequence 和 DTD 中的连接符号等价，而 xsd:choice 和 | 操作符等价，例如：

```
<xsd:complexType name="contactinfo">
   <xsd:choice>
      <xsd:element ref="email"/>
      <xsd:element ref="phone"/>
   </xsd:choice>
</xsd:complexType>
```

这和 DTD 中的类型 email|phone 类型是等价的。

如果要允许重复元素，可以使用 minoccurs 和 maxoccurs 属性，例如，与 DTD 类型 item* 的等价形式如下：

```
<xsd:element name="item" type=". . ." minoccurs="0" maxoccurs="unbounded">
```

如果要指定属性，可以把 xsd:attribute 元素添加到 complexType 定义中去：

```
<xsd:element name="size">
   <xsd:complexType>
      . . .
      <xsd:attribute name="unit" type="xsd:string" use="optional" default="cm"/>
   </xsd:complexType>
</xsd:element>
```

这是 DTD 声明等价的形式：

```
<!ATTLIST size unit CDATA #IMPLIED "cm">
```

可以把 Schema 的元素和类型定义封装在 xsd:schema 元素中：

```
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
   . . .
</xsd:schema>
```

解析带有 Schema 的 XML 文件和解析带有 DTD 的文件相似，但有 3 点差别：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

1）必须打开对命名空间的支持，即使在 XML 文件里你不使用它。

```
factory.setNamespaceAware(true);
```

2）必须通过如下“魔咒”来准备好处理 Schema 的工厂。

```
final String JAXP_SCHEMA_LANGUAGE = "http://java.sun.com/xml/jaxp/properties/schemaLanguage";
final String W3C_XML_SCHEMA = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema";
factory.setAttribute(JAXP_SCHEMA_LANGUAGE, W3C_XML_SCHEMA);
```

3）解析器不会丢弃元素中的空白字符，这确实很令人恼火，关于这是否是一个 bug，人们看法不一。有一种变通方法，请参看程序清单 2-4 中的代码。

2.3.3 实用示例

在本节中，我们将要介绍一个实用的示例程序，来说明在实际环境中 XML 的用法。请回忆一下第 I 卷第 9 章，GridBagLayout 是 Swing 构件中最有用的布局管理器。然而，人们都很畏惧它，这不仅是因为它的复杂，而且因为其编码冗长乏味。把布局指令放到一个文本文件中来替代大量重复代码将会带来很大便利。在本节中，你将看到怎样用 XML 来描述网格组（grid bag）布局和怎样解析布局文件。

网格组是由行和列构成的，它和 HTML 表格非常相似。与 HTML 表格相似的是，我们把它描述成一个行的序列，每个行都包含若干单元格：

```
<gridbag>
   <row>
      <cell>...</cell>
      <cell>...</cell>
      . . .
    </row>
   <row>
      <cell>...</cell>
      <cell>...</cell>
      . . .
    </row>
. . .
</gridbag>
```

gridbag.dtd 指定了以下规则：

```
<!ELEMENT gridbag (row)*>
<!ELEMENT row (cell)*>
```

有些单元格可以跨多行多列。在网格组布局中，这是通过将 gridwidth 和 gridheight 设置为大于 1 的值来实现的。这里使用相同的名字作为属性名：

```
<cell gridwidth="2" gridheight="2">
```

同样，我们将属性应用于网格组的其他约束：fill、anchor、gridx、gridy、weightx、weighty、ipadx 和 ipady。（我们不处理 insets 约束，因为它的值不是简单类型，但是要支持它也是很简单的。）例如：

```
<cell fill="HORIZONTAL" anchor="NORTH">
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

对大多数属性，我们都提供了与 GridBagConstraints 的无参构造器所提供的相同的默认值：

```
<!ATTLIST cell gridwidth CDATA "1">
<!ATTLIST cell gridheight CDATA "1">
<!ATTLIST cell fill (NONE|BOTH|HORIZONTAL|VERTICAL) "NONE">
<!ATTLIST cell anchor (CENTER|NORTH|NORTHEAST|EAST
   |SOUTHEAST|SOUTH|SOUTHWEST|WEST|NORTHWEST) "CENTER">
...
```

gridx 和 gridy 的值受到了特殊处理，因为如果手工设定会很冗长且易于出错。我们用以下的可选项来提供它们的值：

```
<!ATTLIST cell gridx CDATA #IMPLIED>
<!ATTLIST cell gridy CDATA #IMPLIED>
```

如果没有提供这些值，程序会通过如下的启发方法来确定它们：在第 0 列，gridx 的默认值是 0；否则，它是前面的 gridx 加上前面的 gridwidth；gridy 的默认值总是与行数相同。这样，在跨越多行的大多数情况下你不必指定 gridx 和 gridy 的值。但是，如果一个构件跨越多列，那么，每当要跨过这个构件时，就必须指定 gridx。

图 2-4 由 XML 布局定义的字体对话框

注意： 网格组专家可能会奇怪，我们为什么不使用 RELATIVE 和 REMAINDER 机制让网格组布局自动确定 gridx 和 gridy 的位置呢？我们试过这种方法，但是怎么也不能产生图 2-4 中那个字体对话框示例的布局。阅读了 GridBagLayout 的源代码后，我们发现，很明显，它的算法无法完成恢复绝对位置所必需的繁重任务。

这个程序对属性进行解析，并且设置了网格组的约束条件。例如，要读取网格宽度，程序需要包含下面这行代码：

```
constraints.gridwidth = Integer.parseInt(e.getAttribute("gridwidth"));
```

程序不必担心属性的缺失，因为当文档中没有指定值时，解析器会自动提供默认值。

如果要测试 gridx 或 gridy 属性是否被指定了，我们可以调用 getAttribute 方法来检查它是否返回空串：

```
String value = e.getAttribute("gridy");
if (value.length() == 0) // use default
   constraints.gridy = r;
else
   constraints.gridy = Integer.parseInt(value);
```

我们发现允许单元格包含任意对象会显得很方便，这使我们能够指定如边界那样的非构件类

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

型。这里只要求这些对象属于遵循 JavaBean 惯例的某个类，即具有一个默认构造器，而对每个属性都提供了相应的获取器（getter）/ 设置器（setter）对。（我们将在第 8 章详细讨论 JavaBean。）

bean 是由一个类名和 0 或多个属性定义的：

```
<!ELEMENT bean (class, property*)>
<!ELEMENT class (#PCDATA)>
```

属性包含一个名字和一个值。

```
<!ELEMENT property (name, value)>
<!ELEMENT name (#PCDATA)>
```

该值可以是整数、布尔值、字符串或者其他 bean：

```
<!ELEMENT value (int|string|boolean|bean)>
<!ELEMENT int (#PCDATA)>
<!ELEMENT string (#PCDATA)>
<!ELEMENT boolean (#PCDATA)>
```

下面是一个典型示例，这是一个 JLabel 对象的实例，它的文本属性被设为 "Face: "。

```
<bean>
  <class>javax.swing.JLabel</class>
  <property>
    <name>text</name>
    <value><string>Face: </string></value>
  </property>
</bean>
```

把字符串用 `<string>` 标签围起来似乎有点麻烦。为什么不只用 #PCDATA 表示字符串而把那个标签留给别的类型呢？因为那样我们必须使用混合式内容，这样会把 value 元素的规则弱化为：

```
<!ELEMENT value (#PCDATA|int|boolean|bean)*>
```

然而，这样的规则允许任意混合的文本和标签。

程序可以使用 BeanInfo 类来设置属性，而 BeanInfo 可以枚举 bean 的属性描述符。我们用匹配名字的方式来查找属性，然后调用它的 setter 方法来设置其值。

当我们的程序读入一个用户界面描述时，它有足够的信息来构建和布局用户界面构件。但是，当然，这个界面是死的，因为它没有事件监听器。如果要添加事件监听器，我们必须先定位构件。因为这个缘故，我们为每个 bean 提供了 ID 类型的可选属性：

```
<!ATTLIST bean id ID #IMPLIED>
```

例如，下面是一个带有 ID 的组合框：

```
<bean id="face">
  <class>javax.swing.JComboBox</class>
</bean>
```

请回想一下，我们说过解析器会检查 ID 是否惟一。

程序员可以用下面的方式来附加事件处理器：

```
gridbag = new GridBagPane("fontdialog.xml");
setContentPane(gridbag);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
JComboBox face = (JComboBox) gridbag.get("face");
face.addListener(listener);
```

注意：在这个示例中，我们只使用 XML 来描述构件布局，而把在 Java 代码中附加事件处理器的工作留给了程序员。你可以更进一步，将该代码添加到 XML 描述中去。最有前途的方式是用 JavaScript 这样的脚本语言来编码这种代码。如果你想添加这样的增强功能，请参考 http://www.mozilla.org/rhino 的 Rhino 解释器。

程序清单 2-2 的程序显示了如何使用 GridBagPane 类来完成设定网格组布局时所有的无聊工作，这个布局是在程序清单 2-4 中定义的。图 2-4 显示了运行结果。该程序只初始化了组合框（这项工作对于 GridBagPane 支持的 bean 属性设定机制来说过于复杂了）和添加事件监听器；程序清单 2-3 中的 GridBagPane 类用于解析 XML 文件，构造构件并安置它们；程序清单 2-5 显示的是 DTD 文件。

除了 DTD，如果像下面这样运行，该程序也可以处理 Schema：

```
java GridBagTest fontdialog-schema.xml
```

程序清单 2-6 就包含了一个 Schema。

这个例子是 XML 的典型用法。XML 格式十分健壮，足以表达复杂的关系。在此基础上，通过接管有效性检查和提供默认值等例行工作，XML 解析器添加了新的价值。

程序清单 2-2 read/GridBagTest.java

```
1  package read;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.io.*;
6  import javax.swing.*;
7  /**
8   * This program shows how to use an XML file to describe a gridbag layout.
9   * @version 1.11 2012-06-03
10  * @author Cay Horstmann
11  */
12 public class GridBagTest
13 {
14    public static void main(String[] args)
15    {
16       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
17          {
18             public void run()
19             {
20                JFileChooser chooser = new JFileChooser("read");
21                chooser.showOpenDialog(null);
22                File file = chooser.getSelectedFile();
23                JFrame frame = new FontFrame(file);
24                frame.setTitle("GridBagTest");
25                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
26                frame.setVisible(true);
27             }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
28            });
29      }
30   }
31
32   /**
33    * This frame contains a font selection dialog that is described by an XML file.
34    * @param filename the file containing the user interface components for the dialog.
35    */
36   class FontFrame extends JFrame
37   {
38      private GridBagPane gridbag;
39      private JComboBox<String> face;
40      private JComboBox<String> size;
41      private JCheckBox bold;
42      private JCheckBox italic;
43
44      @SuppressWarnings("unchecked")
45      public FontFrame(File file)
46      {
47         gridbag = new GridBagPane(file);
48         add(gridbag);
49
50         face = (JComboBox<String>) gridbag.get("face");
51         size = (JComboBox<String>) gridbag.get("size");
52         bold = (JCheckBox) gridbag.get("bold");
53         italic = (JCheckBox) gridbag.get("italic");
54
55         face.setModel(new DefaultComboBoxModel<String>(new String[] { "Serif",
56               "SansSerif", "Monospaced", "Dialog", "DialogInput" }));
57
58         size.setModel(new DefaultComboBoxModel<String>(new String[] { "8",
59               "10", "12", "15", "18", "24", "36", "48" }));
60
61         ActionListener listener = new ActionListener()
62            {
63               public void actionPerformed(ActionEvent event)
64               {
65                  setSample();
66               }
67            };
68         face.addActionListener(listener);
69         size.addActionListener(listener);
70         bold.addActionListener(listener);
71         italic.addActionListener(listener);
72
73         setSample();
74         pack();
75      }
76
77      /**
78       * This method sets the text sample to the selected font.
79       */
80      public void setSample()
81      {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
82          String fontFace = face.getItemAt(face.getSelectedIndex());
83          int fontSize = Integer.parseInt(size.getItemAt(size.getSelectedIndex()));
84          JTextArea sample = (JTextArea) gridbag.get("sample");
85          int fontStyle = (bold.isSelected() ? Font.BOLD : 0)
86                + (italic.isSelected() ? Font.ITALIC : 0);
87
88          sample.setFont(new Font(fontFace, fontStyle, fontSize));
89          sample.repaint();
90       }
91    }
```

程序清单 2-3 read/GridBagPane.java

```
1  package read;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.beans.*;
5  import java.io.*;
6  import java.lang.reflect.*;
7  import javax.swing.*;
8  import javax.xml.parsers.*;
9  import org.w3c.dom.*;
10
11 /**
12  * This panel uses an XML file to describe its components and their grid bag layout positions.
13  */
14 public class GridBagPane extends JPanel
15 {
16    private GridBagConstraints constraints;
17
18    /**
19     * Constructs a grid bag pane.
20     * @param filename the name of the XML file that describes the pane's components and their
21     * positions
22     */
23    public GridBagPane(File file)
24    {
25       setLayout(new GridBagLayout());
26       constraints = new GridBagConstraints();
27
28       try
29       {
30          DocumentBuilderFactory factory = DocumentBuilderFactory.newInstance();
31          factory.setValidating(true);
32
33          if (file.toString().contains("-schema"))
34          {
35             factory.setNamespaceAware(true);
36             final String JAXP_SCHEMA_LANGUAGE =
37                "http://java.sun.com/xml/jaxp/properties/schemaLanguage";
38             final String W3C_XML_SCHEMA = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema";
39             factory.setAttribute(JAXP_SCHEMA_LANGUAGE, W3C_XML_SCHEMA);
40          }
41
42          factory.setIgnoringElementContentWhitespace(true);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
43
44          DocumentBuilder builder = factory.newDocumentBuilder();
45          Document doc = builder.parse(file);
46          parseGridbag(doc.getDocumentElement());
47       }
48       catch (Exception e)
49       {
50          e.printStackTrace();
51       }
52    }
53
54    /**
55     * Gets a component with a given name.
56     * @param name a component name
57     * @return the component with the given name, or null if no component in this grid bag
58     * pane has the given name
59     */
60    public Component get(String name)
61    {
62       Component[] components = getComponents();
63       for (int i = 0; i < components.length; i++)
64       {
65          if (components[i].getName().equals(name)) return components[i];
66       }
67       return null;
68    }
69    /**
70     * Parses a gridbag element.
71     * @param e a gridbag element
72     */
73    private void parseGridbag(Element e)
74    {
75       NodeList rows = e.getChildNodes();
76       for (int i = 0; i < rows.getLength(); i++)
77       {
78          Element row = (Element) rows.item(i);
79          NodeList cells = row.getChildNodes();
80          for (int j = 0; j < cells.getLength(); j++)
81          {
82             Element cell = (Element) cells.item(j);
83             parseCell(cell, i, j);
84          }
85       }
86    }
87
88    /**
89     * Parses a cell element.
90     * @param e a cell element
91     * @param r the row of the cell
92     * @param c the column of the cell
93     */
94    private void parseCell(Element e, int r, int c)
95    {
96       // get attributes
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
97
98          String value = e.getAttribute("gridx");
99          if (value.length() == 0) // use default
100         {
101            if (c == 0) constraints.gridx = 0;
102            else constraints.gridx += constraints.gridwidth;
103         }
104         else constraints.gridx = Integer.parseInt(value);
105
106         value = e.getAttribute("gridy");
107         if (value.length() == 0) // use default
108         constraints.gridy = r;
109         else constraints.gridy = Integer.parseInt(value);
110
111         constraints.gridwidth = Integer.parseInt(e.getAttribute("gridwidth"));
112         constraints.gridheight = Integer.parseInt(e.getAttribute("gridheight"));
113         constraints.weightx = Integer.parseInt(e.getAttribute("weightx"));
114         constraints.weighty = Integer.parseInt(e.getAttribute("weighty"));
115         constraints.ipadx = Integer.parseInt(e.getAttribute("ipadx"));
116         constraints.ipady = Integer.parseInt(e.getAttribute("ipady"));
117         // use reflection to get integer values of static fields
118         Class<GridBagConstraints> cl = GridBagConstraints.class;
119
120         try
121         {
122            String name = e.getAttribute("fill");
123            Field f = cl.getField(name);
124            constraints.fill = f.getInt(cl);
125
126            name = e.getAttribute("anchor");
127            f = cl.getField(name);
128            constraints.anchor = f.getInt(cl);
129         }
130         catch (Exception ex) // the reflection methods can throw various exceptions
131         {
132            ex.printStackTrace();
133         }
134
135         Component comp = (Component) parseBean((Element) e.getFirstChild());
136         add(comp, constraints);
137      }
138
139      /**
140       * Parses a bean element.
141       * @param e a bean element
142       */
143      private Object parseBean(Element e)
144      {
145         try
146         {
147            NodeList children = e.getChildNodes();
148            Element classElement = (Element) children.item(0);
149            String className = ((Text) classElement.getFirstChild()).getData();
150
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
151          Class<?> cl = Class.forName(className);
152
153          Object obj = cl.newInstance();
154
155          if (obj instanceof Component) ((Component) obj).setName(e.getAttribute("id"));
156
157          for (int i = 1; i < children.getLength(); i++)
158          {
159             Node propertyElement = children.item(i);
160             Element nameElement = (Element) propertyElement.getFirstChild();
161             String propertyName = ((Text) nameElement.getFirstChild()).getData();
162
163             Element valueElement = (Element) propertyElement.getLastChild();
164             Object value = parseValue(valueElement);
165             BeanInfo beanInfo = Introspector.getBeanInfo(cl);
166             PropertyDescriptor[] descriptors = beanInfo.getPropertyDescriptors();
167             boolean done = false;
168             for (int j = 0; !done && j < descriptors.length; j++)
169             {
170                if (descriptors[j].getName().equals(propertyName))
171                {
172                   descriptors[j].getWriteMethod().invoke(obj, value);
173                   done = true;
174                }
175             }
176          }
177          return obj;
178       }
179       catch (Exception ex) // the reflection methods can throw various exceptions
180       {
181          ex.printStackTrace();
182          return null;
183       }
184    }
185
186    /**
187     * Parses a value element.
188     * @param e a value element
189     */
190    private Object parseValue(Element e)    .
191    {
192       Element child = (Element) e.getFirstChild();
193       if (child.getTagName().equals("bean")) return parseBean(child);
194       String text = ((Text) child.getFirstChild()).getData();
195       if (child.getTagName().equals("int")) return new Integer(text);
196       else if (child.getTagName().equals("boolean")) return new Boolean(text);
197       else if (child.getTagName().equals("string")) return text;
198       else return null;
199    }
200 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 2-4 read/fontdialog.xml

```
<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE gridbag SYSTEM "gridbag.dtd">
<gridbag>
   <row>
      <cell anchor="EAST">
         <bean>
            <class>javax.swing.JLabel</class>
            <property>
               <name>text</name>
               <value><string>Face: </string></value>
            </property>
         </bean>
      </cell>
      <cell fill="HORIZONTAL" weightx="100">
         <bean id="face">
            <class>javax.swing.JComboBox</class>
         </bean>
      </cell>
      <cell gridheight="4" fill="BOTH" weightx="100" weighty="100">
         <bean id="sample">
            <class>javax.swing.JTextArea</class>
            <property>
               <name>text</name>
               <value><string>The quick brown fox jumps over the lazy dog</string></value>
            </property>
            <property>
               <name>editable</name>
               <value><boolean>false</boolean></value>
            </property>
            <property>
               <name>lineWrap</name>
               <value><boolean>true</boolean></value>
            </property>
            <property>
               <name>border</name>
               <value>
                  <bean>
                     <class>javax.swing.border.EtchedBorder</class>
                  </bean>
               </value>
            </property>
         </bean>
      </cell>
   </row>
   <row>
      <cell anchor="EAST">
         <bean>
            <class>javax.swing.JLabel</class>
            <property>
               <name>text</name>
               <value><string>Size: </string></value>
            </property>
         </bean>
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
54        </cell>
55        <cell fill="HORIZONTAL" weightx="100">
56           <bean id="size">
57              <class>javax.swing.JComboBox</class>
58           </bean>
59        </cell>
60     </row>
61     <row>
62        <cell gridwidth="2" weighty="100">
63           <bean id="bold">
64              <class>javax.swing.JCheckBox</class>
65              <property>
66                 <name>text</name>
67                 <value><string>Bold</string></value>
68              </property>
69           </bean>
70        </cell>
71     </row>
72     <row>
73        <cell gridwidth="2" weighty="100">
74           <bean id="italic">
75              <class>javax.swing.JCheckBox</class>
76              <property>
77                 <name>text</name>
78                 <value><string>Italic</string></value>
79              </property>
80           </bean>
81        </cell>
82     </row>
83  </gridbag>
```

程序清单 2-5　read/gridbag.dtd

```
1  <!ELEMENT gridbag (row)*>
2  <!ELEMENT row (cell)*>
3  <!ELEMENT cell (bean)>
4
5  <!ATTLIST cell gridx CDATA #IMPLIED>
6  <!ATTLIST cell gridy CDATA #IMPLIED>
7  <!ATTLIST cell gridwidth CDATA "1">
8  <!ATTLIST cell gridheight CDATA "1">
9  <!ATTLIST cell weightx CDATA "0">
10 <!ATTLIST cell weighty CDATA "0">
11 <!ATTLIST cell fill (NONE|BOTH|HORIZONTAL|VERTICAL) "NONE">
12 <!ATTLIST cell anchor
13    (CENTER|NORTH|NORTHEAST|EAST|SOUTHEAST|SOUTH|SOUTHWEST|WEST|NORTHWEST) "CENTER">
14 <!ATTLIST cell ipadx CDATA "0">
15 <!ATTLIST cell ipady CDATA "0">
16 <!ELEMENT bean (class, property*)>
17 <!ATTLIST bean id ID #IMPLIED>
18
19 <!ELEMENT class (#PCDATA)>
20 <!ELEMENT property (name, value)>
21 <!ELEMENT name (#PCDATA)>
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
<!ELEMENT value (int|string|boolean|bean)>
<!ELEMENT int (#PCDATA)>
<!ELEMENT string (#PCDATA)>
<!ELEMENT boolean (#PCDATA)>
```

程序清单 2-6 read/gridbag.xsd

```
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">

   <xsd:element name="gridbag" type="GridBagType"/>

   <xsd:element name="bean" type="BeanType"/>

   <xsd:complexType name="GridBagType">
      <xsd:sequence>
         <xsd:element name="row" type="RowType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
      </xsd:sequence>
   </xsd:complexType>

   <xsd:complexType name="RowType">
      <xsd:sequence>
         <xsd:element name="cell" type="CellType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
      </xsd:sequence>
   </xsd:complexType>

   <xsd:complexType name="CellType">
      <xsd:sequence>
         <xsd:element ref="bean"/>
      </xsd:sequence>
      <xsd:attribute name="gridx" type="xsd:int" use="optional"/>
      <xsd:attribute name="gridy" type="xsd:int" use="optional"/>
      <xsd:attribute name="gridwidth" type="xsd:int" use="optional" default="1" />
      <xsd:attribute name="gridheight" type="xsd:int" use="optional" default="1" />
      <xsd:attribute name="weightx" type="xsd:int" use="optional" default="0" />
      <xsd:attribute name="weighty" type="xsd:int" use="optional" default="0" />
      <xsd:attribute name="fill" use="optional" default="NONE">
        <xsd:simpleType>
          <xsd:restriction base="xsd:string">
            <xsd:enumeration value="NONE" />
            <xsd:enumeration value="BOTH" />
            <xsd:enumeration value="HORIZONTAL" />
            <xsd:enumeration value="VERTICAL" />
          </xsd:restriction>
        </xsd:simpleType>
      </xsd:attribute>
      <xsd:attribute name="anchor" use="optional" default="CENTER">
        <xsd:simpleType>
          <xsd:restriction base="xsd:string">
            <xsd:enumeration value="CENTER" />
            <xsd:enumeration value="NORTH" />
            <xsd:enumeration value="NORTHEAST" />
            <xsd:enumeration value="EAST" />
            <xsd:enumeration value="SOUTHEAST" />
            <xsd:enumeration value="SOUTH" />
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
48              <xsd:enumeration value="SOUTHWEST" />
49              <xsd:enumeration value="WEST" />
50              <xsd:enumeration value="NORTHWEST" />
51            </xsd:restriction>
52          </xsd:simpleType>
53        </xsd:attribute>
54        <xsd:attribute name="ipady" type="xsd:int" use="optional" default="0" />
55        <xsd:attribute name="ipadx" type="xsd:int" use="optional" default="0" />
56    </xsd:complexType>
57
58    <xsd:complexType name="BeanType">
59        <xsd:sequence>
60            <xsd:element name="class" type="xsd:string"/>
61            <xsd:element name="property" type="PropertyType" minOccurs="0" maxOccurs="unbounded"/>
62        </xsd:sequence>
63        <xsd:attribute name="id" type="xsd:ID" use="optional" />
64    </xsd:complexType>
65
66    <xsd:complexType name="PropertyType">
67        <xsd:sequence>
68            <xsd:element name="name" type="xsd:string"/>
69            <xsd:element name="value" type="ValueType"/>
70        </xsd:sequence>
71    </xsd:complexType>
72
73    <xsd:complexType name="ValueType">
74        <xsd:choice>
75            <xsd:element ref="bean"/>
76            <xsd:element name="int" type="xsd:int"/>
77            <xsd:element name="string" type="xsd:string"/>
78            <xsd:element name="boolean" type="xsd:boolean"/>
79        </xsd:choice>
80    </xsd:complexType>
81 </xsd:schema>
```

2.4 使用 XPath 来定位信息

如果要定位某个 XML 文档中的一段特定信息，那么，通过遍历 DOM 树的众多节点来进行查找显得有些麻烦。XPath 语言使得访问树节点变得很容易。例如，假设有如下 XML 文档：

```
<configuration>
   . . .
   <database>
      <username>dbuser</username>
      <password>secret</password>
      . . .
   </database>
</configuration>
```

可以通过对 XPath 表达式 `/configuration/database/username` 求值来得到 `database` 中的 `username` 的值。

使用 Xpath 执行下列操作比普通的 DOM 方式要简单得多：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

1）获得文档节点。

2）枚举它的子元素。

3）定位 database 元素。

4）获取 database 元素的第一个子元素，即 username 元素。

5）获取 username 元素的第一个子元素，即 text 节点。

6）获取 text 节点中的数据。

XPath 可以描述 XML 文档中的一个节点集，例如，下面的 XPath：

```
/gridbag/row
```

描述了根元素 gridbag 的子元素中所有的 row 元素。可以用 [] 操作符来选择特定元素：

```
/gridbag/row[1]
```

这表示的是第一行（索引号从 1 开始）。

使用 @ 操作符可以得到属性值。XPath 表达式

```
/gridbag/row[1]/cell[1]/@anchor
```

描述了第一行第一个单元格的 anchor 属性。XPath 表达式

```
/gridbag/row/cell/@anchor
```

描述了作为根元素 gridbag 的子元素的那些 row 元素中的所有单元格的 anchor 属性节点。

XPath 有很多有用的函数，例如：

```
count(/gridbag/row)
```

返回 gridbag 根元素的 row 子元素的数量。精细的 XPath 表达式还有很多，请参见 http://www.w3c.org/TR/xpath 的规范，或者在 http://www.zvon.org/xxl/XPathTutorial/ General/examples.html 上的一个非常好的在线指南。

Java SE 5.0 增加了一个 API 来计算 XPath 表达式，需要先从 XPathFactory 创建一个 XPath 对象：

```
XPathFactory xpfactory = XPathFactory.newInstance();
path = xpfactory.newXPath();
```

然后，调用 evaluate 方法来计算 XPath 表达式：

```
String username = path.evaluate("/configuration/database/username", doc);
```

你可以用同样的 XPath 对象来计算多个表达式。

这种形式的 evaluate 方法将返回一个字符串。这很适合用来获取文本，比如前面的例子中的 username 节点中的文本。如果 XPath 表达式产生了一组节点，请做如下调用：

```
NodeList nodes = (NodeList) path.evaluate("/gridbag/row", doc, XPathConstants.NODESET);
```

如果结果只有一个节点，则以 XPathConstants.NODE 代替：

```
Node node = (Node) path.evaluate("/gridbag/row[1]", doc, XPathConstants.NODE);
```

如果结果是一个数字，则使用 XPathConstants.NUMBER：

```
int count = ((Number) path.evaluate("count(/gridbag/row)", doc, XPathConstants.NUMBER)).intValue();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

不必从文档的根节点开始搜索，可以从任意一个节点或节点列表开始。例如，如果你有前一次计算得到的节点，那么就可以调用：

```
result = path.evaluate(expression, node);
```

程序清单 2-7 中的程序演示了 XPath 表达式求值。只要载入一个 XML 文件，键入一个表达式，选择表达式的类型，点击计算按钮，表达式的结果就会在框架底部显示出来了（见图 2-5）。

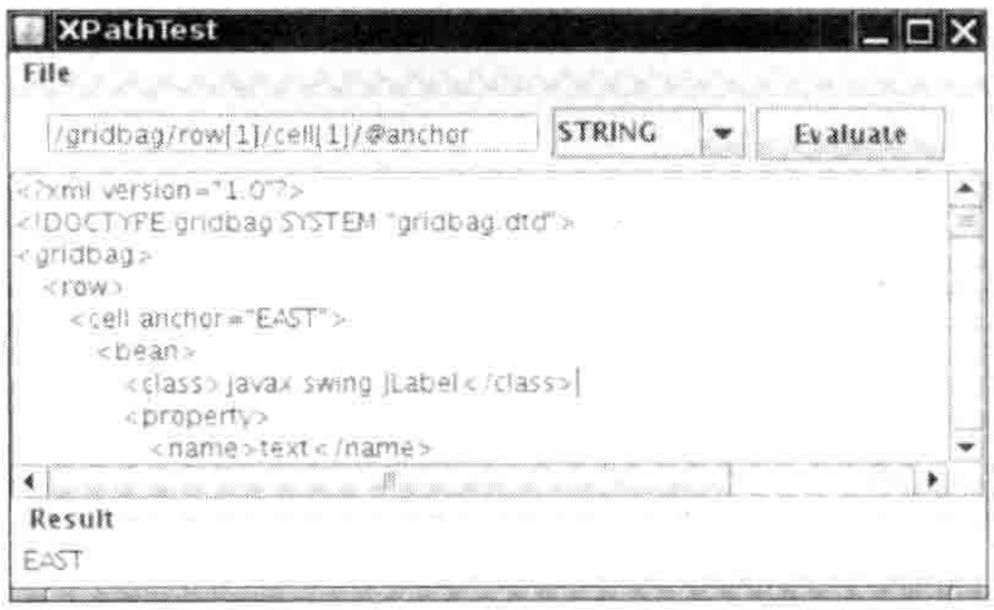


图 2-5 计算 XPath 表达式

程序清单 2-7 xpath/XPathTester.java

```
1  package xpath;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.io.*;
6  import java.nio.file.*;
7  import javax.swing.*;
8  import javax.swing.border.*;
9  import javax.xml.namespace.*;
10 import javax.xml.parsers.*;
11 import javax.xml.xpath.*;
12 import org.w3c.dom.*;
13 import org.xml.sax.*;
14
15 /**
16  * This program evaluates XPath expressions.
17  * @version 1.01 2007-06-25
18  * @author Cay Horstmann
19  */
20 public class XPathTester
21 {
22    public static void main(String[] args)
23    {
24       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
25          {
26             public void run()
27             {
28                JFrame frame = new XPathFrame();
29                frame.setTitle("XPathTest");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
            frame.setVisible(true);
         }
      });
   }
}

/**
 * This frame shows an XML document, a panel to type an XPath expression, and a text field to
 * display the result.
 */
class XPathFrame extends JFrame
{
   private DocumentBuilder builder;
   private Document doc;
   private XPath path;
   private JTextField expression;
   private JTextField result;
   private JTextArea docText;
   private JComboBox<String> typeCombo;

   public XPathFrame()
   {
      JMenu fileMenu = new JMenu("File");
      JMenuItem openItem = new JMenuItem("Open");
      openItem.addActionListener(new ActionListener()
         {
            public void actionPerformed(ActionEvent event)
            {
               openFile();
            }
         });
      fileMenu.add(openItem);

      JMenuItem exitItem = new JMenuItem("Exit");
      exitItem.addActionListener(new ActionListener()
         {
            public void actionPerformed(ActionEvent event)
            {
               System.exit(0);
            }
         });
      fileMenu.add(exitItem);

      JMenuBar menuBar = new JMenuBar();
      menuBar.add(fileMenu);
      setJMenuBar(menuBar);
      ActionListener listener = new ActionListener()
         {
            public void actionPerformed(ActionEvent event)
            {
               evaluate();
            }
         };
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
84          expression = new JTextField(20);
85          expression.addActionListener(listener);
86          JButton evaluateButton = new JButton("Evaluate");
87          evaluateButton.addActionListener(listener);
88
89          typeCombo = new JComboBox<String>(new String[] {
90             "STRING", "NODE", "NODESET", "NUMBER", "BOOLEAN" });
91          typeCombo.setSelectedItem("STRING");
92
93          JPanel panel = new JPanel();
94          panel.add(expression);
95          panel.add(typeCombo);
96          panel.add(evaluateButton);
97          docText = new JTextArea(10, 40);
98          result = new JTextField();
99          result.setBorder(new TitledBorder("Result"));
100
101         add(panel, BorderLayout.NORTH);
102         add(new JScrollPane(docText), BorderLayout.CENTER);
103         add(result, BorderLayout.SOUTH);
104
105         try
106         {
107            DocumentBuilderFactory factory = DocumentBuilderFactory.newInstance();
108            builder = factory.newDocumentBuilder();
109         }
110         catch (ParserConfigurationException e)
111         {
112            JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
113         }
114
115         XPathFactory xpfactory = XPathFactory.newInstance();
116         path = xpfactory.newXPath();
117         pack();
118      }
119
120      /**
121       * Open a file and load the document.
122       */
123      public void openFile()
124      {
125         JFileChooser chooser = new JFileChooser();
126         chooser.setCurrentDirectory(new File("xpath"));
127
128         chooser.setFileFilter(new javax.swing.filechooser.FileFilter()
129            {
130               public boolean accept(File f)
131               {
132                  return f.isDirectory() || f.getName().toLowerCase().endsWith(".xml");
133               }
134
135               public String getDescription()
136               {
137                  return "XML files";
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            }
         });
      int r = chooser.showOpenDialog(this);
      if (r != JFileChooser.APPROVE_OPTION) return;
      File file = chooser.getSelectedFile();
      try
      {
         docText.setText(new String(Files.readAllBytes(file.toPath())));
         doc = builder.parse(file);
      }
      catch (IOException e)
      {
         JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
      }
      catch (SAXException e)
      {
         JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
      }
   }

   public void evaluate()
   {
      try
      {
         String typeName = (String) typeCombo.getSelectedItem();
         QName returnType = (QName) XPathConstants.class.getField(typeName).get(null);
         Object evalResult = path.evaluate(expression.getText(), doc, returnType);
         if (typeName.equals("NODESET"))
         {
            NodeList list = (NodeList) evalResult;
            StringBuilder builder = new StringBuilder();
            builder.append("{");
            for (int i = 0; i < list.getLength(); i++)
            {
               if (i > 0) builder.append(", ");
               builder.append("" + list.item(i));
            }
            builder.append("}");
            result.setText("" + builder);
         }
         else result.setText("" + evalResult);
      }
      catch (XPathExpressionException e)
      {
         result.setText("" + e);
      }
      catch (Exception e) // reflection exception
      {
         e.printStackTrace();
      }
   }
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API javax.xml.xpath.XPathFactory 5.0

- `static XPathFactory newInstance()`
  返回 `XPathFactory` 实例用于创建 `XPath` 对象。
- `XPath newXpath()`
  构建 `XPath` 对象用于计算 `XPath` 表达式。

API *javax.xml.xpath.XPath* 5.0

- `String evaluate(String expression, Object startingPoint)`
  从给定的起点计算表达式。起点可以是一个节点或节点列表。如果结果是一个节点或节点集，则返回的字符串中包含所有文本节点子元素的数据。
- `Object evaluate(String expression, Object startingPoint, QName resultType)`
  从给定的起点计算表达式。起点可以是一个节点或节点列表。`resultType` 是 `XPathConstants` 类的常量 `STRING`、`NODE`、`NODESET`、`NUMBER` 或 `BOOLEAN` 之一。返回值是 `String`、`Node`、`NodeList`、`Number` 或 `Boolean`。

2.5 使用命名空间

Java 语言使用包来避免名字冲突。程序员可以在不同的类中使用相同的名字，只要它们不在同一个包中即可。XML 也有类似的命名空间（namespace）机制，可以用于元素名和属性名。

名字空间是由统一资源标识符（Uniform Resource Identifier, URI）来标识的，比如：

```
http://www.w3.org/2001/XMLSchema
uuid:1c759aed-b748-475c-ab68-10679700c4f2
urn:com:books-r-us
```

HTTP 的 URL 格式是最常用的。注意，URL 只用作标识符字符串，而不是一个文件的定位符。例如，名字空间标识符：

```
http://www.horstmann.com/corejava
http://www.horstmann.com/corejava/index.html
```

表示了不同的命名空间，尽管 Web 服务器将为这两个 URL 提供相同的文档。

在命名空间的 URL 所表示的位置上不需要有任何文档，XML 解析器不会尝试去该处查找任何东西。然而，为了给遇到不熟悉的命名空间的程序员一些帮助，人们习惯于将解释该命名空间的文档放在 URL 位置上。例如，如果你把浏览器指向 XML Schema 的命名空间 URL（http://www.w3.org /2001/XMLSchema），就会发现一个描述 XML Schema 标准的文档。

为什么要用 HTTP URL 作为命名空间的标识符？这是因为这样容易确保它们是独一无二的。如果使用一个实际的 URL，那么主机部分的惟一性就将由域名系统来保证。然后，你的组织可以安排 URL 余下部分的惟一性，这和 Java 包名中的反向域名是一个原理。

为了惟一性，你可能想要用长命名空间标识符，当然你肯定是不想处理长标识符的。在

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

Java 编程语言中，可以用 import 机制来指定很长的包名，然后只需使用较短的类名。在 XML 中有类似的机制，比如：

```
<element xmlns="namespaceURI">
   children
</element>
```

现在，该元素和它的子元素都是给定命名空间的一部分了。

子元素可以提供自己的命名空间，例如：

```
<element xmlns="namespaceURI1">
   <child xmlns="namespaceURI2">
      grandchildren
   </child>
   more children
</element>
```

这时，第一个子元素和孙元素都是第二个命名空间的一部分。

无论是只需要一个命名空间，还是命名空间本质上是嵌套的，这个简单机制都工作得很好。如若不然，就需要使用第二种机制，而 Java 中并没有类似的机制。你可以用一个前缀来表示命名空间，即为特定文档选取的一个短的标识符。下面是一个典型的例子：

```
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
   <xsd:element name="gridbag" type="GridBagType"/>
   . . .
</xsd:schema>
```

下面的属性：

```
xmlns:prefix="namespaceURI"
```

用于定义命名空间和前缀。在我们的例子中，前缀是 xsd。这样，xsd:schema 实际上指的是“命名空间 http://www.w3.org/2001/XMLSchema 中的 schema”。

注意： 只有子元素继承了它们父元素的命名空间，而不带显式前缀的属性不是命名空间的一部分。请看下面这个构造出来的例子：

```
<configuration xmlns="http://www.horstmann.com/corejava"
   xmlns:si="http://www.bipm.fr/enus/3_SI/si.html">
   <size value="210" si:unit="mm"/>
   . . .
</configuration>
```

在这个示例中，元素 configuration 和 size 是 URI 为 http://www.horstmann.com/corejava 的命名空间的一部分。属性 si:unit 是 URI 为 http://www.bipm.fr/enus/3_SI/si.html 命名空间的一部分。然而，属性 value 不是任何命名空间的一部分。

你可以控制解析器对命名空间的处理。默认情况下，DOM 解析器并非“命名空间感知的”。

要打开命名空间处理特性，请调用 DocumentBuilderFactory 类的 setNamespace Aware 方法：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
factory.setNamespaceAware(true);
```

这样，工厂产生的所有生成器便都支持命名空间了。每个节点有三个属性：

- 带有前缀的限定名（qualified），由 getNodeName 和 getTagName 等方法返回。
- 命名空间 URI，由 getNamespaceURI 方法返回。
- 不带前缀和命名空间的本地名（local name），由 getLocalName 方法返回。

下面是一个例子。假设解析器看到了以下元素：

```
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
```

它会报告：

- 限定名 = xsd:schema
- 命名空间 URI = http://www.w3.org/2001/XMLSchema
- 本地名 = schema

注意： 如果对命名空间的感知特性被关闭，getLocalName 和 getNamespaceURI 方法将返回 null。

API *org.w3c.dom.Node 1.4*

- String getLocalName()

  返回本地名（不带前缀），或者在解析器不感知命名空间时，返回 null。

- String getNamespaceURI()

  返回命名空间 URI，或者在解析器不感知命名空间时，返回 null。

API javax.xml.parsers.DocumentBuilderFactory 1.4

- boolean isNamespaceAware()
- void setNamespaceAware(boolean value)

  获取或设置工厂的 namespaceAware 属性。当设为 true 时，工厂产生的解析器是命名空间感知的。

2.6 流机制解析器

DOM 解析器完整地读入 XML 文档，然后将其转换成一个树形的数据结构。对于大多数应用，DOM 都运行得很好。但是，如果文档很大，并且处理算法又非常简单，可以在运行时解析节点，而不必看到完整的树形结构，那么 DOM 可能就会显得效率低下了。在这种情况下，我们应该使用流机制解析器（streaming parser）。

在下面的小节中，我们将讨论 Java 类库提供的流机制解析器：老而弥坚的 SAX 解析器和添加到 Java SE 6 中的更现代化的 StAX 解析器。SAX 解析器使用的是事件回调（event callback），而 StAX 解析器提供了解析事件的迭代器，后者用起来通常更方便一些。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

2.6.1 使用 SAX 解析器

SAX 解析器在解析 XML 输入的组成部分时会报告事件，但不会以任何方式存储文档，而是由事件处理器建立相应的数据结构。实际上，DOM 解析器是在 SAX 解析器的基础上建立起来的，它在接收到解析器事件时建立 DOM 树。

在使用 SAX 解析器时，需要一个处理器来为不同的解析器事件定义事件动作。ContentHandler 接口定义了若干个在解析文档时解析器会调用的回调方法。下面是最重要的几个：

- startElement 和 endElement 在每当遇到起始或终止标签时调用。
- characters 在每当遇到字符数据时调用。
- startDocument 和 endDocument 分别在文档开始和结束时各调用一次。

例如，解析以下片断时：

```
<font>
   <name>Helvetica</name>
   <size units="pt">36</size>
</font>
```

解析器会产生以下调用：

1）startElement，元素名：font

2）startElement，元素名：name

3）characters，内容：Helvetica

4）endElement，元素名：name

5）startElement，元素名：size，属性：units="pt"

6）characters，内容：36

7）endElement，元素名：size

8）endElement，元素名：font

处理器必须覆盖这些方法，让它们执行在解析文件时想要执行的动作。本节最后的程序会打印出一个 HTML 文件中的所有链接 <a href="..."> 。它覆盖了处理器的 startElement 方法，用来检查名字为 a，且属性名为 href 的链接，其潜在用途包括用于实现“网络爬虫”，即一个沿着链接到达越来越多网页的程序。

注意：遗憾的是，HTML 不必是合法的 XML，大多数 HTML 页面都与良构的 XML 差别很大，以至于示例程序无法解析它们。但是，W3C 编写的大部分页面都是用 XHTML 编写的，XHTML 是一种 HTML 方言，又是良构的 XML，你可以用这些页面来测试示例程序。例如，运行：

```
java SAXTest http://www.w3c.org/MarkUp
```

将看到那个页面上所有链接的 URL 列表。

示例程序是一个很好的使用 SAX 的例子。我们根本不在乎 a 元素出现的上下文环境，而且不必存储树形结构。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

下面是如何得到 SAX 解析器的代码：

```
SAXParserFactory factory = SAXParserFactory.newInstance();
SAXParser parser = factory.newSAXParser();
```

现在可以处理文档了：

```
parser.parse(source, handler);
```

这里的 source 可以是一个文件、一个 URL 字符串或者是一个输入流。handler 属于 DefaultHandler 的一个子类，DefaultHandler 类为以下四个接口定义了空的方法：

```
ContentHandler
DTDHandler
EntityResolver
ErrorHandler
```

示例程序定义了一个处理器，它覆盖了 ContentHandler 接口的 startElement 方法来观察带有 href 属性的 a 元素。

```
DefaultHandler handler = new
   DefaultHandler()
   {
      public void startElement(String namespaceURI, String lname, String qname, Attributes attrs)
         throws SAXException
      {
         if (lname.equalsIgnoreCase("a") && attrs != null)
         {
            for (int i = 0; i < attrs.getLength(); i++)
            {
               String aname = attrs.getLocalName(i);
               if (aname.equalsIgnoreCase("href"))
                  System.out.println(attrs.getValue(i));
            }
         }
      }
   };
```

startElement 方法有 3 个描述元素名的参数，其中 qname 参数以 prefix:localname 的形式报告限定名。如果命名空间处理特性已经打开，那么 namespaceURI 和 lname 参数描述的就是命名空间和本地（非限定）名。

与 DOM 解析器一样，命名空间处理特性默认是关闭的，可以调用工厂类的 setNamespaceAware 方法来激活命名空间处理特性：

```
SAXParserFactory factory = SAXParserFactory.newInstance();
factory.setNamespaceAware(true);
SAXParser saxParser = factory.newSAXParser();
```

在这个程序中，我们还处理了另一个常见的问题。XHTML 文件总是以一个包含对 DTD 引用的标签开头，解析器将加载这个 DTD。可以理解的是，W3C 肯定不乐意对诸如 www.w3.org/TR/xhtml/DTD/xhtml-strict.dtd 这样的文件提供千万亿次的下载。总有一天他们会完全拒绝提供这些文件，但到写本章时为止，他们还在并不情愿地提供 DTD 下载。如果你不需要验证文件，只需调用：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
factory.setFeature("http://apache.org/xml/features/nonvalidating/load-external-dtd", false);
```

程序清单 2-8 包含了网络爬虫程序的代码。在本章的后续部分，将会看到 SAX 的另一个有趣用法，即将非 XML 数据源转换成 XML 的一个简单方法是报告 XML 解析器将要报告的 SAX 事件。详细请参见第 2.8 节。

程序清单 2-8 sax/SAXTest.java

```
1  package sax;
2
3  import java.io.*;
4  import java.net.*;
5  import javax.xml.parsers.*;
6  import org.xml.sax.*;
7  import org.xml.sax.helpers.*;
8
9  /**
10  * This program demonstrates how to use a SAX parser. The program prints all hyperlinks of an
11  * XHTML web page.<br>
12  * Usage: java SAXTest url
13  * @version 1.00 2001-09-29
14  * @author Cay Horstmann
15  */
16 public class SAXTest
17 {
18    public static void main(String[] args) throws Exception
19    {
20       String url;
21       if (args.length == 0)
22       {
23          url = "http://www.w3c.org";
24          System.out.println("Using " + url);
25       }
26       else url = args[0];
27
28       DefaultHandler handler = new DefaultHandler()
29       {
30          public void startElement(String namespaceURI, String lname, String qname,
31                Attributes attrs)
32          {
33             if (lname.equals("a") && attrs != null)
34             {
35                for (int i = 0; i < attrs.getLength(); i++)
36                {
37                   String aname = attrs.getLocalName(i);
38                   if (aname.equals("href")) System.out.println(attrs.getValue(i));
39                }
40             }
41          }
42       };
43
44       SAXParserFactory factory = SAXParserFactory.newInstance();
45       factory.setNamespaceAware(true);
46       factory.setFeature("http://apache.org/xml/features/nonvalidating/load-external-dtd", false);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
47          SAXParser saxParser = factory.newSAXParser();
48          InputStream in = new URL(url).openStream();
49          saxParser.parse(in, handler);
50      }
51  }
```

API javax.xml.parsers.SAXParserFactory 1.4

- `static SAXParserFactory newInstance()`

  返回 SAXParserFactory 类的一个实例。

- `SAXParser newSAXParser()`

  返回 SAXParser 类的一个实例。

- `boolean isNamespaceAware()`
- `void setNamespaceAware(boolean value)`

  获取和设置工厂的 namespaceAware 属性。当设为 true 时，该工厂生成的解析器是命名空间感知的。

- `boolean isValidating()`
- `void setValidating(boolean value)`

  获取和设置工厂的 validating 属性。当设为 true 时，该工厂生成的解析器将要验证其输入。

API javax.xml.parsers.SAXParser 1.4

- `void parse(File f, DefaultHandler handler)`
- `void parse(String url, DefaultHandler handler)`
- `void parse(InputStream in, DefaultHandler handler)`

  解析来自给定文件、URL 或输入流的 XML 文档，并把解析事件报告给指定的处理器。

API *org.xml.sax.ContentHandler* 1.4

- `void startDocument()`
- `void endDocument()`

  在文档的起始或结束时被调用。

- `void startElement(String uri, String lname, String qname, Attributes attr)`
- `void endElement(String uri, String lname, String qname)`

  在元素的起始或结束时被调用。

  参数：uri　　命名空间的 URI（如果解析器是命名空间感知的）

  lname　　不带前缀的本地名（如果解析器是命名空间感知的）

  qname　　元素名（如果解析器是命名空间感知的），或者是带有前缀的限定名（如果解析器除了报告本地名之外还报告限定名）

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `void characters(char[] data, int start, int length)`

  解析器报告字符数据时被调用。

  参数：`data` 字符数据数组

  `start` 在作为被报告的字符的一部分的字符数组中，第一个字符的索引

  `length` 被报告的字符串的长度

API *org.xml.sax.Attributes* 1.4

- `int getLength()`

  返回存储在该属性集合中属性数量。

- `String getLocalName(int index)`

  返回给定索引的属性的本地名（无前缀），或当解析器不是命名空间感知的时返回空字符串。

- `String getURI(int index)`

  返回给定索引的属性的命名空间 URI，或者，当该节点不是命名空间的一部分，或解析器不是命名空间感知的时返回空字符串。

- `String getQName(int index)`

  返回给定索引的属性的限定名（带前缀），或当解析器不报告限定名时返回空字符串。

- `String getValue(int index)`
- `String getValue(String qname)`
- `String getValue(String uri, String lname)`

  根据给定索引、限定名或命名空间 URI+本地名，返回属性值；该值不存在时，返回 `null`。

2.6.2 使用 StAX 解析器

StAX 解析器是一种“拉解析器（pull parser）”，与安装事件处理器不同，你只需使用下面这样的基本循环来迭代所有的事件：

```
InputStream in = url.openStream();
XMLInputFactory factory = XMLInputFactory.newInstance();
XMLStreamReader parser = factory.createXMLStreamReader(in);
while (parser.hasNext())
{
   int event = parser.next();
   Call parser methods to obtain event details
}
```

例如，在解析下面的片断时

```
<font>
   <name>Helvetica</name>
   <size units="pt">36</size>
</font>
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

解析器将产生下面的事件：

1）START_ELEMENT，元素名：font

2）CHARACTERS，内容：空白字符

3）START_ELEMENT，元素名：name

4）CHARACTERS，内容：Helvetica

5）END_ELEMENT，元素名：name

6）CHARACTERS，内容：空白字符

7）START_ELEMENT，元素名：size

8）CHARACTERS，内容：36

9）END_ELEMENT，元素名：size

10）CHARACTERS，内容：空白字符

11）END_ELEMENT，元素名：font

要分析这些属性值，需要调用 XMLStreamReader 类的恰当方法，例如：

```
String units = parser.getAttributeValue(null, "units");
```

获取当前元素的 units 属性。

默认情况下，命名空间处理是启用的，你可以通过修改下面的工厂来使其无效：

```
XMLInputFactory factory = XMLInputFactory.newInstance();
factory.setProperty(XMLInputFactory.IS_NAMESPACE_AWARE, false);
```

程序清单 2-9 包含了用 StAX 解析器实现的网络爬虫程序。正如你所见，这段代码比等效的 SAX 代码要简短了许多，因为此时我们不必操心事件处理问题。

程序清单 2-9 stax/StAXTest.java

```
1  package stax;
2
3  import java.io.*;
4  import java.net.*;
5  import javax.xml.stream.*;
6
7  /**
8   * This program demonstrates how to use a StAX parser. The program prints all hyperlinks
9   * of an XHTML web page.<br>
10  * Usage: java StAXTest url
11  * @author Cay Horstmann
12  * @version 1.0 2007-06-23
13  */
14 public class StAXTest
15 {
16    public static void main(String[] args) throws Exception
17    {
18       String urlString;
19       if (args.length == 0)
20       {
21          urlString = "http://www.w3c.org";
22          System.out.println("Using " + urlString);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
23        }
24        else urlString = args[0];
25        URL url = new URL(urlString);
26        InputStream in = url.openStream();
27        XMLInputFactory factory = XMLInputFactory.newInstance();
28        XMLStreamReader parser = factory.createXMLStreamReader(in);
29        while (parser.hasNext())
30        {
31           int event = parser.next();
32           if (event == XMLStreamConstants.START_ELEMENT)
33           {
34              if (parser.getLocalName().equals("a"))
35              {
36                 String href = parser.getAttributeValue(null, "href");
37                 if (href != null)
38                    System.out.println(href);
39              }
40           }
41        }
42     }
43  }
```

API javax.xml.stream.XMLInputFactory 6

- `static XMLInputFactory newInstance()`

  返回 `XMLInputFactory` 类的一个实例。

- `void setProperty(String name, Object value)`

  设置这个工厂的属性，或者在要设置的属性不支持设置成给定值时，抛出 `IllegalArgument Exception`。Java SE 实现支持下列 `Boolean` 类型的属性：

  `"javax.xml.stream.isValidating"` 为 `false`（默认值）时，这个文档不被验证（规范不要求）。

  `"javax.xml.stream.isNamespaceAware"` 为 `true`（默认值）时，将处理命名空间（规范不要求）。

  `"javax.xml.stream.isCoalescing"` 为 `false`（默认值）时，邻近的字符数据不进行连接。

  `"javax.xml.stream.isReplacingEntityReferences"` 为 `true`（默认值）时，实体引用将作为字符数据被替换和报告。

  `"javax.xml.stream.isSupportingExternalEntities"` 为 `true`（默认值）时，外部实体将被解析。规范对于这个属性没有给出默认值。

  `"javax.xml.stream.supportDTD"` 为 `true`（默认值）时，DTD 将作为事件被报告。

- `XMLStreamReader createXMLStreamReader(InputStream in)`
- `XMLStreamReader createXMLStreamReader(InputStream in, String characterEncoding)`
- `XMLStreamReader createXMLStreamReader(Reader in)`
- `XMLStreamReader createXMLStreamReader(Source in)`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

创建一个从给定的流、阅读器或 JAXP 源读入的解析器。

API *javax.xml.stream.XMLStreamReader* 6

- `boolean hasNext()`

  如果有另一个解析事件，则返回 `true`。

- `int next()`

  将解析器的状态设置为下一个解析事件，并返回下列常量之一：`START_ELEMENT`、`END_ELEMENT`、`CHARACTERS`、`START_DOCUMENT`、`END_DOCUMENT`、`CDATA`、`COMMENT`、`SPACE`（可忽略的空白字符）、`PROCESSING_INSTRUCTION`、`ENTITY_REFERENCE`、`DTD`。

- `boolean isStartElement()`
- `boolean isEndElement()`
- `boolean isCharacters()`
- `boolean isWhiteSpace()`

  如果当前事件是一个开始元素、结束元素、字符数据或空白字符，则返回 `true`。

- `QName getName()`
- `String getLocalName()`

  获取在 `START_ELEMENT` 或 `END_ELEMENT` 事件中的元素的名字。

- `String getText()`

  返回一个 `CHARACTERS`、`COMMENT` 或 `CDATA` 事件，或一个 `ENTITY_REFERENCE` 的替换值，或者一个 DTD 的内部子集所对应的字符集。

- `int getAttributeCount()`
- `QName getAttributeName(int index)`
- `String getAttributeLocalName(int index)`
- `String getAttributeValue(int index)`

  只要当前事件是 `START_ELEMENT`，则获取属性数量和属性的名字与值。

- `String getAttributeValue(String namespaceURI, String name)`

  只要当前事件是 `START_ELEMENT`，则获取给定属性的值。如果 `namespaceURI` 为 `null`，则不检查名字空间。

2.7 生成 XML 文档

现在你已经知道怎样编写读取 XML 的 Java 程序了。下面让我们开始介绍它的反向过程，即产生 XML 输出。当然，你可以直接通过一系列 `print` 调用，打印出各元素、属性和文本内容，来编写 XML 文件，但这并不是一个好主意。这样代码会非常冗长复杂，对于属性值和文本内容中的那些特殊符号（如：" 和 <），一不注意就会出错。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

一个比较好的方法是用文档的内容构建一棵 DOM 树，然后再写出该树的所有内容。下面的小节将讨论其细节。

2.7.1 不带命名空间的文档

要建立一棵 DOM 树，你可以从一个空的文档开始。通过调用 DocumentBuilder 类的 newDocument 方法可以得到一个空文档。

```
Document doc = builder.newDocument();
```

使用 Document 类的 createElement 方法可以构建文档里的元素：

```
Element rootElement = doc.createElement(rootName);
Element childElement = doc.createElement(childName);
```

使用 createTextNode 方法可以构建文本节点：

```
Text textNode = doc.createTextNode(textContents);
```

使用以下方法可以给文档添加根元素，给父结点添加子节点：

```
doc.appendChild(rootElement);
rootElement.appendChild(childElement);
childElement.appendChild(textNode);
```

在建立 DOM 树时，可能还需要设置元素属性，只需调用 Element 类的 setAttribute 方法：

```
rootElement.setAttribute(name, value);
```

2.7.2 带命名空间的文档

如果要使用命名空间，那么创建文档的过程就会稍微有些区别。

首先，需要将生成器工厂设置为是命名空间敏感的，然后再创建生成器：

```
DocumentBuilderFactory factory = DocumentBuilderFactory.newInstance();
factory.setNamespaceAware(true);
builder = factory.newDocumentBuilder();
```

然后使用 createElementNS 而不是 createElement 来创建所有节点：

```
String namespace = "http://www.w3.org/2000/svg";
Element rootElement = doc.createElementNS(namespace, "svg");
```

如果节点具有带命名空间前缀的限定名，那么所有必需的 xmlns 前缀属性都会被自动创建。例如，如果需要在 HTML 中包含 SVG，那么就可以像下面这样构建元素：

```
Element svgElement = doc.createElement(namespace, "svg:svg")
```

当该元素被写入 XML 文件时，它会转变为：

```
<svg:svg xmlns:svg="http://www.w3.org/2000/svg">
```

如果需要设置的元素属性名字位于命名空间中，那么可以使用 Element 类的 setAttributeNS 方法：

```
rootElement.setAttributeNS(namespace, qualifiedName, value);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

2.7.3 写出文档

有些奇怪的是，把 DOM 树写出到输出流中并非一件易事。最容易的方式是使用可扩展的格式页转换（Extensible Stylesheet Language Transformations, XSLT）API。关于 XSLT 的更多信息，请参见 2.8 节“XSL 转换”。当下，我们先考虑依生成 XML 输出的“魔咒”而编写的代码。

我们把“不做任何操作”的转换应用于文档，并且捕获它的输出。为了将 DOCTYPE 节点纳入输出，我们还需要将 SYSTEM 和 PUBLIC 标识符设置为输出属性。

```
// construct the do-nothing transformation
Transformer t = TransformerFactory.newInstance().newTransformer();
// set output properties to get a DOCTYPE node
t.setOutputProperty(OutputKeys.DOCTYPE_SYSTEM, systemIdentifier);
t.setOutputProperty(OutputKeys.DOCTYPE_PUBLIC, publicIdentifier);
// set indentation
t.setOutputProperty(OutputKeys.INDENT, "yes");
t.setOutputProperty(OutputKeys.METHOD, "xml");
t.setOutputProperty("{http://xml.apache.org/xslt}indent-amount", "2");
// apply the do-nothing transformation and send the output to a file
t.transform(new DOMSource(doc), new StreamResult(new FileOutputStream(file)));
```

另一种方式是使用 LSSerializer 接口。为了获取实例，可以使用下面的魔咒：

```
DOMImplementation impl = doc.getImplementation();
DOMImplementationLS implLS = (DOMImplementationLS) impl.getFeature("LS", "3.0");
LSSerializer ser = implLS.createLSSerializer();
```

如果需要空格和换行，可以设置下面的标志：

```
ser.getDomConfig().setParameter("format-pretty-print", true);
```

然后可以易如反掌地将文档转换为字符串：

```
String str = ser.writeToString(doc);
```

如果想要将输出直接写入到文件中，则需要一个 LSOutput：

```
LSOutput out = implLS.createLSOutput();
out.setEncoding("UTF-8");
out.setByteStream(Files.newOutputStream(path));
ser.write(doc, out);
```

2.7.4 示例：生成 SVG 文件

程序清单 2-10 是一个生成 XML 输出的典型程序。该程序绘制了一幅现代画，即一组随机的彩色矩形（参见图 2-6）。我们使用可伸缩向量图形（Scalable Vector Graphics, SVG）来保存作品。SVG 是 XML 格式的，它使用设备无关的方式描述复杂图形。你可以在 http://www.w3c.org/ Graphics/SVG 找到更多关于 SVG 的信息。要查看 SVG 文件，只需使用任意的

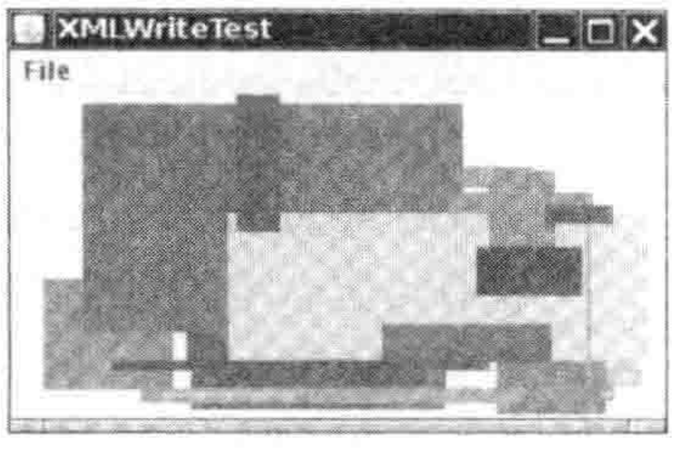


图 2-6 生成的现代艺术品

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

现在主流的浏览器。

我们没有涉及 SVG 的细节。就我们的目的而言，我们只需要知道怎样表示一组彩色的矩形。下面是一个例子：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE svg PUBLIC "-//W3C//DTD SVG 20000802//EN"
   "http://www.w3.org/TR/2000/CR-SVG-20000802/DTD/svg-20000802.dtd">
<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" width="300" height="150">
<rect x="231" y="61" width="9" height="12" fill="#6e4a13"/>
<rect x="107" y="106" width="56" height="5" fill="#c406be"/>
. . .
</svg>
```

正如你看到的，每个矩形都描述为一个 rect 节点。它有位置、宽度、高度和填充色等属性，其中填充色以十六进制 RGB 值表示。

注意： SVG 大量使用了属性。实际上，某些属性相当复杂。例如，下面的 path 元素：

```
<path d="M 100 100 L 300 100 L 200 300 z">
```

M 是指“moveto”命令、L 是指“lineto”、z 是指“closepath”(!)。显然，该数据格式的设计者不太信任 XML 表示结构化数据的能力。在你自己的 XML 格式中，你可能想使用元素来替代复杂的属性。

API javax.xml.parsers.DocumentBuilder 1.4

- `Document newDocument()`

  返回一个空文档。

API *org.w3c.dom.Document* 1.4

- `Element createElement(String name)`

  返回具有给定名字的元素。

- `Text createTextNode(String data)`

  返回具有给定数据的文本节点。

API *org.w3c.dom.Node* 1.4

- `Node appendChild(Node child)`

  将一个节点附加到该节点的子节点列表，返回该节点。

API *org.w3c.dom.Element* 1.4

- `void setAttribute(String name, String value)`
- `void setAttributeNS(String uri, String qname, String value)`

  将有给定名字的属性设置为指定的值。

  参数：`uri` 名字空间的 URI 或 null

  `qname` 限定名。如果有别名前缀，uri 不能为 null

  `value` 属性值

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API javax.xml.transform.TransformerFactory 1.4

- `static TransformerFactory newInstance()`
  返回 `TransformerFactory` 类的一个实例。
- `transformer newTransformer()`
  返回 `Transformer` 类的一个实例，它用来实现标识符转换。

API javax.xml.transform.Transformer 1.4

- `void setOutputProperty(String name, String value)`
  设置输出属性。标准输出属性参见 http://www.w3.org/TR/xslt#output，其中最有用的几个如下所示：

参数：		
	doctype-public	DOCTYPE 声明中使用的公共 ID
	doctype-system	DOCTYPE 声明中使用的系统 ID
	Indent	“yes” 或者 “no”
	method	“xml”、“html”、“text” 或定制的字符串

- `void transform(Source from, Result to)`
  转换一个 XML 文档。

API javax.xml.transform.dom.DOMSource 1.4

- `DOMSource(Node n)`
  根据给定的节点构建一个源。通常，n 是文档节点。

API javax.xml.transform.stream.StreamResult 1.4

- `StreamResult(File f)`
- `StreamResult(OutputStream out)`
- `StreamResult(Writer out)`
- `StreamResult(String systemID)`
  根据文件、流、写入程序或系统 ID（通常是相对或绝对 URL）来构建数据流结果。

2.7.5 使用 StAX 写 XML 文档

在前一节中，你看到了如何通过写 DOM 树的方法来产生 XML 文件。如果这个 DOM 树没有其他任何用途，那么这种方式就不是很高效。

StAX API 使我们可以直接将 XML 树写出，这需要从某个 `OutputStream` 中构建一个 `XMLStreamWriter`，就像下面这样：

```
XMLOutputFactory factory = XMLOutputFactory.newInstance();
XMLStreamWriter writer = factory.createXMLStreamWriter(out);
```

要产生 XML 文件头，需要调用

```
writer.writeStartDocument()
```

然后调用

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
writer.writeStartElement(name);
```

添加属性需要调用

```
writer.writeAttribute(name, value);
```

现在，可以通过再次调用 writeStartElement 添加新的子节点，或者用下面的语句写出字符：

```
writer.writeCharacters(text);
```

在添加完所有子节点之后，调用

```
writer.writeEndElement();
```

这会导致当前元素被关闭。

要写出没有子节点的元素（例如 ），可以使用下面的调用

```
writer.writeEmptyElement(name);
```

最后，在文档的结尾，调用

```
writer.writeEndDocument();
```

这个调用将关闭所有的元素。

与使用 DOM/XSLT 方式一样，我们不必担心属性值和字符数据中的转义字符。但是，我们仍旧有可能会产生非良构的 XML，例如具有多个根节点的文档。并且，StAX 当前的版本还没有任何对产生缩进输出的支持。

程序清单 2-10 中的程序展示了写出 XML 的两种方式。

程序清单 2-10 write/XMLWriteTest.java

```
1  package write;
2
3  import java.awt.*;
4  import javax.swing.*;
5
6  /**
7   * This program shows how to write an XML file. It saves a file describing a modern drawing in SVG
8   * format.
9   * @version 1.11 2012-01-26
10  * @author Cay Horstmann
11  */
12 public class XMLWriteTest
13 {
14    public static void main(String[] args)
15    {
16       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
17          {
18             public void run()
19             {
20                JFrame frame = new XMLWriteFrame();
21                frame.setTitle("XMLWriteTest");
22                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
23                frame.setVisible(true);
24             }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
25            });
26      }
27  }
```

程序清单 2-11 write/XMLWriteFrame.java

```
1  package write;
2
3  import java.awt.event.*;
4  import java.beans.*;
5  import java.io.*;
6  import java.nio.file.*;
7  import javax.swing.*;
8  import javax.xml.stream.*;
9  import javax.xml.transform.*;
10 import javax.xml.transform.dom.*;
11 import javax.xml.transform.stream.*;
12 import org.w3c.dom.*;
13
14 /**
15  * A frame with a component for showing a modern drawing.
16  */
17 public class XMLWriteFrame extends JFrame
18 {
19    private RectangleComponent comp;
20    private JFileChooser chooser;
21
22    public XMLWriteFrame()
23    {
24       chooser = new JFileChooser();
25
26       // add component to frame
27       comp = new RectangleComponent();
28       add(comp);
29       // set up menu bar
30       JMenuBar menuBar = new JMenuBar();
31       setJMenuBar(menuBar);
32
33       JMenu menu = new JMenu("File");
34       menuBar.add(menu);
35
36       JMenuItem newItem = new JMenuItem("New");
37       menu.add(newItem);
38       newItem.addActionListener(EventHandler.create(ActionListener.class, comp, "newDrawing"));
39
40       JMenuItem saveItem = new JMenuItem("Save with DOM/XSLT");
41       menu.add(saveItem);
42       saveItem.addActionListener(EventHandler.create(ActionListener.class, this, "saveDocument"));
43
44       JMenuItem saveStAXItem = new JMenuItem("Save with StAX");
45       menu.add(saveStAXItem);
46       saveStAXItem.addActionListener(EventHandler.create(ActionListener.class, this, "saveStAX"));
47
48       JMenuItem exitItem = new JMenuItem("Exit");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
49          menu.add(exitItem);
50          exitItem.addActionListener(new ActionListener()
51             {
52                public void actionPerformed(ActionEvent event)
53                {
54                   System.exit(0);
55                }
56             });
57          pack();
58       }
59
60       /**
61        * Saves the drawing in SVG format, using DOM/XSLT
62        */
63       public void saveDocument() throws TransformerException, IOException
64       {
65          if (chooser.showSaveDialog(this) != JFileChooser.APPROVE_OPTION) return;
66          File file = chooser.getSelectedFile();
67          Document doc = comp.buildDocument();
68          Transformer t = TransformerFactory.newInstance().newTransformer();
69          t.setOutputProperty(OutputKeys.DOCTYPE_SYSTEM,
70                "http://www.w3.org/TR/2000/CR-SVG-20000802/DTD/svg-20000802.dtd");
71          t.setOutputProperty(OutputKeys.DOCTYPE_PUBLIC, "-//W3C//DTD SVG 20000802//EN");
72          t.setOutputProperty(OutputKeys.INDENT, "yes");
73          t.setOutputProperty(OutputKeys.METHOD, "xml");
74          t.setOutputProperty("{http://xml.apache.org/xslt}indent-amount", "2");
75          t.transform(new DOMSource(doc), new StreamResult(Files.newOutputStream(file.toPath())));
76       }
77       /**
78        * Saves the drawing in SVG format, using StAX
79        */
80       public void saveStAX() throws IOException, XMLStreamException
81       {
82          if (chooser.showSaveDialog(this) != JFileChooser.APPROVE_OPTION) return;
83          File file = chooser.getSelectedFile();
84          XMLOutputFactory factory = XMLOutputFactory.newInstance();
85          XMLStreamWriter writer = factory.createXMLStreamWriter(Files.newOutputStream(file.toPath()));
86          try
87          {
88             comp.writeDocument(writer);
89          }
90          finally
91          {
92             writer.close(); // Not autocloseable
93          }
94       }
95    }
```

程序清单 2-12 write/RectamgleComponent.java

```
1  package write;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.geom.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
5  import java.util.*;
6  import javax.swing.*;
7  import javax.xml.parsers.*;
8  import javax.xml.stream.*;
9  import org.w3c.dom.*;
10
11 /**
12  * A component that shows a set of colored rectangles
13  */
14 public class RectangleComponent extends JComponent
15 {
16    private static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
17    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 200;
18
19    private java.util.List<Rectangle2D> rects;
20    private java.util.List<Color> colors;
21    private Random generator;
22    private DocumentBuilder builder;
23    public RectangleComponent()
24    {
25       rects = new ArrayList<>();
26       colors = new ArrayList<>();
27       generator = new Random();
28
29       DocumentBuilderFactory factory = DocumentBuilderFactory.newInstance();
30       factory.setNamespaceAware(true);
31       try
32       {
33          builder = factory.newDocumentBuilder();
34       }
35       catch (ParserConfigurationException e)
36       {
37          e.printStackTrace();
38       }
39    }
40
41    /**
42     * Create a new random drawing.
43     */
44    public void newDrawing()
45    {
46       int n = 10 + generator.nextInt(20);
47       rects.clear();
48       colors.clear();
49       for (int i = 1; i <= n; i++)
50       {
51          int x = generator.nextInt(getWidth());
52          int y = generator.nextInt(getHeight());
53          int width = generator.nextInt(getWidth() - x);
54          int height = generator.nextInt(getHeight() - y);
55          rects.add(new Rectangle(x, y, width, height));
56          int r = generator.nextInt(256);
57          int g = generator.nextInt(256);
58          int b = generator.nextInt(256);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
59            colors.add(new Color(r, g, b));
60         }
61         repaint();
62      }
63
64      public void paintComponent(Graphics g)
65      {
66         if (rects.size() == 0) newDrawing();
67         Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
68
69         // draw all rectangles
70         for (int i = 0; i < rects.size(); i++)
71         {
72            g2.setPaint(colors.get(i));
73            g2.fill(rects.get(i));
74         }
75      }
76
77      /**
78       * Creates an SVG document of the current drawing.
79       * @return the DOM tree of the SVG document
80       */
81      public Document buildDocument()
82      {
83         String namespace = "http://www.w3.org/2000/svg";
84         Document doc = builder.newDocument();
85         Element svgElement = doc.createElementNS(namespace, "svg");
86         doc.appendChild(svgElement);
87         svgElement.setAttribute("width", "" + getWidth());
88         svgElement.setAttribute("height", "" + getHeight());
89         for (int i = 0; i < rects.size(); i++)
90         {
91            Color c = colors.get(i);
92            Rectangle2D r = rects.get(i);
93            Element rectElement = doc.createElementNS(namespace, "rect");
94            rectElement.setAttribute("x", "" + r.getX());
95            rectElement.setAttribute("y", "" + r.getY());
96            rectElement.setAttribute("width", "" + r.getWidth());
97            rectElement.setAttribute("height", "" + r.getHeight());
98            rectElement.setAttribute("fill", colorToString(c));
99            svgElement.appendChild(rectElement);
100        }
101        return doc;
102     }
103
104     /**
105      * Writes an SVG document of the current drawing.
106      * @param writer the document destination
107      */
108     public void writeDocument(XMLStreamWriter writer) throws XMLStreamException
109     {
110        writer.writeStartDocument();
111        writer.writeDTD("<!DOCTYPE svg PUBLIC \"-//W3C//DTD SVG 20000802//EN\" "
112              + "\"http://www.w3.org/TR/2000/CR-SVG-20000802/DTD/svg-20000802.dtd\">");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
113        writer.writeStartElement("svg");
114        writer.writeDefaultNamespace("http://www.w3.org/2000/svg");
115        writer.writeAttribute("width", "" + getWidth());
116        writer.writeAttribute("height", "" + getHeight());
117        for (int i = 0; i < rects.size(); i++)
118        {
119           Color c = colors.get(i);
120           Rectangle2D r = rects.get(i);
121           writer.writeEmptyElement("rect");
122           writer.writeAttribute("x", "" + r.getX());
123           writer.writeAttribute("y", "" + r.getY());
124           writer.writeAttribute("width", "" + r.getWidth());
125           writer.writeAttribute("height", "" + r.getHeight());
126           writer.writeAttribute("fill", colorToString(c));
127        }
128        writer.writeEndDocument(); // closes svg element
129     }
130
131     /**
132      * Converts a color to a hex value.
133      * @param c a color
134      * @return a string of the form #rrggbb
135      */
136     private static String colorToString(Color c)
137     {
138        StringBuffer buffer = new StringBuffer();
139        buffer.append(Integer.toHexString(c.getRGB() & 0xFFFFFF));
140        while (buffer.length() < 6)
141           buffer.insert(0, '0');
142        buffer.insert(0, '#');
143        return buffer.toString();
144     }
145
146     public Dimension getPreferredSize() { return new Dimension(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT); }
147  }
```

API javax.xml.stream.XMLOutputFactory 6

- static XMLOutputFactory newInstance()
  返回 XMLOutputFactory 类的一个实例。
- XMLStreamWriter createXMLStreamWriter(OutputStream in)
- XMLStreamWriter createXMLStreamWriter(OutputStream in, String characterEncoding)
- XMLStreamWriter createXMLStreamWriter(Writer in)
- XMLStreamWriter createXMLStreamWriter(Result in)
  创建写出到给定流、写出器或 JAXP 结果的写出器。

API *javax.xml.stream.XMLStreamWriter 6*

- void writeStartDocument()

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- void writeStartDocument(String xmlVersion)
- void writeStartDocument(String encoding, String xmlVersion)

  在文档的顶部写入 XML 处理指令。注意，encoding 参数只是用于写入这个属性，它不会设置输出的字符编码机制。
- void setDefaultNamespace(String namespaceURI)
- void setPrefix(String prefix, String namespaceURI)

  设置默认的命名空间，或者具有前缀的命名空间。这种声明的作用域只是当前元素，如果没有写入任何元素，其作用域为文档的根。
- void writeStartElement(String localName)
- void writeStartElement(String namespaceURI, String localName)

  写出一个开始标签，其中 namespaceURI 将用相关联的前缀来代替。
- void writeEndElement()

  关闭当前元素。
- void writeEndDocument()

  关闭所有打开的元素。
- void writeEmptyElement(String localName)
- void writeEmptyElement(String namespaceURI, String localName)

  写出一个自闭合的标签，其中 namespaceURI 将用相关联的前缀来代替。
- void writeAttribute(String localName, String value)
- void writeAttribute(String namespaceURI, String localName, String value)

  写出一个用于当前元素的属性，其中 namespaceURI 用相关联的前缀来代替。
- void writeCharacters(String text)

  写出字符数据。
- void writeCData(String text)

  写出 CDATA 块。
- void writeDTD(String dtd)

  写出 dtd 字符串，该字串需要包含一个 DOCTYPE 声明。
- void writeComment(String comment)

  写出一个注释。
- void close()

  关闭这个写出器。

2.8 XSL 转换

XSL 转换（XSLT）机制可以指定将 XML 文档转换为其他格式的规则，例如，纯文本、XHTML 或其他任何 XML 格式。XSLT 通常用来将某种机器可读的 XML 格式转译为另一种

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

机器可读的 XML 格式，或者将 XML 转译为适于人类阅读的表示格式。

你需要提供 XSLT 样式表，它描述了 XML 文档向某种其他格式转换的规则。XSLT 处理器将读入 XML 文档和这个样式表，并产生所要的输出（参见图 2-7）。

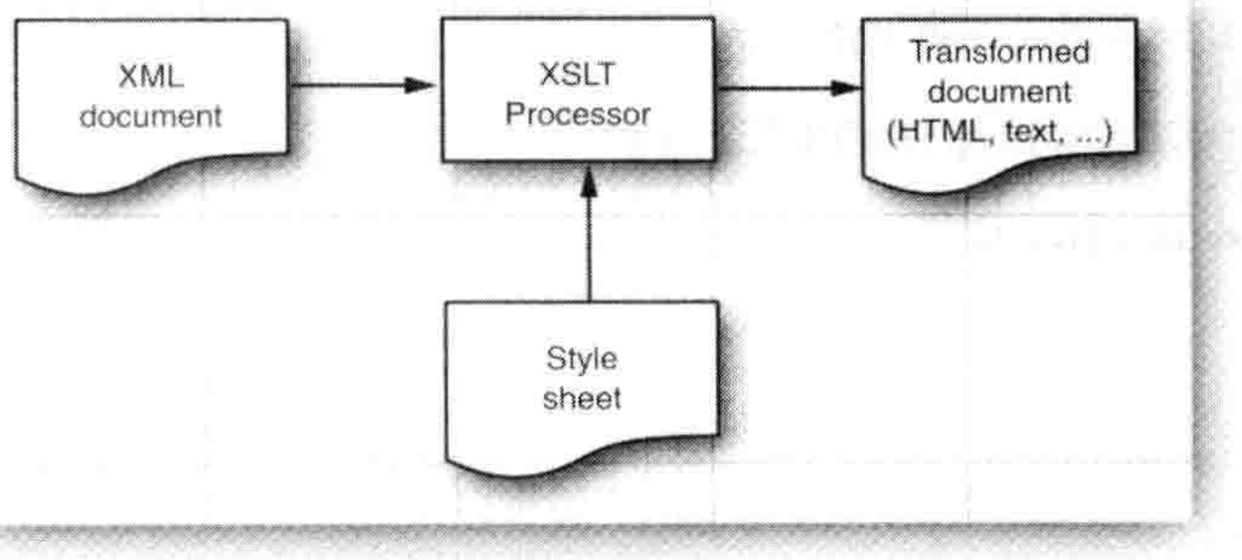


图 2-7 应用 XSL 转换

下面是一个典型的例子。我们想要把有雇员记录的 XML 文件转换成 HTML 文件。请看这个输入文件：

```
<staff>
   <employee>
      <name>Carl Cracker</name>
      <salary>75000</salary>
      <hiredate year="1987" month="12" day="15"/>
   </employee>
   <employee>
      <name>Harry Hacker</name>
      <salary>50000</salary>
      <hiredate year="1989" month="10" day="1"/>
   </employee>
   <employee>
      <name>Tony Tester</name>
      <salary>40000</salary>
      <hiredate year="1990" month="3" day="15"/>
   </employee>
</staff>
```

我们希望的输出是一张 HTML 表格：

```
<table border="1">
<tr>
<td>Carl Cracker</td><td>$75000.0</td><td>1987-12-15</td>
</tr>
<tr>
<td>Harry Hacker</td><td>$50000.0</td><td>1989-10-1</td>
</tr>
<tr>
<td>Tony Tester</td><td>$40000.0</td><td>1990-3-15</td>
</tr>
</table>
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

XSLT 规范很复杂，已经有很多书描述了该主题。我们不可能讨论 XSLT 的全部特性，所以我们只能介绍一个有代表性的例子。你可以在 Don Box 等人合著的《Essential XML》一书中找到更多的信息。XSLT 规范可以在 http://www.w3.org/ TR/xslt 获得。

具有转换模板的样式表形式如下：

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<xsl:stylesheet
   xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform"
   version="1.0">
   <xsl:output method="html"/>
   template1

   template2
   . . .
</xsl:stylesheet>
```

在我们的例子中，xsl:output 元素将方法设定为 HTML。而其他有效的方法设置是 xml 和 text。

下面是一个典型的模板：

```
<xsl:template match="/staff/employee">
   <tr><xsl:apply-templates/></tr>
</xsl:template>
```

match 属性的值是一个 XPath 表达式。该模板说明，每当看到 XPath 集 /staff/employee 中的一个节点时，将做以下操作：

1）产生字符串 <tr>。

2）对于要处理的子元素继续应用模板。

3）当处理完所有子元素后，产生字符串 </tr>。

换句话说，该模板围绕每个雇员记录生成 HTML 表格的行标记。

XSLT 处理器由检查根元素开始其处理过程。每当一个节点匹配某个模板时，就会应用该模板（如果匹配多个模板，就会使用最佳匹配的那个，详情请参见 http://www.w3.org/TR/xslt）。如果没有匹配的模板，处理器会执行默认操作。对于文本节点，默认操作是把它的内容囊括到输出中去。对于元素，默认操作是不产生任何输出，但会继续处理其子节点。

下面是一个用来转换雇员记录文件中的 name 节点的模板：

```
<xsl:template match="/staff/employee/name">
   <td><xsl:apply-templates/></td>
</xsl:template>
```

正如你知道的，模板产生定界符 <td>...</td>，并且请求处理器递归访问 name 元素的子节点。它只有一个子节点，即文本节点。当处理器访问该节点时，它产生文本内容（当然，前提是没有其他匹配的模板）。

如果想要把属性值复制到输出中去，就不得不再做一些稍微复杂的操作了。下面是一个例子：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
<xsl:template match="/staff/employee/hiredate">
   <td><xsl:value-of select="@year"/>-<xsl:value-of
   select="@month"/>-<xsl:value-of select="@day"/></td>
</xsl:template>
```

当处理 hiredate 节点时，该模板会产生：

- 字符串 <td>
- year 属性的值
- 一个连字符
- month 属性的值
- 一个连字符
- day 属性的值
- 一个连字符
- 字符串 </td>

xsl:value-of 语句用于计算节点集的字符串值，其中，节点集由 select 属性的 XPath 值指定。在这个例子中，路径是相对于当前处理节点的相对路径。节点集通过连接各个节点的字符串值被转换成一个字符串。属性节点的字符串值就是它的值，文本节点的字符串值是它的内容，元素节点的字符串值是它子节点（而不是属性）的字符串值的连接。

程序清单 2-13 包含了将带有雇员记录的 XML 文件转换成 HTML 表格的样式表。

程序清单 2-13 transform/makehtml.xsl

```
1  <?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
2
3  <xsl:stylesheet
4     xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform"
5     version="1.0">
6
7     <xsl:output method="html"/>
8
9     <xsl:template match="/staff">
10       <table border="1"><xsl:apply-templates/></table>
11    </xsl:template>
12
13    <xsl:template match="/staff/employee">
14       <tr><xsl:apply-templates/></tr>
15    </xsl:template>
16
17    <xsl:template match="/staff/employee/name">
18       <td><xsl:apply-templates/></td>
19    </xsl:template>
20
21    <xsl:template match="/staff/employee/salary">
22       <td>$<xsl:apply-templates/></td>
23    </xsl:template>
24
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
25    <xsl:template match="/staff/employee/hiredate">
26       <td><xsl:value-of select="@year"/>-<xsl:value-of
27       select="@month"/>-<xsl:value-of select="@day"/></td>
28    </xsl:template>
29
30 </xsl:stylesheet>
```

程序清单 2-14 显示了一组不同的转换。其输入是相同的 XML 文件，其输出是我们熟悉的属性文件格式的纯文本。

```
employee.1.name=Carl Cracker
employee.1.salary=75000.0
employee.1.hiredate=1987-12-15
employee.2.name=Harry Hacker
employee.2.salary=50000.0
employee.2.hiredate=1989-10-1
employee.3.name=Tony Tester
employee.3.salary=40000.0
employee.3.hiredate=1990-3-15
```

程序清单 2-14 transform/makeprop.xsl

```
1  <?xml version="1.0"?>
2
3  <xsl:stylesheet
4     xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform"
5     version="1.0">
6
7     <xsl:output method="text" omit-xml-declaration="yes"/>
8
9     <xsl:template match="/staff/employee">
10 employee.<xsl:value-of select="position()"
11 />.name=<xsl:value-of select="name/text()"/>
12 employee.<xsl:value-of select="position()"
13 />.salary=<xsl:value-of select="salary/text()"/>
14 employee.<xsl:value-of select="position()"
15 />.hiredate=<xsl:value-of select="hiredate/@year"
16 />-<xsl:value-of select="hiredate/@month"
17 />-<xsl:value-of select="hiredate/@day"/>
18    </xsl:template>
19
20 </xsl:stylesheet>
```

该示例使用 position() 函数来产生以其父节点的角度来看的当前节点的位置。我们只要切换样式表就可以得到一个完全不同的输出。这样，就可以安全地使用 XML 来描述数据了，即便一些应用程序需要的是其他格式的数据，我们只要用 XSLT 来产生该种替代格式即可。

在 Java 平台下产生 XML 的转换极其简单，只需为每个样式表设置一个转换器工厂，然后得到一个转换器对象，并告诉它把一个源转换成结果。

```
File styleSheet = new File(filename);
StreamSource styleSource = new StreamSource(styleSheet);
Transformer t = TransformerFactory.newInstance().newTransformer(styleSource);
t.transform(source, result);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

Transform 方法的参数是 Source 和 Result 接口的实现类的对象。Source 接口有 4 个实现类：

```
DOMSource
SAXSource
StAXSource
StreamSource
```

可以自一个文件、流、阅读器或 URL，以及来自 DOM 树节点的 DOMSource 来构建一个 StreamSource。例如，在上一节中，我们调用了如下的标识转换：

```
t.transform(new DOMSource(doc), result);
```

在示例程序中，我们做了一些更有趣的事情。我们并不是从一个现有的 XML 文件开始工作，而是产生一个 SAX XML 阅读器，通过产生适当的 SAX 事件，给人以解析 XML 文件的错觉。实际上，XML 阅读器读入的是一个如第 1 章所描述的平面文件，输入文件看上去是这样的：

```
Carl Cracker|75000.0|1987|12|15
Harry Hacker|50000.0|1989|10|1
Tony Tester|40000.0|1990|3|15
```

处理输入时，XML 阅读器将产生 SAX 事件。下面是实现 XMLReader 接口的 EmployeeReader 类的 parse 方法的一部分代码：

```
AttributesImpl attributes = new AttributesImpl();
handler.startDocument();
handler.startElement("", "staff", "staff", attributes);
while ((line = in.readLine()) != null)
{
   handler.startElement("", "employee", "employee", attributes);
   StringTokenizer t = new StringTokenizer(line, "|");
   handler.startElement("", "name", "name", attributes);
   String s = t.nextToken();
   handler.characters(s.toCharArray(), 0, s.length());
   handler.endElement("", "name", "name");
   . . .
   handler.endElement("", "employee", "employee");
}
handler.endElement("", rootElement, rootElement);
handler.endDocument();
```

用于转换器的 SAXSource 是从 XML 阅读器构建的：

```
t.transform(new SAXSource(new EmployeeReader(),
   new InputSource(new FileInputStream(filename))), result);
```

这是一个将非 XML 的遗留数据转换成 XML 的一个小技巧。当然，大多数 XSLT 应用程序都已经有了 XML 格式的输入数据，只需要在一个 StreamSource 对象上调用 transform 方法即可，例如：

```
t.transform(new StreamSource(file), result);
```

其转换结果是 Result 接口实现类的一个对象。Java 库提供了 3 个类：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
DOMResult
SAXResult
StreamResult
```

如果要把结果存储到 DOM 树中，请使用 DocumentBuilder 产生一个新的文档节点，并将其包装到 DOMResult 中：

```
Document doc = builder.newDocument();
t.transform(source, new DOMResult(doc));
```

如果要将输出保存到文件中，请使用 StreamResult：

```
t.transform(source, new StreamResult(file));
```

程序清单 2-15 包含了完整的源代码。

程序清单 2-15 transform/TransformTest.java

```
1  package transform;
2
3  import java.io.*;
4  import java.nio.file.*;
5  import java.util.*;
6  import javax.xml.transform.*;
7  import javax.xml.transform.sax.*;
8  import javax.xml.transform.stream.*;
9  import org.xml.sax.*;
10 import org.xml.sax.helpers.*;
11
12 /**
13  * This program demonstrates XSL transformations. It applies a transformation to a set of employee
14  * records. The records are stored in the file employee.dat and turned into XML format. Specify
15  * the stylesheet on the command line, e.g.
16  * java TransformTest makeprop.xsl
17  * @version 1.02 2012-06-04
18  * @author Cay Horstmann
19  */
20 public class TransformTest
21 {
22    public static void main(String[] args) throws Exception
23    {
24       Path path;
25       if (args.length > 0) path = Paths.get(args[0]);
26       else path = Paths.get("transform", "makehtml.xsl");
27       try (InputStream styleIn = Files.newInputStream(path))
28       {
29          StreamSource styleSource = new StreamSource(styleIn);
30          Transformer t = TransformerFactory.newInstance().newTransformer(styleSource);
31          t.setOutputProperty(OutputKeys.INDENT, "yes");
32          t.setOutputProperty(OutputKeys.METHOD, "xml");
33          t.setOutputProperty("{http://xml.apache.org/xslt}indent-amount", "2");
34
35          try (InputStream docIn = Files.newInputStream(Paths.get("transform", "employee.dat")))
36          {
37             t.transform(new SAXSource(new EmployeeReader(), new InputSource(docIn)),
38                new StreamResult(System.out));
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
39            }
40         }
41      }
42   }
43
44   /**
45    * This class reads the flat file employee.dat and reports SAX parser events to act as if it was
46    * parsing an XML file.
47    */
48   class EmployeeReader implements XMLReader
49   {
50      private ContentHandler handler;
51
52      public void parse(InputSource source) throws IOException, SAXException
53      {
54         InputStream stream = source.getByteStream();
55         BufferedReader in = new BufferedReader(new InputStreamReader(stream));
56         String rootElement = "staff";
57         AttributesImpl atts = new AttributesImpl();
58
59         if (handler == null) throw new SAXException("No content handler");
60
61         handler.startDocument();
62         handler.startElement("", rootElement, rootElement, atts);
63         String line;
64         while ((line = in.readLine()) != null)
65         {
66            handler.startElement("", "employee", "employee", atts);
67            StringTokenizer t = new StringTokenizer(line, "|");
68
69            handler.startElement("", "name", "name", atts);
70            String s = t.nextToken();
71            handler.characters(s.toCharArray(), 0, s.length());
72            handler.endElement("", "name", "name");
73
74            handler.startElement("", "salary", "salary", atts);
75            s = t.nextToken();
76            handler.characters(s.toCharArray(), 0, s.length());
77            handler.endElement("", "salary", "salary");
78
79            atts.addAttribute("", "year", "year", "CDATA", t.nextToken());
80            atts.addAttribute("", "month", "month", "CDATA", t.nextToken());
81            atts.addAttribute("", "day", "day", "CDATA", t.nextToken());
82            handler.startElement("", "hiredate", "hiredate", atts);
83            handler.endElement("", "hiredate", "hiredate");
84            atts.clear();
85
86            handler.endElement("", "employee", "employee");
87         }
88
89         handler.endElement("", rootElement, rootElement);
90         handler.endDocument();
91      }
92
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
93     public void setContentHandler(ContentHandler newValue)
94     {
95        handler = newValue;
96     }
97
98     public ContentHandler getContentHandler()
99     {
100       return handler;
101    }
102
103    // the following methods are just do-nothing implementations
104    public void parse(String systemId) throws IOException, SAXException
105    {
106    }
107
108    public void setErrorHandler(ErrorHandler handler)
109    {
110    }
111
112    public ErrorHandler getErrorHandler()
113    {
114       return null;
115    }
116
117    public void setDTDHandler(DTDHandler handler)
118    {
119    }
120
121    public DTDHandler getDTDHandler()
122    {
123       return null;
124    }
125    public void setEntityResolver(EntityResolver resolver)
126    {
127    }
128
129    public EntityResolver getEntityResolver()
130    {
131       return null;
132    }
133
134    public void setProperty(String name, Object value)
135    {
136    }
137
138    public Object getProperty(String name)
139    {
140       return null;
141    }
142
143    public void setFeature(String name, boolean value)
144    {
145    }
146
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
147    public boolean getFeature(String name)
148    {
149       return false;
150    }
151 }
```

API javax.xml.transform.TransformerFactory 1.4

- `transformer newTransformer(Source stylesheet)`

  返回一个 `transformer` 类的实例，用来从指定的源中读取样式表。

API javax.xml.transform.stream.StreamSource 1.4

- `StreamSource(File f)`
- `StreamSource(InputStream in)`
- `StreamSource(Reader in)`
- `StreamSource(String systemID)`

  自一个文件、流、阅读器或系统 ID（通常是相对或绝对 URL）构建一个数据流源。

API javax.xml.transform.sax.SAXSource 1.4

- `SAXSource(XMLReader reader, InputSource source)`

  构建一个 SAX 数据源，以便从给定输入源获取数据，并使用给定的阅读器来解析输入数据。

API *org.xml.sax.XMLReader* 1.4

- `void setContentHandler(ContentHandler handler)`

  设置在输入被解析时会被告知解析事件的处理器。

- `void parse(InputSource source)`

  解析来自给定输入源的输入数据，并将解析事件发送到内容处理器。

API javax.xml.transform.dom.DOMResult 1.4

- `DOMResult(Node n)`

  自给定节点构建一个数据源。通常，n 是一个新文档节点。

API org.xml.sax.helpers.AttributesImpl 1.4

- `void addAttribute(String uri, String lname, String qname, String type, String value)`

  将一个属性添加到该属性集合。

  参数：`uri` 名字空间的 URI

  `lname` 无前缀的本地名

  `qname` 带前缀的限定名

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

type	类型，“CDATA”、“ID”、“IDREF”、“IDREFS”、“NMTOKEN”、“NMTOKENS”、“ENTITY”、“ENTITIES”或“NOTATION”之一
value	属性值

- void clear()

  删除属性集合中的所有属性。

我们以该示例结束对 Java 库中的 XML 支持特性的讨论。现在，你应该对 XML 的强大功能有了很好的了解，尤其是它的自动解析、验证和强大的转换机制。当然，所有这些技术只有在你很好地设计了 XML 格式之后才能发挥作用。你必须确保那些格式足够丰富，能够表达全部业务需求，随着时间的推移也依旧稳定，你的业务伙伴也愿意接受你的 XML 文档。这些问题要远比处理解析器、DTD 或转换更具挑战。

在下一章，我们将讨论在 Java 平台上的网络编程，从最基础的网络套接字开始，逐渐过渡到用于 E-mail 和万维网的更高层协议。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第3章 网　络

- ▲ 连接到服务器
- ▲ 实现服务器
- ▲ 可中断套接字
- ▲ 获取 Web 数据
- ▲ 发送 E-mail

本章的开头部分将首先回顾一下网络方面的基本概念，然后进一步介绍如何编写连接网络服务的 Java 程序，并演示网络客户端和服务器是如何实现的，最后将介绍如何通过 Java 程序发送 E-mail，以及如何从 Web 服务器获得信息。

3.1 连接到服务器

在编写第一个网络程序之前，首先让我们来了解一下 telnet 这个你已经拥有的工具，它对我们调试网络程序非常有帮助。大多数系统都已经预装了 telnet，你可以在命令 shell 中输入 telnet 来启动它。

注意： 在 Windows Vista 中，telnet 是安装了的，但是默认情况下是未激活的。要激活它，需要到“控制面板”，选择“程序”，点击“打开 / 关闭 Windows 特性”，然后选择“Telnet 客户端”复选框。Windows 防火墙将会阻止我们在本章中使用的很多网络端口，你可能需要管理员账户才能解除对它们的禁用。

你可能曾经使用过 telnet 来连接远程计算机，但其实你也可以用它与因特网主机所提供的其他服务进行通信。下面是一个可以操作的例子。请输入：

```
telnet time-A.timefreq.bldrdoc.gov 13
```

如图 3-1 所示，你可以得到与下面这一行相似的信息：

```
54276 07-06-25 21:37:31 50 0 0 659.0 UTC(NIST) *
```

上面例子说明了什么？它说明你已经连接到了大多数 UNIX 计算机都支持的“当日时间”服务。而你刚才所连接的那台服务器就设在美国科罗拉多州博尔德市的国家标准与技术研究所，这家研究所负责提供铯原子钟的计量时间。（当然，由于网络延迟的缘故，原子钟反馈过来的时间并不完全准确。）

按照惯例，“当日时间”服务总是连接到端口 13。

注意： 在网络术语中，端口并不是指物理设备，而是为了便于实现服务器与客户端之间通信所使用的抽象概念（见图 3-2）。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

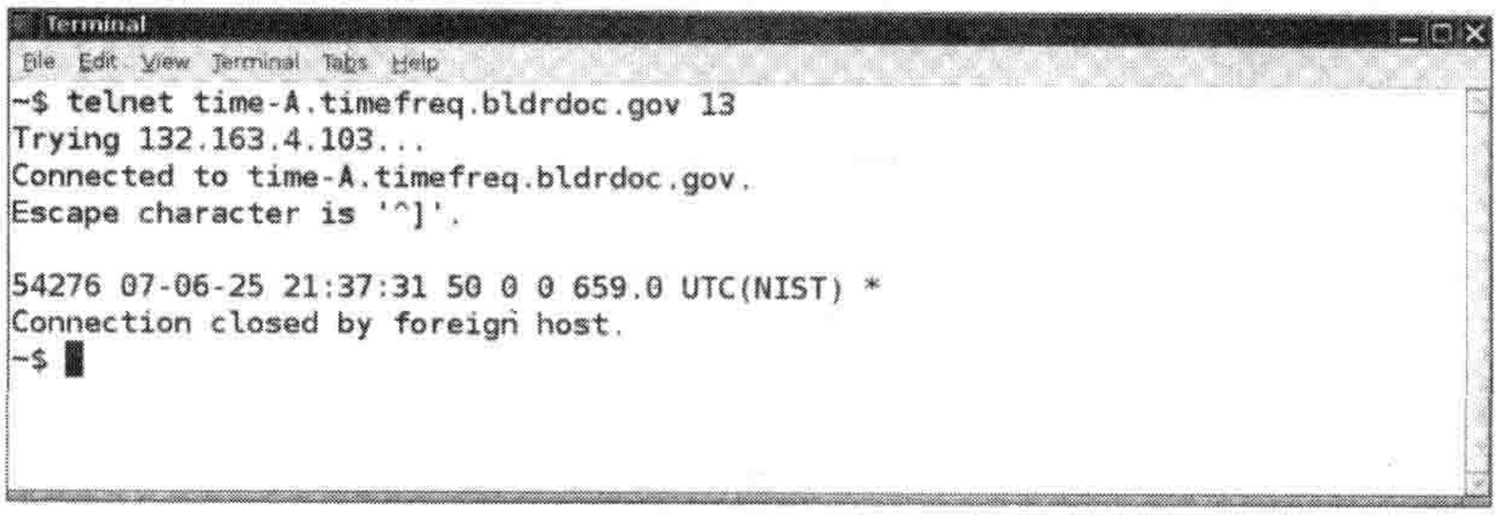


图 3-1 “当日时间”服务的输出

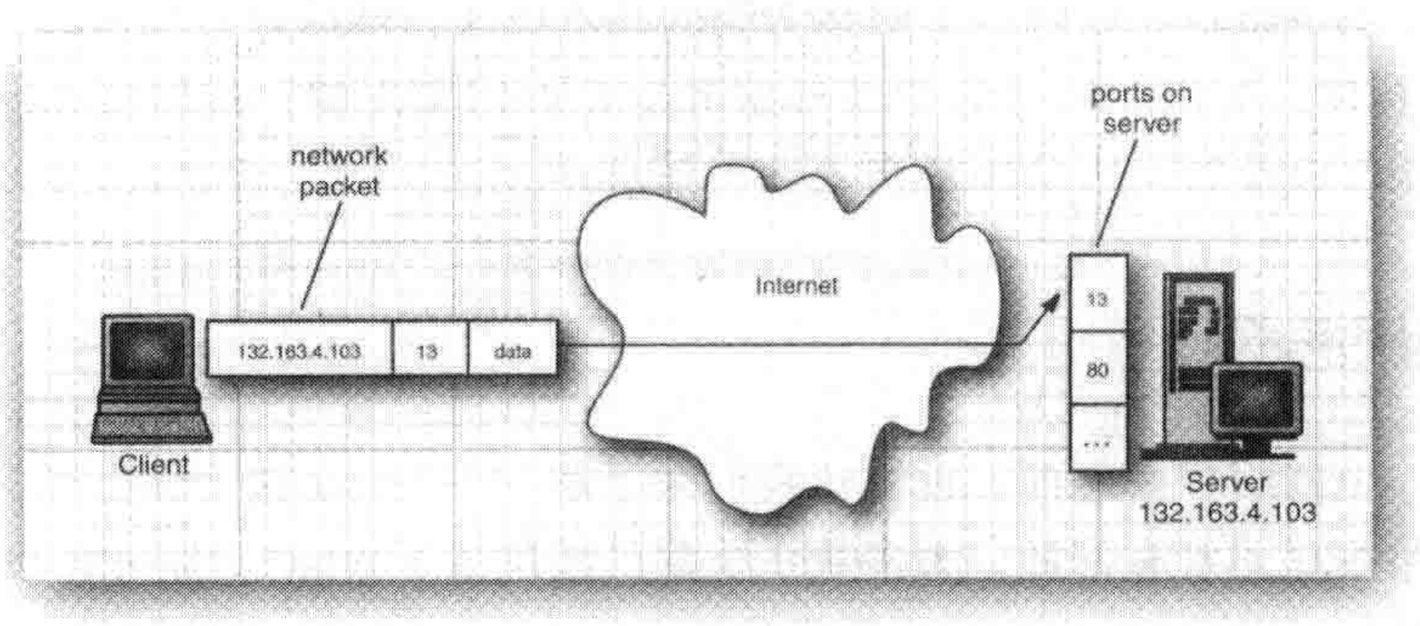


图 3-2 连接到服务器端口的客户端

运行在远程计算机上的服务器软件不停地等待那些希望与端口 13 连接的网络请求。当远程计算机上的操作系统接收到一个请求与端口 13 连接的网络数据包时，它便唤醒正在监听网络连接请求的服务器进程，并为两者建立连接。这种连接将一直保持下去，直到被其中任何一方中止。

当你开始用 `time-A.timefreq.bldrdoc.gov` 在端口 13 上建立 telnet 会话时，网络软件中有一段代码非常清楚地知道应该将字符串“`time-A.timefreq.bldrdoc.gov`”转换为正确的 IP 地址 132.163.4.103。随后，telnet 软件发送一个连接请求给该地址，请求一个到端口 13 的连接。一旦建立连接，远程程序便发送回一行数据，然后关闭该连接。当然，一般而言，客户端和服务器在其中一方关闭连接之前，会进行更多的对话。

下面是另一个同类的试验，但它更加有趣。请执行以下操作：

```
telnet horstmann.com 80
```

然后非常仔细地键入以下内容：

```
GET / HTTP/1.1
Host: horstmann.com
blank line(空行)
```

也就是在末尾按两次 Enter 键。

图 3-3 显示了以上操作的响应结果。它看上去应该是你非常熟悉的—你得到的是一个

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

HTML 格式的文本页，即 Cay Horstmann 的主页。

上述操作与 Web 浏览器访问某个网页所经历的过程是完全一致的，它使用 HTTP 向服务器请求 Web 页面。当然，浏览器能够更精致地显示 HTML 代码。

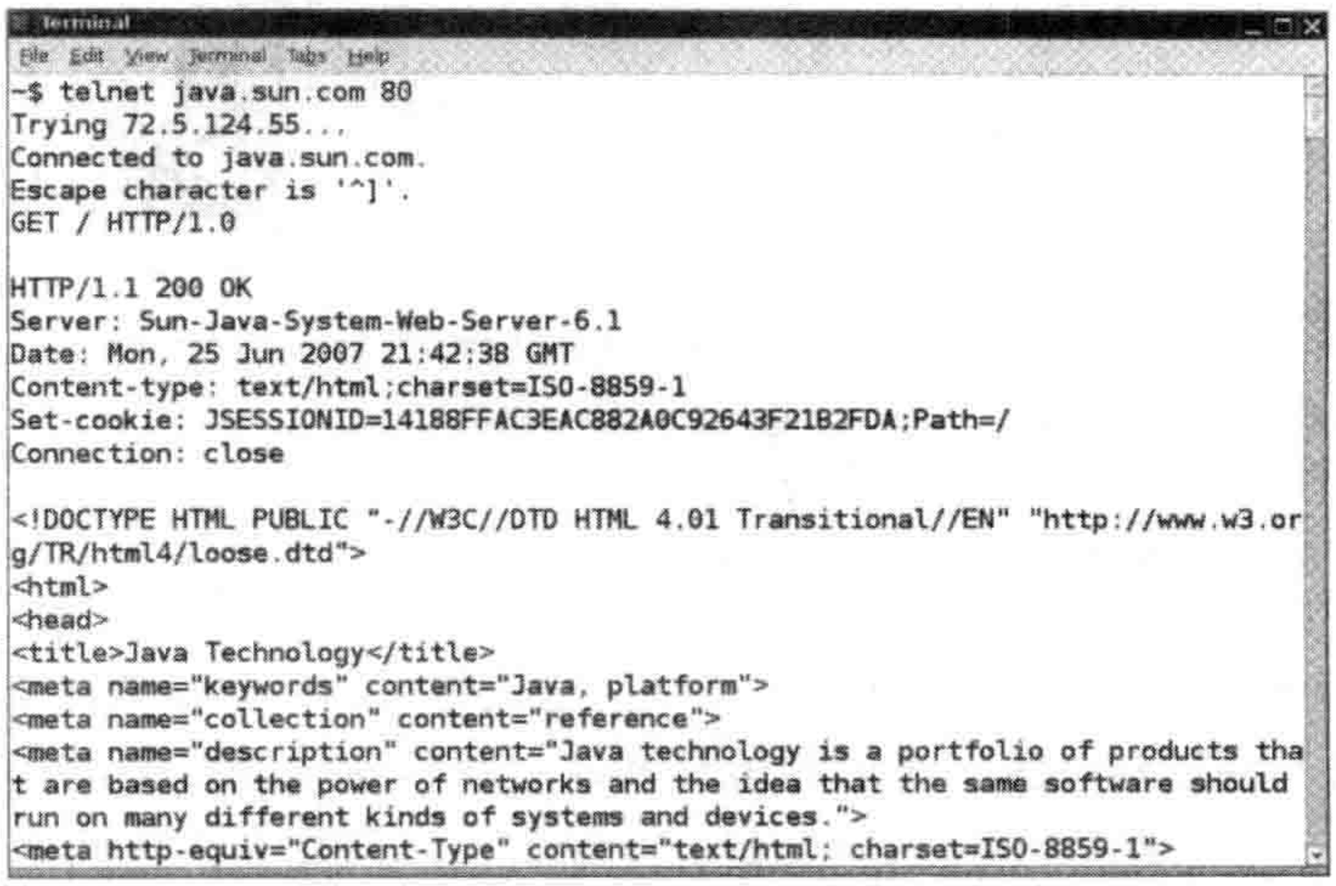


图 3-3 使用 telnet 访问 HTTP 端口

注意： 如果一台 Web 服务器用相同的 IP 地址为多个域提供宿主环境，那么在连接这台 Web Server 时，就必需提供 Host 键 / 值对。如果服务器只为单个域提供宿主环境，则可以忽略该键 / 值对。

程序清单 3-1 是我们的第一个网络程序。它的作用与我们使用 telnet 工具是一致的，即连接到某个端口并打印出它所找到的信息。

程序清单 3-1 socket/SocketTest.java

```
1  package socket;
2
3  import java.io.*;
4  import java.net.*;
5  import java.util.*;
6
7  /**
8   * This program makes a socket connection to the atomic clock in Boulder, Colorado, and prints
9   * the time that the server sends.
10  *
11  * @version 1.20 2004-08-03
12  * @author Cay Horstmann
13  */
14 public class SocketTest
15 {
16    public static void main(String[] args) throws IOException
17    {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
18        try (Socket s = new Socket("time-A.timefreq.bldrdoc.gov", 13))
19        {
20           InputStream inStream = s.getInputStream();
21           Scanner in = new Scanner(inStream);
22
23           while (in.hasNextLine())
24           {
25              String line = in.nextLine();
26              System.out.println(line);
27           }
28        }
29     }
30  }
```

下面是这个简单程序的几行关键代码：

```
Socket s = new Socket("time-A.timefreq.bldrdoc.gov", 13);
InputStream inStream = s.getInputStream();
```

第一行代码用于打开一个套接字，它也是网络软件中的一个抽象概念，负责启动该程序内部和外部之间的通信。我们将远程地址和端口号传递给套接字的构造器，如果连接失败，它将抛出一个 UnknownHostException 异常；如果存在其他问题，它将抛出一个 IOException 异常。因为 UnknownHostException 是 IOException 的一个子类，况且这只是一个示例程序，所以我们在这里仅仅捕获超类的异常。

一旦套接字被打开，java.net.Socket 类中的 getInputStream 方法就会返回一个 InputStream 对象，该对象可以像其他任何流对象一样使用。而一旦获取了这个流，该程序将直接把每一行打印到标准输出。这个过程将一直持续到流发送完毕且服务器断开连接为止。

该程序只适用于非常简单的服务器，比如“当日时间”之类的服务。在比较复杂的网络程序中，客户端发送请求数据给服务器，而服务器可能在响应结束时并不立刻断开连接。在本章的若干个示例程序中，都会看到我们是如何实现这种行为的。

Socket 类非常简单易用，因为 Java 库隐藏了建立网络连接和通过连接发送数据的复杂过程。实际上，java.net 包提供的编程接口与操作文件时所使用的接口基本相同。

注意： 本书所介绍的内容仅覆盖了 TCP（传输控制协议）网络协议。Java 平台另外还支持 UDP（用户数据报协议）协议，该协议可以用于发送数据包（也称为数据报），它所需付出的开销要比 TCP 少得多。UDP 有一个重要的缺点：数据包无需按照顺序传递到接收应用程序，它们甚至可能在传输过程中全部丢失。UDP 要求数据包的接收者对它们进行排序，并请求发送者重新发送那些丢失的数据包。UDP 比较适合于那些可以忍受数据包丢失的应用，例如用于音频流和视频流的传输，或者用于连续测量的应用领域。

API java.net.Socket 1.0

- Socket(String host, int port)

  构建一个套接字，用来连接给定的主机和端口。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `InputStream getInputStream()`
- `OutputStream getOutputStream()`

  获取可以从套接字中读取数据的流，以及可以向套接字写出数据的流。

3.1.1 套接字超时

从套接字读取信息时，在有数据可供访问之前，读操作将会被阻塞。如果此时主机不可达，那么应用将要等待很长的时间，并且因为受底层操作系统的限制而最终会导致超时。

对于不同的应用，应该确定合理的超时值。然后调用 setSoTimeout 方法设置这个超时值（单位：毫秒）。

```
Socket s = new Socket(. . .);
s.setSoTimeout(10000); // time out after 10 seconds
```

如果已经为套接字设置了超时值，并且之后的读操作和写操作在没有完成之前就超过了时间限制，那么这些操作就会抛出 `SocketTimeoutException` 异常。你可以捕获这个异常，并对超时做出反应。

```
try
{
   InputStream in = s.getInputStream(); // read from in
   . . .
}
catch (InterruptedIOException exception)
{
   react to timeout
}
```

另外还有一个超时问题是必须解决的。下面这个构造器：

```
Socket(String host, int port)
```

会一直无限期地阻塞下去，直到建立了到达主机的初始连接为止。

可以通过先构建一个无连接的套接字，然后再使用一个超时来进行连接的方法解决这个问题。

```
Socket s = new Socket();
s.connect(new InetSocketAddress(host, port), timeout);
```

如果你希望允许用户在任何时刻都可以中断套接字连接，请查看从第 3.3 节“可中断套接字”。

API java.net.Socket 1.0

- `Socket()`

  创建一个还未被连接的套接字。

- `void connect(SocketAddress address) 1.4`

  将该套接字连接到给定的地址。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `void connect(SocketAddress address, int timeoutInMilliseconds) 1.4`
  将套接字连接到给定的地址。如果在给定的时间内没有响应，则返回。
- `void setSoTimeout(int timeoutInMilliseconds) 1.1`
  设置该套接字上读请求的阻塞时间。如果超出给定时间，则抛出一个 InterruptedIOException 异常。
- `boolean isConnected() 1.4`
  如果该套接字已被连接，则返回 true。
- `boolean isClosed() 1.4`
  如果套接字已经被关闭，则返回 true。

3.1.2 因特网地址

通常，不用过多考虑因特网地址的问题，它们是用一串数字表示的主机地址，一个因特网地址由 4 个字节组成（在 IPv6 中是 16 个字节），比如 132.163.4.102。但是，如果需要在主机名和因特网地址之间进行转换，那么就可以使用 `InetAddress` 类。

只要主机操作系统支持 IPv6 格式的因特网地址，`java.net` 包也将支持它。

静态的 getByName 方法可以返回代表某个主机的 `InetAddress` 对象。例如，

```
InetAddress address = InetAddress.getByName("time-A.timefreq.bldrdoc.gov");
```

将返回一个 `InetAddress` 对象，该对象封装了一个 4 字节的序列：132.163.4.104。然后，可以使用 `getAddress` 方法来访问这些字节：

```
byte[] addressBytes = address.getAddress();
```

一些访问量较大的主机名通常会对应于多个因特网地址，以实现负载均衡。例如，在撰写本书时，主机名 google.com 就对应着 12 个不同的因特网地址。当访问主机时，会随机选取其中的一个。可以通过调用 `getAllByName` 方法来获得所有主机：

```
InetAddress[] addresses = InetAddress.getAllByName(host);
```

最后需要说明的是，有时可能需要本地主机的地址。如果只是要求得到 localhost 的地址，那总会得到地址 127.0.0.1，但是其他程序无法用这个地址来连接到这台机器上。此时，可以使用静态的 getLocalHost 方法来得到本地主机的地址：

```
InetAddress address = InetAddress.getLocalHost();
```

程序清单 3-2 是一段比较简单的程序代码。如果不在命令行中设置任何参数，那么它将打印出本地主机的因特网地址。反之，如果在命令行中指定了主机名，那么它将打印出该主机的所有因特网地址，例如：

```
java inetAddress/InetAddressTest www.horstmann.com
```

程序清单 3-2 inetAddress/InetAddressTest.java

```
1 package inetAddress;
2
3 import java.io.*;
4 import java.net.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
5  /**
6   * This program demonstrates the InetAddress class. Supply a host name as command-line argument,
7   * or run without command-line arguments to see the address of the local host.
8   * @version 1.02 2012-06-05
9   * @author Cay Horstmann
10  */
11 public class InetAddressTest
12 {
13    public static void main(String[] args) throws IOException
14    {
15       if (args.length > 0)
16       {
17          String host = args[0];
18          InetAddress[] addresses = InetAddress.getAllByName(host);
19          for (InetAddress a : addresses)
20             System.out.println(a);
21       }
22       else
23       {
24          InetAddress localHostAddress = InetAddress.getLocalHost();
25          System.out.println(localHostAddress);
26       }
27    }
28 }
```

API java.net.InetAddress 1.0

- `static InetAddress getByName(String host)`
- `static InetAddress[] getAllByName(String host)`

  为给定的主机名创建一个 `InetAddress` 对象，或者一个包含了该主机名所对应的所有因特网地址的数组。
- `static InetAddress getLocalHost()`

  为本地主机创建一个 `InetAddress` 对象。
- `byte[] getAddress()`

  返回一个包含数字型地址的字节数组。
- `String getHostAddress()`

  返回一个由十进制数组成的字符串，各数字间用圆点符号隔开，例如，“132.163.4.102”。
- `String getHostName()`

  返回主机名。

3.2 实现服务器

既然我们已经实现了一个基本的网络客户端，并且用它从因特网上获取了数据，那么现在就让我们再来实现一个简单的服务器，它可以向客户端发送信息。一旦启动服务器程序，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

它便等待某个客户端连接到它的端口。我们选择端口号 8189，因为所有标准服务都不使用这个端口。ServerSocket 类用于建立套接字。在我们的示例中，下面这行命令：

```
ServerSocket s = new ServerSocket(8189);
```

用于建立一个负责监控端口 8189 的服务器。以下命令：

```
Socket incoming = s.accept();
```

用于告诉程序不停地等待，直到有客户端连接到这个端口。一旦有人通过网络发送了正确的连接请求，并以此连接到了端口上，该方法就会返回一个表示连接已经建立的 Socket 对象。你可以使用这个对象来得到输入流和输出流，代码如下：

```
InputStream inStream = incoming.getInputStream();
OutputStream outStream = incoming.getOutputStream();
```

服务器发送给服务器输出流的所有信息都会成为客户端程序的输入，同时来自客户端程序的所有输出都会被包含在服务器输入流中。

因为在本章的所有示例程序中，我们都要通过套接字来发送文本，所以我们将流转换成扫描器和写入器。

```
Scanner in = new Scanner(inStream);
PrintWriter out = new PrintWriter(outStream, true /* autoFlush */);
```

以下代码将给客户端发送一条问候信息：

```
out.println("Hello! Enter BYE to exit.");
```

当使用 telnet 通过端口 8189 连接到这个服务器程序时，将会在终端屏幕上看到上述问候信息。

在这个简单的服务器程序中，它仅仅只是读取客户端输入，每次读取一行，并回送这一行。这表明程序接收到了客户端的输入。当然，实际应用中的服务器都会对输入进行计算并返回处理结果。

```
String line = in.nextLine();
out.println("Echo: " + line);
if (line.trim().equals("BYE")) done = true;
```

在代码的最后，我们关闭了连接进来的套接字。

```
incoming.close();
```

这就是整个示例代码的大致情况。每一个服务器程序，比如一个 HTTP Web 服务器，都不间断地执行下面这个循环：

1）通过输入数据流从客户端接收一个命令（“get me this information”）。

2）解码这个客户端命令。

3）收集客户端所请求的信息。

4）通过输出数据流发送信息给客户端。

程序清单 3-3 给出了这个程序的完整代码。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 3-3 server/EchoServer.java

```
1  package server;
2
3  import java.io.*;
4  import java.net.*;
5  import java.util.*;
6  /**
7   * This program implements a simple server that listens to port 8189 and echoes back all client
8   * input.
9   * @version 1.21 2012-05-19
10  * @author Cay Horstmann
11  */
12 public class EchoServer
13 {
14    public static void main(String[] args) throws IOException
15    {
16       // establish server socket
17       try (ServerSocket s = new ServerSocket(8189))
18       {
19          // wait for client connection
20          try (Socket incoming = s.accept())
21          {
22             InputStream inStream = incoming.getInputStream();
23             OutputStream outStream = incoming.getOutputStream();
24
25             try (Scanner in = new Scanner(inStream))
26             {
27                PrintWriter out = new PrintWriter(outStream, true /* autoFlush */);
28
29                out.println("Hello! Enter BYE to exit.");
30
31                // echo client input
32                boolean done = false;
33                while (!done && in.hasNextLine())
34                {
35                   String line = in.nextLine();
36                   out.println("Echo: " + line);
37                   if (line.trim().equals("BYE")) done = true;
38                }
39             }
40          }
41       }
42    }
43 }
```

想要试一下这个例子，就请编译并运行这个程序。然后使用 telnet 连接到服务器 localhost（或 IP 地址 127.0.0.1）和端口 8189。

如果你直接连接到因特网上，那么世界上任何人都可以访问到你的回送服务器，只要他们知道你的 IP 地址和端口号。

当你连接到该端口时，将看到如图 3-4 的信息：

```
Hello! Enter BYE to exit.
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

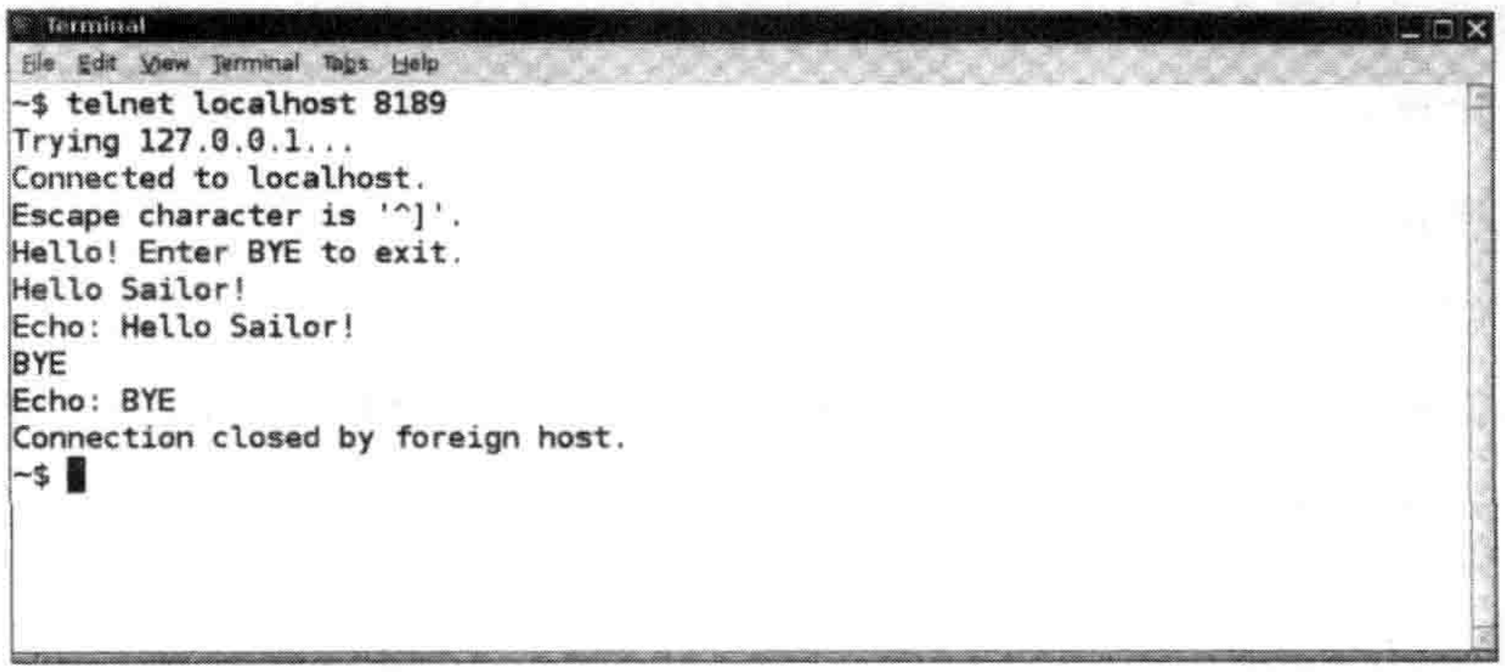


图 3-4 访问一个回送服务器

可以随意键入一条信息，然后观察屏幕上的回送信息。输入 BYE（全为大写字母）可以断开连接，同时，服务器程序也会终止运行。

API java.net.ServerSocket 1.0

- `ServerSocket(int port)`
  创建一个监听端口的服务器套接字。
- `Socket accept()`
  等待连接。该方法阻塞（即，使之空闲）当前线程直到建立连接为止。该方法返回一个 Socket 对象，程序可以通过这个对象与连接中的客户端进行通信。
- `void close()`
  关闭服务器套接字。

3.2.1 为多个客户端服务

前面例子中的简单服务器存在一个问题。假设我们希望有多个客户端同时连接到我们的服务器上，通常，服务器总是不间断地运行在服务器计算机上，来自整个因特网的用户希望同时使用服务器。前面的简单服务器会拒绝多客户端连接，使得某个用户可能会因长时间地连接服务而独占服务，其实我们可以运用线程的魔力把这个问题解决得更好。

每当程序建立一个新的套接字连接，也就是说当调用 accept 时，将启动一个新的线程来处理服务器和该客户端之间的连接，而主程序将立即返回并等待下一个连接。为了实现这个机制，服务器应该具有类似以下代码的循环操作：

```
while (true)
{
   Socket incoming = s.accept();
   Runnable r = new ThreadedEchoHandler(incoming);

   Thread t = new Thread(r);
   t.start();
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

ThreadedEchoHandler 类实现了 Runnable 接口，而且在它的 run 方法中包含了与客户端循环通信的代码。

```
class ThreadedEchoHandler implements Runnable
{
   . . .
   public void run()
   {
      try
      {
         InputStream inStream = incoming.getInputStream();
         OutputStream outStream = incoming.getOutputStream();
         Process input and send response
         incoming.close();
      }
      catch(IOException e)
      {
         Handle exception
      }
   }
}
```

由于每一个连接都会启动一个新的线程，因而多个客户端就可以同时连接到服务器了。对此可以做个简单的测试：

1）编译和运行服务器程序（程序清单 3-4）。

2）如图 3-5 打开数个 telnet 窗口。

3）在这些窗口之间切换，并键入命令。注意你可以同时通过这些窗口进行通信。

4）当完成之后，切换到你启动服务器程序的窗口，并使用 CTRL+C 强行关闭它。

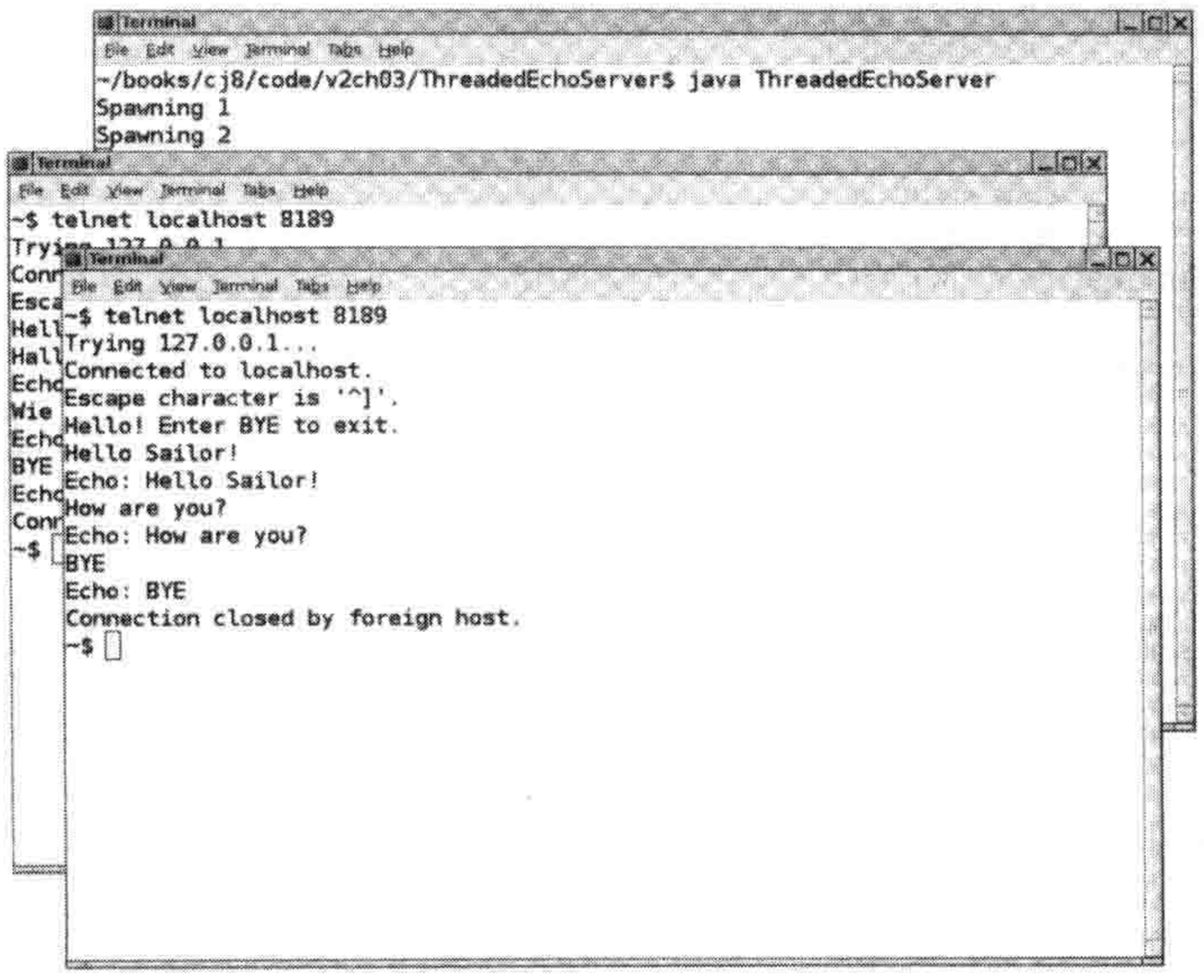


图 3-5 多个同时通信的 telnet 窗口

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意：在这个程序中，我们为每个连接生成一个单独的线程。这种方法并不能满足高性能服务器的要求。为使服务器实现更高的吞吐量，你可以使用 java.nio 包中一些特性。详情请参见以下链接：http://www.ibm.com/developerworks/java/library/j-javaio。

程序清单 3-4 threaded/ThreadedEchoServer.java

```
1  package threaded;
2
3  import java.io.*;
4  import java.net.*;
5  import java.util.*;
6  /**
7     This program implements a multithreaded server that listens to port 8189 and echoes back
8     all client input.
9     @author Cay Horstmann
10    @version 1.21 2012-06-04
11 */
12 public class ThreadedEchoServer
13 {
14    public static void main(String[] args )
15    {
16       try
17       {
18          int i = 1;
19          ServerSocket s = new ServerSocket(8189);
20          while (true)
21          {
22             Socket incoming = s.accept();
23             System.out.println("Spawning " + i);
24             Runnable r = new ThreadedEchoHandler(incoming);
25             Thread t = new Thread(r);
26             t.start();
27             i++;
28          }
29       }
30       catch (IOException e)
31       {
32          e.printStackTrace();
33       }
34    }
35 }
36
37 /**
38    This class handles the client input for one server socket connection.
39 */
40 class ThreadedEchoHandler implements Runnable
41 {
42    private Socket incoming;
43
44    /**
45       Constructs a handler.
46       @param i the incoming socket
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
47      */
48      public ThreadedEchoHandler(Socket i)
49      {
50         incoming = i;
51      }
52
53      public void run()
54      {
55         try
56         {
57            try
58            {
59               InputStream inStream = incoming.getInputStream();
60               OutputStream outStream = incoming.getOutputStream();
61
62               Scanner in = new Scanner(inStream);
63               PrintWriter out = new PrintWriter(outStream, true /* autoFlush */);
64
65               out.println( "Hello! Enter BYE to exit." );
66               // echo client input
67               boolean done = false;
68               while (!done && in.hasNextLine())
69               {
70                  String line = in.nextLine();
71                  out.println("Echo: " + line);
72                  if (line.trim().equals("BYE"))
73                     done = true;
74               }
75            }
76            finally
77            {
78               incoming.close();
79            }
80         }
81         catch (IOException e)
82         {
83            e.printStackTrace();
84         }
85      }
86   }
```

3.2.2 半关闭

半关闭（half-close）提供了这样一种能力：套接字连接的一端可以终止其输出，同时仍旧可以接收来自另一端的数据。

这是一种很典型的情况，例如我们在向服务器传输数据，但是并不知道要传输多少数据。在向文件写数据时，我们只需在数据写入后关闭文件即可。但是，如果关闭一个套接字，那么与服务器的连接将立刻断开，因而也就无法读取服务器的响应了。

使用半关闭的方法就可以解决上述问题。可以通过关闭一个套接字的输出流来表示发送给服务器的请求数据已经结束，但是必须保持输入流处于打开状态。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如下代码演示了如何在客户端使用半关闭方法：

```
Socket socket = new Socket(host, port);
Scanner in = new Scanner(socket.getInputStream());
PrintWriter writer = new PrintWriter(socket.getOutputStream());
// send request data
writer.print(. . .);
writer.flush();
socket.shutdownOutput();
// now socket is half-closed
// read response data
while (in.hasNextLine() != null) { String line = in.nextLine(); . . . }
socket.close();
```

服务器端将读取输入信息，直到到达输入流的结尾，然后它再发送响应。

当然，该协议只适用于一站式（one-shot）的服务，例如 HTTP 服务，在这种服务中，客户端连接服务器，发送一个请求，捕获响应信息，然后断开连接。

API java.net.Socket 1.0

- `void shutdownOutput() 1.3`
  将输出流设为“流结束”。
- `void shutdownInput() 1.3`
  将输入流设为“流结束”。
- `boolean isOutputShutdown() 1.4`
  如果输出已被关闭，则返回 true。
- `boolean isInputShutdown() 1.4`
  如果输入已被关闭，则返回 true。

3.3 可中断套接字

当连接到一个套接字时，当前线程将会被阻塞直到建立连接或产生超时为止。同样地，当通过套接字读写数据时，当前线程也会被阻塞直到操作成功或产生超时为止。

在交互式的应用中，也许会考虑为用户提供一个选项，用以取消那些看似不会产生结果的连接。但是，当线程因套接字无法响应而发生阻塞时，则无法通过调用 interrupt 来解除阻塞。

为了中断套接字操作，可以使用 java.nio 包提供的一个特性——SocketChannel 类。可以使用如下方法打开 SocketChannel：

```
SocketChannel channel = SocketChannel.open(new InetSocketAddress(host, port));
```

通道（channel）并没有与之相关联的流。实际上，它所拥有的 read 和 write 方法都是通过使用 Buffer 对象来实现的（关于 NIO 缓冲区的相关信息请参见第 1 章）。ReadableByteChannel 接口和 WritableByteChannel 接口都声明了这两个方法。

如果不想处理缓冲区，可以使用 Scanner 类从 SocketChannel 中读取信息，因为

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

Scanner 有一个带 ReadableByteChannel 参数的构造器：

```
Scanner in=new Scanner(channel);
```

通过调用静态方法 Channels.newOutputStream，可以将通道转换成输出流。

```
OutputStream outStream = Channels.newOutputStream(channel);
```

上述操作都是必须做的。假设线程正在执行打开、读取或写入操作，此时如果线程发生中断，那么这些操作将不会陷入阻塞，而是以抛出异常的方式结束。

程序清单 3-5 的程序对比了可中断套接字和阻塞套接字：服务器将连续发送数字，并在每发送十个数字之后停滞一下。点击两个按钮中的任何一个，都会启动一个线程来连接服务器并打印输出。第一个线程使用可中断套接字，而第二个线程使用阻塞套接字。如果在第一批的十个数字的读取过程中点击“Cancel”按钮，这两个线程都会中断。

但是，在第一批十个数字之后，就只能中断第一个线程了，第二个线程将保持阻塞直到服务器最终关闭连接（参见图 3-6）。

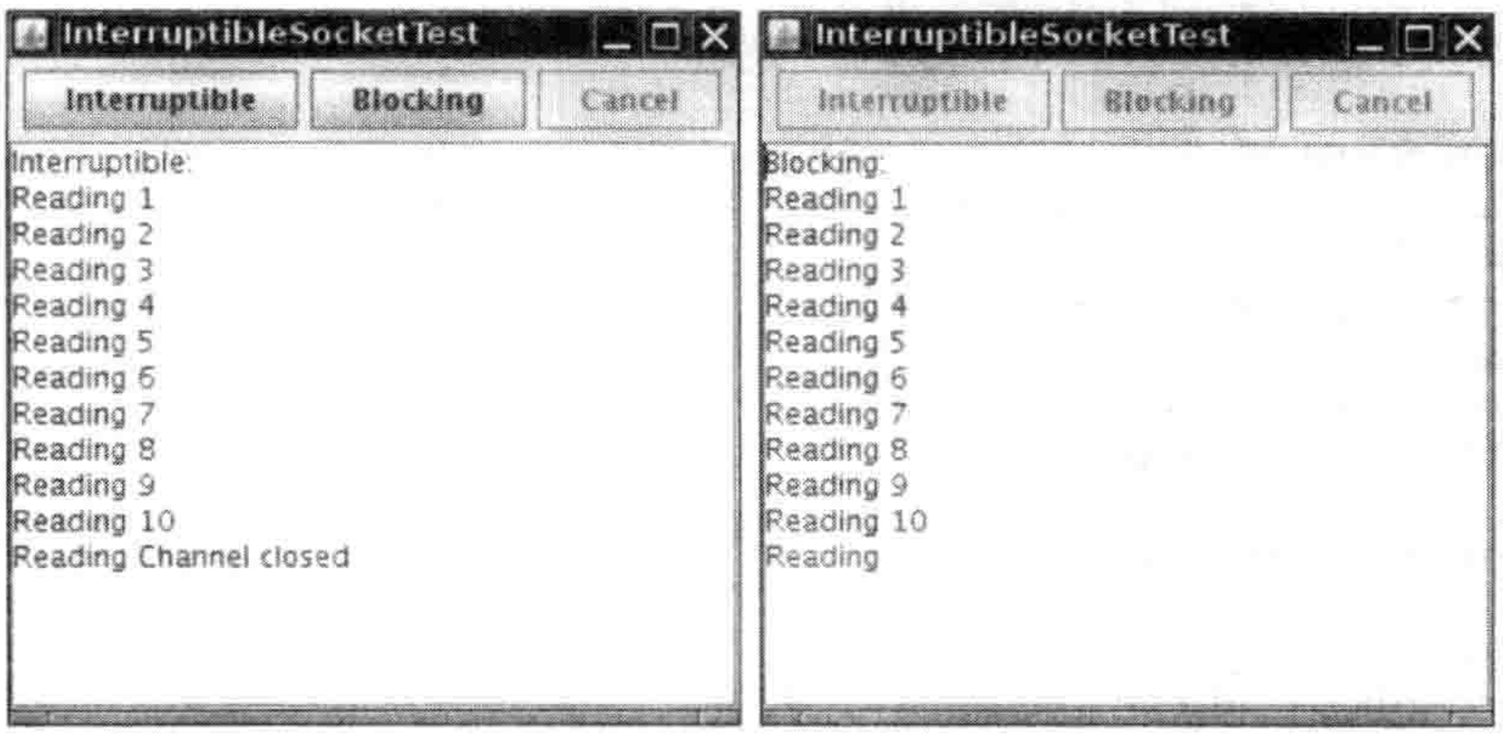


图 3-6 中断一个套接字

程序清单 3-5 interruptible/InterruptibleSocketTest.java

```
1  package interruptible;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.util.*;
6  import java.net.*;
7  import java.io.*;
8  import java.nio.channels.*;
9  import javax.swing.*;
10
11 /**
12  * This program shows how to interrupt a socket channel.
13  * @author Cay Horstmann
14  * @version 1.03 2012-06-04
15  */
16 public class InterruptibleSocketTest
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
{
   public static void main(String[] args)
   {
      EventQueue.invokeLater(new Runnable()
         {
            public void run()
            {
               JFrame frame = new InterruptibleSocketFrame();
               frame.setTitle("InterruptibleSocketTest");
               frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
               frame.setVisible(true);
            }
         });
   }
}

class InterruptibleSocketFrame extends JFrame
{
   public static final int TEXT_ROWS = 20;
   public static final int TEXT_COLUMNS = 60;

   private Scanner in;
   private JButton interruptibleButton;
   private JButton blockingButton;
   private JButton cancelButton;
   private JTextArea messages;
   private TestServer server;
   private Thread connectThread;

   public InterruptibleSocketFrame()
   {
      JPanel northPanel = new JPanel();
      add(northPanel, BorderLayout.NORTH);

      messages = new JTextArea(TEXT_ROWS, TEXT_COLUMNS);
      add(new JScrollPane(messages));

      interruptibleButton = new JButton("Interruptible");
      blockingButton = new JButton("Blocking");
      northPanel.add(interruptibleButton);
      northPanel.add(blockingButton);

      interruptibleButton.addActionListener(new ActionListener()
         {
            public void actionPerformed(ActionEvent event)
            {
               interruptibleButton.setEnabled(false);
               blockingButton.setEnabled(false);
               cancelButton.setEnabled(true);
               connectThread = new Thread(new Runnable()
                  {
                     public void run()
                     {
                        try
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
71                      {
72                         connectInterruptibly();
73                      }
74                      catch (IOException e)
75                      {
76                         messages.append("\nInterruptibleSocketTest.connectInterruptibly: " + e);
77                      }
78                   }
79                });
80             connectThread.start();
81          }
82       });
83
84       blockingButton.addActionListener(new ActionListener()
85          {
86             public void actionPerformed(ActionEvent event)
87             {
88                interruptibleButton.setEnabled(false);
89                blockingButton.setEnabled(false);
90                cancelButton.setEnabled(true);
91                connectThread = new Thread(new Runnable()
92                   {
93                      public void run()
94                      {
95                         try
96                         {
97                            connectBlocking();
98                         }
99                         catch (IOException e)
100                        {
101                           messages.append("\nInterruptibleSocketTest.connectBlocking: " + e);
102                        }
103                     }
104                  });
105               connectThread.start();
106            }
107         });
108
109      cancelButton = new JButton("Cancel");
110      cancelButton.setEnabled(false);
111      northPanel.add(cancelButton);
112      cancelButton.addActionListener(new ActionListener()
113         {
114            public void actionPerformed(ActionEvent event)
115            {
116               connectThread.interrupt();
117               cancelButton.setEnabled(false);
118            }
119         });
120      server = new TestServer();
121      new Thread(server).start();
122      pack();
123   }
124
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
125    /**
126     * Connects to the test server, using interruptible I/O
127     */
128    public void connectInterruptibly() throws IOException
129    {
130       messages.append("Interruptible:\n");
131       try (SocketChannel channel = SocketChannel.open(new InetSocketAddress("localhost", 8189)))
132       {
133          in = new Scanner(channel);
134          while (!Thread.currentThread().isInterrupted())
135          {
136             messages.append("Reading ");
137             if (in.hasNextLine())
138             {
139                String line = in.nextLine();
140                messages.append(line);
141                messages.append("\n");
142             }
143          }
144       }
145       finally
146       {
147          EventQueue.invokeLater(new Runnable()
148          {
149             public void run()
150             {
151                messages.append("Channel closed\n");
152                interruptibleButton.setEnabled(true);
153                blockingButton.setEnabled(true);
154             }
155          });
156       }
157    }
158
159    /**
160     * Connects to the test server, using blocking I/O
161     */
162    public void connectBlocking() throws IOException
163    {
164       messages.append("Blocking:\n");
165       try (Socket sock = new Socket("localhost", 8189))
166       {
167          in = new Scanner(sock.getInputStream());
168          while (!Thread.currentThread().isInterrupted())
169          {
170             messages.append("Reading ");
171             if (in.hasNextLine())
172             {
173                String line = in.nextLine();
174                messages.append(line);
175                messages.append("\n");
176             }
177          }
178       }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
179         finally
180         {
181            EventQueue.invokeLater(new Runnable()
182            {
183               public void run()
184               {
185                  messages.append("Socket closed\n");
186                  interruptibleButton.setEnabled(true);
187                  blockingButton.setEnabled(true);
188               }
189            });
190         }
191      }
192
193      /**
194       * A multithreaded server that listens to port 8189 and sends numbers to the client, simulating
195       * a hanging server after 10 numbers.
196       */
197      class TestServer implements Runnable
198      {
199         public void run()
200         {
201            try
202            {
203               ServerSocket s = new ServerSocket(8189);
204
205               while (true)
206               {
207                  Socket incoming = s.accept();
208                  Runnable r = new TestServerHandler(incoming);
209                  Thread t = new Thread(r);
210                  t.start();
211               }
212            }
213            catch (IOException e)
214            {
215               messages.append("\nTestServer.run: " + e);
216            }
217         }
218      }
219
220      /**
221       * This class handles the client input for one server socket connection.
222       */
223      class TestServerHandler implements Runnable
224      {
225         private Socket incoming;
226         private int counter;
227
228         /**
229          * Constructs a handler.
230          * @param i the incoming socket
231          */
232         public TestServerHandler(Socket i)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
233       {
234          incoming = i;
235       }
236
237       public void run()
238       {
239          try
240          {
241             try
242             {
243                OutputStream outStream = incoming.getOutputStream();
244                PrintWriter out = new PrintWriter(outStream, true /* autoFlush */);
245                while (counter < 100)
246                {
247                   counter++;
248                   if (counter <= 10) out.println(counter);
249                   Thread.sleep(100);
250                }
251             }
252             finally
253             {
254                incoming.close();
255                messages.append("Closing server\n");
256             }
257          }
258          catch (Exception e)
259          {
260             messages.append("\nTestServerHandler.run: " + e);
261          }
262       }
263    }
264 }
```

API java.net.InetSocketAddress 1.4

- `InetSocketAddress(String hostname, int port)`

  通过主机和端口参数创建一个地址对象，并在创建过程中解析主机名。如果主机名不能被解析，那么该地址对象的 `unresolved` 属性将被设为 `true`。

- `boolean isUnresolved()`

  如果不能解析该地址对象，则返回 true。

API java.nio.channels.SocketChannel 1.4

- `static SocketChannel open(SocketAddress address)`

  打开一个套接字通道，并将其连接到远程地址。

API java.nio.channels.Channels 1.4

- `static InputStream newInputStream(ReadableByteChannel channel)`

  创建一个输入流，用以从指定的通道读取数据。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `static OutputStream newOutputStream(WritableByteChannel channel)`
  创建一个输出流，用以向指定的通道写入数据。

3.4 获取 Web 数

为了在 Java 程序中访问 Web 服务器，你可能希望在更高的级别上进行处理，而不只是创建套接字连接和发送 HTTP 请求。在下面的各个小节中，我们将讨论专用于此目的的 Java 类库中的各个类。

3.4.1 URL 和 URI

`URL` 和 `URLConnection` 类封装了大量复杂的实现细节，这些细节涉及如何从远程站点获取信息。例如，可以自一个字符串构建一个 URL 对象：

```
URL url = new URL(urlString);
```

如果只是想获得该资源的内容，可以使用 URL 类中的 `openStream` 方法。该方法将产生一个 `InputStream` 对象，然后就可以按照一般的用法来使用这个对象了，比如用它构建一个 `Scanner` 对象：

```
InputStream inStream = url.openStream();
Scanner in = new Scanner(inStream);
```

java.net 包对统一资源定位符（Uniform Resource Locator，URL）和统一资源标识符（Uniform Resource Identifier，URI）作了非常有用的区分。

URI 是个纯粹的语法结构，包含用来指定 Web 资源的字符串的各种组成部分。URL 是 URI 的一个特例，它包含了用于定位 Web 资源的足够信息。其他 URI，比如

```
mailto:cay@horstmann.com
```

则不属于定位符，因为根据该标识符我们无法定位任何数据。像这样的 URI 我们称之为 URN（uniform resource name，统一资源名称）。

在 Java 类库中，URI 类不包含任何用于访问资源的方法，它的惟一作用就是解析。相反的是，`URL` 类可以打开一个到达资源的流。因此，URL 类只能作用于那些 Java 类库知道该如何处理的模式，例如 `http:`、`https:`、`ftp:`、本地文件系统（`file:`）和 JAR 文件（`jar:`）。

要想了解为什么对 URI 进行解析并不是可有可无的，那么请考虑它也许会变得多么复杂。例如，

```
http://maps.yahoo.com/py/maps.py?csz=Cupertino+CA
ftp://username:password@ftp.yourserver.com/pub/file.txt
```

URI 规范给出了标记这些标识符的规则。一个 URI 具有以下句法：

[*scheme*:]*schemeSpecificPart*[#*fragment*]

上式中，[. . .] 表示可选部分，并且 : 和 # 可以被包含在标识符内。

包含 *scheme:* 部分的 URI 称为绝对 URI。否则，称为相对 URI。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果绝对 URI 的 schemeSpecificPart 不是以 / 开头的，我们就称它是不透明的。例如：

```
mailto:cay@horstmann.com
```

所有绝对的透明 URI 和所有相对 URI 都是分层的（hierarchical）。例如：

```
http://horstmann.com/index.html
../../java/net/Socket.html#Socket()
```

一个分层 URI 的 schemeSpecificPart 具有以下结构：

[//*authority*][*path*][?*query*]

在这里，[. . .] 同样表示可选。

对于那些基于服务器的 URI，authority 部分具有以下形式：

[*user-info*@]*host*[:*port*]

port 必须是一个整数。

RFC 2396（标准化 URI 的文献）还支持一种基于注册表的机制，此时 authority 采用了一种不同的格式。不过，这种情况并不常见。

URI 类的作用之一是解析标识符并将它分解成各种不同的组成部分。你可以用以下方法读取它们：

```
getScheme
getSchemeSpecificPart
getAuthority
getUserInfo
getHost
getPort
getPath
getQuery
getFragment
```

URI 类的另一个作用是处理绝对标识符和相对标识符。如果存在一个如下的绝对 URI：

```
http://docs.mycompany.com/api/java/net/ServerSocket.html
```

和一个如下的相对 URI：

```
../../java/net/Socket.html#Socket()
```

那么可以用它们组合出一个绝对 URI：

```
http://docs.mycompany.com/api/java/net/Socket.html#Socket()
```

这个过程称为解析相对 URL。

与此相反的过程称为相对化（relativization）。例如，假设有一个基本 URI：

```
http://docs.mycompany.com/api
```

和另一个 URI：

```
http://docs.mycompany.com/api/java/lang/String.html
```

那么相对化之后的 URI 就是：

```
java/lang/String.html
```

URI 类同时支持以下两个操作：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
relative = base.relativize(combined);
combined = base.resolve(relative);
```

3.4.2 使用 URLConnection 获取信息

如果想从某个 Web 资源获取更多信息，那么应该使用 URLConnection 类，通过它能够得到比基本的 URL 类更多的控制功能。

当操作一个 URLConnection 对象时，必须像下面这样非常小心地安排操作步骤：

1）调用 URL 类中的 openConnection 方法获得 URLConnection 对象：

```
URLConnection connection = url.openConnection();
```

2）使用以下方法来设置任意的请求属性：

```
setDoInput
setDoOutput
setIfModifiedSince
setUseCaches
setAllowUserInteraction
setRequestProperty
setConnectTimeout
setReadTimeout
```

我们将在本节的稍后部分以及 API 说明中讨论这些方法。

3）调用 connect 方法连接远程资源：

```
connection.connect();
```

除了与服务器建立套接字连接外，该方法还可用于向服务器查询头信息（header information）。

4）与服务器建立连接后，你可以查询头信息。getHeaderFieldKey 和 getHeaderField 两个方法枚举了消息头的所有字段。getHeaderFields 方法返回一个包含了消息头中所有字段的标准 Map 对象。为了方便使用，以下方法可以查询各标准字段：

```
getContentType
getContentLength
getContentEncoding
getDate
getExpiration
getLastModified
```

5）最后，访问资源数据。使用 getInputStream 方法获取一个输入流用以读取信息（这个输入流与 URL 类中的 openStream 方法所返回的流相同）。另一个方法 getContent 在实际操作中并不是很有用。由标准内容类型（比如 text/plain 和 image/gif）所返回的对象需要使用 com.sun 层次结构中的类来进行处理。也可以注册自己的内容处理器，但是在本书中我们不讨论这项技术。

警告： 一些程序员在使用 URLConnection 类的过程中形成了错误的观念，他们认为 URLConnection 类中的 getInputStream 和 getOutputStream 方法与 Socket 类中的

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

这些方法相似，但是这种想法并不十分正确。URLConnection 类具有很多表面之外的神奇功能，尤其在处理请求和响应消息头时。正因为如此，严格遵循建立连接的每个步骤显得非常重要。

下面将详细介绍一下 URLConnection 类中的一些方法。有几个方法可以在与服务器建立连接之前设置连接属性，其中最重要的是 setDoInput 和 setDoOutput。在默认情况下，建立的连接只产生从服务器读取信息的输入流，并不产生任何执行写操作的输出流。如果想获得输出流（例如，用于向一个 Web 服务器提交数据），那么你需要调用：

```
connection.setDoOutput(true);
```

接下来，也许想设置某些请求头（request header）。请求头是与请求命令一起被发送到服务器的。例如：

```
GET www.server.com/index.html HTTP/1.0
Referer: http://www.somewhere.com/links.html
Proxy-Connection: Keep-Alive
User-Agent: Mozilla/5.0 (X11; U; Linux i686; en-US; rv:1.8.1.4)
Host: www.server.com
Accept: text/html, image/gif, image/jpeg, image/png, */*
Accept-Language: en
Accept-Charset: iso-8859-1,*,utf-8
Cookie: orangemilano=192218887821987
```

setIfModifiedSince 方法用于告诉连接你只对自某个特定日期以来被修改过的数据感兴趣；setUseCaches 和 setAllowUserInteraction 这两个方法只作用于 Applet；setUseCaches 方法用于命令浏览器首先检查它的缓存；setAllowUserInteraction 方法则用于在访问有密码保护的资源时弹出对话框，以便查询用户名和口令（见图 3-7）。

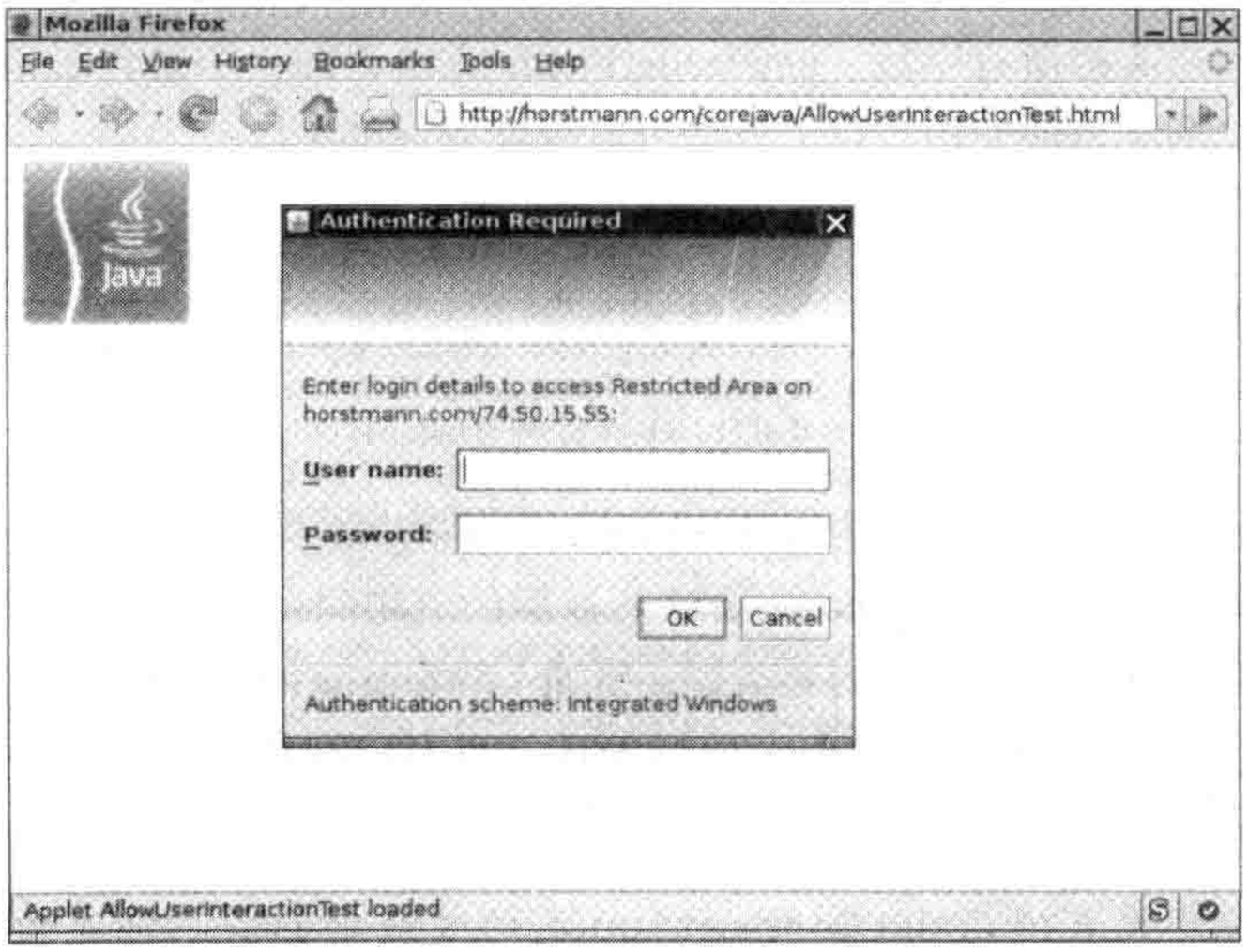


图 3-7 网络密码对话框

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

最后我们再介绍一个总览全局的方法：setRequestProperty，它可以用来设置对特定协议起作用的任何“名 - 值（name/value）对”。关于 HTTP 请求头的格式，请参见 RFC 2616，其中的某些参数没有很好地建档，它们通常在程序员之间口头传授。例如，如果你想访问一个有密码保护的 Web 页，那么就必须按如下步骤操作：

1）将用户名、冒号和密码以字符串形式连接在一起。

```
String input = username + ":" + password;
```

2）计算上一步骤所得字符串的 Base64 编码。（Base64 编码用于将字节序列编码成可打印的 ASCII 字符序列。）

```
String encoding = base64Encode(input);
```

3）调用 setRequestProperty 方法，设置 name 参数的值为“Authorization”、value 参数的值为“Basic”+encoding：

```
connection.setRequestProperty("Authorization", "Basic " + encoding);
```

提示：我们上面介绍的是如何访问一个有密码保护的 Web 页。如果想要通过 FTP 访问一个有密码保护的文件时，要采用一种完全不同的方法。可以直接构建一个如下格式的 URL：

```
ftp://username:password@ftp.yourserver.com/pub/file.txt
```

一旦调用了 connect 方法，就可以查询响应头信息。首先，我们将介绍如何枚举所有响应头的字段。似乎是为了展示自己的个性，该类的实现者采用了另一种迭代方式。调用如下方法：

```
String key = connection.getHeaderFieldKey(n);
```

可以获得响应头的第 n 个键，其中 n 从 1 开始！如果 n 为 0 或大于消息头的字段总数，该方法将返回 null 值。没有哪种方法可以返回字段的数量，你必须反复调用 getHeaderFieldKey 方法直到返回 null 为止。同样地，调用以下方法：

```
String value = connection.getHeaderField(n);
```

可以得到第 n 个值。

getHeaderFields 方法可以返回一个封装了响应头字段的 Map 对象。

```
Map<String,List<String>> headerFields = connection.getHeaderFields();
```

下面是一组来自典型的 HTTP 请求的响应头字段。

```
Date: Wed, 27 Aug 2008 00:15:48 GMT
Server: Apache/2.2.2 (Unix)
Last-Modified: Sun, 22 Jun 2008 20:53:38 GMT
Accept-Ranges: bytes
Content-Length: 4813
Connection: close
Content-Type: text/html
```

为了简便起见，Java 提供了 6 个方法用以访问最常用的消息头类型的值，并在需要的时候将它们转换成数字类型，这些方法的详细信息请参见表 3-1。返回类型为 long 的方法返回的是从格林尼治时间 1970 年 1 月 1 日开始计算的秒数。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表 3-1 用于访问响应头值的简便方法

键 名	方 法 名	返回类型
Date	getdate	long
Expires	getExpiration	long
Last-Modified	getLastModified	long
Content-Length	getContentLength	int
Content-Type	getContentType	String
Content-Encoding	getContentEncoding	String

通过程序清单 3-6 的程序，可以对 URL 连接做一些试验。程序运行起来后，请在命令行中输入一个 URL 以及用户名和密码（可选），例如：

```
java urlConnection.URLConnectionTest http://www.yourserver.com user password
```

该程序将输出以下内容：

- 消息头中的所有键和值。
- 表 3-1 中 6 个简便方法的返回值。
- 被请求资源的前 10 行信息。

除了 Base64 编码的计算稍显复杂之外，程序的其他部分非常简单明了。有一个类 sun.misc.BASE64Encoder，虽然还未归档（undocumented），但是可以用它来代替我们在示例程序中提供的类。只需用以下代码替代对 Base64Encode 的调用即可：

```
String encoding = new sun.misc.BASE64Encoder().encode(input.getBytes());
```

这里之所以提供自己的类，是因为我们不想依赖于未归档的类。

注意： JavaMail 标准扩展包中的 javax.mail.internet.MimeUtility 类也有一个用于 Base64 编码的方法。JDK 中还有一个 java.util.prefs.Base64 类也实现了同样的目标，但是这个类不是公共类，你并不能在自己的代码中使用它。

程序清单 3-6 urlConnection/URLConnectionTest.java

```
1  package urlConnection;
2
3  import java.io.*;
4  import java.net.*;
5  import java.util.*;
6
7  /**
8   * This program connects to an URL and displays the response header data and the first 10 lines of
9   * the requested data.
10  *
11  * Supply the URL and an optional username and password (for HTTP basic authentication) on the
12  * command line.
13  * @version 1.11 2007-06-26
14  * @author Cay Horstmann
15  */
16 public class URLConnectionTest
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
{
   public static void main(String[] args)
   {
      try
      {
         String urlName;
         if (args.length > 0) urlName = args[0];
         else urlName = "http://horstmann.com";

         URL url = new URL(urlName);
         URLConnection connection = url.openConnection();

         // set username, password if specified on command line
         if (args.length > 2)
         {
            String username = args[1];
            String password = args[2];
            String input = username + ":" + password;
            String encoding = base64Encode(input);
            connection.setRequestProperty("Authorization", "Basic " + encoding);
         }

         connection.connect();

         // print header fields
         Map<String, List<String>> headers = connection.getHeaderFields();
         for (Map.Entry<String, List<String>> entry : headers.entrySet())
         {
            String key = entry.getKey();
            for (String value : entry.getValue())
               System.out.println(key + ": " + value);
         }

         // print convenience functions
         System.out.println("----------");
         System.out.println("getContentType: " + connection.getContentType());
         System.out.println("getContentLength: " + connection.getContentLength());
         System.out.println("getContentEncoding: " + connection.getContentEncoding());
         System.out.println("getDate: " + connection.getDate());
         System.out.println("getExpiration: " + connection.getExpiration());
         System.out.println("getLastModifed: " + connection.getLastModified());
         System.out.println("----------");

         Scanner in = new Scanner(connection.getInputStream());

         // print first ten lines of contents
         for (int n = 1; in.hasNextLine() && n <= 10; n++)
            System.out.println(in.nextLine());
         if (in.hasNextLine()) System.out.println(". . .");
      }
      catch (IOException e)
      {
         e.printStackTrace();
      }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
71     }
72
73     /**
74      * Computes the Base64 encoding of a string.
75      * @param s a string
76      * @return the Base64 encoding of s
77      */
78     public static String base64Encode(String s)
79     {
80        ByteArrayOutputStream bOut = new ByteArrayOutputStream();
81        Base64OutputStream out = new Base64OutputStream(bOut);
82        try
83        {
84           out.write(s.getBytes());
85           out.flush();
86        }
87        catch (IOException e)
88        {
89        }
90        return bOut.toString();
91     }
92  }
93  /**
94   * This stream filter converts a stream of bytes to their Base64 encoding.
95   *
96   * Base64 encoding encodes 3 bytes into 4 characters. |11111122|22223333|33444444| Each set of 6
97   * bits is encoded according to the toBase64 map. If the number of input bytes is not a multiple
98   * of 3, then the last group of 4 characters is padded with one or two = signs. Each output line
99   * is at most 76 characters.
100  */
101 class Base64OutputStream extends FilterOutputStream
102 {
103    private static char[] toBase64 = { 'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F', 'G', 'H', 'I', 'J', 'K', 'L',
104       'M', 'N', 'O', 'P', 'Q', 'R', 'S', 'T', 'U', 'V', 'W', 'X', 'Y', 'Z', 'a', 'b', 'c', 'd',
105       'e', 'f', 'g', 'h', 'i', 'j', 'k', 'l', 'm', 'n', 'o', 'p', 'q', 'r', 's', 't', 'u', 'v',
106       'w', 'x', 'y', 'z', '0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '+', '/' };
107
108    private int col = 0;
109    private int i = 0;
110    private int[] inbuf = new int[3];
111
112    /**
113     * Constructs the stream filter.
114     * @param out the stream to filter
115     */
116    public Base64OutputStream(OutputStream out)
117    {
118       super(out);
119    }
120
121    public void write(int c) throws IOException
122    {
123       inbuf[i] = c;
124       i++;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
125         if (i == 3)
126         {
127            if (col >= 76)
128            {
129               super.write('\n');
130               col = 0;
131            }
132            super.write(toBase64[(inbuf[0] & 0xFC) >> 2]);
133            super.write(toBase64[((inbuf[0] & 0x03) << 4) | ((inbuf[1] & 0xF0) >> 4)]);
134            super.write(toBase64[((inbuf[1] & 0x0F) << 2) | ((inbuf[2] & 0xC0) >> 6)]);
135            super.write(toBase64[inbuf[2] & 0x3F]);
136            col += 4;
137            i = 0;
138         }
139      }
140      public void flush() throws IOException
141      {
142         if (i > 0 && col >= 76)
143         {
144            super.write('\n');
145            col = 0;
146         }
147         if (i == 1)
148         {
149            super.write(toBase64[(inbuf[0] & 0xFC) >> 2]);
150            super.write(toBase64[(inbuf[0] & 0x03) << 4]);
151            super.write('=');
152            super.write('=');
153         }
154         else if (i == 2)
155         {
156            super.write(toBase64[(inbuf[0] & 0xFC) >> 2]);
157            super.write(toBase64[((inbuf[0] & 0x03) << 4) | ((inbuf[1] & 0xF0) >> 4)]);
158            super.write(toBase64[(inbuf[1] & 0x0F) << 2]);
159            super.write('=');
160         }
161      }
162   }
```

API java.net.URL 1.0

- `InputStream openStream()`

  打开一个用于读取资源数据的输入流。

- `URLConnection openConnection()`

  返回一个 URLConnection 对象，该对象负责管理与资源之间的连接。

API java.net.URLConnection 1.0

- `void setDoInput(boolean doInput)`
- `boolean getDoInput()`

  如果 doInput 为 true，那么用户可以接收来自该 URLConnection 的输入。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- void setDoOutput(boolean doOutput)
- boolean getDoOutput()

  如果 doOutput 为 true，那么用户可以将输出发送到该 URLConnection。
- void setIfModifiedSince(long time)
- long getIfModifiedSince()

  属性 ifModifiedSince 用于配置该 URLConnection 对象，使它只获取那些自从某个给定时间以来被修改过的数据。调用方法时需要传入的 time 参数指的是从格林尼治时间 1970 年 1 月 1 日午夜开始计算的秒数。
- void setUseCaches(boolean useCaches)
- boolean getUseCaches()

  如果 useCaches 为 true，那么数据可以从本地缓存中得到。请注意，URLConnection 本身并不维护这样一个缓存，缓存必须由浏览器之类的外部程序提供。
- void setAllowUserInteraction(boolean allowUserInteraction)
- boolean getAllowsUserInteraction()

  如果 allowUserInteraction 为 true，那么可以查询用户的口令。请注意，URLConnection 本身并不提供这种查询功能。查询必须由浏览器或浏览器插件之类的外部程序实现。
- void setConnectTimeout(int timeout) 5.0
- int getConnectTimeout() 5.0

  设置或得到连接超时时限（单位：毫秒）。如果在连接建立之前就已经达到了超时的时限，那么相关联的输入流的 connect 方法就会抛出一个 SocketTimeoutException 异常。
- void setReadTimeout(int timeout) 5.0
- int getReadTimeout() 5.0

  设置读取数据的超时时限（单位：毫秒）。如果在一个读操作成功之前就已经达到了超时的时限，那么 read 方法就会抛出一个 SocketTimeoutException 异常。
- void setRequestProperty(String key, String value)

  设置请求头的一个字段。
- Map<String,List<String>> getRequestProperties() 1.4

  返回请求头属性的一个映射表。相同的键对应的所有值被放置在同一个列表中。
- void connect()

  连接远程资源并获取响应头信息。
- Map<String,List<String>> Map getHeaderFields() 1.4

  返回响应的一个映射表。相同的键对应的所有值被放置在同一个列表中。
- String getHeaderFieldKey(int n)

  得到响应头第 n 个字段的键。如果 n 等于 0 或大于响应头字段的总数，则该方法返回 null 值。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- String getHeaderField(int n)
  得到响应头第 n 个字段的值。如果 n 等于 0 或大于响应头字段的总数，则该方法返回 null 值。
- int getContentLength()
  如果内容长度可获得，则返回该长度值，否则返回－ 1。
- String getContentType
  获取内容的类型，比如 text/plain 或 image/gif。
- String getContentEncoding()
  获取内容的编码机制，比如 gzip。这个值不太常用，因为默认的 identity 编码机制并不是用 Content-Encoding 头来设定的。
- long getDate()
- long getExpiration()
- long getLastModifed()
  获取创建日期、过期日以及最后一次被修改的日期。这些日期指的是从格林尼治时间 1970 年 1 月 1 日午夜开始计算的秒数。
- InputStream getInputStream()
- OutputStream getOutputStream()
  返回从资源读取信息或向资源写入信息的流。
- Object getContent()
  选择适当的内容处理器，以便读取资源数据并将它转换成对象。该方法对于读取诸如 text/plain 或 image/gif 之类的标准内容类型并没有什么用处，除非你安装了自己的内容处理器。

3.4.3 提交表单数据

在上一节中，我们介绍了如何从一个 Web 服务器读取数据。现在，我们将介绍如何让程序再将数据反馈回 Web 服务器和那些被 Web 服务器调用的程序。

为了将信息从 Web 浏览器发送到 Web 服务器，用户需要填写一个类似图 3-8 中所示的表单。

当用户点击提交按钮时，文本框中的文本以及复选框和单选按钮的设定值都被发送到了 Web 服务器。此时，Web 服务器调用程序对用户的输入进行处理。

有许多技术可以让 Web 服务器实现对程序的调用。其中最广人所知的是 Java Servlet、JavaServer Face、微软 ASP（Active Server Pages，动态服务器主页）以及 CGI（Common Gateway Interface，通用网关接口）脚本。为简便起见，我们在说明问题时不考虑所用的具体技术，而一律使用通用术语：服务器端程序脚本。

服务器端脚本用于处理表单数据并生成另一个 HTML 页，该页会被 Web 服务器发回给浏览器，这个操作过程我们在图 3-9 中作了说明。返回给浏览器的响应页可能包含新的信息（例如，信息检索程序中的响应页）或者仅仅只是一个确认。之后，Web 浏览器将显示响应页。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

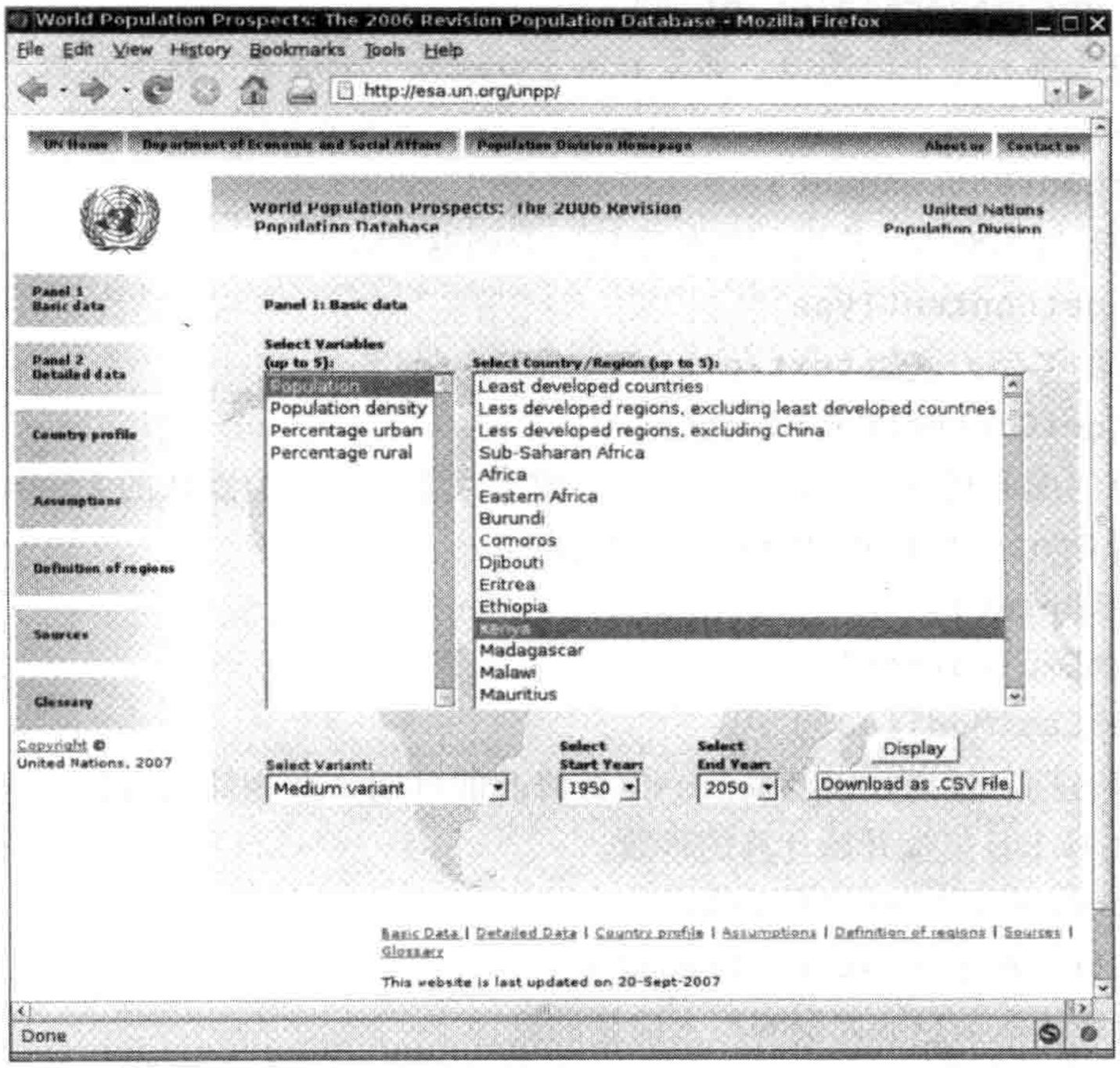


图 3-8 HTML 表单

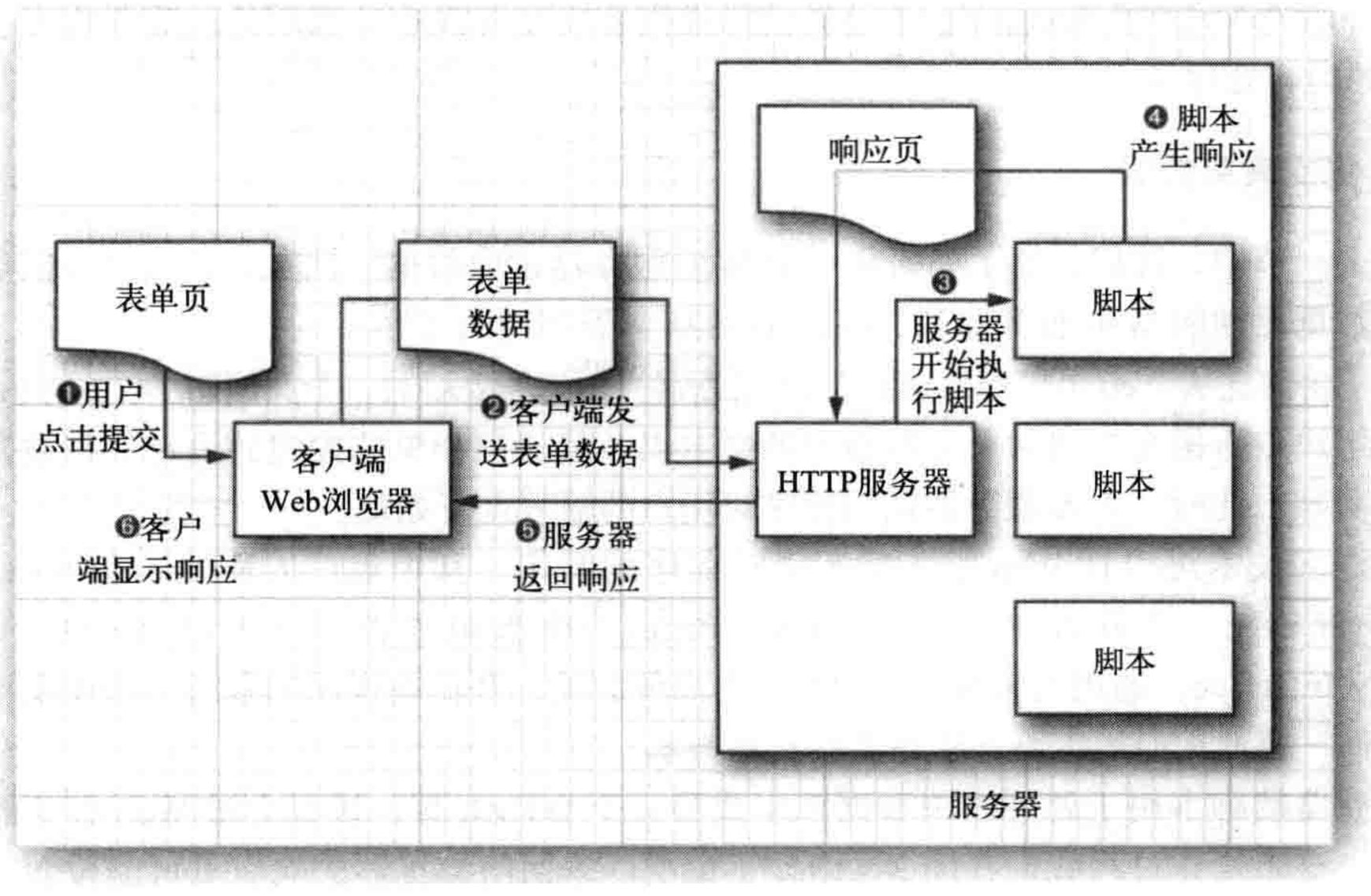


图 3-9 执行服务器端脚本过程中的数据流

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

我们不会在本书中介绍应该如何实现服务器端脚本，而将侧重点放在如何编写客户端程序使之与已有的服务器端脚本进行交互。

当表单数据被发送到 Web 服务器时，数据到底由谁来处理并不重要，可能是 Servlet 或 CGI 脚本，也可能是其他服务器端技术。客户端以标准格式将数据发送给 Web 服务器，而 Web 服务器则负责将数据传递给具体的程序以产生响应。

在向 Web 服务器发送信息时，通常有两个命令会被用到：GET 和 POST。

在使用 GET 命令时，只需将参数附在 URL 的结尾处即可。这种 URL 的格式如下：

```
http://host/script?parameters
```

其中，每个参数都具有“名字 = 值”的形式，而这些参数之间用 & 字符分隔开。参数的值将遵循下面的规则，使用 URL 编码模式进行编码：

- 保留字符 A-Z、a-z、0-9 以及 . - * _。
- 用 + 字符替换所有的空格。
- 将其他所有字符编码为 UTF-8，并将每个字节都编码为 % 后面紧跟一个两位的十六进制数字。

例如，若要发送街道名 New York，NY，可以使用 New+York%2C+NY，因为十六进制数 2c（即十进制数 44）是“,”的 ASCII 码值。

这种编码方式使得在任何中间程序中都不会混入空格，并且也不需要对其他特殊字符进行转换。

例如，就在编写本书的时候，Yahoo 的 Web 站点在主机 maps.yahoo.com 上放置了一个脚本程序：py/maps.py。运行该脚本需要两个参数：addr 和 csz。

为了得到 1 Market Strect, San Francisco, CA 的地图，只需访问下面的 URL 即可：

```
http://maps.yahoo.com/py/maps.py?addr=1+Market+Street&csz=San+Francisco+CA
```

GET 命令很简单，但是它有一个重要的局限性，正是由于这个局限性使得它并不是非常受欢迎：大多数浏览器都对 GET 请求中可以包含的字符数作了限制。

在使用 POST 命令时，并不需要在 URL 中添加任何参数，而是从 URLConnection 中获取输出流，并将名 - 值对写入该流中。当然，仍然需要对这些值进行 URL 编码，并用 & 字符将它们隔开。

下面，我们将详细介绍这个过程。在提交数据给脚本之前，首先需要创建一个 URLConnection 对象。

```
URL url = new URL("http://host/script");
URLConnection connection = url.openConnection();
```

然后，调用 setDoOutput 方法建立一个用于输出的连接。

```
connection.setDoOutput(true);
```

接着，调用 getOutputStream 方法获得一个流，可以通过这个流向服务器发送数据。如果要向服务器发送文本信息，那么可以非常方便地将流包装在 PrintWriter 对象中。

```
PrintWriter out = new PrintWriter(connection.getOutputStream());
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

现在，可以向服务器发送数据了。

```
out.print(name1 + "=" + URLEncoder.encode(value1, "UTF-8") + "&");
out.print(name2 + "=" + URLEncoder.encode(value2, "UTF-8"));
```

之后，关闭输出流。

```
out.close();
```

最后，调用 getInputStream 方法读取服务器的响应。

下面我们来实际操作一个例子。地址为 http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/panel_popalation.html 的 Web 站点包含一个请求访问人口数据的表单（见图 3-8）。如果查看过该页的 HTML 源码，不难找到下面这个 HTML 标签：

```
<form method="post" onSubmit="return checksubmit(. . .)" . . .>
```

当你查看 JavaScript 代码中的 checksubmit 函数时，将会看到下面的代码会产生 CSV 下载：

```
document.menuForm.action ="p2k0data_script.asp";
```

这行代码也说明了处理 POST 动作的脚本名。

接着，需要找出脚本程序将要处理的字段名。观察用户界面中的构件，会发现每个构件都有一个 name 属性，例如，

```
<select name="Variable">
<option value="12;">Population</option>
more options . . .
</select>
```

从上述几行代码可以看出，该字段名为 Variable，这个字段用于设置人口数量表的类型。如果设表的类型为 12，那么将得到一个估计的人口总数表。接着看下去，可以找到一个表示地域的字段名：location。它的值如果是 900，则表示整个世界；如果是 404，则表示肯尼亚。

另外还有其他一些字段需要设置，例如，要得到肯尼亚自 1950 年到 2050 年间的人口估计值，可以构建下面的字符串：

```
Panel=1&Variable=12%3b&Location=404&Varient=2&StartYear=1950&EndYear=2050;
```

将这个字符串发送给下面这个 URL

```
http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/p2k0data.asp
```

脚本程序返回响应信息如下：

```
"Country","Variable","Variant","Year","Value"
"Kenya","Population (thousands)","Medium variant","1950",6077
"Kenya","Population (thousands)","Medium variant","1955",6984
"Kenya","Population (thousands)","Medium variant","1960",8115
"Kenya","Population (thousands)","Medium variant","1965",9524
. . .
```

就像你所看到的，返回响应信息的脚本程序发送回一个由逗号分隔的数据文件，所以我们才选它作为我们的例子，因为这样很容易了解这个脚本是如何运行的。但是，如果要解释其他脚本程序所产生的复杂的 HTML 标签，那将是非常麻烦的事。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 3-7 用于将 POST 数据发送给任何脚本，它将数据放在如下的 .properties 文件：

```
url=http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/p2k0data_script.asp
Panel=1
Variable=12;
Location=404
Varient=2
StartYear=1950
EndYear=2050
```

这个程序移除了 url 项，并将其他内容都发送到了 doPost 方法。

在 doPost 方法中，我们首先打开连接、调用 setDoOutput(true) 以及打开输出流。然后，枚举 Map 对象中的所有键和值。对每一个键 - 值对，我们发送 key、= 字符、value 和 & 分隔符：

```
out.print(key);
out.print('=');
out.print(URLEncoder.encode(value, "UTF-8"));
if (more pairs) out.print('&');
```

最后，我们从服务器读取响应信息。

在读取响应过程中会碰到一个问题。如果脚本运行出现错误，那么调用 connection.getInputStream() 时就会抛出一个 FileNotFoundException 异常。但是，此时服务器仍然会向浏览器返回一个错误页面（例如，常见的“错误 404 —找不到该页”）。为了捕捉这个错误页，可以将 URLConnection 对象转型为 HttpURLConnection 类并调用它的 getErrorStream 方法：

```
InputStream err = ((HttpURLConnection) connection).getErrorStream();
```

更多的是出于好奇而非实际需要，人们常会问：除了我们提供的数据之外，URLConnection 到底还向服务器发送了什么信息。

URLConnection 对象首先向服务器发送一个请求头。当提交表单数据时，该请求头包含下面这行内容：

```
Content-Type: application/x-www-form-urlencoded
```

而 POST 的请求头还必须包括内容的长度，例如：

```
Content-Length: 124
```

请求头必须以空白行结尾，紧跟其后的才是数据部分。Web 服务器滤去请求头后将数据部分发送给服务器端脚本程序。

请注意，URLConnection 对象会把你发送到输出流的所有数据都缓存起来，这是因为在真正发送之前它必须首先确定内容的总长度。

每当需要从某个现有的 Web 站点查询信息时，该程序所展示的处理技术就显得很有用了。只需找出所要发送的参数（通常可以通过查看执行同一查询操作的 Web 页的 HTML 源代码来发现），然后从响应信息中剔除 HTML 标签和其他不必要的信息。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 3-7 post/PostTest.java

```
1  package post;
2
3  import java.io.*;
4  import java.net.*;
5  import java.nio.file.*;
6  import java.util.*;
7
8  /**
9   * This program demonstrates how to use the URLConnection class for a POST request.
10  * @version 1.30 2012-06-04
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class PostTest
14 {
15    public static void main(String[] args) throws IOException
16    {
17       Properties props = new Properties();
18       try (InputStream in = Files.newInputStream(Paths.get(args[0])))
19       {
20          props.load(in);
21       }
22       String url = props.remove("url").toString();
23       String result = doPost(url, props);
24       System.out.println(result);
25    }
26
27    public static String doPost(String urlString, Map<Object, Object> nameValuePairs)
28          throws IOException
29    {
30       URL url = new URL(urlString);
31       URLConnection connection = url.openConnection();
32       connection.setDoOutput(true);
33
34       try (PrintWriter out = new PrintWriter(connection.getOutputStream()))
35       {
36          boolean first = true;
37          for (Map.Entry<Object, Object> pair : nameValuePairs.entrySet())
38          {
39             if (first) first = false;
40             else out.print('&');
41
42             String name = pair.getKey().toString();
43             String value = pair.getValue().toString();
44             out.print(name);
45             out.print('=');
46             out.print(URLEncoder.encode(value, "UTF-8"));
47          }
48       }
49
50       StringBuilder response = new StringBuilder();
51       try (Scanner in = new Scanner(connection.getInputStream()))
52       {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
53          while (in.hasNextLine())
54          {
55             response.append(in.nextLine());
56             response.append("\n");
57          }
58       }
59       catch (IOException e)
60       {
61          if (!(connection instanceof HttpURLConnection)) throw e;
62          InputStream err = ((HttpURLConnection) connection).getErrorStream();
63          if (err == null) throw e;
64          Scanner in = new Scanner(err);
65          response.append(in.nextLine());
66          response.append("\n");
67       }
68
69       return response.toString();
70    }
71 }
```

API java.net.HttpURLConnection 1.0

- `InputStream getErrorStream()`

  返回一个流，通过这个流可以读取 Web 服务器的错误信息。

API java.net.URLEncoder 1.0

- `static String encode(String s, String encoding) 1.4`

  采用指定的字符编码模式（推荐使用“UTF-8”）对字符串 s 进行编码，并返回它的 URL 编码形式。在 URL 编码中，`'A' - 'Z'`，`'a' - 'z'`，`'0' - '9'`，`'-'`，`'_'`，`'.'` 和 `'*'` 等字符保持不变，空格被编码成 '+'，所有其他字符被编码成 `"%XY"` 形式的字节序列，其中 `0xXY` 为该字节十六进制数。

API java.net.URLDecoder 1.2

- `static string decode(String s, String encoding) 1.4`

  采用指定编码模式对已编码字符串 s 进行解码，并返回结果。

3.5 发送 E-mail

过去，编写程序通过创建到 SMTP 专用的端口 25 来发送邮件是一个很简单的事。简单邮件传输协议用于描述 E-mail 消息的格式。一旦连接到服务器，就可以发送一个邮件报头（采用 SMTP 格式，该格式很容易生成）。紧随其后的是邮件消息。

以下是操作的详细过程：

1）打开一个到达主机的套接字：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
Socket s = new Socket("mail.yourserver.com", 25); // 25 is SMTP
PrintWriter out = new PrintWriter(s.getOutputStream());
```

2）发送以下信息到打印流：

```
HELO sending host
MAIL FROM: sender e-mail address
RCPT TO: recipient e-mail address
DATA
Subject: subject
(blank line)
mail message (any number of lines)
.
QUIT
```

SMTP 规范（RFC 821）规定，每一行都要以 \r 再紧跟一个 \n 来结尾。

SMTP 曾经总是例行公事般地路由任何人的 e-mail，但是，在蠕虫泛滥的今天，许多服务器都内置了检查功能，并且只接受来自授信用户或 IP 地址范围的请求。其中，认证通常是通过安全套接字连接来实现的。

实现人工认证模式的代码非常冗长乏味，因此，我们将展示如何利用 JavaMail API 在 Java 程序中发送 e-mail。

可以从 www.oracle.com/technetwork/java/javamail 处下载 JavaMail，然后将它解压到硬盘上的某处。

如果要使用 JavaMail，则需要设置一些和邮件服务器相关的属性。例如，在使用 GMail 时，需要设置：

```
mail.transport.protocol=smtps
mail.smtps.auth=true
mail.smtps.host=smtp.gmail.com
mail.smtps.user=cayhorstmann@gmail.com
```

我们的示例程序是从一个属性文件中读取这些属性值的。

处于安全的原因，我们没有将密码放在属性文件中，而是要求提示用户需要输入。

首先要读入属性文件，然后像下面这样获取一个邮件会话：

```
Session mailSession = Session.getDefaultInstance(props);
```

接着，用恰当的发送者、接受者、主题和消息文本来创建消息：

```
MimeMessage message = new MimeMessage(mailSession);
message.setFrom(new InternetAddress(from));
message.addRecipient(RecipientType.TO, new InternetAddress(to));
message.setSubject(subject);
message.setText(builder.toString());
```

然后将消息发送走：

```
Transport tr = mailSession.getTransport();
tr.connect(null, password);
tr.sendMessage(message, message.getAllRecipients());
tr.close();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 3-8 中的程序是从具有下面这种格式的文本文件中读取消息的：

Sender
Recipient
Subject
Message text (any number of lines)

要运行该程序，需要键入：

```
java -classpath .:path/to/mail.jar path/to/message.txt
```

其中，`mail.jar` 是 JavaMail 的 JAR 文件（Windows 用户注意：记住在 `classpath` 中要输入分号而不是冒号）。

到撰写本章时为止，GMail 还不检查信息的真实性，即你可以输入任何你喜欢的发送者。（当你下一次收到来自 `president@whitehouse.gov` 的 e-mail 消息邀请你盛装出席白宫南草坪的活动时，请牢记这一点，谨防上当。）

提示： 如果你搞不清楚为什么你的邮件连接无法正常工作，那么可以调用：

```
mailSession.setDebug(true);
```

并检查消息。而且，JavaMail API FAQ 也有些挺有用的提示。

程序清单 3-8 mail/MailTest.java

```
1  package mail;
2
3  import java.io.*;
4  import java.nio.charset.*;
5  import java.nio.file.*;
6  import java.util.*;
7  import javax.mail.*;
8  import javax.mail.internet.*;
9  import javax.mail.internet.MimeMessage.RecipientType;
10
11 /**
12  * This program shows how to use JavaMail to send mail messages.
13  * @author Cay Horstmann
14  * @version 1.00 2012-06-04
15  */
16 public class MailTest
17 {
18    public static void main(String[] args) throws MessagingException, IOException
19    {
20       Properties props = new Properties();
21       try (InputStream in = Files.newInputStream(Paths.get("mail", "mail.properties")))
22       {
23          props.load(in);
24       }
25       List<String> lines = Files.readAllLines(Paths.get(args[0]), Charset.forName("UTF-8"));
26
27       String from = lines.get(0);
28       String to = lines.get(1);
29       String subject = lines.get(2);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
30
31       StringBuilder builder = new StringBuilder();
32       for (int i = 3; i < lines.size(); i++)
33       {
34          builder.append(lines.get(i));
35          builder.append("\n");
36       }
37
38       Console console = System.console();
39       String password = new String(console.readPassword("Password: "));
40
41       Session mailSession = Session.getDefaultInstance(props);
42       // mailSession.setDebug(true);
43       MimeMessage message = new MimeMessage(mailSession);
44       message.setFrom(new InternetAddress(from));
45       message.addRecipient(RecipientType.TO, new InternetAddress(to));
46       message.setSubject(subject);
47       message.setText(builder.toString());
48       Transport tr = mailSession.getTransport();
49       try
50       {
51          tr.connect(null, password);
52          tr.sendMessage(message, message.getAllRecipients());
53       }
54       finally
55       {
56          tr.close();
57       }
58    }
59 }
```

在本章中，你已经看到了如何用 Java 编写网络客户端和服务器，以及如何从 Web 服务器上获取数据。下一章将讨论数据库连接，你将会学习如何通过使用 JDBC API 来实现用 Java 操作关系型数据库。同时，下一章还将简要地介绍层次型数据库（例如 LDAP 目录）和 JNDI API。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第 4 章　数据库编程

- ▲ JDBC 的设计
- ▲ 结构化查询语言
- ▲ JDBC 配置
- ▲ 执行 SQL 语句
- ▲ 执行查询操作
- ▲ 可滚动和可更新的结果集
- ▲ 行集
- ▲ 元数据
- ▲ 事务
- ▲ Web 和企业应用中的连接管理

1996 年，Sun 公司发布了第 1 版的 Java 数据库连接（JDBC）API，使编程人员可以通过这个 API 接口连接到数据库，并使用结构化查询语言（即 SQL）完成对数据库的查找与更新。（SQL 通常发音为“ sequel”，它是数据库访问的业界标准。）JDBC 自此成为 Java 类库中最常使用的 API 之一。

JDBC 的版本已更新过数次。作为 Java SE 1.2 的一部分，1998 年发布了 JDBC 第 2 版。JDBC 3 已经被囊括到了 Java SE 1.4 和 5.0 中，而在本书出版之际，最新版的 JDBC 4.1 也被囊括到了 Java SE 7 中。

在本章中，我们将阐述 JDBC 幕后的关键思想，并将介绍（或者是复习）一下 SQL（Structured Query Language，结构化查询语言），它是关系数据库的业界标准。我们还将提供足够的细节，使你可以将 JDBC 融入到日常的编程中。

注意： 根据 Oracle 的声明，JDBC 是一个注册了商标的术语，而并非 Java Database Connectivity 的首字母缩写。对它的命名体现了对 ODBC 的致敬，后者是微软开创的标准数据库 API，并因此而并入了 SQL 标准中。

4.1　JDBC 的设计

从一开始，Java 技术开发人员就意识到了 Java 在数据库应用方面的巨大潜力。从 1995 年开始，他们就致力于扩展 Java 标准类库，使之可以应用 SQL 访问数据库。他们最初希望通过扩展 Java，人们就可以用“纯”Java 语言与任何数据库进行通信。但是，他们很快发现这是一项无法完成的任务：因为业界存在许多不同的数据库，且它们所使用的协议也各不相同。很多数据库供应商都表示支持 Java 提供一套数据库访问的标准网络协议，因为他们每一家企业都希望 Java 能采用自己的网络协议。

所有的数据库供应商和工具开发商都认为，如果 Java 能够为 SQL 访问提供一套“纯”Java API，同时提供一个驱动管理器，以允许第三方驱动程序可以连接到特定的数据库，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

那它就会显得非常有用。这样，数据库供应商就可以提供自己的驱动程序，并插入到驱动管理器中。另外还需要一套简单的机制，以使得第三方驱动程序可以向驱动管理器注册。

这种接口组织方式遵循了微软公司非常成功的 ODBC 模式，ODBC 为 C 语言访问数据库提供了一套编程接口。JDBC 和 ODBC 都基于同一个思想：根据 API 编写的程序都可以与驱动管理器进行通信，而驱动管理器则通过驱动程序与实际的数据库进行通信。

所有这些都意味着 JDBC API 是大部分程序员不得不使用的接口。

4.1.1 JDBC 驱动程序类型

JDBC 规范将驱动程序归结为以下几类：

- 第 1 类驱动程序将 JDBC 翻译成 ODBC，然后使用一个 ODBC 驱动程序与数据库进行通信。较早版本的 Java 包含了一个这样的驱动程序：JDBC/ODBC 桥，不过在使用这个桥接器之前需要对 ODBC 进行相应的部署和正确的设置。在 JDBC 面世之初，桥接器可以方便地用于测试，却不太适用于产品的开发。目前我们可以得到许多更好的驱动程序，因此不建议使用 JDBC/ODBC 桥。
- 第 2 类驱动程序是由部分 Java 程序和部分本地代码组成的，用于与数据库的客户端 API 进行通信。在使用这种驱动程序之前，客户端不仅需要安装 Java 类库，还需要安装一些与平台相关的代码。
- 第 3 类驱动程序是纯 Java 客户端类库，它使用一种与具体数据库无关的协议将数据库请求发送给服务器构件，然后该构件再将数据库请求翻译成数据库相关的协议。这简化了部署，因为平台相关的代码只位于服务器端。
- 第 4 类驱动程序是纯 Java 类库，它将 JDBC 请求直接翻译成数据库相关的协议。

大部分数据库供应商都为他们的产品提供第 3 类或第 4 类驱动程序。与数据库供应商提供的驱动程序相比，许多第三方公司专门开发了很多更符合标准的产品，它们支持更多的平台、运行性能也更佳，某些情况下甚至具有更高的可靠性。

总之，JDBC 最终是为了实现以下目标：

- 通过使用标准的 SQL 语句，甚至是专门的 SQL 扩展，程序员就可以利用 Java 语言开发访问数据库的应用，同时还依旧遵守 Java 语言的相关约定。
- 数据库供应商和数据库工具开发商可以提供底层的驱动程序。因此，他们可以优化各自数据库产品的驱动程序。

注意： 也许你会问为什么 Java 没有采用 ODBC 模式，下面就是在 1996 年 5 月举行的 JavaOne 研讨会上给出的说法：

- ODBC 很难学会。
- ODBC 中有几个命令需要配置很多复杂的选项，而在 Java 编程语言中所采用的风格是要具有简单而直观的方法，而且数量巨大。
- ODBC 依赖于 void* 指针和其他 C 语言特性，而这些特性并不适用于 Java 编程语言。
- 与纯 Java 的解决方案相比，基于 ODBC 的解决方案天生就缺乏安全性，且难于部署。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

4.1.2 JDBC 的典型用法

在传统的客户端 / 服务器模式中，通常是在服务器端部署数据库，而在客户端安装内容丰富的 GUI 界面（参见图 4-1）。在此模型中，JDBC 驱动程序应该部署在客户端。

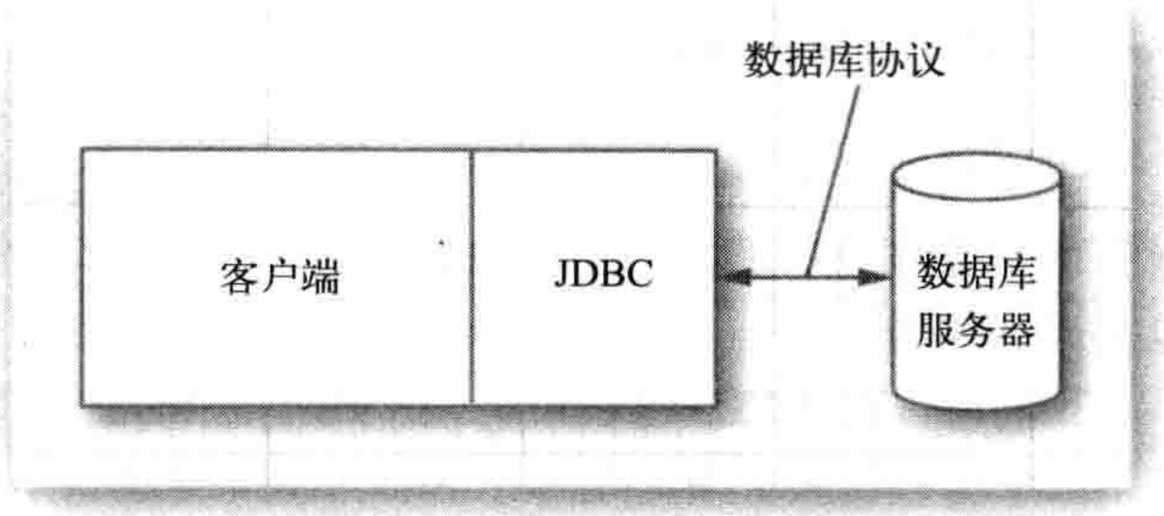


图 4-1 传统的客户端 / 服务器应用

但是，如今全世界都在从客户端 / 服务器模式转向“三层应用模式”，甚至更高级的“n 层应用模式”。在三层应用模式中，客户端不直接调用数据库，而是调用服务器上的中间件层，最后由中间件层完成数据库查询操作。这种三层应用模式有以下优点：它将可视化表示（位于客户端）从业务逻辑（位于中间层）和原始数据（位于数据库）中分离出来。因此，我们就可以从不同的客户端，如 Java 应用、Applet 或者 Web 表单，来访问相同的数据和相同的业务规则。

客户端和中间层之间的通信可以通过 HTTP（在将 Web 浏览器用作客户端时），或诸如远程方法调用 RMI（在使用应用或 Applet 时，请参见第 11 章）这样的机制来完成。JDBC 负责在中间层和后台数据库之间进行通信，图 4-2 展示了这种通信模型的基本架构。当然，这种模型有多种变体，尤其是 Java 企业版（Java EE）为应用服务器定义了一种结构，用于管理称为企业级 JavaBean（EJB）的代码模块，并且提供了许多重要的服务，比如高安全性、负载平衡、访问请求的高速缓存以及对象 - 关系映射等。在此架构中，JDBC 仍然扮演了重要的角色，即完成复杂的数据库查询。（关于 Java 企业版的更多信息请参见 http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/overivew。）

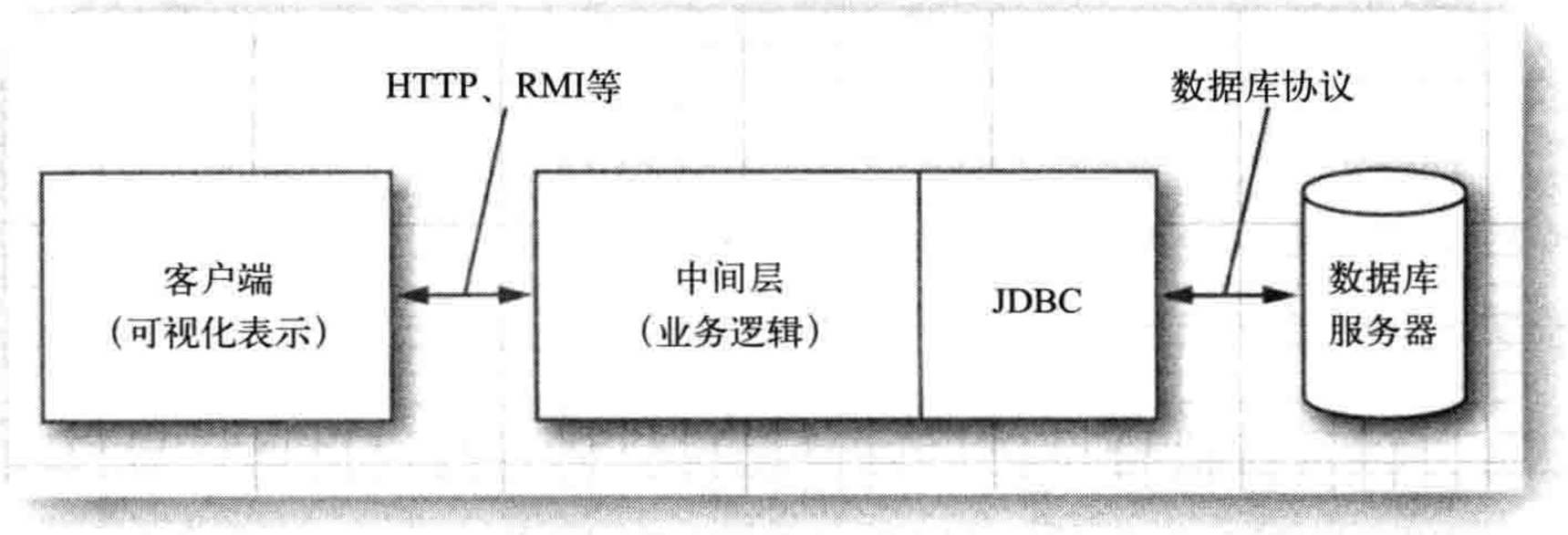


图 4-2 三层结构的应用

注意：你可以在 Applet 和 Web Stact 应用中使用 JDBC，但是也许你并不想这样做。在默认情况下，安全管理器只允许 Applet 与这个 Applet 的下载来源服务器（即 Applet 是从此

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

服务器下载的）建立数据库连接。这就意味着 Web 服务器和数据库服务器（或第 3 类驱动程序的中断构件）必须在同一台机器上，但是这种配置并不典型。因此，你需要通过对该 Applet 进行代码签名来解决这个问题。

4.2 结构化查询语言

SQL 是对所有现代关系型数据库都至关重要的命令行语言，JDBC 则使得我们可以通过 SQL 与数据库进行通信。桌面数据库通常都有一个图形用户界面；使用这种界面，用户可以直接操作数据。但是，基于服务器的数据库只能使用 SQL 进行访问。

我们可以将 JDBC 包看作是一个用于将 SQL 语句传递给数据库的应用编程接口（API）。在本节中，我们将简单介绍一下 SQL。如果之前没有接触过 SQL，你会发现这些介绍是远远不够的，你可以参阅关于 SQL 的其他著作。我们推荐 Alan Beaulieu 所著的《Learning SQL》（2005 年由 OReilly 出版社出版），或者还可以参考 C. J. Date 和 Hugh Darwen 合著的《A Guide to the SQL Standard》（1997 年由 Addison-Wesley 出版社出版）。

可以将数据库想象成一组由行和列构成的具名表，其中每一列都有列名（column name），而每一行则包含了一个相关的数据集。

作为本书的数据库实例，我们将使用一个数据库表集来描述一组经典的计算机著作（请参见表 4-1 到表 4-4）。

表 4-1 Authors 表

Author_ID	Name	Fname
ALEX	Alexander	Christopher
BROO	Brooks	Frederick P.
...	...	...

表 4-2 Books 表

Title	ISBN	Publisher_ID	Price
A Guide to the SQL Standard	0-201-96426-0	0201	47.95
A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction	0-19-501919-9	019	65.00
...	...	...	...

表 4-3 BooksAuthors 表

ISBN	Author_ID	Seq_No
0-201-96426-0	DATE	1
0-201-96426-0	DARW	2
0-19-501919-9	ALEX	1
...	...	...

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表 4-4 Publishers 表

Publisher_ID	Name	URL
0201	Addison-Wesley	www.aw-bc.com
0407	John Wiley & Sons	www.wiley.com
...	...	...

图 4-3 显示的是一个 Books 表的视图，而图 4-4 显示了对 Books 表和 Publishers 表执

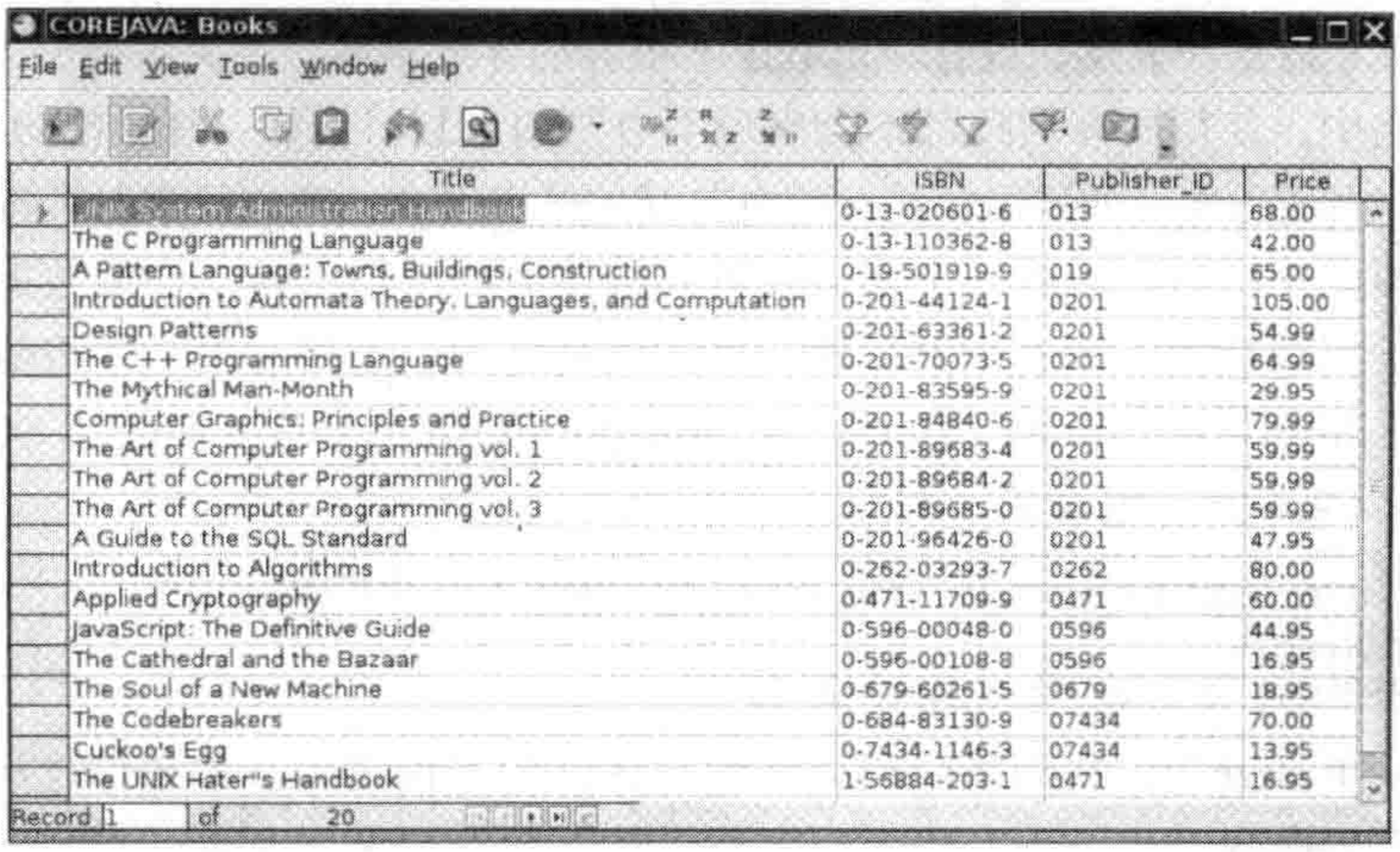


图 4-3 包含图书信息的示例表格

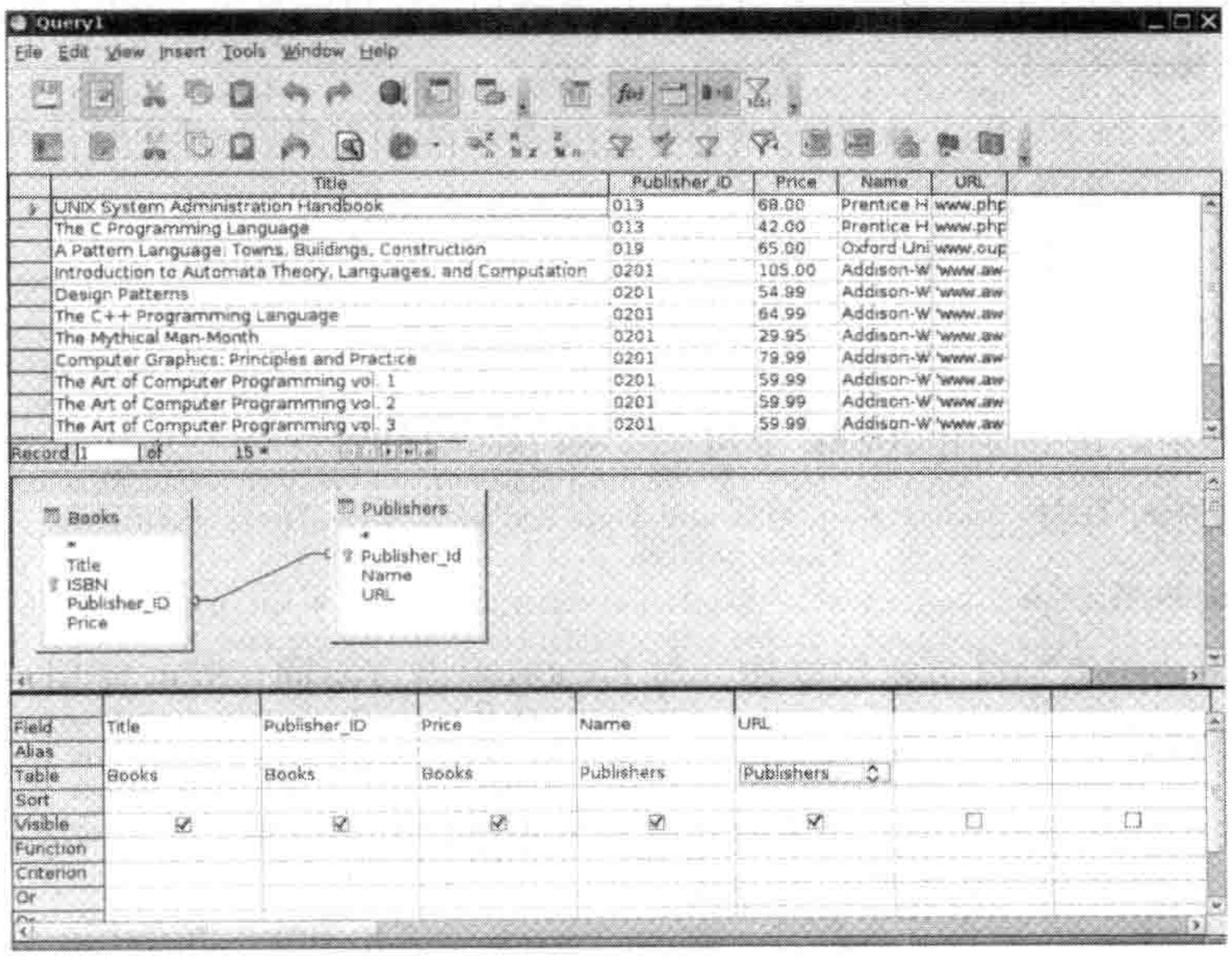


图 4-4 对两个表进行连接操作

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

行连接操作后的结果。Books 表和 Publishers 表都包含了一个表示出版社 ID 的字段。当我们利用出版社编号对这两个表进行连接操作时，我们就得到了由连接后的表格的值所组成的查询结果。结果中的每一行都包含了图书的信息、出版社名称及其 Web 页的 URL 地址。注意，有的出版社名称和 URL 地址重复出现在数行中，因为这些行都对应于同一个出版社。

对表格进行连接操作的好处是能避免在数据库表中出现不必要的重复数据。例如，有一种比较简陋的数据库设计是在 Books 表中设置出版社名称和 URL 地址字段。但是这样一来，数据库本身，而非查询结果，将出现许多重复数据。如果出版社的 Web 地址发生了改变，就需要更新所有的重复数据。显然，这在一定程度上很容易导致错误。在关系模型中，我们将数据分布到多个表格中，使得所有信息都不会出现不必要的重复。例如，每个出版社的 URL 地址只在出版社表中出现一次。如果需要将此信息与其他信息组合，我们只需对表进行连接操作。

在上述两幅图中，可以看到一个用于查看和链接表的图形工具。许多数据库供应商都会提供工具让用户以快捷的方式查询数据库，其方法是将列名连接起来，并将信息填入各表单中，这种工具通常称为实例查询（Query by Example，QBE）工具。而使用 SQL 的查询则是利用 SQL 语法以文本方式编写的。例如，

```
SELECT Books.Title, Books.Publisher_Id, Books.Price, Publishers.Name, Publishers.URL
FROM Books, Publishers
WHERE Books.Publisher_Id = Publishers.Publisher_Id
```

在本节的余下部分中，我们将介绍如何编写这样的查询语句。如果你已经熟悉 SQL 了，就可以跳过这部分内容。

按照惯例，SQL 关键字全部使用大写字母。当然，也可以不这样做。

SELECT 语句相当灵活。仅使用下面这个查询语句，就可以查出 Books 表中的所有记录：

```
SELECT * FROM Books
```

在每一个 SQL 的 SELECT 语句中，FROM 子句都是必不可少的。FROM 子句用于告知数据库应该在哪个表上查询数据。

我们还可以选择所需要的列：

```
SELECT ISBN, Price, Title
FROM Books
```

并且还可以在查询语句中使用 WHERE 子句来限定所要选择的行：

```
SELECT ISBN, Price, Title
FROM Books
WHERE Price <= 29.95
```

请小心使用“相等”这个比较操作。与 Java 编程语言不同，SQL 使用 = 和 <> 而非 == 和 != 来进行相等比较。

注意：有些数据库供应商的产品支持在进行不等于比较时使用 !=。这不符合标准 SQL 的语法，所以我们建议不要使用这种方法。

WHERE 子句也可以使用 LIKE 操作符来实现模式匹配。不过，这里的通配符并不是通常

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

所说的 * 和 ?，而是用 % 表示 0 或 0 以上个字符，用下划线表示单个字符。例如，

```
SELECT ISBN, Price, Title
FROM Books
WHERE Title NOT LIKE '%n_x%'
```

这条语句排除了所有书名中包含 UNIX 或者 Linux 的图书。

请注意，字符串都是用单引号括起来的，而非双引号。字符串中的单引号则需要用一对单引号代替。例如，

```
SELECT Title
FROM Books
WHERE Title LIKE '%''%'
```

上述语句返回所有包含单引号的书名。

你也可以从多个表中选取数据：

```
SELECT * FROM Books, Publishers
```

如果没有 WHERE 子句，上述查询语句就意义不大了，它只是罗列了两个表中所有记录的组合。在我们这个例子中，Books 表有 20 行记录，Publishers 表有 8 行记录，合并的结果将产生 20 × 8 条记录，其中不乏大量重复数据。实际上我们需要对查询结果进行限制，只对那些图书与出版社相匹配的数据感兴趣。

```
SELECT * FROM Books, Publishers
WHERE Books.Publisher_Id = Publishers.Publisher_Id
```

这条语句的查询结果共有 20 行记录，每一条记录对应于一本书，因为每本书都在 Publisher 表中只对应一个出版社。

每当查询语句涉及多个表时，相同的列名可能会出现在两个不同的地方。在我们的例子中也存在这种情况，Books 表和 Publishers 表都拥有一个列名为 Publisher_Id 的列。当出现歧义时，可以在每个列名前添加它所在表的表名作为前缀，比如 Books.Publisher_Id。

也可以使用 SQL 来改变数据库中的数据。例如，假设现在要将所有书名中包含“C++”的图书降价 5 美元，可以执行以下语句：

```
UPDATE Books
SET Price = Price - 5.00
WHERE Title LIKE '%C++%'
```

类似地，要删除所有的 C++ 图书，可以使用下面的 DELETE 查询：

```
DELETE FROM Books
WHERE Title LIKE '%C++%'
```

此外，SQL 中还有许多内置函数，用于对某一列计算平均值、查找最大值和最小值以及其他许多功能。有关这方面的信息可以参阅网址 http://sqlzoo.net。（此站点还提供了一套既风趣幽默又颇具交互性的 SQL 指南。）

通常，可以使用 INSERT 语句向表中插入值：

```
INSERT INTO Books
VALUES ('A Guide to the SQL Standard', '0-201-96426-0', '0201', 47.95)
```

我们必须为每一条插入到表中的记录使用一次 INSERT 语句。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

当然，在查询、修改和插入数据之前，必须要有存储数据的空间。可以使用 CREATE TABLE 语句创建一个新表，还可以为每一列指定列名和数据类型。

```
CREATE TABLE Books
(
   Title CHAR(60),
   ISBN CHAR(13),
   Publisher_Id CHAR(6),
   Price DECIMAL(10,2)
)
```

表 4-5 给出了最常见的 SQL 数据类型。

表 4-5 SQL 数据类型

数据类型	说明
INTEGER INT	通常为 32 位的整数
SMALLINT	通常为 16 位的整数
NUMERIC(*m*,*n*)，DECIMAL(*m*,*n*) 或 DEC(*m*,*n*)	m 位长的定点十进制数，其中小数点后为 n 位
FLOAT(n)	运算精度为 n 位二进制数的浮点数
REAL	通常为 32 位浮点数
DOUBLE	通常为 64 位浮点数
CHARACTER(*n*) 或 CHAR(*n*)	固定长度为 n 的字符串
VARCHAR(n)	最大长度为 n 的可变长字符串
BOOLEAN	布尔值
DATE	日历日期（与具体的实现相关）
TIME	当前时间（与具体的实现相关）
TIMESTAMP	当前日期和时间（与具体的实现相关）
BLOB	二进制大对象
CLOB	字符大对象

在本书中，我们不再介绍更多的子句，比如可以应用于 CREATE TABLE 语句的主键和约束。

4.3 JDBC 配置

当然，你需要有一个可获得其 JDBC 驱动程序的数据库软件。目前这方面有许多出色的软件可供选择，比如 IBM DB2、Microsoft SQL Server、MySQL、Oracle 和 PostgreSQL。

为了练习本部分内容，你还需要创建一个数据库，我们假定你将这个数据库命名为 COREJAVA。你要自己创建，或者让数据库管理员创建这个数据库，并使之拥有适当权限，因为你需要拥有对这个数据库进行创建、更新和删除表的权限。

如果你以前从未安装过采用客户端 / 服务器模式的数据库，那么就会发现配置这样一个数据库会稍显复杂并且难于诊断故障的原因。如果安装的数据库无法正常运行，那么最好请专家来帮忙。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果第一次接触数据库，我们建议使用 Apache Derby，它已经成为了大多数版本的 JDK7 的一部分。（如果你使用的 JDK 不包含它，可以从 http://db.apache.org/derby 处下载 Apache Derby。）

注意：包含在 JDK 中的 Apache Derby 版本官方名称为 JavaDB，我们认为这个名字没什么特别用处，因此我们在本章中称其为 Derby。

在编写第一个数据库程序之前，你需要收集大量的信息和文件，下面将讨论这些内容。

4.3.1 数据库 URL

在连接数据库时，我们必须使用各种与数据库类型相关的参数，例如主机名、端口号和数据库名。

JDBC 使用了一种与普通 URL 相类似的语法来描述数据源。下面是这种语法的两个实例：

```
jdbc:derby://localhost:1527/COREJAVA;create=true
jdbc:postgresql:COREJAVA
```

上述 JDBC URL 指定了名为 COREJAVA 的一个 Derby 数据库和一个 PostgreSQL 数据库。JDBC URL 的一般语法为：

```
jdbc:subprotocol:other stuff
```

其中，*subprotocol* 用于选择连接到数据库的具体驱动程序。

other stuff 参数的格式随所使用的 *subprotocol* 不同而不同。如果要了解具体格式，你需要查阅数据库供应商提供的相关文档。

4.3.2 驱动程序 JAR 文件

你需要获得包含了你所使用的数据库的驱动程序的 JAR 文件。如果你使用的是 Derby，那么就需要 derbeclient.jar；如果你使用的是其他的数据库，那么就需要去寻找恰当的驱动程序。例如，PostgreSQL 的驱动程序可以在 http://jdbc.postgresql.org 处找到。

在运行访问数据库的程序时，需要将驱动程序的 JAR 文件包括到类路径中（编译时并不需要整个 JAR 文件）。

在从命令行启动程序时，只需要使用下面的命令：

```
java -classpath .:driverPath:ProgramName
```

在 Windows 上，可以使用分号将当前路径（即由 . 字符表示的路径）与驱动程序 JAR 文件分隔开。

4.3.3 启动数据库

数据库服务器在连接之前需要先启动，启动的细节取决于所使用的数据库。

在使用 Derby 数据库时，需要遵循下面的步骤：

1）打开命令 shell，并转到将来存有数据库文件的目录中。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

2）定位 derbyrun.jar。对于某些 JDK 版本，它包含在 jdk/db/lib 目录中，而另一些版本则将其置于单独的 JavaDB 安装目录中。我们用 derby 来表示包含 lib/derbyrun.jar 的目录。

3）运行下面的命令：

```
java -jar derby/lib/derbyrun.jar server start
```

4）仔细检查数据库是否正确工作了。然后创建一个名为 ij.properties 并包含下面各行的文件：

```
ij.driver=org.apache.derby.jdbc.ClientDriver
ij.protocol=jdbc:derby://localhost:1527/
ij.database=COREJAVA;create=true
```

在另一个命令 shell 中，通过执行下面的命令来运行 Derby 的交互式脚本执行工具（称为 ij）：

```
java -jar derby/lib/derbyrun.jar ij -p ij.properties
```

现在，可以发布像下面这样的 SQL 命令了：

```
CREATE TABLE Greetings (Message CHAR(20));
INSERT INTO Greetings VALUES ('Hello, World!');
SELECT * FROM Greetings;
DROP TABLE Greetings;
```

注意，每条命令都需要以分号结尾，要退出编辑器，可以键入

```
EXIT;
```

5）在使用完数据库之后，可以用下面的命令关闭服务器：

```
java -jar derby/lib/derbyrun.jar server shutdown
```

如果使用其他的数据库，则需要查看文档，以了解如何启动和关闭数据库服务器，以及如何连接到数据库和发布 SQL 命令。

4.3.4 注册驱动器类

某些 JDBC 的 JAR 文件（例如包含在 Java SE 7 中的 Derby 驱动程序）将自动注册驱动器类，在这种情况下，可以跳过本节所描述的手动注册步骤。包含 META-INF/services/java.sql.Driver 文件的 JAR 文件可以自动注册驱动器类，解压缩驱动程序 JAR 文件就可以检查其是否包含该文件。

注意： 这种注册机制使用的是 JAR 规范中几乎不为人知的特性，请参见 http://docs.oracle.com/ javase/7/docs/technotes/guides/jar/jar.html#Service%20Provider。自动注册对于遵循 JDBC4 的驱动程序是必需具备的特性。

如果驱动程序 JAR 文件不支持自动注册，那就需要找出数据库提供商使用的 JDBC 驱动器类的名字。典型的驱动器名字如下：

```
org.apache.derby.jdbc.ClientDriver
org.postgresql.Driver
```

通过使用 DriverManager，可以用两种方式来注册驱动器。一种方式是在 Java 程序中加载驱动器类，例如：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
Class.forName("org.postgresql.Driver"); // force loading of driver class
```

这条语句将使得驱动器类被加载，由此将执行可以注册驱动器的静态初始化器。

另一种方式是设置 jdbc.drivers 属性。可以用命令行参数来指定这个属性，例如：

```
java -Djdbc.drivers=org.postgresql.Driver ProgramName
```

或者在应用中用下面这样的调用来设置系统属性

```
System.setProperty("jdbc.drivers", "org.postgresql.Driver");
```

在这种方式中可以提供多个驱动器，用冒号将它们分隔开，例如

```
org.postgresql.Driver:org.apache.derby.jdbc.ClientDriver
```

4.3.5 连接到数据库

在 Java 程序中，我们可以在代码中打开一个数据库连接，例如：

```
String url = "jdbc:postgresql:COREJAVA";
String username = "dbuser";
String password = "secret";
Connection conn = DriverManager.getConnection(url, username, password);
```

驱动管理器遍历所有注册过的驱动程序，以便找到一个能够使用数据库 URL 中指定的子协议的驱动程序。

getConnection 方法返回一个 Connection 对象。在下一节中，我们将详细介绍如何使用 Connection 对象来执行 SQL 语句。

要连接到数据库，我们还需要知道数据库的名字和密码。

注意： 在默认情况下，Derby 允许我们使用任何用户名进行连接，并且不检查密码。它会为每个用户生成一个单独的表集合，而默认的用户名是 app。

程序清单 4-1 中的测试程序将所有这些步骤放到了一起：它从名为 database.properties 的文件中加载连接参数，并连接到数据库。示例代码中提供的 database.properties 文件包含的是关于 Derby 数据库的连接信息，如果使用其他的数据库，则需要将与数据库相关的连接信息放到这个文件中。下面是一个用于连接到 PostgreSQL 数据库的示例：

```
jdbc.drivers=org.postgresql.Driver
jdbc.url=jdbc:postgresql:COREJAVA
jdbc.username=dbuser
jdbc.password=secret
```

在连接到数据库之后，这个测试程序执行了下面的 SQL 语句：

```
CREATE TABLE Greetings (Message CHAR(20))
INSERT INTO Greetings VALUES ('Hello, World!')
SELECT * FROM Greetings
```

SELECT 的结果将被打印出来，你应该可以看到如下的输出：

```
Hello, World!
```

然后，通过执行下面的语句移除了这张表：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
DROP TABLE Greetings
```

要运行这个测试程序，需要启动数据库，并像下面这样启动这个程序：

```
java -classpath .:driverJAR test.TestDB
```

（Windows用户需要注意，用；代替：来分隔路径元素。）

提示： 调试与JDBC相关的问题时，有种方法是启用JDBC的跟踪特性。调用DriverManager.setLogWriter方法可以将跟踪信息发送给PrintWriter，而PrintWriter将输出JDBC活动的详细列表。大多数JDBC驱动程序的实现都提供了用于跟踪的附加特性，例如，在使用Derby时，可以在JDBC的URL中添加traceFile选项，如jdbc:derby://localhost:1527/ COREJAVA;create=true;traceFile=trace.out。

程序清单4-1 test/TestDB.java

```
1  package test;
2
3  import java.nio.file.*;
4  import java.sql.*;
5  import java.io.*;
6  import java.util.*;
7
8  /**
9   * This program tests that the database and the JDBC driver are correctly configured.
10  * @version 1.02 2012-06-05
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class TestDB
14 {
15    public static void main(String args[]) throws IOException
16    {
17       try
18       {
19          runTest();
20       }
21       catch (SQLException ex)
22       {
23          for (Throwable t : ex)
24             t.printStackTrace();
25       }
26    }
27    /**
28     * Runs a test by creating a table, adding a value, showing the table contents, and removing
29     * the table.
30     */
31    public static void runTest() throws SQLException, IOException
32    {
33       try (Connection conn = getConnection())
34       {
35          Statement stat = conn.createStatement();
36
37          stat.executeUpdate("CREATE TABLE Greetings (Message CHAR(20))");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
38          stat.executeUpdate("INSERT INTO Greetings VALUES ('Hello, World!')");
39
40          try (ResultSet result = stat.executeQuery("SELECT * FROM Greetings"))
41          {
42             if (result.next())
43                System.out.println(result.getString(1));
44          }
45          stat.executeUpdate("DROP TABLE Greetings");
46       }
47    }
48
49    /**
50     * Gets a connection from the properties specified in the file database.properties.
51     * @return the database connection
52     */
53    public static Connection getConnection() throws SQLException, IOException
54    {
55       Properties props = new Properties();
56       try (InputStream in = Files.newInputStream(Paths.get("database.properties")))
57       {
58          props.load(in);
59       }
60       String drivers = props.getProperty("jdbc.drivers");
61       if (drivers != null) System.setProperty("jdbc.drivers", drivers);
62       String url = props.getProperty("jdbc.url");
63       String username = props.getProperty("jdbc.username");
64       String password = props.getProperty("jdbc.password");
65
66       return DriverManager.getConnection(url, username, password);
67    }
68 }
```

API java.sql.DriverManager 1.1

- static Connection getConnection(String url, String user, String password)

  建立一个到指定数据库的连接，并返回一个 Connection 对象。

4.4 执行 SQL 语句

在执行 SQL 命令之前，首先需要创建一个 Statement 对象。要创建 statement 对象，需要使用调用 DriverManager.getConnection 方法所获得的 Connection 对象。

```
Statement stat = conn.createStatement();
```

接着，将要执行的 SQL 语句放入字符串中，例如：

```
String command = "UPDATE Books"
   + " SET Price = Price - 5.00"
   + " WHERE Title NOT LIKE '%Introduction%'";
```

然后，调用 Statement 接口中的 executeUpdate 方法：

```
stat.executeUpdate(command);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

executeUpdate 方法将返回受 SQL 命令影响的行数，或者对于不返回行数的语句返回 0。例如，在先前的例子中调用 executeUpdate 方法将返回那些降价 5 美元的行数。

executeUpdate 方法既可以执行诸如 INSERT、UPDATE 和 DELETE 之类的操作，也可以执行诸如 CREATE TABLE 和 DROP TABLE 之类的数据定义语句。但是，执行 SELECT 查询时必须使用 executeQuery 方法。另外还有一个 execute 语句可以执行任意的 SQL 语句，此方法通常只用于用户提供的交互式查询。

当我们执行查询操作时，通常最感兴趣的是查询结果。executeQuery 方法返回一个 ResultSet 类型的对象，可以通过它来每次一行地迭代遍历所有查询结果。

```
ResultSet rs = stat.executeQuery("SELECT * FROM Books")
```

分析结果集时通常可以使用类似如下循环语句的代码：

```
while (rs.next())
{
   look at a row of the result set
}
```

警告： ResultSet 接口的迭代协议与 java.util.Iterator 接口稍有不同。对于 ResultSet 接口，迭代器初始化时被设定在第一行之前的位置，必须调用 next 方法将它移动到第一行。另外，它没有 hasNext 方法，我们需要不断地调用 next，直至该方法返回 false。

结果集中行的顺序是任意的。除非使用 ORDER BY 子句指定行的顺序，否则不能为行序强加任何意义。

查看每一行时，可能希望知道其中每一列的内容，有许多访问器（accessor）方法可以用于获取这些信息。

```
String isbn = rs.getString(1);
double price = rs.getDouble("Price");
```

不同的数据类型有不同的访问器，比如 getString 和 getdouble。每个访问器都有两种形式，一种接受数字型参数，另一种接受字符串参数。当使用数字型参数时，我们指的是该数字所对应的列。例如，rs.getString(1) 返回的是当前行中第一列的值。

警告： 与数组的索引不同，数据库的列序号是从 1 开始计算的。

当使用字符串参数时，指的是结果集中以该字符串为列名的列。例如，rs.getDouble("Price") 返回列名为 Price 的列所对应的值。使用数字型参数效率更高一些，但是使用字符串参数可以使代码易于阅读和维护。

当 get 方法的类型和列的数据类型不一致时，每个 get 方法都会进行合理的类型转换。例如，调用 rs.getString("Price") 时，该方法会将 Price 列的浮点值转换成字符串。

API *java.sql.Connection 1.1*

- Statement createStatement()

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

创建一个 Statement 对象，用以执行不带参数的 SQL 查询和更新。

- void close()

  用于立即关闭当前的连接以及释放由它所创建的 JDBC 资源。

API *java.sql.Statement* 1.1

- ResultSet executeQuery(String sqlQuery)

  执行给定字符串中的 SQL 语句，并返回一个用于查看查询结果的 ResultSet 对象。

- int executeUpdate(String sqlStatement)

  执行字符串中指定的 INSERT、UPDATE 或 DELETE 等 SQL 语句。还可以执行数据定义语言（Data Definition Language，DDL）的语句，如 CREATE TABLE。返回受影响的行数，如果是没有更新计数的语句，则返回 0。

- boolean execute(String sqlStatement)

  执行字符串中指定的 SQL 语句。可能会产生多个结果集和更新计数。如果第一个执行结果是结果集，则返回 true；反之，返回 false。调用 getResultSet 或 getUpdateCount 方法可以得到第一个执行结果。请参见第 4.5.4 节中关于处理多结果集的详细信息。

- ResultSet getResultSet()

  返回前一条查询语句的结果集。如果前一条语句未产生结果集，则返回 null 值。对于每一条执行过的语句，该方法只能被调用一次。

- int getUpdateCount()

  返回受前一条更新语句影响的行数。如果前一条语句未更新数据库，则返回— 1。对于每一条执行过的语句，该方法只能被调用一次。

- void close()

  关闭 Statement 对象以及它所对应的结果集。

- boolean isClosed() 6

  如果语句被关闭，则返回 true。

- void closeOn Compleion() 7

  使得一旦该语句的所有结果集都被关闭，则关闭该语句。

API *java.sql.ResultSet* 1.1

- boolean next()

  将结果集中的当前行向前移动一行。如果已经到达最后一行的后面，则返回 false。注意，初始情况下必须调用该方法才能转到第一行。

- Xxx getXxx(int columnNumber)
- Xxx getXxx(String columnName)

  （*Xxx* 指数据类型，例如 int、double、String、Date 等。）

- <T> T getObjec(int columnNumber, Class<T>type) 7

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- <T> T getObjec(String columnLabel, Class<T>type) 7
  用给定的列序号或列标签返回该列的值，并将值转换成指定类型。列标签是SQL的AS字句中指定的标签，在没有使用AS时，它就是列名。
- int findColumn(String columnName)
  根据给定的列名，返回该列的序号。
- void close()
  立即关闭当前的结果集。
- boolean isClosed() 6
  如果该语句被关闭，则返回true。

4.4.1 管理连接、语句和结果集

每个Connection对象都可以创建一个或多个Statement对象。同一个Statement对象可以用于多个不相关的命令和查询。但是，一个Statement对象最多只能有一个打开的结果集。如果需要执行多个查询操作，且需要同时分析查询结果，那么必须创建多个Statement对象。

需要说明的是，至少有一种常用的数据库（Microsoft SQL Server）的JDBC驱动程序只允许同时存在一个活动的Statement对象。使用DatabaseMetaData接口中的getMaxStatements方法可以获取JDBC驱动程序支持的同时活动的语句对象的总数。

这看上去似乎很有局限性。但实际上，我们通常并不需要同时处理多个结果集。如果结果集相互关联，我们就可以使用组合查询，这样就只需要分析一个结果。对数据库进行组合查询比使用Java程序遍历多个结果集要高效得多。

使用完ResultSet、Statement或Connection对象后，应立即调用close方法。这些对象都使用了规模较大的数据结构和数据库存服务器上的有限资源。

如果Statement对象上有一个打开的结果集，那么调用close方法将自动关闭该结果集。同样地，调用Connection类的close方法将关闭该连接上的所有语句。

反过来的情况是，在使用JavaSE 7时，可以在Statement上调用closeOnCompletion方法，在其所有结果集都被关闭后，该语句会立即被自动关闭。

如果所用连接都是短时的，那么无需考虑关闭语句和结果集。只需将close语句放在带资源的try语句中，以便确保最终连接对象不可能继续保持打开状态。

```
try (Connection conn = . . .)
{
   Statement stat = conn.createStatement();
   ResultSet result = stat.executeQuery(queryString);
   process query result
}
```

提示： 应该使用带资源的try语句块来关闭连接，并使用一个单独的try/catch块处理异常。分离try程序块可以提高代码的可读性和可维护性。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

4.4.2 分析 SQL 异常

每个 SQLException 都有一个由多个 SQLException 对象构成的链，这些对象可以通过 getNextException 方法获取。这个异常链是每个异常都具有的由 Throwable 对象构成的“成因”链之外的异常链（请参见第 I 卷第 11 章以了解 Java 异常的详细信息），因此，我们需要用两个嵌套的循环来完整枚举所有的异常。幸运的是，Java SE 6 改进了 SQLException 类，让其实现了 Iterable<Throwable> 接口，其 iterator() 方法可以产生一个 Iterable<Throwable>，这个迭代器可以迭代这两个链，首先迭代第一个 SQLException 的成因链，然后迭代下一个 SQLException，以此类推。我们可以直接使用下面这个改进的 for 循环：

```
for (Throwable t : sqlException)
{
   do something with t
}
```

可以在 SQLException 上调用 getSQLState 和 getErrorCode 方法来进一步分析它，其中第一个方法将产生符合 X/Open 或 SQL:2003 标准的字符串（调用 DatabaseMetaData 接口的 getSQLStateType 方法可以查出驱动程序所使用的标准）。而错误代码是提供商相关的。

SQL 异常按照层次结构树的方式组织到了一起（如图 4-5 所示），这使得我们可以按照提供商无关的方式来捕获具体的错误类型。

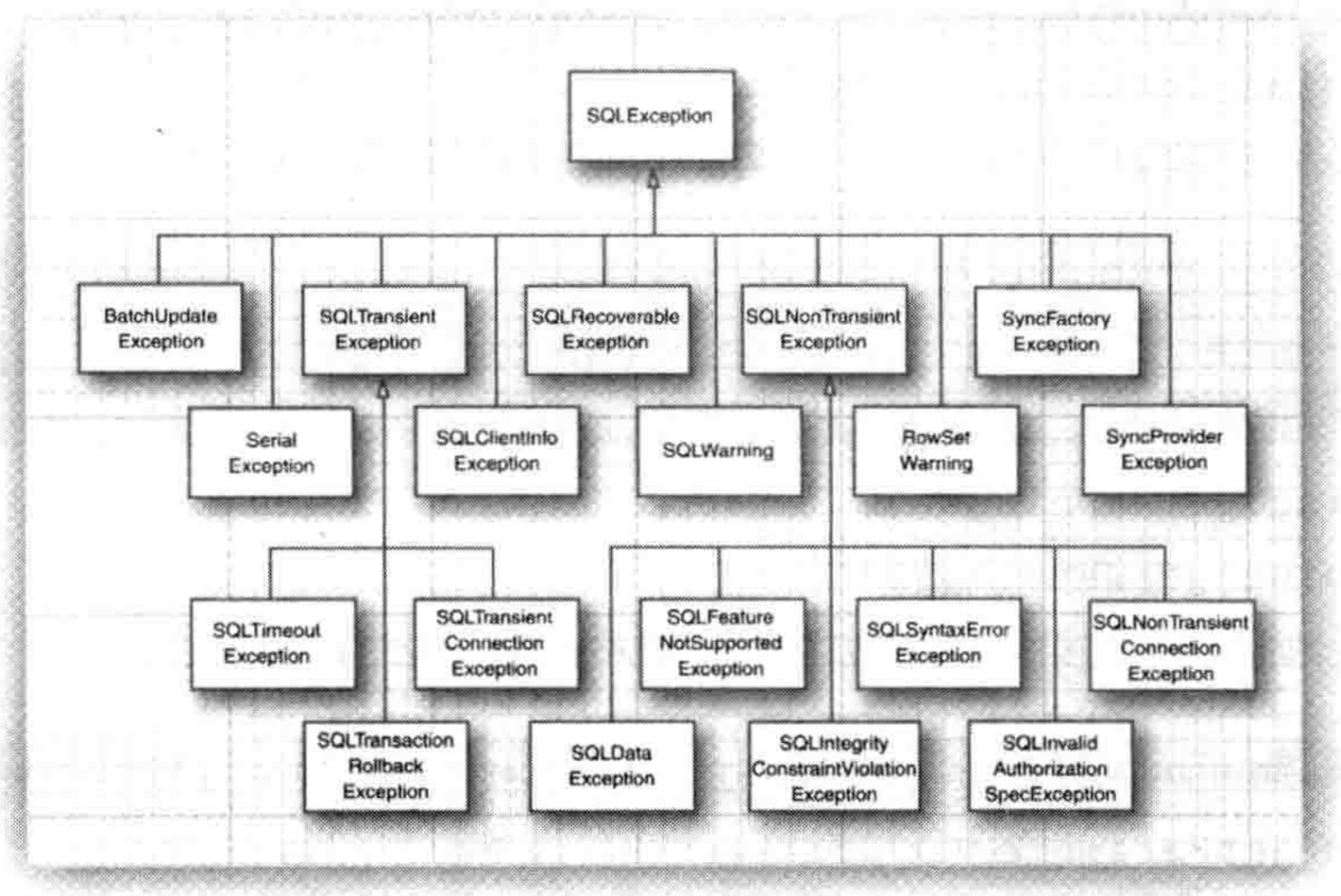


图 4-5 SQL 异常类型

另外，数据库驱动程序可以将非致命问题作为警告报告，我们可以从连接、语句和结果集中获取这些警告。SQLWarning 类是 SQLException 的子类（尽管 SQLWarning 不会被当作异常抛出），我们可以调用 getSQLState 和 getErrorCode 来获取有关警告的更多信息。与 SQL 异常类似，警告也是串成链的。要获得所有的警告，可以使用下面的循环：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
SQLWarning w = stat.getWarning();
while (w != null)
{
   do something with w
   w = w.nextWarning();
}
```

当数据从数据库中读出并意外被截断时，SQLWarning 的 DataTruncation 子类就派上用场了。如果数据截断发生在更新语句中，那么 DataTruncation 将会被当作异常抛出。

API java.sql.SQLException 1.1

- SQLException getNextException()

  返回链接到该 SQL 异常的下一个 SQL 异常，或者在到达链尾时返回 null。

- Iterator<Throwable> iterator() 6

  获取迭代器，可以迭代链接的 SQL 异常和它们的成因。

- String getSQLState()

  获取“SQL 状态”，即标准化的错误代码。

- int getErrorCode()

  获取提供商相关的错误代码。

API java.sql.SQLWarning 1.1

- SQLWarning getNextWarning()

  返回链接到该警告的下一个警告，或者在到达链尾时返回 null。

API *java.sql.Connection* 1.1
java.sql.Statement 1.1
java.sql.ResultSet 1.1

- QLWarning getWarnings()

- SQLWarning getWarnings()

  返回未处理警告中的第一个，或者在没有未处理警告时返回 null。

API java.sql.DataTruncation 1.1

- boolean getParameter()

  如果在参数上进行了数据截断，则返回 true；如果在列上进行了数据截断，则返回 false。

- int getIndex()

  返回被截断的参数或列的索引。

- int getDataSize()

  返回应该被传输的字节数量，或者在该值未知的情况下返回－1。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `int getTransferSize()`

  返回实际被传输的字节数量，或者在该值未知的情况下返回 — 1。

4.4.3 组装数据库

至此，大家也许都迫不及待地想编写一个真正实用的 JDBC 程序了。如果我们可以编写一段程序来执行之前所介绍的那些巧妙的查询，那当然很好。不过，在此之前我们还有一个问题没有解决：目前数据库中还没有数据。我们需要组装数据库，并且也确实存在一种简单方法可以实现此目的：用一系列的 SQL 指令来创建数据表并向其中插入数据。大多数数据库程序都可以处理来自文本文件中的一系列 SQL 指令，但是在语句终止符和其他一些文法问题上，这些数据库程序之间存在着令人讨厌的差异。

正是由于这个原因，我们使用 JDBC 创建了一个简单的程序，它从文件中读取 SQL 指令，其中一条指令占据一行，然后执行它们。

该程序专门用于从下列格式的文本文件中读取数据：

```
CREATE TABLE Publishers (Publisher_Id CHAR(6), Name CHAR(30), URL CHAR(80));
INSERT INTO Publishers VALUES ('0201', 'Addison-Wesley', 'www.aw-bc.com');
INSERT INTO Publishers VALUES ('0471', 'John Wiley & Sons', 'www.wiley.com');
. . .
```

程序清单 4-2 是用来读取 SQL 语句文件以及执行这些语句的程序代码。通读这些代码并不重要，我们在这里只是提供了这样的程序，使你能够组装数据库并运行本章剩余部分的代码。

请确认你的数据库服务器是在运行的，然后可以使用如下方法运行该程序：

```
java -classpath driverPath:. exec.ExecSQL Books.sql
java -classpath driverPath:. exec.ExecSQL Authors.sql
java -classpath driverPath:. exec.ExecSQL Publishers.sql
java -classpath driverPath:. exec.ExecSQL BooksAuthors.sql
```

在运行程序之前，请检查一下 database.properties 文件是否已经为你的运行环境进行了正确设置。请查看第 4.3.5 节。

注意： 你的数据库可能也包含直接从 SQL 文件读取的工具，例如，在使用 Derby 时，可以运行下面的命令：

```
java -jar derby/lib/derbyrun.jar ij -p ij.properties Books.sql
```

（ij.properties 文件在第 4.3.3 节中描述过。）

在用于 ExecSQL 命令的数据格式中，我们允许每行的结尾都可以有一个可选的分号，因为大多数数据库工具都希望使用这种格式。

下面将简要介绍一下 ExecSQL 程序的操作步骤：

1）连接数据库。getConnection 方法读取 database.properties 文件中的属性信息，并将属性 jdbc.drivers 添加到系统属性中。驱动程序管理器使用属性 jdbc.drivers 加载相应的驱动程序。getConnection 方法使用 jdbc.url、jdbc.username 和 jdbc.password 等属性打开数据库连接。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

2）使用 SQL 语句打开文件。如果未提供任何文件名，则在控制台中提示用户输入语句。

3）使用泛化的 execute 方法执行每条语句。如果它返回 true，则说明该语句产生了一个结果集。我们为图书数据库提供的 4 个 SQL 文件都以一个 SELECT * 语句结束，这样就可以看到数据是否已成功插入到了数据库中。

4）如果产生了结果集，则打印出结果。因为这是一个泛化的结果集，所以我们必须使用元数据来确定该结果的列数。更多的信息请查看第 4.8 节。

5）如果运行过程中出现 SQL 异常，则打印出这个异常以及所有可能包含在其中的与其链接在一起的相关异常。

6）关闭数据库连接。

程序清单 4-2 给出了该程序的代码。

程序清单 4-2 exec/ExecSQL.java

```
1  package exec;
2
3  import java.io.*;
4  import java.nio.file.*;
5  import java.util.*;
6  import java.sql.*;
7
8  /**
9   * Executes all SQL statements in a file. Call this program as <br>
10  * java -classpath driverPath:. ExecSQL commandFile
11  * @version 1.31 2012-06-05
12  * @author Cay Horstmann
13  */
14 class ExecSQL
15 {
16    public static void main(String args[]) throws IOException
17    {
18       try
19       {
20          Scanner in = args.length == 0 ? new Scanner(System.in) : new Scanner(Paths.get(args[0]));
21
22          try (Connection conn = getConnection())
23          {
24             Statement stat = conn.createStatement();
25
26             while (true)
27             {
28                if (args.length == 0) System.out.println("Enter command or EXIT to exit:");
29
30                if (!in.hasNextLine()) return;
31
32                String line = in.nextLine();
33                if (line.equalsIgnoreCase("EXIT")) return;
34                if (line.trim().endsWith(";")) // remove trailing semicolon
35                {
36                   line = line.trim();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            line = line.substring(0, line.length() - 1);
         }
         try
         {
            boolean isResult = stat.execute(line);
            if (isResult)
            {
               ResultSet rs = stat.getResultSet();
               showResultSet(rs);
            }
            else
            {
               int updateCount = stat.getUpdateCount();
               System.out.println(updateCount + " rows updated");
            }
         }
         catch (SQLException ex)
         {
            for (Throwable e : ex)
               e.printStackTrace();
         }
      }
      catch (SQLException e)
      {
         for (Throwable t : e)
            t.printStackTrace();
      }
   }

   /**
    * Gets a connection from the properties specified in the file database.properties.
    * @return the database connection
    */
   public static Connection getConnection() throws SQLException, IOException
   {
      Properties props = new Properties();
      try (InputStream in = Files.newInputStream(Paths.get("database.properties")))
      {
         props.load(in);
      }

      String drivers = props.getProperty("jdbc.drivers");
      if (drivers != null) System.setProperty("jdbc.drivers", drivers);

      String url = props.getProperty("jdbc.url");
      String username = props.getProperty("jdbc.username");
      String password = props.getProperty("jdbc.password");

      return DriverManager.getConnection(url, username, password);
   }

   /**
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
91       * Prints a result set.
92       * @param result the result set to be printed
93       */
94      public static void showResultSet(ResultSet result) throws SQLException
95      {
96         ResultSetMetaData metaData = result.getMetaData();
97         int columnCount = metaData.getColumnCount();
98
99         for (int i = 1; i <= columnCount; i++)
100        {
101           if (i > 1) System.out.print(", ");
102           System.out.print(metaData.getColumnLabel(i));
103        }
104        System.out.println();
105
106        while (result.next())
107        {
108           for (int i = 1; i <= columnCount; i++)
109           {
110              if (i > 1) System.out.print(", ");
111              System.out.print(result.getString(i));
112           }
113           System.out.println();
114        }
115     }
116  }
```

4.5 执行查询操作

在这一节中，我们将编写一段用于对 COREJAVA 数据库执行查询操作的程序。为了使程序可以正常运行，必须按照上一节中的说明用表组装 COREJAVA 数据库。

在查询数据库时，可以选择作者和出版社，或者将它们设置为“Any”。

还可以修改数据库中的数据。选择一家出版社，然后输入数量。该出版社对应的所有价格都将按照填入的数量进行调整，同时程序将显示被修改的行数。修改完价格以后，可以运行一个查询操作，以核实新的价格。

4.5.1 预备语句

在这个程序中，我们使用了一个新的特性，即预备语句（prepared statement）。如果不考虑作者字段，我们要查询某个出版社的所有图书，那么该查询的 SQL 语句如下：

```
SELECT Books.Price, Books.Title
FROM Books, Publishers
WHERE Books.Publisher_Id = Publishers.Publisher_Id
AND Publishers.Name = the name from the list box
```

我们没有必要在每次开始一个这样的查询时都建立新的查询语句，而是准备一个带有宿主变量的查询语句，每次查询时只需为该变量填入不同的字符串就可以反复多次使用该语句。这一技术改进了查询性能，每当数据库执行一个查询时，它总是首先通过计算来确定查

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

询策略，以便高效地执行查询操作。通过事先准备好查询并多次重用它，我们就可以确保查询所需的准备步骤只被执行一次。

在预备查询语句中，每个宿主变量都用“?”来表示。如果存在一个以上的变量，那么在设置变量值时必须注意“?”的位置。例如，如果我们的预备查询为如下形式：

```
String publisherQuery =
   "SELECT Books.Price, Books.Title" +
   " FROM Books, Publishers" +
   " WHERE Books.Publisher_Id = Publishers.Publisher_Id AND Publishers.Name = ?";
PreparedStatement stat = conn.prepareStatement(publisherQuery);
```

在执行预备语句之前，必须使用 set 方法将变量绑定到实际的值上。和 ResultSet 接口中的 get 方法类似，针对不同的数据类型也有不同的 set 方法。在本例中，我们为出版社名称设置了一个字符串值。

```
stat.setString(1, publisher);
```

第一个参数指的是需要设置的宿主变量的位置，位置 1 表示第一个“?”。第二个参数指的是赋予宿主变量的值。

如果想要重用已经执行过的预备查询语句，那么除非使用 set 方法或调用 clearParameters 方法，否则所有宿主变量的绑定都不会改变。这就意味着，在从一个查询到另一个查询的过程中，只需使用 setXxx 方法重新绑定那些需要改变的变量即可。

一旦为所有变量绑定了具体的值，就可以执行查询操作了：

```
ResultSet rs = stat.executeQuery();
```

提示：通过连接字符串来手动构建查询显得非常枯燥乏味，而且存在潜在的危险。你必须注意像引号这样的特殊字符，而且如果查询中涉及用户的输入，那就还需要警惕注入攻击。因此，只有查询涉及变量时，才应该使用预备语句。

价格更新操作可以由 UPDATE 语句实现。请注意，我们调用的是 executeUpdate 方法，而非 executeQuery 方法，因为 UPDATE 语句不返回结果集。executeUpdate 的返回值为被修改过的行数。

```
int r = stat.executeUpdate();
System.out.println(r + " rows updated");
```

注意：在相关的 Connection 对象关闭之后，PreparedStatement 对象也就变得无效了。不过，许多数据库通常都会自动缓存预备语句。如果相同的查询被预备两次，数据库通常会直接重用查询策略。因此，无需过多考虑调用 prepareStatement 的开销。

下面简要说明了示例程序的结构。

- 通过执行两个查询可以得到数据库中所有的作者和出版社名称，作者和出版社数组列表由此组装而成。
- 涉及作者的查询比较复杂。因为一本书可能有多个作者，BooksAuthors 表给出了作者和图书之间的对应关系。例如，ISBN 号为 0-201-96426-0 的图书有两个作者，其代

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

号为：DATE 和 DARW。以下为 BooksAuthors 表中的两行记录：

```
0-201-96426-0, DATE, 1
0-201-96426-0, DARW, 2
```

BooksAuthors 表中第三列指的是作者的顺序（我们不能只使用表中记录的位置，在关系表中没有固定的记录顺序）。因此，查询时需要连接 Books 表、BooksAuthors 表和 Authors 表，以便和用户所选的作者名进行比较。

```
SELECT Books.Price, Books.Title FROM Books, BooksAuthors, Authors, Publishers
WHERE Authors.Author_Id = BooksAuthors.Author_Id AND BooksAuthors.ISBN = Books.ISBN
AND Books.Publisher_Id = Publishers.Publisher_Id AND Authors.Name = ? AND Publishers.Name = ?
```

提示：许多程序员都不喜欢使用如此复杂的 SQL 语句。比较常见的方法是使用大量的 Java 代码来迭代多个结果集，但是这种方法效率非常低。通常，使用数据库的查询代码要比使用 Java 程序好得多——这是数据库的一个重要优点。一般而言，可以使用 SQL 解决的问题，就不要使用 Java 程序。

- change Prices 方法执行 UPDATE 语句。注意，UPDATE 语句中的 WHERE 子句需要使用出版社代码，而我们只知道出版社名称。这个问题可以使用嵌套子查询来解决。

```
UPDATE Books
SET Price = Price + ?
WHERE Books.Publisher_Id = (SELECT Publisher_Id FROM Publishers WHERE Name = ?)
```

程序清单 4-3 给出了程序的完整代码。

程序清单 4-3 query/QueryTest.java

```
1  package query;
2
3  import java.io.*;
4  import java.nio.file.*;
5  import java.sql.*;
6  import java.util.*;
7
8  /**
9   * This program demonstrates several complex database queries.
10  * @version 1.30 2012-06-05
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class QueryTest
14 {
15    private static final String allQuery = "SELECT Books.Price, Books.Title FROM Books";
16
17    private static final String authorPublisherQuery = "SELECT Books.Price, Books.Title"
18          + " FROM Books, BooksAuthors, Authors, Publishers"
19          + " WHERE Authors.Author_Id = BooksAuthors.Author_Id AND BooksAuthors.ISBN = Books.ISBN"
20          + " AND Books.Publisher_Id = Publishers.Publisher_Id AND Authors.Name = ?"
21          + " AND Publishers.Name = ?";
22
23    private static final String authorQuery =
24          "SELECT Books.Price, Books.Title FROM Books, BooksAuthors, Authors"
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
25          + " WHERE Authors.Author_Id = BooksAuthors.Author_Id AND BooksAuthors.ISBN = Books.ISBN"
26          + " AND Authors.Name = ?";
27    private static final String publisherQuery =
28          "SELECT Books.Price, Books.Title FROM Books, Publishers"
29          + " WHERE Books.Publisher_Id = Publishers.Publisher_Id AND Publishers.Name = ?";
30
31    private static final String priceUpdate = "UPDATE Books " + "SET Price = Price + ? "
32          + " WHERE Books.Publisher_Id = (SELECT Publisher_Id FROM Publishers WHERE Name = ?)";
33
34    private static Scanner in;
35    private static Connection conn;
36    private static ArrayList<String> authors = new ArrayList<>();
37    private static ArrayList<String> publishers = new ArrayList<>();
38
39    public static void main(String[] args) throws IOException
40    {
41       try
42       {
43          conn = getConnection();
44          in = new Scanner(System.in);
45          authors.add("Any");
46          publishers.add("Any");
47          try (Statement stat = conn.createStatement())
48          {
49             // Fill the authors array list
50             String query = "SELECT Name FROM Authors";
51             try (ResultSet rs = stat.executeQuery(query))
52             {
53                while (rs.next())
54                   authors.add(rs.getString(1));
55             }
56             // Fill the publishers array list
57             query = "SELECT Name FROM Publishers";
58             try (ResultSet rs = stat.executeQuery(query))
59             {
60                while (rs.next())
61                   publishers.add(rs.getString(1));
62             }
63          }
64          boolean done = false;
65          while (!done)
66          {
67             System.out.print("Q)uery C)hange prices E)xit: ");
68             String input = in.next().toUpperCase();
69             if (input.equals("Q"))
70                executeQuery();
71             else if (input.equals("C"))
72                changePrices();
73             else
74                done = true;
75          }
76       }
77       catch (SQLException e)
78       {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
79            for (Throwable t : e)
80               System.out.println(t.getMessage());
81         }
82      }
83
84      /**
85       * Executes the selected query.
86       */
87      private static void executeQuery() throws SQLException
88      {
89         String author = select("Authors:", authors);
90         String publisher = select("Publishers:", publishers);
91         PreparedStatement stat;
92         if (!author.equals("Any") && !publisher.equals("Any"))
93         {
94            stat = conn.prepareStatement(authorPublisherQuery);
95            stat.setString(1, author);
96            stat.setString(2, publisher);
97         }
98         else if (!author.equals("Any") && publisher.equals("Any"))
99         {
100            stat = conn.prepareStatement(authorQuery);
101            stat.setString(1, author);
102         }
103         else if (author.equals("Any") && !publisher.equals("Any"))
104         {
105            stat = conn.prepareStatement(publisherQuery);
106            stat.setString(1, publisher);
107         }
108         else
109            stat = conn.prepareStatement(allQuery);
110
111         try (ResultSet rs = stat.executeQuery())
112         {
113            while (rs.next())
114               System.out.println(rs.getString(1) + ", " + rs.getString(2));
115            }
116      }
117
118      /**
119       * Executes an update statement to change prices.
120       */
121      public static void changePrices() throws SQLException
122      {
123         String publisher = select("Publishers:", publishers.subList(1, publishers.size()));
124         System.out.print("Change prices by: ");
125         double priceChange = in.nextDouble();
126         PreparedStatement stat = conn.prepareStatement(priceUpdate);
127         stat.setDouble(1, priceChange);
128         stat.setString(2, publisher);
129         int r = stat.executeUpdate();
130         System.out.println(r + " records updated.");
131      }
132
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
133    /**
134     * Asks the user to select a string.
135     * @param prompt the prompt to display
136     * @param options the options from which the user can choose
137     * @return the option that the user chose
138     */
139    public static String select(String prompt, List<String> options)
140    {
141       while (true)
142       {
143          System.out.println(prompt);
144          for (int i = 0; i < options.size(); i++)
145             System.out.printf("%2d) %s%n", i + 1, options.get(i));
146          int sel = in.nextInt();
147          if (sel > 0 && sel <= options.size())
148             return options.get(sel - 1);
149       }
150    }
151
152    /**
153     * Gets a connection from the properties specified in the file database.properties.
154     * @return the database connection
155     */
156    public static Connection getConnection() throws SQLException, IOException
157    {
158       Properties props = new Properties();
159       try (InputStream in = Files.newInputStream(Paths.get("database.properties")))
160       {
161          props.load(in);
162       }
163
164       String drivers = props.getProperty("jdbc.drivers");
165       if (drivers != null) System.setProperty("jdbc.drivers", drivers);
166       String url = props.getProperty("jdbc.url");
167       String username = props.getProperty("jdbc.username");
168       String password = props.getProperty("jdbc.password");
169
170       return DriverManager.getConnection(url, username, password);
171    }
172 }
```

API *java.sql.Connection* 1.1

- `PreparedStatement prepareStatement(String sql)`

  返回一个含预编译语句的 `PreparedStatement` 对象。字符串 `sql` 代表一个 SQL 语句，该语句可以包含一个或多个由 ? 字符指明的参数占位符。

API *java.sql.PreparedStatement* 1.1

- `void set`*Xxx*`(int n, `*Xxx*` x)`

  (*Xxx* 指 `int`、`double`、`String`、`Date` 之类的数据类型) 设置第 `n` 个参数值为 `x`。

- `void clearParameters()`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

清除预备语句中的所有当前参数。

- `ResultSet executeQuery()`
  执行预备 SQL 查询，并返回一个 `ResultSet` 对象。
- `int executeUpdate()`
  执行预备 SQL 语句 `INSERT`、`UPDATE` 或 `DELETE`，这些语句由 `PreparedStatement` 对象表示。该方法返回在执行上述语句过程中所有受影响的记录总数。如果执行的是数据定义语言（DDL）中的语句，如 `CREATE TABLE`，则该方法返回 0。

4.5.2 读写 LOB

除了数字、字符串和日期之外，许多数据库还可以存储大对象，例如图片或其他数据。在 SQL 中，二进制大对象称为 BLOB，字符型大对象称为 CLOB。

要读取 LOB，需要执行 `SELECT` 语句，然后在 `ResultSet` 上调用 `getBlob` 或 `getClob` 方法，这样就可以获得 `Blob` 或 `Clob` 类型的对象。要从 Blob 中获取二进制数据，可以调用 `getBytes` 或 `getInputStream`。例如，如果你有一张保存图书封面图像的表，那么就可以像下面这样获取一张图像：

```
PreparedStatement stat = conn.prepareStatement("SELECT Cover FROM BookCovers WHERE ISBN=?");
stat.set(1, isbn);
ResultSet result = stat.executeQuery();
if (result.next())
{
   Blob coverBlob = result.getBlob(1);
   Image coverImage = ImageIO.read(coverBlob.getBinaryStream());
}
```

类似地，如果获取了 `Clob` 对象，那么就可以通过调用 `getSubString` 或 `getCharacterStream` 方法来获取其中的字符数据。

要将 LOB 置于数据库中，需要在 `Connection` 对象上调用 `createBlob` 或 `createClob`，然后获取一个用于该 LOB 的输出流或写出器，写出数据，并将该对象存储到数据库中。例如，下面展示了如何存储一张图像：

```
Blob coverBlob = connection.createBlob();
int offset = 0;
OutputStream out = coverBlob.setBinaryStream(offset);
ImageIO.write(coverImage, "PNG", out);
PreparedStatement stat = conn.prepareStatement("INSERT INTO Cover VALUES (?, ?)");
stat.set(1, isbn);
stat.set(2, coverBlob);
stat.executeUpdate();
```

API *java.sql.ResultSet 1.1*

- `Blob getBlob(int columnIndex) 1.2`
- `Blob getBlob(String columnLabel) 1.2`
- `Clob getClob(int columnIndex) 1.2`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `Clob getClob(String columnLabel) 1.2`
  获取给定列的 BLOB 或 CLOB。

API *java.sql.Blob 1.2*

- `long length()`
  获取该 BLOB 的长度。
- `byte[] getBytes(long startPosition, long length)`
  获取该 BLOB 中给定范围的数据。
- `InputStream getBinaryStream()`
- `InputStream getBinaryStream(long startPosition, long length)`
  返回一个输入流，用于读取该 BLOB 中全部或给定范围的数据。
- `OutputStream setBinaryStream(long startPosition) 1.4`
  返回一个输出流，用于从给定位置开始写入该 BLOB。

API *java.sql.Clob 1.4*

- `long length()`
  获取该 CLOB 中的字符总数。
- `String getSubString(long startPosition, long length)`
  获取该 BLOB 中给定范围的字符。
- `Reader getCharacterStream()`
- `Reader getCharacterStream(long startPosition, long length)`
  返回一个读入器（而不是流），用于读取 CLOB 中全部或给定范围的数据。
- `Writer setCharacterStream(long startPosition) 1.4`
  返回一个写出器（而不是流），用于从给定位置开始写入该 CLOB。

API *java.sql.Connection 1.1*

- `Blob createBlob() 6`
- `Clob createClob() 6`
  创建一个空的 BLOB 或 CLOB。

4.5.3 SQL 转义

“转义”语法支持各种数据库普遍支持的特性，但是数据库使用的是与数据库相关的语法变体，因此，将转义语法转译为特定数据库的语法是 JDBC 驱动程序的任务之一。

转义主要用于下列特性：

- 日期和时间字面常量
- 调用标量函数
- 调用存储过程

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- 外连接
- 在 LIKE 子句中的转义字符

日期和时间字面常量随数据库的不同而变化很大。要嵌入日期或时间字面常量，需要按照 ISO 8601 格式（http://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/iso-time.html）指定它的值，之后驱动程序会将其转译为本地格式。应该使用 d、t、ts 来表示 DATE、TIME 和 TIMESTAMP 值：

```
{d '2008-01-24'}
{t '23:59:59'}
{ts '2008-01-24 23:59:59.999'}
```

标量函数（scalar function）是指仅返回一个值的函数。在数据库中包含大量的函数，但是不同的数据库中这些函数名存在着差异。JDBC 规范提供了标准的名字，并将其转译为数据库相关的名字。要调用函数，需要像下面这样嵌入标准的函数名和参数：

```
{fn left(?, 20)}
{fn user()}
```

在 JDBC 规范中可以找到它支持的函数名的完整列表。

存储过程（stored procedure）是在数据库中执行的用数据库相关的语言编写的过程。要调用存储过程，需要使用 call 转义命令，其中在存储过程没有任何参数的时候，就不用加上括号。另外，应该用 = 来捕获存储过程的返回值：

```
{call PROC1(?, ?)}
{call PROC2}
{call ? = PROC3(?)}
```

两个表的外连接（outer join）并不要求每个表的所有行都要根据连接条件进行匹配，例如，假设有如下的查询：

```
SELECT * FROM {oj Books LEFT OUTER JOIN Publishers ON Books.Publisher_Id = Publisher.Publisher_Id}
```

这个查询的执行结果中将包含有 Publisher_Id 在 Publishers 表中没有任何匹配的书，其中，Publisher_ID为 NULL 值的行，就表示不存在任何匹配。如果应该使用 RIGHT OUTER JOIN，就可以囊括没有任何匹配图书的出版商，而使用 FULL OUTER JOIN 可以同时返回这两类没有任何匹配的信息。由于并非所有的数据库对于这些连接都使用标准的写法，因此需要使用转义语法。

最后一种情况，_ 和 % 字符在 LIKE 子句中具有特殊含义，用来匹配一个字符或一个字符序列。目前并不存在任何在字面上使用它们的标准方式，所以如果想要匹配所有包含 _ 字符的字符串，就必须使用下面的结构：

```
... WHERE ? LIKE %!_% {escape '!'}
```

这里我们将！定义为转义字符，而 !_ 组合表示字面常量下划线。

4.5.4 多结果集

在执行存储过程，或者在使用允许在单个查询中提交多个 SELECT 语句的数据库时，一个查询有可能会返回多个结果集。下面是获取所有结果集的步骤：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

1）使用 execute 方法来执行 SQL 语句。

2）获取第一个结果集或更新计数。

3）重复调用 getMoreResults 方法以移动到下一个结果集。

4）当不存在更多的结果集或更新计数时，完成操作。

如果由多结果集构成的链中的下一项是结果集，execute 和 getMoreResults 方法将返回 true，而如果在链中的下一项不是更新计数，getUpdateCount 方法将返回 — 1。

下面的循环可以遍历所有的结果：

```
boolean isResult = stat.execute(command);
boolean done = false;
while (!done)
{
   if (isResult)
   {
      ResultSet result = stat.getResultSet();
      do something with result
   }
   else
   {
      int updateCount = stat.getUpdateCount();
      if (updateCount >= 0)
         do something with updateCount
      else
         done = true;
   }
   if (!done) isResult = stat.getMoreResults();
}
```

API *java.sql.Statement* 1.1

- boolean getMoreResults()
- boolean getMoreResults(int current)6

  获取该语句的下一个结果集，Current 参数是 CLOSE_CURRENT_RESULT（默认值），KEEP_CURRENT_RESULT 或 CLOSE_ALL_RESULTS 之一。如果存在下一个结果集，并且它确实是一个结果集，则返回 true。

4.5.5 获取自动生成键

大多数数据库都支持某种在数据库中对行自动计数的机制。但是，不同的提供商所提供的机制之间存在着很大的差异，而这些自动计数的值经常用作主键。尽管 JDBC 没有提供独立于提供商的自动生成键的解决方案，但是它提供了获取自动生成键的有效途径。当我们向数据表中插入一个新行，且其键自动生成时，可以实现下面的代码来获取这个键：

```
stmt.executeUpdate(insertStatement, Statement.RETURN_GENERATED_KEYS);
ResultSet rs = stmt.getGeneratedKeys();
if (rs.next())
{
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
    int key = rs.getInt(1);
    . . .
}
```

API *java.sql.Statement* 1.1

- `boolean execute(String statement, int autogenerated)` 1.4
- `int executeUpdate(String statement, int autogenerated)` 1.4

像前面描述的那样执行给定的SQL语句，如果autogenerated被设置为Statement. RETURN_GENERATED_KEYS，并且该语句是一条INSERT语句，那么第一列中就是自动生成的键。

4.6 可滚动和可更新的结果集

我们前面已经介绍过，使用ResultSet接口中的next方法可以迭代遍历结果集中的所有行。对于一个只需要分析数据的程序来说，这显然已经足够了。不过，如果是用于显示一张表或查询结果的可视化数据显示（参见图4-4），我们通常会希望用户可以在结果集上前后移动。在可滚动结果集中，可以在其中向前或向后移动，甚至可以跳到任意位置。

另外，一旦向用户显示了结果集中的内容，他们就可能希望编辑这些内容。在可更新的结果集中，可以以编程方式来更新其中的项，使得数据库可以自动更新数据。我们将在下面的小节中讨论这些功能。

4.6.1 可滚动的结果集

默认情况下，结果集是不可滚动和不可更新的。为了从查询中获取可滚动的结果集，必须使用下面的方法得到一个不同的Statement对象：

```
Statement stat = conn.createStatement(type, concurrency);
```

如果要获得预备语句，请调用下面的方法：

```
PreparedStatement stat = conn.prepareStatement(command, type, concurrency);
```

表4-6和表4-7列出了type和concurrency的所有可能值，可以有以下几种选择：

- 是否希望结果集是可滚动的？如果不需要，则使用ResultSet.TYPE_FORWARD_ONLY。
- 如果结果集是可滚动的，且数据库在查询生成结果集之后发生了变化，那么是否希望结果集反映出这些变化？（在我们的讨论中，我们假设将可滚动的结果集设置为ResultSet.TYPE_SCROLL_INSENSITIVE。这个设置将使结果集“感应”不到查询结束后出现的数据库变化。）
- 是否希望通过编辑结果集就可以更新数据库？（详细说明请参见下一节内容。）

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表 4-6 ResultSet 类的 type 值

值	解 释
TYPE_FORWARD_ONLY	结果集不能滚动（默认值）
TYPE_SCROLL_INSENSITIVE	结果集可以滚动，但对数据库变化不敏感
TYPE_SCROLL_SENSITIVE	结果集可以滚动，且对数据库变化敏感

表 4-7 ResultSet 类的 Concurrency 值

值	解 释
CONCUR_READ_ONLY	结果集不能用于更新数据库（默认值）
CONCUR_UPDATABLE	结果集可以用于更新数据库

例如，如果只想滚动遍历结果集，而不想编辑它的数据，那么可以使用以下语句：

```
Statement stat = conn.createStatement(
   ResultSet.TYPE_SCROLL_INSENSITIVE, ResultSet.CONCUR_READ_ONLY);
```

现在，通过调用以下方法获得的所有结果集都将是可滚动的。

```
ResultSet rs = stat.executeQuery(query)
```

可滚动的结果集有一个游标，用以指示当前位置。

注意： 并非所有的数据库驱动程序都支持可滚动和可更新的结果集。（使用 DatabaseMetaData 接口中的 supportsResultSetType 和 supportsResultSetConcurrency 方法，我们可以获知在使用特定的驱动程序时，某个数据库究竟支持哪些结果集类型以及哪些并发模式。）即便是数据库支持所有的结果集模式，某个特定的查询也可能无法产生带有所请求的所有属性的结果集。（例如，一个复杂查询的结果集就有可能是不可更新的结果集。）在这种情况下，executeQuery 方法将返回一个功能较少的 ResultSet 对象，并添加一个 SQLWarning 到连接对象中。（参见第 4.4.2 节有关如何获取警告信息的内容）或者，也可以使用 ResultSet 接口中的 getType 和 getConcurrency 方法查看结果集实际支持的模式。如果不检查结果集的功能就发起一个不支持的操作，比如对不可滚动的结果集调用 previous 方法，那么程序将抛出一个 SQLException 异常。

在结果集上的滚动是非常简单的，可以使用

```
if (rs.previous()) . . .
```

向后滚动。如果游标位于一个实际的行上，那么该方法将返回 true；如果游标位于第一行之前，那么返回 false。

可以使用以下调用将游标向后或向前移动多行：

```
rs.relative(n);
```

如果 n 为正数，游标将向前移动。如果 n 为负数，游标将向后移动。如果 n 为 0，那么调用该方法将不起任何作用。如果试图将游标移动到当前行集的范围之外，即根据 n 值的正负号，游标需要被设置在最后一行之后或第一行之前，那么，该方法将返回 false，且不移

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

动游标。如果游标位于一个实际的行上，那么该方法将返回 true。

或者，还可以将游标设置到指定的行号上：

```
rs.absolute(n);
```

调用以下方法将返回当前行的行号：

```
int currentRow = rs.getRow();
```

结果集中第一行的行号为 1。如果返回值为 0，那么当前游标不在任何行上，它要么位于第一行之前，要么位于最后一行之后。

first、last、beforeFirst 和 afterLast 这些简便方法用于将游标移动到第一行、最后一行、第一行之前或最后一行之后。

最后，isFirst、isLast、isBeforeFirst 和 isAfterLast 用于测试游标是否位于这些特殊位置上。

使用可滚动的结果集是非常简单的，将查询数据放入缓存中的复杂工作是由数据库驱动程序在后台完成的。

4.6.2 可更新的结果集

如果希望编辑结果集中的数据，并且将结果集上的数据变更自动反映到数据库中，那么就必须使用可更新的结果集。可更新的结果集并非必须是可滚动的，但如果将数据提供给用户去编辑，那么通常也会希望结果集是可滚动的。

如果要获得可更新的结果集，应该使用以下方法创建一条语句：

```
Statement stat = conn.createStatement(
   ResultSet.TYPE_SCROLL_INSENSITIVE, ResultSet.CONCUR_UPDATABLE);
```

这样，调用 executeQuery 方法返回的结果集就将是可更新的结果集。

注意： 并非所有的查询都会返回可更新的结果集。如果查询涉及多个表的连接操作，那么它所产生的结果集将是不可更新的。如果查询只涉及一个表，或者在查询时是使用主键连接多个表的，那么它所产生的结果集将是可更新的结果集。可以调用 ResultSet 接口中的 getConcurrency 方法来确定结果集是否是可更新的。

例如，假设想提高某些图书的价格，但是在执行 UPDATE 语句时又没有一个简单而统一的提价标准。此时，就可以根据任意的条件，迭代遍历所有的图书并更新它们的价格。

```
String query = "SELECT * FROM Books";
ResultSet rs = stat.executeQuery(query);
while (rs.next())
{
   if (. . .)
   {
      double increase = . . .
      double price = rs.getDouble("Price");
      rs.updateDouble("Price", price + increase);
      rs.updateRow(); // make sure to call updateRow after updating fields
   }
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

所有对应于SQL类型的数据类型都配有updateXxx方法，比如updateDouble、updateString等。与getXxx方法相同，在使用updateXxx方法时必须指定列的名称或序号。然后，你可以给该字段设置新的值。

注意： 在使用第一个参数为列序号的updateXxx方法时，请注意这里的列序号指的是该列在结果集中的序号。它的值可以与数据库中的列序号不同。

updateXxx方法改变的只是结果集中的行值，而非数据库中的值。当更新完行中的字段值后，必须调用updateRow方法，这个方法将当前行中的所有更新信息发送给数据库。如果没有调用updateRow方法就将游标移动到其他行上，那么对此行所做的所有更新都将被丢弃，而且永远也不会被传递给数据库。还可以调用cancelRowUpdates方法来取消对当前行的更新。

我们在前面的例子中已经介绍过如何修改一个现有的行。如果想在数据库中添加一条新的记录，首先需要使用moveToInsertRow方法将游标移动到特定的位置，我们称之为插入行（insert row）。然后，调用updateXxx方法在插入行的位置上创建一个新的行。在上述操作全部完成之后，还需要调用insertRow方法将新建的行发送给数据库。完成插入操作后，再调用moveToCurrentRow方法将游标移回到调用moveToInsertRow方法之前的位置。下面是一段示例程序：

```
rs.moveToInsertRow();
rs.updateString("Title", title);
rs.updateString("ISBN", isbn);
rs.updateString("Publisher_Id", pubid);
rs.updateDouble("Price", price);
rs.insertRow();
rs.moveToCurrentRow();
```

请注意，你无法控制在结果集或数据库中添加新数据的位置。

对于在插入行中没有指定值的列，将被设置为SQL的NULL。但是，如果这个列有NOT NULL约束，那么将会抛出异常，而这一行也无法插入。

最后需要说明的是，你可以使用以下方法删除游标所指的行。

```
rs.deleteRow();
```

deleteRow方法会立即将该行从结果集和数据库中删除。

ResultSet接口中的updateRow、insertRow和deleteRow方法的执行效果等同于SQL命令中的UPDATE、INSERT和DELETE。不过，习惯于Java编程语言的程序员通常会觉得使用结果集来操控数据库要比使用SQL语句自然得多。

警告： 如果不小心处理的话，就很有可能在使用可更新的结果集时编写出非常低效的代码。执行UPDATE语句，要比建立一个查询，然后一边遍历一边修改数据显得高效得多。对于用户能够任意修改数据的交互式程序来说，使用可更新的结果集是非常有意义的。但是，对大多数程序性的修改而言，使用SQL的UPDATE语句更合适一些。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意：JDBC 2 对结果集做了进一步的改进，例如，如果数据被其他的并发数据库连接所修改，那么它可以用最新的数据来更新结果集。JDBC 3 添加了另一种优化，可以指定结果集在事务提交时的行为。但是，这些高级特性超出了本章的范围。我们推荐你参考 Maydene Fisher、Jon Ellis 和 Jonathan Bruce 所著的《JDBC API Tutorial and Reference》(Addison-Wesley 出版社 2003 年出版) 和 www.oracle.com/technetwork/java/javase/tech/index-jsp-136101.html 处的 JDBC 规范，以了解更多的信息。

API *java.sql.Connection* 1.1

- `Statement createStatement(int type, int concurrency)` 1.2
- `PreparedStatement prepareStatement(String command, int type, int concurrency)` 1.2

创建一个语句或预备语句，且该语句可以产生指定类型和并发模式的结果集。

参数：`command` 要预备的命令

`type` ResultSet 接口中的下述常量之一：TYPE_FORWARD_ONLY、TYPE_SCROLL_INSENSITIVE 或者 TYPE_SCROLL_SENSITIVE

`concurrency` ResultSet 接口中的下述常量之一：CONCUR_READ_ONLY 或者 CONCUR_UPDATABLE

API *java.sql.ResultSet* 1.1

- `int getType()`1.2

返回结果集的类型。返回值为以下常量之一：TYPE_FORWARD_ONLY、TYPE_SCROLL_INSENSITIVE 或 TYPE_SCROLL_SENSITIVE。

- `int getConcurrency()`1.2

返回结果集的并发设置。返回值为以下常量之一：CONCUR_READ_ONLY 或 CONCUR_UPDATABLE

- `boolean previous()`1.2

将游标移动到前一行。如果游标位于某一行上，则返回 true；如果游标位于第一行之前的位置，则返回 false。

- `int getRow()` 1.2

得到当前行的序号。所有行从 1 开始编号。

- `boolean absolute(int r)` 1.2

移动游标到第 r 行。如果游标位于某一行上，则返回 true。

- `boolean relative(int d)` 1.2

将游标移动 d 行。如果 d 为负数，则游标向后移动。如果游标位于某一行上，则返回 true。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- boolean first() 1.2
- boolean last() 1.2

  移动游标到第一行或最后一行。如果游标位于某一行上，则返回 true。
- void beforeFirst() 1.2
- void afterLast() 1.2

  移动游标到第一行之前或最后一行之后的位置。
- boolean isFirst() 1.2
- boolean isLast() 1.2

  测试游标是否在第一行或最后一行。
- boolean isBeforeFirst() 1.2
- boolean isAfterLast() 1.2

  测试游标是否在第一行之前或最后一行之后的位置。
- void moveToInsertRow() 1.2

  移动游标到插入行。插入行是一个特殊的行，可以在该行上使用 updateX*xx* 和 insertRow 方法来插入新数据。
- void moveToCurrentRow() 1.2

  将游标从插入行移回到调用 moveToInsertRow 方法之前它所在的那一行。
- void insertRow() 1.2

  将插入行上的内容插入到数据库和结果集中。
- void deleteRow() 1.2

  从数据库和结果集中删除当前行。
- void update*Xxx*(int column, *Xxx* data) 1.2
- void update*Xxx*(String columnName, *Xxx* data) 1.2

  （*Xxx* 指数据类型，比如 int、double、String、Date 等）更新结果中当前行上的某个字段值。
- void updateRow() 1.2

  将当前行的更新信息发送到数据库。
- void cancelRowUpdates() 1.2

  撤销对当前行的更新。

API *java.sql.DatabaseMetaData* 1.1

- boolean supportsResultSetType(int type) 1.2

  如果数据库支持给定类型的结果集，则返回 true。type 是 ResultSet 接口中的常量之一：TYPE_FORWARD_ONLY、TYPE_SCROLL_INSENSITIVE 或者 TYPE_SCROLL_SENSITIVE。
- boolean supportsResultSetConcurrency(int type, int concurrency) 1.2

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果数据库支持给定类型和并发模式的结果集，则返回 true。

参数：type　　ResultSet 接口中的下述常量之一：TYPE_FORWARD_ONLY、TYPE_SCROLL_INSENSITIVE 或者 TYPE_SCROLL_SENSITIVE

concurrency　　ResultSet 接口中的下述常量之一：CONCUR_READ_ONL 或者 CONCUR_UPDATABLE

4.7 行集

可滚动的结果集虽然功能强大，却有一个重要的缺陷：在与用户的整个交互过程中，必须始终与数据库保持连接。用户也许会离开电脑旁很长一段时间，而在此期间却始终占有着数据库连接。这种方式存在很大的问题，因为数据库连接属于稀有资源。在这种情况下，我们可以使用行集。RowSet 接口扩展自 ResultSet 接口，却无需始终保持与数据库的连接。

行集还适用于将查询结果移动到复杂应用的其他层，或者是诸如手机之类的其他设备中。你可能从未考虑过移动一个结果集，因为它的数据结构非常庞大，且依赖于数据连接。

4.7.1 构建行集

以下为 javax.sql.rowset 包提供的接口，它们都扩展了 RowSet 接口：

- CachedRowSet 允许在断开连接的状态下执行相关操作。关于被缓存的行集我们将在下一节中讨论。
- WebRowSet 对象代表了一个被缓存的行集，该行集可以保存为 XML 文件。该文件可以移动到 Web 应用的其他层中，只要在该层中使用 WebRowSet 对象重新打开该文件即可。
- FilteredRowSet 和 JoinRowSet 接口支持对行集的轻量级操作，它们等同于 SQL 中的 SELECT 和 JOIN 操作。这两个接口的操作对象是存储在行集中的数据，因此运行时无需建立数据库连接。
- JdbcRowSet 是 ResultSet 接口的一个瘦包装器。它从 RowSet 接口中继承了均有用的 get 方法和 set 方法，从而将一个结果集转换成一个“bean”。（关于 bean 的更多信息请参见第 8 章。）

在 Java 7 中，有一种获取行集的标准方式：

```
RowSetFactory factory = RowSetProvider.newFactory();
CachedRowSet crs = factory.createCachedRowSet();
```

获取其他行集类型的对象也有类似的方法。

在 Java 7 之前，创建行集的方法都是与供应商相关的。另外，JDK 在 com.sun.rowset 中还提供了参考实现，这些实现类的名字以 Impl 结尾，例如 CachedRowSetImpl。如果你无法使用 RowSetProvider，那么可以使用下面的类取而代之：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
CachedRowSet crs = new com.sun.rowset.CachedRowSetImpl();
```

4.7.2 被缓存的行集

一个被缓存的行集包含了一个结果集中所有的数据。CachedRowSet 是 ResultSet 接口的子接口，所以你完全可以像使用结果集一样来使用被缓存的行集。被缓存的行集有一个非常重要的优点：断开数据库连接后仍然可以使用行集。你将在程序清单 4-4 的示例程序中看到，这种做法大大简化了交互式应用的实现。在执行每个用户命令时，我们只需打开数据库连接、执行查询操作、将查询结果放入被缓存的行集，然后关闭数据库连接即可。

我们甚至可以修改被缓存的行集中的数据。当然，这些修改不会立即反馈到数据库中。相反，必须发起一个显式的请求，以便让数据库真正接受所有修改。此时 CachedRowSet 类会重新连接到数据库，并通过执行 SQL 语句向数据库中写入所有修改后的数据。

可以使用一个结果集来填充 CachedRowSet 对象：

```
ResultSet result = . . .;
CachedRowSet crs = new com.sun.rowset.CachedRowSetImpl();
   // or use an implementation from your database vendor
crs.populate(result);
conn.close(); // now OK to close the database connection
```

或者，也可以让 CachedRowSet 对象自动创建一个数据库连接。首先，设置数据库参数：

```
crs.setURL("jdbc:derby://localhost:1527/COREJAVA");
crs.setUsername("dbuser");
crs.setPassword("secret");
```

然后，设置查询语句和所有参数。

```
crs.setCommand("SELECT * FROM Books WHERE PUBLISHER = ?");
crs.setString(1, publisherName);
```

最后，将查询结果填充到行集：

```
crs.execute();
```

这个方法调用会建立数据库连接、执行查询操作、填充行集，最后断开连接。

如果查询结果非常大，那我们肯定不想将其全部放入行集中。毕竟，用户可能只是想浏览其中的几行而已。在这种情况下，可以指定每一页的尺寸：

```
CachedRowSet crs = . . .;
crs.setCommand(command);
crs.setPageSize(20);
. . .
crs.execute();
```

现在就能只获得 20 行了。要获取下一批数据，可以调用：

```
crs.nextPage();
```

可以使用与结果集中相同的方法来查看和修改行集中的数据。如果修改了行集中的内容，那么必须调用以下方法将修改写回到数据库中：

```
crs.acceptChanges(conn);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

或

```
crs.acceptChanges();
```

只有在行集中设置了连接数据库所需的信息（如 URL、用户名和密码）时，上述第二个方法调用才会有效。

在第 4.6.2 节中，我们曾经介绍过，并非所有的结果集都是可更新的。同样，如果一个行集包含的是复杂查询的查询结果，那么我们就无法将对行集数据的修改写回到数据库中。不过，如果行集上的数据都来自同一张数据库表，我们就可以安全地写回数据。

警告： 如果是使用结果集来填充行集，那么行集就无从获知需要更新数据的数据库表名。此时，必须调用 setTable 方法来设置表名称。

另一个导致问题复杂化的情况是：在填充了行集之后，数据库中的数据发生了改变，这显然容易造成数据不一致性。为了解决这个问题，参考实现会首先检查行集中的原始值（即，修改前的值）是否与数据库中的当前值一致。如果一致，那么修改后的值将覆盖数据库中的当前值。否则，将抛出 SyncProviderException 异常，且不向数据库写回任何值。在实现行集接口时其他实现也可以采用不同的同步策略。

API *javax.sql.RowSet* 1.4

- String getURL()
- void setURL(String url)

  获取或设置数据库的 URL。
- String getUsername()
- void setUsername(String username)

  获取或设置连接数据库所需的用户名。
- String getPassword()
- void setPassword(String password)

  获取或设置连接数据库所需的密码。
- String getCommand()
- void setCommand(String command)

  获取或设置向行集中填充数据时需要执行的命令。
- void execute()

  通过执行使用 setCommand 方法设置的语句集来填充行集。为了使驱动管理器可以获得连接，必须事先设定 URL、用户名和密码。

API *javax.sql.rowset.CachedRowSet* 5.0

- void execute(Connection conn)

  通过执行使用 setCommand 方法设置的语句集来填充行集。该方法使用给定的连接，并负责关闭它。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- void populate(ResultSet result)
  将指定的结果集中的数据填充到被缓存的行集中。
- String getTableName()
- void setTableName(String tableName)
  获取或设置数据库表名称，填充被缓存的行集时所需的数据来自该表。
- int getPageSize()
- void setPageSize(int size)
  获取和设置页的尺寸。
- boolean nextPage()
- boolean previousPage()
  加载下一页或上一页，如果要加载的页存在，则返回 true。
- void acceptChanges()
- void acceptChanges(Connection conn)
  重新连接数据库，并写回行集中修改过的数据。如果因为数据库中的数据已经被修改而导致无法写回行集中的数据，该方法可能会抛出 SyncProviderException 异常。

API javax.sql.rowset.RowSetProvider 7

- static RowSetFactory newFactory()
  创建一个行集工厂。
- CachedRowSet createCachedRowSet()
- FilteredRowSet createFilteredRowSet()
- JdbcRowSet createJdbcRowSet()
- JotnRowSet createJoinRowSet()
- WebRowSet createWebRowSet()
  创建一个指定类型的行集。

4.8 元数据

在前几节中，我们介绍了如何填充、查询和更新数据库表。其实，JDBC 还可以提供关于数据库及其表的结构的详细信息。例如，可以获取某个数据库的所有表的列表，也可以获得某个表中所有列的名称及其数据类型。如果是在开发业务应用时使用事先定义好的数据库，那么数据库结构和表信息就不是非常有用了。毕竟，在设计数据库表时，就已经知道了它们的结构。但是，对于那些编写数据库工具的程序员来说，数据库的结构信息却是极其有用的。

在 SQL 中，描述数据库或其组成部分的数据称为*元数据*（区别于那些存在数据库中的实际数据）。我们可以获得三类元数据：关于数据库的元数据、关于结果集的元数据以及关于预备语句参数的元数据。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果要了解数据库的更多信息，可以从数据库连接中获取一个 DatabaseMetaData 对象。

```
DatabaseMetaData meta = conn.getMetaData();
```

现在就可以获取某些元数据了。例如，调用

```
ResultSet mrs = meta.getTables(null, null, null, new String[] { "TABLE" });
```

将返回一个包含所有数据库表信息的结果集（如果要了解该方法的其他参数，请参见本节末尾的 API 说明）。

该结果集中的每一行都包含了数据库中一张表的详细信息，其中，第三列是表的名称。（同样，如果要了解其他列的信息，请参阅 API 说明。）下面的循环可以获取所有的表名：

```
while (mrs.next())
   tableNames.addItem(mrs.getString(3));
```

数据库元数据还有第二个重要应用。数据库是非常复杂的，SQL 标准为数据库的多样性提供了很大的空间。DatabaseMetaData 接口中有上百个方法可以用于查询数据库的相关信息，包括一些使用奇特的名字进行调用的方法，如：

```
meta.supportsCatalogsInPrivilegeDefinitions()
```

和

```
meta.nullPlusNonNullIsNull()
```

显然，这些方法主要是针对有特殊要求的高级用户的，尤其是那些需要编写涉及多个数据库且具有高可移植性的代码的编程人员。

DatabaseMetaData 接口用于提供有关数据库的数据，第二个元数据接口 ResultSetMetaData 则用于提供结果集的相关信息。每当通过查询得到一个结果集时，我们都可以获取该结果集的列数以及每一列的名称、类型和字段宽度。下面是一个典型的循环：

```
ResultSet mrs = stat.executeQuery("SELECT * FROM " + tableName);
ResultSetMetaData meta = mrs.getMetaData();
for (int i = 1; i <= meta.getColumnCount(); i++)
{
   String columnName = meta.getColumnLabel(i);
   int columnWidth = meta.getColumnDisplaySize(i);
   . . .
}
```

在这一节中，我们将介绍如何编写一个简单的数据库工具，程序清单 4-4 中的程序通过使用元数据来浏览数据库中的所有表，该程序还展示了如何使用带缓存的行集。

程序清单 4-4 view/ViewDB.java

```
1  package view;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.io.*;
6  import java.nio.file.*;
7  import java.sql.*;
8  import java.util.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
9  import javax.sql.*;
10 import javax.sql.rowset.*;
11 import javax.swing.*;
12
13 /**
14  * This program uses metadata to display arbitrary tables in a database.
15  * @version 1.32 2012-01-26
16  * @author Cay Horstmann
17  */
18 public class ViewDB
19 {
20    public static void main(String[] args)
21    {
22       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
23          {
24             public void run()
25             {
26                JFrame frame = new ViewDBFrame();
27                frame.setTitle("ViewDB");
28                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
29                frame.setVisible(true);
30             }
31          });
32    }
33 }
34
35 /**
36  * The frame that holds the data panel and the navigation buttons.
37  */
38 class ViewDBFrame extends JFrame
39 {
40    private JButton previousButton;
41    private JButton nextButton;
42    private JButton deleteButton;
43    private JButton saveButton;
44    private DataPanel dataPanel;
45    private Component scrollPane;
46    private JComboBox<String> tableNames;
47    private Properties props;
48    private CachedRowSet crs;
49
50    public ViewDBFrame()
51    {
52       tableNames = new JComboBox<String>();
53       tableNames.addActionListener(new ActionListener()
54          {
55             public void actionPerformed(ActionEvent event)
56             {
57                showTable((String) tableNames.getSelectedItem());
58             }
59          });
60       add(tableNames, BorderLayout.NORTH);
61
62       try
63       {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
64          readDatabaseProperties();
65          try (Connection conn = getConnection())
66          {
67             DatabaseMetaData meta = conn.getMetaData();
68             ResultSet mrs = meta.getTables(null, null, null, new String[] { "TABLE" });
69             while (mrs.next())
70                tableNames.addItem(mrs.getString(3));
71          }
72       }
73       catch (SQLException e)
74       {
75          JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
76       }
77       catch (IOException e)
78       {
79          JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
80       }
81
82       JPanel buttonPanel = new JPanel();
83       add(buttonPanel, BorderLayout.SOUTH);
84
85       previousButton = new JButton("Previous");
86       previousButton.addActionListener(new ActionListener()
87          {
88             public void actionPerformed(ActionEvent event)
89             {
90                showPreviousRow();
91             }
92          });
93       buttonPanel.add(previousButton);
94       nextButton = new JButton("Next");
95       nextButton.addActionListener(new ActionListener()
96          {
97             public void actionPerformed(ActionEvent event)
98             {
99                showNextRow();
100            }
101         });
102      buttonPanel.add(nextButton);
103
104      deleteButton = new JButton("Delete");
105      deleteButton.addActionListener(new ActionListener()
106         {
107            public void actionPerformed(ActionEvent event)
108            {
109               deleteRow();
110            }
111         });
112      buttonPanel.add(deleteButton);
113
114      saveButton = new JButton("Save");
115      saveButton.addActionListener(new ActionListener()
116         {
117            public void actionPerformed(ActionEvent event)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
118             {
119                saveChanges();
120             }
121          });
122       buttonPanel.add(saveButton);
123       pack();
124    }
125
126    /**
127     * Prepares the text fields for showing a new table, and shows the first row.
128     * @param tableName the name of the table to display
129     */
130    public void showTable(String tableName)
131    {
132       try
133       {
134          try (Connection conn = getConnection())
135          {
136             // get result set
137             Statement stat = conn.createStatement();
138             ResultSet result = stat.executeQuery("SELECT * FROM " + tableName);
139             // copy into cached row set
140             RowSetFactory factory = RowSetProvider.newFactory();
141             crs = factory.createCachedRowSet();
142             crs.setTableName(tableName);
143             crs.populate(result);
144          }
145
146          if (scrollPane != null) remove(scrollPane);
147          dataPanel = new DataPanel(crs);
148          scrollPane = new JScrollPane(dataPanel);
149          add(scrollPane, BorderLayout.CENTER);
150          validate();
151          showNextRow();
152       }
153       catch (SQLException e)
154       {
155          JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
156       }
157    }
158
159    /**
160     * Moves to the previous table row.
161     */
162    public void showPreviousRow()
163    {
164       try
165       {
166          if (crs == null || crs.isFirst()) return;
167          crs.previous();
168          dataPanel.showRow(crs);
169       }
170       catch (SQLException e)
171       {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
172             for (Throwable t : e)
173                t.printStackTrace();
174          }
175       }
176
177       /**
178        * Moves to the next table row.
179        */
180       public void showNextRow()
181       {
182          try
183          {
184             if (crs == null || crs.isLast()) return;
185             crs.next();
186             dataPanel.showRow(crs);
187          }
188          catch (SQLException e)
189          {
190             JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
191          }
192       }
193
194       /**
195        * Deletes current table row.
196        */
197       public void deleteRow()
198       {
199          try
200          {
201             try (Connection conn = getConnection())
202             {
203                crs.deleteRow();
204                crs.acceptChanges(conn);
205                if (crs.isAfterLast())
206                   if (!crs.last()) crs = null;
207                dataPanel.showRow(crs);
208             }
209          }
210          catch (SQLException e)
211          {
212             JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
213          }
214       }
215
216       /**
217        * Saves all changes.
218        */
219       public void saveChanges()
220       {
221          try
222          {
223             try (Connection conn = getConnection())
224             {
225                dataPanel.setRow(crs);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
226             crs.acceptChanges(conn);
227          }
228       }
229       catch (SQLException e)
230       {
231          JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
232       }
233    }
234    private void readDatabaseProperties() throws IOException
235    {
236       props = new Properties();
237       try (InputStream in = Files.newInputStream(Paths.get("database.properties")))
238       {
239          props.load(in);
240       }
241       String drivers = props.getProperty("jdbc.drivers");
242       if (drivers != null) System.setProperty("jdbc.drivers", drivers);
243    }
244
245    /**
246     * Gets a connection from the properties specified in the file database.properties.
247     * @return the database connection
248     */
249    private Connection getConnection() throws SQLException
250    {
251       String url = props.getProperty("jdbc.url");
252       String username = props.getProperty("jdbc.username");
253       String password = props.getProperty("jdbc.password");
254
255       return DriverManager.getConnection(url, username, password);
256    }
257 }
258
259 /**
260  * This panel displays the contents of a result set.
261  */
262 class DataPanel extends JPanel
263 {
264    private java.util.List<JTextField> fields;
265
266    /**
267     * Constructs the data panel.
268     * @param rs the result set whose contents this panel displays
269     */
270    public DataPanel(RowSet rs) throws SQLException
271    {
272       fields = new ArrayList<>();
273       setLayout(new GridBagLayout());
274       GridBagConstraints gbc = new GridBagConstraints();
275       gbc.gridwidth = 1;
276       gbc.gridheight = 1;
277
278       ResultSetMetaData rsmd = rs.getMetaData();
279       for (int i = 1; i <= rsmd.getColumnCount(); i++)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
280       {
281          gbc.gridy = i - 1;
282          String columnName = rsmd.getColumnLabel(i);
283          gbc.gridx = 0;
284          gbc.anchor = GridBagConstraints.EAST;
285          add(new JLabel(columnName), gbc);
286
287          int columnWidth = rsmd.getColumnDisplaySize(i);
288          JTextField tb = new JTextField(columnWidth);
289          if (!rsmd.getColumnClassName(i).equals("java.lang.String"))
290             tb.setEditable(false);
291
292          fields.add(tb);
293
294          gbc.gridx = 1;
295          gbc.anchor = GridBagConstraints.WEST;
296          add(tb, gbc);
297       }
298    }
299
300    /**
301     * Shows a database row by populating all text fields with the column values.
302     */
303    public void showRow(ResultSet rs) throws SQLException
304    {
305       for (int i = 1; i <= fields.size(); i++)
306       {
307          String field = rs == null ? "" : rs.getString(i);
308          JTextField tb = fields.get(i - 1);
309          tb.setText(field);
310       }
311    }
312
313    /**
314     * Updates changed data into the current row of the row set.
315     */
316    public void setRow(RowSet rs) throws SQLException
317    {
318       for (int i = 1; i <= fields.size(); i++)
319       {
320          String field = rs.getString(i);
321          JTextField tb = fields.get(i - 1);
322          if (!field.equals(tb.getText()))
323             rs.updateString(i, tb.getText());
324       }
325       rs.updateRow();
326    }
327 }
```

顶部的组合框用于显示数据库中的所有表。选中其中一个表，框中央就会显示出该表的所有字段名及其第一条记录的值，见图 4-6。点击 Next 和 Previous 按钮可以滚动遍历表中的所有记录，还可以删除一行或编辑行的值，点击 Save 按钮可以将各种修改保存到数据库中。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

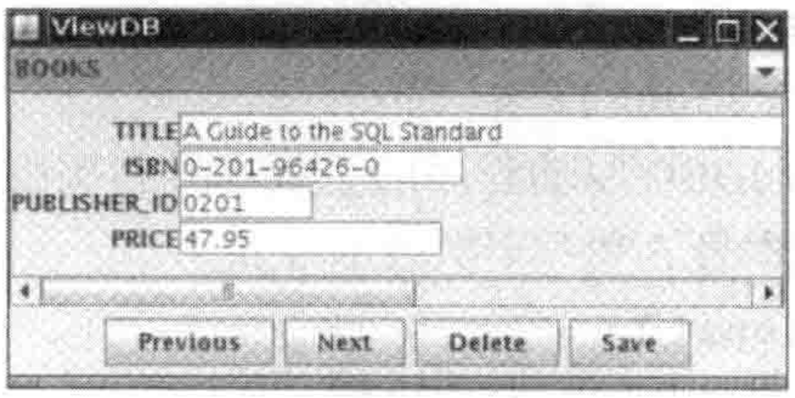


图 4-6 ViewDB 应用程序

注意：许多数据库都配有非常成熟的工具，用于查看和编辑数据库表。如果你使用的数据库没有这样的工具，那么可以求助于 iSQL-Viewer（http://isql.sourceforge.net）或者 SQuirreL（http://squirrel-sql.sourceforge.net）。这两个工具可以查看任何 JDBC 数据库中的表。我们编写示例程序并非为了取代这些工具，而是为了向你演示如何编写工具来处理任意的数据库表。

API *java.sql.Connection* 1.1

- `DatabaseMetaData getMetaData()`

  返回一个 `DatabaseMetaData` 对象，该对象封装了有关数据库连接的元数据。

API *java.sql.DatabaseMetaData* 1.1

- `ResultSet getTables(String catalog, String schemaPattern, String tableNamePattern, String types[])`

  返回某个目录（catalog）中所有表的描述，该目录必须匹配给定的模式（schema）、表名字模式以及类型标准。（模式用于描述一组相关的表和访问权限，而目录描述的是一组相关的模式，这些概念对组织大型数据库非常重要。）

  `catalog` 和 `schema` 参数可以为 ""，用于检索那些没有目录或模式的表。如果不想考虑目录和模式，也可以将上述参数设为 null。

  `types` 数组包含了所需的表类型的名称，通常表类型有 `TABLE`、`VIEW`、`SYSTEM TABLE`、`GLOBAL TEMPORARY`、`LOCAL TEMPORARY`、`ALIAS` 和 `SYNONYM`。如果 `types` 为 `null`，则返回所有类型的表。

  返回的结果集共有 5 列，均为 `String` 类型。

行	名称	解释
1	TABLE_CAT	表目录（可以为 null）
2	TABLE_SCHEM	表模式（可以为 null）
3	TABLE_NAME	表名称
4	TABLE_TYPE	表类型
5	REMARKS	关于表的注释

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- int getJDBCMajorVersion()1.4
- int getJDBCMinorVersion()1.4

  返回建立数据库连接的 JDBC 驱动程序的主版本号和次版本号。例如，一个 JDBC 3.0 的驱动程序有一个主版本号 3 和一个次版本号 0。
- int getMaxConnections()

  返回可同时连接到数据库的最大并发连接数。
- int getMaxStatements()

  返回单个数据库连接允许同时打开的最大并发语句数。如果对允许打开的语句数目没有限制或者不可知，则返回 0。

API *java.sql.ResultSet* 1.1

- ResultSetMetaData getMetaData()

  返回与当前 ResultSet 对象中的列相关的元数据。

API *java.sql.ResultSetMetaData* 1.1

- int getColumnCount()

  返回当前 ResultSet 对象中的列数。
- int getColumnDisplaySize(int column)

  返回给定列序号的列的最大宽度。

  参数：column　列序号
- String getColumnLabel(int column)

  返回该列所建议的名称。

  参数：column　列序号
- String getColumnName(int column)

  返回指定的列序号所对应的列名。

  参数：column　列序号

4.9 事务

我们可以将一组语句构建成一个事务（transaction）。当所有语句都顺利执行之后，事务可以被提交（commit）。否则，如果其中某个语句遇到错误，那么事务将被回滚，就好像没有任何语句被执行过一样。

将多个语句组合成事务的主要原因是为了确保数据库完整性（database integrity）。例如，假设我们需要将钱从一个银行账号转移到另一个账号。此时，一个非常重要的问题就是我们必须同时将钱从一个账号取出并且存入另一个账号。如果在将钱存入其他账号之前系统发生崩溃，那么我们必须撤销取款操作。

如果将更新语句组合成一个事务，那么事务要么成功地执行所有操作并提交，要么在中

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

间某个位置发生失败。在这种情况下，可以执行回滚（rollback）操作，则数据库将自动撤销上次提交事务以来的所有更新操作产生的影响。

默认情况下，数据库连接处于自动提交模式（autocommit mode）。每个 SQL 语句一旦被执行便被提交给数据库。一旦命令被提交，就无法对它进行回滚操作。在使用事务时，需要关闭这个默认值：

```
conn.setAutoCommit(false);
```

现在可以使用通常的方法创建一个语句对象：

```
Statement stat = conn.createStatement();
```

然后任意多次地调用 executeUpdate 方法：

```
stat.executeUpdate(command1);
stat.executeUpdate(command2);
stat.executeUpdate(command3);
. . .
```

如果执行了所有命令之后没有出错，则调用 commit 方法：

```
conn.commit();
```

如果出现错误，则调用：

```
conn.rollback();
```

此时，程序将自动撤销自上次提交以来的所有语句。当事务被 SQLException 异常中断时，典型的办法就是发起回滚操作。

4.9.1 保存点

在使用某些驱动程序时，使用保存点（save point）可以更细粒度地控制回滚操作。创建一个保存点意味着稍后只需返回到这个点，而非事务的开头。例如，

```
Statement stat = conn.createStatement(); // start transaction; rollback() goes here
stat.executeUpdate(command1);
Savepoint svpt = conn.setSavepoint(); // set savepoint; rollback(svpt) goes here
stat.executeUpdate(command2);
if (. . .) conn.rollback(svpt); // undo effect of command2
. . .
conn.commit();
```

当不再需要保存点时，必须释放它：

```
conn.releaseSavepoint(svpt);
```

4.9.2 批量更新

假设有一个程序需要执行许多 INSERT 语句，以便将数据填入数据库表中，此时可以使用批量更新的方法来提高程序性能。在使用批量更新（batch update）时，一个语句序列作为一批操作将同时被收集和提交。

注意： 使用 DatabaseMetaData 接口中的 supportsBatchUpdates 方法可以获知数据库是否支持这种特性。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

处于同一批中的语句可以是 INSERT、UPDATE 和 DELETE 等操作，也可以是数据库定义语句，如 CREATE TABLE 和 DROP TABLE。但是，在批量处理中添加 SELECT 语句会抛出异常（从概念上讲，批量处理中的 SELECT 语句没有意义，因为它会返回结果集，而并不更新数据库）。

为了执行批量处理，首先必须使用通常的办法创建一个 Statement 对象：

```
Statement stat = conn.createStatement();
```

现在，应该调用 addBatch 方法，而非 executeUpdate 方法：

```
String command = "CREATE TABLE . . ."
stat.addBatch(command);

while (. . .)
{
   command = "INSERT INTO . . . VALUES (" + . . . + ")";
   stat.addBatch(command);
}
```

最后，提交整个批量更新语句：

```
int[] counts = stat.executeBatch();
```

调用 executeBatch 方法将为所有已提交的语句返回一个记录数的数组。

为了在批量模式下正确地处理错误，必须将批量执行的操作视为单个事务。如果批量更新在执行过程中失败，那么必须将它回滚到批量操作开始之前的状态。

首先，关闭自动提交模式，然后收集批量操作，执行并提交该操作，最后恢复最初的自动提交模式：

```
boolean autoCommit = conn.getAutoCommit();
conn.setAutoCommit(false);
Statement stat = conn.getStatement();
. . .
// keep calling stat.addBatch(. . .);
. . .
stat.executeBatch();
conn.commit();
conn.setAutoCommit(autoCommit);
```

API *java.sql.Connection* 1.1

- `boolean getAutoCommit()`
- `void setAutoCommit(boolean b)`

  获取将该连接中的自动提交模式，或将其设置为 b。如果自动更新为 true，那么所有语句将在执行结束后立刻被提交。
- `void commit()`

  提交自上次提交以来所有执行过的语句。
- `void rollback()`

  撤销自上次提交以来所有执行过的语句所产生的影响。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- Savepoint setSavepoint() 1.4
- Savepoint setSavepoint(String name) 1.4

  设置一个匿名或具名的保存点。
- void rollback(Savepoint svpt) 1.4

  回滚到给定保存点。
- void releaseSavepoint(Savepoint svpt) 1.4

  释放给定的保存点。

API *java.sql.Savepoint* 1.4

- int getSavepointId()

  获取该匿名保存点的 ID 号。如果该保存点具有名字，则抛出一个 SQLException 异常。
- String getSavepointName()

  获取该保存点的名称。如果该对象为匿名保存点，则抛出一个 SQLException 异常。

API *java.sql.Statement* 1.1

- void addBatch(String command) 1.2

  添加语句到当前批量命令中。
- int[] executeBatch() 1.2

  执行当前批量更新中的所有命令。返回一个记录数的数组，其中每一个元素都对应一条语句，如果其值非负，则代表受该语句影响的记录总数；如果其值为 SUCCESS_NO_INFO，则表示该语句成功执行了，但没有记录数可用；如果其值为 EXECUTE_FAILED，则表示该语句执行失败了。

API java.sql.DatabaseMetaData 1.1

- boolean supportsBatchUpdates() 1.2

  如果驱动程序支持批量更新，则返回 true。

4.9.3 高级 SQL 类型

表 4-8 列举了 JDBC 支持的 SQL 数据类型以及它们在 Java 语言中对应的数据类型。

表4-8 SQL数据类型及其对应的Java类型

SQL数据类型	Java数据类型
INTEGER或INT	int
SMALLINT	short
NUMERIC(*m*,*n*),DECIMAL(*m*,*n*)或DEC(*m*,*n*)	java.math.BigDecimal
FLOAT(*n*)	double
REAL	float
DOUBLE	double
CHARACTER(*n*)或CHAR(*n*)	String
VARCHAR(*n*),LONGVARCHAR	String
BOOLEAN	boolean
DATE	java.sql.Date
TIME	java.sql.Time
TIMESTAMP	java.sql.Timestamp
BLOB	java.sql.Blob
CLOB	java.sql.Clob
ARRAY	java.sql.Array
ROWID	Java.sql.RowId
NCHAR(*n*), NVARCHAR(*n*), LONG NVARCHAR	String
NCLOB	java.sql.NClob
SQLXML	java.sql.SQLXML

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

SQL ARRAY（SQL 数组）指的是值的序列。例如，Student 表中通常都会有一个 Scores 列，这个列就应该是 ARRAY OF INTEGER（整数数组）。getArray 方法返回一个接口类型为 java.sql.Array 的对象，该接口中有许多方法可以用于获取数组的值。

从数据库中获得一个 LOB 或数组并不等于获取了它的实际内容，只有在访问具体的值时它们才会从数据库中被读取出来。这对改善性能非常有好处，因为通常这些数据的数据量都非常大。

某些数据库支持描述行位置的 ROWID 值，这样就可以非常快捷地获取某一行值。JDBC 4 引入了 java.sql.RowId 接口，并提供了用于在查询中提供行 ID，以及从结果中获取该值的方法。

国家属性字符串（NCHAR 及其变体）按照本地字符编码机制存储字符串，并使用本地排序惯例对这些字符串进行排序。JDBC 4 提供了方法，用于在查询和结果中进行 Java 的 String 对象和国家属性字符串之间的双向转换。

有些数据库可以存储用户自定义的结构化类型。JDBC 3 提供了一种机制用于将 SQL 结构化类型自动映射成 Java 对象。

有些数据库提供用于 XML 数据的本地存储。JDBC 4 引入了 SQLXML 接口，它可以在内部的 XML 表示和 DOM 的 Source/Result 接口或二进制流之间起到中介作用。请查看 SQLXML 类的 API 文档以了解详细信息。

我们不再更深入地讨论这些高级 SQL 类型了，你可以在《JDBC API Tutorial and Reference》和 JDBC 4 的规范中找到更多有关这些主题的信息。

4.10 Web 与企业应用中的连接管理

我们在前面几节中曾经介绍过，使用 database.properties 文件可以对数据库连接进行非常简单的设置。这种方法适用于小型的测试程序，但是不适用于规模较大的应用。

在 Web 或企业环境中部署 JDBC 应用时，数据库连接管理与 Java 名字和目录接口（JNDI）是集成在一起的。遍布企业的数据源的属性可以存储在一个目录中，采用这种方式使得我们可以集中管理用户名、密码、数据库名和 JDBC URL。

在这样的环境中，可以使用下列代码创建数据库连接：

```
Context jndiContext = new InitialContext();
DataSource source = (DataSource) jndiContext.lookup("java:comp/env/jdbc/corejava");
Connection conn = source.getConnection();
```

请注意，我们不再使用 DriverManager，而是使用 JNDI 服务来定位数据源。数据源就是一个能够提供简单的 JDBC 连接和更多高级服务的接口，比如执行涉及多个数据库的分布式事务。javax.sql 标准扩展包定义了 DataSource 接口。

注意： 在 Java EE 的容器中，甚至不必编程进行 JNDI 查找，只需在 DataSource 域上使用 Resource 注解，当加载应用时，这个数据源引用将被设置：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
@Resource(name="jdbc/corejava")
private DataSource source;
```

当然，我们必须在某个地方配置数据源。如果你编写的数据库程序将在 Servlet 容器中运行，比如 Apache Tomcat，或在应用服务器中运行，比如 GlassFish，那么必须将数据库配置信息（包括 JNDI 名字、JDBC URL、用户名和密码）放置在配置文件中，或者在管理员 GUI 中进行设置。

用户名管理和数据库登录只是众多需要特别关注的问题之一。另一个重要问题则涉及建立数据库连接所需的开销。我们的示例数据库程序使用了两种策略来获取数据库连接：程序清单 4-3 中的 QueryDB 程序在程序的开头建立了到数据库的单个连接，并在程序结尾处关闭它，而程序清单 4-4 中的 ViewDB 程序在每次需要时都打开一个新连接。

但是，这两种方式都不令人满意：因为数据库连接是有限的资源，如果用户要离开应用一段时间，那么他占用的连接就不应该保持开放状态；另一方面，每次查询都获取连接并在随后关闭它的代价也是相当高的。

解决上述问题的方法是建立数据库连接池（pool）。这意味着数据库连接在物理上并未被关闭，而是保留在一个队列中并被反复重用。连接池是一种非常重要的服务，JDBC 规范为实现者提供了用以实现连接池服务的手段。不过，JDK 本身并未实现这项服务，数据库供应商提供的 JDBC 驱动程序中通常也不包含这项服务。相反，Web 容器和应用服务器的开发商通常会提供连接池服务的实现。

连接池的使用对程序员来说是完全透明的，可以通过获取数据源并调用 `getConnection` 方法来得到连接池中的连接。使用完连接后，需要调用 `close` 方法。该方法并不在物理上关闭连接，而只是告诉连接池已经使用完该连接。连接池通常还会将池机制作用于预备语句上。

至此，你已经学会了 JDBC 的基本知识，并且已经知道如何实现简单的数据库应用。然而，正如我们在本章的开头所强调的那样，数据库的相关技术非常复杂；本章属于介绍性章节，相当多的高级话题已经超出了本章的范围。如果要全面了解 JDBC 的高级功能，请参阅《JDBC API Tutorial and Reference》或 JDBC 规范。

在本章中，我们学习了如何在 Java 中操作关系型数据库。下一章将讨论有关国际化的重要主题，并展示如何使你的软件对全世界的用户来说都是可用的。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第5章 国 际 化

- ▲ Locales
- ▲ 数字格式
- ▲ 日期和时间
- ▲ 排序
- ▲ 消息格式
- ▲ 文本文件和字符集
- ▲ 资源包
- ▲ 一个完整的例子

世界丰富多彩，我们希望大部分居民都能对你的软件感兴趣。一方面，因特网早已为我们打破了国家之间的界限。另一方面，如果你不去关注国际用户，你的产品的应用情况就会受到限制。

Java 编程语言是第一个设计成为全面支持国际化的语言。从一开始，它就具备了进行有效的国际化所必需的一个重要特性：使用 Unicode 来处理所有字符串。支持 Unicode 使得在 Java 编程语言中，编写程序来操作多种语言的字符串变得异常方便。

多数程序员相信将他们的程序进行国际化需要做的所有事情就是支持 Unicode 并在用户接口中对消息进行翻译。但是，在本章你将会看到，国际化一个程序所要做的事情绝不仅仅是提供 Unicode 支持。在世界的不同地方，日期、时间、货币甚至数字的格式都不相同。你需要用一种简单的方法来为不同的语言配置菜单和按钮的名字、消息字符串和快捷键。

在本章中，我们将演示如何编写国际化的 Java 应用程序以及如何将日期、时间、数字、文本和图形用户界面本地化，还将演示 Java 提供的编写国际化程序的工具。最后以一个完整的例子来作为本章的结束，它是一个退休金计算器，带有英语、德语和中文用户界面。

5.1 Locales

当你看到一个面向国际市场的应用软件时，它与其他软件最明显的区别就是语言。其实如果以这种外在的不同来判断是不是真正的国际化就太片面了：不同的国家可以使用相同的语言，但是为了使两个国家的用户都满意，你还有很多工作要做。就像 Oscar Wilde 所说的那样，“我们现在真的是每件东西都和美国一样，当然，语言除外”。

不管怎样，菜单、按钮标签和程序的消息需要转换成本地语言；有时候还需要用不同的脚本来润色。这种差别很细微；比如，数字在英语和德语中格式很不相同。对于德国用户，数字

123,456.78

应该显示为

123.456,78

小数点和十进制数的逗号分隔符的角色是相反的！在日期的显示上也有相似的变化。在美

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

国，日期显示为月 / 日 / 年，这有些不合理。德国使用的是更合理的顺序，即日 / 月 / 年，而在中国，则使用年 / 月 / 日。因此，对于德国用户，日期

3/22/61

应该被表示为

22.03.1961

当然，如果月份的名称被显式地写了出来，那么语言之间的不同就显而易见了。英语

March 22, 1961

在德国应该被表示成

22. März 1961

在中国则是

1961 年 3 月 22 日

有若干个专门负责格式处理的类。为了对格式化进行控制，可以使用 `Locale` 类。它描述了

- 一种语言。
- 一个位置（通常包含）。
- 一段脚本（可选，自 Java SE7 开始支持）。
- 一个变体（可选）。
- 指定诸如方言或拼写规则之类的杂项。

比如，在美国，`Locale` 对象包含

language=English, location=United States

在德国，则是

language=German, location=Germany

瑞士有四种官方语言（德语、法语、意大利语和里托罗曼斯语）。一个说德语的瑞士人使用的 `Locale` 是：

language=German, location=Switzerland

这个 `Locale` 的格式化方式和在德国使用的 `Locale` 很相似；但货币值将被表示成瑞士法郎而不是欧元。

如果只设定了语言，比如

language=German

那么 `Locale` 就不能处理和国家相关的问题，比如货币。

为了以一种简练而标准的方式来表达语言和位置，Java 语言使用的是由国际标准化组织（International Organization for Standardization，ISO）所定义的编码。本地语言由小写的两个字母的代码来表示，它遵循 ISO-639-1；国家代码由大写的两个字母的代码来表示，它遵循 ISO-3166-1。表 5-1 和表 5-2 给出了一些常用的代码。

这些代码看起来有些乱，特别是其中一些是从当地的语言中来的 (German = Deutsch = `de`, Chinese = zhongwen = `zh`)，但至少它们是标准化的。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表5-1 常用的ISO-639-1语言代码

语 言	代 码
Chinese	zh
Danish	da
Dutch	nl
English	en
French	fr
Finnish	fi
German	de
Greek	el
Italian	it
Japanese	ja
Korean	ko
Norwegian	no
Portuguese	pt
Spanish	sp
Swedish	sv
Turkish	tr

表5-2 常用的ISO-3166-1国家代码

国 家	代 码
Austria	AT
Belgium	BE
Canada	CA
China	CN
Denmark	DK
Finland	FI
Germany	DE
Great Britain	GB
Greece	GR
Ireland	IE
Italy	IT
Japan	JP
Korea	KR
The Netherlands	NL
Norway	NO
Portugal	PT
Spain	ES
Sweden	SE
Switzerland	CH
Taiwan	TW
Turkey	TR
United States	US

只要提供了语言代码，或语言与国家代码，就可以构建 Locale 对象了：

```
Locale german = new Locale("de");
Locale germanGermany = new Locale("de", "DE");
Locale germanSwitzerland = new Locale("de", "CH");
```

为了方便起见，Java SE 预定义了大量的 Locale 对象：

```
Locale.CANADA
Locale.CANADA_FRENCH
Locale.CHINA
Locale.FRANCE
Locale.GERMANY
Locale.ITALY
Locale.JAPAN
Locale.KOREA
Locale.PRC
Locale.TAIWAN
Locale.UK
Locale.US
```

Java SE 还预定义了大量的语言 Locale，它们只设定了语言而没有设定位置：

```
Locale.CHINESE
Locale.ENGLISH
Locale.FRENCH
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
Locale.GERMAN
Locale.ITALIAN
Locale.JAPANESE
Locale.KOREAN
Locale.SIMPLIFIED_CHINESE
Locale.TRADITIONAL_CHINESE
```

注意：如果你想要的不仅仅只是指定语言和国家，那么你就应该对 IEFT BCP 47 标准进行深入理解（在 http://www.w3.org/International/articles/langagetags 处有该规范的详细介绍）。从 Java SE7 开始，Java 支持 IETF BCP 47 语言标签，例如，你可以用下面的调用从语言标签中创建 Locale：

```
Locale chineseTraditionalCharactersHongKong = Locale.forLanguageTag("zh-Hant-HK");
```

除了构建一个 Locale 或使用预定义的 Locale 外，还可以有两种方法来获得一个 Locale 对象。

Locale 类的静态 getdefault 方法可以获得作为本地操作系统的一部分而存放的默认 Locale。可以调用 setDefault 来改变默认的 JavaLocale；但是，这种改变只对你的程序有效，不会对操作系统产生影响。

最后，对于所有依赖 Locale 的类，可以返回一个它们所支持的 Locale 数组。比如，

```
Locale[] supportedLocales = DateFormat.getAvailableLocales();
```

将返回所有 DateFormat 类所能够处理的 Locale。

提示：为了测试，你也许希望改变你的程序的默认 Locale，可以在启动程序时提供语言和地域特性。比如，下面的语句将默认的 Locale 设为 German(Switzerland)：

```
java -Duser.language=de -Duser.region=CH MyProgram
```

一旦有了一个 Locale，你能用它做什么呢？答案是它所能做的事情很有限。Locale 类中惟一有用的是那些标识语言和国家代码的方法，其中最重要的一个是 getdisplayName，它返回一个描述 Locale 的字符串。这个字符串并不包含前面所说的由两个字母组成的代码，而是以一种面向用户的形式来表现，比如

```
German (Switzerland)
```

事实上，这里有一个问题，显示的名字是以默认的 Locale 来表示的，这可能不太恰当。如果你的用户已经选择了德语作为首选的语言，那么你可能希望将字符串显示成德语。通过将 German Locale 作为参数传递就可以做到这一点：代码

```
Locale loc = new Locale("de", "CH");
System.out.println(loc.getDisplayName(Locale.GERMAN));
```

将打印出

```
Deutsch (Schweiz)
```

这个例子说明了为什么需要 Locale 对象。你把它传给 Locale 感知的那些方法，这些方法将根据不同的地域产生不同形式的文本。在下一节中你可以见到大量的例子。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API java.util.Locale 1.1

- `Locale(String language)`
- `Locale(String language, String country)`
- `Locale(String language, String country, String variant)`
  用给定的语言、国家和变量创建一个 Locale。在新代码中不要使用变体，应该使用 IETF BCP 47 语言标签。
- `static Locale forLanguageTag(String languageTag)7`
  构建与给定的语言标签相对应的 Locale 对象。
- `static Locale getDefault()`
  返回默认的 Locale。
- `static void setDefault(Locale loc)`
  设定默认的 Locale。
- `String getDisplayName()`
  返回一个在当前的 Locale 中所表示的用来描述 Locale 的名字。
- `String getDisplayName(Locale loc)`
  返回一个在给定的 Locale 中所表示的用来描述 Locale 的名字。
- `String getLanguage()`
  返回语言代码，它是两个小写字母组成的 ISO-639 代码。
- `String getDisplayLanguage()`
  返回在当前 Locale 中所表示的语言名称。
- `String getDisplayLanguage(Locale loc)`
  返回在给定 Locale 中所表示的语言名称。
- `String getCountry()`
  返回国家代码，它是由两个大写字母组成的 ISO-3166 代码。
- `String getDisplayCountry()`
  返回在当前 Locale 中所表示的国家名。
- `String getDisplayCountry(Locale loc)`
  返回在当前 Locale 中所表示的国家名。
- `String toLanguageTag() 7`
  返回该 Locale 对象的语言标签，例如“de-CH”。
- `String toString()`
  返回 Locale 的描述，包括语言和国家，用下划线分隔（比如，“de_CH”）。应该只在调试时使用该方法。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

5.2 数字格式

我们已经提到了数字和货币的格式是高度依赖于 locale 的。Java 类库提供了一个格式器（formatter）对象的集合，可以对 java.text 包中的数字值进行格式化和解析。你可以通过下面的步骤对特定 Locale 的数字进行格式化：

1）使用上一节的方法，得到 Locale 对象。

2）使用一个“工厂方法”得到一个格式器对象。

3）使用这个格式器对象来完成格式化和解析工作。

工厂方法是 NumberFormat 类的静态方法，它们接受一个 Locale 类型的参数。总共有 3 个工厂方法：getNumberInstance、getCurrencyInstance 和 getPercentInstance，这些方法返回的对象可以分别对数字、货币量和百分比进行格式化和解析。例如，下面显示了如何对德语中的货币值进行格式化。

```
Locale loc = new Locale("de", "DE");
NumberFormat currFmt = NumberFormat.getCurrencyInstance(loc);
double amt = 123456.78;
String result = currFmt.format(amt);
```

结果是

123.456,78€

请注意，货币符号是€，而且位于字符串的最后。同时还要注意到小数点和十进制分隔符与其他语言中的情况是相反的。

相反地，如果要想读取一个按照某个 Locale 的惯用法而输入或存储的数字，那么就需要使用 parse 方法。比如，下面的代码解析了用户输入到文本框中的值。parse 方法能够处理小数点和分隔符以及其他语言中的数字。

```
TextField inputField;
. . .
NumberFormat fmt = NumberFormat.getNumberInstance();
// get the number formatter for default locale
Number input = fmt.parse(inputField.getText().trim());
double x = input.doubleValue();
```

parse 的返回类型是抽象类型的 Number。返回的对象是一个 Double 或 Long 的包装器类对象，这取决于被解析的数字是否是浮点数。如果不关心两者的差异，可以直接使用 Number 类中的 doubleValue 方法来读取被包装的数字。

警告： Number 类型的对象并不能自动转换成相关的基本类型，因此，不能直接将一个 Number 对象赋给一个基本类型，而应该使用 doubleValue 或 intValue 方法。

如果数字文本的格式不正确，该方法会抛出一个 ParseException 异常。例如，字符串以空白字符开头是不允许的（可以调用 trim 方法来去掉它）。但是，任何跟在数字之后的字符都将被忽略，所以这些跟在后面的字符是不会引起异常的。

请注意，由 get*Xxx*Instance 工厂方法返回的类并非是 NumberFormat 类型的。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

NumberFormat 类型是一个抽象类，而我们实际上得到的格式器是它的一个子类。工厂方法只知道如何定位属于特定 locale 的对象。

可以用静态的 getAvailableLocales 方法得到一个当前所支持的 Locale 对象列表。这个方法返回一个 Locale 对象数组，从中可以获得针对它们的数字格式器对象。

本节的示例程序让你体会到了数字格式器的用法（参见图 5-1）。图上方的组合框包含所有带数字格式器的 Locale，可以在数字、货币和百分率格式器之间进行选择。每次你改变选择，在文本框中的数字就会被重新格式化。在尝试了几种 Locale 后，你就会对有这么多种方式来格式化数字和货币值而感到吃惊。也可以输入不同的数字并点击 Parse 按钮来调用 parse 方法，这个方法会试图解析你输入的内容。如果解析成功，format 方法就会将结果显示出来。如果解析失败，文本框中会显示“Parse error”消息。

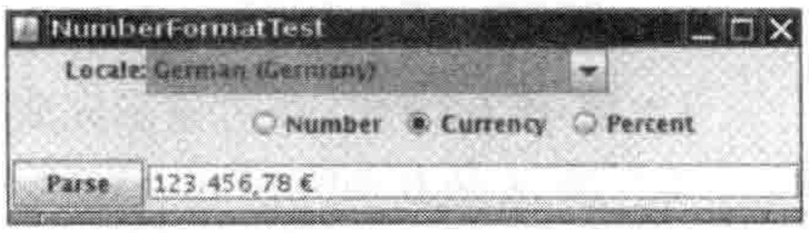


图 5-1 NumberFormatTest 程序

程序清单 5-1 是它的代码，显得非常直观。在构造器中，我们调用 NumberFromat.getAvailableLocales。对每一个 Locale，我们调用 getDisplayName，并把返回的结果字符串填入组合框（字符串没有被排序，在从第 5.4 节中，我们将深入研究排序问题）。一旦用户选择了另一个 Locale 或点击了单选按钮，我们就创建一个新的格式器对象并更新文本框。当用户点击 Parse 按钮后，我们调用 Parse 方法来基于选中的 Locale 进行实际的解析操作。

程序清单 5-1 numberFormat/NumberFormatTest.java

```
1  package numberFormat;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.text.*;
6  import java.util.*;
7
8  import javax.swing.*;
9  /**
10  * This program demonstrates formatting numbers under various locales.
11  * @version 1.13 2007-07-25
12  * @author Cay Horstmann
13  */
14 public class NumberFormatTest
15 {
16    public static void main(String[] args)
17    {
18       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
19          {
20             public void run()
21             {
22                JFrame frame = new NumberFormatFrame();
23                frame.setTitle("NumberFormatTest");
24                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
25                frame.setVisible(true);
26             }
27          });
28    }
29 }
30
31 /**
32  * This frame contains radio buttons to select a number format, a combo box to pick a locale, a
33  * text field to display a formatted number, and a button to parse the text field contents.
34  */
35 class NumberFormatFrame extends JFrame
36 {
37    private Locale[] locales;
38    private double currentNumber;
39    private JComboBox<String> localeCombo = new JComboBox<>();
40    private JButton parseButton = new JButton("Parse");
41    private JTextField numberText = new JTextField(30);
42    private JRadioButton numberRadioButton = new JRadioButton("Number");
43    private JRadioButton currencyRadioButton = new JRadioButton("Currency");
44    private JRadioButton percentRadioButton = new JRadioButton("Percent");
45    private ButtonGroup rbGroup = new ButtonGroup();
46    private NumberFormat currentNumberFormat;
47
48    public NumberFormatFrame()
49    {
50       setLayout(new GridBagLayout());
51
52       ActionListener listener = new ActionListener()
53          {
54             public void actionPerformed(ActionEvent event)
55             {
56                updateDisplay();
57             }
58          };
59
60       JPanel p = new JPanel();
61       addRadioButton(p, numberRadioButton, rbGroup, listener);
62       addRadioButton(p, currencyRadioButton, rbGroup, listener);
63       addRadioButton(p, percentRadioButton, rbGroup, listener);
64
65       add(new JLabel("Locale:"), new GBC(0, 0).setAnchor(GBC.EAST));
66       add(p, new GBC(1, 1));
67       add(parseButton, new GBC(0, 2).setInsets(2));
68       add(localeCombo, new GBC(1, 0).setAnchor(GBC.WEST));
69       add(numberText, new GBC(1, 2).setFill(GBC.HORIZONTAL));
70       locales = (Locale[]) NumberFormat.getAvailableLocales().clone();
71       Arrays.sort(locales, new Comparator<Locale>()
72          {
73             public int compare(Locale l1, Locale l2)
74             {
75                return l1.getDisplayName().compareTo(l2.getDisplayName());
76             }
77          });
78       for (Locale loc : locales)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
79            localeCombo.addItem(loc.getDisplayName());
80         localeCombo.setSelectedItem(Locale.getDefault().getDisplayName());
81         currentNumber = 123456.78;
82         updateDisplay();
83
84         localeCombo.addActionListener(listener);
85
86         parseButton.addActionListener(new ActionListener()
87            {
88               public void actionPerformed(ActionEvent event)
89               {
90                  String s = numberText.getText().trim();
91                  try
92                  {
93                     Number n = currentNumberFormat.parse(s);
94                     if (n != null)
95                     {
96                        currentNumber = n.doubleValue();
97                        updateDisplay();
98                     }
99                     else
100                    {
101                       numberText.setText("Parse error: " + s);
102                    }
103                 }
104                 catch (ParseException e)
105                 {
106                    numberText.setText("Parse error: " + s);
107                 }
108              }
109           });
110        pack();
111     }
112
113     /**
114      * Adds a radio button to a container.
115      * @param p the container into which to place the button
116      * @param b the button
117      * @param g the button group
118      * @param listener the button listener
119      */
120     public void addRadioButton(Container p, JRadioButton b, ButtonGroup g, ActionListener listener)
121     {
122        b.setSelected(g.getButtonCount() == 0);
123        b.addActionListener(listener);
124        g.add(b);
125        p.add(b);
126     }
127
128     /**
129      * Updates the display and formats the number according to the user settings.
130      */
131     public void updateDisplay()
132     {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
133         Locale currentLocale = locales[localeCombo.getSelectedIndex()];
134         currentNumberFormat = null;
135         if (numberRadioButton.isSelected()) currentNumberFormat = NumberFormat
136               .getNumberInstance(currentLocale);
137         else if (currencyRadioButton.isSelected()) currentNumberFormat = NumberFormat
138               .getCurrencyInstance(currentLocale);
139         else if (percentRadioButton.isSelected()) currentNumberFormat = NumberFormat
140               .getPercentInstance(currentLocale);
141         String n = currentNumberFormat.format(currentNumber);
142         numberText.setText(n);
143      }
144   }
```

API java.text.NumberFormat 1.1

- `static Locale[] getAvailableLocales()`

  返回一个 Locale 对象的数组，其成员包含有 NumberFormat 格式器。

- `static NumberFormat getNumberInstance()`
- `static NumberFormat getNumberInstance(Locale l)`
- `static NumberFormat getCurrencyInstance()`
- `static NumberFormat getCurrencyInstance(Locale l)`
- `static NumberFormat getPercentInstance()`
- `static NumberFormat getPercentInstance(Locale l)`

  为当前的或给定的 locale 提供处理数字、货币值或百分比的格式器。

- `String format(double x)`
- `String format(long x)`

  对给定的浮点数或整数进行格式化并以字符串的形式返回结果。

- `Number parse(String s)`

  解析给定的字符串并返回数字值，如果输入字符串描述了一个浮点数，返回类型就是 Double，否则返回类型就是 Long。字符串必须以一个数字开头；以空白字符开头是不允许的。数字之后可以跟随其他字符，但它们都将被忽略。解析失败时抛出 ParseException 异常。

- `void setParseIntegerOnly(boolean b)`
- `boolean isParseIntegerOnly()`

  设置或获取一个标识，该标识指示这个格式器是否应该只解析整数值。

- `void setGroupingUsed(boolean b)`
- `boolean isGroupingUsed()`

  设置或获取一个标识，该标识指示这个格式器是否会添加和识别十进制分隔符（比如，100 000）。

- `void setMinimumIntegerDigits(int n)`
- `int getMinimumIntegerDigits()`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- void setMaximumIntegerDigits(int n)
- int getMaximumIntegerDigits()
- void setMinimumFractionDigits(int n)
- int getMinimumFractionDigits()
- void setMaximumFractionDigits(int n)
- int getMaximumFractionDigits()

设置或获取整数或小数部分所允许的最大或最小位数。

货币

为了格式化货币值，可以使用NumberFormat.getCurrencyInstance方法。但是，这个方法的灵活性不好，它返回的是一个只针对一种货币的格式器。假设你为一个美国客户准备了一张货物单，货单中有些货物的金额是用美元表示的，有些是用欧元表示的，此时，你不能只是使用两种格式器：

```
NumberFormat dollarFormatter = NumberFormat.getCurrencyInstance(Locale.US);
NumberFormat euroFormatter = NumberFormat.getCurrencyInstance(Locale.GERMANY);
```

因为，这样一来，你的发票看起来非常奇怪，有些金额的格式像 $100 000，另一些则像100.000 €（注意，欧元值使用小数点而不是逗号作为分隔符）。

处理这样的情况，应该使用 Currency 类来控制被格式器所处理的货币。可以通过将一个货币标识符传给静态的 Currency.getInstance 方法来得到一个 Currency 对象，然后对每一个格式器都调用 setCurrency 方法。下面展示如何为你的美国客户设置欧元的格式：

```
NumberFormat euroFormatter = NumberFormat.getCurrencyInstance(Locale.US);
euroFormatter.setCurrency(Currency.getInstance("EUR"));
```

货币标识符由 ISO 4217 定义，可参考 http://www.currency-iso.org/iso_index/iso_tables/iso_tables_al.htm 中的列表。表 5-3 提供了其中的一部分。

表 5-3 货币标识符

货 币 值	标 识 符	货 币 值	标 识 符
U. S. Dollar	USD	Chinese Renminbi (Yuan)	CNY
Euro	EUR	Indian Rupee	INR
British Pound	GBP	Russian Ruble	RUB
Japanese Yen	JPY		

API java.util.Currency 1.4

- static Currency getInstance(String currencyCode)
- static Currency getInstance(Locale locale)

返回与给定的 ISO 4217 货币代号或给定的 Locale 中的国家相对应的 Curreny 对象。

- String toString()

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- String getCurrencyCode()
  获取该货币的 ISO 4217 代码。
- String getSymbol()
- String getSymbol(Locale locale)
  根据默认或给定的 Locale 得到该货币的格式化符号。比如美元的格式化符号可能是“$”或“US$”，具体是哪种形式取决于 Locale。
- int getDefaultFractionDigits()
  获取该货币小数点后的默认位数。
- Static Set<Currency> getAvailableCurrencies() 7
  获取所有可用的货币。

5.3 日期和时间

当格式化日期和时间时，需要考虑 4 个与 Locale 相关的问题：

- 月份和星期应该用本地语言来表示。
- 年月日的顺序要符合本地习惯。
- 公历可能不是本地首选的日期表示方法。
- 必须要考虑本地的时区。

Java 的 DateFormat 类可以处理这些问题。它和 NumberFormat 类很相似，用起来很容易。首先，得到一个 Locale，可以使用默认的 Locale 或调用静态的 getAvailableLocales 方法来得到一个支持日期格式化的 Locale 数组。然后，调用下面三个工厂方法之一：

```
fmt = DateFormat.getDateInstance(dateStyle, loc);
fmt = DateFormat.getTimeInstance(timeStyle, loc);
fmt = DateFormat.getDateTimeInstance(dateStyle, timeStyle, loc);
```

为了支持设定想要的风格，这些工厂方法设计了一个参数，它可以是以下某个值：

- DateFormat.DEFAULT
- DateFormat.FULL （例如，按照美国 Locale，日期格式为 Wednesday, September 12, 2007 8:51:03 PM PDT)
- DateFormat.LONG (例如，按照美国 Locale，日期格式为 September 12, 2007 8:51:03 PM PDT)
- DateFormat.MEDIUM (例如，按照美国 Locale，日期格式为 Sep 12, 2007 8:51:03 PM)
- DateFormat.SHORT (例如，按照美国 Locale，日期格式为 9/12/07 8:51 PM)

工厂方法返回一个格式化对象，可以用它来格式化日期。

```
Date now = new Date();
String s = fmt.format(now);
```

和 NumberFormat 类一样，你可以使用 parse 方法来解析用户输入的一个日期。比如，以下代码使用默认的 locale 解析用户输入到文本框中的值。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
TextField inputField;
. . .
DateFormat fmt = DateFormat.getDateInstance(DateFormat.MEDIUM);
Date input = fmt.parse(inputField.getText().trim());
```

但是，用户必须按预定的格式输入日期。比如，如果美国 Locale 中的日期格式被设置为 MEDIUM，那么输入的日期格式应该是：

Sep 12, 2007

如果用户输入

Sep 12 2007

（没有逗号分隔）或用缩写形式

9/12/07

就会导致解析错误。

lenient 标志用于对日期进行宽松的解释。比如，February 30, 2007 会被自动转换成 March 2, 2007。这似乎很危险，但是，这正是默认的行为。你也许需要关掉这个特性，这时对被解析日期进行解释的日历对象在用户输入一个不合法的日 / 月 / 年组合时将抛出 IllegalArgumentException 异常。

程序清单 5-2 展示了如何在实际中使用 DateFormat 类，用户可以选择一个 Locale 并看看日期和时间在世界上的不同地区是如何设置格式的。如果在输出中看到乱码，那说明没有安装显示这种语言的字体。比如，如果选择中文 Locale，日期可能会表示成

2007 年 9 月 12 日

图 5-2 显示了程序（已安装中文字体）。就像你看到的那样，输出能够正确显示。

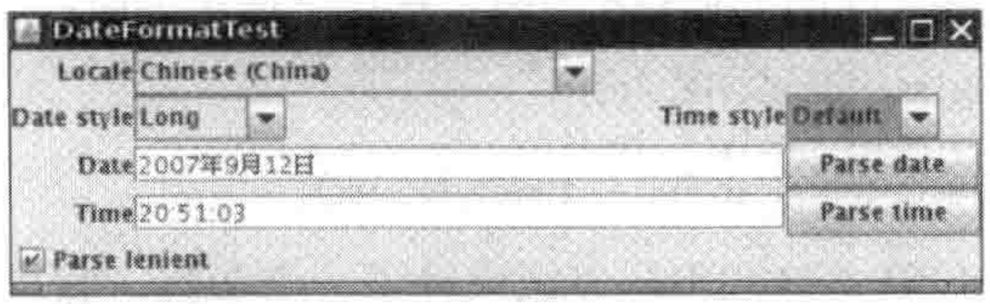


图 5-2 DateFormatTest 程序

程序清单 5-2 dateFormat/DateFormatTest.java

```
1  package dateFormat;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.text.*;
6  import java.util.*;
7  import javax.swing.*;
8
9  /**
10  * This program demonstrates formatting dates under various locales.
11  * @version 1.13 2007-07-25
12  * @author Cay Horstmann
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
13  */
14 public class DateFormatTest
15 {
16    public static void main(String[] args)
17    {
18       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
19          {
20             public void run()
21             {
22                JFrame frame = new DateFormatFrame();
23                frame.setTitle("DateFormatTest");
24                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
25                frame.setVisible(true);
26             }
27          });
28    }
29 }
30
31 /**
32  * This frame contains combo boxes to pick a locale, date and time formats, text fields to display
33  * formatted date and time, buttons to parse the text field contents, and a "lenient" check box.
34  */
35 class DateFormatFrame extends JFrame
36 {
37    private Locale[] locales;
38    private Date currentDate;
39    private Date currentTime;
40    private DateFormat currentDateFormat;
41    private DateFormat currentTimeFormat;
42    private JComboBox<String> localeCombo = new JComboBox<>();
43    private JButton dateParseButton = new JButton("Parse date");
44    private JButton timeParseButton = new JButton("Parse time");
45    private JTextField dateText = new JTextField(30);
46    private JTextField timeText = new JTextField(30);
47    private JCheckBox lenientCheckbox = new JCheckBox("Parse lenient", true);
48    private EnumCombo dateStyleCombo = new EnumCombo(DateFormat.class, "Default",
49          "Full", "Long", "Medium", "Short");
50    private EnumCombo timeStyleCombo = new EnumCombo(DateFormat.class, "Default",
51          "Full", "Long", "Medium", "Short");
52
53    public DateFormatFrame()
54    {
55       setLayout(new GridBagLayout());
56       add(new JLabel("Locale"), new GBC(0, 0).setAnchor(GBC.EAST));
57       add(new JLabel("Date style"), new GBC(0, 1).setAnchor(GBC.EAST));
58       add(new JLabel("Time style"), new GBC(2, 1).setAnchor(GBC.EAST));
59       add(new JLabel("Date"), new GBC(0, 2).setAnchor(GBC.EAST));
60       add(new JLabel("Time"), new GBC(0, 3).setAnchor(GBC.EAST));
61       add(localeCombo, new GBC(1, 0, 2, 1).setAnchor(GBC.WEST));
62       add(dateStyleCombo, new GBC(1, 1).setAnchor(GBC.WEST));
63       add(timeStyleCombo, new GBC(3, 1).setAnchor(GBC.WEST));
64       add(dateParseButton, new GBC(3, 2).setAnchor(GBC.WEST));
65       add(timeParseButton, new GBC(3, 3).setAnchor(GBC.WEST));
66       add(lenientCheckbox, new GBC(0, 4, 2, 1).setAnchor(GBC.WEST));
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
67          add(dateText, new GBC(1, 2, 2, 1).setFill(GBC.HORIZONTAL));
68          add(timeText, new GBC(1, 3, 2, 1).setFill(GBC.HORIZONTAL));
69
70          locales = (Locale[]) DateFormat.getAvailableLocales().clone();
71          Arrays.sort(locales, new Comparator<Locale>()
72             {
73                public int compare(Locale l1, Locale l2)
74                {
75                   return l1.getDisplayName().compareTo(l2.getDisplayName());
76                }
77             });
78          for (Locale loc : locales)
79             localeCombo.addItem(loc.getDisplayName());
80          localeCombo.setSelectedItem(Locale.getDefault().getDisplayName());
81          currentDate = new Date();
82          currentTime = new Date();
83          updateDisplay();
84
85          ActionListener listener = new ActionListener()
86             {
87                public void actionPerformed(ActionEvent event)
88                {
89                   updateDisplay();
90                }
91             };
92
93          localeCombo.addActionListener(listener);
94          dateStyleCombo.addActionListener(listener);
95          timeStyleCombo.addActionListener(listener);
96
97          dateParseButton.addActionListener(new ActionListener()
98             {
99                public void actionPerformed(ActionEvent event)
100               {
101                  String d = dateText.getText().trim();
102                  try
103                  {
104                     currentDateFormat.setLenient(lenientCheckbox.isSelected());
105                     Date date = currentDateFormat.parse(d);
106                     currentDate = date;
107                     updateDisplay();
108                  }
109                  catch (ParseException e)
110                  {
111                     dateText.setText("Parse error: " + d);
112                  }
113                  catch (IllegalArgumentException e)
114                  {
115                     dateText.setText("Argument error: " + d);
116                  }
117               }
118            });
119         timeParseButton.addActionListener(new ActionListener()
120            {
121               public void actionPerformed(ActionEvent event)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
122          {
123             String t = timeText.getText().trim();
124             try
125             {
126                currentDateFormat.setLenient(lenientCheckbox.isSelected());
127                Date date = currentTimeFormat.parse(t);
128                currentTime = date;
129                updateDisplay();
130             }
131             catch (ParseException e)
132             {
133                timeText.setText("Parse error: " + t);
134             }
135             catch (IllegalArgumentException e)
136             {
137                timeText.setText("Argument error: " + t);
138             }
139          }
140       });
141    pack();
142 }
143
144 /**
145  * Updates the display and formats the date according to the user settings.
146  */
147 public void updateDisplay()
148 {
149    Locale currentLocale = locales[localeCombo.getSelectedIndex()];
150    int dateStyle = dateStyleCombo.getValue();
151    currentDateFormat = DateFormat.getDateInstance(dateStyle, currentLocale);
152    String d = currentDateFormat.format(currentDate);
153    dateText.setText(d);
154    int timeStyle = timeStyleCombo.getValue();
155    currentTimeFormat = DateFormat.getTimeInstance(timeStyle, currentLocale);
156    String t = currentTimeFormat.format(currentTime);
157    timeText.setText(t);
158 }
159 }
```

也可以对解析作试验。输入一个日期或时间，点击 Parse lenient 复选框（如果想选的话），然后点击 Parse date 或 Parse time 按钮。

我们使用辅助类 `EnumCombo` 来解决一个技术问题（参见程序清单 5-3）。我们想用 `Short`、`Medium` 和 `Long` 等值来填充一个组合框（combo），然后自动将用户的选择转换成整数值 `DateFormat.SHORT`、`DateFormat.MEDIUM` 和 `DateFormat.LONG`。我们并没有编写重复的代码，而是使用了反射：我们将用户的选择转换成大写字母，所有空格都用下划线替换，然后找到使用这个名字的静态域的值。（更多关于反射的内容参见第 I 卷第 5 章。）

程序清单 5-3 dateFormat/EnumCombo.java

```
1 package dateFormat;
2
3 import java.util.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
4  import javax.swing.*;
5  /**
6     A combo box that lets users choose from among static field
7     values whose names are given in the constructor.
8     @version 1.14 2012-01-26
9     @author Cay Horstmann
10 */
11 public class EnumCombo extends JComboBox<String>
12 {
13    private Map<String, Integer> table = new TreeMap<>();
14
15    /**
16       Constructs an EnumCombo.
17       @param cl a class
18       @param labels an array of static field names of cl
19    */
20    public EnumCombo(Class<?> cl, String... labels)
21    {
22       for (String label : labels)
23       {
24          String name = label.toUpperCase().replace(' ', '_');
25          int value = 0;
26          try
27          {
28             java.lang.reflect.Field f = cl.getField(name);
29             value = f.getInt(cl);
30          }
31          catch (Exception e)
32          {
33             label = "(" + label + ")";
34          }
35          table.put(label, value);
36          addItem(label);
37       }
38       setSelectedItem(labels[0]);
39    }
40    /**
41       Returns the value of the field that the user selected.
42       @return the static field value
43    */
44    public int getValue()
45    {
46       return table.get(getSelectedItem());
47    }
48 }
```

API java.text.DateFormat 1.1

- static Locale[] getAvailableLocales()

  返回一个 Locale 对象的数组，可以对这些对象使用 DateFormat 格式器。

- static DateFormat getDateInstance(int dateStyle)
- static DateFormat getDateInstance(int dateStyle, Locale l)

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- static DateFormat getTimeInstance(int timeStyle)
- static DateFormat getTimeInstance(int timeStyle, Locale l)
- static DateFormat getDateTimeInstance(int dateStyle, int timeStyle)
- static DateFormat getDateTimeInstance(int dateStyle, int timeStyle, Locale l)

  为默认或指定的 Locale 返回一个日期格式器、时间格式器或日期和时间的格式器。

  参数：dateStyle, timeStyle　DEFAULT、FULL、LONG、MEDIUM、SHORT 之一
- String format(Date d)

  对给定的日期 / 时间进行格式化，并返回结果。
- Date parse(String s)

  解析给定的字符串，返回其中描述的日期 / 时间。字符串必须以日期或时间开头；以空白字符开头是不允许的。日期后可以跟其他字符，但它们会被忽略。如果解析没有成功，则抛出 ParseException 异常。
- void setLenient(boolean b)
- boolean isLenient()

  设置或获得一个标志，它标记解析时是采用宽松的还是严格的方式。在宽松模式下，像 February 30, 1999 这样的日期会被自动转换成 March 2, 1999。它是默认的模式。
- void setCalendar(Calendar cal)
- Calendar getCalendar()

  设置或获得 Calendar 对象，可以用它来从 Date 对象中获取年、月、日、小时、分钟和秒。如果不想使用该 Locale 的默认日历（一般是公历），就使用这个方法。
- void setTimeZone(TimeZone tz)
- TimeZone getTimeZone()

  设置或获得格式化时间的时区对象。如果不想让 Locale 使用默认时区，可以使用这个方法。默认时区是默认 Locale 的时区，可以从操作系统中得到它。对于其他 Locale，应该使用和地理位置相对应的时区。
- void setNumberFormat(NumberFormat f)
- NumberFormat getNumberFormat()

  设置或获得数字格式，用它来格式化那些表示年、月、日、小时、分、秒的时间。

API java.util.TimeZone 1.1

- static String[] getAvailableIDs()

  获取所有支持的时区 ID。
- static TimeZone getDefault()

  获取该计算机的默认时区。
- static TimeZone getTimeZone(String timeZoneId)

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

获取给定 ID 的时区。

- String getID()

  获取该时区的 ID。

- String getDisplayName()
- String getDisplayName(Locale locale)
- String getDisplayName(boolean daylight, int style)
- String getDisplayName(boolean daylight, int style, Locale locale)

  获取该时区在默认或给定的 Locale 中的显示名称。如果 daylight 参数是 true，则返回夏令时的名字。参数 Style 的值可以是 SHORT 或 LONG。

- boolean useDaylightTime()

  如果该时区使用夏令时，则返回 true。

- boolean inDaylightTime(Date date)

  如果给定的日期在该时区中是夏令时，则返回 true。

5.4 排序

大多数程序员都知道如何使用 String 类中的 compareTo 方法对字符串进行比较。如果 a 的字典序小于 b，则 a.compareTo(b) 返回一个负数；如果相同则返回 0，否则返回正值。

但是，除非你的所有字母都是大写的英语 ASCII 字母，否则这个方法是没有用处的。它的问题在于 Java 语言中的 compareTo 方法是用 Unicode 字符来决定顺序的。比如，小写字母的 Unicode 值比大写的大，有重音符的字母的值甚至更大，这将使结果失去意义。比如，我们使用 compareTo 方法来对下面的 5 个字符串进行排序的结果为：

```
America
Zulu
able
zebra
Ångström
```

按照字典中的顺序，你希望将大写和小写看作是等价的。对于一个说英语的读者来说，期望的排序结果应该是：

```
able
America
Ångström
zebra
Zulu
```

但是，这种顺序对于瑞典用户是不可接受的。在瑞典语中，字母 Å 和字母 A 是不同的，它应该排在字母 Z 之后！就是说，瑞典用户希望排序的结果是：

```
able
America
zebra
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
Zulu
Ångström
```

其实，一旦注意到这个问题，排序就很简单了。一般，需要先得到一个 Locale 对象，然后，调用 getInstance 工厂方法来得到一个 Collator 对象。最后，当希望对字符串进行排序时，使用这个排序器的 compare 方法，而不是 String 类的 compareTo 方法：

```
Locale loc = . . .;
Collator coll = Collator.getInstance(loc);
if (coll.compare(a, b) < 0) // a comes before b . . .;
```

最重要的是，Collator 类实现了 Comparator 接口。因此，可以传一个排序器对象到 Collections.sort 方法中来对一组字符串进行排序：

```
Collections.sort(strings, coll);
```

5.4.1 排序强度

你可以设置排序器的强度以此来选择不同的排序行为。字符间的差别可以被分为首要的（primary）、其次的（secondary）和再次的（tertiary）。比如，在英语中，“A”和“Z”之间的差别被归为首要的，而“A”和“Å”之间的差别是其次的，“A”和“a”之间是再次的。

如果将排序器的强度设置成 Collator.PRIMARY，那么排序器将只关注 primary 级的差别。如果设置成 Collator.SECONDARY，排序器将把 secondary 级的差别也考虑进去。就是说，两个字符串在“secondary”或“tertiary”强度下更容易被区分开来，如表 5-4 所示。

如果强度被设置为 Collator.IDENTICAL，则不允许有任何差异。这种设置在与排序器的第二种具有相当技术性的设置，即分解模式（decomposition mode），联合使用时，就会显得非常有用。我们将在下一节讨论分解模式。

表 5-4 不同的强度下的排序（英语 Locale）

首 要	其 次	再 次
Angstrom =Ångström	Angstrom ≠ Ångström	Angstrom ≠ Ångström
Able = able	Able = able	Able ≠ able

5.4.2 分解

偶尔我们会碰到一个字符或字符序列在描述成 Unicode 时，可以有多种方式。例如，“Å”可以是 Unicode 字符 U+00C5，或者可以表示成普通的 A（U+0065）后跟°（“上方组合环”，U+030A）。也许会让你更吃惊的是，字母序列“ffi”可以用代码 U+FB03 描述成单个字符“拉丁小连字 ffi”。（有人会说这是表示方法的不同，不应该因此产生不同的 Unicode 字符，但我们不会作这样的规定。）

Unicode 标准对字符串定义了四种范化形式（normalization form）：D、KD、C 和 KC，请查看 http://www.unicode.org/unicode/reports/tr15/tr15-23.html 以了解详细信息。这其中的两种都是用于排序的。在范化形式 D 中，重音字符被分解为基字符和组合重音符。例如，Å

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

就被转换成由字母 A 和上方组合环° 构成的序列。范化形式 KD 更近一步地将兼容性字符（compatibility character）也进行了分解，例如 ffi 连字或商标符号 ™。

我们可以选择排序器所使用的范化程度：Collator.NO_DECOMPOSITION 表示不对字符串做任何范化，这个选项处理速度较快，但是对于以多种形式表示字符的文本就显得不适用了；默认值 Collator.CANONICAL_DECOMPOSITION 使用范化形式 D，这对于包含重音但不包含连字的文本是非常有用的形式；最后是使用范化形式 KD 的“完全分解”。请参见表 5-5 中的示例：

表5-5 分解模式之间的差异

不 分 解	规 范 分 解	完 全 分 解
Å ≠ A°	Å = A°	Å = A°
™ ≠ TM	™ ≠ TM	™ = TM

让排序器去多次分解一个字符串是很浪费的。如果一个字符串要和其他字符串进行多次比较，可以将分解的结果保存在一个排序键对象中。getCollationKey 方法返回一个 CollationKey 对象，可以用它来进行更深入的、更快速的比较操作。下面是一个例子：

```
String a = . . .;
CollationKey aKey = coll.getCollationKey(a);
if(aKey.compareTo(coll.getCollationKey(b)) == 0) // fast comparison
   . . .
```

最后，有可能在你不需要进行排序时，也希望将字符串转换成它们的范化形式。例如，在将字符串存储到数据库中，或与其他程序进行通信时。java.text.Normalizer 类实现了对范化的处理。例如：

```
String name = "Ångström";
String normalized = Normalizer.normalize(name, Normalizer.Form.NFD); // uses normalization form D
```

上面的字符串范化后包含 10 个字符，其中“Å”和“ö”替换成了“A°”和“o¨”序列。

但是，这通常并非用于存储或传输的最佳形式。范化形式 C 首先进行分解，然后将重音按照标准化的顺序组合在后面。根据 W3C 的标准，这是用于在因特网上进行数据传输的推荐模型。

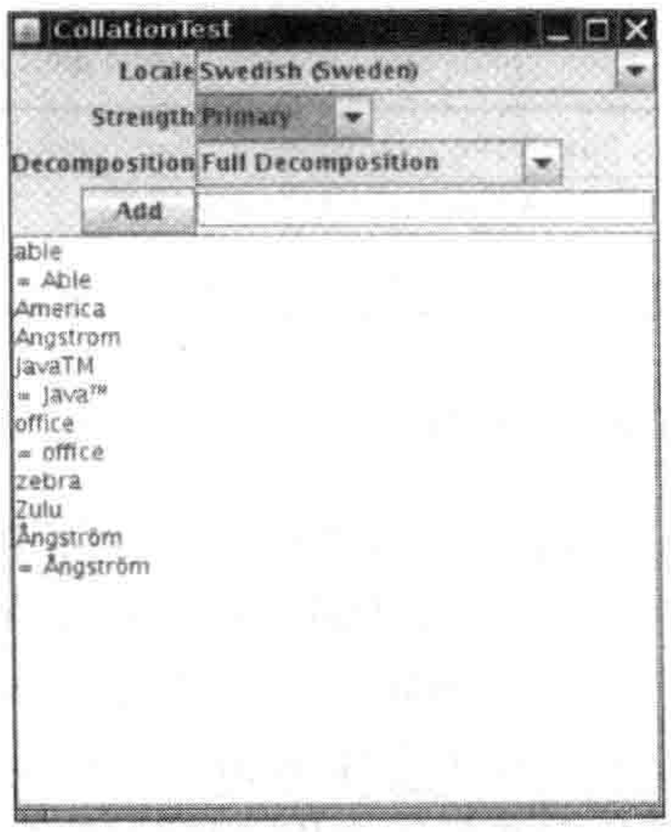


图 5-3 CollationTest 程序

程序清单 5-4 中的程序让你体验了一下 collation 排序。向文本框中输入一个词然后点击 Add 按钮把它添加到一个单词列表中。每当添加一个单词，或选择 locale、强度或分解模式，列表中的单词就会被重新排列。= 号表示这两个词被认为是等同的（参见图 5-3）。

在组合框中的 locale 名的显示顺序，是用默认 locale 的排序器进行排序而产生的顺序。如果用美国英语 locale 运行这个程序，即使逗号的 Unicode 值比后括号的 Unicode 值大，“Norwegian (Norway,Nynorsk)”也会显示在“Norwegian (Norway)”的前面。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 5-4 collation/CollationTest.java

```
1  package collation;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.text.*;
6  import java.util.*;
7  import java.util.List;
8
9  import javax.swing.*;
10
11 /**
12  * This program demonstrates collating strings under various locales.
13  * @version 1.14 2012-01-26
14  * @author Cay Horstmann
15  */
16 public class CollationTest
17 {
18    public static void main(String[] args)
19    {
20       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
21          {
22             public void run()
23             {
24                JFrame frame = new CollationFrame();
25                frame.setTitle("CollationTest");
26                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
27                frame.setVisible(true);
28             }
29          });
30    }
31 }
32
33 /**
34  * This frame contains combo boxes to pick a locale, collation strength and decomposition rules,
35  * a text field and button to add new strings, and a text area to list the collated strings.
36  */
37 class CollationFrame extends JFrame
38 {
39    private Collator collator = Collator.getInstance(Locale.getDefault());
40    private List<String> strings = new ArrayList<>();
41    private Collator currentCollator;
42    private Locale[] locales;
43    private JComboBox<String> localeCombo = new JComboBox<>();
44    private JTextField newWord = new JTextField(20);
45    private JTextArea sortedWords = new JTextArea(20, 20);
46    private JButton addButton = new JButton("Add");
47    private EnumCombo strengthCombo = new EnumCombo(Collator.class, "Primary",
48          "Secondary", "Tertiary", "Identical");
49    private EnumCombo decompositionCombo = new EnumCombo(Collator.class,
50          "Canonical Decomposition", "Full Decomposition", "No Decomposition");
51
52    public CollationFrame()
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
53    {
54       setLayout(new GridBagLayout());
55       add(new JLabel("Locale"), new GBC(0, 0).setAnchor(GBC.EAST));
56       add(new JLabel("Strength"), new GBC(0, 1).setAnchor(GBC.EAST));
57       add(new JLabel("Decomposition"), new GBC(0, 2).setAnchor(GBC.EAST));
58       add(addButton, new GBC(0, 3).setAnchor(GBC.EAST));
59       add(localeCombo, new GBC(1, 0).setAnchor(GBC.WEST));
60       add(strengthCombo, new GBC(1, 1).setAnchor(GBC.WEST));
61       add(decompositionCombo, new GBC(1, 2).setAnchor(GBC,WEST));
62       add(newWord, new GBC(1, 3).setFill(GBC.HORIZONTAL));
63       add(new JScrollPane(sortedWords), new GBC(0, 4, 2, 1).setFill(GBC.BOTH));
64
65       locales = (Locale[]) Collator.getAvailableLocales().clone();
66       Arrays.sort(locales, new Comparator<Locale>()
67          {
68             public int compare(Locale l1, Locale l2)
69             {
70                return collator.compare(l1.getDisplayName(), l2.getDisplayName());
71             }
72          });
73       for (Locale loc : locales)
74          localeCombo.addItem(loc.getDisplayName());
75       localeCombo.setSelectedItem(Locale.getDefault().getDisplayName());
76
77       strings.add("America");
78       strings.add("able");
79       strings.add("Zulu");
80       strings.add("zebra");
81       strings.add("\u00C5ngstr\u00F6m");
82       strings.add("A\u030angstro\u0308m");
83       strings.add("Angstrom");
84       strings.add("Able");
85       strings.add("office");
86       strings.add("o\uFB03ce");
87       strings.add("Java\u2122");
88       strings.add("JavaTM");
89       updateDisplay();
90
91       addButton.addActionListener(new ActionListener()
92          {
93             public void actionPerformed(ActionEvent event)
94             {
95                strings.add(newWord.getText());
96                updateDisplay();
97             }
98          });
99
100      ActionListener listener = new ActionListener()
101         {
102            public void actionPerformed(ActionEvent event)
103            {
104               updateDisplay();
105            }
106         };
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
107
108       localeCombo.addActionListener(listener);
109       strengthCombo.addActionListener(listener);
110       decompositionCombo.addActionListener(listener);
111       pack();
112    }
113
114    /**
115     * Updates the display and collates the strings according to the user settings.
116     */
117    public void updateDisplay()
118    {
119       Locale currentLocale = locales[localeCombo.getSelectedIndex()];
120       localeCombo.setLocale(currentLocale);
121
122       currentCollator = Collator.getInstance(currentLocale);
123       currentCollator.setStrength(strengthCombo.getValue());
124       currentCollator.setDecomposition(decompositionCombo.getValue());
125
126       Collections.sort(strings, currentCollator);
127
128       sortedWords.setText("");
129       for (int i = 0; i < strings.size(); i++)
130       {
131          String s = strings.get(i);
132          if (i > 0 && currentCollator.compare(s, strings.get(i - 1)) == 0) sortedWords
133                .append("= ");
134          sortedWords.append(s + "\n");
135       }
136       pack();
137    }
138 }
```

API java.text.Collator 1.1

- static Locale[] getAvailableLocales()

  返回 Locale 对象的一个数组，该 Collator 对象可用于这些对象。

- static Collator getInstance()
- static Collator getInstance(Locale l)

  为默认或给定的 locale 返回一个排序器。

- int compare(String a, String b)

  如果 a 在 b 之前，则返回负值；如果它们等价，则返回 0，否则返回正值。

- boolean equals(String a, String b)

  如果它们等价，则返回 true，否则返回 false。

- void setStrength(int strength)
- int getStrength()

  设置或获取排序器的强度。更强的排序器可以区分更多的词。强度的值可以是 Collator.PRIMARY、Collator.SECONDARY 和 Collator.TERTIARY。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- void setDecomposition(int decomp)
- int getDecompositon()

  设置或获取排序器的分解模式。分解越细，判断两个字符串是否相等时就越严格。分解的等级值可以是Collator.NO_DECOMPOSITION、Collator.CANONICAL_DECOMPOSITION和Collator.FULL_DECOMPOSITION。
- CollationKey getCollationKey(String a)

  返回一个排序器键，这个键包含一个对一组字符按特定格式分解的结果，可以快速地和其他排序器键进行比较。

API java.text.CollationKey 1.1

- int compareTo(CollationKey b)

  如果这个键在b之前，则返回一个负值；如果两者等价，则返回0，否则返回正值。

API java.text.Normalizer 6

- static String normalizer(CharSequence str, Normalizer.Form form)

  返回str的范化形式，form的值是ND、NKD、NC或NKC之一。

5.5 消息格式化

Java类库中有一个MessageFormat类，用来格式化带变量的文本，就像这样：

```
"On {2}, a {0} destroyed {1} houses and caused {3} of damage."
```

括号中的数字是一个占位符，可以用实际的名字和值来替换它。使用静态方法MessageFormat.format可以用实际的值来替换这些占位符。从JDK 5.0开始，它已经是一个“varargs”方法了，所以你可以通过下面的方法提供参数：

```
String msg = MessageFormat.format("On {2}, a {0} destroyed {1} houses and caused {3} of damage.",
    "hurricane", 99, new GregorianCalendar(1999, 0, 1).getTime(), 10.0E8);
```

在这个例子中，占位符{0}被“hurricane”替换，{1}被99替换，等等。

上述例子的结果是下面的字符串：

```
On 1/1/99 12:00 AM, a hurricane destroyed 99 houses and caused 100,000,000 of damage.
```

这只是开始，离完美还有距离。我们不想将时间显示为“12:00 AM”，而且我们想造成的损害量打印成货币值。通过为占位符提供可选的格式，就可以做到这一点：

```
"On {2,date,long}, a {0} destroyed {1} houses and caused {3,number,currency} of damage."
```

这段示例代码将打印出：

```
On January 1, 1999, a hurricane destroyed 99 houses and caused $100,000,000 of damage.
```

一般来说，占位符索引后面可以跟一个类型（type）和一个风格（style），它们之间用逗号隔开。类型可以是：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
number
time
date
choice
```

如果类型是 number，那么风格可以是

```
integer
currency
percent
```

或者可以是数字格式模式，就像 $、##0。（关于格式的更多信息，参见 DecimalFormat 类的文档。）

如果类型是 time 或 date，那么风格可以是

```
short
medium
long
full
```

或者是一个日期格式模式，就像 yyyy-MM-dd。（关于格式的更多信息，参见 SimpleDateFormat 类的文档。）

选择格式更复杂，我们将在下一节中讨论。

警告： 静态的 MessageFormat.format 方法使用当前的 locale 对值进行格式化。要想用任意的 locale 进行格式化，还有一些工作要做，因为这个类还没有提供任何可以使用的“varargs”方法。你需要把将要格式化的值置于 Object[] 数组中，就像下面这样：

```
MessageFormat mf = new MessageFormat(pattern, loc);
String msg = mf.format(new Object[] { values });
```

API java.text.MessageFormat 1.1

- MessageFormat(String pattern)
- MessageFormat(String pattern, Locale loc)

  用给定的模式和 locale 构建一个消息格式对象。
- void applyPattern(String pattern)

  给消息格式对象设置特定的模式。
- void setLocale(Locale loc)
- Locale getLocale()

  设置或获取消息中占位符所使用的 locale。这个 locale 仅仅被通过调用 applyPattern 方法所设置的后续模式所使用。
- static String format(String pattern, Object... args)

  通过使用 args[i] 作为占位符 {i} 的输入来格式化 pattern 字符串。
- StringBuffer format(Object args, StringBuffer result, FieldPosition pos)

  格式化 MessageFormat 的模式。args 参数必须是一个对象数组。被格式化的字符串会被附加到 result 末尾，并返回 result。如果 pos 等于 new FieldPosition

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

(MessageFormat.Field.ARGUMENT)，就用它的 beginIndex 和 endIndex 属性值来设置替换占位符 {1} 的文本位置。如果不关心位置信息，可以将它设为 null。

API java.text.Format 1.1

- String format(Object obj)
  按照格式器的规则格式化给定的对象，这个方法将调用 format(obj,new StringBuffer(), new FieldPosition(1)).toString()。

选择格式

让我们仔细地看看前面一节所提到的模式：

```
"On {2}, a {0} destroyed {1} houses and caused {3} of damage."
```

如果我们用“earthquake”来替换代表灾难的占位符 {0}，那么，在英语中，这句话的语法就不正确了。

```
On January 1, 1999, a earthquake destroyed . . .
```

这说明，我们真正希望的是将冠词“a”集成到占位符中去：

```
"On {2}, {0} destroyed {1} houses and caused {3} of damage."
```

这样我们就应该用“a hurricane”或“an earthquake”来替换 {0}。当消息需要被翻译成某种语言，而该语言中的词会随词性的变化而变化时，这种替换方式就特别适用。比如，在德语中，模式可能会是：

```
"{0} zerstörte am {2} {1} Häuser und richtete einen Schaden von {3} an."
```

这样，占位符将被正确地替换成冠词和名词的组合，比如“Ein Wirbelsturm”，“Eine Naturkatastrophe”。

让我们来看看参数 {1}。如果灾难的后果不严重，{1} 的替换值可能是数字 1，消息就变成：

```
On January 1, 1999, a mudslide destroyed 1 houses and . . .
```

我们当然希望消息能够随占位符的值而变化，这样就能根据具体的值形成

```
no houses
one house
2 houses
. . .
```

choice 格式化选项就是为了这个目的而设计的。

一个选择格式是由一个序列对构成的，每一个对包括

- 一个下限（lower limit）
- 一个格式字符串（ format string）

下限和格式字符串由一个 # 符号分隔，对与对之间由符号 | 分隔。

例如，

```
{1,choice,0#no houses|1#one house|2#{1} houses}
```

表 5-6 显示了格式字符串对 {1} 的不同值产生的作用。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

为什么在格式化字符串中两次用到了{1}？当消息格式将选择的格式应用于占位符{1}而且替换值是$2时，那么选择格式返回“{1} houses”。这个消息由消息格式再次格式化，将这次的结果和上一次的叠加。

表5-6 由选择格式进行格式化的字符串

{1}	结 果
0	"no houses"
1	"one houses"
3	"3 houses"
−1	"no houses"

注意：这个例子说明选择格式的设计者有些糊涂了。如果你有3个格式字符串，你就需要两个下限来分隔它们。一般来说，你需要的下限数目比格式字符串数目少1。就像你在表5-4中见到的，MessageFormat类将忽略第一个下限。

如果这个类的设计者意识到下限只在两个选择之间出现，那么语法就要清楚得多，比如，

```
no houses|1|one house|2|{1} houses // not the actual format。
```

可以使用<符号来表示如果替换值严格小于下限，则选中这个选择项。

也可以使用≤（unicode中的代码是\u2264）来实现和#相同的效果。如果愿意的话，甚至可以将第一个下限的值定义为－∞（unicode代码是-\u221E）。

例如，

```
-∞<no houses|0<one house|2≤ {1} houses
```

或者使用Unicode转义字符，

```
-\u221E<no houses|0<one house|2\u2264{1} houses
```

让我们来结束自然灾害的场景。如果我们将选择字符串放到原始消息字符串中，那么我们得到下面的格式化指令：

```
String pattern = "On {2,date,long}, {0} destroyed {1,choice,0#no houses|1#one house|2#{1}
   houses}" + "and caused {3,number,currency} of damage.";
```

在德语中，即

```
String pattern = "{0} zerstörte am {2,date,long} {1,choice,0#kein Haus|1#ein Haus|2#{1} Häuser}"
   + "und richtete einen Schaden von {3,number,currency} an.";
```

请注意，在德语中词的顺序和英语中是不同的，但是你传给format方法的对象数组是相同的。可以用格式字符串中占位符的顺序来处理单词顺序的改变。

5.6 文本文件和字符集

众所周知，Java是完全基于Unicode的。但是，操作系统一般有它们自己的字符编码，比如在美国是ISO-8859-1（8位代码，有时候也称为“ANSI”代码），在台湾是Big5。

当把数据保存到一个文本文件中时，应该照顾到本地的字符编码，这样程序的用户就可以用他们的其他程序打开这个文本文件。字符编码是在FileWriter的构造器中指定的：

```
out = new FileWriter(filename, "ISO-8859-1");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

可以在第 1 章的表 1-1 中找到所支持的编码方式的完整列表。

遗憾的是，目前，locale 和字符编码之间没有任何联系。比如，如果你的用户选择的是台湾的 locale zh_TW，但是在 Java 中并没有提供任何方法来告诉你用 Big5 字符编码是最恰当的。

源文件的字符编码

作为程序员，要牢记你需要与 Java 编译器交互，这种交互需要通过本地系统的工具来完成。例如，可以使用中文版的记事本来写你的 Java 源代码文件。但这样写出来的源码是不能随处可用的，因为它们使用的是本地的字符编码（GB 或 Big5，这取决于你使用的是哪种中文操作系统）。只有编译后的 class 文件才能随处使用，因为它们会自动地使用“ modified UTF-8”编码来处理标识符和字符串。这意味着即使在程序编译和运行时，依然有 3 种字符编码参与其中：

- 源文件：本地编码
- 类文件：modified UTF-8
- 虚拟机：UTF-16

关于 modified UTF-8 和 UTF-16 格式的定义，参见第 1 章。

提示： 你可以用 -encoding 标记来设定你的源文件的字符编码，例如

```
javac -encoding Big5 Myfile.java
```

为了使你的源文件能够到处使用，必须使用普通的 ASCII 编码。就是说，你需要将所有非 ASCII 字符转换成等价的 Unicode 编码。比如，不要使用字符串“ Häuser”，应该使用“ H\u0084user”。JDK 包含一个工具——native2ascii，可以用它来将本地字符编码转换成普通的 ASCII。这个工具直接将输入中的每一个非 ASCII 字符替换为一个 \u 加四位十六进制数字的 Unicode 值。使用 native2ascii 时，需要提供输入和输出文件的名字：

```
native2ascii Myfile.java Myfile.temp
```

可以用 -reverse 选项来进行逆向转换：

```
native2ascii -reverse Myfile.temp Myfile.java
```

可以用 -encoding 选项指定另一种编码。编码的名字必须是编码表所列出来的名字之一，这个表可以参见第 1 章中的表 1-1：

```
native2ascii -encoding Big5 Myfile.java Myfile.temp
```

提示： 限制自己只使用普通 ASCII 的类名是一个好主意。因为类的名字会成为类文件的名字，对所有由非 ASCII 代码表示的名字的处理都将由本地文件系统负责。但令人沮丧的是，Windows 95 使用被称为“ Code Page 437”或“最初的 PC 编码”方式来处理文件名。如果你编译得到了一个 Bä 类，并试图在 Windows 95 上运行它，就会得到一个错误消息“无法找到类 BΣr”。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

5.7 资源包

当本地化一个应用时，可能会有大量的消息字符串、按钮标签和其他的东西需要被翻译。为了能灵活地完成这项任务，你会希望在外部定义消息字符串，通常称之为资源(resource)。翻译人员不需要接触程序源代码就可以很容易地编辑资源文件。

在 Java 中，你要使用属性文件来设定字符串资源，并为其他类型的资源实现相应的类。

注意： Java 技术资源和 Windows 和 Macintosh 资源不同。Macintosh 或 Windows 可执行文件在程序代码以外的地方存储类似菜单、对话框、图标和消息这样的资源。资源编辑器能够在不影响程序代码的情况下检查并更新这些资源。

注意： 第 I 卷第 10 章描述了 JAR 文件资源的概念，以及为何数据文件、声音和图片可以被存放在 JAR 文件中。Class 类的 getResource 方法可以找到相应的文件，打开它并返回资源的 URL。通过将文件放置到 JAR 文件中，你就将查找这些资源文件的工作留给了类的加载器去处理，加载器知道如何定位 JAR 文件中的项。但是，这个机制不支持 locale。

5.7.1 定位资源包

当本地化一个应用时，会制造出很多资源包（resource bundle)。每一个包都是一个属性文件或者是一个描述了与 locale 相关的项的类（比如消息、标签等)。对于每一个包，都要为所有你想要支持的 locale 提供相应的版本。

需要对这些包使用一种统一的命名规则。例如，为德国定义的资源放在一个名为“*包名* _de_DE”的文件中，而为所有说德语的国家所共享的资源则放在名为“*包名* _de”的文件中。一般来说，使用

包名_语言_国家

来命名所有和国家相关的资源，使用

包名_语言

来命名所有和语言相关的资源。最后，作为后备，可以把默认资源放到一个没有后缀的文件中。

可以用下面的命令加载一个包

```
ResourceBundle currentResources = ResourceBundle.getBundle(bundleName, currentLocale);
```

getBundle 方法试图加载匹配当前 locale 定义的语言和国家的包。如果失败，通过依次放弃国家和语言来继续进行查找，然后同样的查找被应用于默认的 locale，最后，如果还不行的话就去查看默认的包文件，如果这也失败了，则抛出一个 MissingResourceException 异常。

这就是说，getBundle 方法试图加载以下的包。

包名_当前 Locale 的语言_当前 Locale 的国家_当前 Locale 的变量
包名_当前 Locale 的语言_当前 Locale 的国家
包名_当前 Locale 的语言
包名_默认 Locale 的语言_默认 Locale 的国家_默认 Locale 的变量

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

包名_默认 Locale 的语言_默认 Locale 的国家
包名_默认 Locale 的语言
包名

一旦 getBundle 方法定位了一个包，比如，*包名* _de_DE，它还会继续查找*包名* _de 和*包名*这两个包。如果这些包也存在，它们在资源层次中就成为了包名 _de_DE 的父包。以后，当查找一个资源时，如果在当前包中没有找到，就去查找其父包。就是说，如果一个特定的资源在当前包中没有被找到，比如，某个特定资源在*包名* _de_DE 中没有找到，那么就会去查询*包名* _de 和*包名*。

这是一项非常有用的服务，如果手工来编写将会非常麻烦。Java 编程语言的资源包机制会自动定位与给定的 locale 匹配得最好的项。可以很容易地把越来越多的本地化信息加到已有的程序中：你需要做的只是增加额外的资源包。

注意： 我们简化了对资源包查找的讨论。如果 Locale 中包含脚本或变体，那么查找就会变得复杂得多。可以查看 ResoureBundle.Control.getCandidateLocales 方法的文档以了解其细节。

提示： 不需要把你的程序的所有资源都放到同一个包中。可以用一个包来存放按钮标签，用另一个包存放错误消息等。

5.7.2 属性文件

对字符串进行国际化是很直接的，你可以把所有字符串放到一个属性文件中，比如 MyProgramStrings.properties，这是一个每行存放一个键—值对的文本文件。典型的属性文件看起来就像这样：

```
computeButton=Rechnen
colorName=black
defaultPaperSize=210x297
```

然后你就像上一节描述的那样命名你的属性文件，例如，

```
MyProgramStrings.properties
MyProgramStrings_en.properties
MyProgramStrings_de_DE.properties
```

你可以直接加载包，如

```
ResourceBundle bundle = ResourceBundle.getBundle("MyProgramStrings", locale);
```

要查找一个具体的字符串，可以调用

```
String computeButtonLabel = bundle.getString("computeButton");
```

警告： 存储属性的文件都是 ASCII 文件。如果你需要将 Unicode 字符放到属性文件中，那么请用 \uxxxx 编码方式对它们进行编码。比如，要设定“colorName=Grün”，可以使用

```
colorName=Gr\u00FCn
```

你可以使用 native2ascii 工具来产生这些文件。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

5.7.3 包类

为了提供字符串以外的资源，需要定义类，它必需扩展自 ResourceBundle 类。应该使用标准的命名规则来命名你的类，比如

```
MyProgramResources.java
MyProgramResources_en.java
MyProgramResources_de_DE.java
```

你可以使用与加载属性文件相同的 getBundle 方法来加载这个类：

```
ResourceBundle bundle = ResourceBundle.getBundle("MyProgramResources", locale);
```

警告： 当搜索包时，如果在类中的包和在属性文件中的包中都存在匹配，优先选择类中的包。

每一个资源绑定类都实现了一个查询表。你需要为每一个你想定位的设置都提供一个关键字字符串，使用这个字符串来提取相应的设置。例如，

```
Color backgroundColor = (Color) bundle.getObject("backgroundColor");
double[] paperSize = (double[]) bundle.getObject("defaultPaperSize");
```

实现资源绑定类的最简单方法就是继承 ListResourceBundle 类。ListResourceBundle 让你把所有资源都放到一个对象数组中并提供查找功能。要遵循以下的代码框架：

```
public class bundleName_language_country extends ListResourceBundle
{
   private static final Object[][] contents =
   {
      { key1, value2 },
      { key2, value2 },
      . . .
   }
   public Object[][] getContents() { return contents; }
}
```

例如，

```
public class ProgramResources_de extends ListResourceBundle
{
   private static final Object[][] contents =
   {
      { "backgroundColor", Color.black },
      { "defaultPaperSize", new double[] { 210, 297 } }
   }
   public Object[][] getContents() { return contents; }
}

public class ProgramResources_en_US extends ListResourceBundle
{
   private static final Object[][] contents =
   {
      { "backgroundColor", Color.blue },
      { "defaultPaperSize", new double[] { 216, 279 } }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
    }
    public Object[][] getContents() { return contents; }
}
```

注意： 纸的尺寸是以毫米为单位给出的。在地球上，除了加拿大和美国，其他地区的人都使用 ISO 216 规格的纸。更多信息见 http://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/iso-paper.html。根据美国公制联合会 (http://lamar.colostate.edu/~hillger) 的研究，世界上只有三个国家没有正式采用公制系统，分别是利比亚、缅甸和美国。

或者，你的资源绑定类可以扩展 `ResourceBundle` 类。然后需要实现两个方法，一是枚举所有键，二是用给定的键查找相应的值：

```
Enumeration<String> getKeys()
Object handleGetObject(String key)
```

`ResourceBundle` 类的 `getObject` 方法会调用你提供的 `handleGetObject` 方法。

API java.util.ResourceBundle 1.1

- `static ResourceBundle getBundle(String baseName, Locale loc)`
- `static ResourceBundle getBundle(String baseName)`

  在给定的 locale 或默认的 locale 下以给定的名字加载资源绑定类和它的父类。如果资源包类位于一个 Java 包中，那么类的名字必须包含完整的包名，例如“`intl.ProgramResources`”。资源包类必须是 `public` 的，这样 `getBundle` 方法才能访问它们。
- `Object getObject(String name)`

  从资源包或它的父包中查找一个对象。
- `String getString(String name)`

  从资源包或它的父包中查找一个对象并把它转型成字符串。
- `String[] getStringArray(String name)`

  从资源包或它的父包中查找一个对象并把它转型成字符串数组。
- `Enumeration<String> getKeys()`

  返回一个枚举对象，枚举出资源包中的所有键，也包括父包中的键。
- `Object handleGetObject(String key)`

  如果你要定义自己的资源查找机制，那么这个方法就需要被覆写，用来查找与给定的键相关联的资源的值。

5.8 一个完整的例子

在这一节中，我们使用本章中的内容来对退休金计算器小程序进行本地化，这个小程序可以计算你是否为退休存够了钱，你需要输入年龄，每个月存多少钱等信息（参见图 5-4）。

文本区和图表显示每年退休基金中的余额。如果你后半生的退休金余额变成负数，并且表中的数据条在 x- 轴以下，你就需要做些什么了；例如，存更多的钱、推迟退休、早死或变得更年轻。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

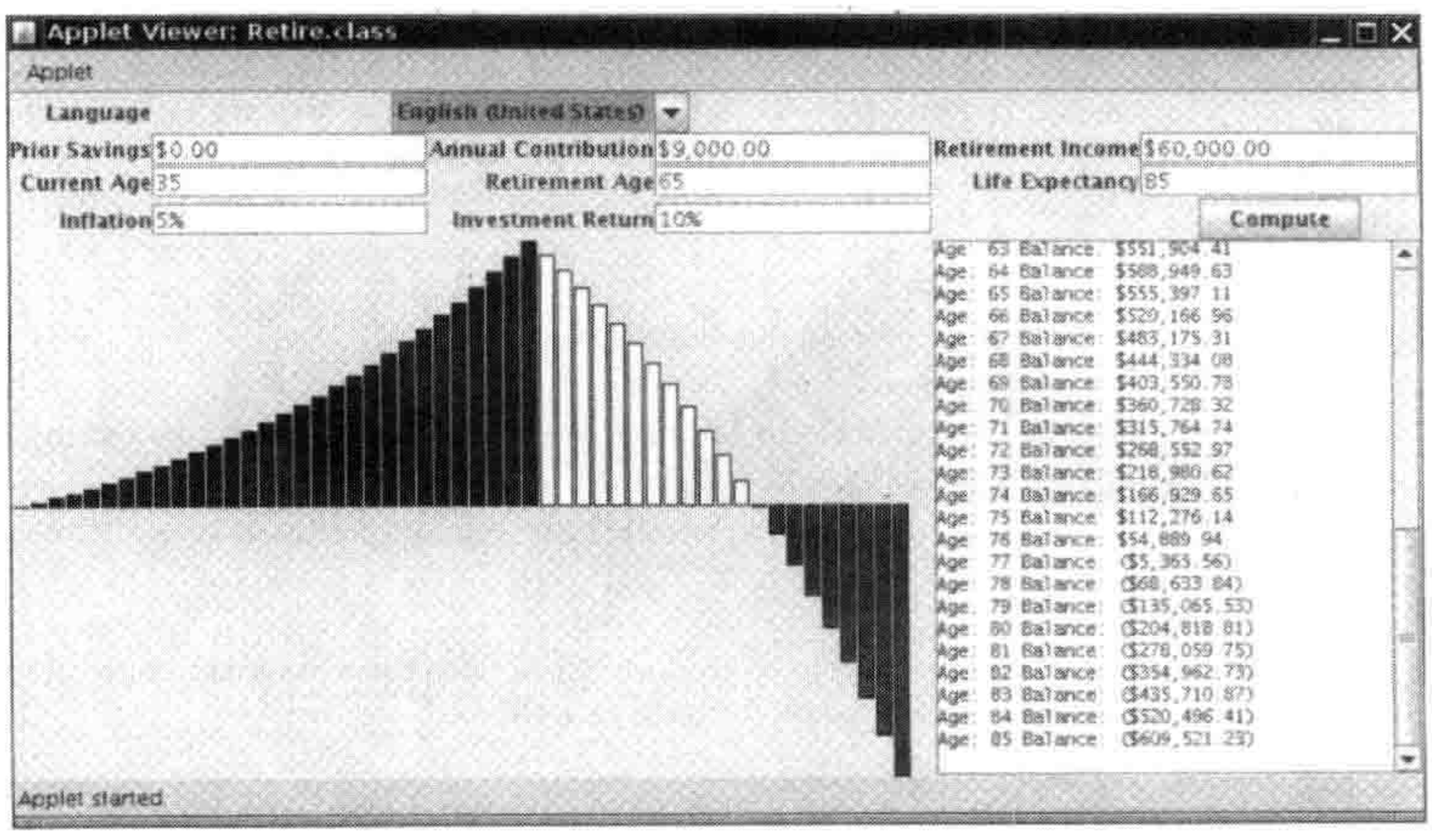


图 5-4 使用英语的退休金计算器

这个退休计算器可以在三种 locale 下工作（英语、德语和中文）。下面是进行国际化时的一些要点：

- 标签、按钮和消息被翻译成德语和中文。你可以在 RetireResources_de，RetireResources_zh 中找到它们。英语作为后备，见 RetireResources 文件。为了产生中文消息，我们首先用中文 Windows 上的记事本来编写文件，然后用 native2ascii 来将字符转换成 Unicode。
- 当 locale 改变时，我们重置标签并格式化文本框中的内容。
- 文本域以本地格式处理数字、货币值和百分数。
- 计算域使用 MessageFormat。格式字符串被存储在每种语言的资源包中。
- 为了说明的确可行，我们按照用户选择的语言为条柱图使用不同的颜色。

程序清单 5-5 到程序清单 5-8 显示了代码，而程序清单 5-9 到程序清单 5-11 是本地化的字符串的属性文件。图 5-5 和图 5-6 分别显示了在德语和中文下的输出。为了显示中文，

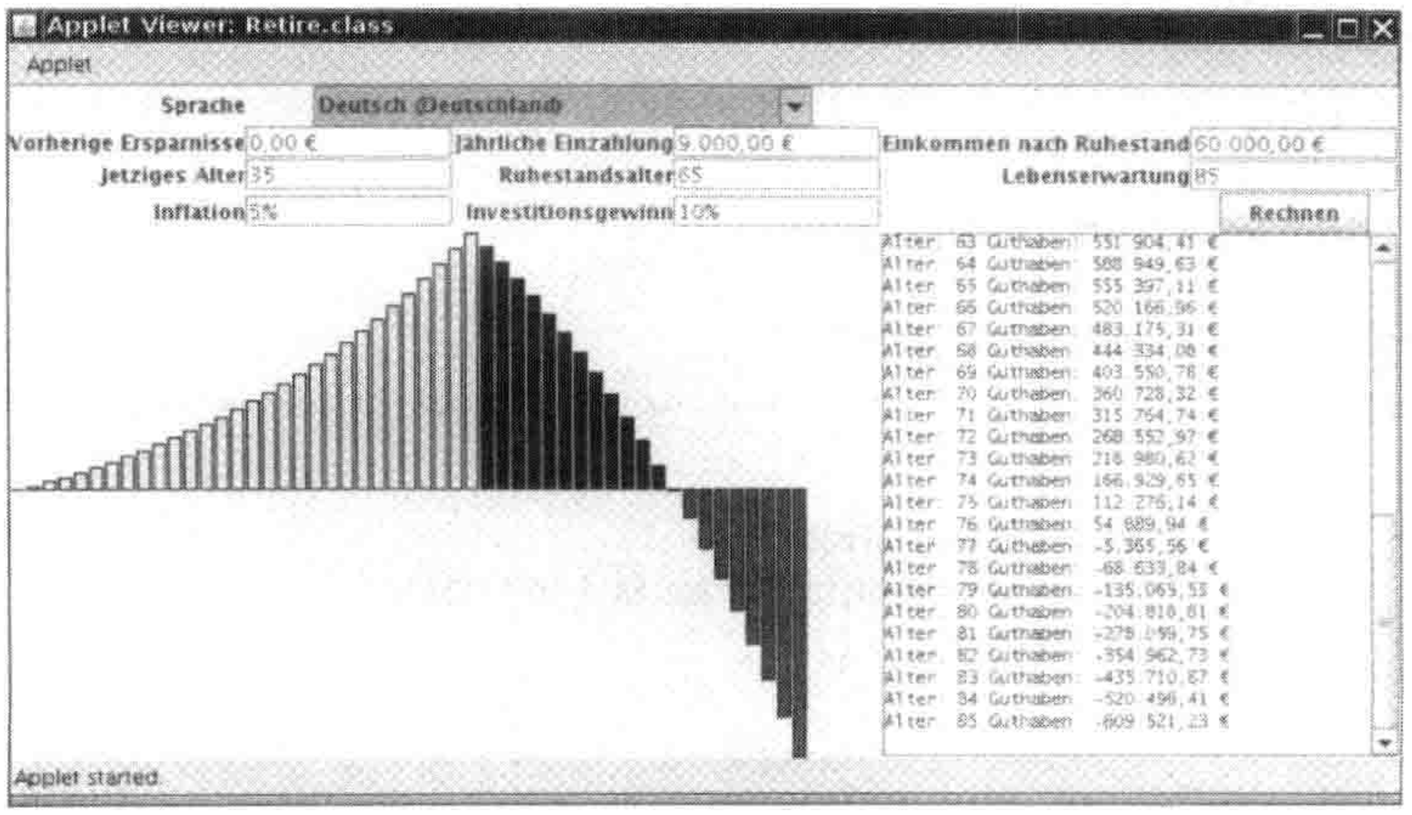


图 5-5 使用德语的退休金计算器

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

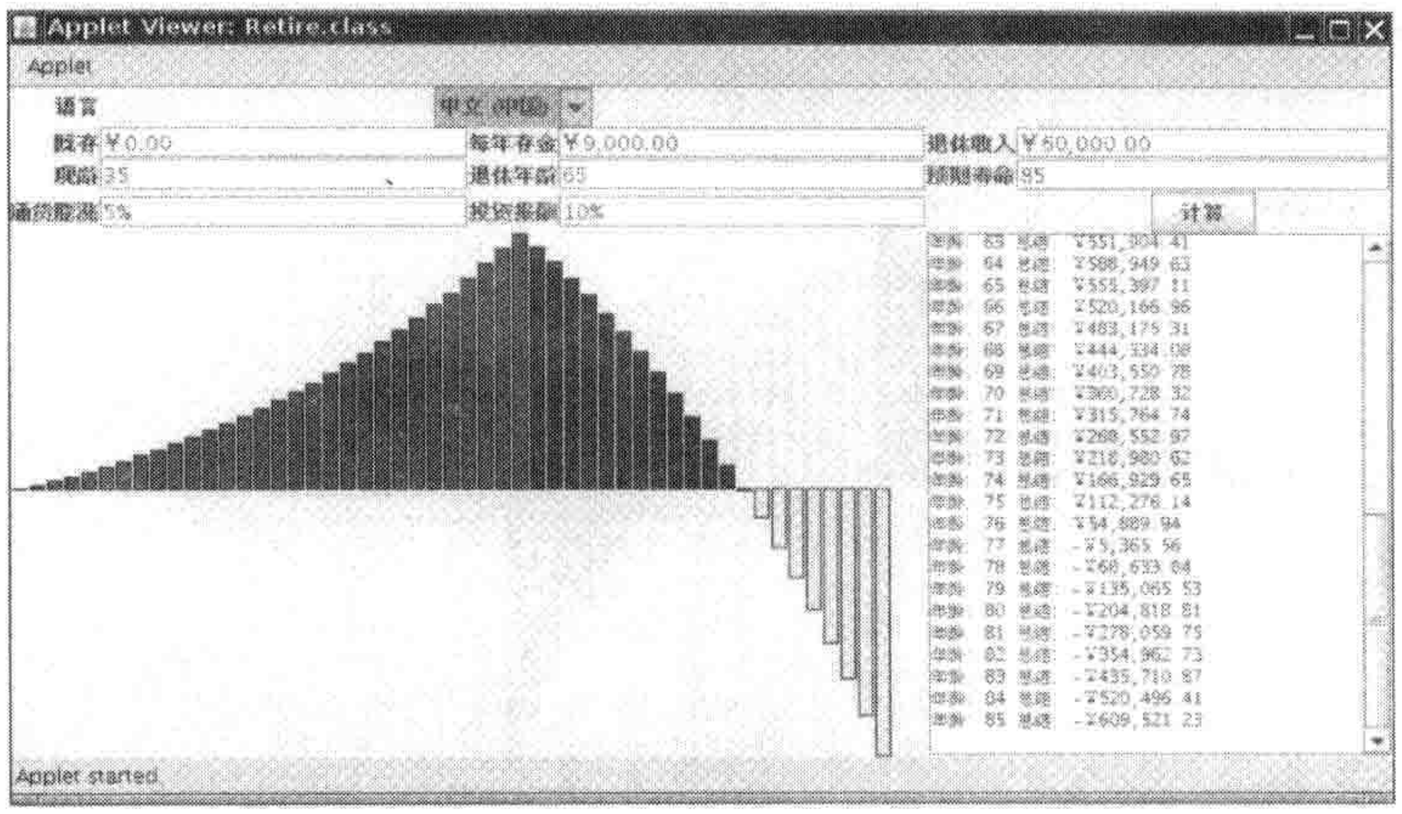


图 5-6 使用中文的退休金计算器

请确认你已经安装并在 Java 运行环境中配置了中文字体。否则，所有的中文字符将会显示“missing character”图标。

程序清单 5-5 retire/Retire.java

```
1  package retire;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.awt.geom.*;
6  import java.util.*;
7  import java.text.*;
8  import javax.swing.*;
9
10 /**
11  * This program shows a retirement calculator. The UI is displayed in English, German, and Chinese.
12  * @version 1.23 2012-06-07
13  * @author Cay Horstmann
14  */
15 public class Retire
16 {
17    public static void main(String[] args)
18    {
19       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
20          {
21             public void run()
22             {
23                JFrame frame = new RetireFrame();
24                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
25                frame.setVisible(true);
26             }
27          });
28    }
29 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
30
31 class RetireFrame extends JFrame
32 {
33    private JTextField savingsField = new JTextField(10);
34    private JTextField contribField = new JTextField(10);
35    private JTextField incomeField = new JTextField(10);
36    private JTextField currentAgeField = new JTextField(4);
37    private JTextField retireAgeField = new JTextField(4);
38    private JTextField deathAgeField = new JTextField(4);
39    private JTextField inflationPercentField = new JTextField(6);
40    private JTextField investPercentField = new JTextField(6);
41    private JTextArea retireText = new JTextArea(10, 25);
42    private RetireComponent retireCanvas = new RetireComponent();
43    private JButton computeButton = new JButton();
44    private JLabel languageLabel = new JLabel();
45    private JLabel savingsLabel = new JLabel();
46    private JLabel contribLabel = new JLabel();
47    private JLabel incomeLabel = new JLabel();
48    private JLabel currentAgeLabel = new JLabel();
49    private JLabel retireAgeLabel = new JLabel();
50    private JLabel deathAgeLabel = new JLabel();
51    private JLabel inflationPercentLabel = new JLabel();
52    private JLabel investPercentLabel = new JLabel();
53    private RetireInfo info = new RetireInfo();
54    private Locale[] locales = { Locale.US, Locale.CHINA, Locale.GERMANY };
55    private Locale currentLocale;
56    private JComboBox<Locale> localeCombo = new LocaleCombo(locales);
57    private ResourceBundle res;
58    private ResourceBundle resStrings;
59    private NumberFormat currencyFmt;
60    private NumberFormat numberFmt;
61    private NumberFormat percentFmt;
62
63    public RetireFrame()
64    {
65       setLayout(new GridBagLayout());
66       add(languageLabel, new GBC(0, 0).setAnchor(GBC.EAST));
67       add(savingsLabel, new GBC(0, 1).setAnchor(GBC.EAST));
68       add(contribLabel, new GBC(2, 1).setAnchor(GBC.EAST));
69       add(incomeLabel, new GBC(4, 1).setAnchor(GBC.EAST));
70       add(currentAgeLabel, new GBC(0, 2).setAnchor(GBC.EAST));
71       add(retireAgeLabel, new GBC(2, 2).setAnchor(GBC.EAST));
72       add(deathAgeLabel, new GBC(4, 2).setAnchor(GBC.EAST));
73       add(inflationPercentLabel, new GBC(0, 3).setAnchor(GBC.EAST));
74       add(investPercentLabel, new GBC(2, 3).setAnchor(GBC.EAST));
75       add(localeCombo, new GBC(1, 0, 3, 1));
76       add(savingsField, new GBC(1, 1).setWeight(100, 0).setFill(GBC.HORIZONTAL));
77       add(contribField, new GBC(3, 1).setWeight(100, 0).setFill(GBC.HORIZONTAL));
78       add(incomeField, new GBC(5, 1).setWeight(100, 0).setFill(GBC.HORIZONTAL));
79       add(currentAgeField, new GBC(1, 2).setWeight(100, 0).setFill(GBC.HORIZONTAL));
80       add(retireAgeField, new GBC(3, 2).setWeight(100, 0).setFill(GBC.HORIZONTAL));
81       add(deathAgeField, new GBC(5, 2).setWeight(100, 0).setFill(GBC.HORIZONTAL));
82       add(inflationPercentField, new GBC(1, 3).setWeight(100, 0).setFill(GBC.HORIZONTAL));
83       add(investPercentField, new GBC(3, 3).setWeight(100, 0).setFill(GBC.HORIZONTAL));
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
84          add(retireCanvas, new GBC(0, 4, 4, 1).setWeight(100, 100).setFill(GBC.BOTH));
85          add(new JScrollPane(retireText), new GBC(4, 4, 2, 1).setWeight(0, 100).setFill(GBC.BOTH));
86
87          computeButton.setName("computeButton");
88          computeButton.addActionListener(new ActionListener()
89             {
90                public void actionPerformed(ActionEvent event)
91                {
92                   getInfo();
93                   updateData();
94                   updateGraph();
95                }
96             });
97          add(computeButton, new GBC(5, 3));
98
99          retireText.setEditable(false);
100         retireText.setFont(new Font("Monospaced", Font.PLAIN, 10));
101
102         info.setSavings(0);
103         info.setContrib(9000);
104         info.setIncome(60000);
105         info.setCurrentAge(35);
106         info.setRetireAge(65);
107         info.setDeathAge(85);
108         info.setInvestPercent(0.1);
109         info.setInflationPercent(0.05);
110
111         int localeIndex = 0; // US locale is default selection
112         for (int i = 0; i < locales.length; i++)
113            // if current locale one of the choices, select it
114            if (getLocale().equals(locales[i])) localeIndex = i;
115         setCurrentLocale(locales[localeIndex]);
116
117         localeCombo.addActionListener(new ActionListener()
118            {
119               public void actionPerformed(ActionEvent event)
120               {
121                  setCurrentLocale((Locale) localeCombo.getSelectedItem());
122                  validate();
123               }
124            });
125         pack();
126      }
127
128      /**
129       * Sets the current locale.
130       * @param locale the desired locale
131       */
132      public void setCurrentLocale(Locale locale)
133      {
134         currentLocale = locale;
135         localeCombo.setSelectedItem(currentLocale);
136         localeCombo.setLocale(currentLocale);
137
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
138        res = ResourceBundle.getBundle("retire.RetireResources", currentLocale);
139        resStrings = ResourceBundle.getBundle("retire.RetireStrings", currentLocale);
140        currencyFmt = NumberFormat.getCurrencyInstance(currentLocale);
141        numberFmt = NumberFormat.getNumberInstance(currentLocale);
142        percentFmt = NumberFormat.getPercentInstance(currentLocale);
143
144        updateDisplay();
145        updateInfo();
146        updateData();
147        updateGraph();
148     }
149
150     /**
151      * Updates all labels in the display.
152      */
153     public void updateDisplay()
154     {
155        languageLabel.setText(resStrings.getString("language"));
156        savingsLabel.setText(resStrings.getString("savings"));
157        contribLabel.setText(resStrings.getString("contrib"));
158        incomeLabel.setText(resStrings.getString("income"));
159        currentAgeLabel.setText(resStrings.getString("currentAge"));
160        retireAgeLabel.setText(resStrings.getString("retireAge"));
161        deathAgeLabel.setText(resStrings.getString("deathAge"));
162        inflationPercentLabel.setText(resStrings.getString("inflationPercent"));
163        investPercentLabel.setText(resStrings.getString("investPercent"));
164        computeButton.setText(resStrings.getString("computeButton"));
165     }
166
167     /**
168      * Updates the information in the text fields.
169      */
170     public void updateInfo()
171     {
172        savingsField.setText(currencyFmt.format(info.getSavings()));
173        contribField.setText(currencyFmt.format(info.getContrib()));
174        incomeField.setText(currencyFmt.format(info.getIncome()));
175        currentAgeField.setText(numberFmt.format(info.getCurrentAge()));
176        retireAgeField.setText(numberFmt.format(info.getRetireAge()));
177        deathAgeField.setText(numberFmt.format(info.getDeathAge()));
178        investPercentField.setText(percentFmt.format(info.getInvestPercent()));
179        inflationPercentField.setText(percentFmt.format(info.getInflationPercent()));
180     }
181
182     /**
183      * Updates the data displayed in the text area.
184      */
185     public void updateData()
186     {
187        retireText.setText("");
188        MessageFormat retireMsg = new MessageFormat("");
189        retireMsg.setLocale(currentLocale);
190        retireMsg.applyPattern(resStrings.getString("retire"));
191
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
192       for (int i = info.getCurrentAge(); i <= info.getDeathAge(); i++)
193       {
194          Object[] args = { i, info.getBalance(i) };
195          retireText.append(retireMsg.format(args) + "\n");
196       }
197    }
198
199    /**
200     * Updates the graph.
201     */
202    public void updateGraph()
203    {
204       retireCanvas.setColorPre((Color) res.getObject("colorPre"));
205       retireCanvas.setColorGain((Color) res.getObject("colorGain"));
206       retireCanvas.setColorLoss((Color) res.getObject("colorLoss"));
207       retireCanvas.setInfo(info);
208       repaint();
209    }
210
211    /**
212     * Reads the user input from the text fields.
213     */
214    public void getInfo()
215    {
216       try
217       {
218          info.setSavings(currencyFmt.parse(savingsField.getText()).doubleValue());
219          info.setContrib(currencyFmt.parse(contribField.getText()).doubleValue());
220          info.setIncome(currencyFmt.parse(incomeField.getText()).doubleValue());
221          info.setCurrentAge(numberFmt.parse(currentAgeField.getText()).intValue());
222          info.setRetireAge(numberFmt.parse(retireAgeField.getText()).intValue());
223          info.setDeathAge(numberFmt.parse(deathAgeField.getText()).intValue());
224          info.setInvestPercent(percentFmt.parse(investPercentField.getText()).doubleValue());
225          info.setInflationPercent(percentFmt.parse(inflationPercentField.getText()).doubleValue());
226       }
227       catch (ParseException ex)
228       {
229          ex.printStackTrace();
230       }
231    }
232 }
233
234 /**
235  * The information required to compute retirement income data.
236  */
237 class RetireInfo
238 {
239    private double savings;
240    private double contrib;
241    private double income;
242    private int currentAge;
243    private int retireAge;
244    private int deathAge;
245    private double inflationPercent;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
246    private double investPercent;
247    private int age;
248    private double balance;
249
250    /**
251     * Gets the available balance for a given year.
252     * @param year the year for which to compute the balance
253     * @return the amount of money available (or required) in that year
254     */
255    public double getBalance(int year)
256    {
257       if (year < currentAge) return 0;
258       else if (year == currentAge)
259       {
260          age = year;
261          balance = savings;
262          return balance;
263       }
264       else if (year == age) return balance;
265       if (year != age + 1) getBalance(year - 1);
266       age = year;
267       if (age < retireAge) balance += contrib;
268       else balance -= income;
269       balance = balance * (1 + (investPercent - inflationPercent));
270       return balance;
271    }
272
273    /**
274     * Gets the amount of prior savings.
275     * @return the savings amount
276     */
277    public double getSavings()
278    {
279       return savings;
280    }
281    /**
282     * Sets the amount of prior savings.
283     * @param newValue the savings amount
284     */
285    public void setSavings(double newValue)
286    {
287       savings = newValue;
288    }
289
290    /**
291     * Gets the annual contribution to the retirement account.
292     * @return the contribution amount
293     */
294    public double getContrib()
295    {
296       return contrib;
297    }
298
299    /**
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
300      * Sets the annual contribution to the retirement account.
301      * @param newValue the contribution amount
302      */
303     public void setContrib(double newValue)
304     {
305        contrib = newValue;
306     }
307
308     /**
309      * Gets the annual income.
310      * @return the income amount
311      */
312     public double getIncome()
313     {
314        return income;
315     }
316
317     /**
318      * Sets the annual income.
319      * @param newValue the income amount
320      */
321     public void setIncome(double newValue)
322     {
323        income = newValue;
324     }
325
326     /**
327      * Gets the current age.
328      * @return the age
329      */
330     public int getCurrentAge()
331     {
332        return currentAge;
333     }
334
335     /**
336      * Sets the current age.
337      * @param newValue the age
338      */
339     public void setCurrentAge(int newValue)
340     {
341        currentAge = newValue;
342     }
343
344     /**
345      * Gets the desired retirement age.
346      * @return the age
347      */
348     public int getRetireAge()
349     {
350        return retireAge;
351     }
352
353     /**
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
354      * Sets the desired retirement age.
355      * @param newValue the age
356      */
357     public void setRetireAge(int newValue)
358     {
359        retireAge = newValue;
360     }
361
362     /**
363      * Gets the expected age of death.
364      * @return the age
365      */
366     public int getDeathAge()
367     {
368        return deathAge;
369     }
370
371     /**
372      * Sets the expected age of death.
373      * @param newValue the age
374      */
375     public void setDeathAge(int newValue)
376     {
377        deathAge = newValue;
378     }
379
380     /**
381      * Gets the estimated percentage of inflation.
382      * @return the percentage
383      */
384     public double getInflationPercent()
385     {
386        return inflationPercent;
387     }
388
389     /**
390      * Sets the estimated percentage of inflation.
391      * @param newValue the percentage
392      */
393     public void setInflationPercent(double newValue)
394     {
395        inflationPercent = newValue;
396     }
397
398     /**
399      * Gets the estimated yield of the investment.
400      * @return the percentage
401      */
402     public double getInvestPercent()
403     {
404        return investPercent;
405     }
406
407     /**
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
408      * Sets the estimated yield of the investment.
409      * @param newValue the percentage
410      */
411     public void setInvestPercent(double newValue)
412     {
413        investPercent = newValue;
414     }
415  }
416
417  /**
418   * This component draws a graph of the investment result.
419   */
420  class RetireComponent extends JComponent
421  {
422     private static final int DEFAULT_WIDTH = 800;
423     private static final int DEFAULT_HEIGHT = 600;
424     private static final int PANEL_WIDTH = 400;
425     private static final int PANEL_HEIGHT = 200;
426
427     private RetireInfo info = null;
428     private Color colorPre;
429     private Color colorGain;
430     private Color colorLoss;
431
432     public RetireComponent()
433     {
434        setSize(PANEL_WIDTH, PANEL_HEIGHT);
435     }
436
437     /**
438      * Sets the retirement information to be plotted.
439      * @param newInfo the new retirement info.
440      */
441     public void setInfo(RetireInfo newInfo)
442     {
443        info = newInfo;
444        repaint();
445     }
446
447     public void paintComponent(Graphics g)
448     {
449        Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
450        if (info == null) return;
451
452        double minValue = 0;
453        double maxValue = 0;
454        int i;
455        for (i = info.getCurrentAge(); i <= info.getDeathAge(); i++)
456        {
457           double v = info.getBalance(i);
458           if (minValue > v) minValue = v;
459           if (maxValue < v) maxValue = v;
460        }
461        if (maxValue == minValue) return;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
462
463        int barWidth = getWidth() / (info.getDeathAge() - info.getCurrentAge() + 1);
464        double scale = getHeight() / (maxValue - minValue);
465
466        for (i = info.getCurrentAge(); i <= info.getDeathAge(); i++)
467        {
468           int x1 = (i - info.getCurrentAge()) * barWidth + 1;
469           int y1;
470           double v = info.getBalance(i);
471           int height;
472           int yOrigin = (int) (maxValue * scale);
473
474           if (v >= 0)
475           {
476              y1 = (int) ((maxValue - v) * scale);
477              height = yOrigin - y1;
478           }
479           else
480           {
481              y1 = yOrigin;
482              height = (int) (-v * scale);
483           }
484
485           if (i < info.getRetireAge()) g2.setPaint(colorPre);
486           else if (v >= 0) g2.setPaint(colorGain);
487           else g2.setPaint(colorLoss);
488           Rectangle2D bar = new Rectangle2D.Double(x1, y1, barWidth - 2, height);
489           g2.fill(bar);
490           g2.setPaint(Color.black);
491           g2.draw(bar);
492        }
493     }
494
495     /**
496      * Sets the color to be used before retirement.
497      * @param color the desired color
498      */
499     public void setColorPre(Color color)
500     {
501        colorPre = color;
502        repaint();
503     }
504
505     /**
506      * Sets the color to be used after retirement while the account balance is positive.
507      * @param color the desired color
508      */
509     public void setColorGain(Color color)
510     {
511        colorGain = color;
512        repaint();
513     }
514
515     /**
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
516     * Sets the color to be used after retirement when the account balance is negative.
517     * @param color the desired color
518     */
519    public void setColorLoss(Color color)
520    {
521       colorLoss = color;
522       repaint();
523    }
524
525    public Dimension getPreferredSize() { return new Dimension(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT); }
526 }
```

程序清单 5-6 retire/RetireResources.java

```
1  package retire;
2
3  import java.awt.*;
4
5  /**
6   * These are the English non-string resources for the retirement calculator.
7   * @version 1.21 2001-08-27
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class RetireResources extends java.util.ListResourceBundle
11 {
12    private static final Object[][] contents = {
13    // BEGIN LOCALIZE
14          { "colorPre", Color.blue }, { "colorGain", Color.white }, { "colorLoss", Color.red }
15    // END LOCALIZE
16    };
17
18    public Object[][] getContents()
19    {
20       return contents;
21    }
22 }
```

程序清单 5-7 retire/RetireResources_de.java

```
1  package retire;
2
3  import java.awt.*;
4
5  /**
6   * These are the German non-string resources for the retirement calculator.
7   * @version 1.21 2001-08-27
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class RetireResources_de extends java.util.ListResourceBundle
11 {
12    private static final Object[][] contents = {
13    // BEGIN LOCALIZE
14          { "colorPre", Color.yellow }, { "colorGain", Color.black }, { "colorLoss", Color.red }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
15     // END LOCALIZE
16     };
17
18     public Object[][] getContents()
19     {
20        return contents;
21     }
22  }
```

程序清单 5-8 retire/RetireResources_zh.java

```
1  package retire;
2
3  import java.awt.*;
4
5  /**
6   * These are the Chinese non-string resources for the retirement calculator.
7   * @version 1.21 2001-08-27
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class RetireResources_zh extends java.util.ListResourceBundle
11 {
12    private static final Object[][] contents = {
13    // BEGIN LOCALIZE
14          { "colorPre", Color.red }, { "colorGain", Color.blue }, { "colorLoss", Color.yellow }
15    // END LOCALIZE
16    };
17
18    public Object[][] getContents()
19    {
20       return contents;
21    }
22 }
```

程序清单 5-9 retire/RetireStrings.properties

```
1  language=Language
2  computeButton=Compute
3  savings=Prior Savings
4  contrib=Annual Contribution
5  income=Retirement Income
6  currentAge=Current Age
7   retireAge=Retirement Age
8   deathAge=Life Expectancy
9   inflationPercent=Inflation
10  investPercent=Investment Return
11  retire=Age: {0,number} Balance: {1,number,currency}
```

程序清单 5-10 retire/RetireStrings_de.properties

```
1  language=Sprache
2  computeButton=Rechnen
3  savings=Vorherige Ersparnisse
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
contrib=J\u00e4hrliche Einzahlung
income=Einkommen nach Ruhestand
currentAge=Jetziges Alter
retireAge=Ruhestandsalter
deathAge=Lebenserwartung
inflationPercent=Inflation
investPercent=Investitionsgewinn
retire=Alter: {0,number} Guthaben: {1,number,currency}
```

程序清单 5-11 retire/RetireStrings_zh.properties

```
language=\u8bed\u8a00
computeButton=\u8ba1\u7b97
savings=\u65e2\u5b58
contrib=\u6bcf\u5e74\u5b58\u91d1
income=\u9000\u4f11\u6536\u5165
currentAge=\u73b0\u9f84
retireAge=\u9000\u4f11\u5e74\u9f84
deathAge=\u9884\u671f\u5bff\u547d
inflationPercent=\u901a\u8d27\u81a8\u6da8
investPercent=\u6295\u8d44\u5a5c\u916c
retire=\u5e74\u9f84: {0,number} \u603b\u7ed3: {1,number,currency}
```

本章进述了如何使用 Java 语言的国际化特征。你可以使用提供转换成多种语言的资源包，也可以使格式器和排序器来处理特定 locale 的文本。

下一章将讲述高级 Swing 编程。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第6章　高级 Swing

- ▲ 列表
- ▲ 表格
- ▲ 树
- ▲ 文本构件
- ▲ 进度指示器
- ▲ 构件组织器与装饰器

在本章中，我们继续对第 I 卷的 Swing 用户界面工具包进行讨论。Swing 是功能丰富的工具包，而本书第 I 卷仅仅涉及了若干简单而常用的构件。所以本章的大部分内容，将研究余下三个最为丰富复杂的构件：列表、树和表格。然后我们转向文本构件，讨论那些超越第 I 卷中看到的简单的文本框和文本域的特性，我们将展示如何在文本框上添加校验和微调框，以及如何显示诸如 HTML 这样的结构化文本。接下来，你还将会看到大量用于显示耗时行为的进度的构件。在本章的最后，我们将介绍一些构件组织器，比如标签面板和带有内部框架的桌面面板。

6.1　列表

如果你想向用户提供一个选项集，而单选按钮或复选框又显得占用了太多的空间，那么就可以使用组合框或列表。组合框相对简单，已经在卷 I 中介绍过。JList 构件的功能更加丰富，而且它的设计与树形构件和表格构件都很相似。所以，对于复杂 Swing 构件的讨论，我们将从 JList 开始。

当然，你可以使用字符串列表，但也可以使用任意对象的列表，你可以完全控制它们的外在显示形式。正是列表控件的这种内部结构，使它不仅具备极强的通用性，而且也更精巧。遗憾的是，Sun 公司的设计人员认为他们更应该炫耀这种精巧，而不是将它对那些只是想使用这些构件的程序员隐藏起来。大家很快就会发现，在通常情况下，这种列表控制有点不太灵活，因为你需要操作某些使其在通常情况下可用的复杂机制。我们先介绍最简单、最常用的情况，即字符串列表框，然后给出一个更复杂的例子来展示列表构件的灵活性。

6.1.1　JList 构件

JList 可以将多个选项放置在单个框中，图 6-1 是一个大家公认的不合理的例子。用户可以选择狐狸的

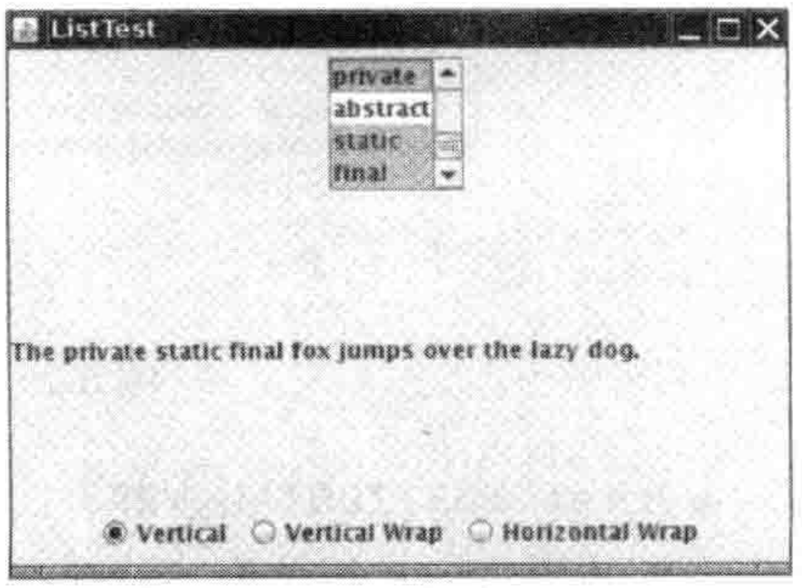


图 6-1　一个列表框

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

属性，比如“quick（敏捷的）”、“brown（棕色的）”、“hungry（饥饿的）”、“wild（野生的）”，以及我们选定的“static（静态的）”、“private（私有的）”和“final（最终的）”。结果，你可以让这只 private 的 static 的、final 的狐狸从那只懒狗身上跳过去了。

从 Java SE7 开始，JList 是一个泛型，其 type 参数是用户可选的值的类型；在本例中，是 JList<String>。

为了构建这个列表框，首先需要创建一个字符串数组，然后将这个数组传递给 JList 构造器。

```
String[] words= { "quick", "brown", "hungry", "wild", . . . };
JList<String> wordList = new JList<>(words);
```

列表框不能自动滚动，要想为列表框加上滚动条，必须将它插入到一个滚动面板中：

```
JScrollPane scrollPane = new JScrollPane(wordList);
```

然后应该把滚动面板而不是列表框，插入到外围面板上。

我们必须承认，从理论上讲，把列表框的显示和滚动机制隔离开来是优雅的设计，但是在实际应用中却令人苦不堪言，其实我们遇到的所有列表框基本上都需要滚动功能。强制程序员在默认情况下每次都去作这种麻烦事，以使他们赞赏这种优雅设计，确实有点残忍。

默认情况下，列表框构件可以显示 8 个选项；可以使用 setVisibleRowCount 方法改变这个值：

```
wordList.setVisibleRowCount(4); // display 4 items
```

还可以使用以下三个值中的任意一个来设置列表框摆放的方向：

- JList.VERTICAL（默认值）：垂直摆放所有选项。
- JList.VERTICAL_WRAP：如果选项数超过了可视行数，就开始新的一列（参见图 6-2）。

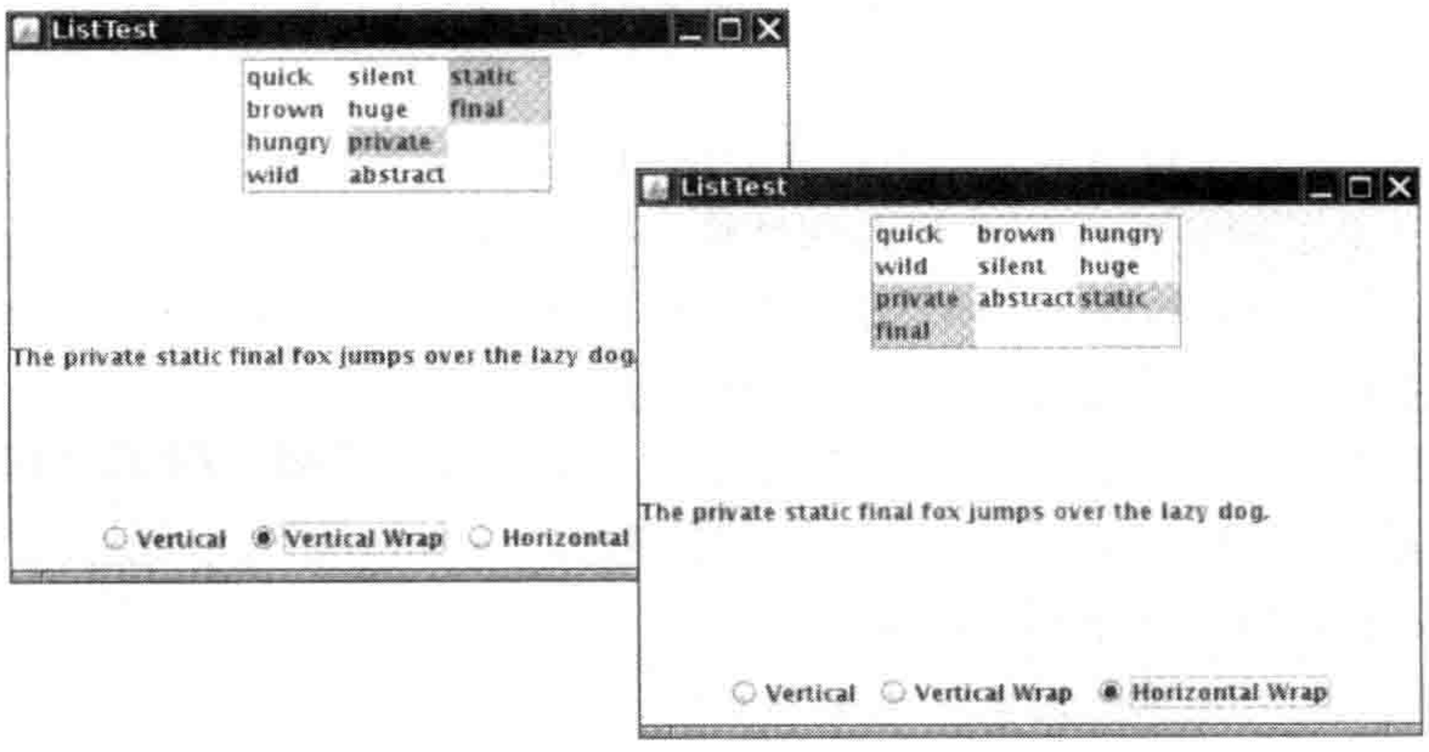


图 6-2 带有垂直和水平换行的列表框

- JList.HORIZONTAL_WRAP：如果选项数超过了可视行数，就开始新的一行，并且按照水平方向进行填充。请观察图 6-2 中单词“quick”，“brown”和“hungry”的位置，以弄清楚垂直换行和水平换行的不同。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在默认情况下，用户可以选择多个选项。为了选择多个选项，只需按住 CTRL 键，然后在要选择的选项上单击。要选择处于连续范围内的选项，首先选择第一个选项，然后按住 SHIFT 键，并在最后一个选项上单击即可。

使用 setSelectionMode 方法，还可以对用户的选择模式加以限制：

```
wordList.setSelectionMode(ListSelectionModel.SINGLE_SELECTION);
   // select one item at a time
wordList.setSelectionMode(ListSelectionModel.SINGLE_INTERVAL_SELECTION);
   // select one item or one range of items
```

也许你还记得，在卷 I 中提到，当用户激活了基本的用户界面构件时，它们将发出动作事件。列表框使用另一种不同的事件通知机制，它不需要监听动作事件，而是监听列表选择事件。可以向列表构件添加一个列表选择监听器，然后在监听器中实现下面这个方法：

```
public void valueChanged(ListSelectionEvent evt)
```

在用户选择了若干个选项的同时，将产生一系列列表选择事件。假如用户在一个新选项上单击，当鼠标按下的时候，就会有一个事件来报告选项的改变。这是一种过渡型事件，在调用

```
event.getValueIsAdjusting()
```

时，如果该选择仍未最终结束则返回 true。然后，当松开鼠标时，就产生另一事件，此时 getValueIsAdjusting 返回 false。如果你对这种过渡型事件不感兴趣，那么可以等待 getValueIsAdjusting 调用返回 false 的事件。不过，如果希望只要点击鼠标就给用户一个即时反馈，那么就需要处理所有的事件。

一旦被告知某个事件已经发生，那么就需要弄清楚当前选择了哪些选项。如果是单选模式，调用 getSelectedValue 可以获取所选中列表元素的值；否则调用 getSelectedValues 返回一个包含所有选中选项的对象数组。之后，可以以常规方式处理它。

```
for (String value : wordList.getSelectedValuesList())
   // do something with value
```

注意： 列表构件不响应鼠标的双击事件。正如 Swing 设计者所构想的那样，使用列表选择一个选项，然后点击某个按钮执行某个动作。但是，某些用户界面允许用户在一个列表选项上双击鼠标，作为选择一个选项并调用一个默认动作的快捷方式。如果想实现这种行为，那么必须对这个列表框添加一个鼠标监听器，然后按照下面这样捕获鼠标事件：

```
public void mouseClicked(MouseEvent evt)
{
   if (evt.getClickCount() == 2)
   {
      JList source = (JList) evt.getSource();
      Object[] selection = source.getSelectedValues();
      doAction(selection);
   }
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 6-1 展示了一个填入了字符串的列表框。请注意 valueChanged 方法是怎样根据被选项来创建消息字符的。

程序清单 6-1 List/ListFrame.java

```
1  package list;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import javax.swing.*;
6  import javax.swing.event.*;
7
8  /**
9   * This frame contains a word list and a label that shows a sentence made up from the chosen words.
10  * Note that you can select multiple words with Ctrl+click and Shift+click.
11  */
12 class ListFrame extends JFrame
13 {
14    private static final int DEFAULT_WIDTH = 400;
15    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 300;
16
17    private JPanel listPanel;
18    private JList<String> wordList;
19    private JLabel label;
20    private JPanel buttonPanel;
21    private ButtonGroup group;
22    private String prefix = "The ";
23    private String suffix = "fox jumps over the lazy dog.";
24
25    public ListFrame()
26    {
27       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
28
29       String[] words = { "quick", "brown", "hungry", "wild", "silent", "huge", "private",
30             "abstract", "static", "final" };
31
32       wordList = new JList<>(words);
33       wordList.setVisibleRowCount(4);
34       JScrollPane scrollPane = new JScrollPane(wordList);
35
36       listPanel = new JPanel();
37       listPanel.add(scrollPane);
38       wordList.addListSelectionListener(new ListSelectionListener()
39          {
40             public void valueChanged(ListSelectionEvent event)
41             {
42                StringBuilder text = new StringBuilder(prefix);
43                for (String value : wordList.getSelectedValuesList())
44                {
45                   text.append(value);
46                   text.append(" ");
47                }
48                text.append(suffix);
49
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
50                label.setText(text.toString());
51             }
52          });
53
54       buttonPanel = new JPanel();
55       group = new ButtonGroup();
56       makeButton("Vertical", JList.VERTICAL);
57       makeButton("Vertical Wrap", JList.VERTICAL_WRAP);
58       makeButton("Horizontal Wrap", JList.HORIZONTAL_WRAP);
59
60       add(listPanel, BorderLayout.NORTH);
61       label = new JLabel(prefix + suffix);
62       add(label, BorderLayout.CENTER);
63       add(buttonPanel, BorderLayout.SOUTH);
64    }
65    /**
66     * Makes a radio button to set the layout orientation.
67     * @param label the button label
68     * @param orientation the orientation for the list
69     */
70    private void makeButton(String label, final int orientation)
71    {
72       JRadioButton button = new JRadioButton(label);
73       buttonPanel.add(button);
74       if (group.getButtonCount() == 0) button.setSelected(true);
75       group.add(button);
76       button.addActionListener(new ActionListener()
77          {
78             public void actionPerformed(ActionEvent event)
79             {
80                wordList.setLayoutOrientation(orientation);
81                listPanel.revalidate();
82             }
83          });
84    }
85 }
```

API javax.swing.JList<E> 1.2

- JList(E[] items)

  构建一个显示这些选项（item）的列表。

- int getVisibleRowCount()
- void setVisibleRowCount(int c)

  获取或设置列表在没有滚动条时显示的默认行数。

- int getLayoutOrientation() 1.4
- void setLayoutOrientation(int orientation) 1.4

  获取或设置方向布局。

  参数：orientation　　VERTICAL、VERTICAL_WRAP、HORIZONTAL_WRAP 其中之一

- int getSelectionMode()

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `void setSelectionMode(int mode)`

  获取或设置选择方式是单选或多选。

  参数：mode　　SINGLE_SELECTION、SINGLE_INTERVAL_SELECTION、MULTIPLE_INTERVAL_SELECTION 其中之一

- `void addListSelectionListener(ListSelectionListener listener)`

  向列表添加一个在每次选择结果发生变化时会被告知的监听器。

- `List<E> getSelectedValues()` 7

  返回所有的选定值，如果选择结果为空，则返回一个空表。

- `E getSelectedValue()`

  返回第一个选定值，如果选择结果为空，则返回 null。

API *javax.swing.event.ListSelectionListener* 1.2

- `void valueChanged(ListSelectionEvent e)`

  在任何时刻，只要选择结果发生了改变，该方法就会被调用。

6.1.2 列表模式

通过前一节，我们已经对列表构件的一些最常用的方法有了一定的了解：

1）指定一组在列表中显示的固定字符串。

2）将列表放置到一个滚动面板中。

3）捕获列表选择事件。

在有关列表的章节的余下部分，我们将介绍一些需要一点技巧才能处理的复杂情形：

- 很长的列表。
- 内容会发生变化的列表。
- 不包含字符串的列表。

在第一个例子中，我们构建的那个 JList 构件包含固定不变的字符串集合。不过，列表框中的选项并非只能固定不变。那么我们应该怎样添加或删除列表框中的选项呢？令人有点吃惊的是，JList 类并未提供实现这些功能的任何方法。相反地，需要进一步了解列表构件的内部设计。列表构件使用了模型—视图—控制器这种设计模式，将可视化外观（以某种方式呈现的一列选项）和底层数据（一个对象集合）进行了分离。

JList 类负责数据的可视化外观。实际上，它对这些数据是怎样存储的知之甚少，它只知道可以通过某个实现了 ListModel 接口的对象来获取这些数据：

```
public interface ListModel<E>
{
   int getSize();
   E getElementAt(int i);
   void addListDataListener(ListDataListener l);
   void removeListDataListener(ListDataListener l);
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

通过这个接口，JList 就可以获得元素的个数，并且能够获取每一个元素。另外，JList 对象可以将其自身添加为一个 ListDataListener。在这种方式下，一旦元素集合发生了变化，就会通知 JList，从而使它能够重新绘制列表。

为什么这种通用性非常有用呢？为什么 JList 对象不直接存储一个对象数组呢？

请注意，这个接口并未指定这些对象是怎样存储的。尤其是，它根本就没有强制要求这些对象一定要被存储！无论何时调用 getElementAt 方法，它都会对每个值进行重新计算。如果想显示一个极大的集合，而且又不想存储这些值，那么这个方法可能会有所帮助。

这里举一个有点无聊的示例：允许用户在列表框中所有三个字母的单词当中进行选择（参见图 6-3）。

三个字母的组合一共有 26 × 26 × 26=17 576 个。我们不希望将所有这些组合都存储起来，而是想在用户滚动这些单词的时候，依照请求对它们重新计算。

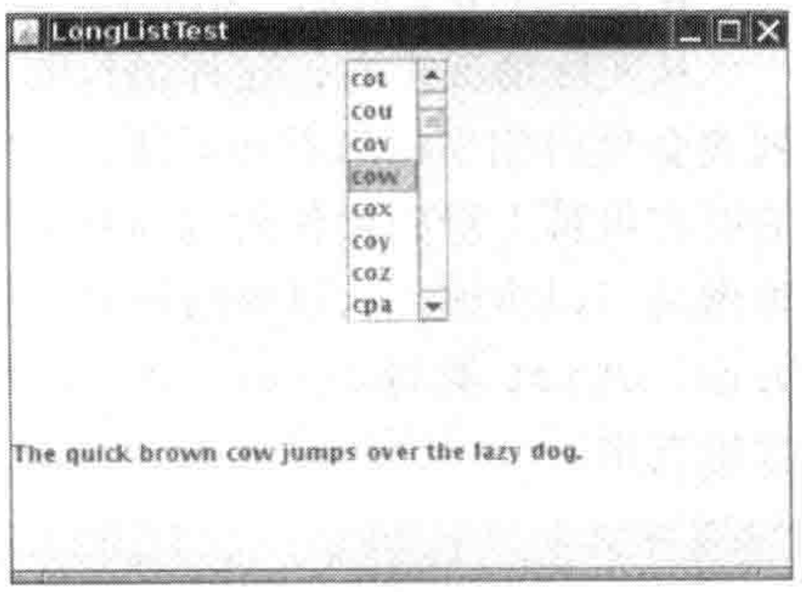


图 6-3 从相当长的选项列表中选择

事实证明，这实现起来很容易。其中比较麻烦的部分，即添加和删除监听器，在我们所继承的 AbstractListModel 类中已经为我们实现了。我们只需要提供 getSize 和 getElementAt 方法便可：

```
class WordListModel extends AbstractListModel<String>
{
   public WordListModel(int n) { length = n; }
   public int getSize() { return (int) Math.pow(26, length); }
   public String getElementAt(int n)
   {
      // compute nth string
      . . .
   }
   . . .
}
```

对第 n 个字符串的计算需要一点技巧，在程序清单 6-3 中将看到具体实现。

既然我们已经有了一个模型，那么，接下来我们就可以构建一个列表，让用户可以通过滚动来选择该模型所提供的任意元素：

```
JList<String> wordList = new JList<>(new WordListModel(3));
wordList.setSelectionMode(ListSelectionModel.SINGLE_SELECTION);
JScrollPane scrollPane = new JScrollPane(wordList);
```

这里的关键是这些字符串从来没有被存储过，而只有那些用户实际要求查看的字符串才会被生成。

我们还必须进行另一项设置。那就是，我们必须告诉列表构件，所有的选项都有一个固定的宽度和高度。最简单的方法就是通过设置单元格的尺寸大小（cell dimension）来设定原型单元格的值（prototype cell value）：

```
wordList.setPrototypeCellValue("www");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

原型单元格的值通常用来确定所有单元格的尺寸（我们使用字符串“www”是因为“w”在大多数字体中都是最宽的小写字母）。另外，可以像下面这样设置一个固定不变的单元格尺寸：

```
wordList.setFixedCellWidth(50);
wordList.setFixedCellHeight(15);
```

如果你既没有设置原型值也没有设置固定的单元格尺寸，那么列表构件就必须计算每个选项的宽度和高度。这可能需要花费更长时间。

程序清单 6-2 展示了示例程序的框架类。

从实际情况来看，这种很长的列表没有什么实用价值。让用户滚动浏览一个巨大的选项列表会显得相当得笨重和不便。正因为如此，我们认为这种列表控制设计得有点过火。用户能够在屏幕上舒服操作的选项列表肯定应该足够小，因此，可以直接存储到列表构件中。这种做法可以将编程人员解脱出来，使他们不必把列表模型作为一个单独实体进行处理。另一方面，JList 类与 Jtree、JTable 这两个类也保持了一致，对它们来说，通用性往往会显得很有用。

程序清单 6-2 longList/LongListFrame.java

```
1  package longList;
2
3  import java.awt.*;
4  import javax.swing.*;
5  import javax.swing.event.*;
6
7  /**
8   * This frame contains a long word list and a label that shows a sentence made up from the chosen
9   * word.
10  */
11 public class LongListFrame extends JFrame
12 {
13    private JList<String> wordList;
14    private JLabel label;
15    private String prefix = "The quick brown ";
16    private String suffix = " jumps over the lazy dog.";
17
18    public LongListFrame()
19    {
20       wordList = new JList<String>(new WordListModel(3));
21       wordList.setSelectionMode(ListSelectionModel.SINGLE_SELECTION);
22       wordList.setPrototypeCellValue("www");
23       JScrollPane scrollPane = new JScrollPane(wordList);
24
25       JPanel p = new JPanel();
26       p.add(scrollPane);
27       wordList.addListSelectionListener(new ListSelectionListener()
28          {
29             public void valueChanged(ListSelectionEvent evt)
30             {
31                setSubject(wordList.getSelectedValue());
32             }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
33          });
34
35       Container contentPane = getContentPane();
36       contentPane.add(p, BorderLayout.NORTH);
37       label = new JLabel(prefix + suffix);
38       contentPane.add(label, BorderLayout.CENTER);
39       setSubject("fox");
40       pack();
41    }
42    /**
43     * Sets the subject in the label.
44     * @param word the new subject that jumps over the lazy dog
45     */
46    public void setSubject(String word)
47    {
48       StringBuilder text = new StringBuilder(prefix);
49       text.append(word);
50       text.append(suffix);
51       label.setText(text.toString());
52    }
53 }
```

程序清单 6-3 longList/WordListModel.java

```
1  package longList;
2
3  import javax.swing.*;
4
5  /**
6   * A model that dynamically generates n-letter words.
7   */
8  public class WordListModel extends AbstractListModel<String>
9  {
10    private int length;
11    public static final char FIRST = 'a';
12    public static final char LAST = 'z';
13
14    /**
15     * Constructs the model.
16     * @param n the word length
17     */
18    public WordListModel(int n)
19    {
20       length = n;
21    }
22
23    public int getSize()
24    {
25       return (int) Math.pow(LAST - FIRST + 1, length);
26    }
27
28    public String getElementAt(int n)
29    {
30       StringBuilder r = new StringBuilder();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
31          for (int i = 0; i < length; i++)
32          {
33             char c = (char) (FIRST + n % (LAST - FIRST + 1));
34             r.insert(0, c);
35             n = n / (LAST - FIRST + 1);
36          }
37          return r.toString();
38       }
39    }
```

API javax.swing.JList <E> 1.2

- `JList(ListModel<E> dataModel)`

  构建一个以指定模型显示其元素的列表。

- `E getPrototypeCellValue()`
- `void setPrototypeCellValue(E newValue)`

  获取或设置用于设定列表中每一个单元格宽度和高度的原型单元格值。默认值为 null，表示将强制对每一个单元格的尺寸进行测量。

- `void setFixedCellWidth(int width)`

  如果 width 大于 0，则设定列表中每一个单元格的宽度（单位为像素）。默认值为－1，表示将强制对每一个单元格的尺寸进行测量。

- `void setFixedCellHeight(int height)`

  如果 height 大于 0，则设定列表中每一个单元格的高度（单位为像素）。默认值为－1，表示将强制对每一个单元格的尺寸进行测量。

API *javax.swing.listModel<E>* 1.2

- `int getSize()`

  返回该模型中的元素个数。

- `E getElementAt(int position)`

  返回该模型中给定位置上的一个元素。

6.1.3 插入和移除值

不能直接编辑列表值的集合。相反地，必须先访问模型，然后再添加或移除元素。不过，说起来容易做起来难。假设想要向列表中添加更多的选项值，那么首先可以通过下面的语句获得对该模型的一个引用：

```
ListModel<String> model = list.getModel();
```

但是，正如在前一小节中看到的那样，这样做并不能带来任何好处，因为 ListModel 接口并未提供任何插入或移除元素的方法。毕竟，列表模型的整个重点是它不需要存储任何元素。

让我们试试另一种方法吧。JList 有一个构造器可以接受一个对象向量作为参数：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
Vector<String> values = new Vector<String>();
values.addElement("quick");
values.addElement("brown");
. . .
JList<String> list = new JList<>(values);
```

现在，就可以通过编辑这个向量来添加或移除元素了，不过列表并不知道正在发生的事情，因此也就无法对这种变化做出响应。尤其是，当你向列表中添加元素时，列表无法更新它的显示视图。因此，这个构造器也不太实用。

取而代之的是，应该构建一个 DefaultListModel 对象，填入初始值，然后将它与一个列表关联起来。DefaultListModel 类实现了 ListModel 接口，并管理着一个对象集合。

```
DefaultListModel<String> model = new DefaultListModel<>();
model.addElement("quick");
model.addElement("brown");
. . .
JList<String> list = new JList<>(model);
```

现在，就可以从 model 对象中添加或移除元素值了。然后，model 对象会告知列表发生了哪些变化，接着，列表会对自身进行重新绘制。

```
model.removeElement("quick");
model.addElement("slow");
```

由于历史遗留问题，DefaultListModel 类使用的方法名和集合类的方法名并不相同。

默认的列表模型在内部是使用一个向量来存储元素值的。

警告： JList 存在着多种构造器方法，可以用一个对象或字符串数组或向量来构建列表。你可能会认为这些构造器是使用一个 DefaultListModel 来存储这些元素值的。但情况并非如此，这些构造器构建了一个普通而简单的模型，它可以访问元素值，但是如果内容发生了改变，它并不提供任何通知机制。例如，下面这段代码是使用一个 Vector 来构造 JList 的构造器的代码：

```
public JList(final Vector<? extends E> listData)
{
   this (new AbstractListModel<E>()
   {
      public int getSize() { return listData.size(); }
      public E getElementAt(int i) { return listData.elementAt(i); }
   });
}
```

这意味着，在列表被创建之后，如果要修改向量里面的内容，那么这个列表在被完全重新绘制之前，会将旧值和新值混在一起，杂乱无章地显示出来。（上面构造器中的关键字 final 并不能阻止你在其他地方对这个向量进行修改，它仅仅表示构造器本身不能修改 listData 引用的值；一定要有这个关键字是因为 listData 对象是在内部类中使用的。）

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API javax.swing.JList<E> 1.2

- `ListModel<E>getModel()`
  获取该列表的模型。

API javax.swing.DefaultListModel<E> 1.2

- `void addElement(E obj)`
  向该模型的末端添加一个对象。
- `boolean removeElement(Object obj)`
  从模型中移除第一次出现的给定对象。如果该模型中包含此对象，则返回 true，否则返回 `false`。

6.1.4 值的绘制

到目前为止，我们在本章看到的列表包含的都是字符串。实际上只需传递一个用 `Icon` 对象填充的数组或向量，便可以很容易地显示一个图标列表。更有意思的是，可以很容易地用任何图形来表示你的列表值。

尽管 `JList` 类可以自动地显示字符串和图标，但是仍然需要在 JList 对象中安装一个用于所有自定义图形的列表单元格绘制器。列表单元格绘制器可以是任何一个实现了下面接口的类：

```
interface ListCellRenderer<E>
{
   Component getListCellRendererComponent(JList<? extends E> list,
      E value, int index, boolean isSelected, boolean cellHasFocus);
}
```

这个方法会为每个单元格都调用一次，它返回一个用于绘制单元格内容的构件。无论何时，只要某个单元格需要被绘制，该构件就会被置于合适的位置。

实现单元格绘制器的一种方法是创建一个扩展了 `JComponent` 的类，如下所示：

```
class MyCellRenderer extends JComponent implements ListCellRenderer<Type>
{
   public Component getListCellRendererComponent(JList<? extends Type> list,
      Type value, int index, boolean isSelected, boolean cellHasFocus)
   {
      stash away information needed for painting and size measurement
      return this;
   }
   public void paintComponent(Graphics g)
   {
      paint code
   }
   public Dimension getPreferredSize()
   {
      size measurement code
   }
   instance fields
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在程序清单6-4中，我们按照字体的实际外观显示这些选择字体（参见图6-4）。在paintComponent方法内部，我们用每种字体显示其自身的名称。我们还需要确保JList类的外观与常用颜色相匹配。通过调用JList类中的getForeground/getBackground和getSelection Foreground/getSelectionBackground方法可以获取这些颜色。在getPreferredSize方法中，我们需要使用在卷I第7章中介绍的技术来测量字符串的大小。

图6-4 具有绘画单元格的列表框

如果要安装单元格绘制器，只需调用setCellRenderer方法即可：

```
fontList.setCellRenderer(new FontCellRenderer());
```

现在，列表中的所有单元格都是按照自定义的方式绘制的了。

实际上，可以用一种更简单的方法来编写在大多情况下都能运行的自定义绘制器。如果绘制的图像仅仅包含文本、图标或者变化颜色，那么通过配置一个JLabel就可以得到这样的一个绘制器。例如，为了用每种字体显示该字体自身的名称，我们可以使用下面的绘制器：

```
class FontCellRenderer extends JLabel implements ListCellRenderer<Font>
{
   public Component getListCellRendererComponent(JList<? extends Font> list,
      Font value, int index, boolean isSelected, boolean cellHasFocus)
   {
      Font font = (Font) value;
      setText(font.getFamily());
      setFont(font);
      setOpaque(true);
      setBackground(isSelected ? list.getSelectionBackground() : list.getBackground());
      setForeground(isSelected ? list.getSelectionForeground() : list.getForeground());
      return this;
   }
}
```

注意，这里没有编写任何paintComponent或getPreferredSize方法；JLabel类早已实现了这些方法，完全能够满足我们的要求。我们要做的全部工作就是通过设置文本、字体以及颜色来恰当地配置标签。

这段代码在某些情形下确实是一个很便利的捷径，因为在这些情形中，有现成的构件——JLabel，它已经提供了绘制单元格值所需的全部功能。

我们在样例程序中使用了JLabel，但是我们给出的是更泛化的代码，这样你就可以在需要在列表单元格中显示任意图形时，通过修改这段代码来实现。

警告：在每一个getListCellRendererComponent调用中都构建一个新的构件并不是一个好主意。因为如果用户滚动了许多个列表项，那么每一次都需要构建一个新构件。而对已有构件进行重配置则显得更安全更高效。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 6-4 listRendering/FontCellRenderer.java

```
1  package listRendering;
2
3  import java.awt.*;
4  import javax.swing.*;
5  /**
6   * A cell renderer for Font objects that renders the font name in its own font.
7   */
8  public class FontCellRenderer extends JComponent implements ListCellRenderer<Font>
9  {
10    private Font font;
11    private Color background;
12    private Color foreground;
13
14    public Component getListCellRendererComponent(JList<? extends Font> list,
15          Font value, int index, boolean isSelected, boolean cellHasFocus)
16    {
17       font = value;
18       background = isSelected ? list.getSelectionBackground() : list.getBackground();
19       foreground = isSelected ? list.getSelectionForeground() : list.getForeground();
20       return this;
21    }
22
23    public void paintComponent(Graphics g)
24    {
25       String text = font.getFamily();
26       FontMetrics fm = g.getFontMetrics(font);
27       g.setColor(background);
28       g.fillRect(0, 0, getWidth(), getHeight());
29       g.setColor(foreground);
30       g.setFont(font);
31       g.drawString(text, 0, fm.getAscent());
32    }
33
34    public Dimension getPreferredSize()
35    {
36       String text = font.getFamily();
37       Graphics g = getGraphics();
38       FontMetrics fm = g.getFontMetrics(font);
39       return new Dimension(fm.stringWidth(text), fm.getHeight());
40    }
41 }
```

API javax.swing.JList<E> 1.2

- `Color getBackground()`

  返回未选定单元格的背景颜色。

- `Color getSelectionBackground()`

  返回选定单元格的背景颜色。

- `Color getForeground()`

  返回未选定单元格的前景颜色。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `Color getSelectionForeground()`
  返回选定单元格的前景颜色。
- `void setCellRenderer(ListCellRenderer<? super E> cellRenderer)`
  设置用于绘制列表中单元格的绘制器。

API *javax.swing.ListCellRenderer<E>* 1.2

- `Component getListCellRendererComponent(JList<? extends E>list, E item, int index, boolean isSelected, boolean hasFocus)`
  返回一个其 paint 方法用于绘制单元格内容的构件，如果列表的单元格尺寸没有固定，那么该构件还必须实现 getPreferredSize。

参数：	`list`	单元格正在被绘制的列表
	`item`	要绘制的选项
	`index`	存储在模型中的选项索引
	`isSelected`	`true` 表示指定的单元格被选定
	`hasFocus`	`true` 表示焦点在指定的单元格上

6.2 表格

`JTable` 构件用于显示二维对象表格。当然，表格在用户界面中很常见。Swing 开发小组将大量的精力投入到了表格控制方面。表格本身比较复杂，但是它可能比其他 Swing 类更为成功，因为 `JTable` 构件隐藏了更多的复杂性。只需编写几行代码就能够产生具有完全功能化的、行为丰富的表格。当然，还可以编写更多的代码，为具体应用定制显示外观和运行特性。

在本节中，我们将着重讲解怎样产生简单表格，用户怎样与它们交互，以及怎样进行一些最常见的调整操作。与其他一些复杂的 Swing 构件一样，我们不可能覆盖所有的细节。如果想获得详细信息，请查阅 David M. Geary 撰写的《*Graphic Java*》（第 3 版）或 Kim Topley 撰写的《*Core Swing*》。

6.2.1 简单表格

与 `JList` 构件类似，`JTable` 并不存储它自己的数据，而是从一个表格模型中获取它的数据。`JTable` 类有一个构造器能够将一个二维对象数组包装进一个默认的模型。这也正是我们第一个示例程序要用到的策略。在本章的后续部分，我们将转向介绍表格模型。

图 6-5 展示了一个典型的表格，用于描述太阳系各个行星的属性。（如果一个行星主要由氢气和氦气组成，那么它就是气态行星。对于“Color”项，你应该了解

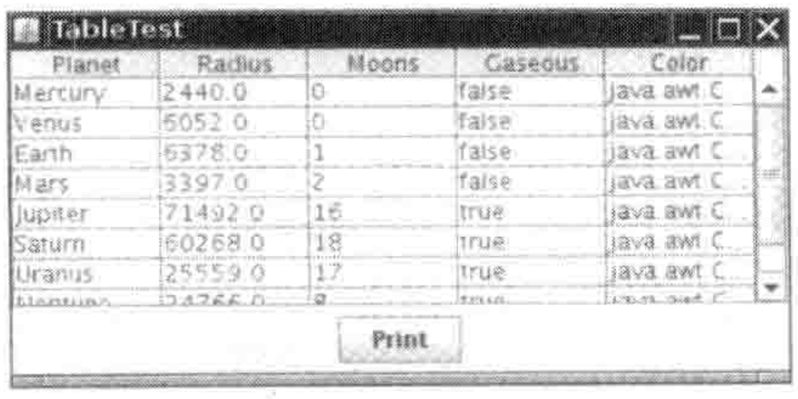


图 6-5 简单表格

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

其巨大的作用，我们之所以将它添加为一列是因为在后面的示例代码中，它是很有用的。）

正如你在程序清单 6-5 中见到的那样，表格中的数据是以 Object 值的二维数组的形式存储的：

```
Object[][] cells =
{
   { "Mercury", 2440.0, 0, false, Color.YELLOW },
   { "Venus", 6052.0, 0, false, Color.YELLOW },
   . . .
}
```

注意： 这里，我们充分利用了自动装箱。第二列、第三列、第四列中的项会自动转换成类型为 Double、Integer 和 Boolean 的对象。

该表格直接调用每个对象上的 toString 方法来显示它们，这也正是为什么颜色显示成为 java.awt.Color[r=...,g=...,b=...] 的原因所在。

可以用一个单独的字符串数组来提供列名：

```
String[] columnNames = { "Planet", "Radius", "Moons", "Gaseous", "Color" };
```

接着，就可以从单元格和列名数组中构建一个表格：

```
JTable table = new JTable(cells, columnNames);
```

最后，通过将表格包装到一个 JScrollPane 中这个常用方法来添加滚动条：

```
JScrollPane pane = new JScrollPane(table);
```

注意： JTable 与 JList 不同，它并非泛型。这么做是有原因的，列表中的元素总是具有统一类型的，但是，通常整个表格不会只有单一的元素类型。例如，在我们的示例中，行星名是字符串，颜色是 java.awt.Color 对象。

这样产生的表格已经具有令人吃惊的丰富行为特性了。可以垂直调整表格的尺寸大小直到滚动条显现出来，然后滚动表格。请注意，列表头并不会滑出视图的外面。

接着，单击列表头的某一列，并且向左或向右拖拉。看看整个列是怎样移开的（参见图 6-6），你可以将它放到别的位置上。这种列的重新排列只是视图上的重新排列，对数据模型没有任何影响。

如果要调整列的尺寸大小，只需将鼠标移到两列之间，直到鼠标的形状变成箭头为止，然后将列的边界拖移到你期望的位置上（参见图 6-7）。

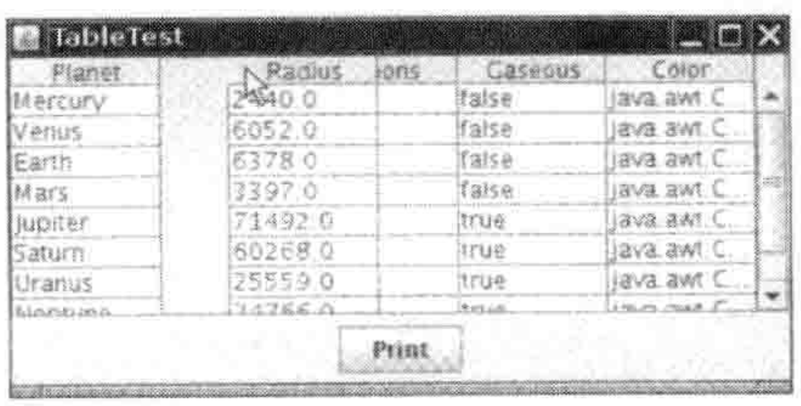


图 6-6 移动表格中的一列

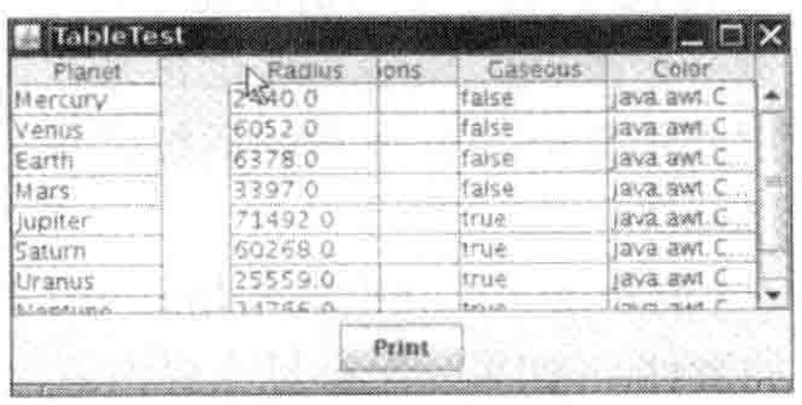


图 6-7 调整列的尺寸大小

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

用户可以通过点击行中任何一个地方来选中一行，而选中的行会高亮显示，后面将会介绍怎样获取这些选择事件。通过单击一个单元格并键入数据，用户还可以编辑表格中的各个项。不过，在这个代码示例中，这些编辑并没有改变底层的数据。在程序中，你应该要么使这些单元格不可编辑，要么处理单元格编辑事件并更新你的模型。我们将会在本节的后面对这些问题进行讨论。

最后，点击列的头，行就会自动排序。如果再次点击，排序顺序就会反过来。这个行为是通过下面的调用激活的：

```
table.setAutoCreateRowSorter(true);
```

可以使用下面的调用对表格进行打印：

```
table.print();
```

此时会出现一个打印对话框，并将表格传送给打印机。我们将在第 7 章讨论定制打印选项。

注意：如果调整 TableTest 框架的尺寸，使它的高度超过了表的高度，那么就会看到表的下方有一块灰色区域。与 JList 和 JTree 构件不同，表没有填充滚动面板视图。当希望支持拖拽时，这可能会成为一个问题（关于拖拽的更多信息，请查看第 7 章）。在这种情况下，可以调用

```
table.setFillsViewportHeight(true);
```

程序清单 6-5 table/TableTest.java

```
1  package table;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.beans.*;
6  import javax.swing.*;
7
8  /**
9   * This program demonstrates how to show a simple table.
10  * @version 1.12 2012-06-09
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class TableTest
14 {
15    public static void main(String[] args)
16    {
17       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
18          {
19             public void run()
20             {
21                JFrame frame = new PlanetTableFrame();
22                frame.setTitle("TableTest");
23                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
24                frame.setVisible(true);
25             }
26          });
27    }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
28 }
29
30 /**
31  * This frame contains a table of planet data.
32  */
33 class PlanetTableFrame extends JFrame
34 {
35    private String[] columnNames = { "Planet", "Radius", "Moons", "Gaseous", "Color" };
36    private Object[][] cells = { { "Mercury", 2440.0, 0, false, Color.YELLOW },
37          { "Venus", 6052.0, 0, false, Color.YELLOW }, { "Earth", 6378.0, 1, false, Color.BLUE },
38          { "Mars", 3397.0, 2, false, Color.RED }, { "Jupiter", 71492.0, 16, true, Color.ORANGE },
39          { "Saturn", 60268.0, 18, true, Color.ORANGE },
40          { "Uranus", 25559.0, 17, true, Color.BLUE }, { "Neptune", 24766.0, 8, true, Color.BLUE },
41          { "Pluto", 1137.0, 1, false, Color.BLACK } };
42
43    public PlanetTableFrame()
44    {
45       final JTable table = new JTable(cells, columnNames);
46       table.setAutoCreateRowSorter(true);
47       add(table, BorderLayout.CENTER);
48       JButton printButton = new JButton("Print");
49       printButton.addActionListener(EventHandler.create(ActionListener.class, table, "print"));
50       JPanel buttonPanel = new JPanel();
51       buttonPanel.add(printButton);
52       add(buttonPanel, BorderLayout.SOUTH);
53       pack();
54    }
55 }
```

API javax.swing.JTable 1.2

- `JTable(Object[][] entries, Object[] columnNames)`

  用默认的表格模型构建一个表格。

- `void print() 5.0`

  显示打印对话框，并打印该表格。

- `boolean getAutoCreateRowSorter() 6`
- `void setAutoCreateRowSorter(boolean newValue) 6`

  获取或设置 `autoCreateRowSorter` 属性，默认值为 `false`。如果进行了设置，只要模型发生变化，就会自动设置一个默认的行排序器。

- `boolean getFillsViewportHeight() 6`
- `void setFillsViewportHeight(boolean newValue) 6`

  获取或设置 `fillsViewportHeight` 属性，默认值为 `false`。如果进行了设置，该表格就总是会填充其外围的视图。

6.2.2 表格模型

在上一个示例中，表格数据是存储在一个二维数组中的。不过，通常不应该在自己的代

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

码中使用这种策略。如果你发现自己在将数据装入一个数组中，然后作为一个表格显示出来，那么就应该考虑实现自己的表格模型了。

表格模型实现起来特别简单，因为你可以充分利用 AbstractTableModel 类，它实现了大部分必需的方法。你仅仅需要提供下面三个方法便可：

```
public int getRowCount();
public int getColumnCount();
public Object getValueAt(int row, int column);
```

实现 getValueAt 方法有多种途径。例如，如果你想显示包含数据库查询结果的 RowSet 的内容，只需提供下面的方法：

```
public Object getValueAt(int r, int c)
{
   try
   {
      rowSet.absolute(r + 1);
      return rowSet.getObject(c + 1);
   }
   catch (SQLException e)
   {
      e.printStackTrace();
      return null;
   }
}
```

我们的示例程序相当简单，我们构建了一个只是用来显示某些计算结果的表格，这些计算结果也就是在不同利率条件下的投资增长额（参见图 6-8）。

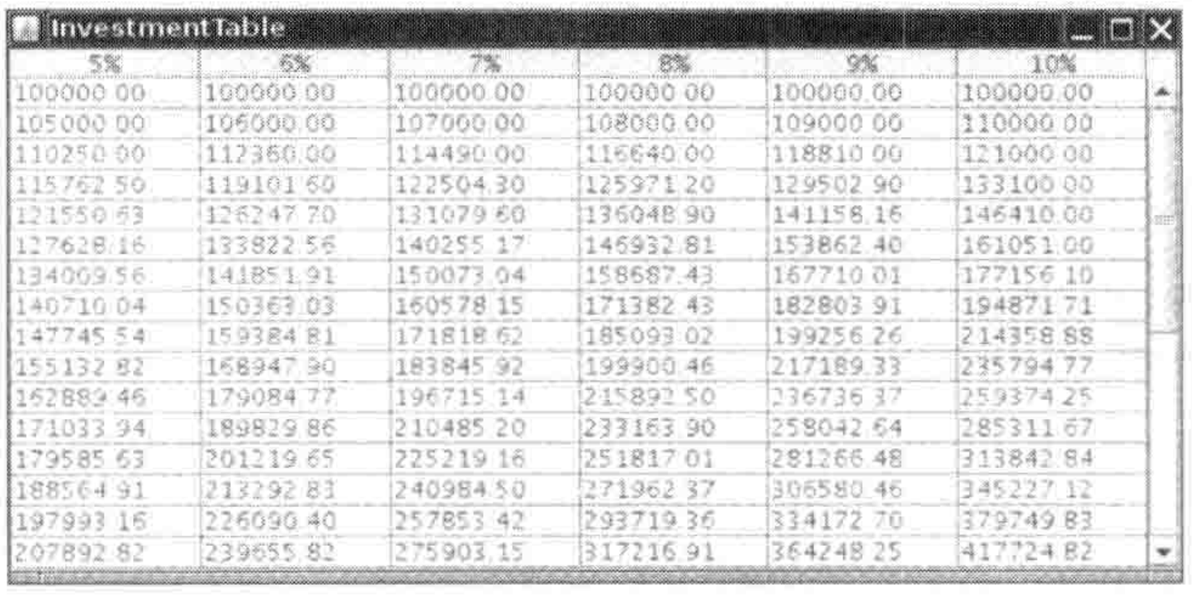


图 6-8 一个投资增长额表格

getValueAt 方法计算出正确值，并将其格式化：

```
public Object getValueAt(int r, int c)
{
   double rate = (c + minRate) / 100.0;
   int nperiods = r;
   double futureBalance = INITIAL_BALANCE * Math.pow(1 + rate, nperiods);
   return String.format("%.2f", futureBalance);
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

getrowCount 和 getColumnCount 方法只是返回行数和列数。

```
public int getRowCount() { return years; }
public int getColumnCount() {  return maxRate - minRate + 1; }
```

如果不提供列名，那么 AbstractTableModel 的 getColumnName 方法会将列命名为 A、B、C 等。如果要改变列名，请覆盖 getColumnName 方法。通常需要覆盖默认的行为。在这个示例中，我们只是将每列用利率标识了出来。

```
public String getColumnName(int c) { return (c + minRate) + "%"; }
```

程序清单 6-6 中显示了完整的源代码。

程序清单 6-6 tableModel/InvestmentTable.java

```
1  package tableModel;
2
3  import java.awt.*;
4
5  import javax.swing.*;
6  import javax.swing.table.*;
7
8  /**
9   * This program shows how to build a table from a table model.
10  * @version 1.02 2007-08-01
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class InvestmentTable
14 {
15    public static void main(String[] args)
16    {
17       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
18          {
19             public void run()
20             {
21                JFrame frame = new InvestmentTableFrame();
22                frame.setTitle("InvestmentTable");
23                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
24                frame.setVisible(true);
25             }
26          });
27    }
28 }
29
30 /**
31  * This frame contains the investment table.
32  */
33 class InvestmentTableFrame extends JFrame
34 {
35    public InvestmentTableFrame()
36    {
37       TableModel model = new InvestmentTableModel(30, 5, 10);
38       JTable table = new JTable(model);
39       add(table);
40       pack();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
41      }
42   }
43
44   /**
45    * This table model computes the cell entries each time they are requested. The table contents
46    * shows the growth of an investment for a number of years under different interest rates.
47    */
48   class InvestmentTableModel extends AbstractTableModel
49   {
50      private static double INITIAL_BALANCE = 100000.0;
51
52      private int years;
53      private int minRate;
54      private int maxRate;
55
56      /**
57       * Constructs an investment table model.
58       * @param y the number of years
59       * @param r1 the lowest interest rate to tabulate
60       * @param r2 the highest interest rate to tabulate
61       */
62      public InvestmentTableModel(int y, int r1, int r2)
63      {
64         years = y;
65         minRate = r1;
66         maxRate = r2;
67      }
68
69      public int getRowCount()
70      {
71         return years;
72      }
73
74      public int getColumnCount()
75      {
76         return maxRate - minRate + 1;
77      }
78
79      public Object getValueAt(int r, int c)
80      {
81         double rate = (c + minRate) / 100.0;
82         int nperiods = r;
83         double futureBalance = INITIAL_BALANCE * Math.pow(1 + rate, nperiods);
84         return String.format("%.2f", futureBalance);
85      }
86
87      public String getColumnName(int c)
88      {
89         return (c + minRate) + "%";
90      }
91   }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API *javax.swing.table.TableModel* 1.2

- `int getRowCount()`
- `int getColumnCount()`

  获取表模型中的行和列的数量。
- `Object getValueAt(int row, int column)`

  获取在给定的行和列所确定的位置处的值。
- `void setValueAt(Object newValue, int row, int column)`

  设置在给定的行和列所确定的位置处的值。
- `boolean isCellEditable(int row, int column)`

  如果在给定的行和列所确定的位置处的值是可编辑的，则返回 true。
- `String getColumnName(int column)`

  获取列的名字。

6.2.3 对行和列的操作

在本小节中，你会看到怎样操作一个表格中的行和列。在你阅读本材料的整个过程中，要牢记 Swing 中的表格是相当不对称的，也就是你可以实施的行操作和列操作会有所不同。表格构件已经被优化过，以便能够显示具有相同结构的行信息，例如，一次数据库查询的结果，而不是任意的二维对象表格。你将会看到，这种不对称性贯穿于本小节。

1. 各种列类

在下一个示例中，我们将再次展示行星数据，不过这次我们会给出更多的有关表格列类型的信息。这是通过在表格模型中定义下面这个方法来实现的：

```
Class<?> getColumnClass(int columnIndex)
```

这个方法可以返回一个描述列类型的类。

JTable 类会为该类选取合适的绘制器，表 6-1 显示了默认的绘制动作。

表 6-1 默认的绘制操作

类型	绘制结果
Boolean	复选框
Icon	图像
object	字符串

可以在图 6-9 中看到复选框和图像。（感谢 Jim Evins 提供了这些行星图像，网址为：http://www.snaught.com/JimsCoolIcons/Planets。）

要绘制其他类型，需要安装定制的绘制器，请参见第 6.2.4 节。

2. 访问表格列

JTable 类将有关表格列的信息存放在类型为 TableColumn 的对象中，由一个 TableColumnModel 对象负责管理这些列。（图 6-10 展示了最重要的表格类之间的关系。）如果不想动态地插入或删除，那么最好不要过多地使用表格列模型。列模型最常见的用法是直接获取一个 TableColumn 对象：

```
int columnIndex = . . .;
TableColumn column = table.getColumnModel().getColumn(columnIndex);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

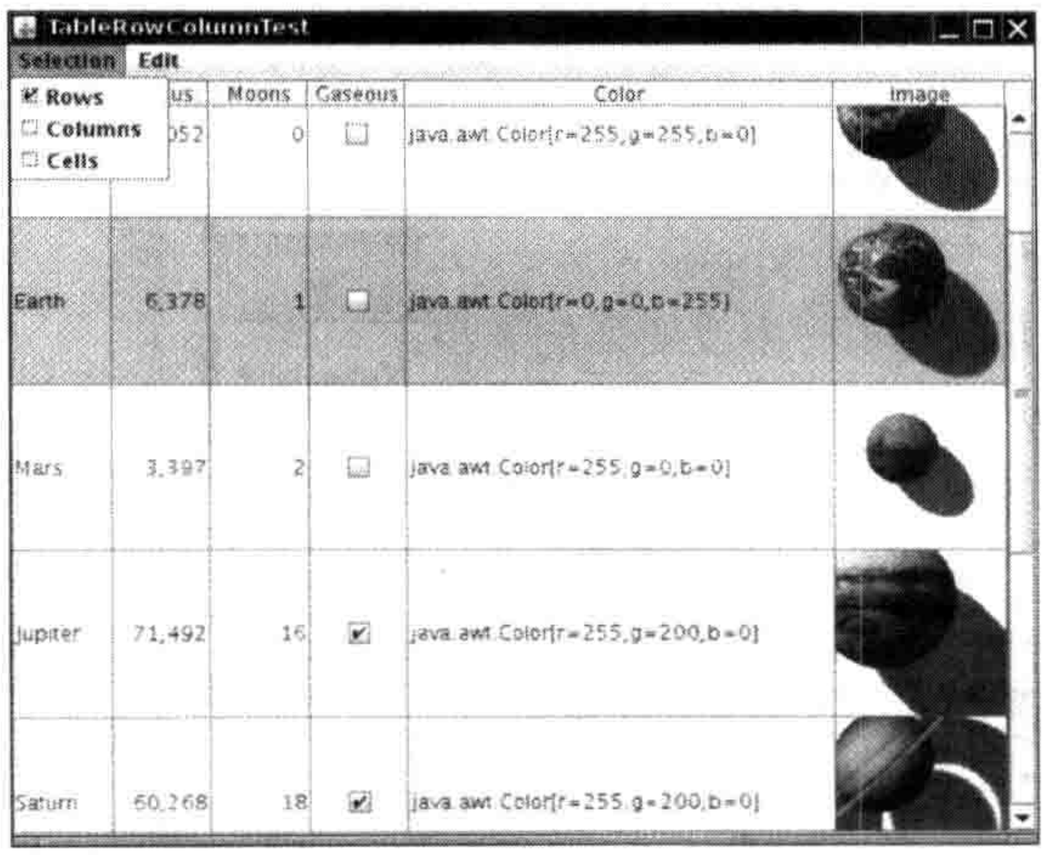


图 6-9　具有单元格绘制器的表格

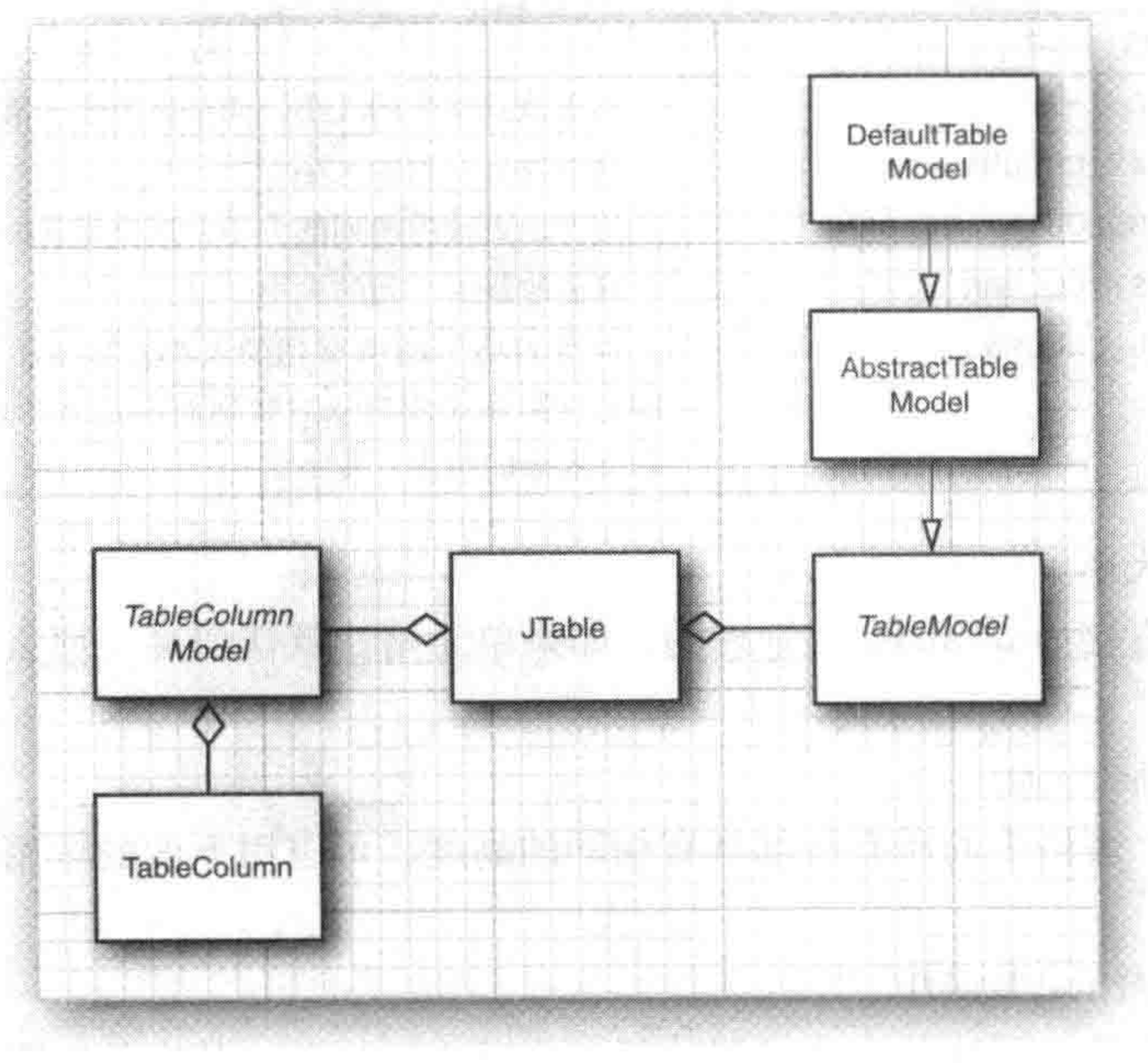


图 6-10　表格类之间的关系图

3. 改变列的大小

TableColumn 类可以控制更改列的大小的行为。使用下面这些方法，可以设置首选的、最小的以及最大的宽度：

```
void setPreferredWidth(int width)
void setMinWidth(int width)
void setMaxWidth(int width)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

这些信息将提供给表格构件，以便对列进行布局。

使用方法

```
void setResizable(boolean resizable)
```

可以控制是否允许用户改变列的大小。

可以使用下面这个方法在程序中改变列的大小：

```
void setWidth(int width)
```

当调整了一个列的大小时，默认情况下表格的总体大小会保持不变。当然，更改过大小的列的宽度的增加值或减小值会分摊到其他列上。默认方式是更改那些在被改变大小列右边的所有列的大小。这是一种很好的默认方式，因为这样使得用户可以通过将所有列从左到右移动，将它们调整为自己所期望的宽度。

使用下面这个方法，可以设置表 6-2 中列出的其他行为：

```
void setAutoResizeMode(int mode)
```

表 6-2 变更列大小的模式

模 式	行 为
AUTO_RESIZE_OFF	不更改其他列的大小，而是更改整个表格的宽度
AUTO_RESIZE_NEXT_COLUMN	只更改下一列的大小
AUTO_RESIZE_SUBSEQUENT_COLUMNS	均匀地更改后续列的大小，这是默认的行为
AUTO_RESIZE_LAST_COLUMN	只更改最后一列的大小
AUTO_RESIZE_ALL_COLUMNS	更改表格中的所有列的大小，这并不是一种很明智的选择，因为这阻碍了用户只对数列而不是整个表进行调整以达到自己期望大小的行为

4. 改变行的大小

行的高度是直接由 JTable 类管理的。如果单元格比默认值高，那么可以像下面这样设置行的高度：

```
table.setRowHeight(height);
```

默认情况下，表格中的所有行都具有相同的高度，可以用下面的调用来为每一行单独设置高度：

```
table.setRowHeight(row, height);
```

实际的行高度等于用这些方法设置的行高度减去行边距，其中行边距的默认值是 1 个像素，但是可以通过下面的调用来修改它：

```
table.setRowMargin(margin);
```

5. 选择行、列和单元格

利用不同的选择模式，用户可以分别选择表格中的行、列或者单独的单元格。默认情况下，可能的是行选择，点击一个单元格的内部就可以选择整行（参见图 6-9）。调用

```
table.setRowSelectionAllowed(false)
```

可以禁用行选择。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

当行选择功能可用时，可以控制用户是否可以选择单一行、连续几行或者任意几行。此时，需要获取选择模式，然后调用它的 setSelectionMode 方法：

```
table.getSelectionModel().setSelectionMode(mode);
```

在这里，mode 是下面三个值的其中一个：

```
ListSelectionModel.SINGLE_SELECTION
ListSelectionModel.SINGLE_INTERVAL_SELECTION
ListSelectionModel.MULTIPLE_INTERVAL_SELECTION
```

默认情况下，列选择是禁用的。不过可以调用下面这个方法启用列选择：

```
table.setColumnSelectionAllowed(true)
```

同时启用行选择和列选择等价于使单元格选择可用，这样用户就可以选择一定范围内的单元格（参见图 6-11）。也可以使用下面的调用完成这项设置：

```
table.setCellSelectionEnabled(true)
```

可以运行程序清单 6-7 中的程序，观察一下单元格选择的运行情况。启用 Selection 菜单中的行、列或单元格选项，然后观察选择行为是如何改变的。

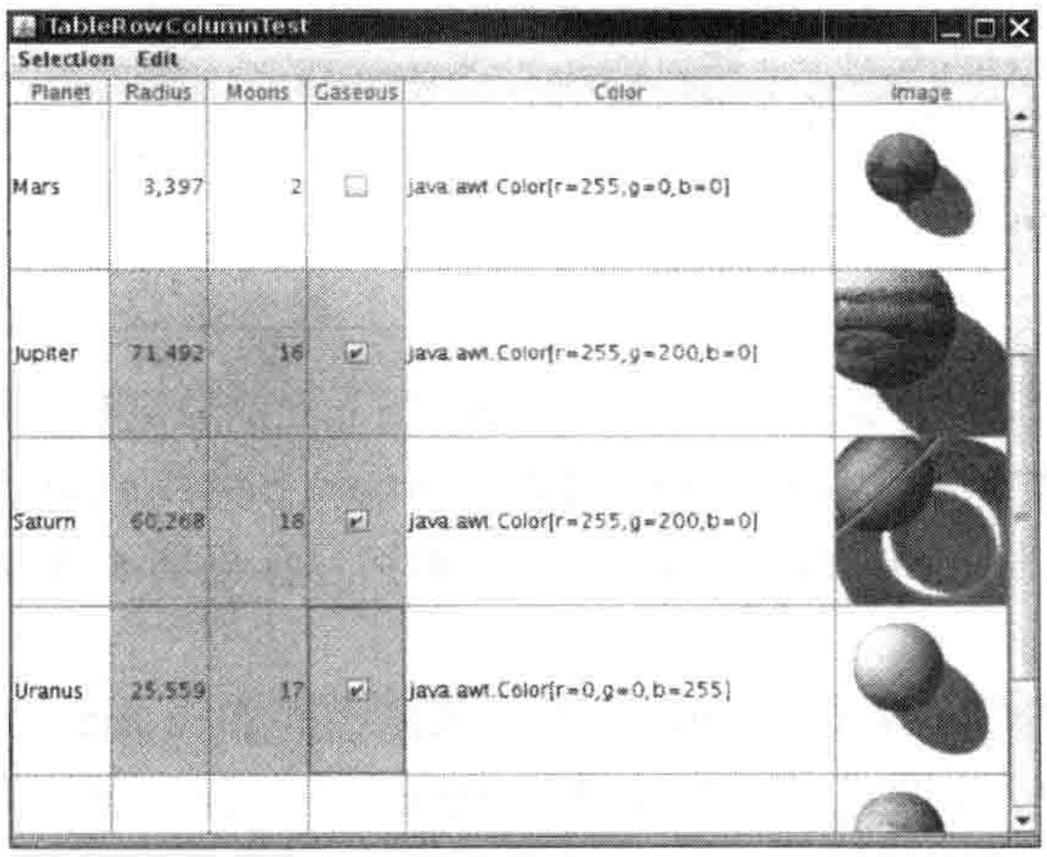


图 6-11 选择一个单元格范围

可以通过调用 getSelectedRows 方法和 getSelectedColumns 方法来查看选中了哪些行及哪些列。这两个方法都返回一个由被选定项的索引构成的 int[] 数组。注意，这些索引值是表格视图中的索引值，而不是底层表格模型中的索引值。尝试着选择一些行和列，然后将列拖拽到不同的位置，并通过点击列头来对这些行进行排序。使用 Print Selection 菜单项来查看它会报告哪些行和列被选中。

如果要将表格索引值转译为表格模型索引值，可以使用 JTable 的 ConvertRowIndexToModel 和 convertColumnIndexToModel 方法。

6. 对行排序

正如在第一个表格示例中看到的那样，向 JTable 中添加行排序机制是很容易的，只需

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

调用 setAutoCreateRowSorter 方法。但是，要对排序行为进行细粒度的控制，就必须像 JTable 中安装一个 TableRowSorter<M> 对象，并对其进行定制化。类型参数 M 表示表格模型，它必须是 TableModel 接口的子类型。

```
TableRowSorter<TableModel> sorter = new TableRowSorter<TableModel>(model);
table.setRowSorter(sorter);
```

某些列是不可排序的，例如，在我们的行星数据中的图像列，可以通过下面的调用来关闭排序机制：

```
sorter.setSortable(IMAGE_COLUMN, false);
```

可以对每个列都安装一个定制的比较器。在我们的示例中，我们将对 Color 列中的颜色进行排序，因为我们相对于红色来说，更喜欢蓝色和绿色。当你点击 Color 列时，将会看到蓝色行星出现在表格底部，这是通过下面的调用完成的：

```
sorter.setComparator(COLOR_COLUMN, new Comparator<Color>()
   {
      public int compare(Color c1, Color c2)
      {
         int d = c1.getBlue() - c2.getBlue();
         if (d != 0) return d;
         d = c1.getGreen() - c2.getGreen();
         if (d != 0) return d;
         return c1.getRed() - c2.getRed();
      }
   });
```

如果不指定列的比较器，那么排序顺序就是按照下面的原则确定的：

1）如果列所属的类是 String，就使用 Collator.getInstance() 方法返回的默认比较器。它按照适用于当前 locale 的方式对字符串排序。（参见第 5 章以了解 locale 和比较器的更多信息）。

2）如果列所属的类型实现了 Comparable，则使用它的 compareTo 方法。

3）如果已经为比较器设置过 TableStringConverter，就用默认比较器对转换器的 toString 方法返回的字符串进行排序。如果要使用该方法，可以像下面这样定义转换器：

```
orter.setStringConverter(new TableStringConverter()
   {
      public String toString(TableModel model, int row, int column)
      {
         Object value = model.getValueAt(row, column);
         convert value to a string and return it
      }
   });
```

4）否则，在单元格的值上调用 toString 方法，然后用默认比较器对它们进行比较。

7. 过滤行

除了可以对行排序之外，TableRowSorter 还可以有选择性地隐藏行，这种处理称为过滤（filtering）。要想激活过滤机制，需要设置 RowFilter。例如，要包含至少有一个卫星的

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

所有行星行，可以调用：

```
sorter.setRowFilter(RowFilter.numberFilter(ComparisonType.NOT_EQUAL, 0, MOONS_COLUMN));
```

这里我们使用了预定义的过滤器，即数字过滤器。要构建数字过滤器，需要提供：

- 比较类型（EQUAL、NOT_EQUAL、AFTER 和 BEFORE 之一）。
- Number 的某个子类的一个对象（例如 Integer 和 Double），只有与给定的 Number 对象属于相同的类的对象才在考虑的范围内。
- 0 或多列的索引值，如果不提供任何索引值，那么所有的列都被搜索。

静态的 RowFilter.dataFilter 方法以相同的方式构建了日期过滤器，这里需要提供 Date 对象而不是 Number 对象。

最后，静态的 RowFilter.regexFilter 方法构建的过滤器可以查找匹配某个正则表达式的字符串。例如：

```
sorter.setRowFilter(RowFilter.regexFilter(".*[^s]$", PLANET_COLUMN));
```

将只显示那些名字以“s”结尾的行星（参见第 1 章以了解有关正则表达式的更新信息）。

还可以用 andFilter、orFilter 和 notFilter 方法来组合过滤器，例如，要过滤掉名字不是以“s”结尾，并且至少有一颗卫星的行星，可以使用下面的过滤器组合：

```
sorter.setRowFilter(RowFilter.andFilter(Arrays.asList(
   RowFilter.regexFilter(".*[^s]$", PLANET_COLUMN),
   RowFilter.numberFilter(ComparisonType.NOT_EQUAL, 0, MOONS_COLUMN))));
```

警告： 令人恼火的是，andFilter 和 orFilter 方法未使用可变参数，而是单个的类型为 Iterable 的参数。

要实现自己的过滤器，需要提供 RowFilter 的一个子类，并实现 include 方法来表示哪些行应该显示。这很容易实现，但是 RowFilter 类卓越的普适性令它有点可怕。

RowFilter<M, I> 类有两个类型参数：模型的类型和行标识符的类型。在处理表格时，模型总是 TableModel 的某个子类型，而标识符类型总是 Integer。（在将来的某个时刻，其他构件可能也会支持行过滤机制。例如，要过滤 JTree 中的行，就可能可以使用 RowFilter <TreeModel, TreePath> 了。）

行过滤器必须实现下面的方法：

```
public boolean include(RowFilter.Entry<? extends M, ? extends I> entry)
```

RowFilter.Entry 类提供了获取模型、行标识符和给定索引处的值等内容的方法，因此，按照行标识符和行的内容都可以进行过滤。

例如，下面的过滤器将隔行显示：

```
RowFilter<TableModel, Integer> filter = new RowFilter<TableModel, Integer>()
   {
      public boolean include(Entry<? extends TableModel, ? extends Integer> entry)
      {
         return entry.getIdentifier() % 2 == 0;
      }
   };
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果想要只包含那些具有偶数个卫星的行星，可以将上面的测试条件替换为下面的内容：

```
((Integer) entry.getValue(MOONS_COLUMN)) % 2 == 0
```

在我们的示例程序中，允许用户隐藏任意多行，我们在一个 set 中存储了所有隐藏的行的索引。而其中的行过滤器将包含那些索引不在这个 set 中的所有行。

过滤机制并不是为那些过滤标准在不时地发生变化的过滤器而设计的。因此，在我们的示例程序中，只要隐藏行的 set 发生了变化，我们就会调用下面的语句：

```
sorter.setRowFilter(filter);
```

过滤器一旦被设置，就会立即得到应用。

8. 隐藏和显示列

正如在前一节中看到的，可以根据内容或标识符来过滤表格行，而隐藏表格列使用的是完全不同的机制。

JTable 类的 removeColumn 方法可以将一列从表格视图中移除。该列的数据实际上并没有从模型中移除，它们只是在视图中被隐藏了起来。removeColumn 方法接受一个 TableColumn 参数，如果你有的是一个列号（比如来自于 getSelectedColumns 的调用结果），那就需要向表格模型请求实际的列对象：

```
TableColumnModel columnModel = table.getColumnModel();
TableColumn column = columnModel.getColumn(i);
table.removeColumn(column);
```

如果你记得住该列，那么将来就可以再把它添加回去：

```
table.addColumn(column);
```

该方法将该列添加到表格的最后面。如果想让它出现在表格中的其他任何地方，那么可以调用 moveColumn 方法。

通过添加一个新的 TableColumn 对象，还可以添加一个对应于表格模型中的一个列索引的新列：

```
table.addColumn(new Table Column(modelcolumnIndex));
```

可以让多个表格列展示模型中的同一列。

程序清单 6-7 中的程序展示了如何选择和过滤行与列。

程序清单 6-7 tableRowColumn/planetTableFrame.java

```
1  package tableRowColumn;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.util.*;
6  import javax.swing.*;
7  import javax.swing.table.*;
8
9  /**
10  * This frame contains a table of planet data.
11  */
12 public class PlanetTableFrame extends JFrame
13 {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
14     private static final int DEFAULT_WIDTH = 600;
15     private static final int DEFAULT_HEIGHT = 500;
16
17     public static final int COLOR_COLUMN = 4;
18     public static final int IMAGE_COLUMN = 5;
19
20     private JTable table;
21     private HashSet<Integer> removedRowIndices;
22     private ArrayList<TableColumn> removedColumns;
23     private JCheckBoxMenuItem rowsItem;
24     private JCheckBoxMenuItem columnsItem;
25     private JCheckBoxMenuItem cellsItem;
26
27     private String[] columnNames = { "Planet", "Radius", "Moons", "Gaseous", "Color", "Image" };
28
29     private Object[][] cells = {
30           { "Mercury", 2440.0, 0, false, Color.YELLOW,
31              new ImageIcon(getClass().getResource("Mercury.gif")) },
32           { "Venus", 6052.0, 0, false, Color.YELLOW,
33              new ImageIcon(getClass().getResource("Venus.gif")) },
34           { "Earth", 6378.0, 1, false, Color.BLUE,
35              new ImageIcon(getClass().getResource("Earth.gif")) },
36           { "Mars", 3397.0, 2, false, Color.RED,
37              new ImageIcon(getClass().getResource("Mars.gif")) },
38           { "Jupiter", 71492.0, 16, true, Color.ORANGE,
39              new ImageIcon(getClass().getResource("Jupiter.gif")) },
40           { "Saturn", 60268.0, 18, true, Color.ORANGE,
41              new ImageIcon(getClass().getResource("Saturn.gif")) },
42           { "Uranus", 25559.0, 17, true, Color.BLUE,
43              new ImageIcon(getClass().getResource("Uranus.gif")) },
44           { "Neptune", 24766.0, 8, true, Color.BLUE,
45              new ImageIcon(getClass().getResource("Neptune.gif")) },
46           { "Pluto", 1137.0, 1, false, Color.BLACK,
47              new ImageIcon(getClass().getResource("Pluto.gif")) } };
48
49     public PlanetTableFrame()
50     {
51        setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
52
53        TableModel model = new DefaultTableModel(cells, columnNames)
54           {
55              public Class<?> getColumnClass(int c)
56              {
57                 return cells[0][c].getClass();
58              }
59           };
60
61        table = new JTable(model);
62
63        table.setRowHeight(100);
64        table.getColumnModel().getColumn(COLOR_COLUMN).setMinWidth(250);
65        table.getColumnModel().getColumn(IMAGE_COLUMN).setMinWidth(100);
66
67        final TableRowSorter<TableModel> sorter = new TableRowSorter<>(model);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
68          table.setRowSorter(sorter);
69          sorter.setComparator(COLOR_COLUMN, new Comparator<Color>()
70             {
71                public int compare(Color c1, Color c2)
72                {
73                   int d = c1.getBlue() - c2.getBlue();
74                   if (d != 0) return d;
75                   d = c1.getGreen() - c2.getGreen();
76                   if (d != 0) return d;
77                   return c1.getRed() - c2.getRed();
78                }
79             });
80          sorter.setSortable(IMAGE_COLUMN, false);
81          add(new JScrollPane(table), BorderLayout.CENTER);
82
83          removedRowIndices = new HashSet<>();
84          removedColumns = new ArrayList<>();
85
86          final RowFilter<TableModel, Integer> filter = new RowFilter<TableModel, Integer>()
87          {
88             public boolean include(Entry<? extends TableModel, ? extends Integer> entry)
89             {
90                return !removedRowIndices.contains(entry.getIdentifier());
91             }
92          };
93
94          // create menu
95
96          JMenuBar menuBar = new JMenuBar();
97          setJMenuBar(menuBar);
98
99          JMenu selectionMenu = new JMenu("Selection");
100         menuBar.add(selectionMenu);
101
102         rowsItem = new JCheckBoxMenuItem("Rows");
103         columnsItem = new JCheckBoxMenuItem("Columns");
104         cellsItem = new JCheckBoxMenuItem("Cells");
105
106         rowsItem.setSelected(table.getRowSelectionAllowed());
107         columnsItem.setSelected(table.getColumnSelectionAllowed());
108         cellsItem.setSelected(table.getCellSelectionEnabled());
109
110         rowsItem.addActionListener(new ActionListener()
111            {
112               public void actionPerformed(ActionEvent event)
113               {
114                  table.clearSelection();
115                  table.setRowSelectionAllowed(rowsItem.isSelected());
116                  updateCheckboxMenuItems();
117               }
118            });
119         selectionMenu.add(rowsItem);
120
121         columnsItem.addActionListener(new ActionListener()
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
122          {
123             public void actionPerformed(ActionEvent event)
124             {
125                table.clearSelection();
126                table.setColumnSelectionAllowed(columnsItem.isSelected());
127                updateCheckboxMenuItems();
128             }
129          });
130       selectionMenu.add(columnsItem);
131
132       cellsItem.addActionListener(new ActionListener()
133          {
134             public void actionPerformed(ActionEvent event)
135             {
136                table.clearSelection();
137                table.setCellSelectionEnabled(cellsItem.isSelected());
138                updateCheckboxMenuItems();
139             }
140          });
141       selectionMenu.add(cellsItem);
142
143       JMenu tableMenu = new JMenu("Edit");
144       menuBar.add(tableMenu);
145
146       JMenuItem hideColumnsItem = new JMenuItem("Hide Columns");
147       hideColumnsItem.addActionListener(new ActionListener()
148          {
149             public void actionPerformed(ActionEvent event)
150             {
151                int[] selected = table.getSelectedColumns();
152                TableColumnModel columnModel = table.getColumnModel();
153
154                // remove columns from view, starting at the last
155                // index so that column numbers aren't affected
156
157                for (int i = selected.length - 1; i >= 0; i--)
158                {
159                   TableColumn column = columnModel.getColumn(selected[i]);
160                   table.removeColumn(column);
161
162                   // store removed columns for "show columns" command
163
164                   removedColumns.add(column);
165                }
166             }
167          });
168       tableMenu.add(hideColumnsItem);
169
170       JMenuItem showColumnsItem = new JMenuItem("Show Columns");
171       showColumnsItem.addActionListener(new ActionListener()
172          {
173             public void actionPerformed(ActionEvent event)
174             {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
175             // restore all removed columns
176             for (TableColumn tc : removedColumns)
177                table.addColumn(tc);
178             removedColumns.clear();
179          }
180       });
181    tableMenu.add(showColumnsItem);
182
183    JMenuItem hideRowsItem = new JMenuItem("Hide Rows");
184
185    hideRowsItem.addActionListener(new ActionListener()
186       {
187          public void actionPerformed(ActionEvent event)
188          {
189             int[] selected = table.getSelectedRows();
190             for (int i : selected)
191                removedRowIndices.add(table.convertRowIndexToModel(i));
192             sorter.setRowFilter(filter);
193          }
194       });
195    tableMenu.add(hideRowsItem);
196
197    JMenuItem showRowsItem = new JMenuItem("Show Rows");
198    showRowsItem.addActionListener(new ActionListener()
199       {
200          public void actionPerformed(ActionEvent event)
201          {
202             removedRowIndices.clear();
203             sorter.setRowFilter(filter);
204          }
205       });
206    tableMenu.add(showRowsItem);
207
208    JMenuItem printSelectionItem = new JMenuItem("Print Selection");
209    printSelectionItem.addActionListener(new ActionListener()
210       {
211          public void actionPerformed(ActionEvent event)
212          {
213             int[] selected = table.getSelectedRows();
214             System.out.println("Selected rows: " + Arrays.toString(selected));
215             selected = table.getSelectedColumns();
216             System.out.println("Selected columns: " + Arrays.toString(selected));
217          }
218       });
219    tableMenu.add(printSelectionItem);
220 }
221 private void updateCheckboxMenuItems()
222 {
223    rowsItem.setSelected(table.getRowSelectionAllowed());
224    columnsItem.setSelected(table.getColumnSelectionAllowed());
225    cellsItem.setSelected(table.getCellSelectionEnabled());
226 }
227 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API *javax.swing.table.TableModel* 1.2

- `Class getColumnClass(int columnIndex)`
  获取该列中的值的类。该信息用于排序或绘制。

API javax.swing.JTable 1.2

- `TableColumnModel getColumnModel()`
  获取描述表格列布局安排的“列模式”。
- `void setAutoResizeMode(int mode)`
  设置自动更改表格列大小的模式。
  参数：mode　　AUTO_RESIZE_OFF、AUTO_RESIZE_NEXT_COLUMN、AUTO_RESIZE_SUBSEQUENT_COLUMNS、AUTO_RESIZE_LAST_COLUMN 以及 AUTO_RESIZE_ALL_COLUMNS 其中之一
- `int getRowMargin()`
- `void setRowMargin(int margin)`
  获取和设置相邻行中单元格之间的间隔大小。
- `int getRowHeight()`
- `void setRowHeight(int height)`
  获取和设置表格中所有行的默认高度。
- `int getRowHeight(int row)`
- `void setRowHeight(int row, int height)`
  获取和设置表格中给定行的高度。
- `ListSelectionModel getSelectionModel()`
  返回列表的选择模式。你需要该模式以便在行、列以及单元格之间进行选择。
- `boolean getRowSelectionAllowed()`
- `void setRowSelectionAllowed(boolean b)`
  获取和设置 rowSelectionAllowed 属性。如果为 true，那么当用户点击单元格的时候，可以选定行。
- `boolean getColumnSelectionAllowed()`
- `void setColumnSelectionAllowed(boolean b)`
  获取和设置 columnSelectionAllowed 属性。如果为 true，那么当用户点击单元格的时候，可以选定列。
- `boolean getCellSelectionEnabled()`
  如果既允许选定行又允许选定列，则返回 true。
- `void setCellSelectionEnabled(boolean b)`
  同时将 rowSelectionAllowed 和 columnSelectionAllowed 设置为 b。
- `void addColumn(TableColumn column)`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

向表格视图中添加一列作为最后一列。

- `void moveColumn(int from, int to)`
  移动表格 from 索引位置中的列，使它的索引变成 to。该操作仅仅影响到视图。
- `void removeColumn(TableColumn column)`
  将给定的列从视图中移除。
- `int convertRowIndexToModel(int index) 6`
- `int convertColumnIndexToModel(int index)`
  返回具有给定索引的行或列的模型索引，这个值与行被排序和过滤，以及列被移动和移除时的索引不同。
- `void setRowSorter(RowSorter<? extends TableModel> sorter)`
  设置行排序器。

API *javax.swing.table.TableColumnModel* 1.2

- `TableColumn getColumn(int index)`
  获取表格的列对象，用于描述给定索引的列。

API javax.swing.table.TableColumn 1.2

- `TableColumn(int modelColumnIndex)`
  构建一个表格列，用以显示给定索引位置上的模型列。
- `void setPreferredWidth(int width)`
- `void setMinWidth(int width)`
- `void setMaxWidth(int width)`
  将表格的首选宽度、最小宽度以及最大宽度设置为 width。
- `void setWidth(int width)`
  设置该列的实际宽度为 width。
- `void setResizable(boolean b)`
  如果 b 为 true，那么该列可以更改大小。

API *javax.swing.ListSelectionModel* 1.2

- `void setSelectionMode(int mode)`
  参数：mode　　SINGLE_SELECTION、SINGLE_INTERVAL_SELECTION 以及 MULTIPLE_INTERVAL_SELECTION 其中之一

API javax.swing.DefaultRowSorter<M, I> 6

- `void setComparator(int column, Comparator<?> comparator)`
  设置用于给定列的比较器。
- `void setSortable(int column, boolean enabled)`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

使对给定列的排序可用或禁用。

- `void setRowFilter(RowFilter<? super M,? super I> filter)`

  设置行过滤器。

API javax.swing.table.TableRowSorter<M extends TableModel> 6

- `void setStringConverter(TableStringConverter stringConverter)`

  设置用于排序和过滤的字符串转换器。

API javax.swing.table.TableStringConverter<M extends TableModel> 6

- `abstract String toString(TableModel model, int row, int column)`

  将给定位置的模型值转换为字符串，你可以覆盖这个方法。

API javax.swing.RowFilter<M, I> 6

- `boolean include(RowFilter.Entry<? extends M,? extends I> entry)`

  指定要保留的行，你可以覆盖这个方法。

- `static <M,I> RowFilter<M,I> numberFilter(RowFilter.ComparisonType type, Number number, int... indices)`
- `static <M,I> RowFilter<M,I> dateFilter(RowFilter.ComparisonType type, Date date, int... indices)`

  返回一个过滤器，它包含的行是那些与给定的数字或日期进行给定比较后匹配的行。比较类型是 EQUAL、NOT_EQUAL、AFTER 或 BEFORE 之一。如果给定了列模型索引，则只搜索这些列。否则，将搜索所有列。对于数字过滤器，单元格的值所属的类必须与给定数字的类匹配。

- `static <M,I> RowFilter<M,I> regexFilter(String regex, int... indices)`

  返回一个过滤器，它包含的行含有与给定的正则表达式匹配的字符串。如果给定了列模型索引，则只搜索这些列。否则，将搜索所有列。注意，RowFilter.Entry 的 getStringValue 方法返回的字符串是匹配的。

- `static <M,I> RowFilter<M,I> andFilter(Iterable<? extends RowFilter<? super M,? super I>> filters)`
- `static <M,I> RowFilter<M,I> orFilter(Iterable<? extends RowFilter<? super M,? super I>> filters)`

  返回一个过滤器，它包含的项是那些包含在所有的过滤器或至少包含在一个过滤器中的项

- `static <M,I> RowFilter<M,I> notFilter(RowFilter<M,I> filter)`

  返回一个过滤器，它包含的项是那些不包含在给定过滤器中的项。

API javax.swing.RowFilter.Entry<M, I> 6

- `I getIdentifier()`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

返回这个行的标识符。

- M getModel()
  返回这个行的模型。
- Object getValue(int index)
  返回在这个行的给定索引处存储的值。
- int getValueCount()
  返回在这个行中存储的值的数量。
- String getStringValue()
  返回在这个行的给定索引处存储的值转换成的字符串。由 TableRowSorter 产生的项的 getStringValue 方法会调用排序器的字符串转换器。

6.2.4 单元格的绘制和编辑

正如在第 6.2.3 节中看到的，列的类型确定了单元格应该如何绘制。Boolean 和 Icon 类型有默认的绘制器，它们将绘制复选框或图标，而对于其他所有类型，都需要安装定制的绘制器。

表格的单元格绘制器与你在前面看到的列表单元格绘制器类似。它们都实现了 TableCellRenderer 接口，并只有一个方法

```
Component getTableCellRendererComponent(JTable table, Object value, boolean isSelected,
   boolean hasFocus, int row, int column)
```

该方法在表格需要绘制一个单元格的时候被调用。它会返回一个构件，接着该构件的 paint 方法会被调用，以填充单元格区域。

在图 6-12 中的表格包含类型为 Color 的单元格，绘制器直接返回一个面板，其背景颜色设置为存储在该单元格中的颜色对象，该颜色是作为 value 参数传递的。

```
class ColorTableCellRenderer extends JPanel implements TableCellRenderer
{
   public Component getTableCellRendererComponent(JTable table, Object value,
      boolean isSelected, boolean hasFocus, int row, int column)
   {
      setBackground((Color) value);
      if (hasFocus)
         setBorder(UIManager.getBorder("Table.focusCellHighlightBorder"));
      else
         setBorder(null);
   return this;
   }
}
```

正如你看到的那样，当该单元格获得焦点的时候，绘制器会安装一个边框。（我们可以向 UIManager 寻求合适的边框。为了发现查找的关键所在，我们可以深入 DefaultTableCellRenderer 类的源码内部看个究竟。）

通常情况下，你可能还想设置单元格的背景颜色，以指示当前是否选中了它。这里我们

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

跳过这步，因为这会干扰我们现在讨论的显示颜色。程序清单 6-4 中的 ListRenderingTest 示例展示了怎样在一个绘制器中指示选择状态。

提示：如果你的绘制器只是绘制一个文本字符串或者一个图标，那么可以继承 `DefaultTableCellRenderer` 这个类。该类会负责绘制焦点和选择状态。

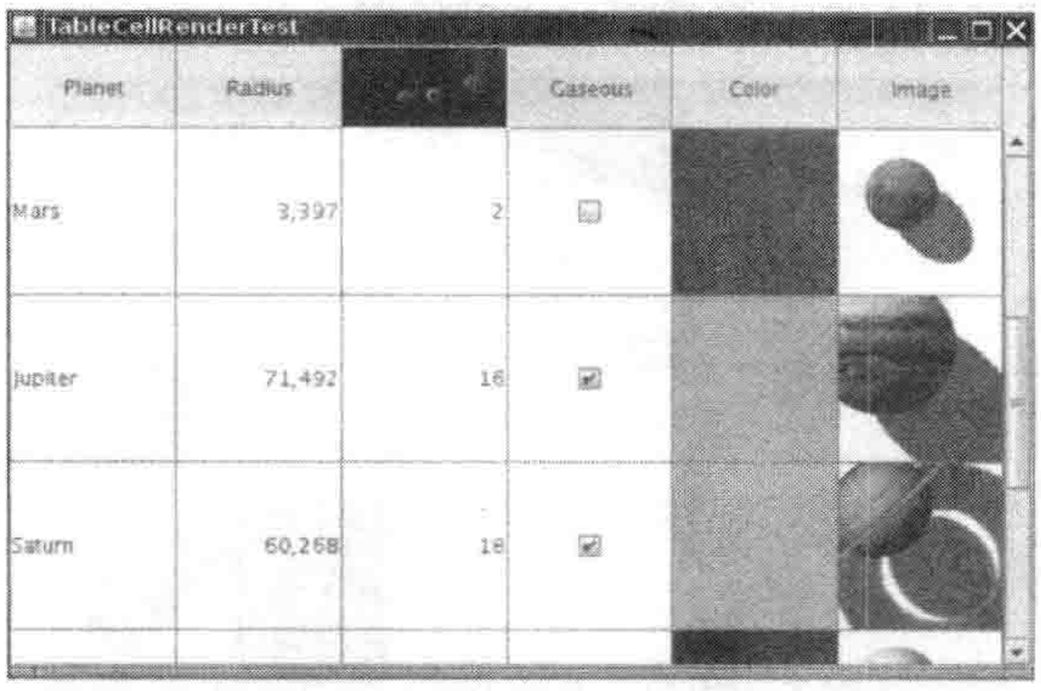


图 6-12 具有单元格绘制器的表格

你必须告诉表格要使用这个绘制器去绘制所有类型为 `Color` 的对象。`JTable` 类的 `setDefaultRenderer` 方法可以让你建立它们之间的这种联系。你需要提供一个 `Class` 对象和绘制器。

```
table.setDefaultRenderer(Color.class, new ColorTableCellRenderer());
```

现在这个绘制器就可以用于表格中具有给定类型的所有对象了。

如果想要基于其他标准选择绘制器，则需要从 `JTable` 类中扩展子类，并覆盖 `getCellRender` 方法。

1. 绘制表头

为了在表头中显示图标，需要设置表头值。

```
moonColumn.setHeaderValue(new ImageIcon("Moons.gif"));
```

然而，表头还未智能到可以为表头值选择一个合适的绘制器，因此，绘制器需要手工安装。例如，要在列头显示图像图标，可以调用：

```
moonColumn.setHeaderRenderer(table.getDefaultRenderer(ImageIcon.class));
```

2. 单元格编辑

为了使单元格可编辑，表格模型必须通过定义 `isCellEditable` 方法来指明哪些单元格是可编辑的。最常见的情况是，你可能想使某几列可编辑。在这个示例程序中，我们允许对表格中的四列进行编辑。

```
public boolean isCellEditable(int r, int c)
{
   return c == PLANET_COLUMN || c == MOONS_COLUMN || c == GASEOUS_COLUMN || c == COLOR_COLUMN;
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意： AbstractTableModel 定义的 isCellEditable 方法总是返回 false。DefaultTableModel 覆盖了该方法以便总是返回 true。

运行一下程序清单 6-8 到程序清单 6-11 的程序就会注意到，可以点击 Gaseous 列中的复选框，并能选中或取消复选标记。如果点击 Moons 列中的某个单元格，就会出现一个组合框（参见图 6-13）。你很快就会看到怎样将这样一个组合框作为一个单元格编辑器安装到表格上。

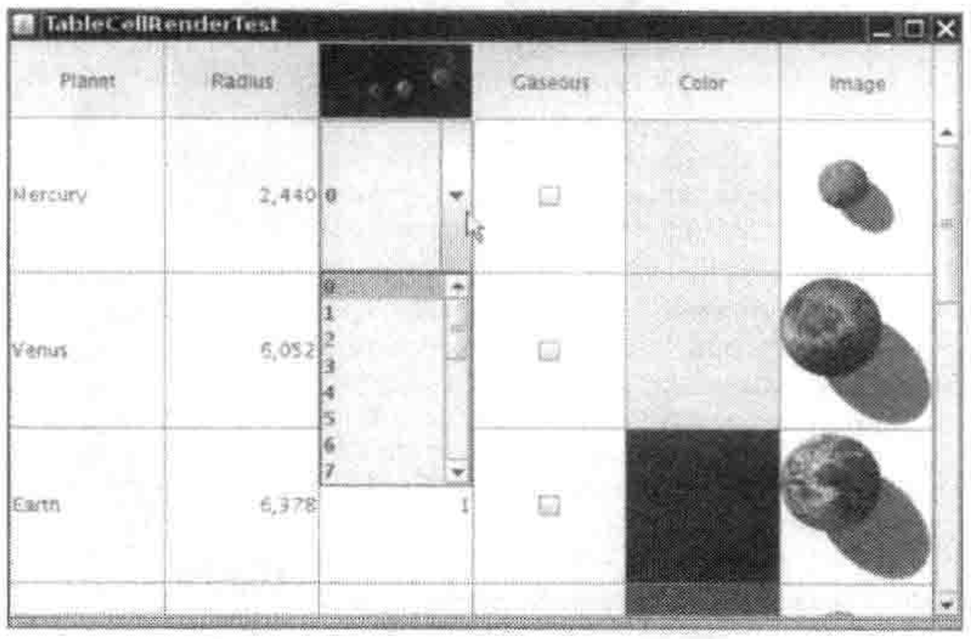


图 6-13 单元格编辑器

最后，点击第一列中的某个单元格，该单元格就会获取焦点。你就可以开始键入数据，而该单元格的内容也会随之更改。

你刚刚看到的是 DefaultCellEditor 类的三种变型。DefaultCellEditor 可以用 JTextField、JCheckBox 或者 JComboBox 来构造。JTable 类会自动为 Boolean 类型的单元格安装一个复选框编辑器，并为所有可编辑的、但未提供它们自己的绘制器的单元格安装一个文本编辑器。文本框可以让用户去编辑那些对表格模型 getValueAt 方法的返回值执行 toString 操作而产生的字符串。

一旦编辑完成，通过调用编辑器的 getCellEditorValue 方法就可以读取编辑过的值。该方法应该返回一个正确类型的值（也就是模型的 getColumnType 方法返回的类型）。

为了获得一个组合框编辑器，你需要手动设置单元格编辑器，因为 JTable 构件并不知道什么样的值对某一特殊类型来说是适合的。对于 Moons 列来说，我们希望可以让用户选择 0 ~ 20 的任何值。下面是对组合框进行初始化的代码。

```
JComboBox moonCombo = new JComboBox();
for (int i = 0; i <= 20; i++)
   moonCombo.addItem(i);
```

为了构造一个 DefaultCellEditor，需要在该构造器中提供一个组合框。

```
TableCellEditor moonEditor = new DefaultCellEditor(moonCombo);
```

接下来，我们需要安装这个编辑器。与颜色单元格绘制器不同，这个编辑器不依赖于对象类型，我们未必想要把它作用于类型为 Integer 的所有对象上。相反地，我们需要把它安装到一个特定列中：

```
moonColumn.setCellEditor(moonEditor);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

3. 定制编辑器

再次运行一下示例程序并点击一种颜色。这时会弹出一个颜色选择器让你为行星选择一种新颜色。选中一种颜色，然后点击 OK。单元格颜色就会随之更新（参见图 6-14）。

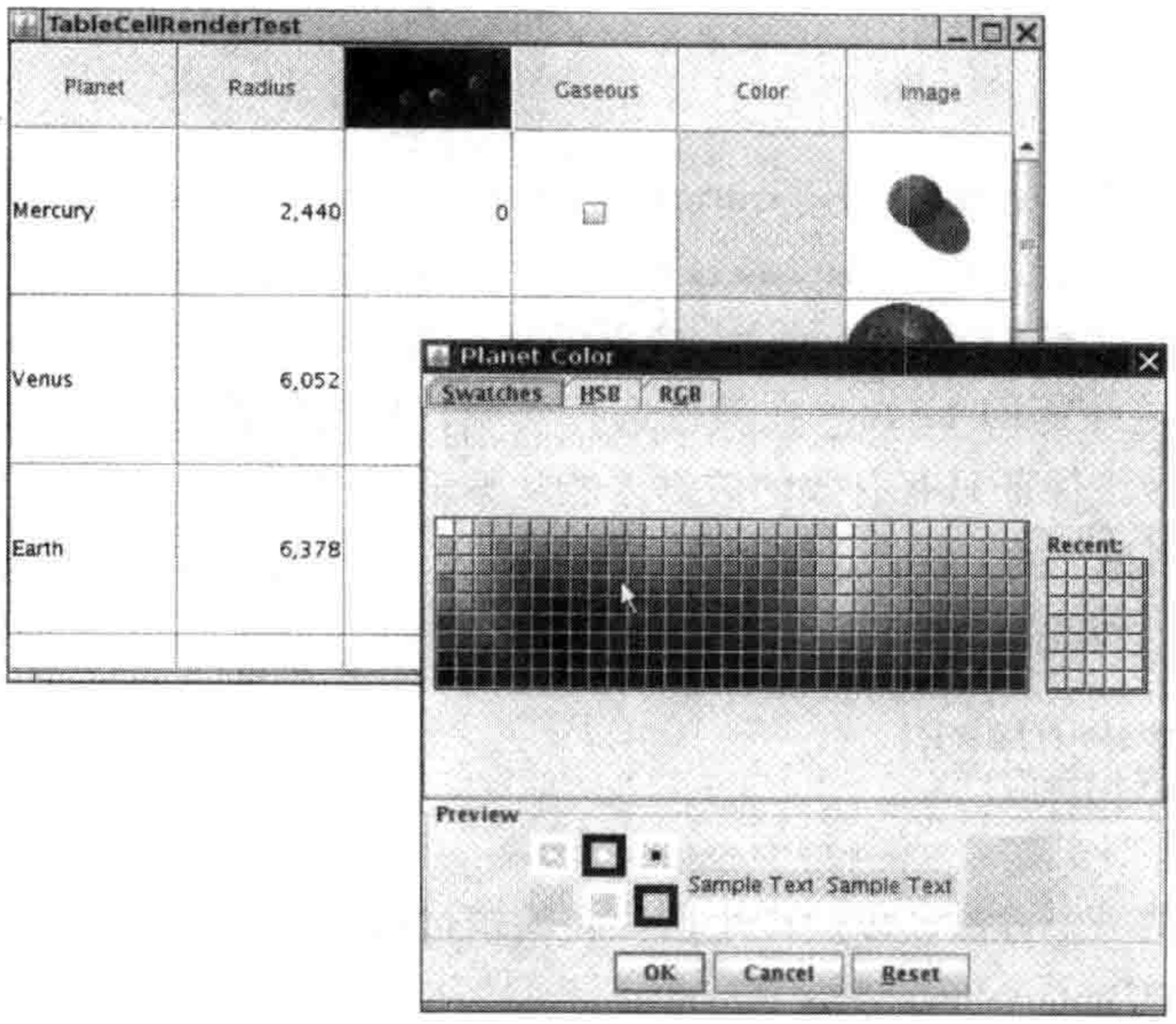


图 6-14 使用颜色选择器对单元格的颜色进行编辑

颜色单元格编辑器并不是一种标准的表格单元格编辑器，而是一种定制实现的编辑器。为了创建一个定制的单元格编辑器，需要实现 TableCellEditor 接口。这个接口有点拖沓冗长，从 Java SE 1.3 开始，提供了 AbstractCellEditor 类，用于负责事件处理的细节。

TableCellEditor 接口的 getTableCellEditorComponent 方法请求某个构件去绘制单元格。除了没有 focus 参数之外，它和 TableCellRenderer 接口的 getTableCellRendererComponent 方法极为相似。因为我们要编辑单元格，所以我们假设它具有焦点。在编辑过程中，编辑器构件暂时取代绘制器。在我们的示例中，我们返回的是一个没有颜色的空面板。这只是告诉用户该单元格正在被编辑。

接下来，当用户点击单元格时，你希望能弹出你自己的编辑器。

JTable 类用一个事件（例如鼠标点击）去调用你的编辑器，以便确定该事件是否可以被接受去启动编辑过程。AbstractCellEditor 将该方法定义为能够接收所有的事件类型。

```
public boolean isCellEditable(EventObject anEvent)
{
   return true;
}
```

然而，如果你将该方法覆盖成 false，那么表格模型就不会遇到插入编辑器构件这样的麻烦了。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

一旦安装了编辑器构件，假设我们使用的是相同的事件，那么 shouldSelectCell 方法就会被调用。应该在这个方法中启动编辑过程，例如，弹出一个外部的编辑对话框。

```
public boolean shouldSelectCell(EventObject anEvent)
{
   colorDialog.setVisible(true);
   return true;
}
```

如果用户取消编辑，表格会调用 cancelCellEditing 方法。如果用户已经点击了另一个表格单元，那么表格会调用 stopCellEditing 方法。在这两种情况中，你都应该将对话框隐藏起来。当 stopCellEditing 方法被调用时，表格可能会使用被部分编辑的值。如果当前值有效，那么应该返回 true。在颜色选择器中，任何值都是有效的。但是如果编辑的是其他数据，那么应该保证只有有效的数据才能从编辑器中读取出来。

另外，应该调用超类的方法，以便进行事件的触发，否则，编辑事件就无法正确地撤销。

```
public void cancelCellEditing()
{
   colorDialog.setVisible(false);
   super.cancelCellEditing();
}
```

最后，必须提供一个方法，以便产生用户在编辑过程中所提供的值。

```
public Object getCellEditorValue()
{
   return colorChooser.getColor();
}
```

总结一下，你的定制编辑器应该遵循下面几点：

1）继承 AbstractCellEditor 类，并实现 TableCellEditor 接口。

2）定义 getTableCellEditorComponent 方法以提供一个构件。它可以是一个哑构件（如果你弹出一个对话框）或者是适当的编辑构件，例如复选框或文本框。

3）定义 shouldSelectCell、stopCellEditing 及 cancelCellEditing 方法，来处理编辑过程的启动、完成以及撤销。stopCellEditing 和 cancelCellEditing 方法应该调用超类方法以保证监听器能够接收到通知。

4）定义 getCellEditorValue 方法返回编辑结果的值。

最后，通过调用 stopCellEditing 和 cancelCellEditing 方法，以表明用户什么时间完成了编辑操作。在构建颜色对话框的时候，我们安装了接受和取消的回调，用于触发这些事件。

```
colorDialog = JColorChooser.createDialog(null, "Planet Color", false, colorChooser,
   EventHandler.create(ActionListener.class, this, "stopCellEditing"),
   EventHandler.create(ActionListener.class, this, "cancelCellEditing"));
```

这样就完成了定制编辑器的实现过程。

你现在已经知道了怎样使一个单元格可编辑，以及怎样安装一个编辑器。还剩下一个问题，即怎样使用用户编辑过的值来更新表格模型。当编辑完成的时候，JTable 类会调用表

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

格模型的下面这个方法：

```
void setValueAt(Object value, int r, int c)
```

需要将这个方法覆盖掉以便存储新值。value 参数是单元格编辑器返回的对象。如果实现了单元格编辑器，那么你就知道从 getCellEditorValue 方法返回的是什么类型的对象。在 DefaultCellEditor 这种情况中，这个值有三种可能：如果单元格编辑器是复选框，那么它就是 Boolean 值；如果是一个文本框，那么它就是一个字符串；如果这个值来源于组合框，那么就是用户选定的对象。

如果 value 对象不具有合适的类型，那么需要对它进行转换。例如，在一个文本框中编辑一个数字，这种情况最常发生。在我们的示例中，我们是将组合框组装成了 Integer 对象，所以不需要任何转换。

程序清单 6-8 tableCellRender/TableCellRenderFrame.java

```
1  package tableCellRender;
2
3  import java.awt.*;
4  import javax.swing.*;
5  import javax.swing.table.*;
6
7  /**
8   * This frame contains a table of planet data.
9   */
10 public class TableCellRenderFrame extends JFrame
11 {
12    private static final int DEFAULT_WIDTH = 600;
13    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 400;
14
15    public TableCellRenderFrame()
16    {
17       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
18
19       TableModel model = new PlanetTableModel();
20       JTable table = new JTable(model);
21       table.setRowSelectionAllowed(false);
22
23       // set up renderers and editors
24       table.setDefaultRenderer(Color.class, new ColorTableCellRenderer());
25       table.setDefaultEditor(Color.class, new ColorTableCellEditor());
26
27       JComboBox<Integer> moonCombo = new JComboBox<>();
28       for (int i = 0; i <= 20; i++)
29          moonCombo.addItem(i);
30
31       TableColumnModel columnModel = table.getColumnModel();
32       TableColumn moonColumn = columnModel.getColumn(PlanetTableModel.MOONS_COLUMN);
33       moonColumn.setCellEditor(new DefaultCellEditor(moonCombo));
34       moonColumn.setHeaderRenderer(table.getDefaultRenderer(ImageIcon.class));
35       moonColumn.setHeaderValue(new ImageIcon(getClass().getResource("Moons.gif")));
36
37       // show table
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
38         table.setRowHeight(100);
39         add(new JScrollPane(table), BorderLayout.CENTER);
40      }
41   }
```

程序清单 6-9 tableCellRender/PlanetTableModel.java

```
1  package tableCellRender;
2
3  import java.awt.*;
4  import javax.swing.*;
5  import javax.swing.table.*;
6
7  /**
8   * The planet table model specifies the values, rendering and editing properties for the planet
9   * data.
10  */
11 public class PlanetTableModel extends AbstractTableModel
12 {
13    public static final int PLANET_COLUMN = 0;
14    public static final int MOONS_COLUMN = 2;
15    public static final int GASEOUS_COLUMN = 3;
16    public static final int COLOR_COLUMN = 4;
17
18    private Object[][] cells = {
19          { "Mercury", 2440.0, 0, false, Color.YELLOW,
20             new ImageIcon(getClass().getResource("Mercury.gif")) },
21          { "Venus", 6052.0, 0, false, Color.YELLOW,
22             new ImageIcon(getClass().getResource("Venus.gif")) },
23          { "Earth", 6378.0, 1, false, Color.BLUE,
24             new ImageIcon(getClass().getResource("Earth.gif")) },
25          { "Mars", 3397.0, 2, false, Color.RED,
26             new ImageIcon(getClass().getResource("Mars.gif")) },
27          { "Jupiter", 71492.0, 16, true, Color.ORANGE,
28             new ImageIcon(getClass().getResource("Jupiter.gif")) },
29          { "Saturn", 60268.0, 18, true, Color.ORANGE,
30             new ImageIcon(getClass().getResource("Saturn.gif")) },
31          { "Uranus", 25559.0, 17, true, Color.BLUE,
32             new ImageIcon(getClass().getResource("Uranus.gif")) },
33          { "Neptune", 24766.0, 8, true, Color.BLUE,
34             new ImageIcon(getClass().getResource("Neptune.gif")) },
35          { "Pluto", 1137.0, 1, false, Color.BLACK,
36             new ImageIcon(getClass().getResource("Pluto.gif")) } };
37
38    private String[] columnNames = { "Planet", "Radius", "Moons", "Gaseous", "Color", "Image" };
39
40    public String getColumnName(int c)
41    {
42       return columnNames[c];
43    }
44
45    public Class<?> getColumnClass(int c)
46    {
47       return cells[0][c].getClass();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
48      }
49
50      public int getColumnCount()
51      {
52         return cells[0].length;
53      }
54
55      public int getRowCount()
56      {
57         return cells.length;
58      }
59
60      public Object getValueAt(int r, int c)
61      {
62         return cells[r][c];
63      }
64
65      public void setValueAt(Object obj, int r, int c)
66      {
67         cells[r][c] = obj;
68      }
69      public boolean isCellEditable(int r, int c)
70      {
71         return c == PLANET_COLUMN || c == MOONS_COLUMN || c == GASEOUS_COLUMN || c == COLOR_COLUMN;
72      }
73   }
```

程序清单 6-10　tableCellRender/ColorTableCellRenderer.java

```
1  package tableCellRender;
2
3  import java.awt.*;
4  import javax.swing.*;
5  import javax.swing.table.*;
6
7  /**
8   * This renderer renders a color value as a panel with the given color.
9   */
10 public class ColorTableCellRenderer extends JPanel implements TableCellRenderer
11 {
12    public Component getTableCellRendererComponent(JTable table, Object value, boolean isSelected,
13          boolean hasFocus, int row, int column)
14    {
15       setBackground((Color) value);
16       if (hasFocus) setBorder(UIManager.getBorder("Table.focusCellHighlightBorder"));
17       else setBorder(null);
18       return this;
19    }
20 }
```

程序清单 6-11　tableCellRender/ColorTableCellEditor.java

```
1  package tableCellRender;
2
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.beans.*;
6  import java.util.*;
7  import javax.swing.*;
8  import javax.swing.table.*;
9
10 /**
11  * This editor pops up a color dialog to edit a cell value.
12  */
13 public class ColorTableCellEditor extends AbstractCellEditor implements TableCellEditor
14 {
15    private JColorChooser colorChooser;
16    private JDialog colorDialog;
17    private JPanel panel;
18    public ColorTableCellEditor()
19    {
20       panel = new JPanel();
21       // prepare color dialog
22
23       colorChooser = new JColorChooser();
24       colorDialog = JColorChooser.createDialog(null, "Planet Color", false, colorChooser,
25          EventHandler.create(ActionListener.class, this, "stopCellEditing"),
26          EventHandler.create(ActionListener.class, this, "cancelCellEditing"));
27    }
28
29    public Component getTableCellEditorComponent(JTable table, Object value, boolean isSelected,
30          int row, int column)
31    {
32       // This is where we get the current Color value. We store it in the dialog in case the user
33       // starts editing.
34       colorChooser.setColor((Color) value);
35       return panel;
36    }
37
38    public boolean shouldSelectCell(EventObject anEvent)
39    {
40       // start editing
41       colorDialog.setVisible(true);
42
43       // tell caller it is ok to select this cell
44       return true;
45    }
46
47    public void cancelCellEditing()
48    {
49       // editing is canceled--hide dialog
50       colorDialog.setVisible(false);
51       super.cancelCellEditing();
52    }
53
54    public boolean stopCellEditing()
55    {
56       // editing is complete--hide dialog
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
57          colorDialog.setVisible(false);
58          super.stopCellEditing();
59
60          // tell caller is is ok to use color value
61          return true;
62       }
63       public Object getCellEditorValue()
64       {
65          return colorChooser.getColor();
66       }
67    }
```

API javax.swing.JTable 1.2

- `TableCellRenderer getDefaultRenderer(Class<?> type)`
  获取给定类型的默认绘制器。
- `TableCellEditor getDefaultEditor(Class<?> type)`
  获取给定类型的默认编辑器。

API *javax.swing.table.TableCellRenderer* 1.2

- `Component getTableCellRendererComponent(JTable table, Object value, boolean selected, boolean hasFocus, int row, int column)`
  返回一个构件，它的 paint 方法将被调用以便绘制一个表格单元格。

参数：		
	table	该表格包含要绘制的单元格
	value	要绘制的单元格
	selected	如果该单元格当前已被选中，则为 true
	hasFocus	如果该单元格当前具有焦点，则为 true
	row, column	单元格的行及列

API javax.swing.table.TableColumn 1.2

- `void setCellEditor(TableCellEditor editor)`
- `void setCellRenderer(TableCellRenderer renderer)`
  为该列中的所有单元格设置单元格编辑器或绘制器。
- `void setHeaderRenderer(TableCellRenderer renderer)`
  为该列中的所有表头单元格设置单元格绘制器。
- `void setHeaderValue(Object value)`
  为该列中的表头设置用于显示的值。

API javax.swing.DefaultCellEditor 1.2

- `DefaultCellEditor(JComboBox comboBox)`
  构建一个单元格编辑器，并以一个组合框的形式显示出来，用于选择单元格的值。

API javax.swing.table.TableCellEditor 1.2

- `Component getTableCellEditorComponent(JTable table, Object value,`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

boolean selected, int row, int column)

返回一个构件，它的 paint 方法用于绘制表格的单元格。

参数：table　　包含要绘制的单元格的表格

value　　要绘制的单元格

selected　　如果该单元格已被当前选中，则为 true

row,colum　　单元格的行及列

API *javax.swing.CellEditor 1.2*

- boolean isCellEditable(EventObject event)

  如果该事件能够启动对该单元格的编辑过程，那么返回 true。

- boolean shouldSelectCell(EventObject anEvent)

  启动编辑过程。如果被编辑的单元格应该被选中，则返回 true。通常情况下，你希望返回的是 true，不过，如果你不希望在编辑过程中改变单元格被选中的情况，那么你可以返回 false。

- void cancelCellEditing()

  取消编辑过程。你可以放弃已进行了部分编辑的操作。

- boolean stopCellEditing()

  出于使用编辑结果的目的，停止编辑过程。如果被编辑的值对读取来说处于适合的状态，则返回 true。

- Object getCellEditorValue()

  返回编辑结果。

- void addCellEditorListener(CellEditorListener l)
- void removeCellEditorListener(CellEditorListener l)

  添加或移除必需的单元格编辑器的监听器。

6.3 树

每个使用过分层结构的文件系统的计算机用户都见过树状显示。当然，目录和文件形式仅仅是树状组织结构中的一种。日常生活中还有很多这样的树结构，例如国家、州以及城市之间的层次结构，如图 6-15 所示。

作为一名编程人员，我们经常需要显示这些树型结构。幸运的是，Swing 类库中有一个正是用于此目的的 JTree 类。JTree 类（以及它的辅助类）负责布局树状结构，按照用户请求展开或折叠树的节点。在本节中，我们将介绍怎样使用 JTree 类。

与其他复杂的 Swing 构件一样，我们必须集中介绍一些常用方法，无法涉及所有的细节。如果读者想获得与众不同的效果，我们推荐你参考 David M. Geary 撰写的《Graphic Java 3》(第 3 版)，Kim Topley 编写的《Core Swing》。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在我们深入展开之前，先介绍一些术语（参见图 6-16）。一棵树由一些节点（node）组成。每个节点要么是叶节点（leaf）要么是有孩子节点（child node）的节点。除了根节点（root node），每一个节点都有一个惟一的父节点（parent node）。一棵树只有一个根节点。有时，你可能有一个树的集合，其中每棵树都有自己的根节点。这样的集合称作森林（forest）。

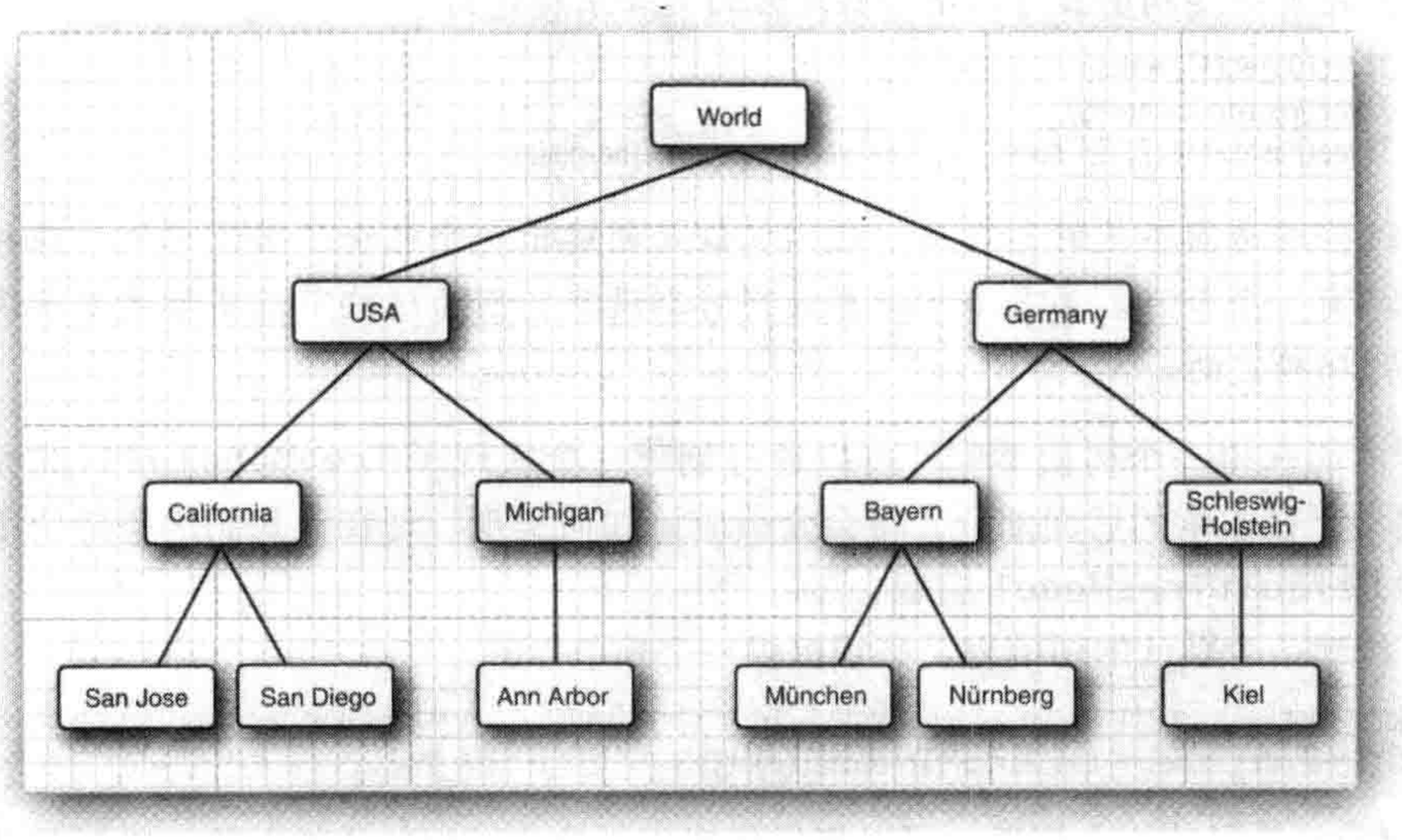


图 6-15　国家、州及城市的层次结构

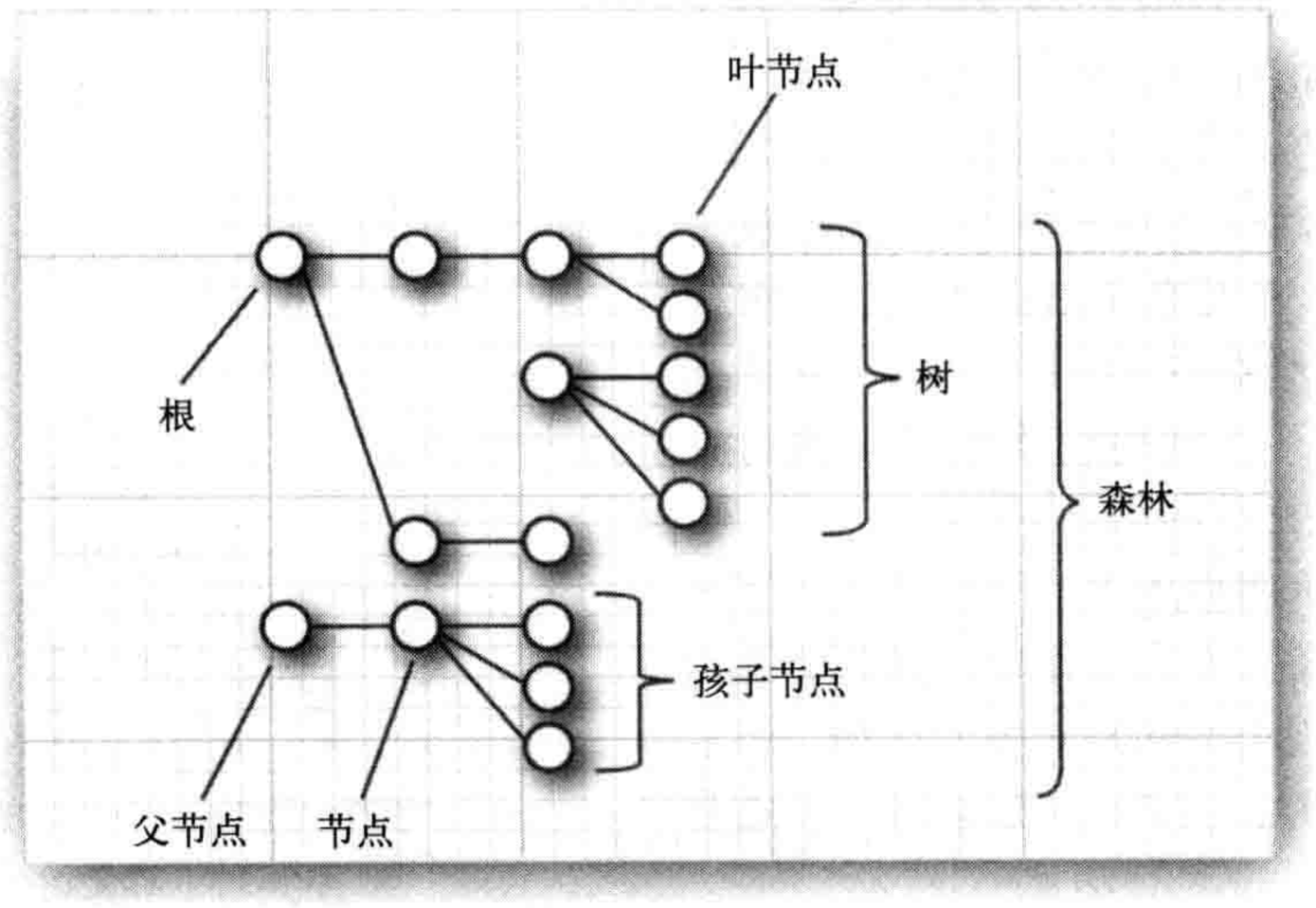


图 6-16　树中的术语

6.3.1　简单的树

在第一个示例程序中，我们仅仅展示了一个具有几个节点的树（参见图 6-18）。如同

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

大多数 Swing 构件一样，只要提供一个数据模型，构件就可以将它显示出来。为了构建 JTree，需要在构造器中提供这样一个树模型：

```
TreeModel model = . . .;
JTree tree = new JTree(model);
```

注意：还有一些构造器可以用一些元素的集合来构建树。

```
JTree(Object[] nodes)
JTree(Vector<?> nodes)
JTree(Hashtable<?, ?> nodes) // the values become the nodes
```

这些构造器不是特别有用。它们仅仅是创建出一个包含了若干棵树的森林，其中每棵树只有一个节点。第三个构造器显得特别没用，因为这些节点实际的显示次序是由键的散列码确定的。

怎样才能获得一个树模型呢？可以通过创建一个实现了 TreeModel 接口的类来构建自己的树模型。在本章的后面部分，将会介绍应该如何实现。现在，我们仍坚持使用 Swing 类库提供的 DefaultTreeModel 模型。

为了构建一个默认的树模型，必须提供一个根节点。

```
TreeNode root = . . .;
DefaultTreeModel model = new DefaultTreeModel(root);
```

TreeNode 是另外一个接口。可以将任何实现了这个接口的类的对象组类到默认的树模型中。这里，我们使用的是 Swing 提供的具体节点类，叫做 DefaultMutableTreeNode。这个类实现了 MutableTreeNode 接口，该接口是 TreeNode 的一个子接口（参见图 6-17）。

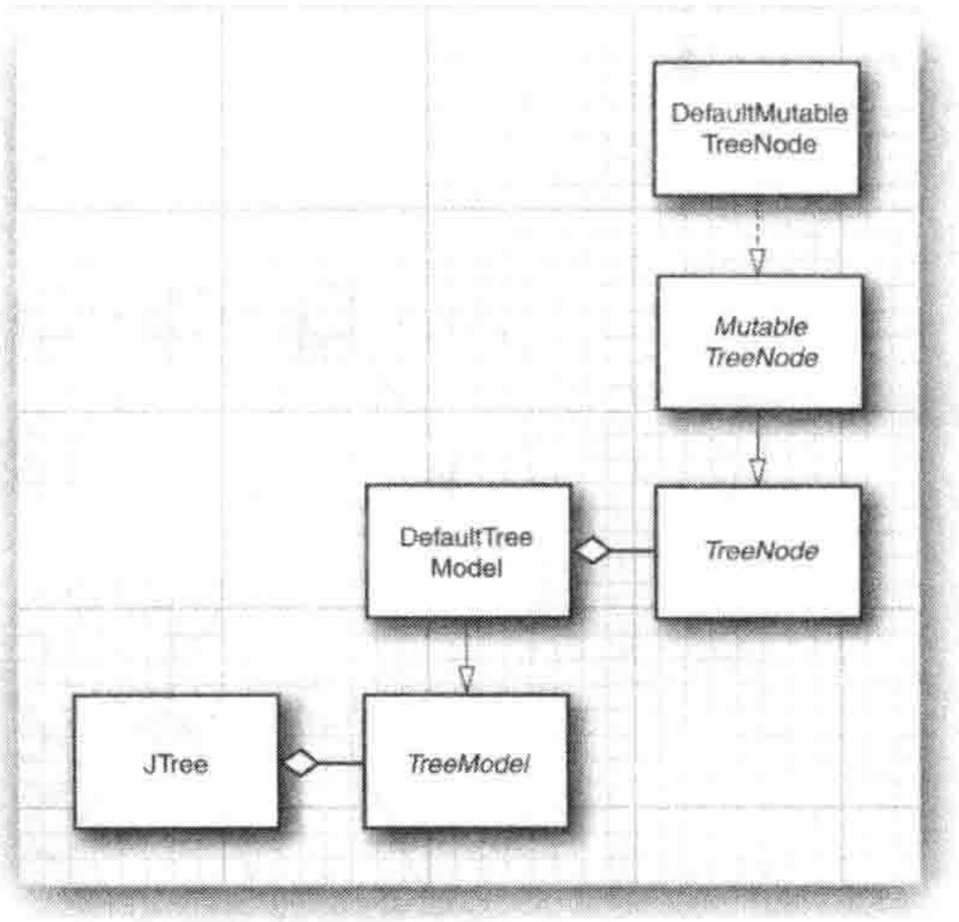


图 6-17 有关树的类

任何一个默认的可变树节点都存放一个对象，即用户对象（user object）。树会为所有的节点绘制这些用户对象。除非指定一个绘制器，否则树将直接显示执行完 toString 方法之后的结果字符串。

在第一个示例程序中，我们使用了字符串作为用户对象。实际应用中，通常会在树中组装更具表现力的用户对象。例如，当显示一个目录树时，将 File 对象用于节点将具有实际意义。

可以在构造器中设定用户对象，也可以稍后在 setUserObject 方法中设定用户对象：

```
DefaultMutableTreeNode node = new DefaultMutableTreeNode("Texas");
. . .
node.setUserObject("California");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

接下来，可以建立节点之间的父 / 子关系。从根节点开始，使用 add 方法来添加子节点：

```
DefaultMutableTreeNode root = new DefaultMutableTreeNode("World");
DefaultMutableTreeNode country = new DefaultMutableTreeNode("USA");
root.add(country);
DefaultMutableTreeNode state = new DefaultMutableTreeNode("California");
country.add(state);
```

图 6-18 显示了这棵树的外观。

按照这种方式将所有的节点链接起来。然后用根节点构建一个 DefaultTreeModel。最后，用这个树模型构建一个 Jtree。

```
DefaultTreeModel treeModel = new DefaultTreeModel(root);
JTree tree = new JTree(treeModel);
```

或者，使用快捷方式，直接将根节点传递给 Jtree 构造器。那么这棵树就会自动构建一个默认的树模型：

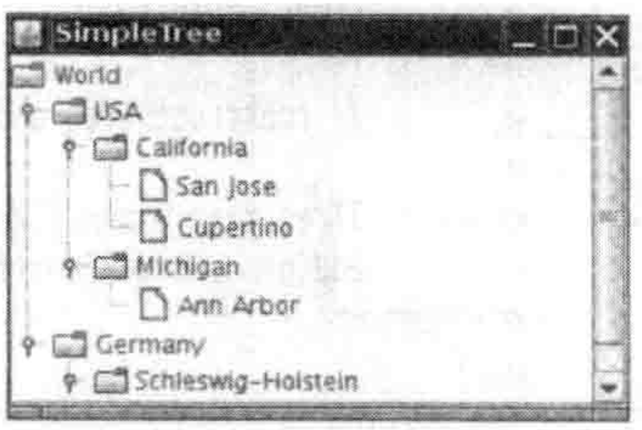


图 6-18 一棵简单的树

```
JTree tree = new JTree(root);
```

程序清单 6-12 给出了完整的代码。

程序清单 6-12 tree/SimpleTreeFrame.java

```
1  package tree;
2
3  import javax.swing.*;
4  import javax.swing.tree.*;
5
6  /**
7   * This frame contains a simple tree that displays a manually constructed tree model.
8   */
9  public class SimpleTreeFrame extends JFrame
10 {
11    private static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
12    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 200;
13
14    public SimpleTreeFrame()
15    {
16       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
17
18       // set up tree model data
19
20       DefaultMutableTreeNode root = new DefaultMutableTreeNode("World");
21       DefaultMutableTreeNode country = new DefaultMutableTreeNode("USA");
22       root.add(country);
23       DefaultMutableTreeNode state = new DefaultMutableTreeNode("California");
24       country.add(state);
25       DefaultMutableTreeNode city = new DefaultMutableTreeNode("San Jose");
26       state.add(city);
27       city = new DefaultMutableTreeNode("Cupertino");
28       state.add(city);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
29          state = new DefaultMutableTreeNode("Michigan");
30          country.add(state);
31          city = new DefaultMutableTreeNode("Ann Arbor");
32          state.add(city);
33          country = new DefaultMutableTreeNode("Germany");
34          root.add(country);
35          state = new DefaultMutableTreeNode("Schleswig-Holstein");
36          country.add(state);
37          city = new DefaultMutableTreeNode("Kiel");
38          state.add(city);
39
40          // construct tree and put it in a scroll pane
41
42          JTree tree = new JTree(root);
43          add(new JScrollPane(tree));
44       }
45    }
```

运行这段程序代码时，最初的树外观如图 6-19 所示。只有根节点和它的子节点可见。单击圆圈图标（把手）展开子树。当子树折叠起来时，把手图标的线伸出指向右边，当子树展开时，把手图标的线伸出指向下方（参见图 6-20）。虽然我们无法得知 Metal 外观的设计者当时是如何构想的，但是我们可以将这个图标看作一个门把手，按下把手就可以打开子树。

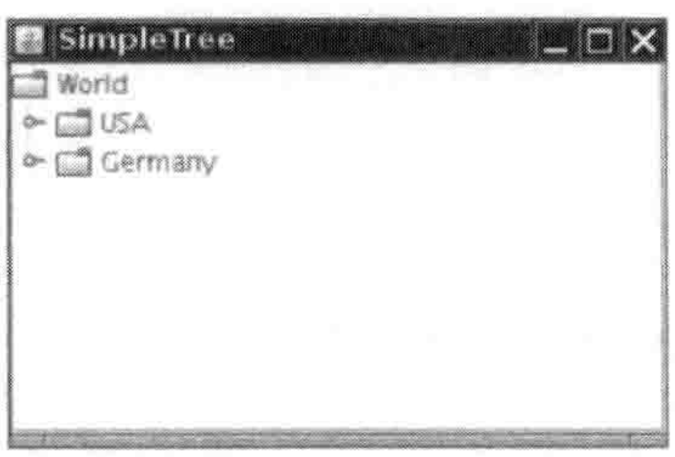


图6-19 最初的树的显示

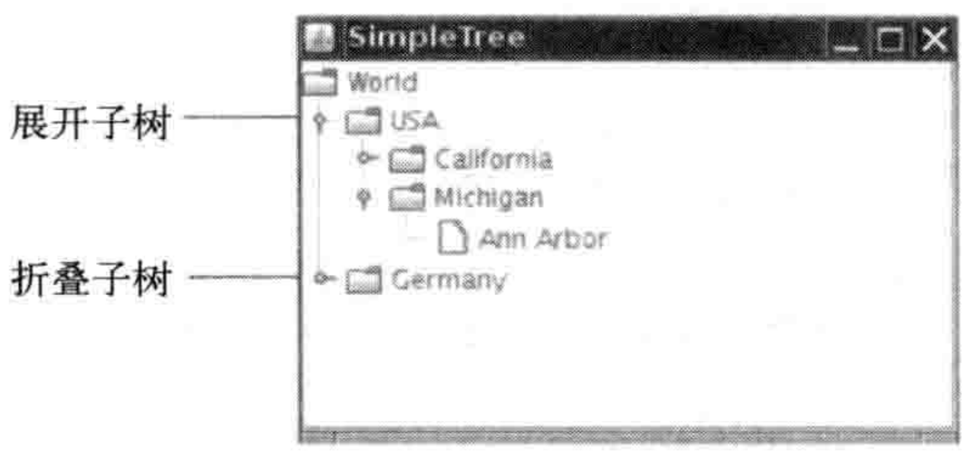


图6-20 折叠和展开后的子树

注意： 当然，树的显示还依赖于所选择的外观模式。我们这里只讨论 Metal 这种外观模式。在 Windows 或 Motif 外观模式中，把手则具有我们更熟悉的外观，即带有“—”或“+”的框结构（参见图 6-21）。

可以使用下面这句神奇的代码撤销父子节点之间的连接线（参见图 6-22）：

```
tree.putClientProperty("JTree.lineStyle", "None");
```

相反地，如果要确保显示这些线条，则可以使用：

```
tree.putClientProperty("JTree.lineStyle", "Angled");
```

另一种线条样式，“水平线”，如图 6-23 所示。这棵树显示有水平线，而这些水平线只是用来将根节点的孩子节点分离开来。我们很难说清这样做的好处。

默认情况下，这种树中的根节点没有用于折叠的把手。如果需要的话，可以通过下面的调用来添加一个把手：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
tree.setShowsRootHandles(true);
```

图 6-24 显示了调用后的结果。现在你就可以将整棵树折叠到根节点中了。

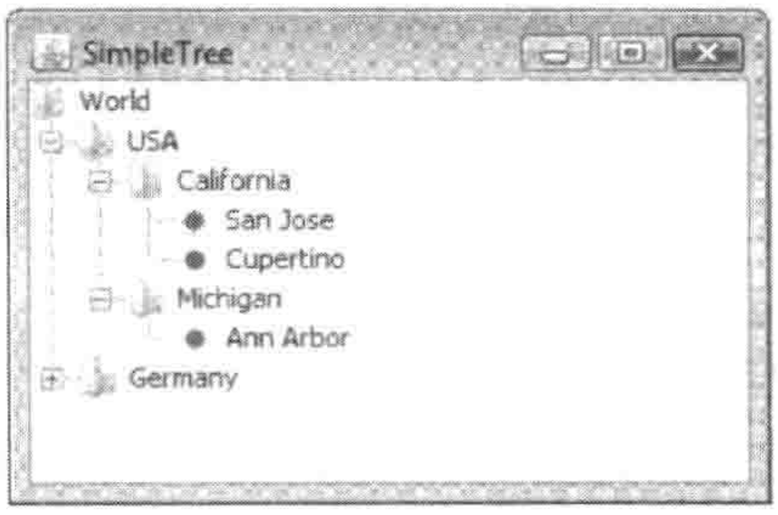


图6-21 一棵具有Windows外观的树

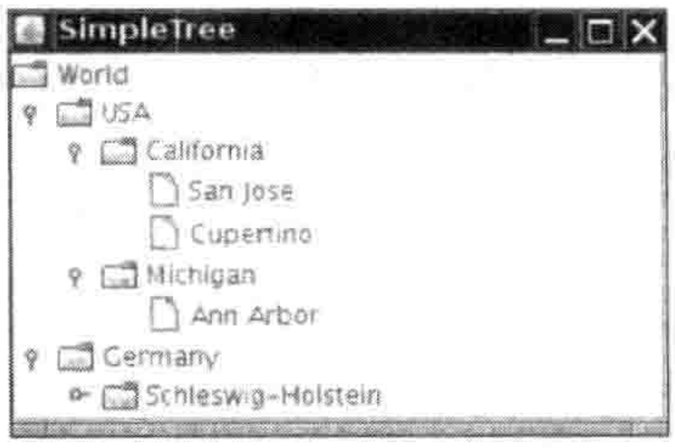


图6-22 不带连接线的树

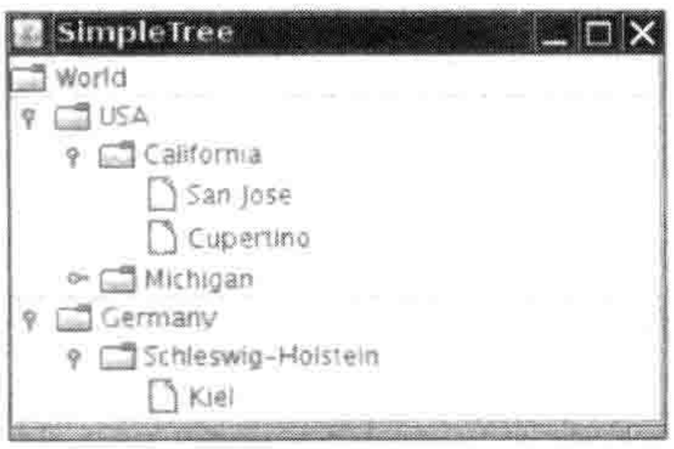


图6-23 具有水平线样式的树

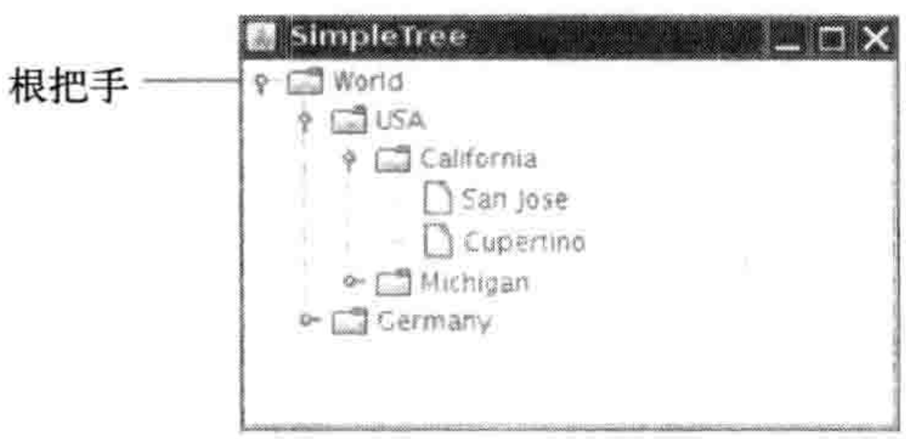


图6-24 具有一个根把手的树

相反地，也可以将根节点完全隐藏起来。这样做只是为了显示一个森林，即一个树集，每棵树都有它自己的根节点。但是仍然必须将森林中的所有树都放到一个公共节点下。因此，可以使用下面这条指令将根节点隐藏起来。

```
tree.setRootVisible(false);
```

请观察图 6-25。它看起来似乎有两个根节点，分别用“USA”和“Germany”标识了出来，而实际上将二者合并起来的根节点是不可见的。

让我们将注意力从树的根节点转移到叶节点。注意，这些叶节点的图标和其他节点的图标是不同的（参见图 6-26）。

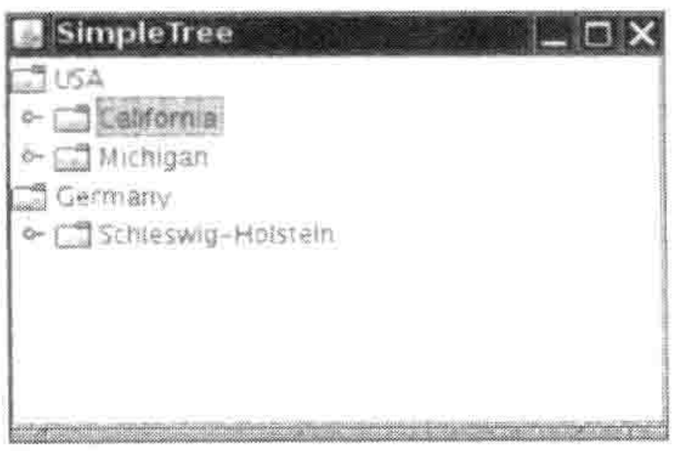


图6-25 一个森林

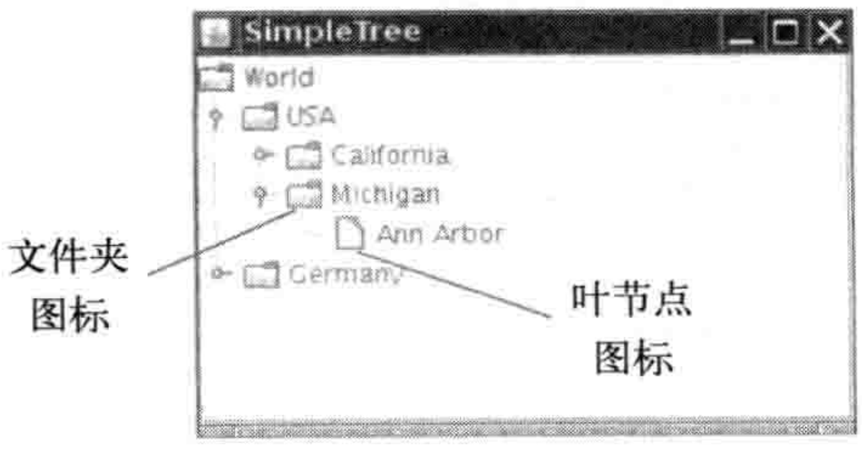


图6-26 叶节点和折叠节点的图标

在显示这棵树的时候，每个节点都绘有一个图标。实际上一共有三种图标：叶节点图标、展开的非叶节点图标以及闭合的非叶节点图标。为了简化起见，我们将后面两种图标称为文

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

件夹图标。

节点绘制器必须知道每个节点要使用什么样的图标。默认情况下，这个决策过程是这样的：如果某个节点的 isLeaf 方法返回的是 true，那么就使用叶节点图标，否则，使用文件夹图标。

如果某个节点没有任何儿子节点，那么 DefaultMutableTreeNode 类的 isLeaf 方法将返回 true。因此，具有儿子节点的节点使用文件夹图标，没有儿子节点的节点使用叶节点图标。

有时，这种做法并不合适。假设我们要向我们那棵简单的树中添加一个“Montana”节点，但是我们还不知道要添加什么城市。此时，我们并不希望一个州节点使用叶节点图标，因为从概念上来讲，只有城市才使用叶节点。

JTree 类无法知道哪些节点是叶节点，它要询问树模型。如果一个没有任何子节点的节点不应该自动地被设置为概念上的叶节点，那么可以让树模型对这些叶节点使用一个不同的标准，即可以查询“允许有子节点“的节点属性。

对于那些不应该有子节点的节点，调用

```
node.setAllowsChildren(false);
```

然后，告诉树模型去查询“允许有子节点”的属性值以确定一个节点是否应该显示成叶子图标。你可以使用 DefaultTreeModel 类中的方法 setAsksAllowsChildren 设定此动作：

```
model.setAsksAllowsChildren(true);
```

有了这个判定规则，允许有子节点的节点就可以获得文件夹图标，而不允许有子节点的节点将获得叶子图标。

另外，如果你是通过提供根节点来构建一棵树的，那么请在构造器中直接提供“询问允许有子节点”属性值的设置。

```
JTree tree = new JTree(root, true); // nodes that don't allow children get leaf icons
```

API javax.swing.JTree 1.2

- Jtree(TreeModel model)

  根据一个树模型构造一棵树。

- Jtree(TreeNode root)
- Jtree(TreeNode root, boolean asksAllowChildren)

  使用默认的树模型构造一棵树，显示根节点和它的子节点。

  参数：root　　根节点

  asksAllowChildren　　如果设置为 true，则使用“允许有子节点”的节点属性来确定一个节点是否是叶节点

- void setShowsRootHandles(boolean b)

  如果 b 为 true，则根节点具有折叠或展开它的子节点的把手图标。

- void setRootVisible(boolean b)

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果 b 为 true，则显示根节点，否则隐藏根节点。

API *javax.swing.tree.TreeNode* 1.2

- `boolean isLeaf()`
  如果该节点是一个概念上的叶节点，则返回 true。
- `boolean getAllowsChildren()`
  如果该节点可以拥有子节点，则返回 true。

API *javax.swing.tree.MutableTreeNode* 1.2

- `void setUserObject(Object userObject)`
  设置树节点用于绘制的“用户对象”。

API javax.swing.tree.TreeModev 1.2

- `boolean isLeaf(object node)`
  如果该节点应该以叶节点的形式显示，则返回 true。

API javax.swing.tree.DefaultTreeModel 1.2

- `void setAsksAllowsChildren(boolean b)`
  如果 b 为 true，那么当节点的 getAllowsChildren 方法返回 false 时，这些节点显示为叶节点。否则，当节点的 isLeaf 方法返回 true 时，它们显示为叶节点。

API javax.swing.tree.DefaultMutableTreeNode 1.2

- `DefaultMutableTreeNode (object userObject)`
  用给定的用户对象构建一个可变树节点。
- `void add(MutableTreeNode child)`
  将一个节点添加为该节点最后一个子节点。
- `void setAllowsChildren(boolean b)`
  如果 b 为 true，则可以向该节点添加子节点。

API javax.swing.JComponent 1.2

- `void putClientProperty(Object key, Object value)`
  将一个键 / 值对添加到一个小表格中，每一个构件都管理着这样的一个小表格。这是一种“紧急逃生”机制，很多 Swing 构件用它来存放与外观相关的属性。

编辑树和树的路径

在下面的一个示例程序中，将会看到怎样编辑一棵树。图 6-27 显示了用户界面。如果点击“Add Sibling”（添加兄弟节点）或“Add Child”（添加子节点）按钮，该程序将向树中添加一个新节点（带有“New”标题）。如果你点击“Delete”（删除）按钮，该程序将删除当前选中的节点。

为了实现这种行为，需要弄清楚当前选定的是哪个节点。JTree 类用的是一种令人惊讶的方式来标识树中的节点。它并不处理树的节点，而是处理对象路径（称为树路径）。一个树

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

路径从根节点开始，由一个子节点序列构成，参见图 6-28。

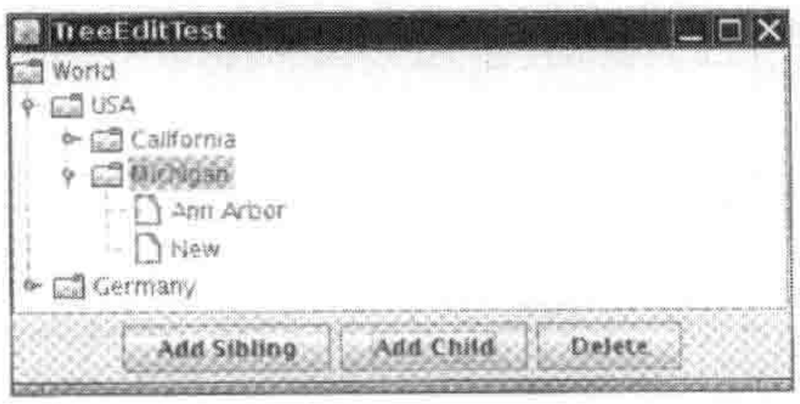


图 6-27 编辑一棵树

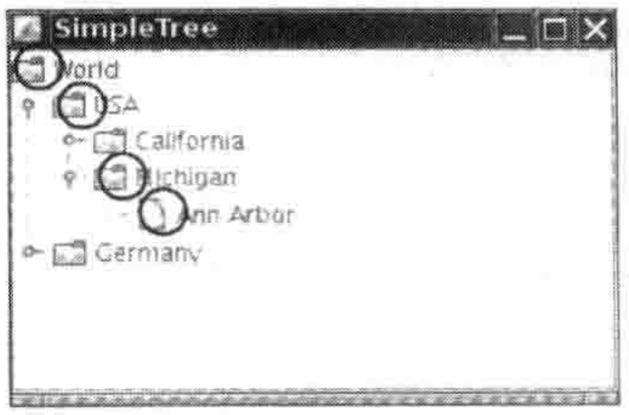


图 6-28 一个树路径

你可能要怀疑 JTree 类为什么需要整个路径。它不能只获得一个 TreeNode，然后不断调用 getParent 方法吗？实际上，JTree 类一点都不清楚 TreeNode 接口的情况。该接口从来没有被 TreeModel 接口用到过，它只被 DefaultTreeModel 的实现用到了。你完全可以拥有其他的树模型，这些树模型中的节点可能根本就没有实现 TreeNode 接口。如果你使用的是一个管理其他类型对象的树模型，那么这些对象有可能根本就没有 getParent 和 getChild 方法。它们彼此之间当然会有其他某种连接。将其他节点连接起来这是树模型的职责，JTree 类本身并没有节点之间连接属性的任何线索。因此，JTree 类总是需要用完整的路径来工作。

TreePath 类管理着一个 Object（不是 TreeNode！）引用序列。有很多 JTree 的方法都可以返回 TreePath 对象。当拥有一个树路径时，通常只需要知道其终端节点，该节点可以通过 getLastPathComponent 方法得到。例如，如果要查找一棵树中当前选定的节点，可以使用 JTree 类中的 getSelectionPath 方法。它将返回一个 TreePath 对象，根据这个对象就可以检索实际节点。

```
TreePath selectionPath = tree.getSelectionPath();
DefaultMutableTreeNode selectedNode
   = (DefaultMutableTreeNode) selectionPath.getLastPathComponent();
```

实际上，由于这种特定查询经常被使用到，因此还提供了一个更方便的方法，它能够立即给出选定的节点。

```
DefaultMutableTreeNode selectedNode
   = (DefaultMutableTreeNode) tree.getLastSelectedPathComponent();
```

该方法之所以没有被称为 getSelectedNode，是因为这棵树并不了解它包含的节点，它的树模型只处理对象的路径。

注意： 树路径是 JTree 类描述节点的两种方式之一。JTree 有许多方法可以接收或返回一个整数索引——行的位置。行的位置仅仅是节点在树中显示的一个行号（从 0 开始）。只有那些可视节点才有行号，并且如果一个节点之前的其他节点展开、折叠或者被修改过，这个节点的行号也会随之改变。因此，你应该避免使用行的位置。相反地，所有使用行的 JTree 方法都有一个与之等价的使用树路径的方法。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

一旦你选定了的某个节点，那么就可以对它进行编辑了。不过，不能直接向树节点添加子节点：

```
selectedNode.add(newNode); // No!
```

如果你改变了节点的结构，那么改变的只是树模型，而相关的视图却没有被通知到。可以自己发送一个通知消息，但是如果使用 DefaultTreeModel 类的 insertNodeInto 方法，那么该模型类会全权负责这件事情。例如，下面的调用可以将一个新节点作为选定节点的最后子节点添加到树中，并通知树的视图。

```
model.insertNodeInto(newNode, selectedNode, selectedNode.getChildCount());
```

类似的调用 removeNodeFromParent 可以移除一个节点并通知树的视图：

```
model.removeNodeFromParent(selectedNode);
```

如果想保持节点结构，但是要改变用户对象，那么可以调用下面这个方法：

```
model.nodeChanged(changedNode);
```

自动通知是使用 DefaultTreeModel 的主要优势。如果你提供自己的树模型，那么必须自己动手实现这种自动通知。（详见 Kim Topley 撰写的《Core Swing》。）

警告： DefaultTreeModel 有一个 reload 方法能够将整个模型重新载入。但是，不要在进行了少数几个修改之后，只是为了更新树而调用 reload 方法。在重建一棵树的时候，根节点的子节点之后的所有节点将全部再次折叠起来。如果你的用户在每次修改之后都要不断地展开整棵树，这确实是一件令人很不安的事。

当视图接收到节点结构被改变的通知时，它会更新显示树的视图，但是不会自动展开某个节点以展现新添加的子节点。特别是在我们上面那个示例程序中，如果用户将一个新节点添加到其子节点正处于折叠状态的节点上，那么这个新添加的节点就被悄无声息地添加到了一个处于折叠状态的子树中，这就没有给用户提供任何反馈信息以告诉用户已经实施了该命令。在这种情况下，你可能需要特别费劲地展开所有的父节点，以便让新添加的节点成为可视节点。可以使用类 JTree 中的方法 makeVisible 实现这个目的。makeVisible 方法将接受一个树路径作为参数，该树路径指向应该变为可视的节点。

因此，你需要构建一个从根节点到新添加节点的树路径。为了获得一个这样的树路径，首先要调用 DefaultTreeModel 类中的 getPathToRoot 方法，它返回一个包含了某一节点到根节点之间所有节点的数组 TreeNode[]。可以将这个数组传递给一个 TreePath 构造器。

例如，下面展示了怎样将一个新节点变成可见的：

```
TreeNode[] nodes = model.getPathToRoot(newNode);
TreePath path = new TreePath(nodes);
tree.makeVisible(path);
```

注意： 令人惊奇的是，DefaultTreeModel 类好像完全忽视了 TreePath 类，尽管它的职责是与一个 JTree 通信。JTree 类大量地使用到了树路径，而它从不使用节点对象数组。

但是，现在假设你的树是放在一个滚动面板里面，在展开树节点之后，新节点仍是不可

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

见的，因为它落在视图之外。为了克服这个问题，请调用

```
tree.scrollPathToVisible(path);
```

而不是调用 `makeVisible`。这个调用将展开路径中的所有节点，并告诉外围的滚动面板将路径末端的节点滚动到视图中（参见图 6-29）。

默认情况下，这些树节点是不可编辑的。不过，如果调用

```
tree.setEditable(true);
```

那么，用户就可以编辑某一节点了。可以先双击该节点，然后编辑字符串，最后按下回车键。双击操作会调用默认单元格编辑器，它实现了 `DefaultCellEditor` 类（参见图 6-30）。也可以安装其他一些单元格编辑器，其过程与表格单元格编辑器中讨论的过程一样。

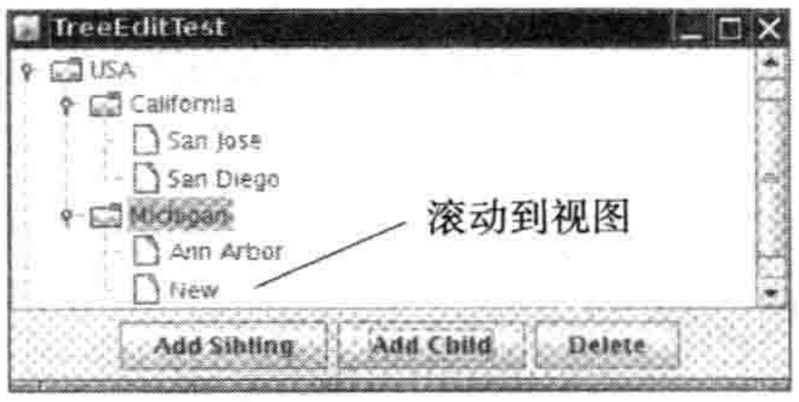


图 6-29 滚动以显示新节点的滚动面板

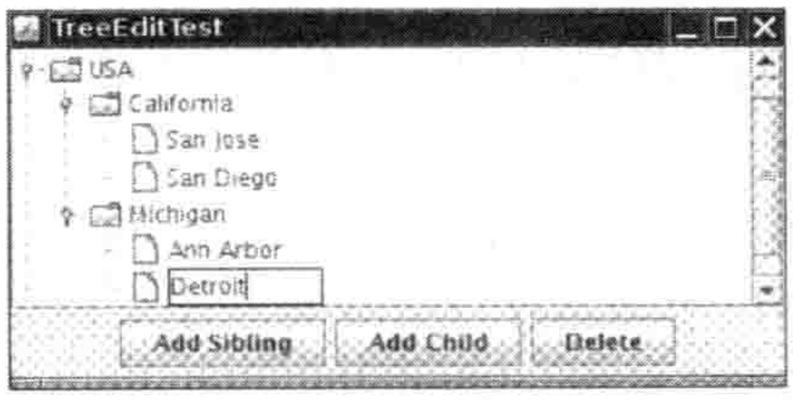


图 6-30 默认的单元格编辑器

程序清单 6-13 展示了树编辑程序的完整源代码。运行该程序，添加几个新节点，然后通过双击它们进行编辑操作。请观察折叠的节点是怎样展开以显现添加的子节点的，以及滚动面板是怎样让添加的节点保持在视图中的。

程序清单 6-13 treeEdit/TreeEditFrame.java

```
1  package treeEdit;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import javax.swing.*;
6  import javax.swing.tree.*;
7
8  /**
9   * A frame with a tree and buttons to edit the tree.
10  */
11 public class TreeEditFrame extends JFrame
12 {
13    private static final int DEFAULT_WIDTH = 400;
14    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 200;
15
16    private DefaultTreeModel model;
17    private JTree tree;
18
19    public TreeEditFrame()
20    {
21       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
22
23       // construct tree
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
24
25          TreeNode root = makeSampleTree();
26          model = new DefaultTreeModel(root);
27          tree = new JTree(model);
28          tree.setEditable(true);
29
30          // add scroll pane with tree
31
32          JScrollPane scrollPane = new JScrollPane(tree);
33          add(scrollPane, BorderLayout.CENTER);
34
35          makeButtons();
36       }
37
38       public TreeNode makeSampleTree()
39       {
40          DefaultMutableTreeNode root = new DefaultMutableTreeNode("World");
41          DefaultMutableTreeNode country = new DefaultMutableTreeNode("USA");
42          root.add(country);
43          DefaultMutableTreeNode state = new DefaultMutableTreeNode("California");
44          country.add(state);
45          DefaultMutableTreeNode city = new DefaultMutableTreeNode("San Jose");
46          state.add(city);
47          city = new DefaultMutableTreeNode("San Diego");
48          state.add(city);
49          state = new DefaultMutableTreeNode("Michigan");
50          country.add(state);
51          city = new DefaultMutableTreeNode("Ann Arbor");
52          state.add(city);
53          country = new DefaultMutableTreeNode("Germany");
54          root.add(country);
55          state = new DefaultMutableTreeNode("Schleswig-Holstein");
56          country.add(state);
57          city = new DefaultMutableTreeNode("Kiel");
58          state.add(city);
59          return root;
60       }
61
62       /**
63        * Makes the buttons to add a sibling, add a child, and delete a node.
64        */
65       public void makeButtons()
66       {
67          JPanel panel = new JPanel();
68          JButton addSiblingButton = new JButton("Add Sibling");
69          addSiblingButton.addActionListener(new ActionListener()
70             {
71                public void actionPerformed(ActionEvent event)
72                {
73                   DefaultMutableTreeNode selectedNode = (DefaultMutableTreeNode) tree
74                         .getLastSelectedPathComponent();
75
76                   if (selectedNode == null) return;
77
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
78              DefaultMutableTreeNode parent = (DefaultMutableTreeNode) selectedNode.getParent();
79
80              if (parent == null) return;
81
82              DefaultMutableTreeNode newNode = new DefaultMutableTreeNode("New");
83
84              int selectedIndex = parent.getIndex(selectedNode);
85              model.insertNodeInto(newNode, parent, selectedIndex + 1);
86
87              // now display new node
88
89              TreeNode[] nodes = model.getPathToRoot(newNode);
90              TreePath path = new TreePath(nodes);
91              tree.scrollPathToVisible(path);
92           }
93        });
94        panel.add(addSiblingButton);
95        JButton addChildButton = new JButton("Add Child");
96        addChildButton.addActionListener(new ActionListener()
97           {
98              public void actionPerformed(ActionEvent event)
99              {
100                DefaultMutableTreeNode selectedNode = (DefaultMutableTreeNode) tree
101                      .getLastSelectedPathComponent();
102                if (selectedNode == null) return;
103
104                DefaultMutableTreeNode newNode = new DefaultMutableTreeNode("New");
105                model.insertNodeInto(newNode, selectedNode, selectedNode.getChildCount());
106
107                // now display new node
108
109                TreeNode[] nodes = model.getPathToRoot(newNode);
110                TreePath path = new TreePath(nodes);
111                tree.scrollPathToVisible(path);
112             }
113          });
114       panel.add(addChildButton);
115
116       JButton deleteButton = new JButton("Delete");
117       deleteButton.addActionListener(new ActionListener()
118          {
119             public void actionPerformed(ActionEvent event)
120             {
121                DefaultMutableTreeNode selectedNode = (DefaultMutableTreeNode) tree
122                      .getLastSelectedPathComponent();
123
124                if (selectedNode != null && selectedNode.getParent() != null) model
125                      .removeNodeFromParent(selectedNode);
126             }
127          });
128       panel.add(deleteButton);
129       add(panel, BorderLayout.SOUTH);
130    }
131 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API javax.swing.JTree 1.2

- `TreePath getSelectionPath()`
  获取到当前选定节点的路径，如果选定多个节点，则获取到第一个选定节点的路径。如果没有选定任何节点，则返回 `null`。
- `Object getLastSelectedPathComponent()`
  获取表示当前选定节点的节点对象，如果选定多个节点，则获取第一个选定的节点。如果没有选定任何节点，则返回 `null`。
- `void makeVisible(TreePath path)`
  展开该路径中的所有节点。
- `void scrollPathToVisible(TreePath path)`
  展开该路径中的所有节点，如果这棵树是置于滚动面板中的，则滚动以确保该路径中的最后一个节点是可见的。

API javax.swing.tree.TreePath 1.2

- `Object getLastPathComponent()`
  获取该路径中最后一个节点，也就该路径代表的节点对象。

API *javax.swing.tree.TreeNode* 1.2

- `treeNode getParent()`
  返回该节点的父节点。
- `treeNode getChildAt(int index)`
  查找给定索引号上的子节点。该索引号必须在 0 和 `getChildCount()` − 1 之间。
- `int getChildCount()`
  返回该节点的子节点个数。
- `Enumeration children()`
  返回一个枚举对象，可以迭代遍历该节点的所有子节点。

API javax.swing.tree.DefaultTreeModel 1.2

- `void insertNodeInto(MutableTreeNode newChild, MutableTreeNode parent, int index)`
  将 `newChild` 作为 `parent` 的新子节点添加到给定的索引位置上，并通知树模型的监听器。
- `void removeNodeFromParent(MutableTreeNode node)`
  将节点 `node` 从该模型中删除，并通知树模型的监听器。
- `void nodesChanged(TreeNode node)`
  通知树模型的监听器：节点 `node` 发生了改变。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `void nodesChanged(TreeNode parent, int[] changedChildIndexes)`
  通知树模型的监听器：节点 parent 所有在给定索引位置上的子节点发生了改变。
- `void reload()`
  将所有节点重新载入到树模型中。这是一项动作剧烈的操作，只有当由于一些外部作用，导致树的节点完全改变时，才应该使用该方法。

6.3.2 节点枚举

有时为了查找树中一个节点，必须从根节点开始，遍历所有子节点直到找到相匹配的节点。`DefaultMutableTreeNode` 类有几个很方便的方法用于迭代遍历所有节点。

`breadthFirstEnumeration` 方法和 `depthFirst Enumeration` 方法分别使用广度优先或深度优先的遍历方式，返回枚举对象，它们的 `nextElement` 方法能够访问当前节点的所有子节点。图 6-31 显示了对示例树进行遍历的情况，节点标签则指示遍历节点时的先后次序。

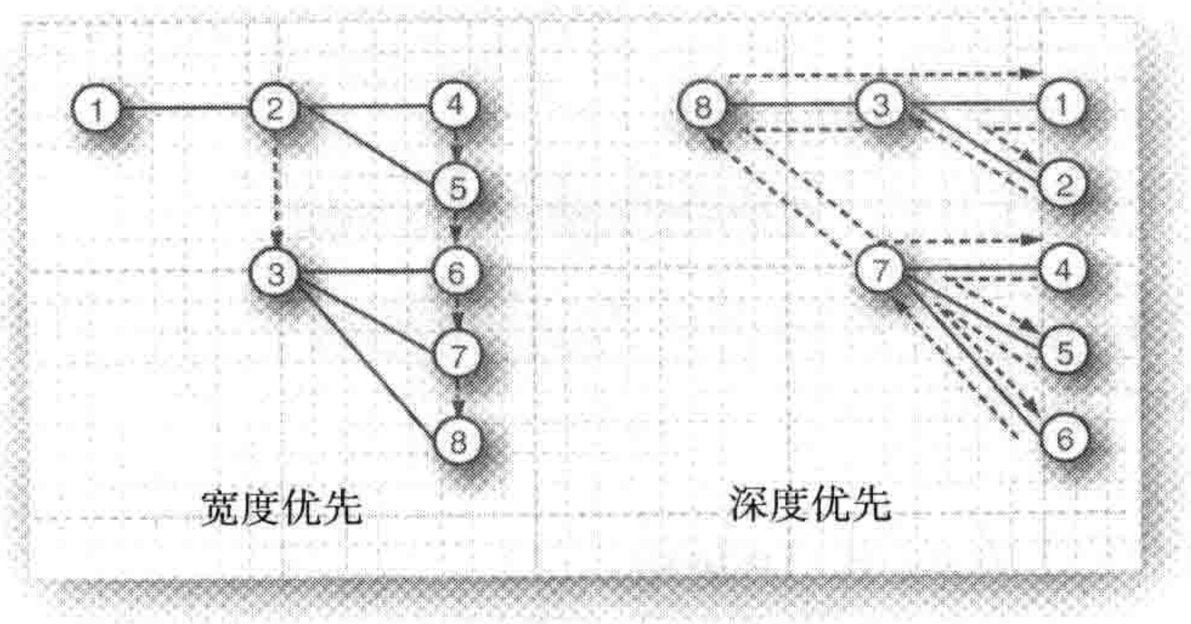


图 6-31 树的遍历顺序

按照广度优先的方式进行枚举是最容易可视化的。树是以层的形式遍历的，首先访问根节点，然后是它的所有子节点，接着是它的孙子节点，依此类推。

为了可视化深度优先的枚举，让我们想像一只老鼠陷入一个树状陷阱的情形。它沿着第一条路径迅速爬行，直到它到达一个叶节点位置。然后，原路返回并转入下一条路径，依此类推。

计算机科学家也将其称为*后序遍历*（postorder traversal），因为整个查找过程是先访问到子节点，然后才访问到父节点。`postOrderTraversal` 方法是 `depthFirstTraversal` 的同义语。为了完整性，还存在一个 `preOrderTraversal` 方法，它也是一种深度优先搜索方法，但是它首先枚举父节点，然后是子节点。

下面是一个典型的使用模式：

```
Enumeration breadthFirst = node.breadthFirstEnumeration();
while (breadthFirst.hasMoreElements())
   do something with breadthFirst.nextElement();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

最后，还有一个相关方法 pathFromAncestorEnumeration，用于查找一条从祖先节点到给定节点之间的路径，然后枚举出该路径中的所有节点。整个过程并不需要大量的处理操作，只需要不断调用 getParent 直到发现祖先节点，然后将该路径倒置过来存放即可。

在我们的下个示例程序中，将运用到节点枚举。该程序显示了类之间的继承树。向窗体最下面的文本框中输入一个类名，该类以及它的所有父类就会添加到树中（参见图 6-32）。

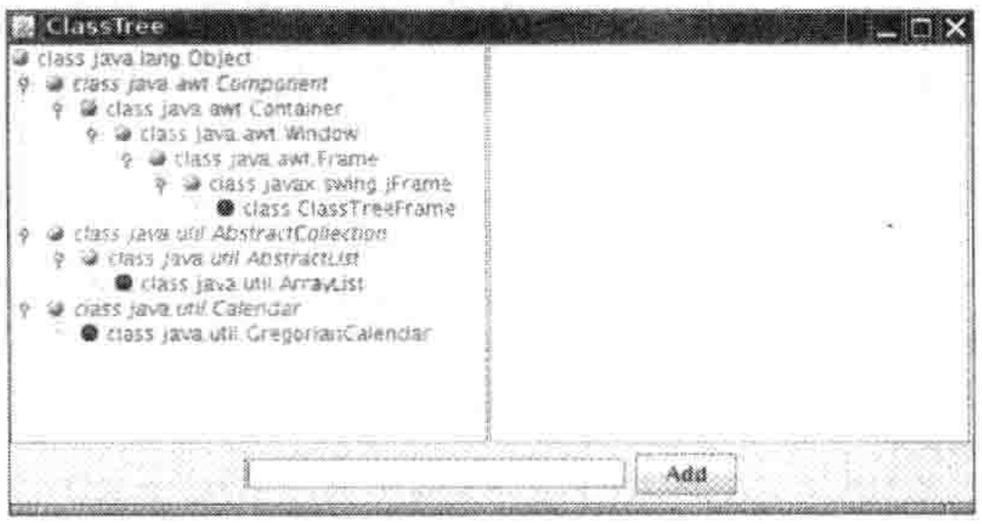


图 6-32 一棵继承树

在这个示例中，我们充分利用了这个事实，即树节点的用户对象可以是任何类型的对象。因为我们这里的节点是用来描述类的，因此我们在这些节点中存储的是 Class 对象。

当然，我们不想对同一个类对象添加两次，因此我们必须检查一个类是否已经存在于树中。如果在树中存在给定用户对象的节点，那么下面这个方法就可以用来查找该节点。

```
public DefaultMutableTreeNode findUserObject(Object obj)
{
   Enumeration e = root.breadthFirstEnumeration();
   while (e.hasMoreElements())
   {
      DefaultMutableTreeNode node = (DefaultMutableTreeNode) e.nextElement();
      if (node.getUserObject().equals(obj))
         return node;
   }
   return null;
}
```

6.3.3 绘制节点

在应用中可能会经常需要改变树构件绘制节点的方式，最常见的改变当然是为节点和叶节点选取不同的图标，其他一些改变可能涉及节点标签的字体或节点上的图像绘制等方面。所有这些改变都可以通过向树中安装一个新的树单元格绘制器来实现。在默认情况下，JTree 类使用 DefaultTreeCellRenderer 对象来绘制每个节点。DefaultTreeCellRenderer 类继承自 JLabel 类，该标签包含节点图标和节点标签。

注意： 单元格绘制器并不能绘制用于展开或折叠子树的“把手”图标。这些把手是外观模式的一部分，建议最好不要试图改变它们。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

可以通过以下三种方式定制显示外观：

- 可以使用 DefaultTreeCellRenderer 改变图标、字体以及背景颜色。这些设置适用于树中所有节点。
- 可以安装一个继承了 DefaultTreeCellRenderer 类的绘制器，用于改变每个节点的图标、字体以及背景颜色。
- 可以安装一个实现了 TreeCellRenderer 接口的绘制器，为每个节点绘制自定义的图像。

让我们逐个研究这几种可能。最简单的定制方法是构建一个 DefaultTreeCellRenderer 对象，改变图标，然后将它安装到树中：

```
DefaultTreeCellRenderer renderer = new DefaultTreeCellRenderer();
renderer.setLeafIcon(new ImageIcon("blue-ball.gif")); // used for leaf nodes
renderer.setClosedIcon(new ImageIcon("red-ball.gif")); // used for collapsed nodes
renderer.setOpenIcon(new ImageIcon("yellow-ball.gif")); // used for expanded nodes
tree.setCellRenderer(renderer);
```

可以在图 6-32 中看到运行效果。我们只是使用“球”图标作为占位符，这里假设你的用户界面设计者会为你的应用提供合适的图标。

我们不建议改变整棵树中的字体或背景颜色，因为这实际上是外观设置的职责所在。

不过，改变树中个别节点的字体，以突显某些节点还是很有用的。如果仔细观察图 6-32，你会看到抽象类是设成斜体字的。

为了改变单个节点的外观，需要安装一个树单元格绘制器。树单元格绘制器与我们在本章前一节讨论的列表单元格绘制器很相似。TreeCellRenderer 接口只有下面这个单一方法：

```
Component getTreeCellRendererComponent(JTree tree, Object value, boolean selected,
   boolean expanded, boolean leaf, int row, boolean hasFocus)
```

DefaultTreeCellRenderer 类的 getTreeCellRendererComponent 方法返回的是 this，换句话说，就是一个标签（DefaultTreeCellRenderer 类继承了 JLabel 类）。如果要定制一个构件，需要继承 DefaultTreeCellRenderer 类。按照以下方式覆盖 getTreeCellRendererComponent 方法：调用超类中的方法，以便准备标签的数据，然后定制标签属性，最后返回 this。

```
class MyTreeCellRenderer extends DefaultTreeCellRenderer
{
   public Component getTreeCellRendererComponent(JTree tree, Object value, boolean selected,
      boolean expanded, boolean leaf, int row, boolean hasFocus)
   {
      Component comp = super.getTreeCellRendererComponent(tree, value, selected,
                                                          expanded, leaf, row, hasFocus);
      DefaultMutableTreeNode node = (DefaultMutableTreeNode) value;
      look at node.getUserObject();
      Font font = appropriate font;
      comp.setFont(font);
      return comp;
   }
};
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

警告： getTreeCellRendererComponent 方法的 value 参数是节点对象，而不是用户对象！请记住，用户对象是 DefaultMutableTreeNode 的一个特性，而 JTree 可以包含任意类型的节点。如果树使用的是 DefaultMutableTreeNode 节点，那么必须在第二个步骤中获取这个用户对象，正如我们在上一个代码示例中所做的那样。

警告： DefaultTreeCellRenderer 为所有节点使用的是相同的标签对象，仅仅是为每个节点改变标签文本而已。如果想为某个特定节点更改字体，那么必须在该方法再次调用的时候将它设置回默认值。否则，随后的所有节点都会以更改过的字体进行绘制！见程序清单 6-14 中的程序代码，看看它是怎样将字体恢复到其默认值的。

我们没有给出有关用来绘制任意图形的树单元格绘制器的示例。如果你需要这个功能，可以参考程序清单 6-4 中的列表单元格绘制器；它们用到的技术完全相似。

根据 Class 对象有无 ABSTRACT 修饰符，程序清单 6-14 中的 ClassNameTreeCellRenderer 将类名设置为标准字体或斜体字体。我们不想设置成特殊的字体，因为我们不想改变通常用于显示标签的任何字体外观。因此，我们使用来自于标签本身的字体以及从它衍生而来的一个斜体字体。请回忆一下，全部的调用只返回一个共享的单一的 JLabel 对象。因此，我们需要保存初始字体，并在下一次调用 gettreeCellRendererComponent 方法时将其恢复为初始值。

同时，注意一下我们是如何改变 ClassTreeFrame 构造器中的节点图标的。

API javax.swing.tree.DefaultMutableTreeNode 1.2

- Enumeration breadthFirstEnumeration()
- Enumeration depthFirstEnumeration()
- Enumeration preOrderEnumeration()
- Enumeration postOrderEnumeration()

返回枚举对象，用于按照某种特定顺序访问树模型中所有节点的。在广度优先遍历中，先访问离根节点更近的子节点，再访问那些离根节点远的节点。在深度优先遍历中，先访问一个节点的所有子节点，然后再访问它的兄弟节点。postOrderEnumeration 方法与 depthFirstEnumeration 基本上相似。除了先访问父节点，后访问子节点之外，先序遍历和后序遍历基本上一样。

API *javax.swing.tree.TreeCellRenderer* 1.2

- Component getTreeCellRendererComponent(JTree tree, Object value, boolean selected, boolean expanded, boolean leaf, int row, boolean hasFocus)

返回一个 paint 方法被调用的构件，以便绘制树的一个单元格。

参数：tree　　包含要绘制节点的树

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

value	要绘制的节点
selected	如果该节点是当前选定的节点，则为 true
expanded	如果该节点的子节点可见，则为 true
leaf	如果该节点应该显示为叶节点，则为 true
row	显示包含该节点的那行
hasFocus	如果当前选定的节点拥有输入焦点，则为 true

API javax.swing.tree.DefaultTreeCellRenderer 1.2

- void setLeafIcon(Icon icon)
- void setOpenIcon(Icon icon)
- void setClosedIcon(Icon icon)

设置叶节点、展开节点以及折叠节点的显示图标。

6.3.4 监听树事件

通常情况下，一个树构件会成对伴随着其他某个构件。当用户选定了一些树节点时，某些信息就会在其他窗口中显示出来。参见图 6-33 的示例。当用户选定一个类时，这个类的实例及静态变量信息就会在右边的文本区显示出来。

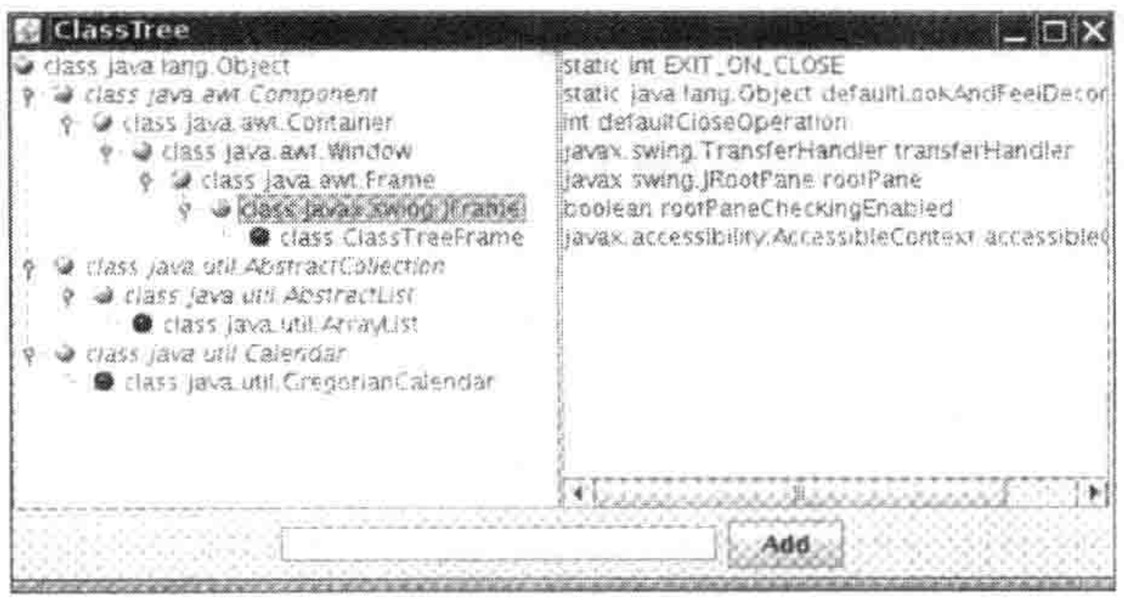


图 6-33 一个类浏览器

为了获得这项功能，你可以安装一个树选择监听器。该监听器必须实现 TreeSelectionListener 接口，这是一个只有下面这个单一方法的接口：

```
void valueChanged(TreeSelectionEvent event)
```

每当用户选定或者撤销选定树节点的时候，这个方法就会被调用。

可以按照下面这种通常方式向树中添加监听器：

```
tree.addTreeSelectionListener(listener);
```

可以设定是否允许用户选定一个单一的节点、连续区间内的节点或者一个任意的、可能不连续的节点集。JTree 类使用 TreeSelectionModel 来管理节点的选择。必须检索整个模型，以便将选择状态设置为 SINGLE_TREE_SELECTION、CONTIGUOUS_TREE_SELECTION

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

或 DISCONTIGUOUS_TREE_SELECTION 三种状态之一。(在默认情况下是非连续的选择模式。)例如，在我们的类浏览器中，我们希望只允许选择单个类：

```
int mode = TreeSelectionModel.SINGLE_TREE_SELECTION;
tree.getSelectionModel().setSelectionMode(mode);
```

除了设置选择模式之外，你并不需要担心树的选择模型。

注意：用户怎样选定多个选项则依赖于外观。在 Metal 外观中，按下 CTRL 键，同时点击一个选项将它添加到选项集中，如果当前已经选定了该选项，则将其从选项集中删除。按下 SHIFT 键，同时点击一个选项，可以选定一个选项范围，它从先前已选定的选项延伸到新选定的选项。

要找出当前的选项集，可以用 getSelectionPaths 方法来查询树：

```
TreePath[] selectedPaths = tree.getSelectionPaths();
```

如果想限制用户只能做单项选择，那么可以使用便捷的 getSelectionPath 方法，它将返回第一个被选择的路径，或者是 null（如果没有任何路径被选）。

警告：TreeSelectionEvent 类具有一个 getPaths 方法，它将返回一个 TreePath 对象数组，但是该数组描述的是选项集的变化，而不是当前的选项集。

程序清单 6-14 显示了类树这个程序的框体类。该程序可以显示继承的层次结构，并且将抽象类定制显示为斜体字（参见程序清单 6-15 的单元格绘制器）。可以在窗体下面的文本框中输入任何类名，按下 Enter 键或者点击“ Add”按钮，将该类及其超类添加到树中。必须输入完整的包名，例如 java.util.ArrayList。

这个程序用到了一点小小的技巧，它是通过反射机制来构建这棵类树的。这项操作包含在 addClass 方法内。(细节倒不那么重要，在这个例子中，我们之所以使用类树，是因为继承树不需要怎么费劲地编码就能生成一棵丰富的树。如果想在自己的应用中显示树，那么你需要准备自己的层次结构数据的来源。) 该方法使用广度优先的搜索算法，通过调用我们在前一节实现的 findUserObject 方法，来确定当前的类是否已经存在于树中。如果这个类还不存在于树中，那么我们将其超类添加到这棵树中，然后将新节点作为它的子节点，并使该节点成为可见的。

在选择树的一个节点时，右侧的文本域将填充为选中的类的属性。在窗体构造器中，限制用户只能进行单个选项的选择，并添加了一个树选择监听器。当调用 valueChanged 方法时，我们忽略它的事件参数，只向该树询问当前的选定路径。正如通常情况那样，我们必须获得路径中的最后一个节点，并且查看它的用户对象。然后调用 getFieldDescription 方法，该方法使用反射机制将所选类的所有属性组装成一个字符串。

程序清单 6-14 treeRender/ClassTreeFrame.java

```
1  package treeRender;
2
3  import java.awt.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
4  import java.awt.event.*;
5  import java.lang.reflect.*;
6  import java.util.*;
7  import javax.swing.*;
8  import javax.swing.event.*;
9  import javax.swing.tree.*;
10
11 /**
12  * This frame displays the class tree, a text field, and an "Add" button to add more classes
13  * into the tree.
14  */
15 public class ClassTreeFrame extends JFrame
16 {
17    private static final int DEFAULT_WIDTH = 400;
18    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 300;
19
20    private DefaultMutableTreeNode root;
21    private DefaultTreeModel model;
22    private JTree tree;
23    private JTextField textField;
24    private JTextArea textArea;
25
26    public ClassTreeFrame()
27    {
28       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
29
30       // the root of the class tree is Object
31       root = new DefaultMutableTreeNode(java.lang.Object.class);
32       model = new DefaultTreeModel(root);
33       tree = new JTree(model);
34
35       // add this class to populate the tree with some data
36       addClass(getClass());
37
38       // set up node icons
39       ClassNameTreeCellRenderer renderer = new ClassNameTreeCellRenderer();
40       renderer.setClosedIcon(new ImageIcon(getClass().getResource("red-ball.gif")));
41       renderer.setOpenIcon(new ImageIcon(getClass().getResource("yellow-ball.gif")));
42       renderer.setLeafIcon(new ImageIcon(getClass().getResource("blue-ball.gif")));
43       tree.setCellRenderer(renderer);
44
45       // set up selection mode
46       tree.addTreeSelectionListener(new TreeSelectionListener()
47          {
48             public void valueChanged(TreeSelectionEvent event)
49             {
50                // the user selected a different node--update description
51                TreePath path = tree.getSelectionPath();
52                if (path == null) return;
53                DefaultMutableTreeNode selectedNode = (DefaultMutableTreeNode) path
54                      .getLastPathComponent();
55                Class<?> c = (Class<?>) selectedNode.getUserObject();
56                String description = getFieldDescription(c);
57                textArea.setText(description);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
58            }
59         });
60      int mode = TreeSelectionModel.SINGLE_TREE_SELECTION;
61      tree.getSelectionModel().setSelectionMode(mode);
62
63      // this text area holds the class description
64      textArea = new JTextArea();
65
66      // add tree and text area
67      JPanel panel = new JPanel();
68      panel.setLayout(new GridLayout(1, 2));
69      panel.add(new JScrollPane(tree));
70      panel.add(new JScrollPane(textArea));
71
72      add(panel, BorderLayout.CENTER);
73
74      addTextField();
75   }
76
77   /**
78    * Add the text field and "Add" button to add a new class.
79    */
80   public void addTextField()
81   {
82      JPanel panel = new JPanel();
83
84      ActionListener addListener = new ActionListener()
85         {
86            public void actionPerformed(ActionEvent event)
87            {
88               // add the class whose name is in the text field
89               try
90               {
91                  String text = textField.getText();
92                  addClass(Class.forName(text)); // clear text field to indicate success
93                  textField.setText("");
94               }
95               catch (ClassNotFoundException e)
96               {
97                  JOptionPane.showMessageDialog(null, "Class not found");
98               }
99            }
100        };
101
102     // new class names are typed into this text field
103     textField = new JTextField(20);
104     textField.addActionListener(addListener);
105     panel.add(textField);
106
107     JButton addButton = new JButton("Add");
108     addButton.addActionListener(addListener);
109     panel.add(addButton);
110
111     add(panel, BorderLayout.SOUTH);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
112    }
113
114    /**
115     * Finds an object in the tree.
116     * @param obj the object to find
117     * @return the node containing the object or null if the object is not present in the tree
118     */
119    @SuppressWarnings("unchecked")
120    public DefaultMutableTreeNode findUserObject(Object obj)
121    {
122       // find the node containing a user object
123       Enumeration<TreeNode> e = (Enumeration<TreeNode>) root.breadthFirstEnumeration();
124       while (e.hasMoreElements())
125       {
126          DefaultMutableTreeNode node = (DefaultMutableTreeNode) e.nextElement();
127          if (node.getUserObject().equals(obj)) return node;
128       }
129       return null;
130    }
131
132    /**
133     * Adds a new class and any parent classes that aren't yet part of the tree
134     * @param c the class to add
135     * @return the newly added node.
136     */
137    public DefaultMutableTreeNode addClass(Class<?> c)
138    {
139       // add a new class to the tree
140
141       // skip non-class types
142       if (c.isInterface() || c.isPrimitive()) return null;
143
144       // if the class is already in the tree, return its node
145       DefaultMutableTreeNode node = findUserObject(c);
146       if (node != null) return node;
147
148       // class isn't present--first add class parent recursively
149       Class<?> s = c.getSuperclass();
150       DefaultMutableTreeNode parent;
151       if (s == null) parent = root;
152       else parent = addClass(s);
153
154       // add the class as a child to the parent
155       DefaultMutableTreeNode newNode = new DefaultMutableTreeNode(c);
156       model.insertNodeInto(newNode, parent, parent.getChildCount());
157
158       // make node visible
159       TreePath path = new TreePath(model.getPathToRoot(newNode));
160       tree.makeVisible(path);
161
162       return newNode;
163    }
164
165    /**
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
166     * Returns a description of the fields of a class.
167     * @param the class to be described
168     * @return a string containing all field types and names
169     */
170    public static String getFieldDescription(Class<?> c)
171    {
172       // use reflection to find types and names of fields
173       StringBuilder r = new StringBuilder();
174       Field[] fields = c.getDeclaredFields();
175       for (int i = 0; i < fields.length; i++)
176       {
177          Field f = fields[i];
178          if ((f.getModifiers() & Modifier.STATIC) != 0) r.append("static ");
179          r.append(f.getType().getName());
180          r.append(" ");
181          r.append(f.getName());
182          r.append("\n");
183       }
184       return r.toString();
185    }
186 }
```

程序清单 6-15 treeRender/ClassNameTreeCellRenderer.java

```
1  package treeRender;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.lang.reflect.*;
5  import javax.swing.*;
6  import javax.swing.tree.*;
7  /**
8   * This class renders a class name either in plain or italic. Abstract classes are italic.
9   */
10 public class ClassNameTreeCellRenderer extends DefaultTreeCellRenderer
11 {
12    private Font plainFont = null;
13    private Font italicFont = null;
14
15    public Component getTreeCellRendererComponent(JTree tree, Object value, boolean selected,
16          boolean expanded, boolean leaf, int row, boolean hasFocus)
17    {
18       super.getTreeCellRendererComponent(tree, value, selected, expanded, leaf, row, hasFocus);
19       // get the user object
20       DefaultMutableTreeNode node = (DefaultMutableTreeNode) value;
21       Class<?> c = (Class<?>) node.getUserObject();
22
23       // the first time, derive italic font from plain font
24       if (plainFont == null)
25       {
26          plainFont = getFont();
27          // the tree cell renderer is sometimes called with a label that has a null font
28          if (plainFont != null) italicFont = plainFont.deriveFont(Font.ITALIC);
29       }
30
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
31          // set font to italic if the class is abstract, plain otherwise
32          if ((c.getModifiers() & Modifier.ABSTRACT) == 0) setFont(plainFont);
33          else setFont(italicFont);
34          return this;
35       }
36    }
```

API javax.swing.JTree 1.2

- `TreePath getSelectionPath()`
- `TreePath[] getSelectionPaths()`

返回第一个选定的路径，或者一个包含所有选定节点的数组。如果没有选定任何路径，这两个方法都返回为 `null`。

API *javax.swing.event.TreeSelectionListener* 1.2

- `void valueChanged(TreeSelectionEvent event)`

每当选定节点或撤销选定的时候，该方法就被调用。

API javax.swing.event.TreeSelectionEvent 1.2

- `TreePath getPath()`
- `TreePath[] getPaths()`

获取在该选择事件中已经发生更改的第一个路径或所有路径。如果你想知道当前的选择路径，而不是选择路径的更改情况，那么应该调用 `JTree.getSelectionPaths`。

6.3.5 定制树模型

在最后一个示例中，我们实现了一个能够查看变量内容的程序，正如调试器所做的那样（参见图 6-34）。

在继续深入之前，请先编译运行这个示例程序。其中每个节点对应于一个实例域。如果该域是一个对象，那么可以展开该节点以便查看它自己的实例域。该程序可以观察框架窗口的内容。如果你浏览了好几个实例域，那么你将会发现一些熟悉的类，还会对复杂的 Swing 用户界面构件有所了解。

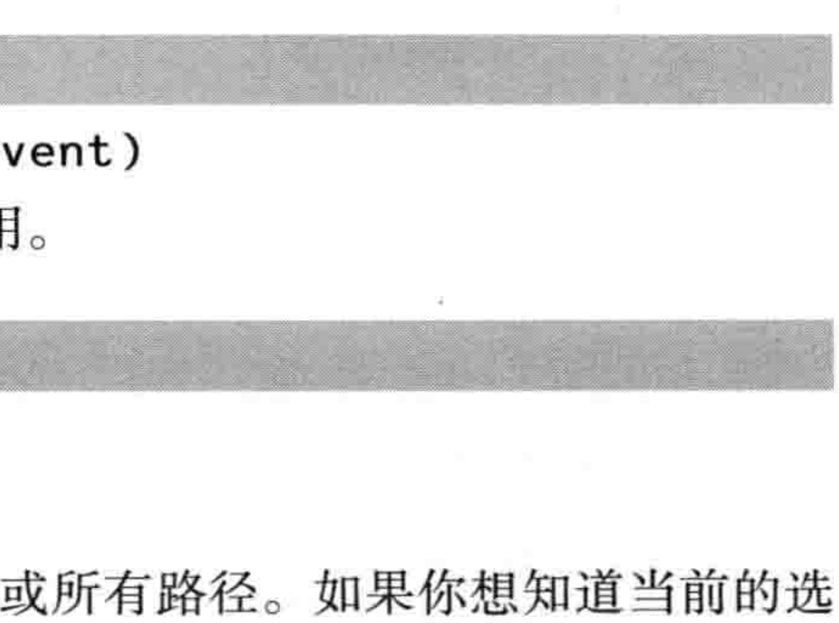


图 6-34 一个对象查看树

该程序的不同之处在于它的树并没有使用 `DefaultTreeModel`。如果你已经拥有按照层次结构组织的数据，那么你可能并不想花精力去再创建一棵副本树，而且创建副本树还要担心怎样保持两棵树的一致性。这正是我们要讨论的情形：通过对象的引用，要观察的对象已经彼此连接起来了，因此在这里就不需要复制这种连接结构了。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

TreeModel 接口只有几个方法。第一组方法使得 JTree 能够按照先是根节点，后是子节点的顺序找到树中的节点。JTree 类只在用户真正展开一个节点的时候才会调用这些方法。

```
Object getRoot()
int getChildCount(Object parent)
Object getChild(Object parent, int index)
```

这个示例显示了为什么 TreeModel 接口像 JTree 类那样，不需要用于描述节点的显式概念。根节点和子节点可以是任何对象，TreeModel 负责告知 JTree 它们是怎样联系起来的。

TreeModel 接口的下一个方法与 getChild 相反：

```
int getIndexOfChild(Object parent, Object child)
```

实际上，这个方法可以用前面的三个方法实现，参见程序清单 6-16 中的代码。

树模型会告诉 JTree 哪些节点应该显示成叶节点：

```
boolean isLeaf(Object node)
```

如果你的代码更改了树模型，那么必须告知这棵树以便它能够对自己进行重新绘制。树是将它自己作为一个 TreeModelListener 添加到模型中的，因此，模型必须支持通常的监听器管理方法：

```
void addTreeModelListener(TreeModelListener l)
void removeTreeModelListener(TreeModelListener l)
```

可以在程序清单 6-17 中看到这些方法的具体实现。

当模型修改了树的内容时，它会调用 TreeModelListener 接口中下面 4 个方法中的某一个：

```
void treeNodesChanged(TreeModelEvent e)
void treeNodesInserted(TreeModelEvent e)
void treeNodesRemoved(TreeModelEvent e)
void treeStructureChanged(TreeModelEvent e)
```

TreeModelEvent 对象用于描述修改的位置。对描述插入或移除事件的树模型事件进行组装的细节是相当技术性的。如果树中确实有要添加或移除的节点，只需要考虑如何触发这些事件。在程序清单 6-16 中，我们展示了怎么触发一个事件：将根节点替换为一个新的对象。

提示：为了简化事件触发的代码，我们使用了 javax.swing.EventListenerList 这个使用方便、能够收集监听器的类。程序清单 6-17 中最后 3 个方法展示了如何使用这个类。

最后，如果用户要编辑树节点，那么模型会随着这种修改而被调用：

```
void valueForPathChanged(TreePath path, Object newValue)
```

如果不允许编辑，则永远不会调用到该方法。

如果不支持编辑功能，那么构建一个树模型就变得相当容易了。我们要实现下面 3 个方法：

```
Object getRoot()
int getChildCount(Object parent)
Object getChild(Object parent, int index)
```

这 3 个方法用于描述树的结构。还要提供另外 5 个方法的常规实现，如程序清单 6-16 那样，然后就可以准备显示你的树了。

现在让我们转向示例程序的具体实现，我们的树将包含类型为 Variable 的对象。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意： 一旦使用了 DefaultTreeModel，我们的节点就可以具有类型为 DefaultMutableTreeNode、用户对象类型为 Variable 的对象。

例如，假设我们查看下面这个变量

```
Employee joe;
```

该变量的类型为 Employee.class，名字为 joe，值为对象引用 joe 的值。在程序清单 6-18 中，我们定义了 Variable 这个类，用来描述程序中的变量：

```
Variable v = new Variable(Employee.class, "joe", joe);
```

如果该变量的类型为基本类型，必须为这个值使用对象包装器。

```
new Variable(double.class, "salary", new Double(salary));
```

如果变量的类型是一个类，那么该变量就会拥有一些域。使用反射机制可以将所有域枚举出来，并将它们收集存放到一个 ArrayList 中。因为 Class 类的 getFields 方法不返回超类的任何域，因此还必须调用超类中的 getFields 方法，你可以在 Variable 构造器中找到这些代码。Variable 类的 getFields 方法将返回包含域的一个数组。最后，Variable 类的 toString 方法将节点格式化为标签，这个标签通常包含变量的类型和名称。如果变量不是一个类，那么该标签还将包含变量的值。

注意： 如果类型是一个数组，那么我们不会显示数组中的元素。这并不难实现，因此我们就把它留作众所周知的“读者练习”了。

让我们继续介绍树模型，头两个方法很简单。

```
public Object getRoot()
{
   return root;
}

public int getChildCount(Object parent)
{
   return ((Variable) parent).getFields().size();
}
```

getChild 方法返回一个新的 Variable 对象，用于描述给定索引位置上的域。Field 类的 getType 方法和 getName 方法用于产生域的类型和名称。通过使用反射机制，你可以按照 f.get(parentValue) 这种方式读取域的值。该方法可以抛出一个异常 IllegalAccessException，不过，我们可以让所有域在 Variable 构造器中都是可访问的，这样，在实际应用中，就不会发生这种抛异常的情况。

下面是 getChild 方法的完整代码。

```
public Object getChild(Object parent, int index)
{
   ArrayList fields = ((Variable) parent).getFields();
   Field f = (Field) fields.get(index);
   Object parentValue = ((Variable) parent).getValue();
   try
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
      {
         return new Variable(f.getType(), f.getName(), f.get(parentValue));
      }
      catch (IllegalAccessException e)
      {
         return null;
      }
   }
```

这 3 个方法展示了对象树到 JTree 构件之间的结构，其余的方法是一些常规方法，源代码请见程序清单 6-17。

关于该树模型，有一个不同寻常之处：它实际上描述的是一棵无限树。可以通过追踪 `WeakReference` 对象来证实这一点。当你点击名字为 `referent` 的变量时，它会引导你回到初始的对象。你将获得一棵相同的子树，并且可以再次展开它的 `WeakReference` 对象，周而复始，无穷无尽。当然，你无法存储一个无限的节点集合。树模型只是在用户展开父节点时，按照需要来产生这些节点。

程序清单 6-16 展示了样例程序的框体类。

程序清单 6-16　treeModel/ObjectInspectorFrame.java

```
1  package treeModel;
2
3  import java.awt.*;
4  import javax.swing.*;
5
6  /**
7   * This frame holds the object tree.
8   */
9  public class ObjectInspectorFrame extends JFrame
10 {
11    private JTree tree;
12    private static final int DEFAULT_WIDTH = 400;
13    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 300;
14
15    public ObjectInspectorFrame()
16    {
17       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
18
19       // we inspect this frame object
20
21       Variable v = new Variable(getClass(), "this", this);
22       ObjectTreeModel model = new ObjectTreeModel();
23       model.setRoot(v);
24
25       // construct and show tree
26
27       tree = new JTree(model);
28       add(new JScrollPane(tree), BorderLayout.CENTER);
29    }
30 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 6-17 treeModel/ObjectTreeModel.java

```
1  package treeModel;
2
3  import java.lang.reflect.*;
4  import java.util.*;
5  import javax.swing.event.*;
6  import javax.swing.tree.*;
7
8  /**
9   * This tree model describes the tree structure of a Java object. Children are the objects that
10  * are stored in instance variables.
11  */
12 public class ObjectTreeModel implements TreeModel
13 {
14    private Variable root;
15    private EventListenerList listenerList = new EventListenerList();
16
17    /**
18     * Constructs an empty tree.
19     */
20    public ObjectTreeModel()
21    {
22       root = null;
23    }
24
25    /**
26     * Sets the root to a given variable.
27     * @param v the variable that is being described by this tree
28     */
29    public void setRoot(Variable v)
30    {
31       Variable oldRoot = v;
32       root = v;
33       fireTreeStructureChanged(oldRoot);
34    }
35
36    public Object getRoot()
37    {
38       return root;
39    }
40
41    public int getChildCount(Object parent)
42    {
43       return ((Variable) parent).getFields().size();
44    }
45    public Object getChild(Object parent, int index)
46    {
47       ArrayList<Field> fields = ((Variable) parent).getFields();
48       Field f = (Field) fields.get(index);
49       Object parentValue = ((Variable) parent).getValue();
50       try
51       {
52          return new Variable(f.getType(), f.getName(), f.get(parentValue));
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
53          }
54          catch (IllegalAccessException e)
55          {
56             return null;
57          }
58       }
59
60       public int getIndexOfChild(Object parent, Object child)
61       {
62          int n = getChildCount(parent);
63          for (int i = 0; i < n; i++)
64             if (getChild(parent, i).equals(child)) return i;
65          return -1;
66       }
67
68       public boolean isLeaf(Object node)
69       {
70          return getChildCount(node) == 0;
71       }
72
73       public void valueForPathChanged(TreePath path, Object newValue)
74       {
75       }
76
77       public void addTreeModelListener(TreeModelListener l)
78       {
79          listenerList.add(TreeModelListener.class, l);
80       }
81
82       public void removeTreeModelListener(TreeModelListener l)
83       {
84          listenerList.remove(TreeModelListener.class, l);
85       }
86
87       protected void fireTreeStructureChanged(Object oldRoot)
88       {
89          TreeModelEvent event = new TreeModelEvent(this, new Object[] { oldRoot });
90          for (TreeModelListener l : listenerList.getListeners(TreeModelListener.class))
91             l.treeStructureChanged(event);
92       }
93    }
```

程序清单 6-18　treeModel/Variable.java

```
1  package treeModel;
2
3  import java.lang.reflect.*;
4  import java.util.*;
5
6  /**
7   * A variable with a type, name, and value.
8   */
9  public class Variable
10 {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
11     private Class<?> type;
12     private String name;
13     private Object value;
14     private ArrayList<Field> fields;
15
16     /**
17      * Construct a variable.
18      * @param aType the type
19      * @param aName the name
20      * @param aValue the value
21      */
22     public Variable(Class<?> aType, String aName, Object aValue)
23     {
24        type = aType;
25        name = aName;
26        value = aValue;
27        fields = new ArrayList<>();
28
29        // find all fields if we have a class type except we don't expand strings and null values
30
31        if (!type.isPrimitive() && !type.isArray() && !type.equals(String.class) && value != null)
32        {
33           // get fields from the class and all superclasses
34           for (Class<?> c = value.getClass(); c != null; c = c.getSuperclass())
35           {
36              Field[] fs = c.getDeclaredFields();
37              AccessibleObject.setAccessible(fs, true);
38
39              // get all nonstatic fields
40              for (Field f : fs)
41                 if ((f.getModifiers() & Modifier.STATIC) == 0) fields.add(f);
42           }
43        }
44     }
45     /**
46      * Gets the value of this variable.
47      * @return the value
48      */
49     public Object getValue()
50     {
51        return value;
52     }
53
54     /**
55      * Gets all nonstatic fields of this variable.
56      * @return an array list of variables describing the fields
57      */
58     public ArrayList<Field> getFields()
59     {
60        return fields;
61     }
62
63     public String toString()
64     {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
65          String r = type + " " + name;
66          if (type.isPrimitive()) r += "=" + value;
67          else if (type.equals(String.class)) r += "=" + value;
68          else if (value == null) r += "=null";
69          return r;
70       }
71    }
```

API javax.swing.tree.TreeModel 1.2

- Object getRoot()

  返回根节点。

- int getChildCount(Object parent)

  获取 parent 节点的子节点个数。

- Object getChild(Object parent, int index)

  获取给定索引位置上 parent 节点的子节点。

- int getIndexOfChild(Object parent, Object child)

  获取 parent 节点的子节点 child 的索引位置。如果在树模型中 child 节点不是 parent 的一个子节点，则返回 — 1。

- boolean isLeaf(Object node)

  如果节点 node 从概念上讲是一个叶节点，则返回 true。

- void addTreeModelListener(TreeModelListener l)
- void removeTreeModelListener(TreeModelListener l)

  当模型中的信息发生变化时，告知添加和移除监听器。

- void valueForPathChanged(TreePath path, Object newValue)

  当一个单元格编辑器修改了节点值的时候，该方法被调用。

  参数：path　　到被编辑节点的树路径

  　　newValue　　编辑器返回的修改值

API *javax.swing.event.TreeModelListener 1.2*

- void treeNodesChanged(TreeModelEvent e)
- void treeNodesInserted(TreeModelEvent e)
- void treeNodesRemoved(TreeModelEvent e)
- void treeStructureChanged(TreeModelEvent e)

  如果树被修改过，树模型将调用该方法。

API javax.swing.event.TreeModelEvent 1.2

- TreeModelEvent(Object eventSource, TreePath node)

  构建一个树模型事件。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

参数：	eventSource	产生该事件的树模型
	node	到达要修改节点的树路径

6.4 文本构件

图 6-35 展示了 Swing 类库中包含的所有文本构件，在第 I 卷第 9 章你已经看到过其中 3 个最常用的构件：JTextField、JPasswordField 和 JTextArea。在下面各节中，我们将介绍其余的文本构件。我们还将讨论 JSpinner 构件，它包含一个格式化的文本框，以及用来改变其内容的“up（上）”和“down（下）”小按钮。

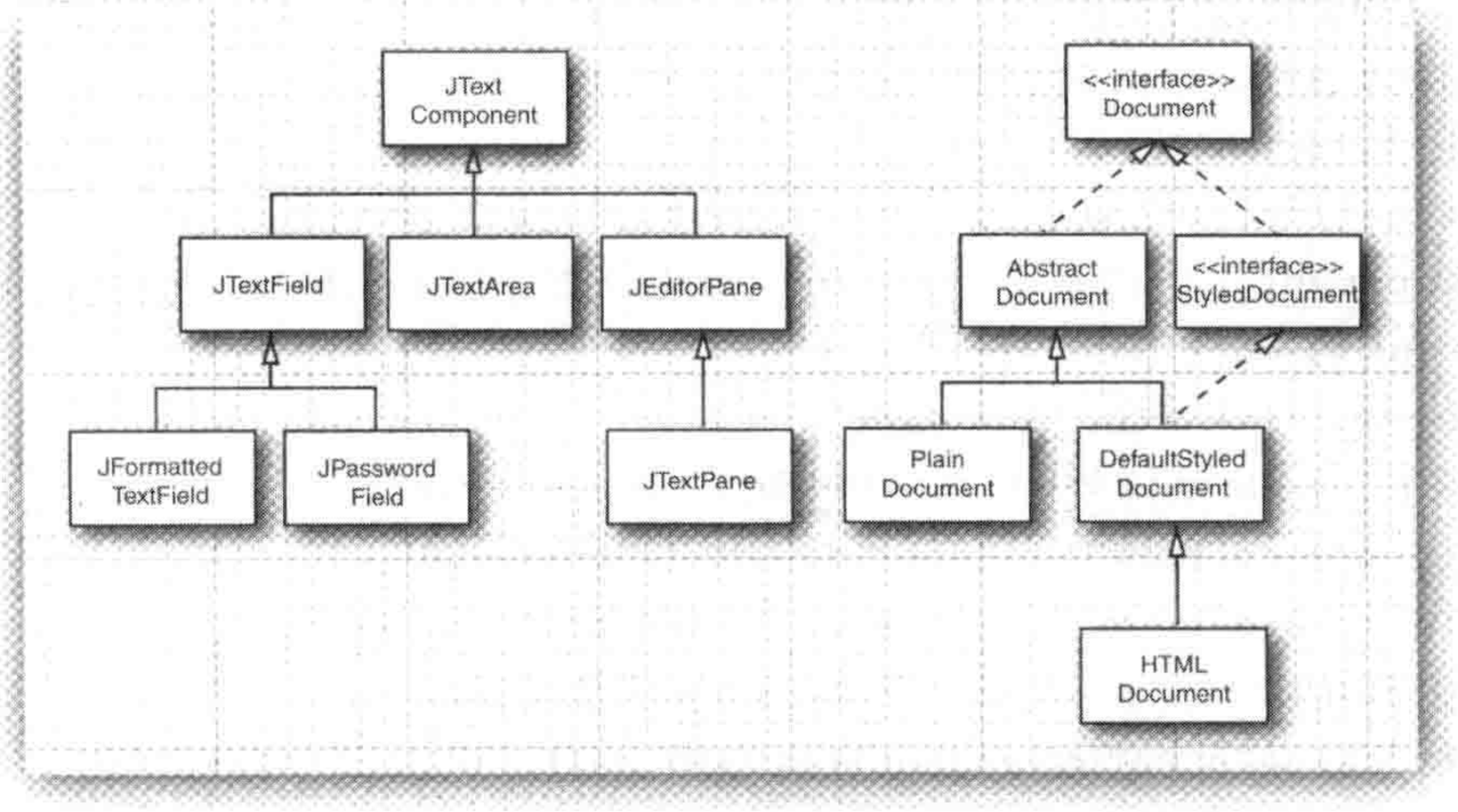


图 6-35 文本构件和文档的层次结构

所有文本构件都可以绘制和编辑存储在实现了 Document 接口的类的模型对象中的数据。JTextField 和 JTextArea 构件使用的是 PlainDocument，该构件直接存储普通文本的行序列，而不进行任何格式化。

JEditorPane 可以展示和编辑各种格式的样式文本（包括字体、颜色等），特别是 HTML，参见第 6.4.4 节，StyledDocument 接口描述了对样式、字体和颜色的额外需求，而 HTMLDocument 类实现了这个接口。

JEditorPane 的子类 JTextPane 可以持有样式化的文本和嵌入的 Swing 构件。我们在本书中将不讨论过于复杂的 JTextPane，但是推荐你参考 Kim Toley 所著的《Core Swing》一书以了解其中关于此构件十分详细的描述。对于 JTextPane 类的典型用法，可以查看 JDK 中的 StylePad 演示程序。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

6.4.1 文本构件中的修改跟踪

只有当你希望实现自己的文本编辑器时，你才需要面对 Document 接口的复杂性。然而，这个接口的最常见的用法是：跟踪修改。

有时，你希望只要用户进行了文本编辑，无需等待他点击某个按钮，就马上更新部分用户界面。下面是一个简单的示例：我们显示了三个文本框，用于编辑颜色的红、蓝、绿色调。只要这些文本框的内容发生了变化，颜色就应该立即更新。图 6-36 展示了程序清单 6-19 中的程序运行起来的样子。

图 6-36 跟踪文本框中的修改

首先请注意，监视键盘点击事件并非好主意，因为有些键盘点击事件并不修改文本（例如，点击方向键）。更重要的是，文本可以因鼠标的姿态变化而改变（例如在 X11 中的“鼠标中键粘贴”）。因此，应该让文档（document）来通知我们数据发生了变化，方法是在文档（而不是文本构件）上安装文档监听器（document listener）：

```
textField.getDocument().addDocumentListener(listener);
```

当文本发生变化时，会调用下列 DocumentListener 方法之一：

```
void insertUpdate(DocumentEvent event)
void removeUpdate(DocumentEvent event)
void changedUpdate(DocumentEvent event)
```

前两个方法是在插入或移除字符时被调用的，第三个方法对于文本框来说根本不会被调用，而对于更复杂的文档类型，在产生某些其他类型的变化，例如格式上的变化时，这个方法才会被调用。但是，由于没有任何单个的回调可以告诉我们文本发生了变化（通常我们也并不太关心文本发生了怎样的变化），同时也没有任何适配器类。因此，文档监听器必须实现所有这 3 个方法。下面是我们在示例程序中的做法：

```
DocumentListener listener = new DocumentListener()
   {
      public void insertUpdate(DocumentEvent event) { setColor(); }
      public void removeUpdate(DocumentEvent event) { setColor(); }
      public void changedUpdate(DocumentEvent event) {}
   }
```

setColor 方法使用 getText 方法从文本框中获得当前的用户输入字符串，并设置其颜色。

我们的程序有一个限制：用户可以在文本框中键入非数字的畸形输入，例如“twenty”，或者使文本框保持为空。因此，目前我们将捕获 parseInt 方法抛出的 NumberFormatException，并且在文本框中的内容不是数字时，不执行更新颜色的操作。在下一节，你将会看到可以如何预先防止用户键入无效的输入。

注意： 除了监听文档事件，还可以在文本框上添加一个行为事件监听器。只要用户按下了回车键，动作监听器就会得到通知。我们不推荐这种方法，因为用户在完成数据输入后，并非总是记得按回车键。如果使用动作监听器，就应该同时安装一个焦点监听器，这样我们可以跟踪用户何时离开该文本框。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 6-19 textChange/ColorFrame.java

```
1  package textChange;
2
3  import java.awt.*;
4  import javax.swing.*;
5  import javax.swing.event.*;
6
7  /**
8   * A frame with three text fields to set the background color.
9   */
10 public class ColorFrame extends JFrame
11 {
12    private JPanel panel;
13    private JTextField redField;
14    private JTextField greenField;
15    private JTextField blueField;
16
17    public ColorFrame()
18    {
19       DocumentListener listener = new DocumentListener()
20          {
21             public void insertUpdate(DocumentEvent event) { setColor(); }
22             public void removeUpdate(DocumentEvent event) { setColor(); }
23             public void changedUpdate(DocumentEvent event) {}
24          };
25
26       panel = new JPanel();
27
28       panel.add(new JLabel("Red:"));
29       redField = new JTextField("255", 3);
30       panel.add(redField);
31       redField.getDocument().addDocumentListener(listener);
32
33       panel.add(new JLabel("Green:"));
34       greenField = new JTextField("255", 3);
35       panel.add(greenField);
36       greenField.getDocument().addDocumentListener(listener);
37       panel.add(new JLabel("Blue:"));
38       blueField = new JTextField("255", 3);
39       panel.add(blueField);
40       blueField.getDocument().addDocumentListener(listener);
41
42       add(panel);
43       pack();
44    }
45
46    /**
47     * Set the background color to the values stored in the text fields.
48     */
49    public void setColor()
50    {
51       try
52       {
53          int red = Integer.parseInt(redField.getText().trim());
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
54            int green = Integer.parseInt(greenField.getText().trim());
55            int blue = Integer.parseInt(blueField.getText().trim());
56            panel.setBackground(new Color(red, green, blue));
57         }
58         catch (NumberFormatException e)
59         {
60            // don't set the color if the input can't be parsed
61         }
62      }
63   }
```

API javax.swing.JComponent 1.2

- Dimension getPreferredSize()
- void setPreferredSize(Dimension d)

获取和设置该构件的偏好尺寸。

API *javax.swing.text.Document* 1.2

- int getLength()

返回文档中当前的字符数量。

- String getText(int offset, int length)

返回在文档的给定部分中所包含的文本。

参数：offset　　文本的起始位置

　　length　　希望得到的字符串的长度

- void addDocumentListener(DocumentListener listener)

注册监听器，使得在文档发生变化时，可以得到通知。

API *javax.swing.event.DocumentEvent* 1.2

- Document getDocument()

获取事件来源的文档。

API *javax.swing.event.DocumentListener* 1.2

- void changedUpdate(DocumentEvent event)

当某个属性或属性集发生变化时，该方法即被调用。

- void insertUpdate(DocumentEvent event)

在文档中插入内容时，该方法即被调用。

- void removeUpdate(DocumentEvent event)

在文档中有部分内容被移除时，该方法即被调用。

6.4.2 格式化的输入框

在前一个示例程序中，我们希望程序的用户键入数字而不是任意的字符串。也就是说，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

只允许用户键入数字 0 到 9 以及连字符，并且如果有连字符，它必须是输入字符串的第一个字符。

表面上看，这种输入检验任务很简单。我们可以在文本框上安装一个按键监听器，然后处理掉所有不是数字和连字符的按键事件。但是，这种简单的方法在实践中并非很有效，尽管这是通常被推荐的输入检验方法。首先，并非每一种有效输入字符的组合都是一个有效的数字，例如，--3 和 3-3 都无效，尽管它们是由有效的输入字符构成的。但是，更重要的是，有些对文本修改的方式并不涉及输入字符键。根据不同的用户界面感观，某些组合键可以用来剪切、复制和粘贴文本。例如，在金属用户界面感观中，CTRL+V 组合键可以将粘贴缓冲区中的内容粘贴到文本框中。也就是说，我们还需要监视用户是否粘贴了无效的字符。很明显，试图通过过滤键盘点击来确保文本框的内容总是有效这种方法看起来已经很麻烦了，而这些任务并不应该让应用系统的程序员去关注。

有点令人惊讶的是，在 Java SE 1.4 之前，没有任何构件用于输入数字型的值。从《Core Java》的第 1 版开始，我们就提供了一个 `IntTextField` 实现，这是一个用于输入正确格式的整数的文本框。在此后的每个新版本中，我们都在修改这个实现，以利用 Java 在其每个新版本中不断添加的各种不太全面的校验模式。最终，在 Java SE 1.4 中，Swing 的设计者们正视了这个问题，并且提供了通用的 `JFormattedTextField` 类，它不仅可以用于数字型的输入，而且可以用于日期型输入以及更加专用的格式化输入值，例如 IP 地址。

1. 整数输入

让我们从简单的情况入手：用于整数输入的文本框

```
JFormattedTextField intField = new JFormattedTextField(NumberFormat.getIntegerInstance());
```

`NumberFormat.getIntegerInstance` 将使用当前的 locale 返回一个用于格式化整数的格式器对象。在美国 locale 中，逗号用作十进制分隔符，从而允许用户输入像 1, 729 这样的值。第 5 章详细解释了如何选择其他的 locale。

对于任何文本框，都可以设置其位数：

```
intField.setColumns(6);
```

还可以用 `setValue` 方法设置其默认值，该方法接受一个 `Object` 类型的参数，因此我们需要将默认的 `int` 值包装到一个 `Integer` 对象中：

```
intField.setValue(new Integer(100));
```

通常，用户会在多个文本框中输入，然后点击某个按钮来读取所有这些值。当按钮被点击后，可以用 `getValue` 方法来获取用户提供的值，这个方法返回的是一个 `Object` 类型的结果，必须将它转型为恰当的类型。如果用户对上述文本框中的值进行了编辑，那么 `JFormattedTextField` 将返回 `Long` 类型的对象。但是，如果用户没有进行修改，就会返回最初的 `Integer` 对象。因此，应该将返回值转型为它们的公共超类 `Number`：

```
Number value = (Number) intField.getValue();
int v = value.intValue();
```

格式化文本框看上去可能并没什么太大的用处，但是如果你要考虑用户提供非法输入时

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

的情况，那么它就有用处了，这正是下一节的主题。

2. 失去焦点时的行为

考虑一下当用户向文本框中输入时会发生什么。用户键入输入，并且在完成后决定离开这个文本框，因此可能会用鼠标点击其他的构件，然后这个文本框将失去焦点（lose focus），在其中不再会看到像 I 一样的闪烁光标，键盘点击都将被导向另一个不同的构件。

当格式化文本框失去焦点时，格式器会查看用户输入的文本字符串。如果格式器知道如何将这个文本字符串转换为对象，那么这个文本就是有效的，否则就是无效的。可以使用 `isEditValid` 方法来检查文本框的当前内容是否有效。

失去焦点的默认行为称为“提交或恢复”。如果文本字符串有效，则它被提交（commit），之后格式器将其转换为对象，而该对象将成为文本框的当前值（也就是前一节中提到的 `getValue` 方法的返回值）。这个值然后再被转换回字符串，成为在文本框中看到的字符串。例如，整数格式器将输入的 1729 识别为有效，将当前值设置为 `new Long(1729)`，然后将其转换回带有十进制逗号的字符串 1,729。

反之，如果文本字符串无效，则当前值不发生变化，而文本框将恢复到表示原有值的字符串。例如，如果用户输入了无效值，例如 x1，那么当文本框失去焦点时，将恢复原有值。

注意： 整数格式器将以整数开头的文本字符串当作是有效的。例如，1729x 是有效的字符串，它将被转换为数字 1729，这个数字之后会被格式化为字符串 1,729。

可以用 `setFocusLostBehavior` 方法来设置其他的行为。“提交”行为与默认行为有些细微的差异，如果文本字符串无效，那么文本字符串和文本框的值都将保持不变，现在它们是不同步的。“持久化”行为更加保守，即使文本字符串是有效的，文本框和当前值也都不发生变化，这时需要调用 `commitEdit`、`setValue` 和 `setText` 来使它们同步。最后，还有一个“恢复”行为，它看起来永远都没什么用，其行为是只要失去了焦点，用户输入就会被丢弃，而文本字符串将恢复到原有值。

注意： 通常，“提交或恢复”作为默认行为是合理的，这么做只有一个潜在可能发生的问题。假设对话框中包含用于整数值的文本框，而用户输入了字符串“ 1729”，其中带一个先导的空格，然后点击了 OK 按钮。这个先导的空格将会使数字无效，而这个文本框的值也将恢复到原有值。接着，OK 按钮的动作监听器获取文本框的值，然后关闭对话框。这样用户永远都不会知道他输入的新值被拒绝了。在这种情况下，恰当的选择应该是“提交”行为，然后让 OK 按钮的监听器在关闭对话框之前检查所有的文本框编辑是否都有效。

3. 过滤器

格式化文本框的基本功能对于大多数用户来说很直观，而且也足够用了。但是，我们还可以添加一些精化的功能，例如同时还要防止用户键入非数字字符，我们可以用文档过滤器（document filter）来实现这个行为。回忆一下，在模型 − 视图 − 控制器架构中，控制器将输

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

入事件转译成了修改文本框底层文档的命令，这个底层文档也就是存储在 PlainDocument 对象中的文本字符串。例如，每当控制器处理的命令会导致在该文档中插入字符串时，它就会调用“插入字符串”命令。要插入的字符串可以是单个的字符，也可以是粘贴缓冲区中的内容。文档过滤器可以拦截这个命令，并修改字符串或放弃插入操作。下面是过滤器的 insertString 方法的代码，该方法对要插入的字符串进行分析，并只插入那些数字和负号（－）字符。(这段代码可以处理第 I 卷第 3 章中描述的补充 Unicode 字符，请参见第 1 章 StringBuilder 类。)

```
public void insertString(FilterBypass fb, int offset, String string, AttributeSet attr)
   throws BadLocationException
{
   StringBuilder builder = new StringBuilder(string);
   for (int i = builder.length() - 1; i >= 0; i--)
   {
      int cp = builder.codePointAt(i);
      if (!Character.isDigit(cp) && cp != '-')
      {
         builder.deleteCharAt(i);
         if (Character.isSupplementaryCodePoint(cp))
         {
            i--;
            builder.deleteCharAt(i);
         }
      }
   }
   super.insertString(fb, offset, builder.toString(), attr);
}
```

还应该覆盖 DocumentFilter 类的 replace 方法，该方法在文本被选中并被替换时调用。replace 方法的实现很直观，参见程序清单 6-21。

现在需要安装文档过滤器。但是，没有很直观的方法可以实现这个任务，必须覆盖某个格式器类的 getDocumentFilter 方法，然后将这个格式器的一个对象传递给 JFormattedTextField。整数文本框使用的是用 NumberFormat.getIntegerInstance() 初始化的 InternationalFormatter。下面展示了如何安装格式器以产生所需的过滤器：

```
JFormattedTextField intField = new JFormattedTextField(new
      InternationalFormatter(NumberFormat.getIntegerInstance())
   {
      private DocumentFilter filter = new IntFilter();
      protected DocumentFilter getDocumentFilter()
      {
         return filter;
      }
   });
```

注意： Java SE 文档声明 DocumentFilter 类被设计为禁止子类化。直到 Java SE 1.3，文本框中的过滤机制才通过扩展 PlainDocument 类和覆盖 insertString 与 replace 方法得到了实现。现在，PlainDocument 类有了可插拔的过滤器，这是一项极佳的改进。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果过滤器在格式器类中也是可插拔的，那么这项改进就更好了。唉，但是它不是，我们必须子类化格式器。

试验一下本节最后的 FormatTest 示例程序，其中第三个文本框就安装了一个过滤器，这样就只能插入数字和负号字符了。注意，现在你仍旧可以键入诸如“1-2-3”这样的无效字符串。通常，通过过滤机制来避免所有无效字符串是不可能的。例如，字符串“-”是无效的，但是过滤器不能拒绝它，因为它是合法字符串“-1”的前缀。即使过滤器不能进行完美的保护，但是使用它们来拒绝明显无效的输入仍旧是有意义的。

提示：过滤机制的另一种用法是将一个字符串的所有字符都转为大写。这样的过滤器很容易编写，在其 insertString 和 replace 方法中，将要插入的字符串转换成大写，然后调用超类的方法即可。

4. 校验器

还有一种很有用的机制，可以就无效输入对用户发出警告，这就是在任意的 JComponent 上附着一个校验器（verifier）。如果该构件失去了焦点，那么校验器就会被查询。如果校验器报告该构件的内容无效，那么该构件就会立即重新获得焦点。这样，用户就被强制要求在进行其他输入之前先订正刚输入的内容。

校验器必须扩展 InputVerifier 类并定义 verify 方法，而定义检查格式化文本框的校验器非常容易。JFormattedTextField 类的 isEditValid 方法将调用格式器，并且在格式器可以将文本字符串转换为对象时返回 true。下面是一个校验器：

```
intField.setInputVerifier(new InputVerifier()
   {
      public boolean verify(JComponent component)
      {
         JFormattedTextField field = (JFormattedTextField) component;
         return field.isEditValid();
      }
   });
```

我们可以将它附着到任何 JFormattedTextField 上。

在示例程序中的第四个文本框就附着了一个校验器。试着在其中键入无效数字（例如 x1729），然后按下 TAB 键，或者用鼠标点击其他文本框。注意，该文本框会立即重新得到焦点。但是，如果你点击 OK 按钮，动作监听器就会调用 getValue，它会报告最后一个有效值。

但是，校验器并非总是很安全。如果点击了某个按钮，而这个按钮在无效构件再次获得焦点之前通知了它的动作监听器，那么这个动作监听器就会从未通过校验的构件中得到一个无效的结果。这种行为的原因在于：用户可能希望点击 Cancel 按钮，而无需订正无效输入。

5. 其他的标准格式器

除了整数格式器，JFormattedTextField 还支持若干种其他的格式器。NumberFormat 类有下列静态方法：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
getNumberInstance
getCurrencyInstance
getPercentInstance
```

它们将分别产生用于浮点数字、货币值和百分比的格式器。例如，通过下面的调用可以获得用于输入货币值的文本框。

```
JFormattedTextField currencyField = new JFormattedTextField(NumberFormat.getCurrencyInstance());
```

要编辑日期和时间，可以调用 DateFormat 类的下列静态方法之一：

```
getDateInstance
getTimeInstance
getDateTimeInstance
```

例如：

```
JFormattedTextField dateField = new JFormattedTextField(DateFormat.getDateInstance());
```

所产生的文本框将用默认格式或下面的“中等长度”格式来编辑日期：

```
Aug 5, 2007
```

也可以选择使用“短”格式

```
8/5/07
```

方法是调用下面的语句：

```
DateFormat.getDateInstance(DateFormat.SHORT)
```

注意： 默认情况下，日期格式器是很“宽容”的，也就是说，像 2002 年 2 月 31 号这样的无效日期将会滚动到下一个有效日期 2002 年 3 月 3 日。这种行为可能会让用户觉得意外，此时，可以在 DateFormat 对象上调用 setLenient(false)。

对于任何类，只要它有一个接受字符串参数的构造器，以及相匹配的 toString 方法，那么 DefaultFormatter 就可以格式化它的对象。例如，URL 类有一个 URL(String) 构造器，可以从字符串中构建 URL，例如：

```
URL url = new URL("http://horstmann.com");
```

因此，我们可以用 DefaultFormatter 格式化 URL 对象。格式器会在文本框值上调用 toString 方法以初始化该文本框的文本。当文本框失去焦点时，格式器将使用带有 String 参数的构造器来构建与当前值属于相同类的新对象。如果这个构造器抛出了异常，那么这次编辑就是无效的。你可以运行示例程序，键入并非以“ http: ”这种前缀开头的 URL，然后观察其响应。

注意： 默认情况下，DefaultFormatter 是覆写模式，这与其他格式器很不相同，并且不是非常有用。调用 setOverwriteMode(false) 可以关闭覆写模式。

最后，MaskFormatter 对于包含部分常量和部分变量字符的固定尺寸的模式是非常有用的。例如，社会保障号（例如，078-05-1120）可以用下面的格式器进行格式化：

```
new MaskFormatter("###-##-####")
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

其中 # 符号表示单个数字，表 6-3 展示了可以在掩码格式器中使用的各种符号。

我们可以通过调用 MaskFormatter 类的下列方法之一来限制可以键入到文本框中的字符：

```
setValidCharacters
setInvalidCharacters
```

例如，要读入用字母表示的成绩（例如 A+ 或 F），可以执行下面的语句：

```
MaskFormatter formatter = new MaskFormatter("U*");
formatter.setValidCharacters("ABCDF+- ");
```

但是，没有办法可以指定第二个字符不能是字母。

表 6-3 MaskFormatter 符号

符 号	解 释
#	一个数字
?	一个字母
U	一个字母，转换为大写
L	一个字母，转换为小写
A	一个字母或数字
H	一个十六进制数字[0-9A-Fa-f]
*	任何字符
'	在模式中包含的转义字符

请注意，由掩码格式器格式化的字符串与掩码有严格相同的长度。如果用户在编辑时删除了某些字符，那么它们就会被占位符所替换。默认的占位符是空格，但是可以用 setPlaceholderCharacter 方法来改变它，例如：

```
formatter.setPlaceholderCharacter('0');
```

默认情况下，掩码格式器处于覆写模式，这很直观，所以运行示例程序来观察它。同时还要注意脱字符的位置会跳过掩码中的固定字符。

掩码格式器对于像社会保障号或美国电话号码这样的严格模式来说显得非常有效。但是，请注意，掩码模式中不允许有任何变体。例如，不能将掩码格式器用于国际电话号码，因为它们的位数并不固定。

6. 定制格式器

如果所有的标准格式器都不适用，那么我们可以很方便地定义自己的格式器。请考虑 4 字节的 IP 地址，例如：

```
130.65.86.66
```

我们不能使用 MaskFormatter，因为每个字节都可以由 1 个、2 个或 3 个数字表示。而且，我们希望格式器能够检查每个字节的值最大不能超过 255。

要定义自己的格式器，需要扩展 DefaultFormatter 类，并覆盖下面的方法：

```
String valueToString(Object value)
Object stringToValue(String text)
```

第一个方法将文本框的值转换为显示在其中的字符串；第二个方法解析用户键入的文本，并将其转换回对象。这两个方法只要发现了错误，就应该抛出 ParseException。

在示例程序中，我们用长度为 4 的 byte[] 数组存储 IP 地址。valueToString 方法将构建由这些字节构成的字符串，其中字节与字节之间由句点隔开。注意，byte 值是有符号的，取值范围位于 − 128 与 127 之间（例如，在 IP 地址 130.65.86.66 中，第一个八位实际上是表示 − 126 的字节）。要想将负的字节值转换为无符号的整数值，需要加上 256。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
public String valueToString(Object value) throws ParseException
{
   if (!(value instanceof byte[]))
      throw new ParseException("Not a byte[]", 0);
   byte[] a = (byte[]) value;
   if (a.length != 4)
       throw new ParseException("Length != 4", 0);
   StringBuilder builder = new StringBuilder();
   for (int i = 0; i < 4; i++)
   {
      int b = a[i];
      if (b < 0) b += 256;
      builder.append(String.valueOf(b));
      if (i < 3) builder.append('.');
   }
   return builder.toString();
}
```

反过来，stringToValue 方法解析这个字符串，并且在该字符串有效的情况下产生一个 byte[] 对象。如果该字符串无效，则抛出 ParseException。

```
public Object stringToValue(String text) throws ParseException
{
   StringTokenizer tokenizer = new StringTokenizer(text, ".");
   byte[] a = new byte[4];
   for (int i = 0; i < 4; i++)
   {
      int b = 0;
      try
      {
         b = Integer.parseInt(tokenizer.nextToken());
      }
      catch (NumberFormatException e)
      {
         throw new ParseException("Not an integer", 0);
      }
      if (b < 0 || b >= 256)
         throw new ParseException("Byte out of range", 0);
      a[i] = (byte) b;
   }
   return a;
}
```

在示例程序中试验一下 IP 地址文本框，如果你键入了无效的地址，那么这个文本框就会恢复到最后一个有效的地址，完整的格式器见程序清单 6-22。

程序清单 6-20 展示了各种格式化的文本框（参见图 6-37），点击 OK 按钮可以从这些文本框中获取当前的值。

注意：“Swing Connection”在线通讯有一篇短文描述了一个可以与任何正则表达式匹配的格式器。参见 http://www.oracle.com/technetwork/java/reftf-138955.html。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

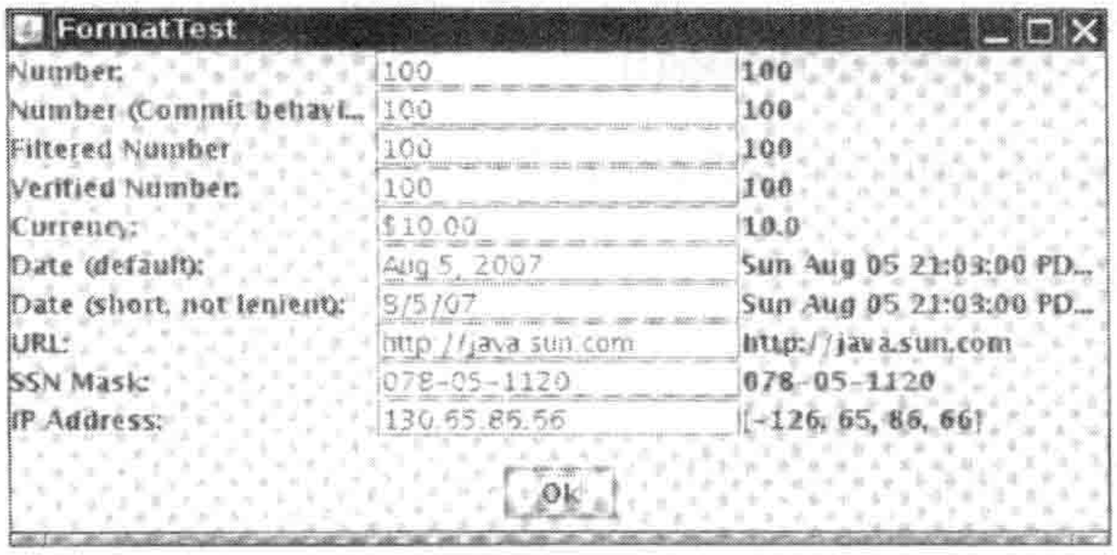


图 6-37 FormatTest 程序

程序清单 6-20 textFormat/FormatTestFrame.java

```
1  package textFormat;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.net.*;
6  import java.text.*;
7  import java.util.*;
8  import javax.swing.*;
9  import javax.swing.text.*;
10 /**
11  * A frame with a collection of formatted text fields and a button that displays the field values.
12  */
13 public class FormatTestFrame extends JFrame
14 {
15    private DocumentFilter filter = new IntFilter();
16    private JButton okButton;
17    private JPanel mainPanel;
18
19    public FormatTestFrame()
20    {
21       JPanel buttonPanel = new JPanel();
22       okButton = new JButton("Ok");
23       buttonPanel.add(okButton);
24       add(buttonPanel, BorderLayout.SOUTH);
25
26       mainPanel = new JPanel();
27       mainPanel.setLayout(new GridLayout(0, 3));
28       add(mainPanel, BorderLayout.CENTER);
29
30       JFormattedTextField intField = new JFormattedTextField(NumberFormat.getIntegerInstance());
31       intField.setValue(new Integer(100));
32       addRow("Number:", intField);
33
34       JFormattedTextField intField2 = new JFormattedTextField(NumberFormat.getIntegerInstance());
35       intField2.setValue(new Integer(100));
36       intField2.setFocusLostBehavior(JFormattedTextField.COMMIT);
37       addRow("Number (Commit behavior):", intField2);
38
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
39          JFormattedTextField intField3 = new JFormattedTextField(new InternationalFormatter(
40                NumberFormat.getIntegerInstance())
41             {
42                protected DocumentFilter getDocumentFilter()
43                {
44                   return filter;
45                }
46             });
47          intField3.setValue(new Integer(100));
48          addRow("Filtered Number", intField3);
49
50          JFormattedTextField intField4 = new JFormattedTextField(NumberFormat.getIntegerInstance());
51          intField4.setValue(new Integer(100));
52          intField4.setInputVerifier(new InputVerifier()
53             {
54                public boolean verify(JComponent component)
55                {
56                   JFormattedTextField field = (JFormattedTextField) component;
57                   return field.isEditValid();
58                }
59             });
60          addRow("Verified Number:", intField4);
61
62          JFormattedTextField currencyField = new JFormattedTextField(NumberFormat
63                .getCurrencyInstance());
64          currencyField.setValue(new Double(10));
65          addRow("Currency:", currencyField);
66
67          JFormattedTextField dateField = new JFormattedTextField(DateFormat.getDateInstance());
68          dateField.setValue(new Date());
69          addRow("Date (default):", dateField);
70
71          DateFormat format = DateFormat.getDateInstance(DateFormat.SHORT);
72          format.setLenient(false);
73          JFormattedTextField dateField2 = new JFormattedTextField(format);
74          dateField2.setValue(new Date());
75          addRow("Date (short, not lenient):", dateField2);
76
77          try
78          {
79             DefaultFormatter formatter = new DefaultFormatter();
80             formatter.setOverwriteMode(false);
81             JFormattedTextField urlField = new JFormattedTextField(formatter);
82             urlField.setValue(new URL("http://java.sun.com"));
83             addRow("URL:", urlField);
84          }
85          catch (MalformedURLException ex)
86          {
87             ex.printStackTrace();
88          }
89
90          try
91          {
92             MaskFormatter formatter = new MaskFormatter("###-##-####");
93             formatter.setPlaceholderCharacter('0');
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
94          JFormattedTextField ssnField = new JFormattedTextField(formatter);
95          ssnField.setValue("078-05-1120");
96          addRow("SSN Mask:", ssnField);
97       }
98       catch (ParseException ex)
99       {
100         ex.printStackTrace();
101      }
102
103      JFormattedTextField ipField = new JFormattedTextField(new IPAddressFormatter());
104      ipField.setValue(new byte[] { (byte) 130, 65, 86, 66 });
105      addRow("IP Address:", ipField);
106      pack();
107   }
108
109   /**
110    * Adds a row to the main panel.
111    * @param labelText the label of the field
112    * @param field the sample field
113    */
114   public void addRow(String labelText, final JFormattedTextField field)
115   {
116      mainPanel.add(new JLabel(labelText));
117      mainPanel.add(field);
118      final JLabel valueLabel = new JLabel();
119      mainPanel.add(valueLabel);
120      okButton.addActionListener(new ActionListener()
121         {
122            public void actionPerformed(ActionEvent event)
123            {
124               Object value = field.getValue();
125               Class<?> cl = value.getClass();
126               String text = null;
127               if (cl.isArray())
128               {
129                  if (cl.getComponentType().isPrimitive())
130                  {
131                     try
132                     {
133                        text = Arrays.class.getMethod("toString", cl).invoke(null, value)
134                              .toString();
135                     }
136                     catch (ReflectiveOperationException ex)
137                     {
138                        // ignore reflection exceptions
139                     }
140                  }
141                  else text = Arrays.toString((Object[]) value);
142               }
143               else text = value.toString();
144               valueLabel.setText(text);
145            }
146         });
147   }
148 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 6-21 textFormat/IntFilter.java

```
1  package textFormat;
2
3  import javax.swing.text.*;
4
5  /**
6   * A filter that restricts input to digits and a '-' sign.
7   */
8  public class IntFilter extends DocumentFilter
9  {
10    public void insertString(FilterBypass fb, int offset, String string, AttributeSet attr)
11          throws BadLocationException
12    {
13       StringBuilder builder = new StringBuilder(string);
14       for (int i = builder.length() - 1; i >= 0; i--)
15       {
16          int cp = builder.codePointAt(i);
17          if (!Character.isDigit(cp) && cp != '-')
18          {
19             builder.deleteCharAt(i);
20             if (Character.isSupplementaryCodePoint(cp))
21             {
22                i--;
23                builder.deleteCharAt(i);
24             }
25          }
26       }
27       super.insertString(fb, offset, builder.toString(), attr);
28    }
29
30    public void replace(FilterBypass fb, int offset, int length, String string, AttributeSet attr)
31          throws BadLocationException
32    {
33       if (string != null)
34       {
35          StringBuilder builder = new StringBuilder(string);
36          for (int i = builder.length() - 1; i >= 0; i--)
37          {
38             int cp = builder.codePointAt(i);
39             if (!Character.isDigit(cp) && cp != '-')
40             {
41                builder.deleteCharAt(i);
42                if (Character.isSupplementaryCodePoint(cp))
43                {
44                   i--;
45                   builder.deleteCharAt(i);
46                }
47             }
48          }
49          string = builder.toString();
50       }
51       super.replace(fb, offset, length, string, attr);
52    }
53 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 6-22 textFormat/IPAddressFormatter.java

```
1  package textFormat;
2
3  import java.text.*;
4  import java.util.*;
5  import javax.swing.text.*;
6
7  /**
8   * A formatter for 4-byte IP addresses of the form a.b.c.d
9   */
10 public class IPAddressFormatter extends DefaultFormatter
11 {
12    public String valueToString(Object value) throws ParseException
13    {
14       if (!(value instanceof byte[])) throw new ParseException("Not a byte[]", 0);
15       byte[] a = (byte[]) value;
16       if (a.length != 4) throw new ParseException("Length != 4", 0);
17       StringBuilder builder = new StringBuilder();
18       for (int i = 0; i < 4; i++)
19       {
20          int b = a[i];
21          if (b < 0) b += 256;
22          builder.append(String.valueOf(b));
23          if (i < 3) builder.append('.');
24       }
25       return builder.toString();
26    }
27    public Object stringToValue(String text) throws ParseException
28    {
29       StringTokenizer tokenizer = new StringTokenizer(text, ".");
30       byte[] a = new byte[4];
31       for (int i = 0; i < 4; i++)
32       {
33          int b = 0;
34          if (!tokenizer.hasMoreTokens()) throw new ParseException("Too few bytes", 0);
35          try
36          {
37             b = Integer.parseInt(tokenizer.nextToken());
38          }
39          catch (NumberFormatException e)
40          {
41             throw new ParseException("Not an integer", 0);
42          }
43          if (b < 0 || b >= 256) throw new ParseException("Byte out of range", 0);
44          a[i] = (byte) b;
45       }
46       if (tokenizer.hasMoreTokens()) throw new ParseException("Too many bytes", 0);
47       return a;
48    }
49 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API javax.swing.JFormattedTextField 1.4

- JFormattedTextField(Format fmt)
  构建使用指定格式的文本框。
- JFormattedTextField(JFormattedTextField.AbstractFormatter formatter)
  构建使用指定格式器的文本框。注意，DefaultFormatter 和 InternationalFormatter 都是 JFormattedTextField.AbstractFormatter 的子类。
- Object getValue()
  返回文本框当前的有效值。注意，它可能并不对应于正在编辑的字符串。
- void setValue(Object value)
  尝试设置给定对象的值。如果格式器不能将该对象转换为字符串，则尝试失败。
- void commitEdit()
  尝试从编辑的字符串中设置文本框的有效值。如果格式器不能转换该字符串，则该尝试可能失败。
- boolean isEditValid()
  检查编辑的字符串表示的是否是一个有效值。
- int getFocusLostBehavior()
- void setFocusLostBehavior(int behavior)
  获取或设置“失去焦点”的行为。表示该行为的合法值是 JFormattedTextField 类的常量 COMMIT_OR_REVERT、REVERT、COMMIT 和 PERSIST。

API javax.swing.JFormattedTextField.AbstractFormatter 1.4

- abstract String valueToString(Object value)
  将值转换为可编辑的字符串。如果值并不适用于这个格式器，则抛出 ParseException。
- abstract Object stringToValue(String s)
  将字符串转换为值。如果 s 格式不合适，则抛出 ParseException。
- DocumentFilter getDocumentFilter()
  覆盖该方法以提供可以限制该文本框输入的文档过滤器。null 返回值表示不需要任何过滤机制。

API javax.swing.text.DefaultFormatter 1.3

- boolean getOverwriteMode()
- void setOverwriteMode(boolean mode)
  获取或设置覆写模式。如果确实处于覆写模式，那么在编辑文本时，新字符会覆写现有字符。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API javax.swing.text.DocumentFilter 1.4

- void insertString(DocumentFilter.FilterBypass bypass, int offset, String text, AttributeSet attrib)

在字符串插入到文档中之前被调用。可以覆盖该方法并修改字符串。可以禁止插入，方法是不要调用 super.insertString 方法，或者是调用 bypass 方法来修改没有过滤机制的文档。

参数：bypass	这是一个允许我们执行绕开过滤器的编辑命令的对象
offset	插入文本处的偏移量
text	待插入的字符
attrib	待插入文本的格式化属性

- void replace(DocumentFilter.FilterBypass bypass, int offset, int length, String text, AttributeSet attrib)

在文档的部分内容被替换为新字符串之前被调用。可以覆盖该方法并修改字符串。可以禁止替换，方法是不要调用 super.replace，或者是调用 bypass 方法来修改没有过滤机制的文档。

参数：bypass	这是一个允许我们执行绕开过滤器的编辑命令的对象
offset	插入文本处的偏移量
length	被替换部分的长度
text	待插入的字符
attrib	待插入文本的格式化属性

- void remove(DocumentFilter.FilterBypass bypass, int offset, int length)

在文本的部分内容被删除之前被调用。如果需要分析移除的效果，可以通过调用 bypass.getDocument() 来获取该文档。

参数：bypass	这是一个允许我们执行绕开过滤器的编辑命令的对象
offset	待移除部分的偏移量
length	待移除部分的长度

API javax.swing.text.MaskFormatter 1.4

- MaskFormatter(String mask)

用给定的掩码构建掩码格式器。参见表 6-3 以了解掩码中的符号。

- String getValidCharacters()
- void setValidCharacters(String characters)

获取或设置有效的编辑字符。对于掩码中的可变部分，只有位于给定字符串中的字符才是可接受的。

- String getInvalidCharacters()

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- void setInvalidCharacters(String characters)
  获取或设置无效的编辑字符。在给定字符串中的任何字符都不能作为输入接受。
- char getPlaceholderCharacter()
- void setPlaceholderCharacter(char ch)
  获取或设置占位字符，这些字符用作用户未提供的掩码中的可变字符。默认的占位符是空格。
- String getPlaceholder()
- void setPlaceholder(String s)
  获取或设置占位字符串。如果用户没有提供掩码中的所有可变字符，那么就会使用该字符串的末端。如果该字符串为 null，或者比掩码短，那么占位符就会填充剩余的输入。
- boolean getValueContainsLiteralCharacters()
- void setValueContainsLiteralCharacters(boolean b)
  获取或设置“值包含字面常量字符”标志。如果该标志为 true，那么该文本框的值就包含掩码中的字面常量（不可变）部分。如果该标志为 false，那么字面常量字符将被移除。其默认值为 true。

6.4.3 JSpinner 构件

JSpinner 是包含一个文本框以及两个在文本框旁边的小按钮的构件。当点击按钮时，文本框的值就会递增或递减（参见图 6-38）。

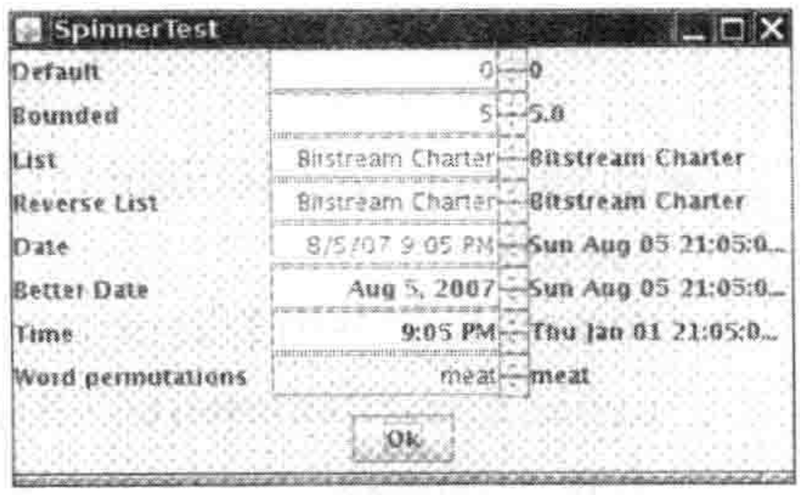


图 6-38 JSpinner 构件的数种变体

微调器中的值可以是数字、日期、列表中的值，或者是更为普遍的情况，即前驱和后继可以确定的任何值序列。JSpinner 类为前三种情况定义了标准的数据模型。我们可以定义自己的数据模型来描述任意的序列。

默认情况下，微调器管理着一个整数，并且两个按钮将对其按照 1 进行递增和递减。可以通过调用 getValue 方法来获取当前值，这个方法将返回一个 Object，应该将其转型为 Integer 并获取其中包装的值。

```
JSpinner defaultSpinner = new JSpinner();
. . .
int value = (Integer) defaultSpinner.getValue();
```

我们可以将递增的值修改为 1 之外的值，还可以提供递增的上界和下界。下面的微调器的初始值为 5，边界为 0 到 10，每次递增 0.5：

```
JSpinner boundedSpinner = new JSpinner(new SpinnerNumberModel(5, 0, 10, 0.5));
```

SpinnerNumberModel 有两个构造器，其中一个只有 int 参数，而另一个有 double 参数。只要有参数是浮点数，就会使用第二个构造器，它会将微调器的值设置为 Double 对象。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

微调器并未限制为只能是数字型值，我们可以用微调器迭代任何值集合，只需将一个 SpinnerListModel 传递给 JSpinner 构造器即可。我们可以从数组或实现了 List 接口的类（例如 ArrayList）中构建 SpinnerListModel。在示例程序中，我们显示了一个微调控制器，它的值是所有可用的字体名。

```
String[] fonts = GraphicsEnvironment.getLocalGraphicsEnvironment().getAvailableFontFamilyNames();
JSpinner listSpinner = new JSpinner(new SpinnerListModel(fonts));
```

但是，我们发现迭代的方向略有些令人疑惑，因为它与用户关于组合框的体验相关。在组合框中，较高的值在较低的值的下面，因此，我们用向下箭头来导航到较高的值。但是微调器将递增数组索引，使得向上箭头可以产生较高的值。在 SpinnerListModel 中没有用于颠倒遍历顺序的方法，但是临时创建一个匿名子类就可以产生想要的结果：

```
JSpinner reverseListSpinner = new JSpinner(
   new SpinnerListModel(fonts)
   {
      public Object getNextValue()
      {
         return super.getPreviousValue();
      }
   public Object getPreviousValue()
   {
      return super.getNextValue();
   }
});
```

试运行这两个版本，看看哪一个更直观些。

微调器的另一个大显身手之处是可以让用户递增或递减的日期。用下面的调用就可以获得这样的微调器，并用当日的时间进行初始化。

```
JSpinner dateSpinner = new JSpinner(new SpinnerDateModel());
```

但是，如果你仔细查看图 6-38，就会发现微调器文本同时显示了日期和时间，例如

```
8/05/07 9:05 PM
```

时间对于日期选择器来说没有任何意义，而让微调器只显示日期被证明有些困难，下面就是这样的“魔咒”：

```
JSpinner betterDateSpinner = new JSpinner(new SpinnerDateModel());
String pattern = ((SimpleDateFormat) DateFormat.getDateInstance()).toPattern();
betterDateSpinner.setEditor(new JSpinner.DateEditor(betterDateSpinner, pattern));
```

使用相同的方法，还可以创建一个时间选择器

```
JSpinner timeSpinner = new JSpinner(new SpinnerDateModel());
pattern = ((SimpleDateFormat) DateFormat.getTimeInstance(DateFormat.SHORT)).toPattern();
timeSpinner.setEditor(new JSpinner.DateEditor(timeSpinner, pattern));
```

通过定义自己的微调器模型，你可以在微调器中显示任意的序列。在示例程序中，我们用一个微调器迭代了字符串“meat”的所有排列。你可以通过点击微调器按钮来获取“mate”、“meta”、“team”以及其他 20 种排列。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在定义自己的模型时，需要扩展 AbstractSpinnerModel 类并定义下面的 4 个方法：

```
Object getValue()
void setValue(Object value)
Object getNextValue()
Object getPreviousValue()
```

getValue 方法将返回模型存储的值，而 setValue 方法则把这个值设置为新值，如果新值并不适合用于设置，则该方法会抛出 IllegalArgumentException。

警告： setValue 方法必须在设置新值之后调用 fireStateChanged 方法，否则，微调器文本框并不会更新。

getNextValue 和 getPreviousValue 方法将分别位于返回当前值之后和之前的值，或者在到达遍历的终点时返回 null。

警告： getNextValue 和 getPreviousValue 方法不应该改变当前值。当用户点击微调器的向上箭头时，getNextValue 方法就会被调用。如果其返回值不是 null，微调器的值会通过一个对 setValue 的调用进行设置。

在示例程序中，我们使用了标准的算法来确定下一个和前一个排列，而这个算法的细节并不重要（见程序清单 6-24）。

程序清单 6-23 展示了如何生成各种不同的微调器类型，请点击 Ok 按钮以观察微调器的值。

程序清单 6-23 spinner/SpinnerFrame.java

```
1  package spinner;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.text.*;
6  import javax.swing.*;
7
8  /**
9   * A frame with a panel that contains several spinners and a button that displays the spinner
10  * values.
11  */
12 public class SpinnerFrame extends JFrame
13 {
14    private JPanel mainPanel;
15    private JButton okButton;
16
17    public SpinnerFrame()
18    {
19       JPanel buttonPanel = new JPanel();
20       okButton = new JButton("Ok");
21       buttonPanel.add(okButton);
22       add(buttonPanel, BorderLayout.SOUTH);
23
24       mainPanel = new JPanel();
25       mainPanel.setLayout(new GridLayout(0, 3));
26       add(mainPanel, BorderLayout.CENTER);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
27          JSpinner defaultSpinner = new JSpinner();
28          addRow("Default", defaultSpinner);
29
30          JSpinner boundedSpinner = new JSpinner(new SpinnerNumberModel(5, 0, 10, 0.5));
31          addRow("Bounded", boundedSpinner);
32
33          String[] fonts = GraphicsEnvironment.getLocalGraphicsEnvironment()
34                .getAvailableFontFamilyNames();
35
36          JSpinner listSpinner = new JSpinner(new SpinnerListModel(fonts));
37          addRow("List", listSpinner);
38
39          JSpinner reverseListSpinner = new JSpinner(new SpinnerListModel(fonts)
40             {
41                public Object getNextValue() { return super.getPreviousValue(); }
42                public Object getPreviousValue() { return super.getNextValue(); }
43             });
44          addRow("Reverse List", reverseListSpinner);
45
46          JSpinner dateSpinner = new JSpinner(new SpinnerDateModel());
47          addRow("Date", dateSpinner);
48
49          JSpinner betterDateSpinner = new JSpinner(new SpinnerDateModel());
50          String pattern = ((SimpleDateFormat) DateFormat.getDateInstance()).toPattern();
51          betterDateSpinner.setEditor(new JSpinner.DateEditor(betterDateSpinner, pattern));
52          addRow("Better Date", betterDateSpinner);
53
54          JSpinner timeSpinner = new JSpinner(new SpinnerDateModel());
55          pattern = ((SimpleDateFormat) DateFormat.getTimeInstance(DateFormat.SHORT)).toPattern();
56          timeSpinner.setEditor(new JSpinner.DateEditor(timeSpinner, pattern));
57          addRow("Time", timeSpinner);
58
59          JSpinner permSpinner = new JSpinner(new PermutationSpinnerModel("meat"));
60          addRow("Word permutations", permSpinner);
61          pack();
62       }
63
64       /**
65        * Adds a row to the main panel.
66        * @param labelText the label of the spinner
67        * @param spinner the sample spinner
68        */
69       public void addRow(String labelText, final JSpinner spinner)
70       {
71          mainPanel.add(new JLabel(labelText));
72          mainPanel.add(spinner);
73          final JLabel valueLabel = new JLabel();
74          mainPanel.add(valueLabel);
75          okButton.addActionListener(new ActionListener()
76             {
77                public void actionPerformed(ActionEvent event)
78                {
79                   Object value = spinner.getValue();
80                   valueLabel.setText(value.toString());
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
81                }
82             });
83       }
84    }
```

程序清单 6-24 spinner/PermutationSpinnerModel.java

```
1  package spinner;
2
3  import javax.swing.*;
4
5  /**
6   * A model that dynamically generates word permutations.
7   */
8  public class PermutationSpinnerModel extends AbstractSpinnerModel
9  {
10    private String word;
11
12    /**
13     * Constructs the model.
14     * @param w the word to permute
15     */
16    public PermutationSpinnerModel(String w)
17    {
18       word = w;
19    }
20
21    public Object getValue()
22    {
23       return word;
24    }
25
26    public void setValue(Object value)
27    {
28       if (!(value instanceof String)) throw new IllegalArgumentException();
29       word = (String) value;
30       fireStateChanged();
31    }
32
33    public Object getNextValue()
34    {
35       int[] codePoints = toCodePointArray(word);
36
37       for (int i = codePoints.length - 1; i > 0; i--)
38       {
39          if (codePoints[i - 1] < codePoints[i])
40          {
41             int j = codePoints.length - 1;
42             while (codePoints[i - 1] > codePoints[j])
43                j--;
44             swap(codePoints, i - 1, j);
45             reverse(codePoints, i, codePoints.length - 1);
46             return new String(codePoints, 0, codePoints.length);
47          }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
48         }
49         reverse(codePoints, 0, codePoints.length - 1);
50         return new String(codePoints, 0, codePoints.length);
51      }
52
53      public Object getPreviousValue()
54      {
55         int[] codePoints = toCodePointArray(word);
56         for (int i = codePoints.length - 1; i > 0; i--)
57         {
58            if (codePoints[i - 1] > codePoints[i])
59            {
60               int j = codePoints.length - 1;
61               while (codePoints[i - 1] < codePoints[j])
62                  j--;
63               swap(codePoints, i - 1, j);
64               reverse(codePoints, i, codePoints.length - 1);
65               return new String(codePoints, 0, codePoints.length);
66            }
67         }
68         reverse(codePoints, 0, codePoints.length - 1);
69         return new String(codePoints, 0, codePoints.length);
70      }
71
72      private static int[] toCodePointArray(String str)
73      {
74         int[] codePoints = new int[str.codePointCount(0, str.length())];
75         for (int i = 0, j = 0; i < str.length(); i++, j++)
76         {
77            int cp = str.codePointAt(i);
78            if (Character.isSupplementaryCodePoint(cp)) i++;
79            codePoints[j] = cp;
80         }
81         return codePoints;
82      }
83      private static void swap(int[] a, int i, int j)
84      {
85         int temp = a[i];
86         a[i] = a[j];
87         a[j] = temp;
88      }
89
90      private static void reverse(int[] a, int i, int j)
91      {
92         while (i < j)
93         {
94            swap(a, i, j);
95            i++;
96            j--;
97         }
98      }
99   }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API javax.swing.JSpinner 1.4

- JSpinner()

  构建一个微调器，它可以编辑从0开始、每次递增1，并且没有边界的整数值。

- JSpinner(SpinnerModel model)

  构建一个微调器，它将使用给定的数据模型。

- Object getValue()

  获取微调器的当前值。

- void setValue(Object value)

  尝试着设置微调器的值，如果模型不接受这个值，将抛出IllegalArgumentException。

- void setEditor(JComponent editor)

  设置用于编辑微调器值的构件。

API javax.swing.SpinnerNumberModel 1.4

- SpinnerNumberModel(int initval, int minimum, int maximum, int stepSize)
- SpinnerNumberModel(double initval, double minimum, double maximum, double stepSize)

  这些构造器将产生一个管理Integer或Double类型值的数字模型。可以用Integer或Double类的MIN_VALUE和MAX_VALUE常量来表示不受边界限制的值。

  参数：initval　　值的间距
  　　minimum　　最小值
  　　maximum　　最大值
  　　stepSize　　每次微调的递增或递减量

API javax.swing.SpinnerListModel 1.4

- SpinnerListModel(Object[] values)
- SpinnerListModel(List values)

  这些构造器将产生从给定的值中选择一个值的模型。

API javax.swing.SpinnerDateModel 1.4

- SpinnerDateModel()

  用当日的日期作为初始值构建一个日期模型，在该模型中没有上界和下界，其递增量为Calendar.DAY_OF_MONTH。

- SpinnerDateModel(Date initval, Comparable minimum, Comparable maximum, int step)

  参数：initval　　初始值

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

minimum	最小值，在不希望有下界时为 null
maximum	最大值，在不希望有上界时为 null
step	每次微调递增或递减的日期，它的值是 Calendar 类的常量 ERA、YEAR、MONTH、WEEK_OF_YEAR、WEEK_OF_MONTH、DAY_OF_MONTH、DAY_OF_YEAR、DAY_OF_WEEK、DAY_OF_WEEK_IN_MONTH、AM_PM、HOUR、HOUR_OF_DAY、MINUTE、SECOND 或 MILLISECOND 之一

API java.text.SimpleDateFormat 1.1

- String toPattern() 1.2

  获取用于这个日期格式器的编辑模式。典型的模式为“yyyy-MM-dd”，参见 Java SE 文档以了解关于该模式的详细信息。

API javax.swing.JSpinner.DateEditor 1.4

- DateEditor(JSpinner spinner, String pattern)

  构建一个用于微调器的日期编辑器。

  参数：spinner　该编辑器所属的微调器

  　　pattern　用于相关联的 SimpleDateFormat 的格式化模式

API javax.swing.AbstractSpinnerModel 1.4

- Object getValue()

  获取该模型的当前值。

- void setValue(Object value)

  尝试着设置用于该模型的新值。如果这个值不可接受，则抛出 IllegalArgumentException。当覆盖该方法时，应该在设置新值之后调用 fireStateChanged。

- Object getNextValue()
- Object getPreviousValue()

  计算（但不是设置）该模型所定义的序列中的下一个和前一个值。

6.4.4 用 JEditorPane 显示 HTML

与之前我们讨论的文本构件不同，JEditorPane 能够以 HTML 和 RTF 的格式显示和编辑文本。（RTF 即“富文本格式”，是许多微软应用进行文档交换的格式。它是一种弱文档格式，即使在微软自己的应用之间也无法很好地运行。在本书中我们将不介绍 RTF 的应用。）

坦白地说，JEditorPane 的功能还不尽如人意。HTML 绘制器只能显示简单的文件，但是对于在 Web 上经常出现的复杂页面，它往往难于处理。HTML 编辑器不仅功能有限，而且还不稳定。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

JEditorPane 看似合理的一种应用就是以 HTML 的形式显示程序的帮助文档。因为你可以控制你提供的帮助文件，所以可以避开 JEditorPane 不能很好显示的特性。

注意： 如果想获得有关业界强度的帮助系统的更多信息，请到网站 http://javahelp.java.net 上查看 JavaHelp。

程序清单 6-25 中的程序代码包含一个编辑器面板，用于显示 HTML 页面的内容。在文本框中键入一个 URL，该 URL 必须以 http: 或 file: 开头，接着点击 Load 按钮，选定的 HTML 页面就会显示到编辑器面板中（参见图 6-39）。

图 6-39 显示一个 HTML 页面的编辑器面板

该超链接是活动的：如果你点击一个链接，该应用程序就将其载入。Back 按钮可以返回前一页面。

这个程序实际上是一个非常简单的浏览器。当然，它并不具有你期望从商业浏览器可获得的任何舒适特性，例如页面缓冲或者书签列表等。该编辑器面板甚至不能显示 Applet。

如果你点击 Editable 复选框，那么编辑器面板就会成为可编辑的。你可以键入文本，并且可以使用 BACKSPACE 键删除文本。该构件还能够理解用于剪切、复制以及粘贴的 CTRL+X、CTRL+C 以及 CTRL+V 快捷键。不过，还必须进行一些编程来添加对字体和格式的支持。

当该构件变成可编辑的之后，超链接就不是活动的了。另外，对于一些 Web 页面，在启动编辑模式的时候（参见图 6-40），你可以看到 JavaScript 命令、注释以及其他一些标签。这个示例程序可以让你查看到编辑的特性，但是我们建议在程序中忽略这些特性。

提示： 在默认情况下，JEditorPane 是处于编辑模式的。可以调用 editorPane.setEditable(false) 将其关闭。

在该示例程序中所看到的编辑器面板的一些特性是很容易使用的，可以使用 setPage 方法载入一个新文档。例如，

```
JEditorPane editorPane = new JEditorPane();
editorPane.setPage(url);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

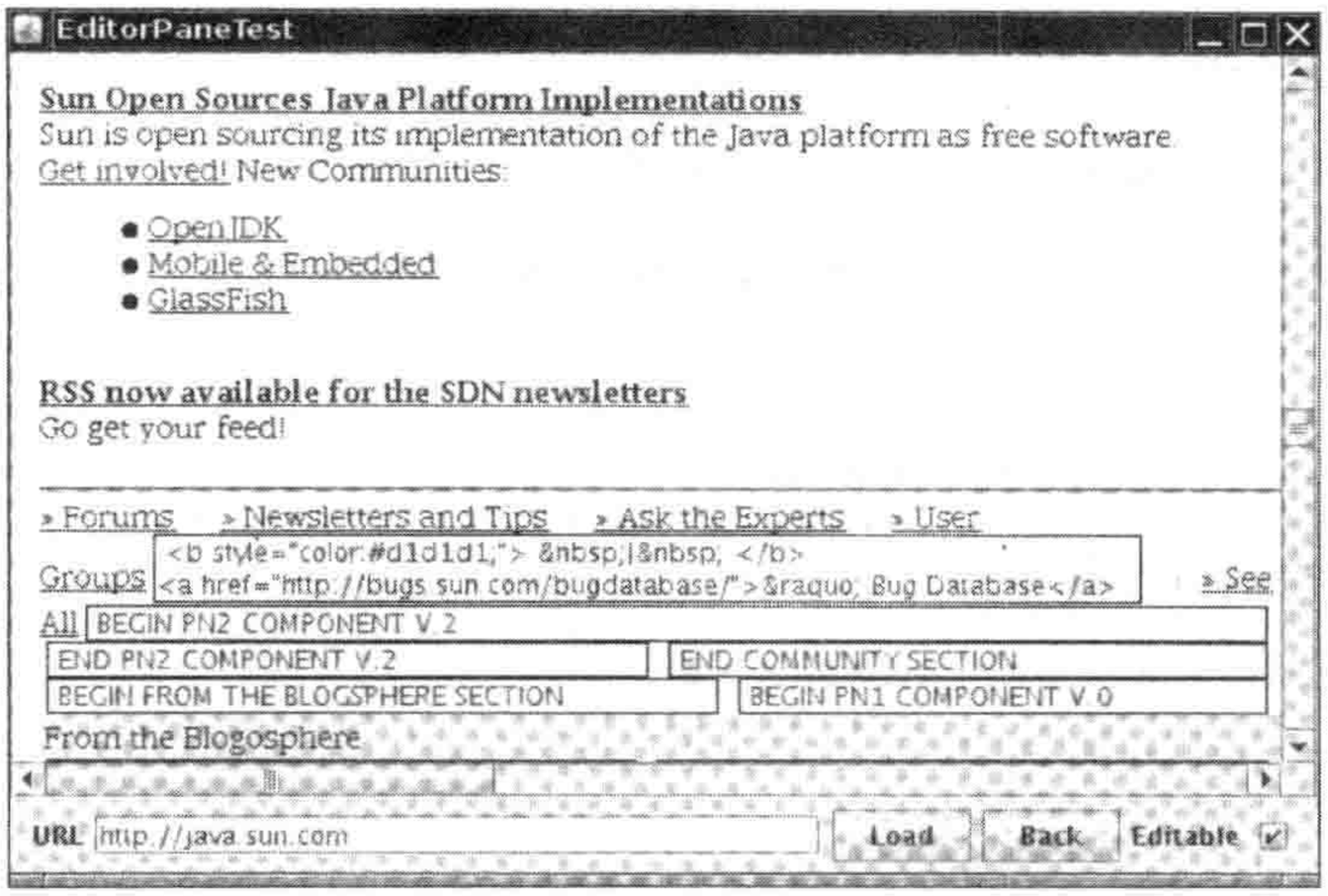


图 6-40 处于编辑模式的编辑器面板

其参数要么是一个字符串，要么是一个 URL 对象。JEditorPane 类继承了 JTextComponent 类。因此，也可以调用只能显示纯文本的 setText 方法。

提示： 关于 setPage 是否是在一个单独的线程中载入一个新的文档，它的 API 文档写得也不是很清楚（这也是通常认为 JEditorPane 不成功的原因所在）。不过，可以使用下面几条语句在强制一个单独线程中载入：

```
AbstractDocument doc = (AbstractDocument) editorPane.getDocument();
doc.setAsynchronousLoadPriority(0);
```

为了监听超链接的点击事件，需要添加一个 HyperlinkListener。HyperlinkListener 接口只有一个单一方法 hyperlinkUpdate，当用户移到或点击一个超链接的时候，该方法就会被调用。该方法接收一个类型为 HyperlinkEvent 的数据作为参数。

需要调用 getEventType 方法以确定发生了什么类型的事件。下面是三种可能的返回值：

```
HyperlinkEvent.EventType.ACTIVATED
HyperlinkEvent.EventType.ENTERED
HyperlinkEvent.EventType.EXITED
```

第一个值表明用户点击了该超链接。在这种情况下，通常希望打开一个新的链接，可以使用第二个值和第三个值提供可视化的反馈信息，例如，当鼠标停留在一个链接上面，提供一个工具提示。

注意： 至于为什么在 HyperlinkListener 接口里面不用 3 个独立的方法来处理启动、进入和退出，完全是一件神秘的事情。

HyperlinkEvent 类的 getURL 方法返回超链接的 URL。例如，下面展示了怎样安装一个超链接监听器追踪用户激活的链接：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
editorPane.addHyperlinkListener(new
   HyperlinkListener()
   {
      public void hyperlinkUpdate(HyperlinkEvent event)
      {
         if (event.getEventType() == HyperlinkEvent.EventType.ACTIVATED)
         {
            try
            {
               editorPane.setPage(event.getURL());
            }
            catch (IOException e)
            {
               editorPane.setText("Exception: " + e);
            }
         }
      }
   });
```

事件处理器直接获得 URL，并更新编辑器面板。setPage 方法可以抛出一个 IOException 异常，在这种情况下，我们将一条错误消息作为纯文本进行显示。

程序清单 6-25 展示了构建一个 HTML 帮助系统所需的全部特性。从本质上讲，JEditorPane 比树和表格构件都要复杂。不过，如果不需要编写定制文本格式的文本编辑器或者绘制器，这些复杂性就会自动对你隐藏起来了。

程序清单 6-25 editorPane/EditorPaneFrame.java

```
1  package editorPane;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.io.*;
6  import java.util.*;
7  import javax.swing.*;
8  import javax.swing.event.*;
9
10 /**
11  * This frame contains an editor pane, a text field and button to enter a URL and load a document,
12  * and a Back button to return to a previously loaded document.
13  */
14 public class EditorPaneFrame extends JFrame
15 {
16    private static final int DEFAULT_WIDTH = 600;
17    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 400;
18
19    public EditorPaneFrame()
20    {
21       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
22
23       final Stack<String> urlStack = new Stack<>();
24       final JEditorPane editorPane = new JEditorPane();
25       final JTextField url = new JTextField(30);
26
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
27          // set up hyperlink listener
28
29          editorPane.setEditable(false);
30          editorPane.addHyperlinkListener(new HyperlinkListener()
31             {
32                public void hyperlinkUpdate(HyperlinkEvent event)
33                {
34                   if (event.getEventType() == HyperlinkEvent.EventType.ACTIVATED)
35                   {
36                      try
37                      {
38                         // remember URL for back button
39                         urlStack.push(event.getURL().toString());
40                         // show URL in text field
41                         url.setText(event.getURL().toString());
42                         editorPane.setPage(event.getURL());
43                      }
44                      catch (IOException e)
45                      {
46                         editorPane.setText("Exception: " + e);
47                      }
48                   }
49                }
50             });
51
52          // set up checkbox for toggling edit mode
53
54          final JCheckBox editable = new JCheckBox();
55          editable.addActionListener(new ActionListener()
56             {
57                public void actionPerformed(ActionEvent event)
58                {
59                   editorPane.setEditable(editable.isSelected());
60                }
61             });
62
63          // set up load button for loading URL
64
65          ActionListener listener = new ActionListener()
66             {
67                public void actionPerformed(ActionEvent event)
68                {
69                   try
70                   {
71                      // remember URL for back button
72                      urlStack.push(url.getText());
73                      editorPane.setPage(url.getText());
74                   }
75                   catch (IOException e)
76                   {
77                      editorPane.setText("Exception: " + e);
78                   }
79                }
80             };
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
81
82          JButton loadButton = new JButton("Load");
83          loadButton.addActionListener(listener);
84          url.addActionListener(listener);
85
86          // set up back button and button action
87          JButton backButton = new JButton("Back");
88          backButton.addActionListener(new ActionListener()
89             {
90                public void actionPerformed(ActionEvent event)
91                {
92                   if (urlStack.size() <= 1) return;
93                   try
94                   {
95                      // get URL from back button
96                      urlStack.pop();
97                      // show URL in text field
98                      String urlString = urlStack.peek();
99                      url.setText(urlString);
100                     editorPane.setPage(urlString);
101                  }
102                  catch (IOException e)
103                  {
104                     editorPane.setText("Exception: " + e);
105                  }
106               }
107            });
108
109         add(new JScrollPane(editorPane), BorderLayout.CENTER);
110
111         // put all control components in a panel
112
113         JPanel panel = new JPanel();
114         panel.add(new JLabel("URL"));
115         panel.add(url);
116         panel.add(loadButton);
117         panel.add(backButton);
118         panel.add(new JLabel("Editable"));
119         panel.add(editable);
120
121         add(panel, BorderLayout.SOUTH);
122      }
123   }
```

API javax.swing.JEditorPane 1.2

- `void setPage(URL url)`

  将来自于 url 的页面导入到编辑器面板中。

- `void addHyperlinkListener(HyperLinkListener listener)`

  为该编辑器面板添加一个超链接监听器。

API javax.swing.event.HyperlinkListener 1.2

- `void hyperlinkUpdate(HyperlinkEvent event)`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

无论何时，只要选定了一个超链接，该方法就会被调用。

API javax.swing.event.HyperlinkEvent 1.2

- URL getURL()

  返回所选超链接的 URL。

6.5 进度指示器

在随后的几节中，我们将讨论三个类，用于指示耗时较长活动的进度。JProgressBar 是一个用于指示进度的 Swing 构件；ProgressMonitor 是一个包含进度条的对话框；在读取流的时候，ProgressMonitorInputStream 用于显示进度监视器对话框。

6.5.1 进度条

进度条只不过是一个矩形构件，它被部分地填充了颜色以指示一个操作的进度。默认情况下，进度是用字符串“n%”来指示的。在图 6-41 右下方，你可以看到一个进度条。

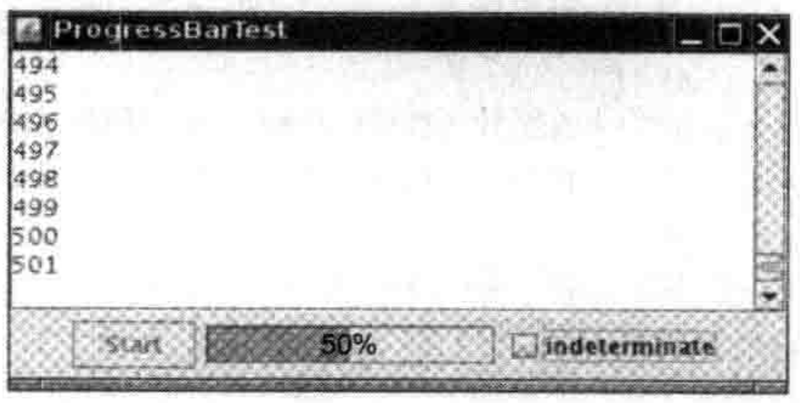


图 6-41 进度条

通过提供最大值和最小值以及一个可供选择的定位方向，就可以像构建一个滑动条那样构建一个进度条：

```
progressBar = new JProgressBar(0, 1000);
progressBar = new JProgressBar(SwingConstants.VERTICAL, 0, 1000);
```

也可以使用 setMinimum 和 setMaximum 方法来设置最大值和最小值。

和滑动条不同的是，进度条不能让用户自行调节。你的程序必须调用 setValue 才能对它进行更新。

如果调用

```
progressBar.setStringPainted(true);
```

那么进度条会计算出某项操作完成的百分比，然后以一个“n%”形式的字符串将它显示出来。如果你想以不同形式的字符串将它显示出来，可以用 setString 方法提供该字符串：

```
if (progressBar.getValue() > 900)
   progressBar.setString("Almost Done");
```

程序清单 6-26 展示了一个进度条，用于监视一个耗时的模拟活动。

SimulatedActivity 类将值 current 每秒钟增加 10 倍。每当它达到目标值的时候，该任务就结束。我们使用 SwingWorker 类实现了这项任务并在 process 方法中更新了进度条，而 SwingWorker 是在事件分发线程中调用方法的，这样它就可以安全地更新进度条了。（有关 Swing 中线程安全的更多信息请参见第 I 卷第 14 章。）

Java SE 1.4 增加了对不确定进度条的支持，这种进度条能够以动画显示某种类型的进度，而不具体显示完成情况的百分比。可以在你的浏览器中看到这种类型的进度条，它指示浏览

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

器正在等待服务器，但是无法知道到底可能要等待多久。如果要以动画显示“不确定等待”，请调用 `setIndeterminate` 方法。

程序清单 6-26 显示了这个程序的完整代码。

程序清单 6-26 progressBar/ProgressBarFrame.java

```
1  package progressBar;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.util.List;
6  import javax.swing.*;
7
8  /**
9   * A frame that contains a button to launch a simulated activity, a progress bar, and a text area
10  * for the activity output.
11  */
12 public class ProgressBarFrame extends JFrame
13 {
14    public static final int TEXT_ROWS = 10;
15    public static final int TEXT_COLUMNS = 40;
16
17    private JButton startButton;
18    private JProgressBar progressBar;
19    private JCheckBox checkBox;
20    private JTextArea textArea;
21    private SimulatedActivity activity;
22
23    public ProgressBarFrame()
24    {
25       // this text area holds the activity output
26
27       textArea = new JTextArea(TEXT_ROWS, TEXT_COLUMNS);
28
29       // set up panel with button and progress bar
30
31       final int MAX = 1000;
32       JPanel panel = new JPanel();
33       startButton = new JButton("Start");
34       progressBar = new JProgressBar(0, MAX);
35       progressBar.setStringPainted(true);
36       panel.add(startButton);
37       panel.add(progressBar);
38
39       checkBox = new JCheckBox("indeterminate");
40       checkBox.addActionListener(new ActionListener()
41          {
42             public void actionPerformed(ActionEvent event)
43             {
44                progressBar.setIndeterminate(checkBox.isSelected());
45                progressBar.setStringPainted(!progressBar.isIndeterminate());
46             }
47          });
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
48          panel.add(checkBox);
49          add(new JScrollPane(textArea), BorderLayout.CENTER);
50          add(panel, BorderLayout.SOUTH);
51
52          // set up the button action
53
54          startButton.addActionListener(new ActionListener()
55             {
56                public void actionPerformed(ActionEvent event)
57                {
58                   startButton.setEnabled(false);
59                   activity = new SimulatedActivity(MAX);
60                   activity.execute();
61                }
62             });
63          pack();
64       }
65
66       class SimulatedActivity extends SwingWorker<Void, Integer>
67       {
68          private int current;
69          private int target;
70
71          /**
72           * Constructs the simulated activity that increments a counter from 0 to a
73           * given target.
74           * @param t the target value of the counter.
75           */
76          public SimulatedActivity(int t)
77          {
78             current = 0;
79             target = t;
80          }
81
82          protected Void doInBackground() throws Exception
83          {
84             try
85             {
86                while (current < target)
87                {
88                   Thread.sleep(100);
89                   current++;
90                   publish(current);
91                }
92             }
93             catch (InterruptedException e)
94             {
95             }
96             return null;
97          }
98
99          protected void process(List<Integer> chunks)
100         {
101            for (Integer chunk : chunks)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
102            {
103               textArea.append(chunk + "\n");
104               progressBar.setValue(chunk);
105            }
106         }
107         protected void done()
108         {
109            startButton.setEnabled(true);
110         }
111      }
112   }
```

6.5.2 进度监视器

进度条是一个很简单的构件，可以放在一个窗体中。相比之下，ProgressMonitor 是一个完整的包含进度条的对话框（参见图 6-42）。这个对话框还包含一个 Cancel 按钮，如果点击该按钮，那么将会关闭监视器对话框。另外，程序还可以查询用户是否已经取消对话框并终止了监视活动。（注意：这个类的类名并不是以“J”开头的。）

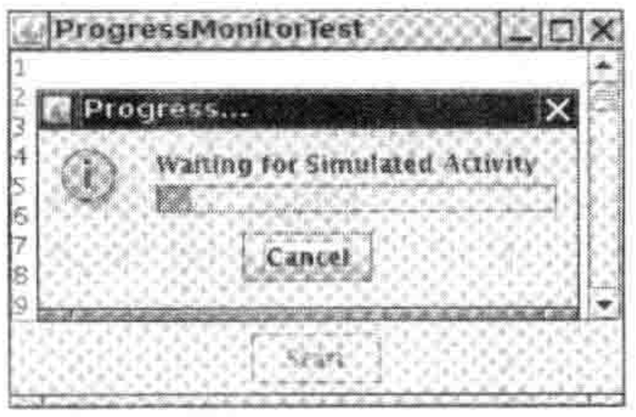


图 6-42 一个进度监视器对话框

通过提供下面这些信息，就可以构建一个进度监视器：

- 在其上弹出对话框的父构件。
- 在对话框上显示的一个对象（可能是一个字符串、图标或者是一个构件）。
- 在对象下面显示的一个可选注释。
- 最大值以及最小值。

不过，进度监视器无法自己测量进度或者取消活动。因此，仍须定时调用 setProgress 方法设置进度值。（该方法等价于 JProgressBar 类的 setValue 方法。）在取消监视器活动的时候，请调用 close 方法来撤销对话框。还可以再次调用 start 重新使用该对话框。

使用进度监视器的最大问题在于处理取消请求，因为我们不能将一个事件处理器附加到 Cancel 按钮上，而是应该周期性地调用 isCancel 方法来观察程序用户是否按下了 Cancel 按钮。

如果工作线程可以无限地阻塞下去（例如，在从网络连接中读取输入时），那么它就不能监视 Cancel 按钮。在我们的示例程序中，我们展示了如何使用定时器来达到此目的，另外，我们还让定时器负责更新对进度的度量。

如果运行一下程序清单 6-27 中的程序，你会观察到进度监视器对话框有一个很有趣的特性。该对话框不会立即出现，相反地，它会等待一小段时间看看活动是否已经完成，或者是否可能在比对话框出现所需时间更短的时间内完成。

使用 setMillisToDecideToPopup 方法可以设置在构建对话框对象和确定是否显示弹出对话框之间需要等待的毫秒数，默认值是 500 毫秒。setMillisToPopup 是你估计对话框弹出所需的时间，Swing 设计者将这个值默认设置为 2 秒。很显然，他们考虑了这个事实，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

即 Swing 对话框不总是按照我们希望的那样立即显示出来。最好不要修改这个值。

程序清单 6-27 progressMonitor/ProgressMonitorFrame.java

```
1  package progressMonitor;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import javax.swing.*;
6
7  /**
8   * A frame that contains a button to launch a simulated activity and a text area for the activity
9   * output.
10  */
11 class ProgressMonitorFrame extends JFrame
12 {
13    public static final int TEXT_ROWS = 10;
14    public static final int TEXT_COLUMNS = 40;
15
16    private Timer cancelMonitor;
17    private JButton startButton;
18    private ProgressMonitor progressDialog;
19    private JTextArea textArea;
20    private SimulatedActivity activity;
21    public ProgressMonitorFrame()
22    {
23       // this text area holds the activity output
24       textArea = new JTextArea(TEXT_ROWS, TEXT_COLUMNS);
25
26       // set up a button panel
27       JPanel panel = new JPanel();
28       startButton = new JButton("Start");
29       panel.add(startButton);
30
31       add(new JScrollPane(textArea), BorderLayout.CENTER);
32       add(panel, BorderLayout.SOUTH);
33
34       // set up the button action
35
36       startButton.addActionListener(new ActionListener()
37          {
38             public void actionPerformed(ActionEvent event)
39             {
40                startButton.setEnabled(false);
41                final int MAX = 1000;
42
43                // start activity
44                activity = new SimulatedActivity(MAX);
45                activity.execute();
46
47                // launch progress dialog
48                progressDialog = new ProgressMonitor(ProgressMonitorFrame.this,
49                      "Waiting for Simulated Activity", null, 0, MAX);
50                cancelMonitor.start();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
51            }
52         });
53
54      // set up the timer action
55
56      cancelMonitor = new Timer(500, new ActionListener()
57         {
58            public void actionPerformed(ActionEvent event)
59            {
60               if (progressDialog.isCanceled())
61               {
62                  activity.cancel(true);
63                  startButton.setEnabled(true);
64               }
65               else if (activity.isDone())
66               {
67                  progressDialog.close();
68                  startButton.setEnabled(true);
69               }
70               else
71               {
72                  progressDialog.setProgress(activity.getProgress());
73               }
74            }
75         });
76      pack();
77   }
78
79   class SimulatedActivity extends SwingWorker<Void, Integer>
80   {
81      private int current;
82      private int target;
83
84      /**
85       * Constructs the simulated activity that increments a counter from 0 to a
86       * given target.
87       * @param t the target value of the counter.
88       */
89      public SimulatedActivity(int t)
90      {
91         current = 0;
92         target = t;
93      }
94
95      protected Void doInBackground() throws Exception
96      {
97         try
98         {
99            while (current < target)
100           {
101              Thread.sleep(100);
102              current++;
103              textArea.append(current + "\n");
104              setProgress(current);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
105                }
106             }
107             catch (InterruptedException e)
108             {
109             }
110             return null;
111          }
112       }
113    }
```

6.5.3 监视输入流的进度

Swing 包有一个很有用的流过滤器，ProgressMonitorInputStream，它可以自动弹出一个对话框，监视已经从流中读取了多少。

这个过滤器很容易使用。可以在常见的过滤流序列之间插入 ProgressMonitorInputStream。（请参阅第 1 章关于流的更多详细细节。）

例如，假定你现在要从一个文件中读取文本。首先要使用一个 FileInputStream：

```
FileInputStream in = new FileInputStream(f);
```

通常情况下，要将 in 转换成一个 InputStreamReader：

```
InputStreamReader reader = new InputStreamReader(in);
```

但是，为了监视这个流，首先要将这个文件输入流转换成一个具有进度监视器的数据流：

```
ProgressMonitorInputStream progressIn = new ProgressMonitorInputStream(parent ,caption,in);
```

你要提供一个父构件、一个标题，当然还有要监视的流。进度监视器流的 read 方法只能传输字节和更新进度对话框。

现在可以开始着手构建你的过滤器序列：

```
InputStreamReader reader = new InputStreamReader(progressIn);
```

这就是我们要做的全部内容。当读取文件的时候，进度监视器会自动弹出（参见图 6-43）。这是一个流过滤的极佳应用。

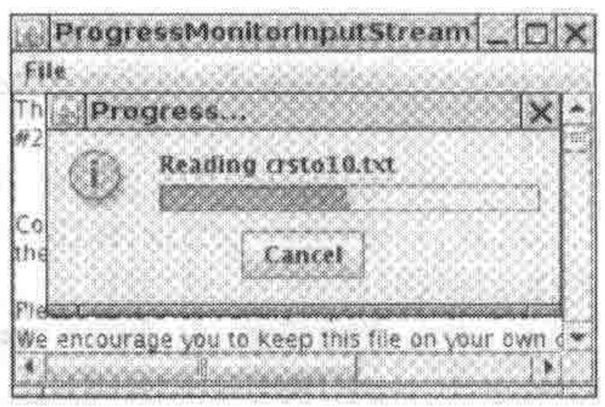


图 6-43 用于输入流的进度监视器

警告： 进度监视器流使用 InputStream 类的 available 方法来确定流中的总字节数。但是，available 方法只报告流中不阻塞即可访问字节数。进度监视器适用于文件以及 HTTP URL，因为它们的长度都是事先可以知道的，但它并不适用于所有的流。

程序清单 6-28 中的程序可以计算文件中的行数。如果读取的是一个大型文件（例如附带的代码中的 gutenberg 目录中的“The Count of Monte Cristo”），那么将会弹出进度对话框。

如果用户单击 Cancel 按钮，输入流就会关闭。因为处理输入的代码已经知道了应该如何处理输入结束，所以处理取消请求并不需要对编程逻辑做任何修改。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意，该程序并没有使用很高效的方式来填充文本区域。如果首先将文件读取到一个 StringBuffer 中，然后将文本区域的文本设置为字符串缓冲的内容，可能会更快一些。不过，在这个示例程序中，我们实际上喜欢这种缓慢的方式，因为它可以让你有更多的时间欣赏进度对话框。

为了避免闪烁，我们并不显示正在进行填充的文本区域。

程序清单 6-28 progressMonitorInputStream/TextFrame.java

```
1  package progressMonitorInputStream;
2
3  import java.awt.event.*;
4  import java.io.*;
5  import java.nio.file.*;
6  import java.util.*;
7  import javax.swing.*;
8
9  /**
10  * A frame with a menu to load a text file and a text area to display its contents. The text
11  * area is constructed when the file is loaded and set as the content pane of the frame when
12  * the loading is complete. That avoids flicker during loading.
13  */
14 public class TextFrame extends JFrame
15 {
16    public static final int TEXT_ROWS = 10;
17    public static final int TEXT_COLUMNS = 40;
18
19    private JMenuItem openItem;
20    private JMenuItem exitItem;
21    private JTextArea textArea;
22    private JFileChooser chooser;
23
24    public TextFrame()
25    {
26       textArea = new JTextArea(TEXT_ROWS, TEXT_COLUMNS);
27       add(new JScrollPane(textArea));
28
29       chooser = new JFileChooser();
30       chooser.setCurrentDirectory(new File("."));
31
32       JMenuBar menuBar = new JMenuBar();
33       setJMenuBar(menuBar);
34       JMenu fileMenu = new JMenu("File");
35       menuBar.add(fileMenu);
36       openItem = new JMenuItem("Open");
37       openItem.addActionListener(new ActionListener()
38          {
39             public void actionPerformed(ActionEvent event)
40             {
41                try
42                {
43                   openFile();
44                }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
45              catch (IOException exception)
46              {
47                 exception.printStackTrace();
48              }
49           }
50        });
51
52     fileMenu.add(openItem);
53     exitItem = new JMenuItem("Exit");
54     exitItem.addActionListener(new ActionListener()
55        {
56           public void actionPerformed(ActionEvent event)
57           {
58              System.exit(0);
59           }
60        });
61     fileMenu.add(exitItem);
62     pack();
63  }
64
65  /**
66   * Prompts the user to select a file, loads the file into a text area, and sets it as the
67   * content pane of the frame.
68   */
69  public void openFile() throws IOException
70  {
71     int r = chooser.showOpenDialog(this);
72     if (r != JFileChooser.APPROVE_OPTION) return;
73     final File f = chooser.getSelectedFile();
74
75     // set up stream and reader filter sequence
76
77     InputStream fileIn = Files.newInputStream(f.toPath());
78     final ProgressMonitorInputStream progressIn = new ProgressMonitorInputStream(
79        this, "Reading " + f.getName(), fileIn);
80
81     textArea.setText("");
82
83     SwingWorker<Void, Void> worker = new SwingWorker<Void, Void>()
84        {
85           protected Void doInBackground() throws Exception
86           {
87              try (Scanner in = new Scanner(progressIn))
88              {
89                 while (in.hasNextLine())
90                 {
91                    String line = in.nextLine();
92                    textArea.append(line);
93                    textArea.append("\n");
94                 }
95              }
96              return null;
97           }
98        };
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
99          worker.execute();
100     }
101 }
```

API javax.swing.JprogressBar 1.2

- JProgressBar()
- JProgressBar(int direction)
- JProgressBar(int min, int max)
- JProgressBar(int direction, int min, int max)

  按照给定的方向、最小值以及最大值构建一个滑动条。

  参数：direction　　SwingConstants.HORIZONTAL 或者 SwingConstants.VERTICAL 其中之一。默认值是水平方向

  min, max　　进度条的最大值和最小值。默认值是 0 和 100

- int getMinimum()
- int getMaximum()
- void setMinimum(int value)
- void setMaximum(int value)

  获取并设置最小值以及最大值。

- int getValue()
- void setValue(int value)

  获取并设置当前的值。

- String getString()
- void setString(String s)

  获取并设置在进度条中显示的字符串。如果该字符串为 null，那么将会显示一个默认字符串“n%”。

- boolean isStringPainted()
- void setStringPainted(boolean b)

  获取并设置“字符串绘制”属性。如果这个属性是 true，那么会在进度条的上面绘制出一个字符串。默认值是 false。

- boolean isIndeterminate() 1.4
- void setIndeterminate(boolean b) 1.4

  获取并设置“不确定”属性。如果该属性是 true，那么该进度条就会变成一个前后移动的滑动块，表明一个持续时间不可知的等待。默认值是 false。

API javax.swing.ProgressMonitor 1.2

- ProgressMonitor(Component parent, Object message, String note, int min, int max)

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

构建一个进度监视器对话框。

参数：parent　　父构件，在其上弹出对话框

message　　对话框中要显示的消息对象

note　　在消息下显示的可选字符串。如果该值为 null，则不会为注释设置任何空间，并且随后对 setNote 的调用不会产生任何效果

min, max　　进度条的最小值以及最大值

- void setNote(String note)

更改注释文本。

- void setProgress(int value)

将进度条的值设置为给定值。

- void close()

关闭对话框。

- boolean isCanceled()

如果用户取消了对话框，则返回 true。

API javax.swing.ProgressMonitorInputstream 1.2

- ProgressMonitorInputStream(Component parent, Object message, InputStream in)

用相关联的进度监视器对话框构建一个输入流过滤器。

参数：parent　　父构件，在其上弹出对话框

message　　在对话框中显示的消息对象

in　　正被监视的输入流

6.6 构件组织器和装饰器

我们在这里通过展示一些帮助组织其他构件的构件来结束对高级 Swing 特性的讨论。这些构件包括分割面板、选项卡面板以及桌面面板。分割面板是将一个区域分割成多个边界可调整的区域的一种机制。选项卡面板使用选项卡分割器，允许用户浏览多个面板。桌面面板可用来实现显示多个内部框体的应用。最后，我们将讨论层，即可以叠加在其他构件之上的装饰器。

6.6.1 分割面板

分割面板可以将一个构件分割成两部分，并且这两部分之间具有可调整的边界。图 6-44 显示了一个具有两个分割面板的框体。外部面板中的构件是垂直布局的，底部是一个文本区，上面是另外一个分割面板。上面这个分割面板是水平分割的，左边是一个列表，右边是一个包含图形的标签。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果要构建一个分割面板，需要设定一个方向，其值为 JSplitPane.HORIZONTAL_SPLIT 和 JSplitPane.VERTICAL_SPLIT 中的之一，随后是两个构件。例如：

```
JSplitPane innerPane = new JSplitPane(JSplitPane.HORIZONTAL_SPLIT, planetList, planetImage);
```

这就是你要做的全部事情。如果你喜欢，可以为分割器添加“一触即展”的图标。你可以在图 6-44 中的顶层面板中看到这些图标。在 Metal 外观模式中，它们是小箭头的形式。如果你点中它们中的一个，那么分割器将会一直沿着箭头指定的方向移动，将其中的一个面板完全展开。

图 6-44 具有两个嵌套的分割面板的框体

如果要添加这项功能，请调用：

```
innerPane.setOneTouchExpandable(true);
```

当用户调整分割器的时候，“连续布局”特性会一直不断地刷新这两个构件的内容。这种情形看似经典，实则运行缓慢。你可以调用下面这个方法启动该功能：

```
innerPane.setContinuousLayout(true);
```

在这个示例程序中，我们将分割器设为默认状态（非连续布局）。拖动它的时候，只能移动一个黑色的轮廓。当释放鼠标完成这项操作时，才会刷新这些构件。

在简单明了的程序清单 6-29 中，组装了一个具有行星数据的列表框。当用户进行选择的时候，行星的图片便在右边显示了出来，并且在底部的文本区显示出对它的描述。当你运行这个程序的时候，请调整一下分割器，并试试一触即展和连续布局这些特性。

程序清单 6-29 splitPane/SplitPaneFrame.java

```
1  package splitPane;
2
3  import java.awt.*;
4  import javax.swing.*;
5  import javax.swing.event.*;
6
7  /**
8   * This frame consists of two nested split panes to demonstrate planet images and data.
9   */
10 class SplitPaneFrame extends JFrame
11 {
12    private static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
13    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 300;
14
15    private Planet[] planets = { new Planet("Mercury", 2440, 0), new Planet("Venus", 6052, 0),
16          new Planet("Earth", 6378, 1), new Planet("Mars", 3397, 2),
17          new Planet("Jupiter", 71492, 16), new Planet("Saturn", 60268, 18),
18          new Planet("Uranus", 25559, 17), new Planet("Neptune", 24766, 8),
19          new Planet("Pluto", 1137, 1), };
20
21    public SplitPaneFrame()
22    {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
23         setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
24
25         // set up components for planet names, images, descriptions
26
27         final JList<Planet> planetList = new JList<>(planets);
28         final JLabel planetImage = new JLabel();
29         final JTextArea planetDescription = new JTextArea();
30
31         planetList.addListSelectionListener(new ListSelectionListener()
32            {
33               public void valueChanged(ListSelectionEvent event)
34               {
35                  Planet value = (Planet) planetList.getSelectedValue();
36
37                  // update image and description
38
39                  planetImage.setIcon(value.getImage());
40                  planetDescription.setText(value.getDescription());
41               }
42            });
43
44         // set up split panes
45         JSplitPane innerPane = new JSplitPane(JSplitPane.HORIZONTAL_SPLIT, planetList, planetImage);
46
47         innerPane.setContinuousLayout(true);
48         innerPane.setOneTouchExpandable(true);
49
50         JSplitPane outerPane = new JSplitPane(JSplitPane.VERTICAL_SPLIT, innerPane,
51               planetDescription);
52
53         add(outerPane, BorderLayout.CENTER);
54      }
55   }
```

API javax.swing.JSplitPane 1.2

- JSplitPane()
- JSplitPane(int direction)
- JSplitPane(int direction, boolean continuousLayout)
- JSplitPane(int direction, Component first, Component second)
- JSplitPane(int direction, boolean continuousLayout, Component first, Component second)

  构建一个新的分割面板。

  参数：direction　　HORIZONTAL_SPLIT 或 VERTICAL_SPLIT

  continousLayout　　如果为 true，那么当移动分割器时，该构件是连续更新的

  first, second　　要添加的构件
- boolean isOneTouchExpandable()
- void setOneTouchExpandable(boolean b)

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

获取并设置“一触即展”属性。如果设置了该属性，那么该分割器具有两个图标以完全展开分割面板某一侧的构件。

- `boolean isContinuousLayout()`
- `void setContinuousLayout(boolean b)`

  获取并设置“连续布局”属性。如果设置了该属性，那么当移动分割器的时候，该构件是连续更新的。
- `void setLeftComponent(Component c)`
- `void setTopComponent(Component c)`

  这两个操作具有同等效果，用于将 c 设置为分割面板中第一个构件。
- `void setRightComponent(Component c)`
- `void setBottomComponent(Component c)`

  这两个操作具有同等效果，用于将 c 设置为分割面板中第二个构件。

6.6.2 选项卡面板

选项卡面板是一种大家都很熟悉的用户界面设施，它可以将一个复杂的对话框分割成相关选项的子集，也可以使用选项卡让用户浏览一组文档或图像（参见图 6-45）。这也是我们在示例程序中要讲解的。

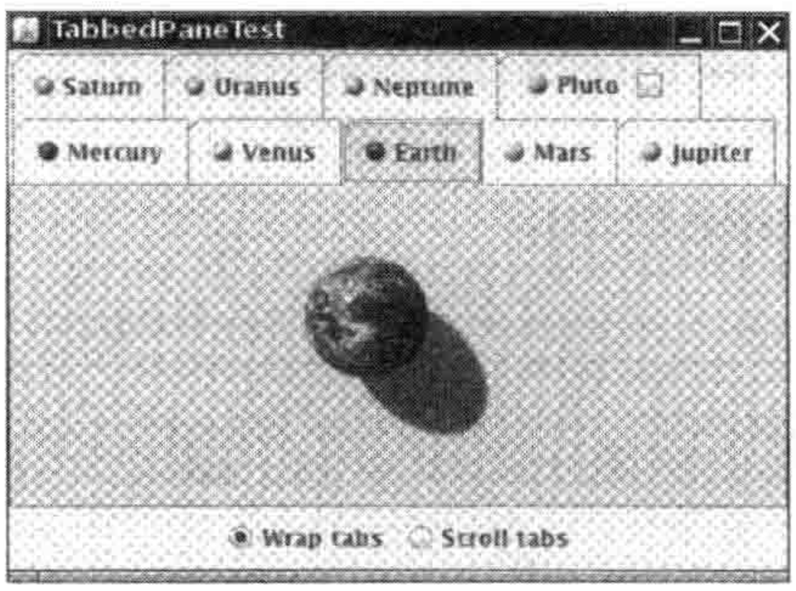


图 6-45 一个选项卡面板

为了创建一个选项卡面板，首先要构建一个 JTabbedPane 对象，然后向其中添加选项卡。

```
JTabbedPane tabbedPane = new JTabbedPane();
tabbedPane.addTab(title, icon, component);
```

addTab 方法最后一个参数的类型为 Component。为了向同一个选项卡中添加多个构件，首先要将这些构件包装到一个容器中，例如一个 JPanel。

该方法中的图标参数是一个可选项。addTab 方法并非一定要有一个图标参数，例如：

```
tabbedPane.addTab(title, component);
```

也可以使用 insertTab 方法，将一个选项卡添加到选项卡集中：

```
tabbedPane.insertTab(title, icon, component, tooltip, index);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果要从选项卡集中删掉一个选项卡，请使用

```
tabPane.removeTabAt(index);
```

向选项集中添加一个新的选项卡时，并不能自动将其显示出来，必须使用 setSelectedIndex 方法选定它。例如，下面这段代码展示了怎样将刚刚添加到末尾的选项卡显示出来：

```
tabbedPane.setSelectedIndex(tabbedPane.getTabCount() - 1);
```

如果有很多选项卡，那么它们会占用很多空间。从 Java SE 1.4 开始，可以将选项卡以滚动模式显示出来，在这种模式中，只显示一行面板，但是会配有一组箭头允许用户滚动显示这些选项卡（参见图 6-46）。

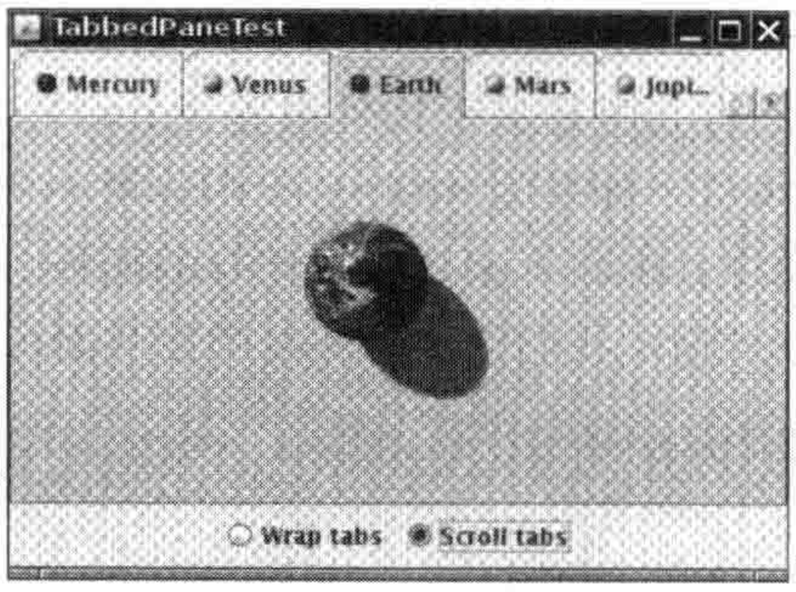


图 6-46 具有滚动选项卡的选项卡面板

调用下面这个方法，就可以将选项卡布局设置为隐藏格式或者滚动模式：

```
tabbedPane.setTabLayoutPolicy(JTabbedPane.WRAP_TAB_LAYOUT);
```

或者

```
tabbedPane.setTabLayoutPolicy(JTabbedPane.SCROLL_TAB_LAYOUT);
```

选项卡标签可以有快捷键，就像菜单项一样。例如：

```
int marsIndex = tabbedPane.indexOfTab("Mars");
tabbedPane.setMnemonicAt(marsIndex, KeyEvent.VK_M);
```

之后 M 就会有下划线，而程序用户可以通过键入 ALT+M 来选择选项卡。

可以在选项卡标题栏中添加任何构件，此时，首先需要添加选项卡，然后调用：

```
tabbedPane.setTabComponentAt(index, component);
```

在我们的示例程序中，我们向 Pluto 选项卡中添加了一个“关闭框”（因为毕竟有些天文学家不认为冥王星算得上一颗真正的行星）。实现这项任务的方法是将选项卡构件设置为包含两个构件的面板：具有图标和选项卡文本的标签，以及具有能够移除该选项卡的动作监听器的复选框。

这个示例程序展示了选项卡面板一个非常有用的技术。有时候需要在一个构件显示之前对其进行更新。在我们这个示例程序中，只在用户真正点击一个选项卡的时候才将行星图片载入。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

为了在用户任何时候点击一个新选项卡时都能获得通知，需要为选项卡面板安装一个ChangeListener。注意，必须为选项卡面板本身添加监听器，而不是它所包含的任何一个选项卡构件。

```
tabbedPane.addChangeListener(listener);
```

当用户选定一个选项卡时，就会调用修改监听器的 stateChanged 方法。可以将选项卡面板作为事件源来读取，并调用 getSelectedIndex 方法就可以查明将要显示哪个面板。

```
public void stateChanged(ChangeEvent event)
{
   int n = tabbedPane.getSelectedIndex();
   loadTab(n);
}
```

在程序清单 6-30 中，我们首先将选项卡构件设置为 null。当选定一个新的面板时，我们会测试它的构件是否仍为 null。如果为 null，我们会用一个图片替代显示。（这种情况在点击一个选项卡的那一瞬间发生，你将不会看到任何空的面板。）只是为了有趣，我们还将这个图标从黄色球更改为红色球以指示我们已经访问过的那些面板。

程序清单 6-30 tabbedPane/TabbedPaneFrame.java

```
1  package tabbedPane;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import javax.swing.*;
6  import javax.swing.event.*;
7
8  /**
9   * This frame shows a tabbed pane and radio buttons to switch between wrapped and scrolling tab
10  * layout.
11  */
12 public class TabbedPaneFrame extends JFrame
13 {
14    private static final int DEFAULT_WIDTH = 400;
15    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 300;
16
17    private JTabbedPane tabbedPane;
18    public TabbedPaneFrame()
19    {
20       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
21
22       tabbedPane = new JTabbedPane();
23       // we set the components to null and delay their loading until the tab is shown
24       // for the first time
25
26       ImageIcon icon = new ImageIcon(getClass().getResource("yellow-ball.gif"));
27
28       tabbedPane.addTab("Mercury", icon, null);
29       tabbedPane.addTab("Venus", icon, null);
30       tabbedPane.addTab("Earth", icon, null);
31       tabbedPane.addTab("Mars", icon, null);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
32          tabbedPane.addTab("Jupiter", icon, null);
33          tabbedPane.addTab("Saturn", icon, null);
34          tabbedPane.addTab("Uranus", icon, null);
35          tabbedPane.addTab("Neptune", icon, null);
36          tabbedPane.addTab("Pluto", null, null);
37
38          final int plutoIndex = tabbedPane.indexOfTab("Pluto");
39          JPanel plutoPanel = new JPanel();
40          plutoPanel.add(new JLabel("Pluto", icon, SwingConstants.LEADING));
41          JToggleButton plutoCheckBox = new JCheckBox();
42          plutoCheckBox.addActionListener(new ActionListener()
43          {
44             public void actionPerformed(ActionEvent e)
45             {
46                tabbedPane.remove(plutoIndex);
47             }
48          });
49          plutoPanel.add(plutoCheckBox);
50          tabbedPane.setTabComponentAt(plutoIndex, plutoPanel);
51
52          add(tabbedPane, "Center");
53
54          tabbedPane.addChangeListener(new ChangeListener()
55             {
56                public void stateChanged(ChangeEvent event)
57                {
58                   // check if this tab still has a null component
59                   if (tabbedPane.getSelectedComponent() == null)
60                   {
61                      // set the component to the image icon
62                      int n = tabbedPane.getSelectedIndex();
63                      loadTab(n);
64                   }
65                }
66             });
67          loadTab(0);
68
69          JPanel buttonPanel = new JPanel();
70          ButtonGroup buttonGroup = new ButtonGroup();
71          JRadioButton wrapButton = new JRadioButton("Wrap tabs");
72          wrapButton.addActionListener(new ActionListener()
73             {
74                public void actionPerformed(ActionEvent event)
75                {
76                   tabbedPane.setTabLayoutPolicy(JTabbedPane.WRAP_TAB_LAYOUT);
77                }
78             });
79          buttonPanel.add(wrapButton);
80          buttonGroup.add(wrapButton);
81          wrapButton.setSelected(true);
82          JRadioButton scrollButton = new JRadioButton("Scroll tabs");
83          scrollButton.addActionListener(new ActionListener()
84             {
85                public void actionPerformed(ActionEvent event)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
86                {
87                   tabbedPane.setTabLayoutPolicy(JTabbedPane.SCROLL_TAB_LAYOUT);
88                }
89             });
90          buttonPanel.add(scrollButton);
91          buttonGroup.add(scrollButton);
92          add(buttonPanel, BorderLayout.SOUTH);
93       }
94
95       /**
96        * Loads the tab with the given index.
97        * @param n the index of the tab to load
98        */
99       private void loadTab(int n)
100      {
101         String title = tabbedPane.getTitleAt(n);
102         ImageIcon planetIcon = new ImageIcon(getClass().getResource(title + ".gif"));
103         tabbedPane.setComponentAt(n, new JLabel(planetIcon));
104
105         // indicate that this tab has been visited--just for fun
106
107         tabbedPane.setIconAt(n, new ImageIcon(getClass().getResource("red-ball.gif")));
108      }
109   }
```

API javax.swing.JTabbedPane 1.2

- JTabbedPane()
- JTabbedPane(int placement)

  构建一个选项卡面板。

  参数：placement　　SwingConstants.TOP、SwingConstants.LEFT、SwingConstants.RIGHT 或 SwingConstants.BOTTOM 其中之一

- void addTab(String title, Component c)
- void addTab(String title, Icon icon, Component c)
- void addTab(String title, Icon icon, Component c, String tooltip)

  向选项卡面板的末尾添加一个选项卡。

- void insertTab(String title, Icon icon, Component c, String tooltip, int index)

  在选项卡面板的给定索引处添加一个选项卡。

- void removeTabAt(int index)

  移除指定索引处的选项卡。

- void setSelectedIndex(int index)

  选定给定索引处的选项卡。

- void getSelectedIndex()

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

获取选定的选项卡的索引。

- Component getSelectedComponent()

返回选定的选项卡构件。

- String getTitleAt(int index)
- void setTitleAt(int index, String title)
- Icon getIconAt(int index)
- void setIconAt(int index, Icon icon)
- Component getComponentAt(int index)
- void setComponentAt(int index, Component c)

获取或设置给定索引处的标题、图标或者构件。

- int indexOfTab(String title)
- int indexOfTab(Icon icon)
- int indexOfComponent(Component c)

返回具有给定的标题、图标或者构件的索引。

- int getTabCount()

返回该选项卡面板上的选项卡总数。

- int getTabLayoutPolicy()
- void setTabLayoutPolicy(int policy) 1.4

获得或者设置选项卡布局策略。policy 是 JTabbedPane.WRAP_TAB_LAYOUT 或 JTabbedPane.SCROLL_TAB_LAYOUT 其中之一。

- int getMnemonicAt(int index) 1.4
- void setMnemonicAt(int index, int mnemonic)

获得或者设置给定选项卡索引的快捷字符。这个字符是作为 KeyEvent 类的一个 VK_X 常量指定的，-1 表示没有快捷方式。

- Component getTabComponentAt(int index) 6
- void setTabComponentAt(int index, Component c) 6

获得或者设置构件，用于绘制给定索引的选项卡的标题栏。如果该构件为 null，则绘制选项卡的图标和标题，否则，在选项卡中只绘制给定的构件。

- int indexOfTabComponent(Component c) 6

返回具有给定标题栏构件的选项卡的索引。

- void addChangeListener(ChangeListener listener)

添加一个修改监听器，当用户选定了另一个选项卡的时候，会通知它。

6.6.3 桌面面板和内部框体

很多应用会将信息在多个窗口中显示，并且这些窗口都包含在一个大的框体中。如果将应用框体最小化，那么它当中的所有窗口会在同一时间全部隐藏起来。在 Windows 环境中，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

这种用户界面有时称作多文档界面（multiple document interface，MDI）。图 6-47 显示了一个使用到该界面的典型应用程序。

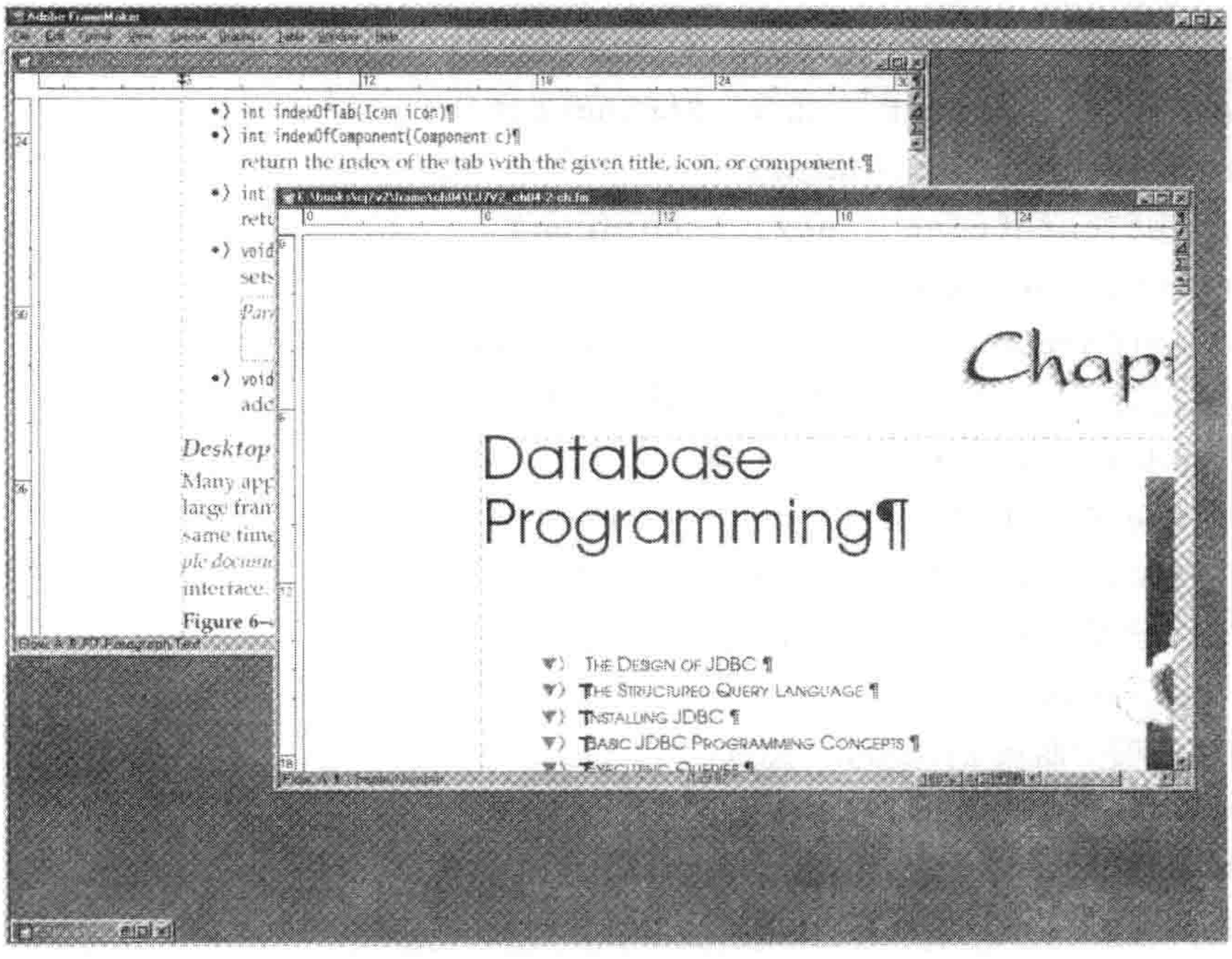


图 6-47 一个多文档界面的应用

有一段时间，这种用户界面格式非常流行，不过最近几年已经变得不那么常用了。现在，很多应用为每个文档只显示一个独立的顶层框体。哪一种格式更好呢？ MDI 减少了窗口的混乱，但是如果拥有了独立的顶层窗口，意味着可以使用主窗口系统的按钮及热键浏览所有窗口。

在 Java 环境中，不能完全依赖于主机窗口系统提供的功能，让你的应用管理它自己的框体还是很有必要的。

图 6-48 显示了一个具有三个内部框体的 Java 应用程序，其中的两个有一些边框装饰，用于对它们进行最大化和图标显示，第三个已经处于图标状态。

在 Metal 外观模式中，内部框体具有独一无二的“ grabber”区域，可以让你随意移动这些框体，并可以通过拖动调整大小的角来更改窗口的大小。

为了实现这项功能，请遵循下面几步：

1）在该应用中使用常规的 JFrame。

2）向该 JFrame 添加 JDesktopPane。

```
desktop = new JDesktopPane();
add(desktop, BorderLayout.CENTER);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

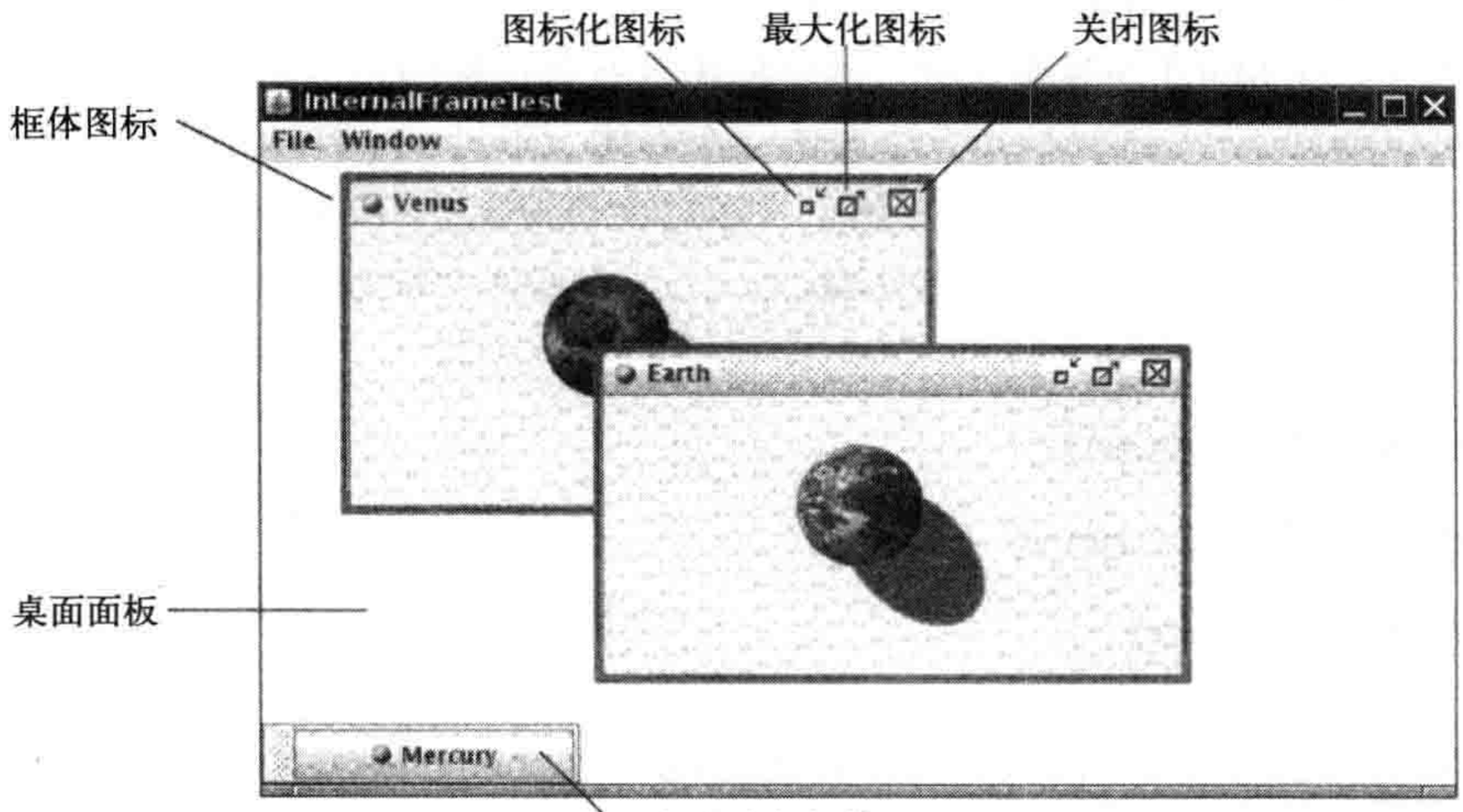


图 6-48 具有三个内部框体的 Java 应用程序

3）构建 JInternalFrame 窗口，可以设定是否需要更改框体大小和关闭框体的图标。通常情况下，需要添加所有的图标。

```
JInternalFrame iframe = new JInternalFrame(title,
   true, // resizable
   true, // closable
   true, // maximizable
   true); // iconifiable
```

4）向该内部框体中添加构件。

```
iframe.add(c, BorderLayout.CENTER);
```

5）设置该内部框体的图标。该图标会显示在框体左上角。

```
iframe.setFrameIcon(icon);
```

注意：在 Metal 外观模式的当前版本中，框体图标并不在图标化的框体中显示出来。

6）设置内部框体的大小。和常规框体一样，内部框体初始大小为 0×0 个像素。因为你并不希望内部框体在另一个框体上面重叠地显示出来，因此，应该为下一个框体使用一个变量位置。使用 reshape 方法对框体的位置和大小进行设置：

```
iframe.reshape(nextFrameX, nextFrameY, width, height);
```

7）和 JFrames 一样，需要将该框体设为可见的。

```
iframe.setVisible(true);
```

注意：在 Swing 的早期版本，内部框体自动是可见的，因此就不需要调用这个方法了。

8）将该框体添加到 JDesktopPane 中：

```
desktop.add(iframe);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

9）你可能想使新的框体成为选定框体。对于桌面上的内部框体，只有选定的框体才能接收键盘焦点。在 Metal 外观模式中，选定框体具有蓝色标题栏，相反地，其他框体是灰色标题栏。可以使用 setSelected 方法选定一个框体。不过，这种“选定”属性可能会被否决掉，当前选定的框体可以拒绝放弃焦点。在这种情况下，setSelected 方法会抛出一个 PropertyVetoException 异常让你处理。

```
try
{
   iframe.setSelected(true);
}
catch (PropertyVetoException ex)
{
   // attempt was vetoed
}
```

10）你可能希望下一个内部框体的位置能够向下移动，使得不至于覆盖已经存在的框体。框体之间的合适距离是标题栏的高度，可以通过下面的方式获得。

```
int frameDistance = iframe.getHeight() - iframe.getContentPane().getHeight()
```

11）使用该距离确定下一个内部框体的位置。

```
nextFrameX += frameDistance;
nextFrameY += frameDistance;
if (nextFrameX + width > desktop.getWidth())
   nextFrameX = 0;
if (nextFrameY + height > desktop.getHeight())
   nextFrameY = 0;
```

6.6.4 级联与平铺

在 Windows 环境中，有一些用于级联及平铺窗口的标准命令（参见图 6-49 及图 6-50）。Java 语言的 JDesktopPane 类和 JInternalFrame 类对这些操作未提供任何内置支持。在程序清单 6-31 中，我们将展示如何实现这些操作。

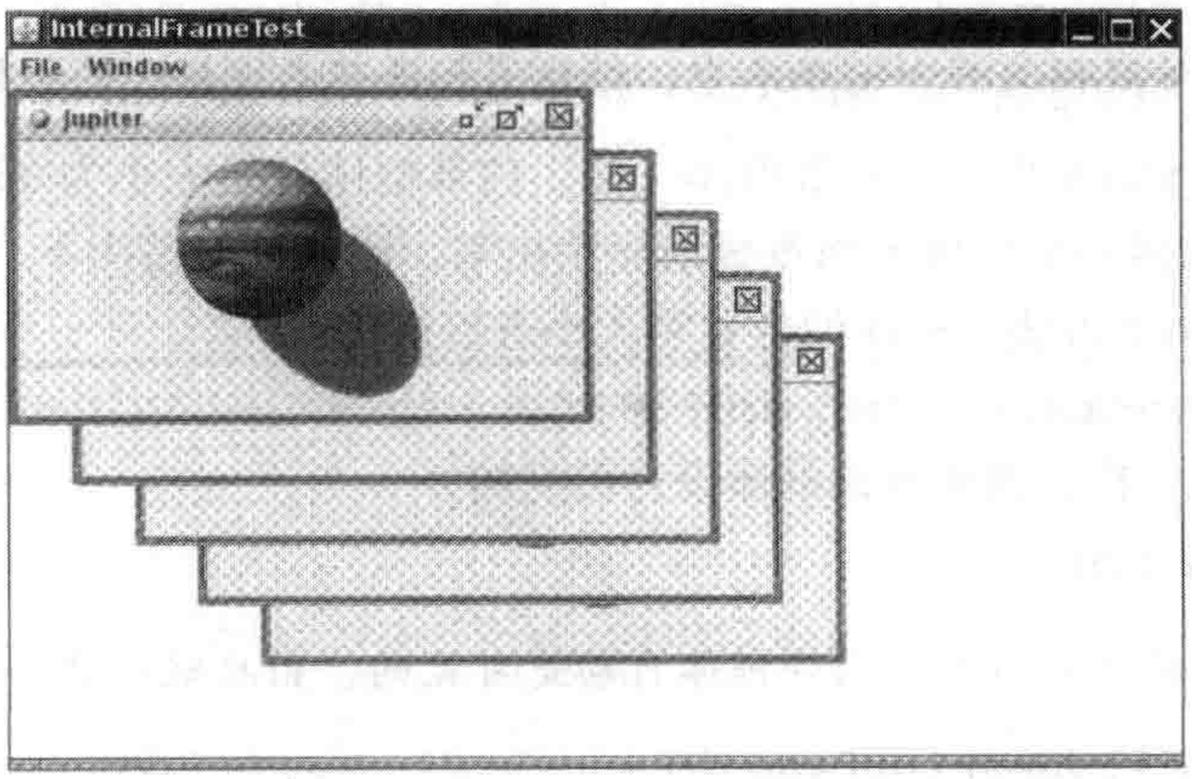


图 6-49 级联的内部框体

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

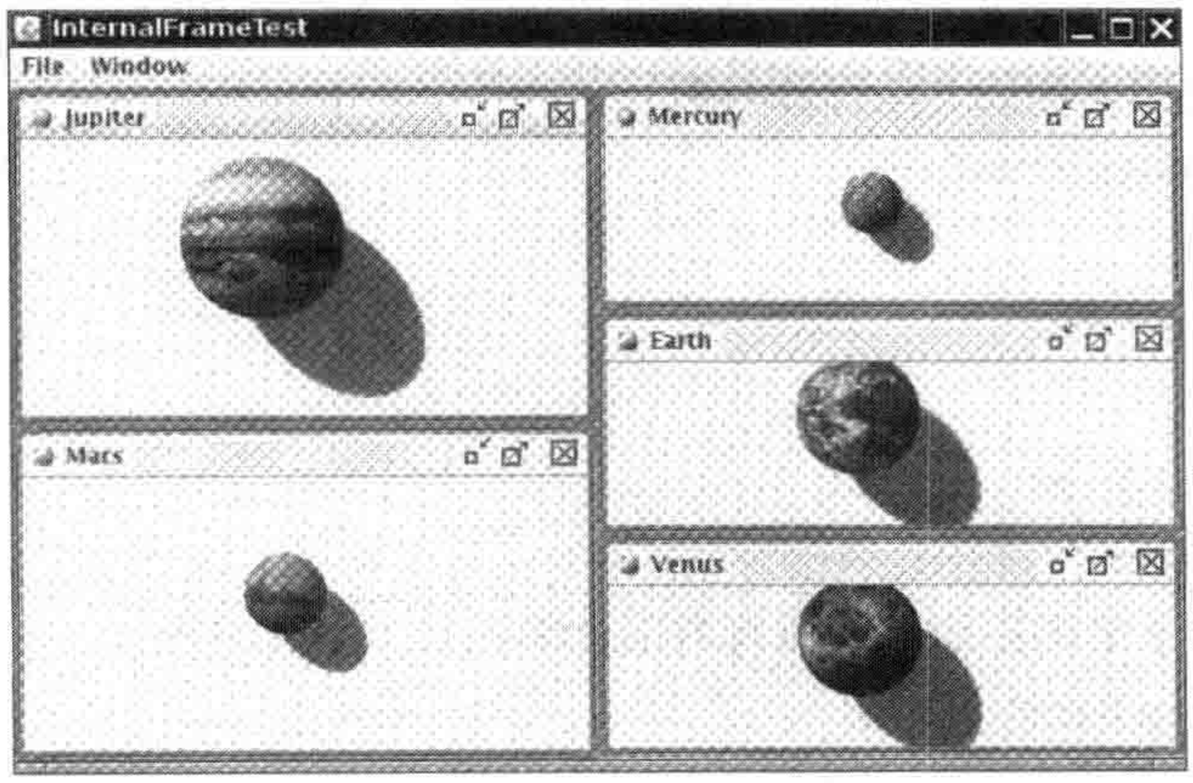


图 6-50 平铺的内部框体

为了级联所有的窗口，可以将这些窗口重新绘制成同样的大小，并交错排列它们的位置。JDesktopPane 类的 getAllFrames 方法可以返回一个所有内部框体的数组。

```
JInternalFrame[] frames = desktop.getAllFrames();
```

不过，要注意一下框体的状态。一个内部框体可以具有下面三种状态之一：

- 图标
- 可放缩
- 最大化

可以使用 isIcon 方法确定哪些内部框体当前是处于图标状态，因而应该跳过。但是，如果一个框体处于最大状态，那么首先要通过调用 setMaximum(false) 方法将它设置为可放缩状态。这是另外一个可能被否决掉的属性，因此你必须捕获 PropertyVetoException 异常。

下面这个循环用于级联一个桌面上的所有内部框体：

```
for (JInternalFrame frame : desktop.getAllFrames())
{
   if (!frame.isIcon())
   {
      try
      {
         // try to make maximized frames resizable; this might be vetoed
         frame.setMaximum(false);
         frame.reshape(x, y, width, height);
         x += frameDistance;
         y += frameDistance;
         // wrap around at the desktop edge
         if (x + width > desktop.getWidth()) x = 0;
         if (y + height > desktop.getHeight()) y = 0;
      }
      catch (PropertyVetoException ex)
      {}
   }
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

平铺框体更具技巧性，尤其是当框体数不是一个完全平方数时。首先，计算出不是图标的框体数。然后，按照下面的方法计算行数：

```
int rows = (int) Math.sqrt(frameCount);
```

然后是计算列数：

```
int cols = frameCount / rows;
```

除了最后一列是：

```
int extra = frameCount % rows
```

其余每列的行数是 `rows + 1`。

下面这个循环用于平铺桌面上的所有内部框体：

```
int width = desktop.getWidth() / cols;
int height = desktop.getHeight() / rows;
int r = 0;
int c = 0;
for (JInternalFrame frame : desktop.getAllFrames())
{
   if (!frame.isIcon())
   {
      try
      {
         frame.setMaximum(false);
         frame.reshape(c * width, r * height, width, height);
         r++;
         if (r == rows)
         {
            r = 0;
            c++;
            if (c == cols - extra)
            {
               // start adding an extra row
               rows++;
               height = desktop.getHeight() / rows;
            }
         }
         catch (PropertyVetoException ex)
         {}
      }
   }
```

这个示例程序演示了另一个常用的框体操作：将所选择的框体从当前框体转换为下一个非图标框体。此时，首先遍历所有的框体并调用 `isSelected` 方法，直到发现当前选定的框体为止。然后，查找框体序列中下一个非图标框体，进而通过如下调用选中它：

```
frames[next].setSelected(true);
```

正如前面那样，该方法会抛出一个 `PropertyVetoException` 异常，在这种情况下，需要一直进行监视。如果返回到原先那个框体，那么其他任何框体都无法选定，因此只有放弃。下面是完整的循环代码：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
JInternalFrame[] frames = desktop.getAllFrames();
for (int i = 0; i < frames.length; i++)
{
   if (frames[i].isSelected())
   {
      // find next frame that isn't an icon and can be selected
      int next = (i + 1) % frames.length;
      while (next != i)
      {
         if (!frames[next].isIcon())
         {
            try
            {
               // all other frames are icons or veto selection
               frames[next].setSelected(true);
               frames[next].toFront();
               frames[i].toBack();
               return;
            }
            catch (PropertyVetoException ex)
            {}
         }
         next = (next + 1) % frames.length;
      }
   }
}
```

6.6.5 否决属性设置

到现在为止，你已经看到所有这些否决异常，那么你可能会问，框体是怎样发布一个否决的呢？ JInternalFrame 类使用很普遍的 JavaBean 机制来监视这些属性设置。我们会在第 8 章详细讨论该机制。但是现在，我们只想展示框体是怎样对属性更改发送否决请求的。

框体通常并不想使用否决机制以抗议将窗口图标化或失去焦点，但是对于框体来说，检查它们是不是可以关闭则是很常见的。可以使用 JInternalFrame 类的 setClosed 方法关闭一个窗口。因为该方法是可否决的，因此在进行更改之前，它会调用所有已注册的可否决的更改监听器（vetoable change listener）。这样就赋予每个监听器抛出一个 PropertyVetoException 异常的机会，并且在它更改任何设置之前，终止对 setClosed 的调用。

在我们的示例程序中，我们建立了一个对话框，以询问用户是否可以关闭窗口（参见图 6-51）。如果用户不同意关闭窗口，那么该窗口仍旧保持打开状态。

下面就说说要怎样才能实现这样一个通知机制。

1）为每个框体添加一个监听器对象。该监听器对象必须属于实现了 VetoableChangeListener 接口的某个类。最好是在刚构建完这个框体时就添加监听器。在我们的示例程序中，我们是使用框体类来构建内部框体的。另外一种选择是使用一个匿名内部类进行构建。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
iframe.addVetoableChangeListener(listener);
```

2）实现 vetoableChange 方法，该方法是 VetoableChangeListener 接口惟一要求要实现的方法。该方法接收一个 PropertyChangeEvent 对象，使用 getName 方法查找将要更改的属性的名称（例如，如果该方法调用要否决的方法是 setClosed(true)，那么属性名就是“closed”）。正如你将在第 8 章看到的那样，通过移除方法名的“set”前缀，并且将后面的字母变为小写，便可获得属性名。

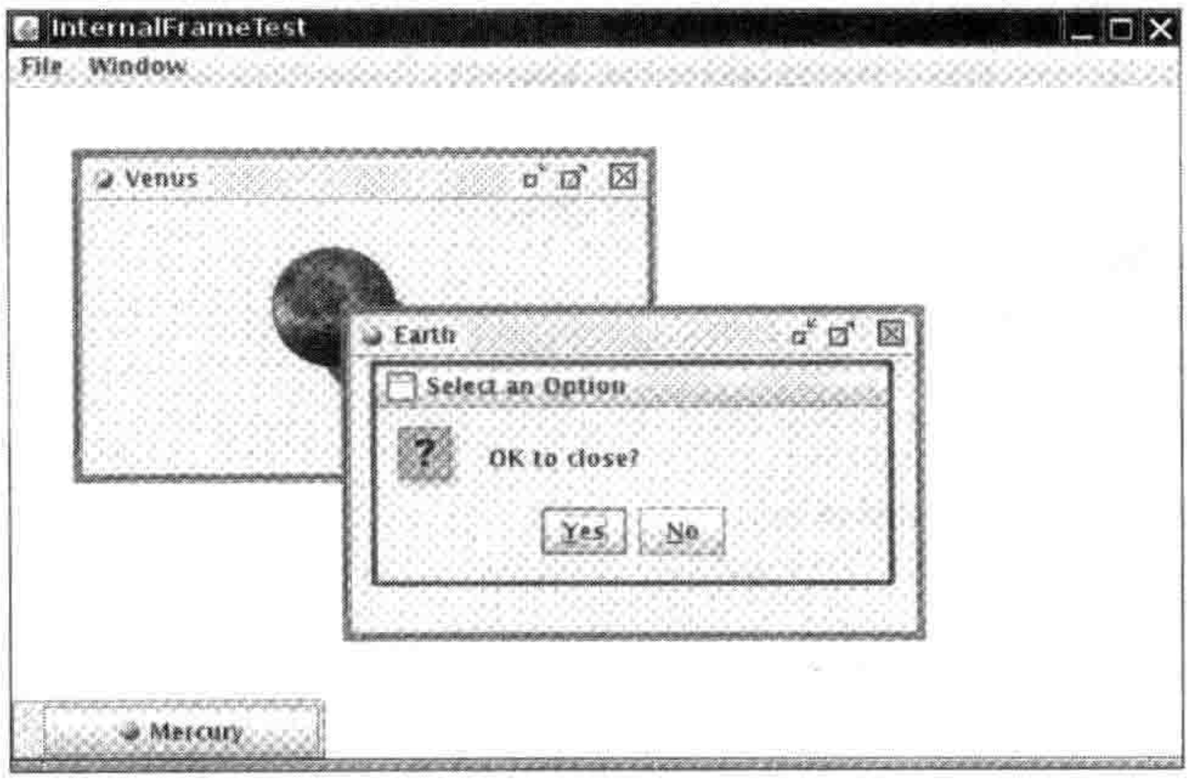


图 6-51 用户可以否决关闭属性

3）使用 getNewValue 方法获取建议使用的新值。

```
String name = event.getPropertyName();
Object value = event.getNewValue();
if (name.equals("closed") && value.equals(true))
{
   ask user for confirmation
}
```

4）直接通过抛出一个 PropertyVetoException 异常来阻止属性修改。如果不想否决更改，则正常返回。

```
class DesktopFrame extends JFrame
   implements VetoableChangeListener
{
   . . .
   public void vetoableChange(PropertyChangeEvent event)
   throws PropertyVetoException
   {
      . . .
      if (not ok)
         throw new PropertyVetoException(reason, event);
      // return normally if ok
   }
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

1. 内部框体中的对话框

如果使用内部框体，那么不应该将 JDialog 类用作对话框。因为，这些对话框有两个缺点：

- 它们是重量级的，因为它们是在窗口系统中创建了一个新的框体。
- 窗口系统并不知道应该如何确定这些对话框与派生出它们的内部框体之间的相对位置。

相反地，对于简单的对话框，请使用 JOptionPane 类的 showInternal*Xxx*Dialog 方法。除了它们是在内部框体上放置一个轻量级窗口外，它们的运行特性和 show*Xxx*Dialog 方法极为相似。

对于更复杂的对话框，请使用一个 JInternalFrame 来构建。遗憾的是，这样你就无法使用任何对模式对话框的内置支持了。

在我们的示例程序中，我们使用了一个内部对话框，以询问用户是否可以关闭某个窗口。

```
int result = JOptionPane.showInternalConfirmDialog(
   iframe, "OK to close?", "Select an Option", JOptionPane.YES_NO_OPTION);
```

注意： 如果只是想在关闭一个框体时能够得到通知，那么就应该不使用否决机制。相反地，应该安装一个 InternalFrameListener 监听器。内部框体监听器和 WindowListener 监听器运行特性极为相似。当关闭一个内部框体时，调用的是 internalFrameClosing 方法，而不是大家所熟悉的 windowClosing 方法。其他六个内部框体的通知（打开 / 关闭，图标化 / 非图标化，激活 / 钝化）也对应于窗口监听器的相应方法。

2. 边框拖拽

程序开发人员反对内部框体的原因之一是：它的性能不是很好。最缓慢的操作就是在桌面上拖拽具有复杂内容的框体。在拖动框体的过程中，桌面管理器会不断要求框体重新绘制，这样就导致其速度非常缓慢。

实际上，如果使用的 Windows 或者 X Windows 的视频驱动程序编写得比较差的话，你会遇到同样的问题。在大多数系统上，窗口拖动的运行速度看起来都很快，因为视频硬件支持拖动操作，在拖动过程中，可以将框体中的图像映射到屏幕别的位置上。

为了提高性能，而又不明显损害用户体验，可以设置“边框拖拽”。当用户拖动框体时，只有框体的边框是连续更新的。框体里面的内容只有当用户将框体拖动到它的最终停止位置上的时候才会刷新。

为了启动边框拖动，请调用

```
desktop.setDragMode(JDesktopPane.OUTLINE_DRAG_MODE);
```

这个设置等价于 JSplitPane 类的“连续布局”。

注意： 在 Swing 的早期版本中，必须使用下面这句“魔咒”开启边框拖拽：

```
desktop.putClientProperty("JDesktopPane.dragMode", "outline");
```

在示例程序中，可以使用 Window → Drag Outline 复选框菜单选项，来开启或关闭边框拖拽。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意： 桌面上的内部框体由 DesktopManager 类负责管理，你并不需要知道该类是怎样用于常规编程的。通过安装一个新的桌面管理器，就可以实现不同的桌面行为，不过我们在这里将不做介绍。

在程序清单6-31的桌面中嵌入了一个用于显示HTML页面的内部框体。执行File → Open菜单选项，会弹出一个文件对话框用于将一个本地HTML文件读取到一个新的内部框体中。如果点击了任何一个链接，那么该链接文档便会在另外一个内部框体中显示出来。请试运行一下 Window → Cascade 和 Window → Tile 命令。

程序清单 6-31 internalFrame/DesktopFrame.java

```
1  package internalFrame;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.beans.*;
6  import javax.swing.*;
7
8  /**
9   * This desktop frame contains editor panes that show HTML documents.
10  */
11 public class DesktopFrame extends JFrame
12 {
13    private static final int DEFAULT_WIDTH = 600;
14    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 400;
15    private static final String[] planets = { "Mercury", "Venus", "Earth", "Mars", "Jupiter",
16          "Saturn", "Uranus", "Neptune", "Pluto", };
17
18    private JDesktopPane desktop;
19    private int nextFrameX;
20    private int nextFrameY;
21    private int frameDistance;
22    private int counter;
23
24    public DesktopFrame()
25    {
26       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
27
28       desktop = new JDesktopPane();
29       add(desktop, BorderLayout.CENTER);
30
31       // set up menus
32
33       JMenuBar menuBar = new JMenuBar();
34       setJMenuBar(menuBar);
35       JMenu fileMenu = new JMenu("File");
36       menuBar.add(fileMenu);
37       JMenuItem openItem = new JMenuItem("New");
38       openItem.addActionListener(new ActionListener()
39          {
40             public void actionPerformed(ActionEvent event)
41             {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            createInternalFrame(new JLabel(
                  new ImageIcon(getClass().getResource(planets[counter] + ".gif"))),
                  planets[counter]);
            counter = (counter + 1) % planets.length;
         }
      });
   fileMenu.add(openItem);
   JMenuItem exitItem = new JMenuItem("Exit");
   exitItem.addActionListener(new ActionListener()
      {
         public void actionPerformed(ActionEvent event)
         {
            System.exit(0);
         }
      });
   fileMenu.add(exitItem);
   JMenu windowMenu = new JMenu("Window");
   menuBar.add(windowMenu);
   JMenuItem nextItem = new JMenuItem("Next");
   nextItem.addActionListener(new ActionListener()
      {
         public void actionPerformed(ActionEvent event)
         {
            selectNextWindow();
         }
      });
   windowMenu.add(nextItem);
   JMenuItem cascadeItem = new JMenuItem("Cascade");
   cascadeItem.addActionListener(new ActionListener()
      {
         public void actionPerformed(ActionEvent event)
         {
            cascadeWindows();
         }
      });
   windowMenu.add(cascadeItem);
   JMenuItem tileItem = new JMenuItem("Tile");
   tileItem.addActionListener(new ActionListener()
      {
         public void actionPerformed(ActionEvent event)
         {
            tileWindows();
         }
      });
   windowMenu.add(tileItem);
   final JCheckBoxMenuItem dragOutlineItem = new JCheckBoxMenuItem("Drag Outline");
   dragOutlineItem.addActionListener(new ActionListener()
      {
         public void actionPerformed(ActionEvent event)
         {
            desktop.setDragMode(dragOutlineItem.isSelected() ? JDesktopPane.OUTLINE_DRAG_MODE
                  : JDesktopPane.LIVE_DRAG_MODE);
         }
      });
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
96          windowMenu.add(dragOutlineItem);
97       }
98
99       /**
100       * Creates an internal frame on the desktop.
101       * @param c the component to display in the internal frame
102       * @param t the title of the internal frame
103       */
104      public void createInternalFrame(Component c, String t)
105      {
106         final JInternalFrame iframe = new JInternalFrame(t, true, // resizable
107               true, // closable
108               true, // maximizable
109               true); // iconifiable
110
111         iframe.add(c, BorderLayout.CENTER);
112         desktop.add(iframe);
113
114         iframe.setFrameIcon(new ImageIcon(getClass().getResource("document.gif")));
115
116         // add listener to confirm frame closing
117         iframe.addVetoableChangeListener(new VetoableChangeListener()
118            {
119               public void vetoableChange(PropertyChangeEvent event) throws PropertyVetoException
120               {
121                  String name = event.getPropertyName();
122                  Object value = event.getNewValue();
123
124                  // we only want to check attempts to close a frame
125                  if (name.equals("closed") && value.equals(true))
126                  {
127                     // ask user if it is ok to close
128                     int result = JOptionPane.showInternalConfirmDialog(iframe, "OK to close?",
129                           "Select an Option", JOptionPane.YES_NO_OPTION);
130
131                     // if the user doesn't agree, veto the close
132                     if (result != JOptionPane.YES_OPTION) throw new PropertyVetoException(
133                           "User canceled close", event);
134                  }
135               }
136            });
137         // position frame
138         int width = desktop.getWidth() / 2;
139         int height = desktop.getHeight() / 2;
140         iframe.reshape(nextFrameX, nextFrameY, width, height);
141
142         iframe.show();
143
144         // select the frame--might be vetoed
145         try
146         {
147            iframe.setSelected(true);
148         }
149         catch (PropertyVetoException ex)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
150         {
151         }
152
153         frameDistance = iframe.getHeight() - iframe.getContentPane().getHeight();
154
155         // compute placement for next frame
156
157         nextFrameX += frameDistance;
158         nextFrameY += frameDistance;
159         if (nextFrameX + width > desktop.getWidth()) nextFrameX = 0;
160         if (nextFrameY + height > desktop.getHeight()) nextFrameY = 0;
161      }
162
163      /**
164       * Cascades the noniconified internal frames of the desktop.
165       */
166      public void cascadeWindows()
167      {
168         int x = 0;
169         int y = 0;
170         int width = desktop.getWidth() / 2;
171         int height = desktop.getHeight() / 2;
172
173         for (JInternalFrame frame : desktop.getAllFrames())
174         {
175            if (!frame.isIcon())
176            {
177               try
178               {
179                  // try to make maximized frames resizable; this might be vetoed
180                  frame.setMaximum(false);
181                  frame.reshape(x, y, width, height);
182
183                  x += frameDistance;
184                  y += frameDistance;
185                  // wrap around at the desktop edge
186                  if (x + width > desktop.getWidth()) x = 0;
187                  if (y + height > desktop.getHeight()) y = 0;
188               }
189               catch (PropertyVetoException ex)
190               {
191               }
192            }
193         }
194      }
195
196      /**
197       * Tiles the noniconified internal frames of the desktop.
198       */
199      public void tileWindows()
200      {
201         // count frames that aren't iconized
202         int frameCount = 0;
203         for (JInternalFrame frame : desktop.getAllFrames())
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
204          if (!frame.isIcon()) frameCount++;
205       if (frameCount == 0) return;
206
207       int rows = (int) Math.sqrt(frameCount);
208       int cols = frameCount / rows;
209       int extra = frameCount % rows;
210       // number of columns with an extra row
211
212       int width = desktop.getWidth() / cols;
213       int height = desktop.getHeight() / rows;
214       int r = 0;
215       int c = 0;
216       for (JInternalFrame frame : desktop.getAllFrames())
217       {
218          if (!frame.isIcon())
219          {
220             try
221             {
222                frame.setMaximum(false);
223                frame.reshape(c * width, r * height, width, height);
224                r++;
225                if (r == rows)
226                {
227                   r = 0;
228                   c++;
229                   if (c == cols - extra)
230                   {
231                      // start adding an extra row
232                      rows++;
233                      height = desktop.getHeight() / rows;
234                   }
235                }
236             }
237             catch (PropertyVetoException ex)
238             {
239             }
240          }
241       }
242    }
243
244    /**
245     * Brings the next noniconified internal frame to the front.
246     */
247    public void selectNextWindow()
248    {
249       JInternalFrame[] frames = desktop.getAllFrames();
250       for (int i = 0; i < frames.length; i++)
251       {
252          if (frames[i].isSelected())
253          {
254             // find next frame that isn't an icon and can be selected
255             int next = (i + 1) % frames.length;
256             while (next != i)
257             {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
258                 if (!frames[next].isIcon())
259                 {
260                    try
261                    {
262                       // all other frames are icons or veto selection
263                       frames[next].setSelected(true);
264                       frames[next].toFront();
265                       frames[i].toBack();
266                       return;
267                    }
268                    catch (PropertyVetoException ex)
269                    {
270                    }
271                 }
272                 next = (next + 1) % frames.length;
273              }
274           }
275        }
276     }
277  }
```

API javax.swing.JDesktopPane 1.2

- `JInternalFrame[] getAllFrames()`

  获取该桌面面板中的所有内部框体。

- `void setDragMode(int mode)`

  将拖动模式设置为实况拖动模式或边框拖动模式。

  参数：mode　　JDesktopPane.LIVE_DRAG_MODE、JDesktopPane.OUTLINE_DRAG_MODE 其中之一

API javax.swing.JInternalFrame 1.2

- `JInternalFrame()`
- `JInternalFrame(String title)`
- `JInternalFrame(String title, boolean resizable)`
- `JInternalFrame(String title, boolean resizable, boolean closable)`
- `JInternalFrame(String title, boolean resizable, boolean closable, boolean maximizable)`
- `JInternalFrame(String title, boolean resizable, boolean closable, boolean maximizable, boolean iconifiable)`

  构建一个新的内部框体。

  参数：title　　标题栏显示的字符串

  resizable　　如果该框体可放缩，则为 true

  closable　　如果框体可以关闭，则为 true

  maxmizable　　如果该框体可以最大化，则为 true

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

iconifiable 如果该框体可以图标化，则为 true

- boolean isResizable()
- void setResizable(boolean b)
- boolean isClosable()
- void setClosable(boolean b)
- boolean isMaximizable()
- void setMaximizable(boolean b)
- boolean isIconifiable()
- void setIconifiable(boolean b)

获取并设置属性 resizable、closable、maximizable 以及 iconifiable。如果该属性为 true，那么在框体的标题栏处会显示一个图标，用于缩放、关闭、最大化或者图标化该内部框体。

- boolean isIcon()
- void setIcon(boolean b)
- boolean isMaximum()
- void setMaximum(boolean b)
- boolean isClosed()
- void setClosed(boolean b)

获取或设置 icon、maximum 或者 closed 属性。如果该属性为 true 那么该内部框体可以图标化、最大化以及关闭。

- boolean isSelected()
- void setSelected(boolean b)

获取或设置 selected 属性。如果该属性为 true，那么当前的内部框体就成为桌面上被选定的框体。

- void moveToFront()
- void moveToBack()

将该内部框体移到桌面的前面或后面。

- void reshape(int x, int y, int width, int height)

移动并缩放该内部框体。

参数：x y 框体的左上角
width, height 框体的宽度及高度

- Container getContentPane()
- void setContentPane(Container c)

获取并设置该内部框体的内容面板。

- JDesktopPane getDesktopPane()

获取该内部框体的桌面面板。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `Icon getFrameIcon()`
- `void setFrameIcon(Icon anIcon)`

  获取并设置显示在标题栏中的框体图标。
- `boolean isVisible()`
- `void setVisible(boolean b)`

  获取并设置“可见”属性。
- `void show()`

  将该内部框体设为可视的，并将它移到前面。

API javax.swing.JComponent 1.2

- `void addVetoableChangeListener(VetoableChangeListener listener)`

  添加一个可否决更改监听器，当试图更改一个受约束属性的时候，会将更改信息通告给它。

API *java.beans.VetoableChangeListener* 1.1

- `void vetoableChange(PropertyChangeEvent event)`

  当受约束属性的 set 方法通知可否决更改监视器的时候，调用该方法。

API java.beans.PropertyChangeEvent 1.1

- `String getPropertyName()`

  返回将要被更改的属性的名称。
- `Object getNewValue()`

  返回建议用于该属性的新值。

API java.beans.PropertyVetoException 1.1

- `PropertyVetoException(String reason, PropertyChangeEvent event)`

  构建一个属性否决异常。

  参数：`reason` 否决的原因

  `event` 被否决的事件

3. 层

Java SE 1.7 引入了一个新特性，使得你可以将一个层置于其他构件之上。你可以在层上进行绘制，并监听其底层构件的事件。使用层可以为用户界面添加可视化的提示线索。例如，可以装饰当前的输入、无效的输入或禁用的构件。

JLayer 类将一个构件与某个 LayerUI 对象关联在一起，而后者将负责绘制和事件处理。LayerUI 类应该有一个必须与所关联的构件相匹配的类型参数。例如，下面的代码在一个 JPanel 中添加了一个层：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
JPanel panel = new JPanel();
LayerUI<JPanel> layerUI = new PanelLayer();
JLayer layer = new JLayer(panel, layerUI);
frame.add(layer);
```

注意，这段代码向父面板添加的是层而不是面板，其中，PanelLayer 是一个子类：

```
class PanelLayer extends LayerUI<Panel>
{
   public void paint(Graphics g, JComponent c)
   {
      . . .
   }
   . . .
}
```

在 paint 方法中，可以绘制任意想要绘制的东西，但是要记住需要调用 super.paint 以确保构件被正确绘制。这里，我们在整个构件上绘制了透明的颜色：

```
public void paint(Graphics g, JComponent c)
{
   super.paint(g, c);

   Graphics2D g2 = (Graphics2D) g.create();
   g2.setComposite(AlphaComposite.getInstance(AlphaComposite.SRC_OVER, .3f));
   g2.setPaint(color));
   g2.fillRect(0, 0, c.getWidth(), c.getHeight());
   g2.dispose();
}
```

为了监听来自所关联构件或其任意儿子构件的事件，LayerUI 类必须设置层事件掩码，这应该在 installUI 方法中完成，就像下面这样：

```
class PanelLayer extends LayerUI<JPanel>
{
   public void installUI(JComponent c)
   {
      super.installUI(c);
      ((JLayer<?>) c).setLayerEventMask(AWTEvent.KEY_EVENT_MASK | AWTEvent.FOCUS_EVENT_MASK);
   }

   public void uninstallUI(JComponent c)
   {
      ((JLayer<?>) c).setLayerEventMask(0);
      super.uninstallUI(c);
   }
   . . .
}
```

现在就可以在名为 processXxxEvent 的方法中接收事件了。例如，在我们的示例应用中，每当有键盘输入时，就会重绘层：

```
public class PanelLayer extends LayerUI<JPanel>
{
   protected void processKeyEvent(KeyEvent e, JLayer<? extends JPanel> l)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
      {
         l.repaint();
      }
   }
```

程序清单 6-32 中的示例程序有三个输入框，用来设置颜色的 RGB 值。无论何时，只要用户改变了这些值，对应的颜色就会透明地显示在面板上。我们还捕获了焦点事件，并以粗体字显示了获得焦点的构件的文本。

程序清单 6-32 layer/ColorFrame.java

```
1  package layer;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import javax.swing.*;
6  import javax.swing.plaf.*;
7
8  /**
9   * A frame with three text fields to set the background color.
10  */
11 public class ColorFrame extends JFrame
12 {
13    private JPanel panel;
14    private JTextField redField;
15    private JTextField greenField;
16    private JTextField blueField;
17
18    public ColorFrame()
19    {
20       panel = new JPanel();
21
22       panel.add(new JLabel("Red:"));
23       redField = new JTextField("255", 3);
24       panel.add(redField);
25
26       panel.add(new JLabel("Green:"));
27       greenField = new JTextField("255", 3);
28       panel.add(greenField);
29       panel.add(new JLabel("Blue:"));
30       blueField = new JTextField("255", 3);
31       panel.add(blueField);
32
33       LayerUI<JPanel> layerUI = new PanelLayer();
34       JLayer<JPanel> layer = new JLayer<JPanel>(panel, layerUI);
35
36       add(layer);
37       pack();
38    }
39
40    class PanelLayer extends LayerUI<JPanel>
41    {
42       public void installUI(JComponent c)
43       {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
44          super.installUI(c);
45          ((JLayer<?>) c).setLayerEventMask(AWTEvent.KEY_EVENT_MASK | AWTEvent.FOCUS_EVENT_MASK);
46       }
47
48       public void uninstallUI(JComponent c)
49       {
50          ((JLayer<?>) c).setLayerEventMask(0);
51          super.uninstallUI(c);
52       }
53
54       protected void processKeyEvent(KeyEvent e, JLayer<? extends JPanel> l)
55       {
56          l.repaint();
57       }
58
59       protected void processFocusEvent(FocusEvent e, JLayer<? extends JPanel> l)
60       {
61          if (e.getID() == FocusEvent.FOCUS_GAINED)
62          {
63             Component c = e.getComponent();
64             c.setFont(getFont().deriveFont(Font.BOLD));
65          }
66          if (e.getID() == FocusEvent.FOCUS_LOST)
67          {
68             Component c = e.getComponent();
69             c.setFont(getFont().deriveFont(Font.PLAIN));
70          }
71       }
72
73       public void paint(Graphics g, JComponent c)
74       {
75          super.paint(g, c);
76          Graphics2D g2 = (Graphics2D) g.create();
77          g2.setComposite(AlphaComposite.getInstance(AlphaComposite.SRC_OVER, .3f));
78          int red = Integer.parseInt(redField.getText().trim());
79          int green = Integer.parseInt(greenField.getText().trim());
80          int blue = Integer.parseInt(blueField.getText().trim());
81          g2.setPaint(new Color(red, green, blue));
82          g2.fillRect(0, 0, c.getWidth(), c.getHeight());
83          g2.dispose();
84       }
85    }
86 }
```

API javax.swing.JLayer<V extends Component> 7

- `JLayer(V view, LayerUI<V> ui)`

  构建在给定视图之上的层，将绘制和事件处理职责代理给 ui 对象。

- `void setLayerEventMask(long layerEventMask)`

  开启所有匹配事件的发送机制，将所有发送给所关联的构件或其任意子孙构件的事件发送给相关联的 LayerUI。对于事件掩码，可以组合 AWTWEvent 类中的以下任意常量：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

COMPONENT_EVENT_MASK
FOCUS_EVENT_MASK
HIERARCHY_BOUNDS_EVENT_MASK
HIERARCHY_EVENT_MASK
INPUT_METHOD_EVENT_MASK
KEY_EVENT_MASK
MOUSE_EVENT_MASK
MOUSE_MOTION_EVENT_MASK
MOUSE_WHEEL_EVENT_MASK

API javax.swing.plaf.LayerUI<V extends Component> 7

- void installUI(JComponent c)
- void uninstallUI(JComponent c)

  当为构件 c 安装或卸载 LayerUI 时调用。覆盖该方法时，应该设置或清除层事件掩码。
- void paint(Graphics g, JComponent c)

  当装饰的构件被绘制时调用。覆盖该方法时，应该调用 super.paint 并绘制各种装饰。
- void processComponentEvent(ComponentEvent e, JLayer<? extends V> l)
- void processFocusEvent(FocusEvent e, JLayer<? extends V> l)
- void processHierarchyBoundsEvent(HierarchyEvent e, JLayer<? extends V> l)
- void processHierarchyEvent(HierarchyEvent e, JLayer<? extends V> l)
- void processInputMethodEvent(InputMethodEvent e, JLayer<? extends V> l)
- void processKeyEvent(KeyEvent e, JLayer<? extends V> l)
- void processMouseEvent(MouseEvent e, JLayer<? extends V> l)
- void processMouseMotionEvent(MouseEvent e, JLayer<? extends V> l)
- void processMouseWheelEvent(MouseWheelEvent e, JLayer<? extends V> l)

  当指定事件发送到该 LayerUI 时被调用。

你已经看到了可以如何使用 Swing 框架提供的复杂构件。在下一章，我们将转向 AWT 相关的话题：复杂的绘制操作、图像处理、打印机制以及与本地窗口系统的接口机制等。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第7章　高级 AWT

- ▲ 绘图操作流程
- ▲ 形状
- ▲ 区域
- ▲ 笔划
- ▲ 着色
- ▲ 坐标变换
- ▲ 剪切
- ▲ 透明与组合
- ▲ 绘图提示
- ▲ 图像读取器和写入器
- ▲ 图像处理
- ▲ 打印
- ▲ 剪贴版
- ▲ 拖放操作
- ▲ 平台集成

Graphics 类有多种方法可以用来创建简单的图形。这些方法对于简单的 applet 和应用来说已经绰绰有余了，但是当你创建复杂的图形或者需要全面控制图形的外观时，它们就显得力不从心了。Java 2D API 是一个更加成熟的类库，可以用它产生高质量的图形。本章中，我们将概要地介绍一下该 API。

然后我们将要讲述关于打印方面的问题，说明如何将打印功能纳入到程序之中。

最后，我们将介绍在程序间传递数据的两种方法：系统剪切板和拖放机制。可以使用这些技术在两个 Java 应用之间，或者在 Java 应用和本机程序之间传递数据。最后，我们将讨论使 Java 应用可以像本地应用一样使用的技术，例如提供闪屏和在系统托盘中的图标。

7.1　绘图操作流程

在最初的 JDK 1.0 中，用来绘制形状的是一种非常简单的机制，即选择颜色和画图的模式，并调用 Graphics 类的各种方法，比如 `drawRect` 或者 `fillOval`。而 Java 2D API 支持更多的功能：

- 可以很容易地绘制各式各样的形状。
- 可以控制绘制形状的笔划，即控制跟踪形状边界的绘图笔。
- 可以用单色、变化的色调和重复的模式来填充各种形状。
- 可以使用变换法，对各种形状进行移动、缩放、旋转和拉伸。
- 可以对形状进行剪切，将其限制在任意的区域内。
- 可以选择各种组合规则，来描述如何将新形状的像素与现有的像素组合起来。
- 可以提供绘制图形提示，以便在速度与绘图质量之间实现平衡。

如果要绘制一个形状，可以按照如下步骤操作：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

1）获得一个 Graphics2D 类的对象，该类是 Graphics 类的子类。自 Java SE 1.2 以来，paint 和 paintComponent 等方法就能够自动地接收一个 Graphics2D 类的对象，这时可以直接使用如下的转型：

```
public void paintComponent(Graphics g)
{
   Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
   . . .
}
```

2）使用 setRenderingHints 方法来设置绘图提示，它提供了速度与绘图质量之间的一种平衡。

```
RenderingHints hints = . . .;
g2.setRenderingHints(hints);
```

3）使用 setStroke 方法来设置笔划，笔划用于绘制形状的边框。可以选择边框的粗细和线段的虚实。

```
Stroke stroke = . . .;
g2.setStroke(stroke);
```

4）使用 setPaint 方法来设置着色法，着色法用于填充诸如笔划路径或者形状内部等区域的颜色。可以创建单色、渐变色或者平铺的填充模式。

```
Paint paint = . . .;
g2.setPaint(paint);
```

5）使用 clip 方法来设置剪切区域。

```
Shape clip = . . .;
g2.clip(clip);
```

6）使用 transform 方法设置一个从用户空间到设备空间的变换方式。如果使用变换方式比使用像素坐标更容易定义在定制坐标系统中的形状，那么就可以使用变换方式。

```
AffineTransform transform = . . .;
g2.transform(transform);
```

7）使用 setComposite 方法设置一个组合规则，用来描述如何将新像素与现有的像素组合起来。

```
Composite composite = . . .;
g2.setComposite(composite);
```

8）建立一个形状，Java 2D API 提供了用来组合各种形状的许多形状对象和方法。

```
Shape shape = . . .;
```

9）绘制或者填充该形状。 如果要绘制该形状，那么它的边框就会用笔划画出来。 如果要填充该形状，那么它的内部就会被着色。

```
g2.draw(shape);
g2.fill(shape);
```

当然，在许多实际的环境中，并不需要采用所有这些操作步骤。Java 2D 图形上下文中

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

有合理的默认设置。只有当你确实想要改变设置时，再去修改这些默认设置。

在下面的几节中，我们将要介绍如何描绘形状、笔划、着色、变换及组合的规则。

各种不同的 set 方法只是用于设置 2D 图形上下文的状态，它们并不进行任何实际的绘图操作。同样，在构建 shape 对象时，也不进行任何绘图操作。只有在调用 draw 或者 fill 方法时，才会绘制出图形的形状，而就在此刻，这个新的图形由绘图操作流程计算出来（参见图 7-1）。

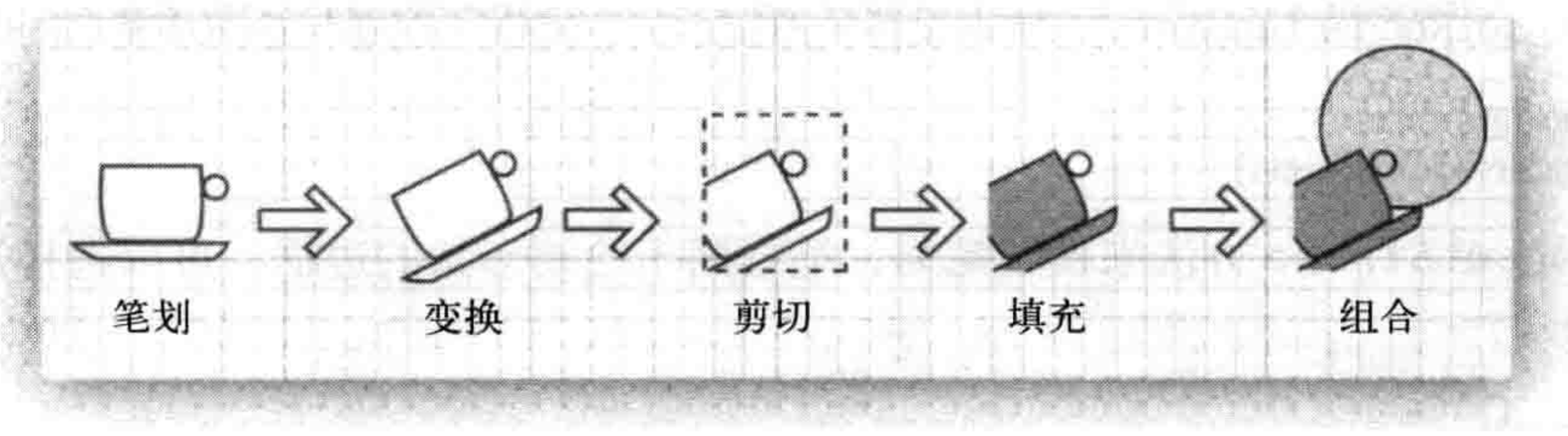


图 7-1 绘图操作流程

在绘图流程中，需要以下这些操作步骤来绘制一个形状：

1）用笔划画出形状的线条；

2）对形状进行变换操作；

3）对形状进行剪切。如果形状与剪切区域之间没有任何相交的地方，那么就停止本次操作过程；

4）对剪切后的形状进行填充；

5）把填充后的形状与已有的形状进行组合（在图 7-1 中，圆形是已有像素部分，杯子的形状加在了它的上面）。

在下一节中，将会讲述如何对形状进行定义。然后，我们将转而对 2D 图形上下文设置进行介绍。

API java.awt.Graphics2D 1.2

- void draw(Shape s)

  用当前的笔划来绘制给定形状的边框。

- void fill(Shape s)

  用当前的着色方案来填充给定形状的内部。

7.2 形状

下面是 Graphics 类中绘制形状的若干方法：

drawLine
drawRectangle

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
drawRoundRect
draw3DRect
drawPolygon
drawPolyline
drawOval
drawArc
```

它们还有对应的 fill 方法，这些方法从 JDK 1.0 起就被纳入到 Graphics 类中了。Java 2D API 使用了一套完全不同的面向对象的处理方法，即不再使用方法，而是使用下面的这些类：

```
Line2D
Rectangle2D
RoundRectangle2D
Ellipse2D
Arc2D
QuadCurve2D
CubicCurve2D
GeneralPath
```

这些类全部都实现了 Shape 接口。

最后，还有一个 Point2D 类，它用 x 和 y 坐标来描述一个点。点对于定义形状非常有用，不过它们本身并不是形状。

如果要绘制一个形状，首先要创建一个实现了 Shape 接口的类的对象，然后调用 Graphics2D 类的 draw 方法。

Line2D、Rectangle2D、RoundRectangle2D、Ellipse2D 和 Arc2D 等这些类对应于 drawLine、drawRectangle、drawRoundRect、drawOval 和 drawArc 等方法。（“3D 矩形”的概念已经理所当然地过时了，因没有与 draw3DRect 方法相对应的类。）Java 2D API 提供了两个补充类，即二次曲线类和三次曲线类。我们将在本节的后面部分阐释这些形状。Java 2D API 中没有任何 Polygon2D 类。相反，它用 GeneralPath 类来描述由线条、二次曲线、三次曲线构成的线条路径。可以使用 GeneralPath 来描述一个多边形；我们将在本节的后面部分对它进行介绍。

下面这些类：

```
Rectangle2D
RoundRectangle2D
Ellipse2D
Arc2D
```

都是从一个公共超类 RectangularShape 继承而来的。诚然，椭圆形和弧形都不是矩形，但是它们都有一个矩形的边界框（参见图 7-2）。

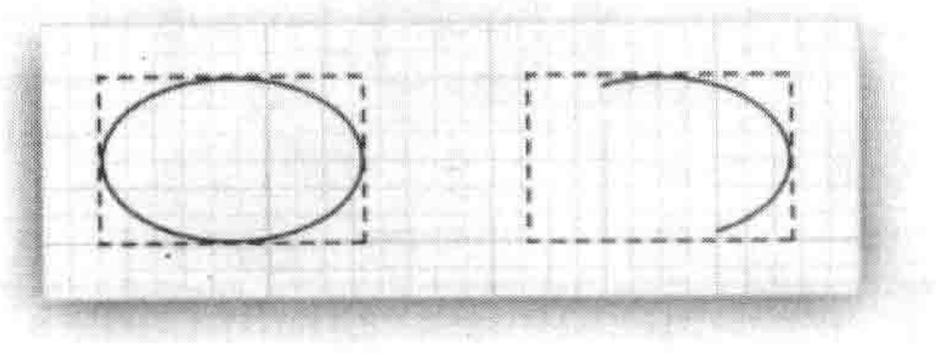


图 7-2 椭圆形和弧形的矩形边界框

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

名字以“2D”结尾的每个类都有两个子类，用于指定坐标是 float 类型的还是 double 类型的。在本书的第 I 卷中，我们已经介绍了 Rectangle2D.Float 和 Rectangle2D.Double。

其他类也使用了相同的模式，比如 Arc2D.Float 和 Arc2D.Double。

从内部来讲，所有的图形类使用的都是 float 类型的坐标，因为 float 类型的数占用较少的存储空间，而且它们有足够高的几何计算精度。然而，Java 编程语言使得对 float 类型的数的操作要稍微复杂些。由于这个原因，图形类的大多数方法使用的都是 double 类型的参数和返回值。只有在创建一个 2D 对象的时候，才需要选择究竟是使用带有 float 类型坐标的构造器，还是使用带有 double 类型坐标的构造器。例如：

```
Rectangle2D floatRect = new Rectangle2D.Float(5F, 10F, 7.5F, 15F);
Rectangle2D doubleRect = new Rectangle2D.Double(5, 10, 7.5, 15);
```

*Xxx*2D.Float 和 *Xxx*2D.Double 两个类都是 *Xxx*2D 类的子类，在对象被构建之后，再记住其确切的子类型实质上已经没有任何额外的好处了，因此可以将刚被构建的对象存储为一个超类变量，正如上面代码示例中所阐释的那样。

从这些类古怪的名字中就可以判断出，*Xxx*2D.Float 和 *Xxx*2D.Double 两个类同时也是 *Xxx*2D 类的内部类。这只是为了在语法上比较方便，以避免外部类的名字变得太长。

图 7-3 显示了各个形状类之间的关系。不过图中省略了 Double 和 Float 子类，并且来自以前的 2D 类库的遗留类用灰色的填充色标识。

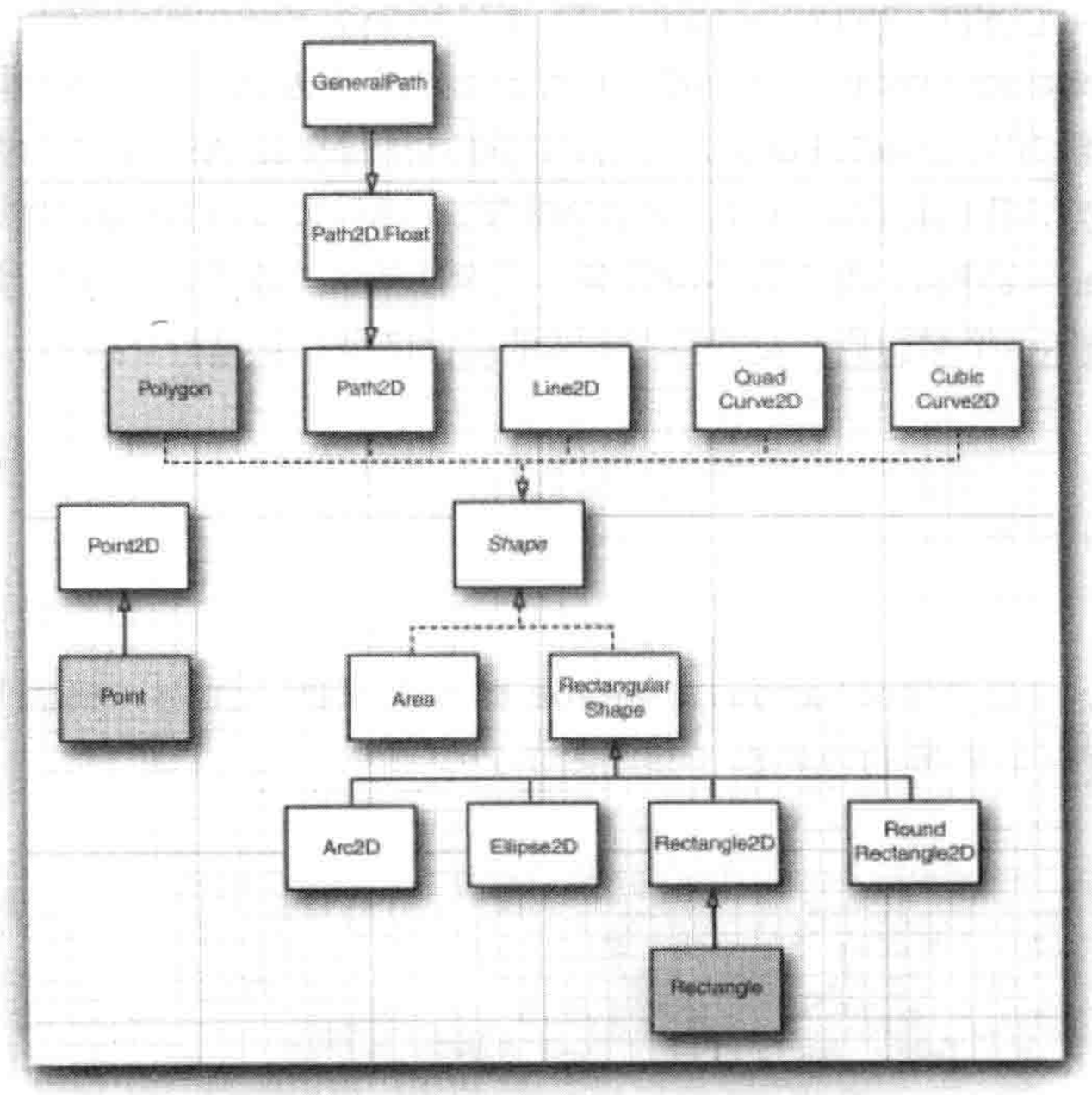


图 7-3 形状类之间的关系

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

使用形状类

我们在本书的第 I 卷第 7 章中介绍了如何使用 Rectangle2D、Ellipse2D 和 Line2D 类的方法。本节将介绍如何建立其他的 2D 形状。

如果要建立一个 RoundRectangle2D 形状，应该设定左上角、宽度、高度及应该变成圆角的边角区的 x 和 y 的坐标尺寸（参见图 7-4）。例如，调用下面的方法：

```
RoundRectangle2D r = new RoundRectangle2D.Double(150, 200, 100, 50, 20, 20);
```

便产生了一个带圆角的矩形，每个角的圆半径为 20。

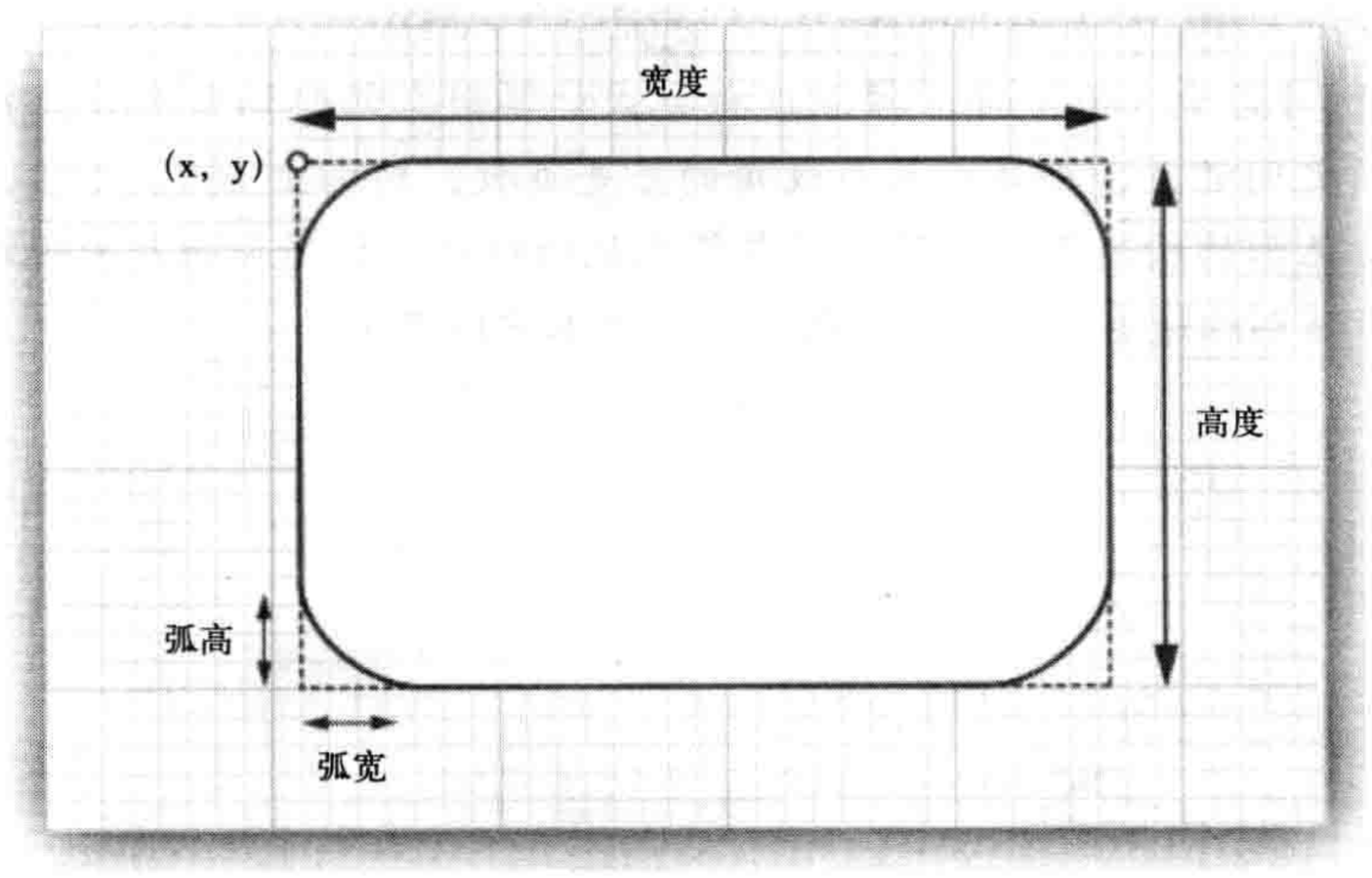


图 7-4 构建一个 RoundRectangle2D

如果要建立一个弧形，首先应该设定边界框，接着设定它的起始角度和弧形跨越的角度（见图 7-5），并且设定弧形闭合的类型，即 Arc2D.OPEN、Arc2D.PIE 或者 Arc2D.CHORD 这几种类型中的一个。

```
Arc2D a = new Arc2D(x, y, width, height, startAngle, arcAngle, closureType);
```

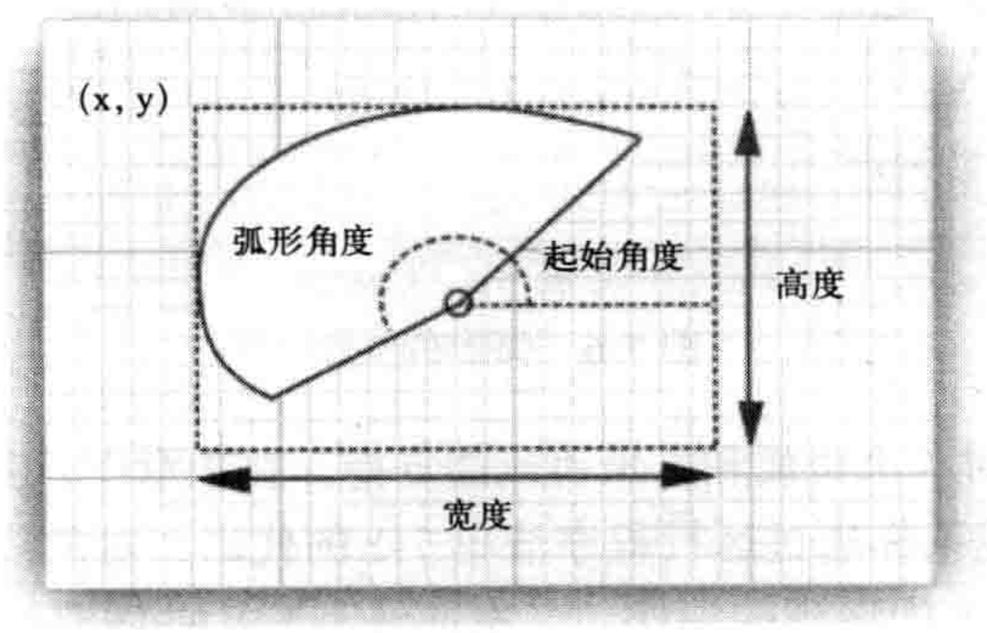


图 7-5 构建一个椭圆弧形

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

图 7-6 显示了几种弧形的类型。

警告：如果弧形是椭圆的，那么弧形角的计算就不是很直接了。API 文档中描述到："角是相对于非正方形的矩形边框指定的，以使得 45 度总是落到了从椭圆中心指向矩形边框右上角的方向上。因此，如果矩形边框的一条轴比另一条轴明显长许多，那么弧形段的起始点和终止点就会与边框中的长轴斜交。"但是，文档中并没有说明如何计算这种"斜交"。下面是其细节：

假设弧形的中心是原点，而且点（x,y）在弧形上。那么我们可以用下面的公式来获得这个斜交角：

```
skewedAngle = Math.toDegrees(Math.atan2(-y * height, x * width));
```

这个值介于 –180 到 180 之间。按照这种方式计算斜交的起始角和终止角，然后，计算两个斜交角之间的差，如果起始角或角的差是负数，则加上 360。之后，将起始角和角的差提供给弧形的构造器。如果运行本节末尾的程序，你用肉眼就能观察到这种计算所产生的用于弧形构造器的值是正确的。可参见本章图 7-9。

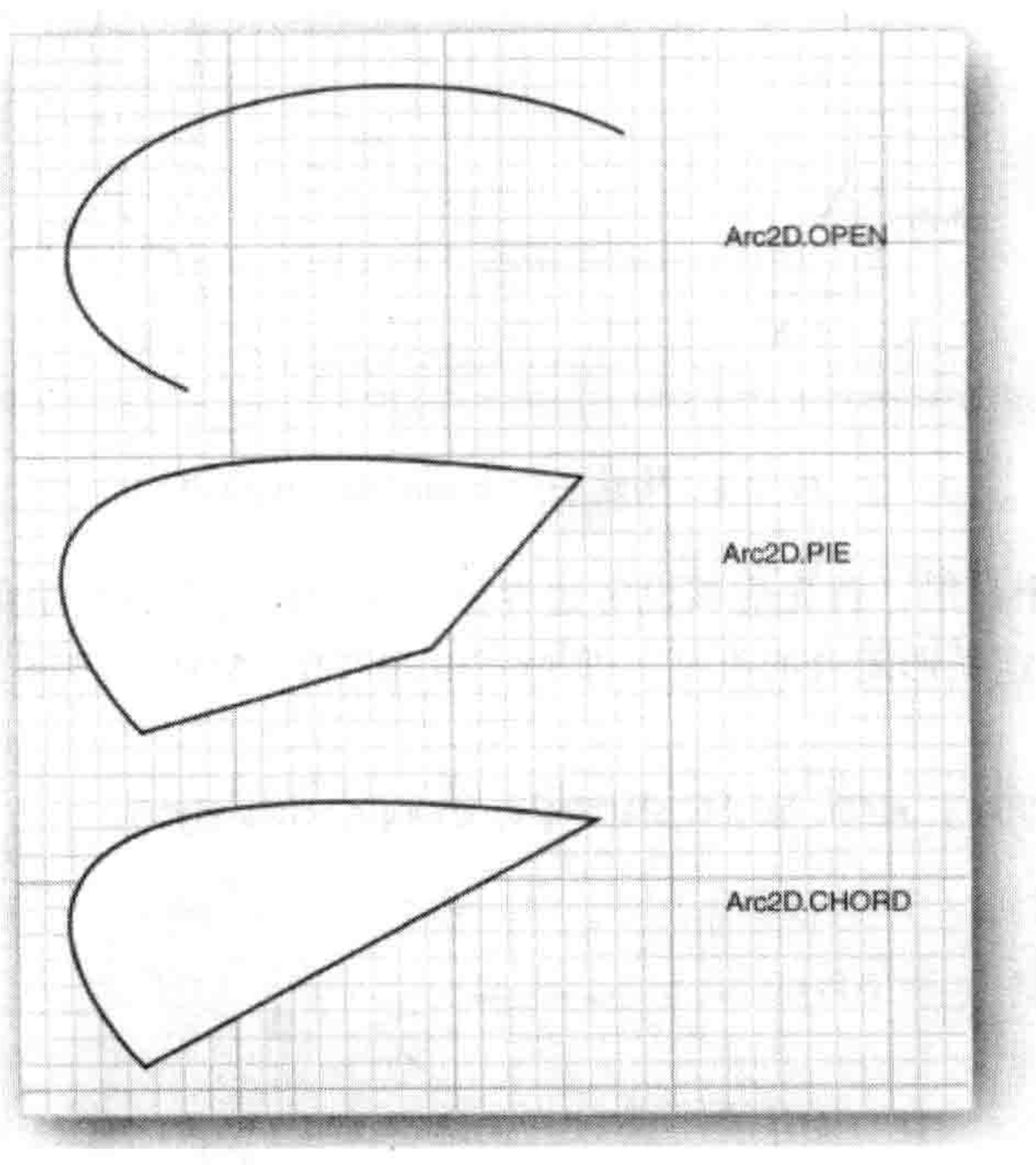


图 7-6 弧形的类型

Java 2D API 提供了对二次曲线和三次曲线的支持。在本章中，我们并不会深入介绍这些曲线的数学特征。我们建议你通过运行程序清单 7-1 的代码，对曲线的形状有一个感性的认识。正如在图 7-7 和图 7-8 中看到的那样，二次曲线和三次曲线是由两个端点和一个或两个

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

控制点来设定的。移动控制点，曲线的形状就会改变。

如果要构建二次曲线和三次曲线，需要给出两个端点和控制点的坐标。例如，

```
QuadCurve2D q = new QuadCurve2D.Double(startX, startY, control1X, control1Y, endX, endY);
CubicCurve2D c = new CubicCurve2D.Double(startX, startY, control1X, control1Y,
   control2X, control2Y, endX, endY);
```

二次曲线不是非常灵活，所以实际上它并不常用。三次曲线（比如用 CubicCurve2D 类绘制的贝济埃（Bézier）曲线）却是非常常用的。通过将三次曲线组合起来，使得连接点的各个斜率互相匹配，就能够创建复杂的、外观平滑的曲线形状。如果要了解这方面的详细信息，请参阅 James D. Foley、Andries van Dam 和 Steven K. Feiner 等人合作撰写的《Computer Graphics: Principles and Practice》[⊖]，Addison Wesley 出版社 1995 年出版。

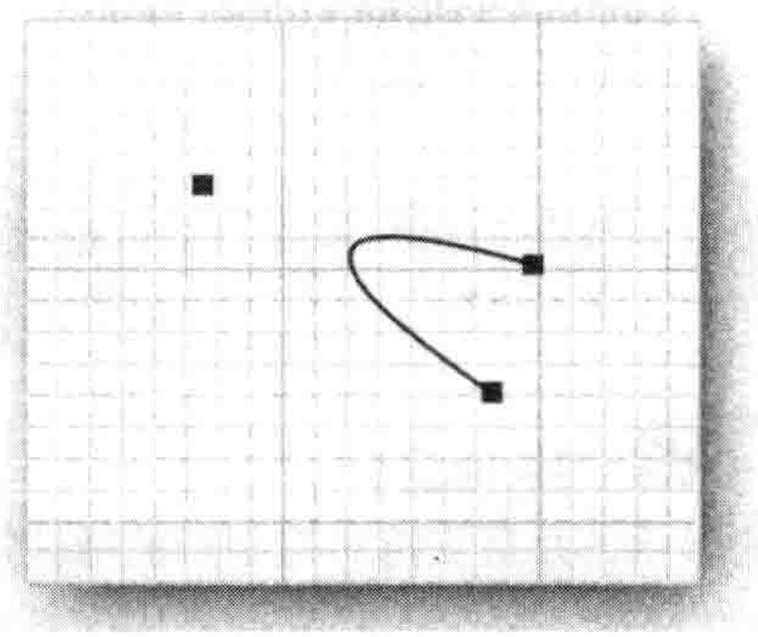


图 7-7 二次曲线

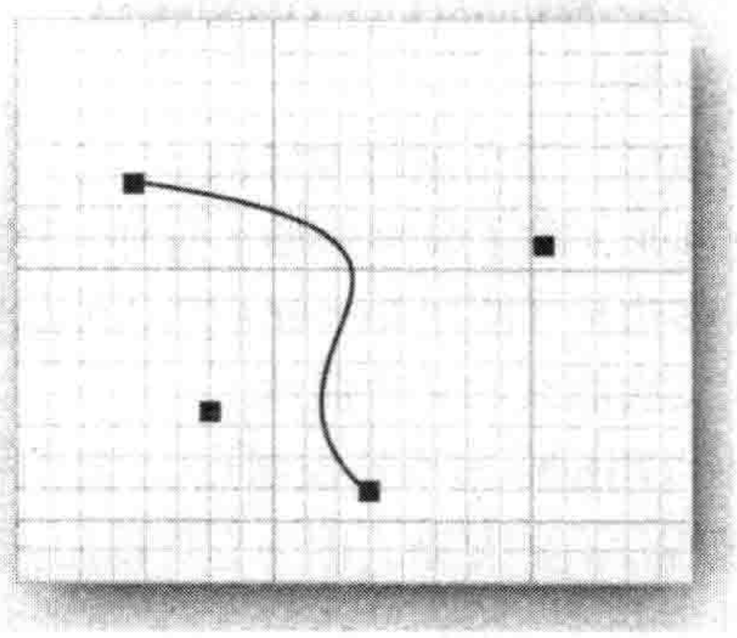


图 7-8 三次曲线

可以建立线段、二次曲线和三次曲线的任意序列，并把它们存放到一个 GeneralPath 对象中去。可以用 moveTo 方法来指定路径的第一个坐标，例如，

```
GeneralPath path = new GeneralPath();
path.moveTo(10, 20);
```

然后，可以通过调用 lineTo、quadTo 或 curveTo 三种方法之一来扩展路径，这些方法分别用线条、二次曲线或者三次曲线来扩展路径。如果要调用 lineTo 方法，需要提供它的端点。而对两个曲线方法的调用，需要先提供控制点，然后提供端点。例如，

```
path.lineTo(20, 30);
path.curveTo(control1X, control1Y, control2X, control2Y, endX, endY);
```

可以调用 closePath 方法来闭合路径，它能够绘制一条回到路径起始点的线条。

如果要绘制一个多边形，只需调用 moveTo 方法，以到达第一个拐角点，然后反复调用 lineTo 方法，以便到达其他的拐角点。最后调用 closePath 方法来闭合多边形。程序清单 7-1 更加详细地展示了构建多边形的方法。

⊖ 本书的中文版以及英文影印版已由机械工业出版社出版。中文版书名为《计算机图形学原理及实践》书号为：7-111-13026-x，英文影印版书号为：7-111-10343-2。——编辑注

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

普通路径没有必要一定连接在一起，随时可以调用 moveTo 方法来建立一个新的路径段。

最后，可以使用 append 方法，向普通路径添加任意个 Shape 对象。如果新建的形状应该连接到路径的最后一个端点，那么 append 方法的第二个参数值就是 true，如果不应该连接，那么该参数值就是 false。例如，调用下面的方法：

```
Rectangle2D r = . . .;
path.append(r, false);
```

可以把矩形的边框添加到该路径中，但并不与现有的路径连接在一起。而下面的方法调用：

```
path.append(r, true);
```

则是在路径的终点和矩形的起点之间添加了一条直线，然后将矩形的边框添加到该路径中。

程序清单 7-1 中的程序使你能够构建许多示例路径。图 7-7 和图 7-8 显示了运行该程序的示例结果。你可以从组合框中选择一个形状绘制器，该程序包含的形状绘制器可以用来绘制：

- 直线；
- 矩形、圆角矩形和椭圆形；
- 弧形（除了显示弧形本身外，还可以显示矩形边框的线条和起始角度及结束角度）；
- 多边形（使用 GeneralPath 方法）；
- 二次曲线和三次曲线。

可以用鼠标来调整控制点。当你移动控制点时，形状会连续地重绘。

该程序有些复杂，因为它可以用来处理多种不同的形状，并且支持对控制点的拖拽操作。

抽象超类 ShapeMaker 封装了形状绘制器类的共性特征。每个形状都拥有固定数量的控制点，用户可以在控制点周围随意移动，而 getPointCount 方法用于返回控制点数量的值。下面这个抽象方法：

```
Shape makeShape(Point2D[] points)
```

将在给定控制点的当前位置的情况下，计算实际的形状。toString 方法用于返回类的名字，这样，ShapeMaker 对象就能够放置到一个 JComboBox 中。

为了激活控制点的拖拽特征，ShapePanel 类要同时处理鼠标事件和鼠标移动事件。当鼠标在一个矩形上面被按下时，那么拖拽鼠标就可以移动该矩形了。

大部分形状绘制器类都很简单，它们的 makeShape 方法只是用于构建和返回需要的形状。然而，当使用 ArcMaker 类的时候，需要计算弧形的变形起始角度和结束角度。此外，为了说明这些计算确实是正确的，返回的形状应该是包含该弧本身、矩形边框和从弧形中心到角度控制点之间的线条等的 GeneralPath（参见图 7-9）。

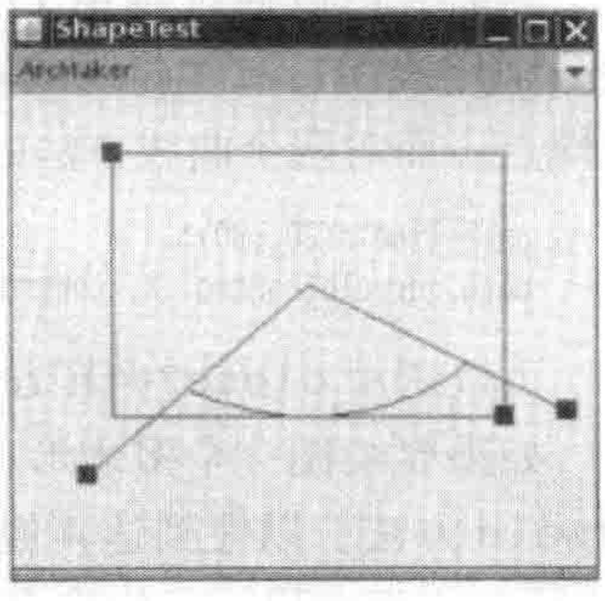


图 7-9 ShapeTest 程序的运行结果

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 7-1 shape/ShapeTest.java

```
1  package shape;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.awt.geom.*;
6  import java.util.*;
7  import javax.swing.*;
8  /**
9   * This program demonstrates the various 2D shapes.
10  * @version 1.02 2007-08-16
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class ShapeTest
14 {
15    public static void main(String[] args)
16    {
17       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
18          {
19             public void run()
20             {
21                JFrame frame = new ShapeTestFrame();
22                frame.setTitle("ShapeTest");
23                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
24                frame.setVisible(true);
25             }
26          });
27    }
28 }
29
30 /**
31  * This frame contains a combo box to select a shape and a component to draw it.
32  */
33 class ShapeTestFrame extends JFrame
34 {
35    public ShapeTestFrame()
36    {
37       final ShapeComponent comp = new ShapeComponent();
38       add(comp, BorderLayout.CENTER);
39       final JComboBox<ShapeMaker> comboBox = new JComboBox<>();
40       comboBox.addItem(new LineMaker());
41       comboBox.addItem(new RectangleMaker());
42       comboBox.addItem(new RoundRectangleMaker());
43       comboBox.addItem(new EllipseMaker());
44       comboBox.addItem(new ArcMaker());
45       comboBox.addItem(new PolygonMaker());
46       comboBox.addItem(new QuadCurveMaker());
47       comboBox.addItem(new CubicCurveMaker());
48       comboBox.addActionListener(new ActionListener()
49          {
50             public void actionPerformed(ActionEvent event)
51             {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
52                ShapeMaker shapeMaker = comboBox.getItemAt(comboBox.getSelectedIndex());
53                comp.setShapeMaker(shapeMaker);
54             }
55          });
56       add(comboBox, BorderLayout.NORTH);
57       comp.setShapeMaker((ShapeMaker) comboBox.getItemAt(0));
58       pack();
59    }
60
61 }
62
63 /**
64  * This component draws a shape and allows the user to move the points that define it.
65  */
66 class ShapeComponent extends JComponent
67 {
68    private static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
69    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 200;
70
71    private Point2D[] points;
72    private static Random generator = new Random();
73    private static int SIZE = 10;
74    private int current;
75    private ShapeMaker shapeMaker;
76
77    public ShapeComponent()
78    {
79       addMouseListener(new MouseAdapter()
80          {
81             public void mousePressed(MouseEvent event)
82             {
83                Point p = event.getPoint();
84                for (int i = 0; i < points.length; i++)
85                {
86                   double x = points[i].getX() - SIZE / 2;
87                   double y = points[i].getY() - SIZE / 2;
88                   Rectangle2D r = new Rectangle2D.Double(x, y, SIZE, SIZE);
89                   if (r.contains(p))
90                   {
91                      current = i;
92                      return;
93                   }
94                }
95             }
96
97             public void mouseReleased(MouseEvent event)
98             {
99                current = -1;
100            }
101         });
102      addMouseMotionListener(new MouseMotionAdapter()
103         {
104            public void mouseDragged(MouseEvent event)
105            {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
106             if (current == -1) return;
107             points[current] = event.getPoint();
108             repaint();
109          }
110       });
111    current = -1;
112 }
113
114 /**
115  * Set a shape maker and initialize it with a random point set.
116  * @param aShapeMaker a shape maker that defines a shape from a point set
117  */
118 public void setShapeMaker(ShapeMaker aShapeMaker)
119 {
120    shapeMaker = aShapeMaker;
121    int n = shapeMaker.getPointCount();
122    points = new Point2D[n];
123    for (int i = 0; i < n; i++)
124    {
125       double x = generator.nextDouble() * getWidth();
126       double y = generator.nextDouble() * getHeight();
127       points[i] = new Point2D.Double(x, y);
128    }
129    repaint();
130 }
131
132 public void paintComponent(Graphics g)
133 {
134    if (points == null) return;
135    Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
136    for (int i = 0; i < points.length; i++)
137    {
138       double x = points[i].getX() - SIZE / 2;
139       double y = points[i].getY() - SIZE / 2;
140       g2.fill(new Rectangle2D.Double(x, y, SIZE, SIZE));
141    }
142
143    g2.draw(shapeMaker.makeShape(points));
144 }
145
146 public Dimension getPreferredSize() { return new Dimension(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT); }
147 }
148 /**
149  * A shape maker can make a shape from a point set. Concrete subclasses must return a shape in the
150  * makeShape method.
151  */
152 abstract class ShapeMaker
153 {
154    public abstract Shape makeShape(Point2D[] p);
155    private int pointCount;
156
157    /**
158     * Constructs a shape maker.
159     * @param aPointCount the number of points needed to define this shape.
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
160      */
161     public ShapeMaker(int aPointCount)
162     {
163        pointCount = aPointCount;
164     }
165
166     /**
167      * Gets the number of points needed to define this shape.
168      * @return the point count
169      */
170     public int getPointCount()
171     {
172        return pointCount;
173     }
174
175     /**
176      * Makes a shape out of the given point set.
177      * @param p the points that define the shape
178      * @return the shape defined by the points
179      */
180
181     public String toString()
182     {
183        return getClass().getName();
184     }
185
186  }
187
188  /**
189   * Makes a line that joins two given points.
190   */
191  class LineMaker extends ShapeMaker
192  {
193     public LineMaker()
194     {
195        super(2);
196     }
197     public Shape makeShape(Point2D[] p)
198     {
199        return new Line2D.Double(p[0], p[1]);
200     }
201  }
202
203  /**
204   * Makes a rectangle that joins two given corner points.
205   */
206  class RectangleMaker extends ShapeMaker
207  {
208     public RectangleMaker()
209     {
210        super(2);
211     }
212
213     public Shape makeShape(Point2D[] p)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
214    {
215       Rectangle2D s = new Rectangle2D.Double();
216       s.setFrameFromDiagonal(p[0], p[1]);
217       return s;
218    }
219 }
220
221 /**
222  * Makes a round rectangle that joins two given corner points.
223  */
224 class RoundRectangleMaker extends ShapeMaker
225 {
226    public RoundRectangleMaker()
227    {
228       super(2);
229    }
230
231    public Shape makeShape(Point2D[] p)
232    {
233       RoundRectangle2D s = new RoundRectangle2D.Double(0, 0, 0, 0, 20, 20);
234       s.setFrameFromDiagonal(p[0], p[1]);
235       return s;
236    }
237 }
238
239 /**
240  * Makes an ellipse contained in a bounding box with two given corner points.
241  */
242 class EllipseMaker extends ShapeMaker
243 {
244    public EllipseMaker()
245    {
246       super(2);
247    }
248
249    public Shape makeShape(Point2D[] p)
250    {
251       Ellipse2D s = new Ellipse2D.Double();
252       s.setFrameFromDiagonal(p[0], p[1]);
253       return s;
254    }
255 }
256
257 /**
258  * Makes an arc contained in a bounding box with two given corner points, and with starting and
259  * ending angles given by lines emanating from the center of the bounding box and ending in two
260  * given points. To show the correctness of the angle computation, the returned shape contains the
261  * arc, the bounding box, and the lines.
262  */
263 class ArcMaker extends ShapeMaker
264 {
265    public ArcMaker()
266    {
267       super(4);
268    }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
269
270    public Shape makeShape(Point2D[] p)
271    {
272       double centerX = (p[0].getX() + p[1].getX()) / 2;
273       double centerY = (p[0].getY() + p[1].getY()) / 2;
274       double width = Math.abs(p[1].getX() - p[0].getX());
275       double height = Math.abs(p[1].getY() - p[0].getY());
276
277       double skewedStartAngle = Math.toDegrees(Math.atan2(-(p[2].getY() - centerY) * width,
278             (p[2].getX() - centerX) * height));
279       double skewedEndAngle = Math.toDegrees(Math.atan2(-(p[3].getY() - centerY) * width,
280             (p[3].getX() - centerX) * height));
281       double skewedAngleDifference = skewedEndAngle - skewedStartAngle;
282       if (skewedStartAngle < 0) skewedStartAngle += 360;
283       if (skewedAngleDifference < 0) skewedAngleDifference += 360;
284
285       Arc2D s = new Arc2D.Double(0, 0, 0, 0, skewedStartAngle, skewedAngleDifference, Arc2D.OPEN);
286       s.setFrameFromDiagonal(p[0], p[1]);
287
288       GeneralPath g = new GeneralPath();
289       g.append(s, false);
290       Rectangle2D r = new Rectangle2D.Double();
291       r.setFrameFromDiagonal(p[0], p[1]);
292       g.append(r, false);
293       Point2D center = new Point2D.Double(centerX, centerY);
294       g.append(new Line2D.Double(center, p[2]), false);
295       g.append(new Line2D.Double(center, p[3]), false);
296       return g;
297    }
298 }
299
300 /**
301  * Makes a polygon defined by six corner points.
302  */
303 class PolygonMaker extends ShapeMaker
304 {
305    public PolygonMaker()
306    {
307       super(6);
308    }
309
310    public Shape makeShape(Point2D[] p)
311    {
312       GeneralPath s = new GeneralPath();
313       s.moveTo((float) p[0].getX(), (float) p[0].getY());
314       for (int i = 1; i < p.length; i++)
315          s.lineTo((float) p[i].getX(), (float) p[i].getY());
316       s.closePath();
317       return s;
318    }
319 }
320
321 /**
322  * Makes a quad curve defined by two end points and a control point.
323  */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
class QuadCurveMaker extends ShapeMaker
{
   public QuadCurveMaker()
   {
      super(3);
   }

   public Shape makeShape(Point2D[] p)
   {
      return new QuadCurve2D.Double(p[0].getX(), p[0].getY(), p[1].getX(), p[1].getY(),
            p[2].getX(), p[2].getY());
   }
}
/**
 * Makes a cubic curve defined by two end points and two control points.
 */
class CubicCurveMaker extends ShapeMaker
{
   public CubicCurveMaker()
   {
      super(4);
   }

   public Shape makeShape(Point2D[] p)
   {
      return new CubicCurve2D.Double(p[0].getX(), p[0].getY(), p[1].getX(), p[1].getY(),
            p[2].getX(), p[2].getY(), p[3].getX(), p[3].getY());
   }
}
```

API java.awt.geom.RoundRectangle2D.Double 1.2

- `RoundRectangle2D.Double(double x, double y, double width, double heigth, double arcWidth, double arcHeight)`

  用给定的矩形边框和弧形尺寸构建一个圆角矩形。参见图 7-4 有关 `arcWidth` 和 `arcHeight` 参数的解释。

API java.awt.geom.Arc2D.Double 1.2

- `Arc2D.Double(double x, double y, double w, double h, double startAngle, double arcAngle, int type)`

  用给定的矩形边框、起始角度、弧形角度和弧形类型构建一个弧形。`startAngle` 和 `arcAngle` 在图 7-5 中已做介绍，type 是 `Arc2D.OPEN`、`Arc2D.PIE` 和 `Arc2D.CHORD` 之一。

API java.awt.geom.QuadCurve2D.Double 1.2

- `QuadCurve2D.Double(double x1, double y1, double ctrlx, double ctrly, double x2, double y2)`

  用起始点、控制点和结束点构建一条二次曲线。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API java.awt.geom.CubicCurve2D.Double 1.2

- CubicCurve2D.Double(double x1, double y1, double ctrlx1, double ctrly1, double ctrlx2, double ctrly2, double x2, double y2)
  用起始点、两个控制点和结束点构建一条三次曲线。

API java.awt.geom.GeneralPath 1.2

- GeneralPath()
  构建一条空的普通路径。

API java.awt.geom.Path2D.Float 6

- void moveTo(float x, float y)
  使（x，y）成为当前点，也就是下一个线段的起始点。
- void lineTo(float x, float y)
- void quadTo(float ctrlx, float ctrly, float x, float y)
- void curveTo(float ctrl1x, float ctrl1y, float ctrl2x, float ctrl2y, float x, float y)
  从当前点绘制一个线条、二次曲线或者三次曲线到达结束点（x，y），并且使该结束点成为当前点。

API java.awt.geom.Path2D 6

- void append(Shape s, boolean connect)
  将给定形状的边框添加到普通路径中去。如果布尔型变量connect的值是true的话，那么该普通路径的当前点与添加进来的形状的起始点之间用一条直线连接起来。
- void closePath()
  从当前点到路径的第一点之间绘制一条直线，从而使路径闭合。

7.3 区域

在上一节中，我们介绍了如何通过建立由线条和曲线构成的普通路径来绘制复杂的形状。通过使用足够数量的线条和曲线可以绘制出任何一种形状，例如，在屏幕上和打印文件上看到的字符的各种字体形状，都是由线条和三次曲线构成的。

有时候，使用各种不同形状的区域，比如矩形、多边形和椭圆形来建立形状，可能会更加容易描述。Java 2D API支持四种区域几何作图（constructive area geometry）操作，用于将两个区域组合成一个区域。

- add：组合区域包含了所有位于第一个区域或第二个区域内的点。
- subtract：组合区域包含了所有位于第一个区域内的点，但是不包括任何位于第二个

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

区域内的点。

- intersect：组合区域包含了所有既位于第一个区域内，又位于第二个区域内的点。
- exclusiveOr：组合区域包含了所有位于第一个区域内，或者是位于第二个区域内的所有点，但是这些点不能同时位于两个区域内。

图 7-10 显示了这些操作的结果。

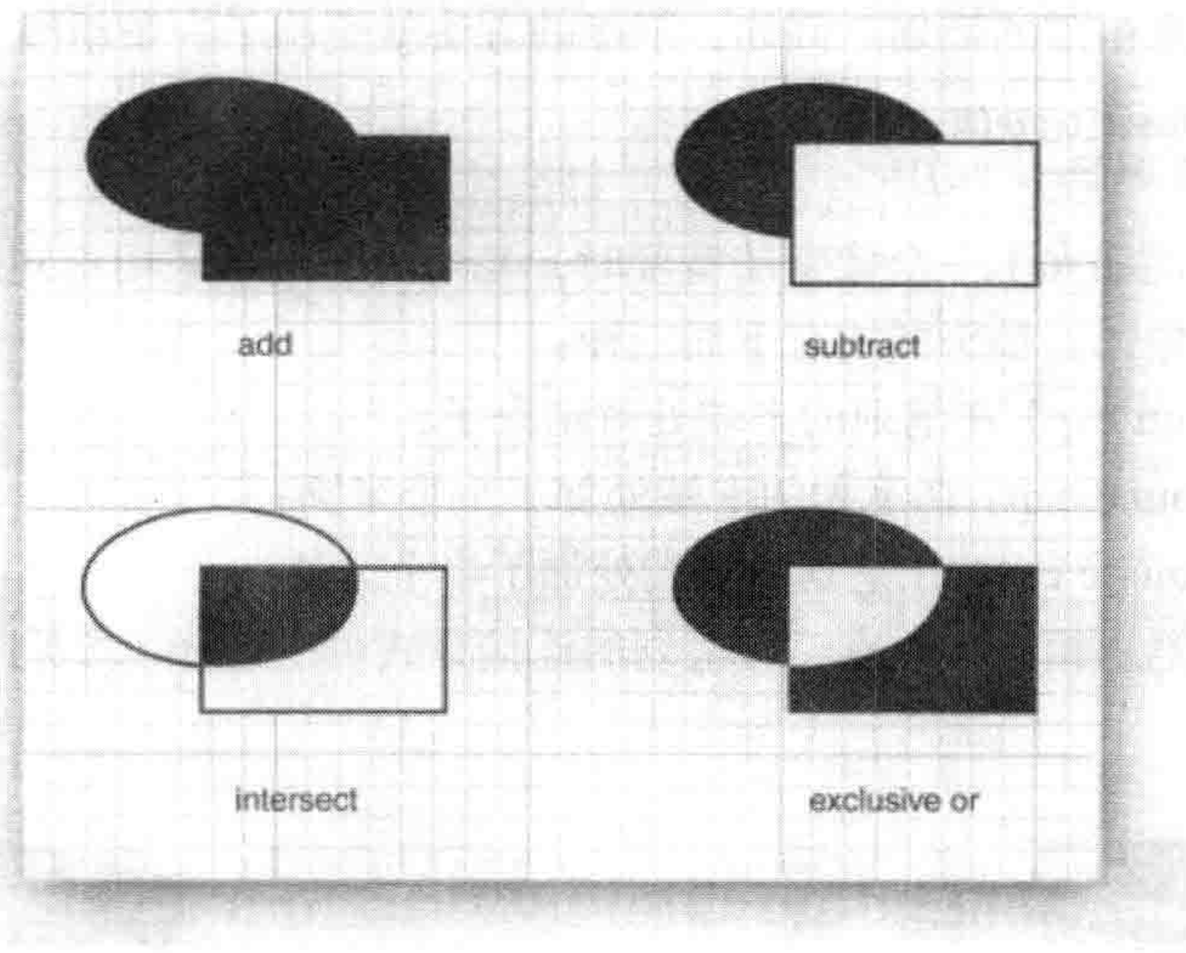


图 7-10 区域几何作图操作

如果要构建一个复杂的区域，可以使用下面的方法先创建一个默认的区域对象。

```
Area a = new Area();
```

然后，将该区域和其他的形状组合起来：

```
a.add(new Rectangle2D.Double(. . .));
a.subtract(path);
. . .
```

Area 类实现了 Shape 接口。可以用 draw 方法勾勒出该区域的边界，或者使用 Graphics2D 类的 fill 方法给区域的内部着色。

API java.awt.geom.Area

- void add(Area other)
- void subtract(Area other)
- void intersect(Area other)
- void exclusiveOr(Area other)

对该区域和 other 所代表的另一个区域执行区域几何作图操作，并且将该区域设置为执行后的结果。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

7.4 笔划

Graphics2D类的draw操作通过使用当前选定的笔划来绘制一个形状的边界。在默认的情况下，笔划是一条宽度为一个像素的实线。可以通过调用setStroke方法来选定不同的笔划，此时要提供一个实现了Stroke接口的类的对象。Java 2D API只定义了一个这样的类，即BasicStroke类。在本节中，我们将介绍BasicStroke类的功能。

你可以构建任意粗细的笔划。例如，下面的方法就绘制了一条粗细为10个像素的线条。

```
g2.setStroke(new BasicStroke(10.0F));
g2.draw(new Line2D.Double(. . .));
```

当一个笔划的粗细大于一个像素的宽度时，笔划的末端可采用不同的样式。图7-11显示了这些所谓的端头样式。端头样式有下面三种：

- 平头样式（butt cap）在笔划的末端处就结束了；
- 圆头样式（round cap）在笔划的末端处加了一个半圆；
- 方头样式（square cap）在笔划的末端处加了半个方块。

当两个较粗的笔划相遇时，有三种笔划的连接样式可供选择（参见图7-12）：

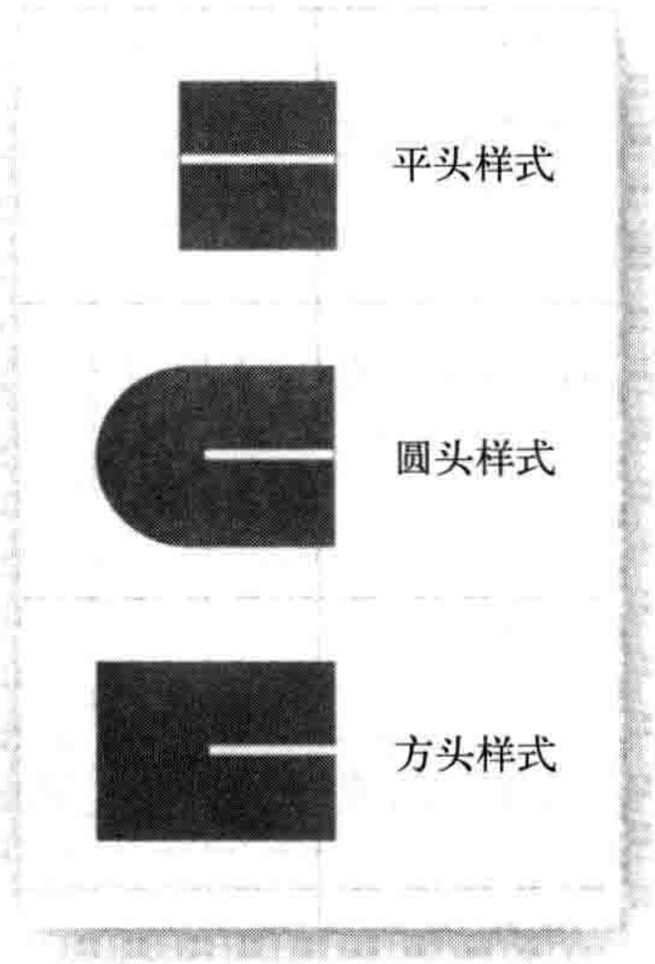


图7-11 笔划的端头样式

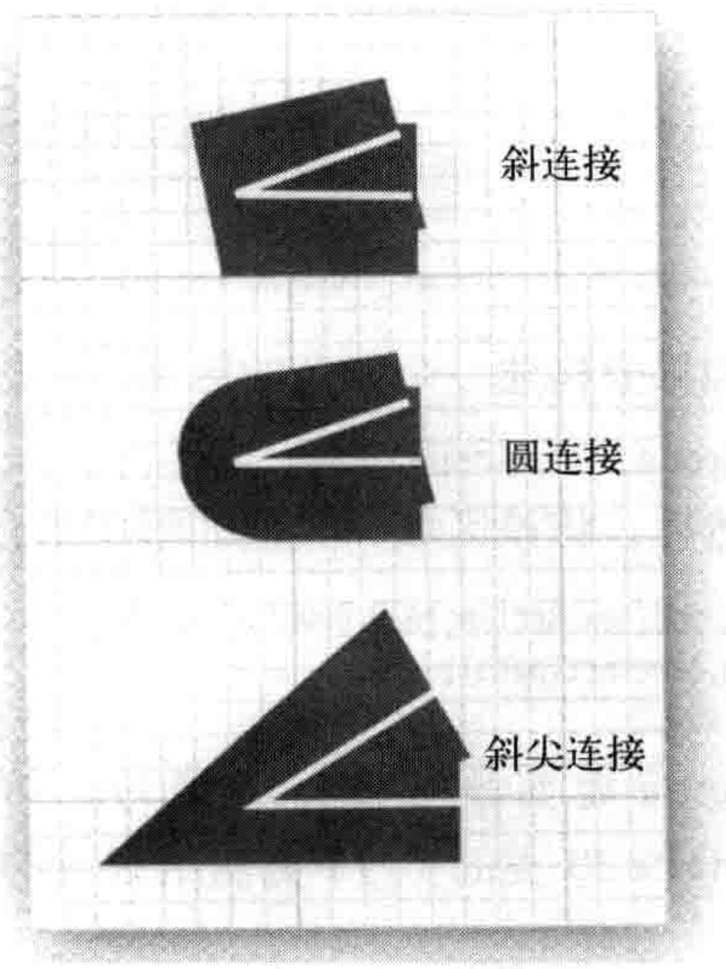


图7-12 笔划的连接样式

- 斜连接（bevel join），用一条直线将两个笔划连接起来，该直线与两个笔划之间的夹角的平分线相垂直。
- 圆连结（round join），延长了每个笔划，并使其带有一个圆头。
- 斜尖连接（miter join），通过增加一个尖峰，从而同时延长了两个笔划。

斜尖连接不适合小角度连接的线条。如果两条线连接后的角度小于斜尖连接的最小角度，那么应该使用斜连接。斜连接的使用，可以防止出现太长的尖峰。默认情况下，斜尖连

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

接的最小角度是 10 度。

可以在 BasicStroke 构造器中设定这些选择，例如：

```
g2.setStroke(new BasicStroke(10.0F, BasicStroke.CAP_ROUND, BasicStroke.JOIN_ROUND));
g2.setStroke(new BasicStroke(10.0F, BasicStroke.CAP_BUTT, BasicStroke.JOIN_MITER,
   15.0F /* miter limit */));
```

最后，通过设置一个虚线模式，可以指定需要使用的虚线。在程序清单 7-2 的程序中，可以选择一个虚线模式，拼出摩斯电码中的 SOS 代码。虚线模式是一个 float[] 类型的数组，它包含了笔划中“连接（on）”和“断开（off）”的长度（见图 7-13）。

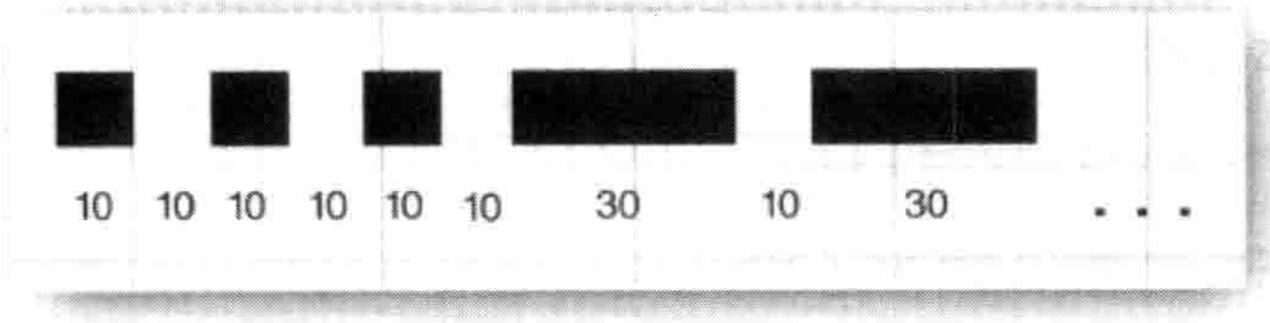


图 7-13 一种虚线图案

当构建 BasicStroke 时，可以指定虚线模式和虚线相位（dash phase）。虚线相位用来表示每条线应该从虚线模式的何处开始。通常情况下，应该把它的值设置为 0。

```
float[] dashPattern = { 10, 10, 10, 10, 10, 10, 30, 10, 30, ... };
g2.setStroke(new BasicStroke(10.0F, BasicStroke.CAP_BUTT, BasicStroke.JOIN_MITER,
   10.0F /* miter limit */, dashPattern, 0 /* dash phase */));
```

注意： 在虚线模式中，每一条虚线的末端都可以应用端头样式。

程序清单 7-2 中的程序可以设定端头样式、连接样式和虚线（见图 7-14）。可以移动线段的端头，用以测试斜尖连接的最小角度：首先选定斜尖连接；然后，移动线段末端形成一个非常尖的锐角。可以看到斜尖连接变成了一个斜连接。

这个程序类似于程序清单 7-1 的程序。当点击一个线段的末端时，鼠标监听器就会记下操作，而鼠标动作监听器则监听对端点的拖曳操作。一组单选按钮用以表示用户选择的端头样式、连接样式以及实线或虚线。StrokePanel 类的 paintComponent 方法构建了一个 GeneralPath，它由连接着用户可以用鼠标移动的三个点的两条线段构成。然后，它根据用户的选择构建一个 BasicStroke，最后绘制出这个路径。

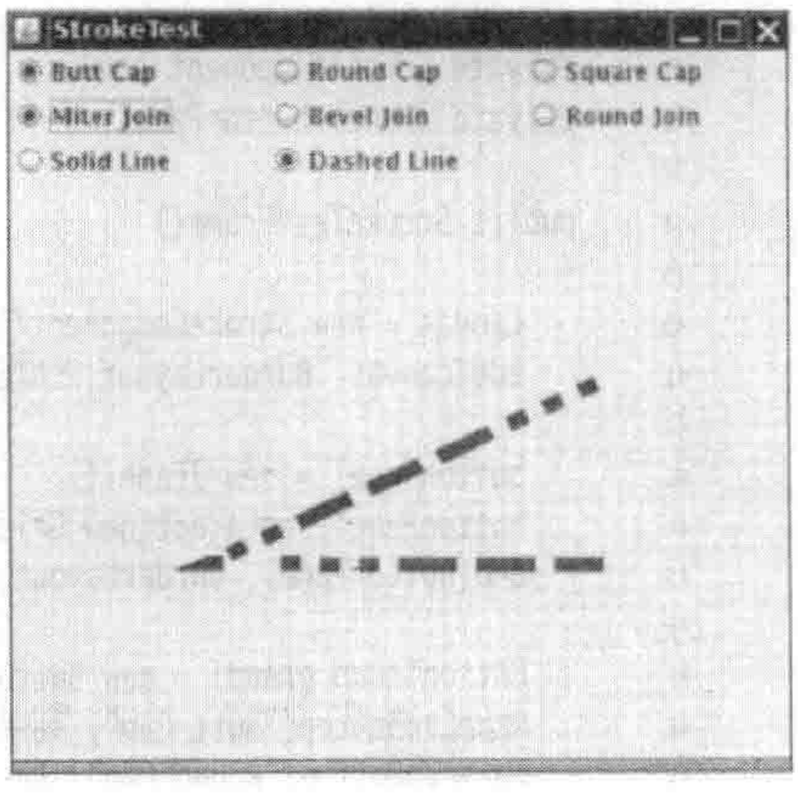


图 7-14 StrokeTest 程序

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 7-2 stroke/StrokeTest.java

```
1  package stroke;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.awt.geom.*;
6  import javax.swing.*;
7
8  /**
9   * This program demonstrates different stroke types.
10  * @version 1.03 2007-08-16
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class StrokeTest
14 {
15    public static void main(String[] args)
16    {
17       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
18          {
19             public void run()
20             {
21                JFrame frame = new StrokeTestFrame();
22                frame.setTitle("StrokeTest");
23                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
24                frame.setVisible(true);
25             }
26          });
27    }
28 }
29
30 /**
31  * This frame lets the user choose the cap, join, and line style, and shows the resulting stroke.
32  */
33 class StrokeTestFrame extends JFrame
34 {
35    private StrokeComponent canvas;
36    private JPanel buttonPanel;
37
38    public StrokeTestFrame()
39    {
40       canvas = new StrokeComponent();
41       add(canvas, BorderLayout.CENTER);
42
43       buttonPanel = new JPanel();
44       buttonPanel.setLayout(new GridLayout(3, 3));
45       add(buttonPanel, BorderLayout.NORTH);
46
47       ButtonGroup group1 = new ButtonGroup();
48       makeCapButton("Butt Cap", BasicStroke.CAP_BUTT, group1);
49       makeCapButton("Round Cap", BasicStroke.CAP_ROUND, group1);
50       makeCapButton("Square Cap", BasicStroke.CAP_SQUARE, group1);
51
52       ButtonGroup group2 = new ButtonGroup();
53       makeJoinButton("Miter Join", BasicStroke.JOIN_MITER, group2);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
54          makeJoinButton("Bevel Join", BasicStroke.JOIN_BEVEL, group2);
55          makeJoinButton("Round Join", BasicStroke.JOIN_ROUND, group2);
56
57          ButtonGroup group3 = new ButtonGroup();
58          makeDashButton("Solid Line", false, group3);
59          makeDashButton("Dashed Line", true, group3);
60       }
61       /**
62        * Makes a radio button to change the cap style.
63        * @param label the button label
64        * @param style the cap style
65        * @param group the radio button group
66        */
67       private void makeCapButton(String label, final int style, ButtonGroup group)
68       {
69          // select first button in group
70          boolean selected = group.getButtonCount() == 0;
71          JRadioButton button = new JRadioButton(label, selected);
72          buttonPanel.add(button);
73          group.add(button);
74          button.addActionListener(new ActionListener()
75             {
76                public void actionPerformed(ActionEvent event)
77                {
78                   canvas.setCap(style);
79                }
80             });
81          pack();
82       }
83
84       /**
85        * Makes a radio button to change the join style.
86        * @param label the button label
87        * @param style the join style
88        * @param group the radio button group
89        */
90       private void makeJoinButton(String label, final int style, ButtonGroup group)
91       {
92          // select first button in group
93          boolean selected = group.getButtonCount() == 0;
94          JRadioButton button = new JRadioButton(label, selected);
95          buttonPanel.add(button);
96          group.add(button);
97          button.addActionListener(new ActionListener()
98             {
99                public void actionPerformed(ActionEvent event)
100               {
101                  canvas.setJoin(style);
102               }
103            });
104      }
105
106      /**
107       * Makes a radio button to set solid or dashed lines
108       * @param label the button label
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
109      * @param style false for solid, true for dashed lines
110      * @param group the radio button group
111      */
112     private void makeDashButton(String label, final boolean style, ButtonGroup group)
113     {
114        // select first button in group
115        boolean selected = group.getButtonCount() == 0;
116        JRadioButton button = new JRadioButton(label, selected);
117        buttonPanel.add(button);
118        group.add(button);
119        button.addActionListener(new ActionListener()
120           {
121              public void actionPerformed(ActionEvent event)
122              {
123                 canvas.setDash(style);
124              }
125           });
126     }
127  }
128
129  /**
130   * This component draws two joined lines, using different stroke objects, and allows the user to
131   * drag the three points defining the lines.
132   */
133  class StrokeComponent extends JComponent
134  {
135     private static final int DEFAULT_WIDTH = 400;
136     private static final int DEFAULT_HEIGHT = 400;
137     private static int SIZE = 10;
138
139     private Point2D[] points;
140     private int current;
141     private float width;
142     private int cap;
143     private int join;
144     private boolean dash;
145
146     public StrokeComponent()
147     {
148        addMouseListener(new MouseAdapter()
149           {
150              public void mousePressed(MouseEvent event)
151              {
152                 Point p = event.getPoint();
153                 for (int i = 0; i < points.length; i++)
154                 {
155                    double x = points[i].getX() - SIZE / 2;
156                    double y = points[i].getY() - SIZE / 2;
157                    Rectangle2D r = new Rectangle2D.Double(x, y, SIZE, SIZE);
158                    if (r.contains(p))
159                    {
160                       current = i;
161                       return;
162                    }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
163                }
164             }
165
166             public void mouseReleased(MouseEvent event)
167             {
168                current = -1;
169             }
170          });
171
172       addMouseMotionListener(new MouseMotionAdapter()
173          {
174             public void mouseDragged(MouseEvent event)
175             {
176                if (current == -1) return;
177                points[current] = event.getPoint();
178                repaint();
179             }
180          });
181
182       points = new Point2D[3];
183       points[0] = new Point2D.Double(200, 100);
184       points[1] = new Point2D.Double(100, 200);
185       points[2] = new Point2D.Double(200, 200);
186       current = -1;
187       width = 8.0F;
188    }
189
190    public void paintComponent(Graphics g)
191    {
192       Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
193       GeneralPath path = new GeneralPath();
194       path.moveTo((float) points[0].getX(), (float) points[0].getY());
195       for (int i = 1; i < points.length; i++)
196          path.lineTo((float) points[i].getX(), (float) points[i].getY());
197       BasicStroke stroke;
198       if (dash)
199       {
200          float miterLimit = 10.0F;
201          float[] dashPattern = { 10F, 10F, 10F, 10F, 10F, 10F, 30F, 10F, 30F, 10F, 30F, 10F, 10F,
202                10F, 10F, 10F, 10F, 30F };
203          float dashPhase = 0;
204          stroke = new BasicStroke(width, cap, join, miterLimit, dashPattern, dashPhase);
205       }
206       else stroke = new BasicStroke(width, cap, join);
207       g2.setStroke(stroke);
208       g2.draw(path);
209    }
210
211    /**
212     * Sets the join style.
213     * @param j the join style
214     */
215    public void setJoin(int j)
216    {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
217       join = j;
218       repaint();
219    }
220
221    /**
222     * Sets the cap style.
223     * @param c the cap style
224     */
225    public void setCap(int c)
226    {
227       cap = c;
228       repaint();
229    }
230
231    /**
232     * Sets solid or dashed lines.
233     * @param d false for solid, true for dashed lines
234     */
235    public void setDash(boolean d)
236    {
237       dash = d;
238       repaint();
239    }
240
241    public Dimension getPreferredSize() { return new Dimension(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT); }
242 }
```

API java.awt.Graphics2D 1.2

- `void setStroke(Stroke s)`

  将该图形上下文的笔划设置为实现了 Stroke 接口的给定对象。

API java.awt.BasicStroke 1.2

- `BasicStroke(float width)`
- `BasicStroke(float width, int cap, int join)`
- `BasicStroke(float width, int cap, int join, float miterlimit)`
- `BasicStroke(float width, int cap, int join, float miterlimit, float[] dash, float dashPhase)`

  用给定的属性构建一个笔划对象。

  参数：`width` 画笔的宽度

  `cap` 端头样式，它是 CAP_BUTT、CAP_ROUND 和 CAP_SQUARE 三种样式中的一个

  `join` 连接样式，它是 JOIN_BEVEL、JOIN_MITER 和 JOIN_ROUND 三种样式中的一个

  `miterlimit` 用度数表示的角度，如果小于这个角度，斜尖连接将呈现为斜连接

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

dash	虚线笔划的填充部分和空白部分交替出现的一组长度
dashPhase	虚线模式的“相位”；位于笔划起始点前面的这段长度被假设为已经应用了该虚线模式

7.5 着色

当填充一个形状的时候，该形状的内部就上了颜色。使用 setPaint 方法，可以把颜色的样式设定为一个实现了 Paint 接口的类的对象。Java 2D API 提供了三个这样的类：

- Color 类实现了 Paint 接口。如果要用单色填充形状，只需要用 Color 对象调用 setPaint 方法即可，例如：

```
g2.setPaint(Color.red);
```

- GradientPaint 类通过在两个给定的颜色值之间进行渐变，从而改变使用的颜色（参见图 7-15）。
- TexturePaint 类用一个图像重复地对一个区域进行着色（见图 7-16）。

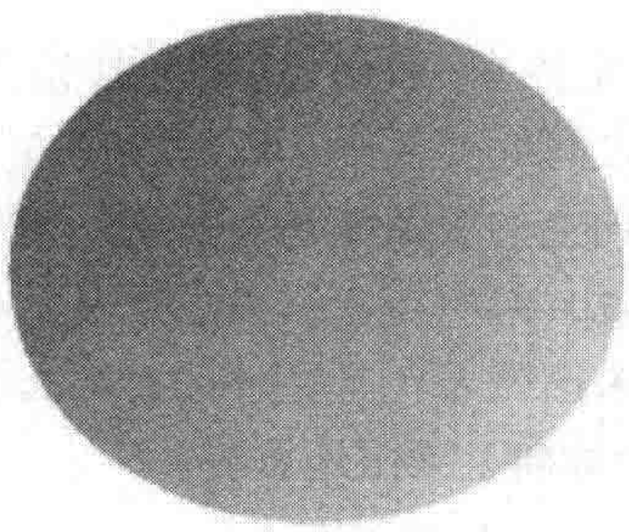


图 7-15 渐变着色

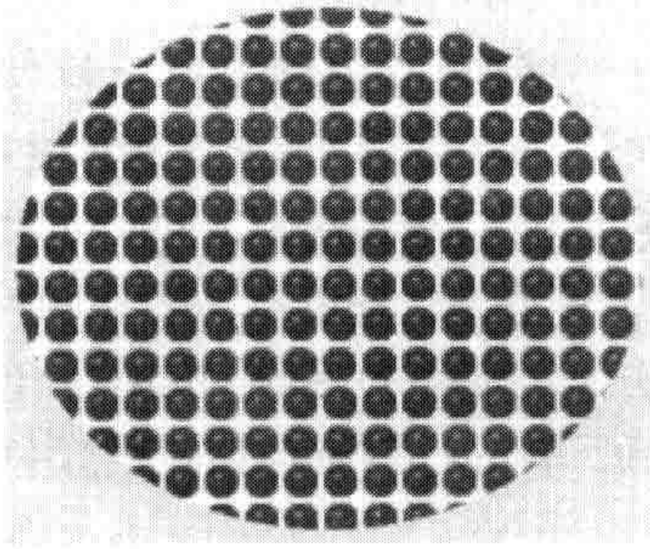


图 7-16 纹理着色

可以通过指定两个点以及在这两个点上想使用的颜色来构建一个 GradientPaint 对象，即：

```
g2.setPaint(new GradientPaint(p1, Color.RED, p2, Color.YELLOW));
```

上面语句将沿着连接两个点之间的直线的方向对颜色进行渐变，而沿着与该连接线垂直方向上的线条颜色则是不变的。超过线条端点的各个点被赋予端点上的颜色。

另外，如果调用 GradientPaint 构造器时 cyclic 参数的值为 true，即：

```
g2.setPaint(new GradientPaint(p1, Color.RED, p2, Color.YELLOW, true));
```

那么颜色将循环变换，并且在端点之外仍然保持这种变换。

如果要构建一个 TexturePaint 对象，需要指定一个 BufferedImage 和一个锚位矩形。

```
g2.setPaint(new TexturePaint(bufferedImage, anchorRectangle));
```

在本章后面部分详细讨论图像时，我们再介绍 BufferedImage 类。获取缓冲图像最简单的方式就是读入图像文件：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
bufferedImage = ImageIO.read(new File("blue-ball.gif"));
```

锚位矩形在 x 和 y 方向上将不断地重复延伸，使之平铺到整个坐标平面。图像可以伸缩，以便纳入该锚位，然后复制到每一个平铺显示区中。

API java.awt.Graphics2D 1.2

- `void setPaint(Paint s)`

  将图形上下文的着色设置为实现了 Paint 接口的给定对象。

API java.awt.GradientPaint 1.2

- `GradientPaint(float x1, float y1, Color color1, float x2, float y2, Color color2)`
- `GradientPaint(float x1, float y1, Color color1, float x2, float y2, Color color2, boolean cyclic)`
- `GradientPaint(Point2D p1, Color color1, Point2D p2, Color color2)`
- `GradientPaint(Point2D p1, Color color1, Point2D p2, Color color2, boolean cyclic)`

  构建一个渐变着色的对象，以便用颜色来填充各个形状，其中，起始点的颜色为 color1，结束点的颜色为 color2，而两个点之间的颜色则是以线性的方式渐变。沿着连接起始点和结束点之间的线条相垂直的方向上的线条颜色是恒定不变的。在默认的情况下，渐变着色不是循环变换的。也就是说，起始点和结束点之外的各个点的颜色是分别与起始点和结束点的颜色相同的。如果渐变着色是循环的，那么颜色是连续变换的，首先返回到起始点的颜色，然后在两个方向上无限地重复。

API java.awt.TexturePaint 1.2

- `TexturePaint(BufferedImage texture, Rectangle2D anchor)`

  建立纹理着色对象。锚位矩形定义了色的平铺空间，该矩形在 x 和 y 方向上不断地重复延伸，纹理图像则被缩放，以便填充每个平铺空间。

7.6 坐标变换

假设我们要绘制一个对象，比如汽车。从制造商的规格说明书中可以了解到汽车的高度、轴距和整个车身的长度。如果设定了每米的像素个数，当然就可以计算出所有像素的位置。但是，可以使用更加容易的方法：让图形上下文来执行这种转换。

```
g2.scale(pixelsPerMeter, pixelsPerMeter);
g2.draw(new Line2D.Double(coordinates in meters)); // converts to pixels and draws scaled line
```

Graphics2D 类的 scale 方法可以将图形上下文中的坐标变换设置为一个比例变换。这种变换能够将用户坐标（用户设定的单元）转换成设备坐标（pixel，即像素）。图 7-17 显示了

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如何进行这种变换的方法。

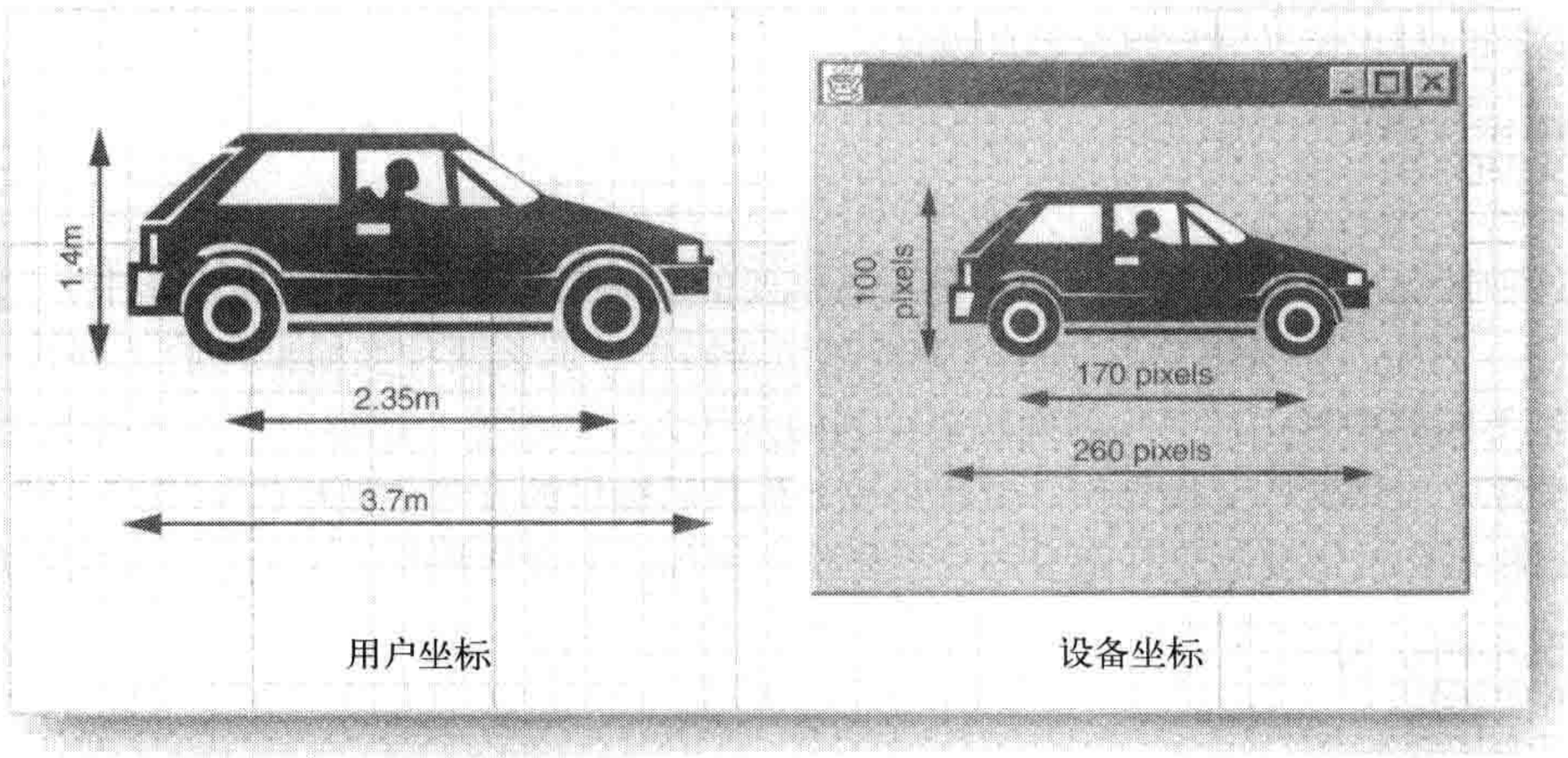


图 7-17 用户坐标与设备坐标

坐标变换在实际应用中非常有用，程序点可以使用方便的坐标值进行各种操作，图形上下文则负责执行将坐标值变换成像素的复杂工作。

这里有四种基本的变换：

- 比例缩放：放大和缩小从一个固定点出发的所有距离。
- 旋转：环绕着一个固定中心旋转所有点。
- 平移：将所有的点移动一个固定量。
- 切变：使一个线条固定不变，再按照与该固定线条之间的距离，成比例地将与该线条平行的各个线条“滑动”一个距离量。

图 7-18 显示了对一个单位的正方形进行这四种基本变换操作的效果。

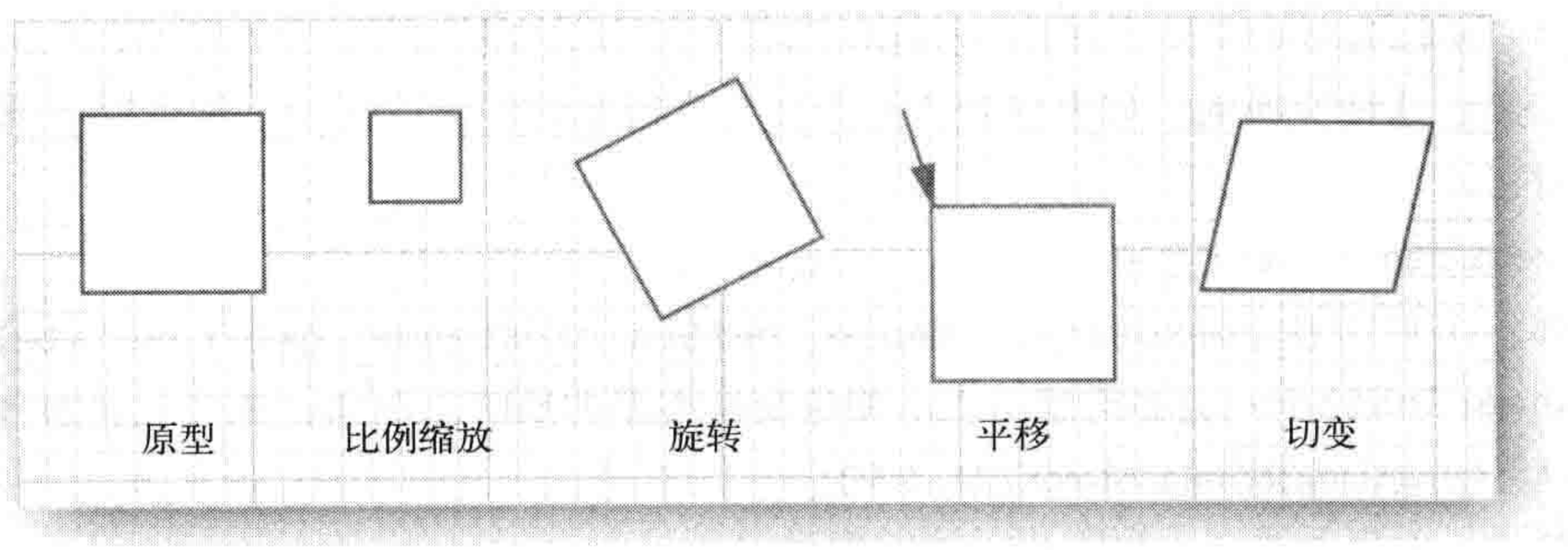


图 7-18 基本的变换

Graphics2D 类的 scale、rotate、translate 和 shear 等方法用以将图形上下文中

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

的坐标变换设置成为以上这些基本变换中的一种。

可以组合不同的变换操作。例如，你可能想对图形进行旋转和两倍尺寸放大的操作，这时，可以同时提供旋转和比例缩放的变换：

```
g2.rotate(angle);
g2.scale(2, 2);
g2.draw(. . .);
```

在这种情况下，变换方法的顺序是无关紧要的。然而，在大多数变换操作中，顺序却是很重要的。例如，如果想对形状进行旋转和切变操作，那么两种变换操作的不同执行序列，将会产生不同的图形。你必须明确想要得到的是什么样的图形，图形上下文将按照你所提供的相反顺序来应用这些变换操作。也就是说，你最后提供的方法会被最先使用。

可以根据你的需要提供任意多的变换操作。例如，假设你提供了下面这个变换操作序列：

```
g2.translate(x, y);
g2.rotate(a);
g2.translate(-x, -y);
```

最后一个变换操作（它是第一个被应用的）将把某个形状从点（x， y）移动到原点，第二个变换将使该形状围绕着原点旋转一个角度a，最后一个变换方法又重新把该形状从原点移动到点（x， y）处。总体效果就是该形状围绕着中心点（x， y）进行了一次旋转（参见图7-19）。围绕着原点之外的任意点进行旋转是一个很常见的操作，所以我们采用下面的快捷方法：

```
g2.rotate(a, x, y);
```

如果对矩阵理论有所了解，那么就会知道所有操作（诸如旋转、平移、缩放、切变）和由这些操作组合起来的操作都能够以如下矩阵变换的形式表示出来：

$$\begin{bmatrix} x_{\text{new}} \\ y_{\text{new}} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & c & e \\ b & d & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

这种变换称为仿射变换（affine transformation）。Java 2D API中的AffineTransform类就是用于描述这种变换的。如果你知道某个特定变换矩阵的组成元素，就可以用下面的方法直接构造它：

```
AffineTransform t = new AffineTransform(a, b, c, d, e, f);
```

另外，工厂方法getRotateInstance、getScaleInstance、getTranslateInstance和getShearInstance能够构建出表示相应变换类型的矩阵。例如，调用下面的方法：

```
t = AffineTransform.getScaleInstance(2.0F, 0.5F);
```

将返回一个与下面这个矩阵相一致的变换。

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

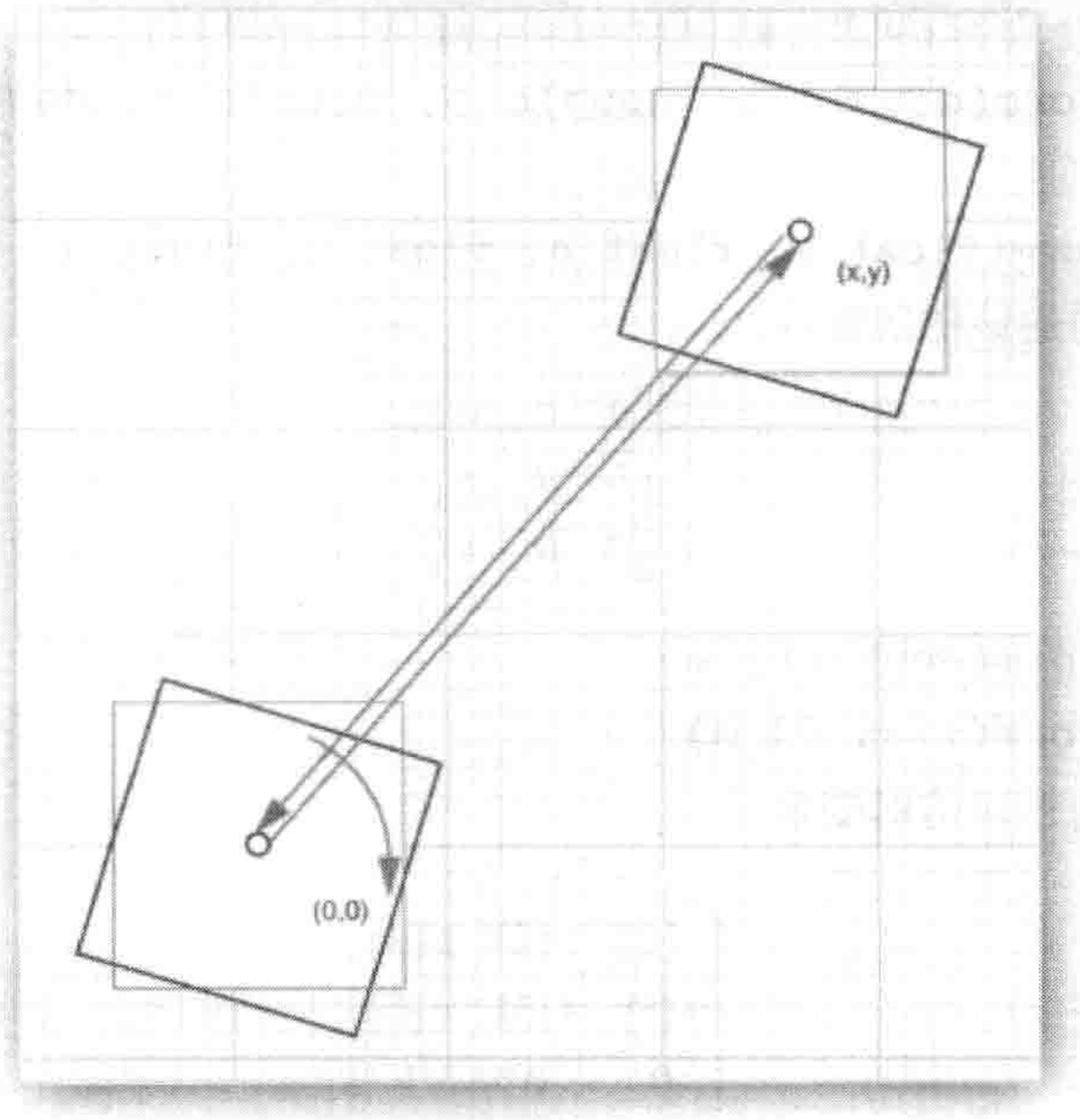


图 7-19 组合变换操作的应用

最后，实例方法 setToRotation、setToScale、setToTranslation 和 setToShear 用于将变换对象设置为一个新的类型。下面是一个例子：

```
t.setToRotation(angle); // sets t to a rotation
```

可以把图形上下文的坐标变换设置为一个 AffineTransform 对象：

```
g2.setTransform(t); // replaces current transformation
```

不过，在实际运用中，不要调用 setTransform 操作，因为它会取代图形上下文中可能存在的任何现有的变换。例如，一个用以横向打印的图形上下文已经有了一个 90° 的旋转变换，如果调用方法 setTransfrom，就会删除这样的旋转操作。可以调用 transform 方法作为替代方案：

```
g2.transform(t); // composes current transformation with t
```

它会把现有的变换操作和新的 AffineTransform 对象组合起来。

如果只想临时应用某个变换操作，那么应该首先获得旧的变换操作，然后和新的变换操作组合起来，最后当你完成操作时，再还原旧的变换操作：

```
AffineTransform oldTransform = g2.getTransform(); // save old transform
g2.transform(t); // apply temporary transform
draw on g2
g2.setTransform(oldTransform); // restore old transform
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API java.awt.geom.AffineTransform 1.2

- `AffineTransform(double a, double b, double c, double d, double e, double f)`
- `AffineTransform(float a, float b, float c, float d, float e, float f)`

  用下面的矩阵构建该仿射变换。

$$\begin{bmatrix} a & c & e \\ b & d & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- `AffineTransform(double[] m)`
- `AffineTransform(float[] m)`

  用下面的矩阵构建该仿射变换。

$$\begin{bmatrix} m[0] & m[2] & m[4] \\ m[1] & m[3] & m[5] \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- `static AffineTransform getRotateInstance(double a)`

  创建一个围绕原点、旋转角度为 a（弧度）的旋转变换。其变换矩阵是：

$$\begin{bmatrix} \cos(a) & -\sin(a) & 0 \\ \sin(a) & \cos(a) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

  如果 a 在 0 到 $\pi/2$ 之间，那么图形将沿着 x 轴正半轴向 y 轴正半轴的方向旋转。

- `static AffineTransform getRotateInstance(double a, double x, double y)`

  创建一个围绕点 (x,y)、旋转角度为 a(弧度) 的旋转变换。

- `static AffineTransform getScaleInstance(double sx, double sy)`

  创建一个比例缩放变换。x 轴缩放幅度为 sx；y 轴缩放幅度为 sy。其变换矩阵是：

$$\begin{bmatrix} sx & 0 & 0 \\ 0 & sy & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- `static AffineTransform getShearInstance(double shx, double shy)`

  创建一个切变变换。x 轴切变 shx；y 轴切变 shy。其变换矩阵是：

$$\begin{bmatrix} 1 & shx & 0 \\ shy & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- static AffineTransform getTranslateInstance(double tx, double ty)
  创建一个平移变换。x 轴平移 tx；y 轴平移 ty。其变换矩阵是：

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & tx \\ 0 & 1 & ty \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- void setToRotation(double a)
- void setToRotation(double a, double x, double y)
- void setToScale(double sx, double sy)
- void setToShear(double sx, double sy)
- void setToTranslation(double tx, double ty)
  用给定的参数将该变换设置为一个的基本变换。如果要了解基本变换和它们的参数说明，请参见 getXxxInstance 方法。

API java.awt.Graphics2D 1.2

- void setTransform(AffineTransform t)
  以 t 来取代该图形上下文中现有的坐标变换。
- void transform(AffineTransform t)
  将该图形上下文的现有坐标变换和 t 组合起来。
- void rotate(double a)
- void rotate(double a, double x, double y)
- void scale(double sx, double sy)
- void shear(double sx, double sy)
- void translate(double tx, double ty)
  将该图形上下文中现有的坐标变换和一个带有给定参数的基本变换组合起来。如果要了解基本变换和它们的参数说明，请参见 AffineTransform.getXxxInstance 方法。

7.7 剪切

通过在图形上下文中设置一个剪切形状，就可以将所有的绘图操作限制在该剪切形状内部来进行。

```
g2.setClip(clipShape); // but see below
g2.draw(shape); // draws only the part that falls inside the clipping shape
```

但是，在实际应用中，不应该调用这个 setClip 操作，因为它会取代图形上下文中可能存在的任何剪切形状。例如，正如在本章的后面部分所看到的那样，用于打印操作的图形上下文就具有一个剪切矩形，以确保你不会在页边距上绘图。相反，你应该调用 clip 方法。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
g2.clip(clipShape); // better
```

clip 方法将你所提供的新的剪切形状同现有的剪切形状相交。

如果只想临时地使用一个剪切区域的话，那么应该首先获得旧的剪切形状，然后添加新的剪切形状，最后，在完成操作时，再还原旧的剪切形状：

```
Shape oldClip = g2.getClip(); // save old clip
g2.clip(clipShape); // apply temporary clip
draw on g2
g2.setClip(oldClip); // restore old clip
```

在图 7-20 的例子中，我们炫耀了一下剪切的功能，它绘制了一个按照复杂形状进行剪切的相当出色的线条图案，即一组字符的轮廓。

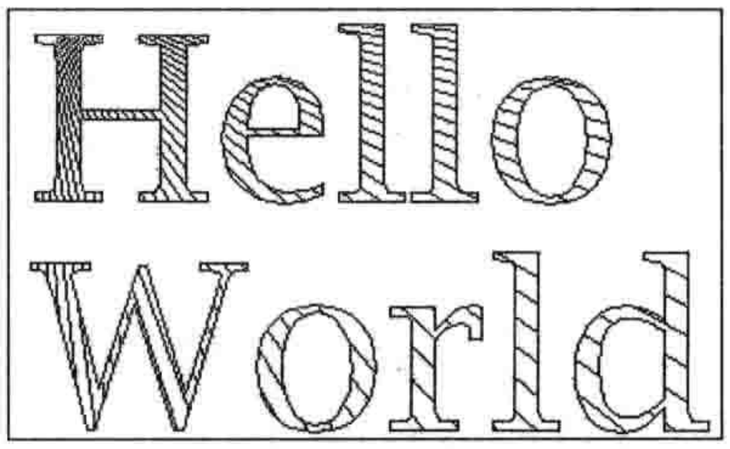


图 7-20 按照字母形状剪切出的线条图案

如果要获得字符的外形，需要一个字体渲染上下文（font render context）。请使用 Graphics2D 类的 getFontRenderContext 方法：

```
FontRenderContext context = g2.getFontRenderContext();
```

接着，使用某个字符串、某种字体和字体渲染上下文来创建一个 TextLayout 对象：

```
TextLayout layout = new TextLayout("Hello", font, context);
```

这个文本布局对象用于描述由特定字体渲染上下文所渲染的一个字符序列的布局。这种布局依赖于字体渲染上下文，相同的字符在屏幕上或者打印机上看起来会有不同的显示。

对我们当前的应用来说，更重要的是，getOutline 方法将会返回一个 Shape 对象，这个 Shape 对象用以描述在文本布局中的各个字符轮廓的形状。字符轮廓的形状从原点（0,0）开始，这并不适合大多数的绘图操作。因此，必须为 getOutline 操作提供一个仿射变换操作，以便设定想要的字体轮廓所显示的位置：

```
AffineTransform transform = AffineTransform.getTranslateInstance(0, 100);
Shape outline = layout.getOutline(transform);
```

接着，我们把字体的轮廓附加给剪切的形状：

```
GeneralPath clipShape = new GeneralPath();
clipShape.append(outline, false);
```

最后，我们设置剪切形状，并且绘制一组线条。线条仅仅在字符边界的内部显示：

```
g2.setClip(clipShape);
Point2D p = new Point2D.Double(0, 0);
for (int i = 0; i < NLINES; i++)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
{
   double x = . . .;
   double y = . . .;
   Point2D q = new Point2D.Double(x, y);
   g2.draw(new Line2D.Double(p, q)); // lines are clipped
}
```

API java.awt.Graphics 1.0

- `void setClip(Shape s) 1.2`

  将当前的剪切形状设置为形状 s。

- `Shape getClip() 1.2`

  返回当前的剪切形状。

API java.awt.Graphics2D 1.2

- `void clip(Shape s)`

  将当前的剪切形状和形状 s 相交。

- `FontRenderContext getFontRenderContext()`

  返回一个构建 TextLayout 对象所必需的字体渲染上下文。

API java.awt.font.TextLayout 1.2

- `TextLayout(String s, Font f, FontRenderContext context)`

  根据给定的字符串和字体来构建文本布局对象。方法中使用字体渲染上下文来获取特定设备的字体属性。

- `float getAdvance()`

  返回该文本布局的宽度。

- `float getAscent()`

- `float getDescent()`

  返回基准线上方和下方该文本布局的高度。

- `float getLeading()`

  返回该文本布局使用的字体中相邻两行之间的距离。

7.8 透明与组合

在标准的 RGB 颜色模型中，每种颜色都是由它的红、绿和蓝这三种成分来描述的。但是，用它来描述透明或者部分透明的图像区域也是非常方便的。当你将一个图像置于现有图像的上面时，透明的像素完全不会遮挡它们下面的像素，而部分透明的像素则与它们下面的像素相混合。图 7-21 显示了一个部分透明的矩形和一

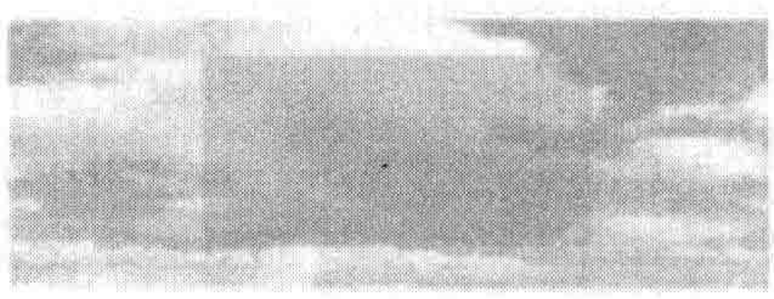


图 7-21 一个部分透明的矩形和一个图像相重叠时所显示的效果

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

个图像相重叠时所产生的效果，我们仍然可以透过矩形看到该图像的细节。

在 Java 2D API 中，透明是由一个透明度通道（alpha channel）来描述的。每个像素，除了它的红、绿和蓝色部分外，还有一个介于 0（完全透明）和 1（部分透明）之间的透明度（alpha）值。例如，图 7-21 中的矩形填充了一种淡黄色，透明度为 50%：

```
new Color(0.7F, 0.7F, 0.0F, 0.5F);
```

现在让我们看一看如果将两个形状重叠在一起时将会出现什么情况。必须把源像素和目标像素的颜色和透明度值混合或者组合起来。从事计算机图形学研究的 Porter 和 Duff 已经阐明了在这个混合过程中的 12 种可能的组合原则，Java 2D API 实现了所有的这些原则。在继续介绍这个问题之前，需要指出的是，这些原则中只有两个原则有实际的意义。如果你发现这些原则晦涩难懂或者难以搞清楚，那么只使用 SRC_OVER 原则就可以了。它是 Graphics2D 对象的默认原则，并且它产生的结果最直接。

下面是这些规则的原理。假设你有了一个透明度值为 a_S 的源像素，在该图像中，已经存在了一个透明度值为 a_D 的目标像素，你想把两个像素组合起来。图 7-22 的示意图显示了如何设计一个像素的组合原则。

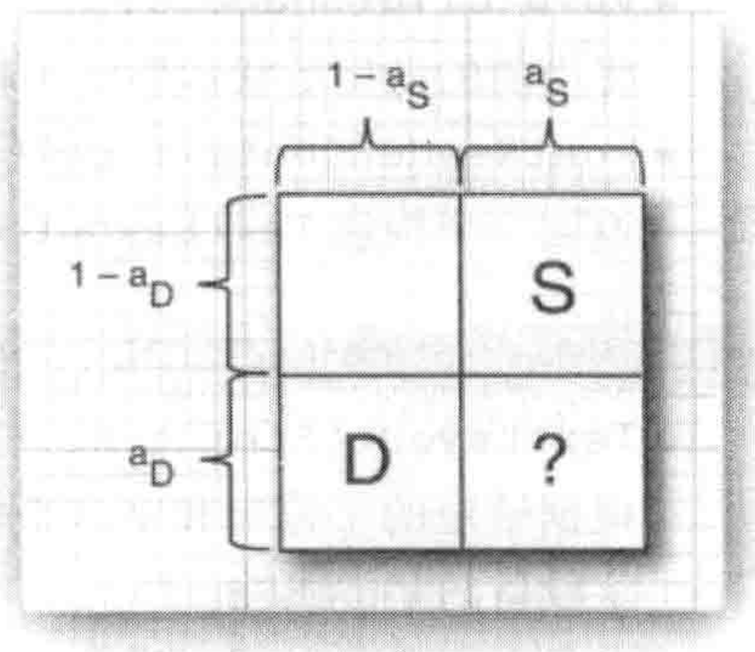


图 7-22 设计一个像素组合的原则

Porter 和 Duff 将透明度值作为像素颜色将被使用的概率。从源像素的角度来看，存在一个概率 a_S，它是源像素颜色被使用的概率；还存在一个概率 $1 - a_S$，它是不使用该像素颜色的概率。同样的原则也适用于目标像素。当组合颜色时，我们假设源像素的概率和目标像素的概率是不相关的。那么正如图 7-22 所示，有四种组合情况。如果源像素想要使用它的颜色，而目标像素也不介意，那么很自然的，我们就只使用源像素的颜色。这也是为什么右上角的矩形框用“S”来标志的原因了，这种情况的概率为 $a_S \cdot (1 - a_D)$。同理，左下角的矩形框用“D”来标志。如果源像素和目标像素都想选择自己的颜色，那该怎么办才好呢？这里就可以应用 Porter-Duff 原则了。如果我们认为源像素比较重要，那么我们在右下角的矩形框内也标志上一个“S”。这个规则被称为 SRC_OVER。在这个规则中，我们赋予源像素颜色的权值 a_S，目标像素颜色的权值为 $(1 - a_S) \cdot a_D$，然后将它们组合起来。

这样产生的视觉效果是源像素与目标像素相混合的结果，并且优先选择给定的源像素的颜色。特别是，如果 a_S 为 1，那么根本就不用考虑目标像素的颜色。如果 a_S 为 0，那么源像素将是完全透明的，而目标像素颜色则是不变的。

还有其他的规则，可以根据置于概率示意图各个框中的字母来理解这些规则的概念。表 7-1 和图 7-23 显示了 Java 2D API 支持的所有这些规则。图 7-23 中的各个图像显示了当你使用透明度值为 0.75 的矩形源区域和透明度值为 1.0 的椭圆目标区域组合时，所显示的各种组合效果。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

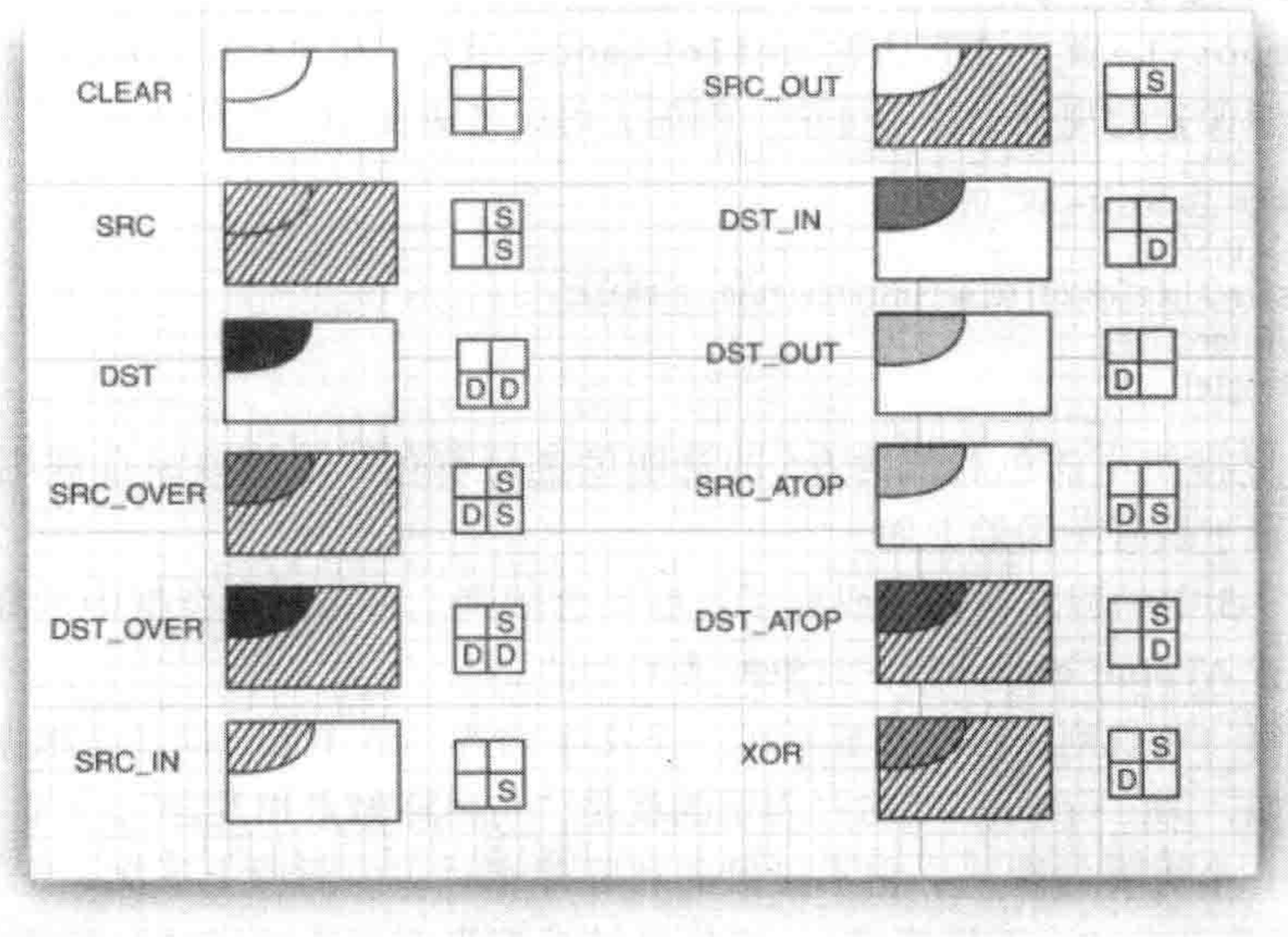


图 7-23 Porter-Duff 组合规则

表 7-1 Porter-Duff 组合规则

规 则	解 释
CLEAR	源像素清除目标像素
SRC	源像素覆盖目标像素和空像素
DST	源像素不影响目标像素
SRC_OVER	源像素和目标像素混合，并且覆盖空像素
DST_OVER	源像素不影响目标像素，并且不覆盖空像素
SRC_IN	源像素覆盖目标像素
SRC_OUT	源像素清除目标像素，并且覆盖空像素
DST_IN	源像素的透明度值修改目标像素的透明度值
DST_OUT	源像素的透明度值取反修改目标像素的透明度值
SRC_ATOP	源像素和目标像素相混合
DST_ATOP	源像素的透明度值修改目标像素的透明度值。源像素覆盖空像素
XOR	源像素的透明度值取反修改目标像素的透明度值。源像素覆盖空像素

如你所见，大多数规则并不是非常有用。例如，DST_IN 规则就是一个极端的例子。它根本不考虑源像素颜色，但是却使用了源像素的透明度值来影响目标像素。SRC 规则可能是有用的，它强制使用源像素颜色，而且关闭了与目标像素相混和的特性。

如果要了解更多的关于 Porter-Duff 规则的信息，请参阅 Foley、Dam 和 Feiner 等撰写的《Computer Graphics: Principles and Practice, Second Edition》(计算机图形学：原理语应用，第 2 版)。

你可以使用 Graphics2D 类的 setComposite 方法安装一个实现了 Composite 接口的类的对象。Java 2D API 提供了这样的一个类，即 AlphaComposite 它实现了图 7-23 中的所

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

有的 Porter-Duff 规则。

AlphaComposite 类的工厂方法 getInstance 用来产生 AlphaComposite 对象，此时需要提供用于源像素的规则和透明度值。例如，可以考虑使用下面的代码：

```
int rule = AlphaComposite.SRC_OVER;
float alpha = 0.5f;
g2.setComposite(AlphaComposite.getInstance(rule, alpha));
g2.setPaint(Color.blue);
g2.fill(rectangle);
```

这时，矩形将使用蓝色和值为 0.5 的透明度进行着色。因为该组合规则是 SRC_OVER，所以它透明地置于现有图像的上面。

程序清单 7-3 中的程序深入地研究了这些组合规则。可以从组合框中选择一个规则，调节滑动条来设置 AlphaComposite 对象的透明度值。

此外，对每一条规则该程序都显示了一条文字描述。请注意，描述是根据组合规则表计算而来的。例如，第二行中的“DS”表示的就是“与目标像素相混合”。

该程序有一个重要的缺陷：它不能保证和屏幕相对应的图形上下文一定具有透明通道。（实际上，它通常没有这个透明通道）。当像素被放到没有透明通道的目标像素之上的时候，这些像素的颜色会与目标像素的透明度值相乘，而其透明度值却被弃用了。因为许多 Porter-Duff 规则都使用目标像素的透明度值，因此目标像素的透明通道是很重要的。由于这个原因，我们使用了一个采用 ARGB 颜色模型的缓存图像来组合各种形状。在图像被组合后，我们就将产生的图像在屏幕上绘制出来：

```
BufferedImage image = new BufferedImage(getWidth(), getHeight(), BufferedImage.TYPE_INT_ARGB);
Graphics2D gImage = image.createGraphics();
// now draw to gImage
g2.drawImage(image, null, 0, 0);
```

程序清单 7-3 和 7-4 展示了框体和构件类，程序清单 7-5 中的 Rule 类提供了对每条规则的简要解释，如图 7-24 所示。在运行这个程序的时候，从左到右地移动 Alpha 滑动条，就可以观察到所产生的组合形状的效果。特别是，请注意 DST_IN 与 DST_OUT 规则之间惟一的差别，那就是，当你改变源像素的透明度值时，目标（！）颜色将会发生什么样的变化。

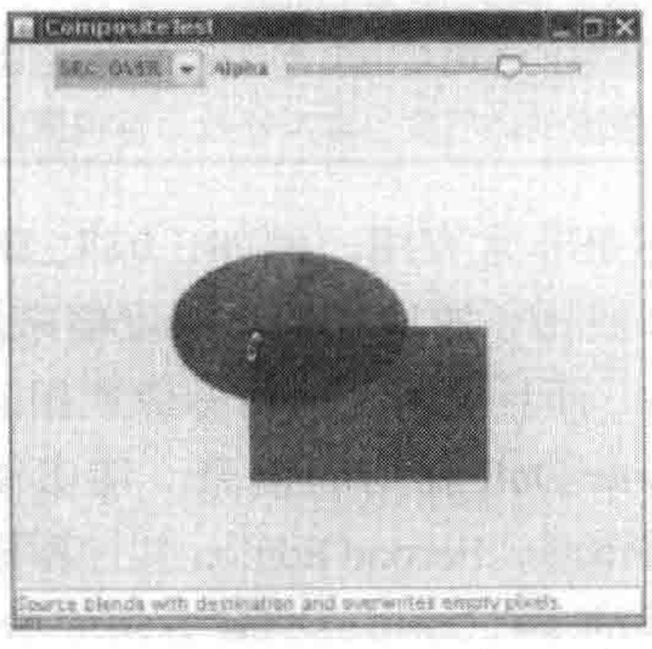


图 7-24 CompositeTest 程序运行的结果

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 7-3 composite/CompositeTestFrame.java

```
1  package composite;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import javax.swing.*;
6  import javax.swing.event.*;
7
8  /**
9   * This frame contains a combo box to choose a composition rule, a slider to change the source
10  * alpha channel, and a component that shows the composition.
11  */
12 class CompositeTestFrame extends JFrame
13 {
14    private static final int DEFAULT_WIDTH = 400;
15    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 400;
16
17    private CompositeComponent canvas;
18    private JComboBox<Rule> ruleCombo;
19    private JSlider alphaSlider;
20    private JTextField explanation;
21
22    public CompositeTestFrame()
23    {
24       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
25
26       canvas = new CompositeComponent();
27       add(canvas, BorderLayout.CENTER);
28
29       ruleCombo = new JComboBox<>(new Rule[] { new Rule("CLEAR", "  ", "  "),
30             new Rule("SRC", " S", " S"), new Rule("DST", "  ", "DD"),
31             new Rule("SRC_OVER", " S", "DS"), new Rule("DST_OVER", " S", "DD"),
32             new Rule("SRC_IN", "  ", " S"), new Rule("SRC_OUT", " S", "  "),
33             new Rule("DST_IN", "  ", " D"), new Rule("DST_OUT", "  ", "D "),
34             new Rule("SRC_ATOP", "  ", "DS"), new Rule("DST_ATOP", " S", " D"),
35             new Rule("XOR", " S", "D "), });
36       ruleCombo.addActionListener(new ActionListener()
37          {
38             public void actionPerformed(ActionEvent event)
39             {
40                Rule r = (Rule) ruleCombo.getSelectedItem();
41                canvas.setRule(r.getValue());
42                explanation.setText(r.getExplanation());
43             }
44          });
45
46       alphaSlider = new JSlider(0, 100, 75);
47       alphaSlider.addChangeListener(new ChangeListener()
48          {
49             public void stateChanged(ChangeEvent event)
50             {
51                canvas.setAlpha(alphaSlider.getValue());
52             }
53          });
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
54          JPanel panel = new JPanel();
55          panel.add(ruleCombo);
56          panel.add(new JLabel("Alpha"));
57          panel.add(alphaSlider);
58          add(panel, BorderLayout.NORTH);
59
60          explanation = new JTextField();
61          add(explanation, BorderLayout.SOUTH);
62
63          canvas.setAlpha(alphaSlider.getValue());
64          Rule r = ruleCombo.getItemAt(ruleCombo.getSelectedIndex());
65          canvas.setRule(r.getValue());
66          explanation.setText(r.getExplanation());
67       }
68    }
```

程序清单 7-4 composite/CompositeComponent.java

```
1  package composite;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.geom.*;
5  import java.awt.image.*;
6  import javax.swing.*;
7
8  /**
9   * This component draws two shapes, composed with a composition rule.
10  */
11 class CompositeComponent extends JComponent
12 {
13    private int rule;
14    private Shape shape1;
15    private Shape shape2;
16    private float alpha;
17
18    public CompositeComponent()
19    {
20       shape1 = new Ellipse2D.Double(100, 100, 150, 100);
21       shape2 = new Rectangle2D.Double(150, 150, 150, 100);
22    }
23    public void paintComponent(Graphics g)
24    {
25       Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
26
27       BufferedImage image = new BufferedImage(getWidth(), getHeight(), BufferedImage.TYPE_INT_ARGB);
28       Graphics2D gImage = image.createGraphics();
29       gImage.setPaint(Color.red);
30       gImage.fill(shape1);
31       AlphaComposite composite = AlphaComposite.getInstance(rule, alpha);
32       gImage.setComposite(composite);
33       gImage.setPaint(Color.blue);
34       gImage.fill(shape2);
35       g2.drawImage(image, null, 0, 0);
36    }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
37
38    /**
39     * Sets the composition rule.
40     * @param r the rule (as an AlphaComposite constant)
41     */
42    public void setRule(int r)
43    {
44       rule = r;
45       repaint();
46    }
47
48    /**
49     * Sets the alpha of the source.
50     * @param a the alpha value between 0 and 100
51     */
52    public void setAlpha(int a)
53    {
54       alpha = (float) a / 100.0F;
55       repaint();
56    }
57 }
```

程序清单 7-5 composite/Rule.java

```
1  package composite;
2
3  import java.awt.*;
4
5  /**
6   * This class describes a Porter-Duff rule.
7   */
8  class Rule
9  {
10    private String name;
11    private String porterDuff1;
12    private String porterDuff2;
13
14    /**
15     * Constructs a Porter-Duff rule.
16     * @param n the rule name
17     * @param pd1 the first row of the Porter-Duff square
18     * @param pd2 the second row of the Porter-Duff square
19     */
20    public Rule(String n, String pd1, String pd2)
21    {
22       name = n;
23       porterDuff1 = pd1;
24       porterDuff2 = pd2;
25    }
26
27    /**
28     * Gets an explanation of the behavior of this rule.
29     * @return the explanation
30     */
31    public String getExplanation()
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
32    {
33       StringBuilder r = new StringBuilder("Source ");
34       if (porterDuff2.equals("  ")) r.append("clears");
35       if (porterDuff2.equals(" S")) r.append("overwrites");
36       if (porterDuff2.equals("DS")) r.append("blends with");
37       if (porterDuff2.equals(" D")) r.append("alpha modifies");
38       if (porterDuff2.equals("D ")) r.append("alpha complement modifies");
39       if (porterDuff2.equals("DD")) r.append("does not affect");
40       r.append(" destination");
41       if (porterDuff1.equals(" S")) r.append(" and overwrites empty pixels");
42       r.append(".");
43       return r.toString();
44    }
45
46    public String toString()
47    {
48       return name;
49    }
50
51    /**
52     * Gets the value of this rule in the AlphaComposite class.
53     * @return the AlphaComposite constant value, or -1 if there is no matching constant
54     */
55    public int getValue()
56    {
57       try
58       {
59          return (Integer) AlphaComposite.class.getField(name).get(null);
60       }
61       catch (Exception e)
62       {
63          return -1;
64       }
65    }
66 }
```

API java.awt.Graphics2D 1.2

- void setComposite(Composite s)

  把图形上下文的组合方式设置为实现了 Composite 接口的给定对象。

API java.awt.AlphaComposite 1.2

- static AlphaComposite getInstance(int rule)
- static AlphaComposite getInstance(int rule, float Source Alpha)

  构建一个透明度（alpha）值的组合对象。规则是 CLEAR, SRC, SRC_OVER, DST_OVER, SRC_IN, SRC_OUT, DST_IN, DST_OUT, DST, DST_ATOP, SRC_ATOP, XOR 等值之一。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

7.9 绘图提示

在前面的小节中，已经看到了绘图过程是非常复杂的。虽然在大多数情况下 Java 2D API 的运行速度奇快，但是在某些情况下，你可能希望控制绘图的速度和质量之间的平衡关系。可以通过设置绘图提示来达到此目的。使用 Graphics2D 类的 setRenderingHint 方法，可以设置一条单一的绘图提示，提示的键和值是在 RenderingHints 类中声明的。表 7-2 汇总了可以使用的选项。以 _DEFAULT 结尾的值表示某种特定实现将其作为性能与质量之间的良好平衡而所选择的默认值。

这些设置中最有用的是消除图形锯齿现象的技术，这种技术消除了斜线和曲线中的“锯齿”（jaggies）。正如在图 7-25 所见的那样，斜线必须被绘制成为一个像素的“阶梯”。特别是在低分辨率的显示屏上，你所画的线条将非常难看。但是，如果不是完整地绘制或排除每一个像素，而是在线条所覆盖的像素中，用与被覆盖区域成比例的颜色，来着色被部分覆盖的元素，那么所产生的线条看上去就要平滑得多。这种技术被称为“消除图形锯齿状”技术。当然，使用这种技术所花费的时间要长一些，因为它需要花一定的时间去计算所有这些颜色的值。

表 7-2 绘图提示

键	值	解 释
KEY_ANTIALIASING	VALUE_ANTIALIAS_ON VALUE_ANTIALIAS_OFF VALUE_ANTIALIAS_DEFAULT	打开或者关闭形状的消除图形锯齿状的特性
KEY_TEXT_ANTIALIASING	VALUE_TEXT_ANTIALIAS_ON VALUE_TEXT_ANTIALIAS_OFF VALUE_TEXT_ANTIALIAS_DEFAULT VALUE_TEXT_ANTIALIAS_GASP 6 VALUE_TEXT_ANTIALIAS_LCD_HRGB 6 VALUE_TEXT_ANTIALIAS_LCD_HBGR 6 VALUE_TEXT_ANTIALIAS_LCD_VRGB 6 VALUE_TEXT_ANTIALIAS_LCD_VBGR 6	打开或者关闭字体的消除图形锯齿状的特性。当使用 VALUE_TEXT_ANTIALIAS_GASP 这个值时，会查询字体“派生表”以确定字体的某种特定字号是否应该消除图形的锯齿状。LCD 值强制对某种特定显示类型进行子像素绘制
KEY_FRACTIONALMETRICS	VALUE_FRACTIONALMETRICS_ON VALUE_FRACTIONALMETRICS_OFF VALUE_FRACTIONALMETRICS_DEFAULT	打开或者关闭小数字符尺寸计算的功能。使用小数字符尺寸的计算功能，将会更好地安排字符的位置
KEY_RENDERING	VALUE_RENDER_QUALITY VALUE_RENDER_SPEED VALUE_RENDER_DEFAULT	当其可用时，选定相应的绘图算法，以便获得更高的质量或速度
KEY_STROKE_CONTROL 1.3	VALUE_STROKE_NORMALIZE VALUE_STROKE_PURE VALUE_STROKE_DEFAULT	选定笔划的位置是由图形加速器（它也许会将笔划的位置调整最多半个像素）控制，还是由强制笔划穿越像素中心的“纯”规则计算出来

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

（续）

键	值	解 释
KEY_DITHERING	VALUE_DITHER_ENABLE VALUE_DITHER_DISABLE VALUE_DITHER_DEFAULT	打开或者关闭颜色的浓淡处理功能。通过绘制相似颜色的许多像素组，浓淡处理功能就可以确定颜色的近似值。（注意，消除锯齿功能可能会与浓淡处理功能相干）
KEY_ALPHA_INTERPOLATION	VALUE_ALPHA_INTERPOLATION_QUALITY VALUE_ALPHA_INTERPOLATION_SPEED VALUE_ALPHA_INTERPOLATION_DEFAULT	打开或者关闭透明度（alpha）值组合的精确计算功能
KEY_COLOR_RENDERING	VALUE_COLOR_RENDER_QUALITY VALUE_COLOR_RENDER_SPEED VALUE_COLOR_RENDER_DEFAULT	选定颜色渲染的质量或速度。只有在使用了不同的颜色空间时，才会涉及此问题
KEY_INTERPOLATION	VALUE_INTERPOLATION_NEAREST_NEIGHBOR VALUE_INTERPOLATION_BILINEAR VALUE_INTERPOLATION_BICUBIC	当对形状进行缩放或者旋转操作时，为像素的插换选择一个规则

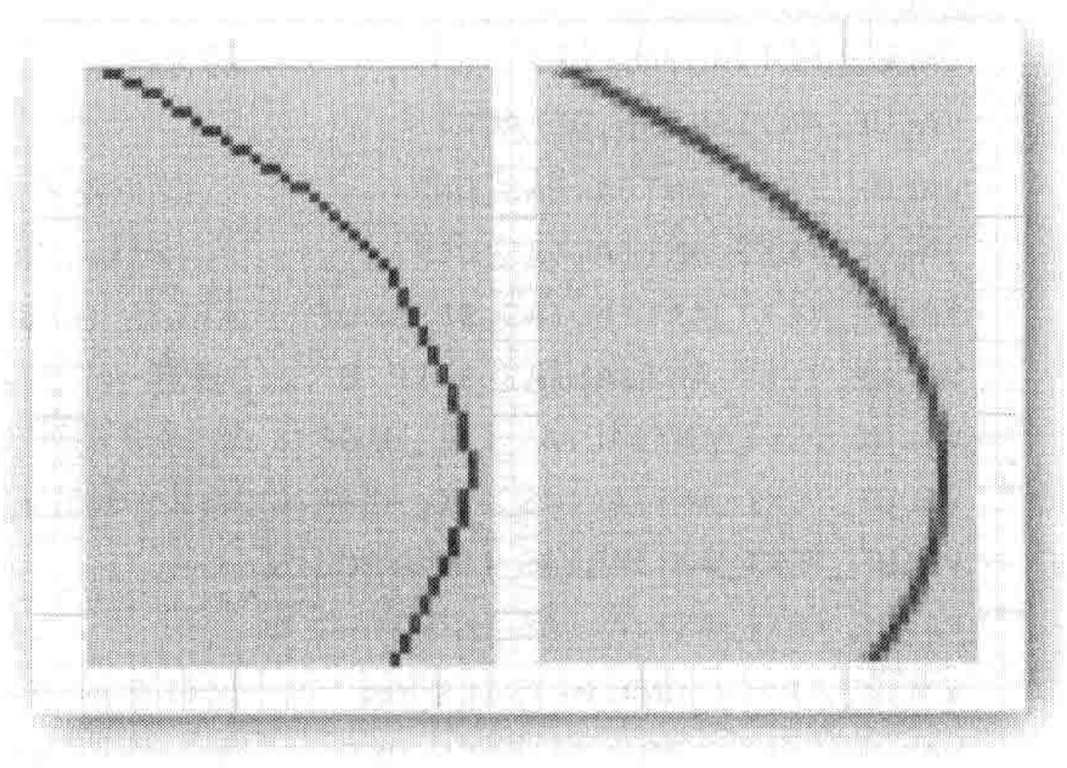


图 7-25 消除图形锯齿现象的示意图

例如，下面的代码说明了应该如何请求使用消除图形锯齿状功能。

```
g2.setRenderingHint(RenderingHints.KEY_ANTIALIASING, RenderingHints.VALUE_ANTIALIAS_ON);
```

使用消除图形锯齿状技术对字体的绘制同样是有意义的。

```
g2.setRenderingHint(RenderingHints.KEY_TEXT_ANTIALIASING,
   Rendering-Hints.VALUE_TEXT_ANTIALIAS_ON);
```

和上面的这些应用相比较，其他的绘图提示并不是很常用。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

也可以把一组键/值提示信息对放入映射表中，并且通过调用 setRenderingHints 方法一次性的将它们全部设置好。任何实现了映射表接口的集合类都可以被使用，当然也可以使用 RenderingHints 类本身。它实现了 Map 接口，并且在用无参数的构造器来创建对象时，会提供一个默认的映射表实现。例如，

```
RenderingHints hints = new RenderingHints(null);
hints.put(RenderingHints.KEY_ANTIALIASING, RenderingHints.VALUE_ANTIALIAS_ON);
hints.put(RenderingHints.KEY_TEXT_ANTIALIASING, RenderingHints.VALUE_TEXT_ANTIALIAS_ON);
g2.setRenderingHints(hints);
```

这就是我们在程序清单 7-6 中使用的技术。该程序展示了几种我们认为会提供帮助的绘图提示。注意下面几点：

- 消除锯齿功能使椭圆变得平滑。
- 文本的消除锯齿功能使文本变得平滑。
- 在某些平台上，值为小数的文本距离会使字母之间彼此靠得更近一些。
- 选择 VALUE_RENDER_QUALITY 来平滑缩放的图像。(通过将 KEY_INTERPOLATION 设置为 VALUE_INTERPOLATION_BICUBIC 可以达到相同的效果)。
- 当消除锯齿功能关闭时，选择 VALUE_STROKE_NORMALIZE 会改变椭圆的外观和正方形对角线的位置。

图 7-26 显示了运行该程序时所截取的一个屏幕。

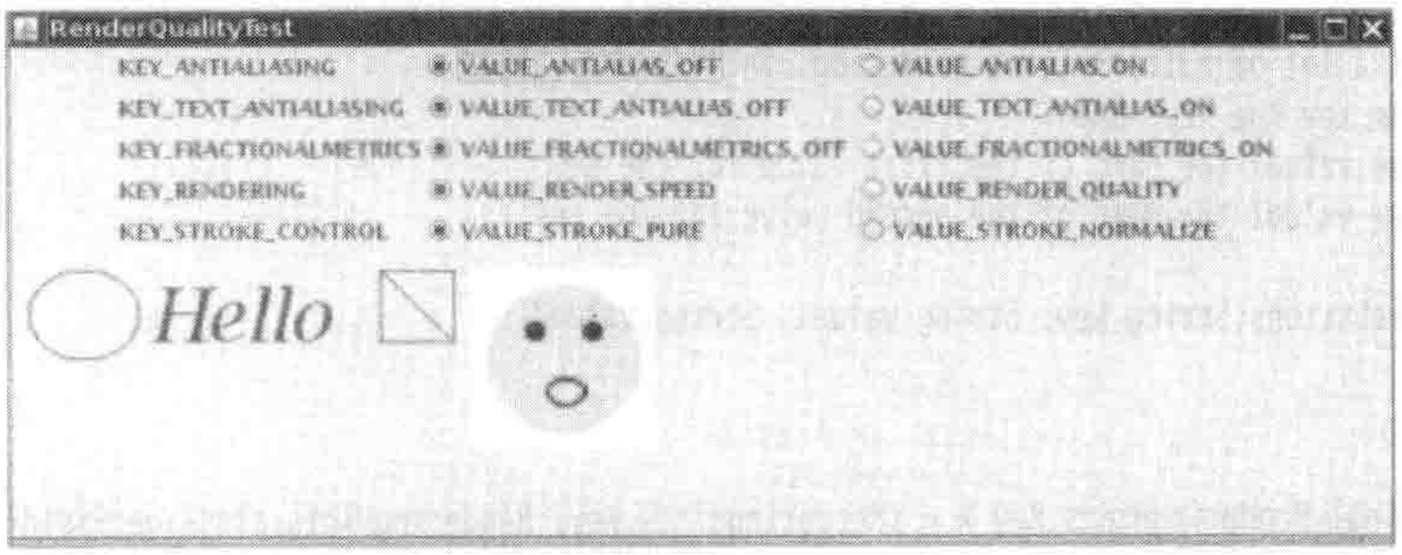


图 7-26 绘图提示测试程序的效果

程序清单 7-6 renderQuality/RenderQualityTestFrame.java

```
1  package renderQuality;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.awt.geom.*;
6  import javax.swing.*;
7
8  /**
9   * This frame contains buttons to set rendering hints and an image that is drawn with the selected
10  * hints.
11  */
12 public class RenderQualityTestFrame extends JFrame
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
{
   private RenderQualityComponent canvas;
   private JPanel buttonBox;
   private RenderingHints hints;
   private int r;

   public RenderQualityTestFrame()
   {
      buttonBox = new JPanel();
      buttonBox.setLayout(new GridBagLayout());
      hints = new RenderingHints(null);

      makeButtons("KEY_ANTIALIASING", "VALUE_ANTIALIAS_OFF", "VALUE_ANTIALIAS_ON");
      makeButtons("KEY_TEXT_ANTIALIASING", "VALUE_TEXT_ANTIALIAS_OFF", "VALUE_TEXT_ANTIALIAS_ON");
      makeButtons("KEY_FRACTIONALMETRICS", "VALUE_FRACTIONALMETRICS_OFF",
            "VALUE_FRACTIONALMETRICS_ON");
      makeButtons("KEY_RENDERING", "VALUE_RENDER_SPEED", "VALUE_RENDER_QUALITY");
      makeButtons("KEY_STROKE_CONTROL", "VALUE_STROKE_PURE", "VALUE_STROKE_NORMALIZE");
      canvas = new RenderQualityComponent();
      canvas.setRenderingHints(hints);

      add(canvas, BorderLayout.CENTER);
      add(buttonBox, BorderLayout.NORTH);
      pack();
   }

   /**
    * Makes a set of buttons for a rendering hint key and values.
    * @param key the key name
    * @param value1 the name of the first value for the key
    * @param value2 the name of the second value for the key
    */
   void makeButtons(String key, String value1, String value2)
   {
      try
      {
         final RenderingHints.Key k = (RenderingHints.Key) RenderingHints.class.getField(key).get(
               null);
         final Object v1 = RenderingHints.class.getField(value1).get(null);
         final Object v2 = RenderingHints.class.getField(value2).get(null);
         JLabel label = new JLabel(key);

         buttonBox.add(label, new GBC(0, r).setAnchor(GBC.WEST));
         ButtonGroup group = new ButtonGroup();
         JRadioButton b1 = new JRadioButton(value1, true);

         buttonBox.add(b1, new GBC(1, r).setAnchor(GBC.WEST));
         group.add(b1);
         b1.addActionListener(new ActionListener()
            {
               public void actionPerformed(ActionEvent event)
               {
                  hints.put(k, v1);
                  canvas.setRenderingHints(hints);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
67                }
68             });
69          JRadioButton b2 = new JRadioButton(value2, false);
70
71          buttonBox.add(b2, new GBC(2, r).setAnchor(GBC.WEST));
72          group.add(b2);
73          b2.addActionListener(new ActionListener()
74             {
75                public void actionPerformed(ActionEvent event)
76                {
77                   hints.put(k, v2);
78                   canvas.setRenderingHints(hints);
79                }
80             });
81          hints.put(k, v1);
82             r++;
83          }
84          catch (Exception e)
85          {
86             e.printStackTrace();
87          }
88       }
89    }
90
91    /**
92     * This component produces a drawing that shows the effect of rendering hints.
93     */
94    class RenderQualityComponent extends JComponent
95    {
96       private static final int DEFAULT_WIDTH = 750;
97       private static final int DEFAULT_HEIGHT = 150;
98
99       private RenderingHints hints = new RenderingHints(null);
100      private Image image;
101
102      public RenderQualityComponent()
103      {
104         image = new ImageIcon(getClass().getResource("face.gif")).getImage();
105      }
106
107      public void paintComponent(Graphics g)
108      {
109         Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
110         g2.setRenderingHints(hints);
111
112         g2.draw(new Ellipse2D.Double(10, 10, 60, 50));
113         g2.setFont(new Font("Serif", Font.ITALIC, 40));
114         g2.drawString("Hello", 75, 50);
115
116         g2.draw(new Rectangle2D.Double(200, 10, 40, 40));
117         g2.draw(new Line2D.Double(201, 11, 239, 49));
118
119         g2.drawImage(image, 250, 10, 100, 100, null);
120      }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
121
122    /**
123     * Sets the hints and repaints.
124     * @param h the rendering hints
125     */
126    public void setRenderingHints(RenderingHints h)
127    {
128       hints = h;
129       repaint();
130    }
131
132    public Dimension getPreferredSize() { return new Dimension(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT); }
133 }
```

API java.awt.Graphics2D 1.2

- void setRenderingHint(RenderingHints.Key key, Object value)
  为该图形上下文设置绘图提示。
- void setRenderingHints(Map m)
  设置绘图提示，它们的键/值对存储在映射表中。

API java.awt.RenderingHints 1.2

- RenderingHints(Map<RenderingHints.Key, ?> m)
  构建一个存放绘图提示的绘图提示映射表。如果m值为null，那么将会提供一个默认的绘图提示映射表。

7.10 图像的读取器和写入器

Java SE 在其1.4版本出现以前，只具备非常有限的对图像文件的读取和写入的功能。它可以读取GIF和JPEG格式的图像，但是对于写入图像的功能，它没有任何官方的支持。

现在这种情况已经得到了很大的改进。javax.imageio包包含了对读取和写入数种常用文件格式进行支持的“附加”特性。同时还包含了一个框架，使得第三方能够为其他图像格式的文件添加读取器和写入器。从Java SE 6开始，GIF、JPEG、PNG、BMP（Windows位图）和WBMP（无线位图）等文件格式都得到了支持。在较早的版本中，由于专利方面的原因，使得写入GIF格式文件不被支持。

该类库的基本应用是极其直接的。要想装载一个图像，可以使用ImageIO类的静态read方法。

```
File f = . . .;
BufferedImage image = ImageIO.read(f);
```

ImageIO类根据文件的类型，选择一个合适的读取器。它可以参考文件的扩展名和文件开头的“幻数”（magic number）来选择读取器。如果没有找到合适的读取器或者读取器不能

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

解码文件的内容，那么 read 方法将返回 null。

把图像写入到文件中也是一样地简单。

```
File f = . . .;
String format = . . .;
ImageIO.write(image, format, f);
```

这里，format 字符串用来标识图像的格式，比如“JPEG”或者“PNG”。ImageIO 类将选择一个合适的写入器以存储文件。

7.10.1 获得图像文件类型的读取器和写入器

对于那些超出 ImageIO 类的静态 read 和 write 方法能力范围的高级图像读取和写入操作来说，首先需要获得合适的 ImageReader 和 ImageWriter 对象。ImageIO 类列举了匹配下列条件之一的读取器和写入器。

- 图像格式（比如“JPEG”）
- 文件后缀（比如“jpg”）
- MIME 类型（比如“image/jpeg”）

注意： MIME（Multipurpose Internet Mail Extensions standard）是“多用途因特网邮件扩展标准”的英文缩写。MIME 标准定义了常用的数据格式，比如“image/jpeg”和“application/pdf”等。如果要了解定义 MIME 格式的 RFC（征求意见的文件）的 HTML 版本，请访问 http://www.oac.uci.edu/indiv/ehood/MIME。

例如，可以用下面的代码来获取一个 JPEG 格式文件的读取器。

```
ImageReader reader = null;
Iterator<ImageReader> iter = ImageIO.getImageReadersByFormatName("JPEG");
if (iter.hasNext()) reader = iter.next();
```

getImageReadersBySuffix 和 getImageReadersByMIMEType 这两个方法用于枚举与文件扩展名或 MIME 类型相匹配的读取器。

ImageIO 类可能找到了多个读取器，而它们都能够读取某一特殊类型的图像文件。在这种情况下，必须从中选择一个，但是也许你不清楚怎么样才能选择一个最好的。如果要了解更多的关于读取器的信息，就要获取它的服务提供者接口：

```
ImageReaderSpi spi = reader.getOriginatingProvider();
```

然后，可以获得供应商的名字和版本号：

```
String vendor = spi.getVendor();
String version = spi.getVersion();
```

也许该信息能够帮助你决定选择哪一种读取器，或者你可以为你的程序用户提供一个读取器的列表，让他们做出选择。然而，目前来说，我们假定第一个列出来的读取器就能够满足用户的需求。

在程序清单 7-7 中，我们想查找所有可获得的读取器能够处理的文件的所有后缀，这

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

样我们就可以在文件过滤器中使用它们。我们可以使用静态的 ImageIO.getReader-FileSuffixes 方法来达到此目的：

```
String[] extensions = ImageIO.getWriterFileSuffixes();
chooser.setFileFilter(new FileNameExtensionFilter("Image files", extensions));
```

对于保存文件，相对来说更麻烦一些：我们希望为用户展示一个支持所有图像类型的菜单。可惜，IOImage 类的 getWriterFormateNames 方法返回了一个相当奇怪的列表，里边包含了许多冗余的名字，比如：

```
jpg, BMP, bmp, JPG, jpeg, wbmp, png, JPEG, PNG, WBMP, GIF, gif
```

这些并不是人们想要在菜单中显示的东西，我们所需要的是“首选”格式名列表。我们提供了一个用于此目的的助手方法 getWriterFormats（参见程序清单 7-7）。我们查找与每一种格式名相关的第一个写入器，然后，询问写入器它支持的格式名是什么，从而希望它能够将最流行的一个格式名列在首位。实际上，对 JPEG 写入器来说，这种方法确实很有效：它将“JPEG”列在其他选项的前面。（另一方面，PNG 写入器把小写字母的“png”列在“PNG”的前面。我们希望这种行为能够在将来的某个时候得以解决。同时，我们强制将全小写名字转换为大写）。一旦挑选了首选名，我们就会将所有其他的候选名从最初的名字集中移除。之后，我们会继续执行直至所有的格式名都得到处理。

7.10.2 读取和写入带有多个图像的文件

有些文件，特别是 GIF 动画文件，都包含了多个图像。ImageIO 类的 read 方法只能够读取单一的图像文件。为了读取多个图像，应该将输入源（例如，输入流或者输入文件）转换成一个 ImageInputStream。

```
InputStream in = . . .;
ImageInputStream imageIn = ImageIO.createImageInputStream(in);
```

接着把图像输入流作为参数传递给读取器的 setInput 方法：

```
reader.setInput(imageIn, true);
```

方法中的第二个参数值表示输入的方式是“只向前搜索”，否则，就采用随机访问的方式，要么是在读取时将缓冲输入流，要么是使用随机文件访问。对于某些操作来说，必须使用随机访问的方法。例如，为了在一个 GIF 文件中查寻图像的个数，就需要读入整个文件。这时，如果想获取某一图像的话，必须再次读入该输入文件。

只有当从一个流中读取图像，并且输入流中包含多个图像，而且在文件头中的图像格式部分没有所需要的信息（比如图像的个数）时，考虑使用上面的方法才是合适的。如果要从一个文件中读取图像信息的话，可直接使用下面的方法：

```
File f = . . .;
ImageInputStream imageIn = ImageIO.createImageInputStream(f);
reader.setInput(imageIn);
```

一旦拥有了一个读取器后，就可以通过调用下面的方法来读取输入流中的图像。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
BufferedImage image = reader.read(index);
```

其中 index 是图像的索引，其值从 0 开始。

如果输入流采用“只向前搜索”的方式，那么应该持续不断地读取图像，直到 read 方法抛出一个 IndexOutOfBoundsException 为止。否则，可以调用 getNumImages 方法：

```
int n = reader.getNumImages(true);
```

在该方法中，它的参数表示允许搜索输入流来确定图像的数目。如果输入流采用“只向前搜索”的方式，那么该方法将抛出一个 IllegalStateException 异常。要不然，可以把是否“允许搜索”参数设置为 false。如果 getNumImages 方法在不搜索输入流的情况下无法确定图像的数目，那么它将返回— 1。在这种情况下，必须转换到 B 方案，那就是持续不断地读取图像，直到获得一个 IndexOutOfBoundsException 异常为止。

有些文件包含一些缩略图，也就是图像用来预览的小版本。可以通过调用下面的方法来获得某个图像的缩略图数量。

```
int count = reader.getNumThumbnails(index);
```

然后可以按如下方式得到一个特定索引：

```
BufferedImage thumbnail = reader.getThumbnail(index, thumbnailIndex);
```

另一个问题是，有时你想在实际获得图像之前，了解该图像的大小。特别是，当图像很大，或者是从一个较慢的网络连接中获取的时候，你更加希望能够事先了解到该图像的大小。那么请使用下面的方法：

```
int width = reader.getWidth(index);
int height = reader.getHeight(index);
```

通过上面两个方法可以获得具有给定索引的图像的大小。

如果要将多个图像写入到一个文件中，首先需要一个 ImageWriter。ImageIO 类能够枚举可以写入某种特定图像格式的所有写入器。

```
String format = . . .;
ImageWriter writer = null;
Iterator<ImageWriter> iter =  ImageIO.getImageWritersByFormatName( format );
if (iter.hasNext()) writer = iter.next();
```

接着，将一个输出流或者输出文件转换成 ImageOutputStream，并且将其作为参数传给写入器。例如，

```
File f = . . .;
ImageOutputStream imageOut = ImageIO.createImageOutputStream(f);
writer.setOutput(imageOut);
```

必须将每一个图像都包装到 IIOImage 对象中。可以根据情况提供一个缩略图和图像元数据（比如，图像的压缩算法和颜色信息）的列表。在本例中，我们把两者都设置为 null；如果要了解详细信息，请参阅 API 文档。

```
IIOImage iioImage = new IIOImage(images[i], null, null);
```

使用 write 方法，可以写出第一个图像：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
writer.write(new IIOImage(images[0], null, null));
```

对于后续的图像，使用下面的方法：

```
if (writer.canInsertImage(i))
   writer.writeInsert(i, iioImage, null);
```

上面方法中的第三个参数可以包含一个 ImageWriteParam 对象，用以设置图像写入的详细信息，比如是平铺还是压缩；可以用 null 作为其默认值。

并不是所有的图像格式都能够处理多个图像的。在这种情况下，如果 i>0，canInsertImage 方法将返回 false 值，而且只保存单一图像。

程序清单 7-7 中的程序使用 Java 类库所提供的读取器和写入器支持的格式来加载和保持文件。该程序显示了多个图像（见图 7-27），但是没有缩略图。

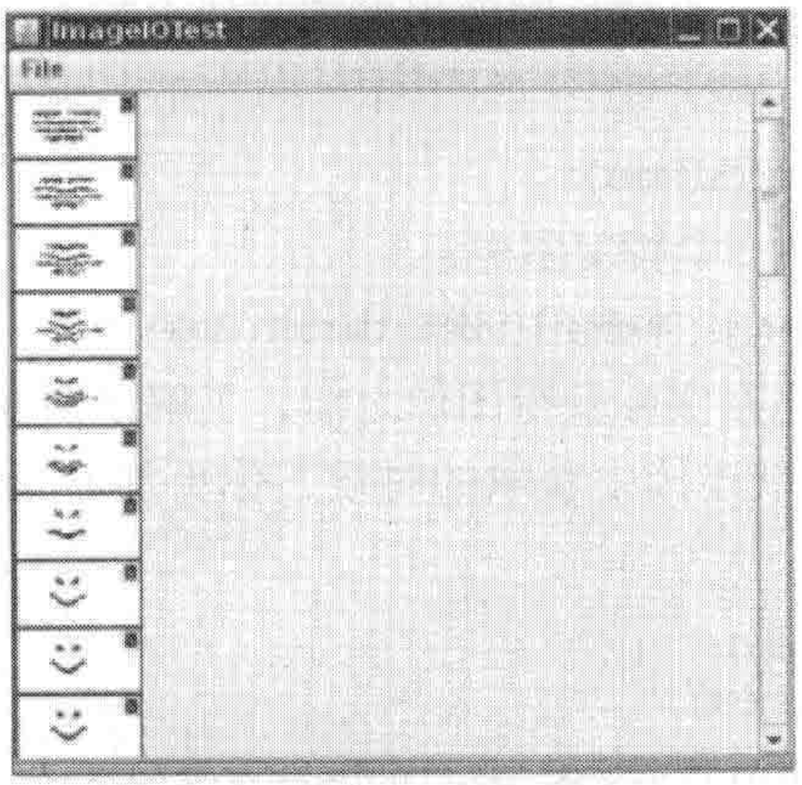


图 7-27 一个 GIF 动画图像

程序清单 7-7 imageIO/ImageIOFrame.java

```
1  package imageIO;
2
3  import java.awt.event.*;
4  import java.awt.image.*;
5  import java.io.*;
6  import java.util.*;
7  import javax.imageio.*;
8  import javax.imageio.stream.*;
9  import javax.swing.*;
10 import javax.swing.filechooser.*;
11
12 /**
13  * This frame displays the loaded images. The menu has items for loading and saving files.
14  */
15 public class ImageIOFrame extends JFrame
16 {
17    private static final int DEFAULT_WIDTH = 400;
18    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 400;
19
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
20    private static Set<String> writerFormats = getWriterFormats();
21
22    private BufferedImage[] images;
23
24    public ImageIOFrame()
25    {
26       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
27
28       JMenu fileMenu = new JMenu("File");
29       JMenuItem openItem = new JMenuItem("Open");
30       openItem.addActionListener(new ActionListener()
31          {
32             public void actionPerformed(ActionEvent event)
33             {
34                openFile();
35             }
36          });
37       fileMenu.add(openItem);
38
39       JMenu saveMenu = new JMenu("Save");
40       fileMenu.add(saveMenu);
41       Iterator<String> iter = writerFormats.iterator();
42       while (iter.hasNext())
43       {
44          final String formatName = iter.next();
45          JMenuItem formatItem = new JMenuItem(formatName);
46          saveMenu.add(formatItem);
47          formatItem.addActionListener(new ActionListener()
48             {
49                public void actionPerformed(ActionEvent event)
50                {
51                   saveFile(formatName);
52                }
53             });
54       }
55
56       JMenuItem exitItem = new JMenuItem("Exit");
57       exitItem.addActionListener(new ActionListener()
58          {
59             public void actionPerformed(ActionEvent event)
60             {
61                System.exit(0);
62             }
63          });
64       fileMenu.add(exitItem);
65
66       JMenuBar menuBar = new JMenuBar();
67       menuBar.add(fileMenu);
68       setJMenuBar(menuBar);
69    }
70
71    /**
72     * Open a file and load the images.
73     */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
74    public void openFile()
75    {
76       JFileChooser chooser = new JFileChooser();
77       chooser.setCurrentDirectory(new File("."));
78       String[] extensions = ImageIO.getReaderFileSuffixes();
79       chooser.setFileFilter(new FileNameExtensionFilter("Image files", extensions));
80       int r = chooser.showOpenDialog(this);
81       if (r != JFileChooser.APPROVE_OPTION) return;
82       File f = chooser.getSelectedFile();
83       Box box = Box.createVerticalBox();
84       try
85       {
86          String name = f.getName();
87          String suffix = name.substring(name.lastIndexOf('.') + 1);
88          Iterator<ImageReader> iter = ImageIO.getImageReadersBySuffix(suffix);
89          ImageReader reader = iter.next();
90          ImageInputStream imageIn = ImageIO.createImageInputStream(f);
91          reader.setInput(imageIn);
92          int count = reader.getNumImages(true);
93          images = new BufferedImage[count];
94          for (int i = 0; i < count; i++)
95          {
96             images[i] = reader.read(i);
97             box.add(new JLabel(new ImageIcon(images[i])));
98          }
99       }
100      catch (IOException e)
101      {
102         JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
103      }
104      setContentPane(new JScrollPane(box));
105      validate();
106   }
107
108   /**
109    * Save the current image in a file.
110    * @param formatName the file format
111    */
112   public void saveFile(final String formatName)
113   {
114      if (images == null) return;
115      Iterator<ImageWriter> iter = ImageIO.getImageWritersByFormatName(formatName);
116      ImageWriter writer = iter.next();
117      JFileChooser chooser = new JFileChooser();
118      chooser.setCurrentDirectory(new File("."));
119      String[] extensions = writer.getOriginatingProvider().getFileSuffixes();
120      chooser.setFileFilter(new FileNameExtensionFilter("Image files", extensions));
121
122      int r = chooser.showSaveDialog(this);
123      if (r != JFileChooser.APPROVE_OPTION) return;
124      File f = chooser.getSelectedFile();
125      try
126      {
127         ImageOutputStream imageOut = ImageIO.createImageOutputStream(f);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
128          writer.setOutput(imageOut);
129
130          writer.write(new IIOImage(images[0], null, null));
131          for (int i = 1; i < images.length; i++)
132          {
133             IIOImage iioImage = new IIOImage(images[i], null, null);
134             if (writer.canInsertImage(i)) writer.writeInsert(i, iioImage, null);
135          }
136       }
137       catch (IOException e)
138       {
139          JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
140       }
141    }
142    /**
143     * Gets a set of "preferred" format names of all image writers. The preferred format name is
144     * the first format name that a writer specifies.
145     * @return the format name set
146     */
147    public static Set<String> getWriterFormats()
148    {
149       Set<String> writerFormats = new TreeSet<>();
150       Set<String> formatNames = new TreeSet<>(Arrays.asList(ImageIO
151             .getWriterFormatNames()));
152       while (formatNames.size() > 0)
153       {
154          String name = formatNames.iterator().next();
155          Iterator<ImageWriter> iter = ImageIO.getImageWritersByFormatName(name);
156          ImageWriter writer = iter.next();
157          String[] names = writer.getOriginatingProvider().getFormatNames();
158          String format = names[0];
159          if (format.equals(format.toLowerCase())) format = format.toUpperCase();
160          writerFormats.add(format);
161          formatNames.removeAll(Arrays.asList(names));
162       }
163       return writerFormats;
164    }
165 }
```

API javax.imageio.ImageIO 1.4

- static BufferedImage read(File input)
- static BufferedImage read(InputStream input)
- static BufferedImage read(URL input)

  从 input 中读取一个图像。
- static boolean write(RenderedImage image, String formatName, File output)
- static boolean write(RenderedImage image, String formatName, OutputStream output)

  将给定格式的图像写入 output 中。如果没有找到合适的写入器，则返回 false。
- static Iterator<ImageReader> getImageReadersByFormatName(String

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

formatName)

- static Iterator<ImageReader> getImageReadersBySuffix(String fileSuffix)
- static Iterator<ImageReader> getImageReadersByMIMEType(String mimeType)
- static Iterator<ImageWriter> getImageWritersByFormatName(String formatName)
- static Iterator<ImageWriter> getImageWritersBySuffix(String fileSuffix)
- static Iterator<ImageWriter> getImageWritersByMIMEType(String mimeType)

获得能够处理给定格式（例如“JPEG”）、文件后缀（例如“jpg”）或者 MIME 类型（例如“image/jpeg”）的所有读取器和写入器。

- static String[] getReaderFormatNames()
- static String[] getReaderMIMETypes()
- static String[] getWriterFormatNames()
- static String[] getWriterMIMETypes()
- static String[] getReaderFileSuffixes() 6
- static String[] getWriterFileSuffixes() 6

获取读取器和写入器所支持的所有格式名、MIME 类型名和文件后缀。

- ImageInputStream createImageInputStream(Object input)
- ImageOutputStream createImageOutputStream(Object output)

根据给定的对象来创建一个图像输入流或者图像输出流。该对象可能是一个文件、一个流、一个 RandomAccessFile 或者某个服务提供商能够处理的其他类型的对象。如果没有任何注册过的服务提供器能够处理这个对象，那么返回 null 值。

API javax.imageio.ImageReader 1.4

- void setInput(Object input)
- void setInput(Object input, boolean seekForwardOnly)

设置读取器的输入源。

参数：input 一个 ImageInputStream 对象或者是这个读取器能够接受的其他对象

seekForwardOnly 如果读取器只应该向前读取，则返回 ture。默认地，读取器采用随机访问的方式，如果有必要，将会缓存图像数据

- BufferedImage read(int index)

读取给定图像索引的图像（索引从 0 开始）。如果没有这个图像，则抛出一个 IndexOutOfBoundsException 异常。

- int getNumImages(boolean allowSearch)

获取读取器中图像的数目。如果 allowSearch 值为 false，并且不向前阅读就无法确定图像的数目，那么它将返回 — 1。如果 allowSearch 值是 true，并且读取器采用了“只向前搜索”方式，那么就会抛出 IllegalStateException 异常。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- int getNumThumbnails(int index)
  获取给定索引的图像的缩略图的数量。
- BufferedImage readThumbnail(int index, int thumbnailIndex)
  获取给定索引的图像的索引号为 thumbnailIndex 的缩略图。
- int getWidth(int index)
- int getHeight(int index)
  获取图像的宽度和高度。如果没有这样的图像，就抛出一个 IndexOutOfBounds-Exception 异常。
- ImageReaderSpi getOriginatingProvider()
  获取构建该读取器的服务提供者。

API javax.imageio.spi.IIOServiceProvider 1.4

- String getVendorName()
- String getVersion()

获取该服务提供者的提供商的名字和版本。

API javax.imageio.spi.ImageReaderWriterSpi 1.4

- String[] getFormatNames()
- String[] getFileSuffixes()
- String[] getMIMETypes()
  获取由该服务提供者创建的读取器或者写入器所支持的图像格式名、文件的后缀和 MIME 类型。

API javax.imageio.ImageWriter 1.4

- void setOutput(Object output)
  设置该写入器的输出目标。
  参数：output　一个 ImageOutputSteam 对象或者这个写入器能够接受的其他对象。
- void write(IIOImage image)
- void write(RenderedImage image)
  把单一的图像写入到输出流中。
- void writeInsert(int index, IIOImage image, ImageWriteParam param)
  把一个图像写入到一个包含多个图像的文件中。
- boolean canInsertImage(int index)
  如果在给定的索引处可以插入一个图像的话，则返回 true 值。
- ImageWriterSpi getOriginatingProvider()
  获取构建该写入器的服务提供者。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API javax.imageio.IIOImage 1.4

- IIOImage(RenderedImage image, List thumbnails, IIOMetadata metadata)
  根据一个图像、可选的缩略图和可选的元数据来构建一个 IIOImage 对象。

7.11 图像处理

假设你有一个图像，并且希望改善图像的外观。这时需要访问该图像的每一个像素，并用其他的像素来取代这些像素。或者，你也许想要从头计算某个图像的像素，例如，你想显示一下物理测量或者数学计算的结果。BufferedImage 类提供了对图像中像素的控制能力，而实现了 BufferedImageOP 接口的类都可以对图像进行变换操作。

注意： JDK1.0 有一个完全不同且复杂得多的图像框架，它得到了优化，以支持对从 Web 下载的图像进行增量渲染（incremental rendering），即一次绘制一个扫描行。但是，操作这些图像很困难。我们在本书中不讨论这个框架。

7.11.1 构建光栅图像

你处理的大多数图像都是直接从图像文件中读入的。这些图像有的可能是数码相机产生的，有的是扫描仪扫描而产生的，还有的一些图像是绘图程序产生的。在本节中，我们将介绍一种不同的构建图像技术，也就是一次为图像增加一个像素。

为了创建一个图像，需要以通常的方法构建一个 BufferedImage 对象：

```
image = new BufferedImage(width, height, BufferedImage.TYPE_INT_ARGB);
```

现在，调用 getRaster 方法来获得一个类型为 WritableRaster 的对象，后面将使用这个对象来访问和修改该图像的各个像素：

```
WritableRaster raster = image.getRaster();
```

使用 setPixel 方法可以设置一个单独的像素。这项操作的复杂性在于不能只是为该像素设置一个 Color 值，还必须知道存放在缓冲中的图像是如何设定颜色的，这依赖于图像的类型。如果图像有一个 TYPE_INT_ARGB 类型，那么每一个像素都用四个值来描述，即：红、绿、蓝和透明度（alpha），每个值的取值范围都介于 0 和 255 之间，这需要以包含四个整数值的一个数组的形式给出：

```
int[] black = { 0, 0, 0, 255 };
raster.setPixel(i, j, black);
```

用 Java 2D API 的行话来说，这些值被称为像素的样本值。

警告： 还有一些参数值是 float[] 和 double[] 类型的 setPixel 方法。然而，需要在这些数组中放置的值并不是介于 0.0 和 1.0 之间的规格化的颜色值：

```
float[] red = { 1.0F, 0.0F, 0.0F, 1.0F };
raster.setPixel(i, j, red); // ERROR
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

无论数组属于什么类型，都必须提供介于 0 和 255 之间的某个值。

可以使用 setPixels 方法提供批量的像素。需要设置矩形的起始像素的位置和矩形的宽度和高度。接着，提供一个包含所有像素的样本值的一个数组。例如，如果你缓冲的图像有一个 TYPE_INT_ARGB 类型，那么就应该提供第一个像素的红、绿、蓝和透明度的值（alpha），然后，提供第二个像素的红、绿、蓝和透明度的值，以此类推：

```
int[] pixels = new int[4 * width * height];
pixels[0] = . . . // red value for first pixel
pixels[1] = . . . // green value for first pixel
pixels[2] = . . . // blue value for first pixel
pixels[3] = . . . // alpha value for first pixel
. . .
raster.setPixels(x, y, width, height, pixels);
```

反过来，如果要读入一个像素，可以使用 getPixel 方法。这需要提供一个含有四个整数的数组，用以存放各个样本值：

```
int[] sample = new int[4];
raster.getPixel(x, y, sample);
Color c = new Color(sample[0], sample[1], sample[2], sample[3]);
```

可以使用 getPixels 方法来读取多个像素：

```
raster.getPixels(x, y, width, height, samples);
```

如果使用的图像类型不是 TYPE_INT_ARGB，并且已知该类型是如何表示像素值的，那么仍旧可以使用 getPixel/setPixel 方法。不过，必须要知道该特定图像类型的样本值是如何进行编码的。

如果需要对任意未知类型的图像进行处理，那么你就要费神了。每一个图像类型都有一个颜色模型，它能够在样本值数组和标准的 RGB 颜色模型之间进行转换。

注意： RGB 颜色模型并不像你想象中的那么标准。颜色值的确切样子依赖于成像设备的特性。数码相机、扫描仪、控制器和 LCD 显示器等都有它们独有的特性。结果是，同样的 RGB 值在不同的设备上看上去就存在很大的差别。国际配色联盟（http://www.color.org）推荐，所有的颜色数据都应该配有一个 ICC 配置特性，它用以设定各种颜色是如何映射到标准格式的，比如 1931 CIE XYZ 颜色技术规范。该规范是由国际照明委员会即 CIE（Commission Internationale de I'Eclairage，其网址为：http://www.cie.co.at/cie）制定的。该委员会是负责提供涉及照明和颜色等相关领域事务的技术指导的国际性机构。该规范是显示肉眼能够察觉到的所有颜色的一个标准化方法。它采用称为 X、Y、Z 三元组坐标的方式来显示颜色。（关于 1931 CIE XYZ 规范的详尽信息，可以参阅 Foley、van Dam 和 Feiner 等人所撰写的《Computer Graphics: Principles and Practice》一书的第 13 章。）

ICC 配置特性非常复杂。然而，我们建议使用一个相对简单的标准，称为 sRGB（请访问其网址 http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB.html）。它设定了 RGB 值与 1931 CIE XYZ 值之间的具体转换方法，它可以非常出色地在通用的彩色监视器上应用。当需要在

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

RGB与其他颜色空间之间进行转换的时候，Java 2D API就使用这种转换方式。

getColorModel方法返回一个颜色模型：

```
ColorModel model = image.getColorModel();
```

为了了解一个像素的颜色值，可以调用Raster类的getDataElements方法。这个方法返回了一个Object，它包含了有关该颜色值的与特定颜色模型相关的描述：

```
Object data = raster.getDataElements(x, y, null);
```

注意： getDataElements方法返回的对象实际上是一个样本值的数组。在处理这个对象时，不必要了解到这些。但是，它却解释了为什么这个方法名叫做getDataElements的原因。

颜色模型能够将该对象转换成标准的ARGB的值。getRGB方法返回一个int类型的值，它把透明度（alpha）、红、绿和蓝的值打包成四个块，每块包含8位。也可以使用Color(int argb, boolean hasAlpha)构造器来构建一个颜色的值：

```
int argb = model.getRGB(data);
Color color = new Color(argb, true);
```

如果要把一个像素设置为某个特定的颜色值，需要按与上述相反的步骤进行操作。Color类的getRGB方法会产生一个包含透明度、红、绿和蓝值的int型值。把这个值提供给ColorModel类的getDataElements方法，其返回值是一个包含了该颜色值的特定颜色模型描述的Object。再将这个对象传递给WritableRaster类的setDataElements方法：

```
int argb = color.getRGB();
Object data = model.getDataElements(argb, null);
raster.setDataElements(x, y, data);
```

为了阐明如何使用这些方法来用各个像素构建图像，我们按照传统，绘制了一个Mandelbrot集，如图7-28所示。

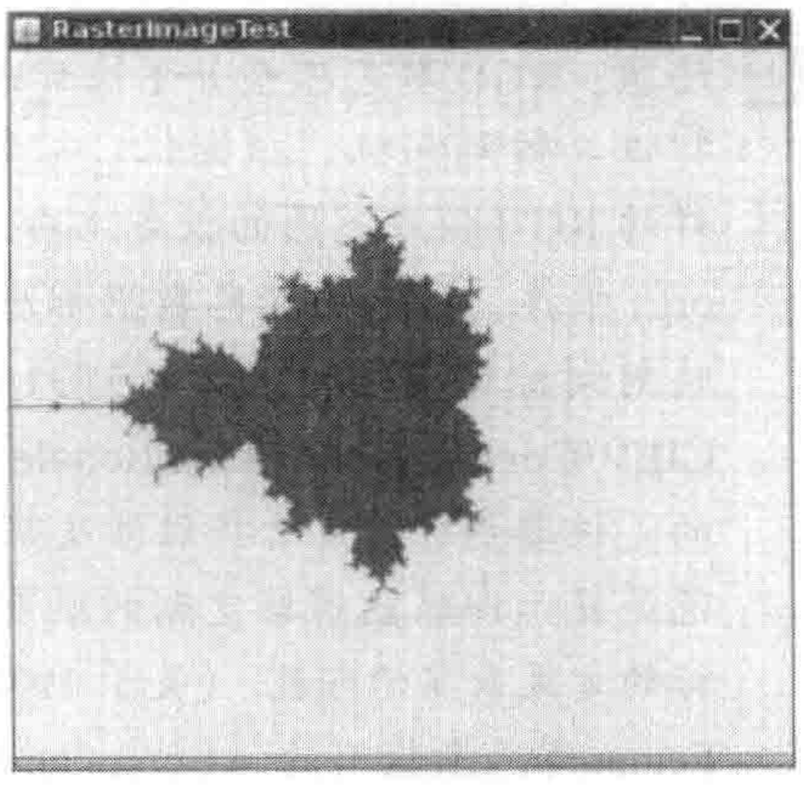


图7-28 Mandelbrot集

Mandelbrot集的思想就是把平面上的每一点和一个数字序列关联在一起。如果数字序列是收敛的，该点就被着色。如果数字序列是发散的，该点就处于透明状态。

下面就是构建简单Manderbrot集的方法。对于每一个点（a, b），你都能按照如下的公式得到一个点集序列，其开始于点(x, y)=(0, 0)，反复进行迭代：

$$x_{new} = x^2 - y^2 + a$$

$$y_{new} = 2 \cdot x \cdot y + b$$

结果证明，如果x或者y的值大于2，那么序列就是发散的。仅有那些与导致数字序列收敛的点（a,b）相对应的像素才会被着色。（该数字序列的计算公式基本上是从复杂的数学概

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

念中推导出来的。我们只使用现成的公式，如果要了解更多的分形数学概念的详细说明，请查看 http://classes.yale.edu/fractals/）

程序清单 7-8 显示了该代码。在此程序中，我们展示了如何使用 ColorModel 类将 Color 值转换成像素数据。这个过程和图像的类型是不相关的。为了增加些趣味，你可以把缓冲图像的颜色类型改变为 TYPE_BYTE_GRAY。不必改变程序中的任何代码，该图像的颜色模型会自动地负责把颜色转换为样本值。

程序清单 7-8 rasterImage/RasterImageFrame.java

```
1  package rasterImage;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.image.*;
5  import javax.swing.*;
6
7  /**
8   * This frame shows an image with a Mandelbrot set.
9   */
10 public class RasterImageFrame extends JFrame
11 {
12    private static final double XMIN = -2;
13    private static final double XMAX = 2;
14    private static final double YMIN = -2;
15    private static final double YMAX = 2;
16    private static final int MAX_ITERATIONS = 16;
17    private static final int IMAGE_WIDTH = 400;
18    private static final int IMAGE_HEIGHT = 400;
19
20    public RasterImageFrame()
21    {
22       BufferedImage image = makeMandelbrot(IMAGE_WIDTH, IMAGE_HEIGHT);
23       add(new JLabel(new ImageIcon(image)));
24       pack();
25    }
26
27    /**
28     * Makes the Mandelbrot image.
29     * @param width the width
30     * @parah height the height
31     * @return the image
32     */
33    public BufferedImage makeMandelbrot(int width, int height)
34    {
35       BufferedImage image = new BufferedImage(width, height, BufferedImage.TYPE_INT_ARGB);
36       WritableRaster raster = image.getRaster();
37       ColorModel model = image.getColorModel();
38
39       Color fractalColor = Color.red;
40       int argb = fractalColor.getRGB();
41       Object colorData = model.getDataElements(argb, null);
42
43       for (int i = 0; i < width; i++)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
44          for (int j = 0; j < height; j++)
45          {
46             double a = XMIN + i * (XMAX - XMIN) / width;
47             double b = YMIN + j * (YMAX - YMIN) / height;
48             if (!escapesToInfinity(a, b)) raster.setDataElements(i, j, colorData);
49          }
50       return image;
51    }
52
53    private boolean escapesToInfinity(double a, double b)
54    {
55       double x = 0.0;
56       double y = 0.0;
57       int iterations = 0;
58       while (x <= 2 && y <= 2 && iterations < MAX_ITERATIONS)
59       {
60          double xnew = x * x - y * y + a;
61          double ynew = 2 * x * y + b;
62          x = xnew;
63          y = ynew;
64          iterations++;
65       }
66       return x > 2 || y > 2;
67    }
68 }
```

API java.awt.image.BufferedImage 1.2

- BufferedImage(int width, int height, int imageType)

  构建一个被缓存的图像对象。

  参数：width, height　图像的尺寸

  imageType　图像的类型，最常用的类型是 TYPE_INT_RGB、TYPE_INT_ARGB、TYPE_BYTE_GRAY 和 TYPE_BYTE_INDEXED

- ColorModel getColorModel()

  返回被缓存图像的颜色模型。

- WritableRaster getRaster()

  获得访问和修改该缓存图像像素的光栅。

API java.awt.image.Raster 1.2

- Object getDataElements(int x, int y, Object data)

  返回某个光栅点的样本数据，该数据位于一个数组中，而该数组的长度和类型依赖于颜色模型。如果 data 不为 null，那么它将被视为是适合于存放样本数据的数组，从而被充填。如果 data 为 null，那么将分配一个新的数组，其元素的类型和长度依赖于颜色模型。

- int[] getPixel(int x, int y, int[] sampleValues)

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- float[] getPixel(int x, int y, float[] sampleValues)
- double[] getPixel(int x, int y, double[] sampleValues)
- int[] getPixels(int x, int y, int width, int heigth, int[] sampleValues)
- float[] getPixels(int x, int y, int width, int height, float[] sampleValues)
- double[] getPixels(int x, int y, int width, int height, double[] sampleValues)

返回某个光栅点或者是由光栅点组成的某个矩形的样本值，该数据位于一个数组中，数组的长度依赖于颜色模型。如果 sampleValues 不为 null，那么该数组被视为长度足够存放样本值，从而该数组被填充。如果 sampleValues 为 null，就要分配一个新数组。仅当你知道某一颜色模型的样本值的具体含义的时候，这些方法才会有用。

API java.awt.image.WritableRaster 1.2

- void setDataElements(int x, int y, Object data)

设置光栅点的样本数据。data 是一个已经填入了某一像素样本值的数组。数组元素的类型和长度依赖于颜色模型。

- void setPixel(int x, int y, int[] sampleValues)
- void setPixel(int x, int y, float[] sampleValues)
- void setPixel(int x, int y, double[] sampleValues)
- void setPixels(int x, int y, int width, int height, int[] sampleValues)
- void setPixels(int x, int y, int width, int height, float[] sampleValues)
- void setPixels(int x, int y, int width, int height, double[] sampleValues)

设置某个光栅点或由多个光栅点组成的矩形的样本值。只有当你知道颜色模型样本值的编码规则时，这些方法才会有用。

API java.awt.image.ColorModel 1.2

- int getRGB(Object data)

返回对应于 data 数组中传递的样本数据的 ARGB 值。其元素的类型和长度依赖于颜色模型。

- Object getDataElements(int argb, Object data);

返回某个颜色值的样本数据。如果 data 不为 null，那么该数组被视为非常适合于存放样本值，进而该数组被填充。如果 data 为 null，那么将分配一个新的数组。data

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

是一个填充了用于某个像素的样本数据的数组，其元素的类型和长度依赖于该颜色模型。

API java.awt.Color 1.0

- `Color(int argb, boolean hasAlpha) 1.2`
  如果 hasAlpha 的值是 true，则用指定的 ARGB 组合值创建一种颜色。如果 hasAlpha 的值是 false，则用指定的 RGB 值创建一种颜色。
- `int getRGB()`
  返回和该颜色相对应的 ARGB 颜色值。

7.11.2 图像过滤

在前面的章节中，我们介绍了从头开始构建图像的方法。然而，你常常是因为另一个原因去访问图像数据的：你已经拥有了一个图像，并且想从某些方面对图像进行改进。

当然，可以使用前一节中的 getPixel/getDataElements 方法来读取和处理图像数据，然后把图像数据写回到文件中。不过，幸运的是，Java 2D API 已经提供了许多过滤器，它们能够执行常用的图像处理操作。

图像处理都实现了 BufferedImageOp 接口。构建了图像处理的操作之后，只需调用 filter 方法，就可以把该图像转换成另一个图像。

```
BufferedImageOp op = . . .;
BufferedImage filteredImage
   = new BufferedImage(image.getWidth(), image.getHeight(), image.getType());
op.filter(image, filteredImage);
```

有些图像操作可以恰当地（通过 op.filter（image,image）方法）转换一个图像，但是大多数的图像操作都做不到这一点。

以下五个类实现了 BufferedImageOp 接口。

```
AffineTransformOp
RescaleOp
LookupOp
ColorConvertOp
ConvolveOp
```

AffineTransformOp 类用于对各个像素执行仿射变换。例如，下面的代码就说明了如何使一个图像围绕着它的中心旋转。

```
AffineTransform transform = AffineTransform.getRotateInstance(Math.toRadians(angle),
   image.getWidth() / 2, image.getHeight() / 2);
AffineTransformOp op = new AffineTransformOp(transform, interpolation);
op.filter(image, filteredImage);
```

AffineTransformOp 构造器需要一个仿射变换和一个渐变变换策略。如果源像素在目标像素之间的某处会发生变换的话，那么就必须使用渐变变换策略来确定目标图像的像素。例如，如果旋转源像素，那么通常它们不会精确地落在目标像素上。有两种渐变变换策略：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

AffineTransformOp.TYPE_BILINEAR 和 AffineTransformOp.TYPE_NEAREST_NEIGHBOR。双线性（Bilinear）渐变变换需要的时间较长，但是变换的效果却更好。

使用程序清单 7-9 的程序，可以把一个图像旋转 5 度（参见图 7-29）。

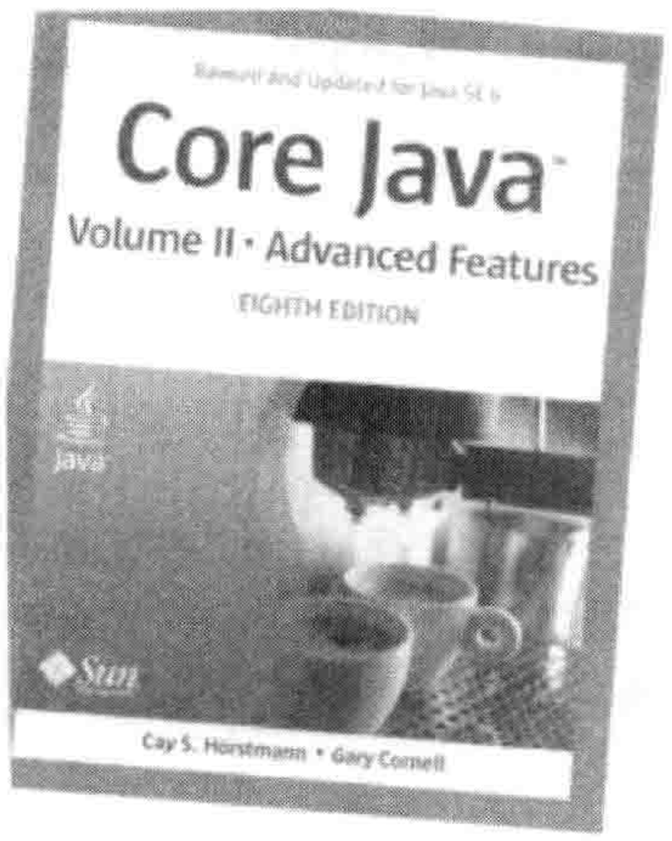


图 7-29 一个旋转 50° 的图像

RescaleOp 用于为图像中的所有的颜色构件执行一个调整其大小的变换操作（透明度构件不受影响）：

$$x_{\text{new}} = a \cdot x + b$$

用 a>1 进行调整，那么调整后的效果是使图像变亮。可以通过设定调整大小的参数和可选的绘图提示来构建 RescaleOp。在程序清单 7-9 中，我们使用下面的设置：

```
float a = 1.1f;
float 20.0f;
RescaleOp op = new RescaleOp(a, b, null);
```

也可以为每个颜色构件提供单独的缩放值，参见 API 说明。

使用 LookupOp 操作，可以为样本值设定任意的映射操作。你提供一张表格，用于设定每一个样本值应该如何进行映射操作。在示例程序中，我们计算了所有颜色的反，即将颜色 c 变成 255 — c。

LookupOp 构造器需要一个类型是 LookupTable 的对象和一个选项提示映射表。LookupTable 是抽象类，其有两个实体子类：ByteLookupTable 和 ShortLookupTable。因为 RGB 颜色值是由字节组成的，所以 ByteLookupTable 类应该就够用了。但是，考虑到在 http://bugs.sun.com/bugdatabase/view_bug.do?bug_id=6183251 中描述的缺陷，我们将使用 ShortLookupTable。下面的代码说明了我们在程序清单中是如何构建一个 LookupOp 类的：

```
short negative[] = new short[256];
for (int i = 0; i < 256; i++) negative[i] = (short) (255 - i);
ShortLookupTable table = new ShortLookupTable(0, negative);
LookupOp op = new LookupOp(table, null);
```

此项操作可以分别应用于每个颜色构件，但是不能应用于透明度值。也可以为每个颜色构件提供单独的查找表，参见 API 说明。

注意： 不能将 LookupOp 用于带有索引颜色模型的图像。（在这些图像中，每个样本值都是调色板中的一个偏移量。）

ColorConvertOp 对于颜色空间的转换非常有用。我们不准备在这里讨论这个问题了。

ConvolveOp 是功能最强大的转换操作，它用于执行卷积变换。我们不想过分深入地介绍卷积变换的详尽细节。不过，其基本概念还是比较简单的。我们不妨看一下模糊过滤器的例子（见图 7-30）。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

这种模糊的效果是通过用像素和该像素临近的8个像素的平均值来取代每一个像素值而达到的。凭借直观感觉，就可以知道为什么这种变换操作能使得图像变模糊了。从数学理论上来说，这种平均法可以表示为一个以下面这个矩阵为内核的卷积变换操作：

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} \end{bmatrix}$$

卷积变换操作的内核是一个矩阵，用以说明在临近的像素点上应用的加权值。应用上面的内核进行卷积变换，就会产生一个模糊图像。下面这个不同的内核用以进行图像的边缘检测，查找图像颜色变化的区域：

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

边缘检测是在分析摄影图片时使用的一项非常重要的技术（参见图7-31）。

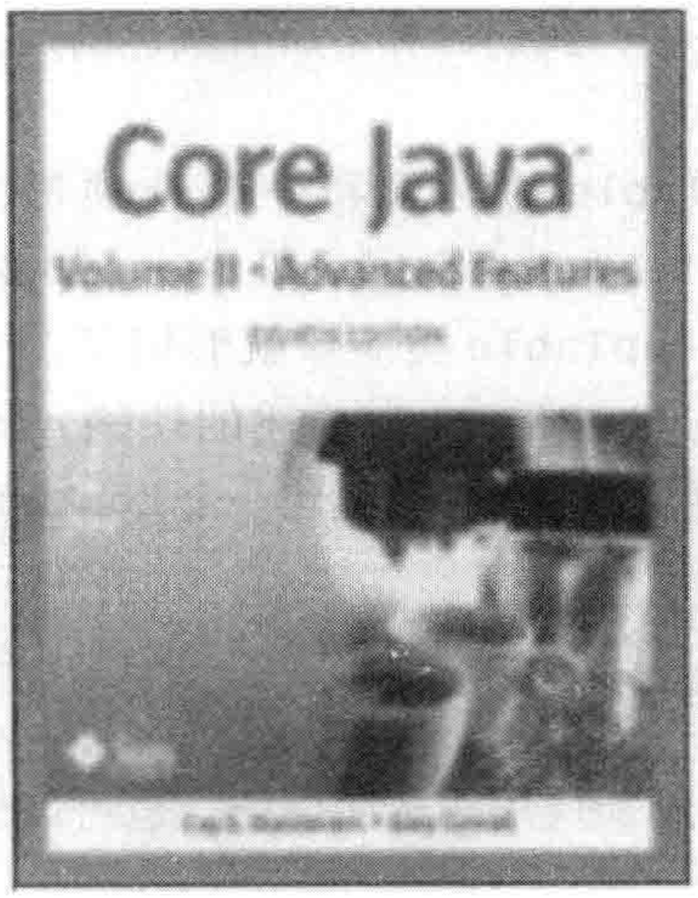


图7-30 对图像进行模糊处理

图7-31 边缘检测

如果要构建一个卷积变换操作，首先应为矩阵内核建立一个含有内核值的数组，并且构建一个Kernel对象。接着，根据内核对象建立一个ConvolveOp对象，进而执行过滤操作。

```
float[] elements =
   {
      0.0f, -1.0f, 0.0f,
      -1.0f,  4.f, -1.0f,
      0.0f, -1.0f, 0.0f
   };
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
Kernel kernel = new Kernel(3, 3, elements);
ConvolveOp op = new ConvolveOp(kernel);
op.filter(image, filteredImage);
```

使用程序清单 7-9 的程序，用户可以装载一个 GIF 或者 JPEG 图像，并且执行我们已经介绍过的各种图像处理的操作。由于 Java 2D API 的图像处理的功能很强大，下面的程序非常简单。

程序清单 7-9 imageProcessing/ImageProcessingFrame.java

```
1  package imageProcessing;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.awt.geom.*;
6  import java.awt.image.*;
7  import java.io.*;
8  import javax.imageio.*;
9  import javax.swing.*;
10 import javax.swing.filechooser.*;
11
12 /**
13  * This frame has a menu to load an image and to specify various transformations, and a component
14  * to show the resulting image.
15  */
16 public class ImageProcessingFrame extends JFrame
17 {
18    private static final int DEFAULT_WIDTH = 400;
19    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 400;
20
21    private BufferedImage image;
22
23    public ImageProcessingFrame()
24    {
25       setTitle("ImageProcessingTest");
26       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
27
28       add(new JComponent()
29          {
30             public void paintComponent(Graphics g)
31             {
32                if (image != null) g.drawImage(image, 0, 0, null);
33             }
34          });
35
36       JMenu fileMenu = new JMenu("File");
37       JMenuItem openItem = new JMenuItem("Open");
38       openItem.addActionListener(new ActionListener()
39          {
40             public void actionPerformed(ActionEvent event)
41             {
42                openFile();
43             }
44          });
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
45          fileMenu.add(openItem);
46
47          JMenuItem exitItem = new JMenuItem("Exit");
48          exitItem.addActionListener(new ActionListener()
49             {
50                public void actionPerformed(ActionEvent event)
51                {
52                   System.exit(0);
53                }
54             });
55          fileMenu.add(exitItem);
56
57          JMenu editMenu = new JMenu("Edit");
58          JMenuItem blurItem = new JMenuItem("Blur");
59          blurItem.addActionListener(new ActionListener()
60             {
61                public void actionPerformed(ActionEvent event)
62                {
63                   float weight = 1.0f / 9.0f;
64                   float[] elements = new float[9];
65                   for (int i = 0; i < 9; i++)
66                      elements[i] = weight;
67                   convolve(elements);
68                }
69             });
70          editMenu.add(blurItem);
71
72          JMenuItem sharpenItem = new JMenuItem("Sharpen");
73          sharpenItem.addActionListener(new ActionListener()
74             {
75                public void actionPerformed(ActionEvent event)
76                {
77                   float[] elements = { 0.0f, -1.0f, 0.0f, -1.0f, 5.f, -1.0f, 0.0f, -1.0f, 0.0f };
78                   convolve(elements);
79                }
80             });
81          editMenu.add(sharpenItem);
82
83          JMenuItem brightenItem = new JMenuItem("Brighten");
84          brightenItem.addActionListener(new ActionListener()
85             {
86                public void actionPerformed(ActionEvent event)
87                {
88                   float a = 1.1f;
89                   // float b = 20.0f;
90                   float b = 0;
91                   RescaleOp op = new RescaleOp(a, b, null);
92                   filter(op);
93                }
94             });
95          editMenu.add(brightenItem);
96
97          JMenuItem edgeDetectItem = new JMenuItem("Edge detect");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
98          edgeDetectItem.addActionListener(new ActionListener()
99             {
100               public void actionPerformed(ActionEvent event)
101               {
102                  float[] elements = { 0.0f, -1.0f, 0.0f, -1.0f, 4.f, -1.0f, 0.0f, -1.0f, 0.0f };
103                  convolve(elements);
104               }
105            });
106         editMenu.add(edgeDetectItem);
107
108         JMenuItem negativeItem = new JMenuItem("Negative");
109         negativeItem.addActionListener(new ActionListener()
110            {
111               public void actionPerformed(ActionEvent event)
112               {
113                  short[] negative = new short[256 * 1];
114                  for (int i = 0; i < 256; i++)
115                     negative[i] = (short) (255 - i);
116                  ShortLookupTable table = new ShortLookupTable(0, negative);
117                  LookupOp op = new LookupOp(table, null);
118                  filter(op);
119               }
120            });
121         editMenu.add(negativeItem);
122
123         JMenuItem rotateItem = new JMenuItem("Rotate");
124         rotateItem.addActionListener(new ActionListener()
125            {
126               public void actionPerformed(ActionEvent event)
127               {
128                  if (image == null) return;
129                  AffineTransform transform = AffineTransform.getRotateInstance(Math.toRadians(5),
130                        image.getWidth() / 2, image.getHeight() / 2);
131                  AffineTransformOp op = new AffineTransformOp(transform,
132                        AffineTransformOp.TYPE_BICUBIC);
133                  filter(op);
134               }
135            });
136         editMenu.add(rotateItem);
137
138         JMenuBar menuBar = new JMenuBar();
139         menuBar.add(fileMenu);
140         menuBar.add(editMenu);
141         setJMenuBar(menuBar);
142      }
143      /**
144       * Open a file and load the image.
145       */
146      public void openFile()
147      {
148         JFileChooser chooser = new JFileChooser(".");
149         chooser.setCurrentDirectory(new File(getClass().getPackage().getName()));
150         String[] extensions = ImageIO.getReaderFileSuffixes();
151         chooser.setFileFilter(new FileNameExtensionFilter("Image files", extensions));
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
152       int r = chooser.showOpenDialog(this);
153       if (r != JFileChooser.APPROVE_OPTION) return;
154       try
155       {
156          Image img = ImageIO.read(chooser.getSelectedFile());
157          image = new BufferedImage(img.getWidth(null), img.getHeight(null),
158                BufferedImage.TYPE_INT_RGB);
159          image.getGraphics().drawImage(img, 0, 0, null);
160       }
161       catch (IOException e)
162       {
163          JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
164       }
165       repaint();
166    }
167
168    /**
169     * Apply a filter and repaint.
170     * @param op the image operation to apply
171     */
172    private void filter(BufferedImageOp op)
173    {
174       if (image == null) return;
175       image = op.filter(image, null);
176       repaint();
177    }
178
179    /**
180     * Apply a convolution and repaint.
181     * @param elements the convolution kernel (an array of 9 matrix elements)
182     */
183    private void convolve(float[] elements)
184    {
185       Kernel kernel = new Kernel(3, 3, elements);
186       ConvolveOp op = new ConvolveOp(kernel);
187       filter(op);
188    }
189 }
```

API *java.awt.image.BufferedImageOp* 1.2

- `BufferedImage filter(BufferedImage source, BufferedImage dest)`
  将图像操作应用于源图像，并且将操作的结果存放在目标图像中。如果`dest`为`null`，一个新的目标图像将被创建。该目标图像将被返回。

API java.awt.image.AffineTransformOp 1.2

- `AffineTransformOp(AffineTransform t, int interpolationType)`
  构建一个仿射变换操作符。渐变变换的类型是`TYPE_BILINEAR`、`TYPE_BICUBIC`或者`TYPE_NEAREST_NEIGHBOR`中的一个。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API java.awt.image.RescaleOp 1.2

- `RescaleOp(float a, float b, RenderingHints hints)`
- `RescaleOp(float[] as, float[] bs, RenderingHints hints)`

构建一个尺寸调整的操作符，它会执行缩放操作 $x_{new} = a \cdot x + b$。当使用第一个构造器时，所有的颜色构件（但不包括透明度构件）都将按照相同的系数进行缩放。当使用第二个构造器时，可以为每个颜色构件提供单独的值，在这种情况下，透明度构件不受影响，或者为每个颜色构件和透明度构件都提供单独的值。

API java.awt.image.LookupOp 1.2

- `LookupOp(LookupTable table, RenderingHints hints)`

为给定的查找表构建一个查找操作符。

API java.awt.image.ByteLookupTable 1.2

- `ByteLookupTable(int offset, byte[] data)`
- `ByteLookupTable(int offset, byte[][] data)`

为转化 byte 值构建一个字节查找表。在查找之前，从输入中减去偏移量。在第一个构造器中的值将提供给所有的颜色构件，但不包括透明度构件。当使用第二个构造器时，可以为每个颜色构件提供单独的值，在这种情况下，透明度构件不受影响，或者为每个颜色构件和透明度构件都提供单独的值。

API java.awt.image.ShortLookupTable 1.2

- `ShortLookupTable(int offset, short[] data)`
- `ShortLookupTable(int offset, short[][] data)`

为转化 short 值构建一个字节查找表。在查找之前，从输入中减去偏移量。在第一个构造器中的值将提供给所有的颜色构件，但不包括透明度构件。当使用第二个构造器时，可以为每个颜色构件提供单独的值，在这种情况下，透明度构件不受影响，或者为每个颜色构件和透明度构件都提供单独的值。

API java.awt.image.ConvolveOp 1.2

- `ConvolveOp(Kernel kernel)`
- `ConvolveOp(Kernel kernel, int edgeCondition, RenderingHints hints)`

构建一个卷积变换操作符。边界条件是 `EDGE_NO_OP` 和 `EDGE_ZERO_FILL` 两种方式之一。由于边界值没有足够的临近值来进行卷积变换的计算，所以边界值必须被特殊处理，其默认值是 `EDGE_ZERO_FILL`。

API java.awt.image.Kernel 1.2

- `Kernel(int width, int height, float[] matrixElements)`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

为指定的矩阵构建一个内核。

7.12 打印

最初的 JDK 根本不支持打印操作。它不可能从 applets 中进行打印操作，如果想在应用中使用打印操作，必须获得第三方的类库。JDK1.1 提供了非常轻量级的打印支持，仅仅能够产生简单的打印输出，不过只要你对打印的质量没有太高的要求也就够用了。JDK 1.1 的打印模型被设计为允许浏览器供应商打印出现在网页中的 applet 外观（然而，浏览器供应商对此并不感兴趣）。

Java SE 1.2 开始推出了一种强大的打印模型，它和 Java 2D 图形实现了完全的集成。JDK1.4 增加了许多重要的增强特性，比如，查找打印机的特性和用于服务器端打印管理的流式打印作业等。

在本节中，我们将介绍如何在单页纸上轻松地打印出一幅图画，如何来管理多页打印输出，还有如何利用 Java 2D 图像模型的出色特性，以及如何方便地产生一个打印预览对话框。

7.12.1 图形打印

在本节中，我们将处理最常用的打印情景，即打印一个 2D 图形，当然该图形可以含有不同字体组成的文本，甚至可能完全由文本构成。

如果要生成打印输出，必须完成下面这两个任务：

- 提供一个实现了 Printable 接口的对象。
- 启动一个打印作业。

Printable 接口只有下面一个方法：

```
int print(Graphics g, PageFormat format, int page)
```

每当打印引擎需要对某一页面进行排版以便打印时，都要调用这个方法。你的代码绘制了准备在图形上下文上打印的文本和图像，页面排版显示了纸张的大小和页边距，页号显示了将要打印的页。

如果要启动一个打印作业，需要使用 PrinterJob 类。首先，应该调用静态方法 getPrinterJob 来获取一个打印作业对象。然后，设置要打印的 Printable 对象。

```
Printable canvas = . . .;
PrinterJob job = PrinterJob.getPrinterJob();
job.setPrintable(canvas);
```

警告： PrintJob 这个类处理的是 JDK1.1 风格的打印操作，这个类已经被弃用了。请不要把 PrinterJob 类同其混淆在一起。

在开始打印作业之前，应该调用 printDialog 方法来显示一个打印对话框（见图 7-32）。这个对话框为用户提供了机会去选择要使用的打印机（在多打印机可被利用的情况下），选择

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

将要打印的页的范围，以及选择打印机的各种设置。

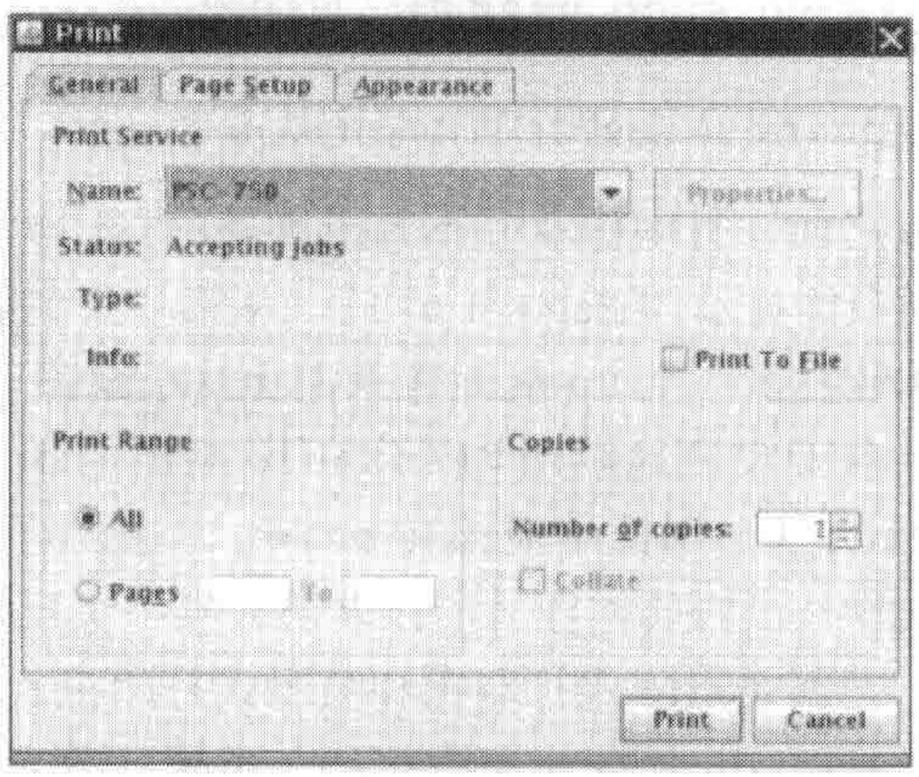


图 7-32 一个跨平台的打印对话框

可以在一个实现了 PrintRequestAttributeSet 接口的类的对象中收集到各种打印机的设置，例如 HashPrintRequestAttributeSet 类：

```
HashPrintRequestAttributeSet attributes = new HashPrintRequestAttributeSet();
```

你可以添加属性设置，并且把 attributes 对象传递给 printDialog 方法。

如果用户点击 OK，那么 printDialog 方法将返回 true；如果用户关掉对话框，那么该方法将返回 false。如果用户接受了设置，那么就可以调用 PrinterJob 类的 print 方法来启动打印进程。print 方法可能会抛出一个 PrinterException 异常。下面是打印代码的基本框架：

```
if (job.printDialog(attributes))
{
   try
   {
      job.print(attributes);
   }
   catch (PrinterException exception)
   {
     . . .
   }
}
```

注意： 在 JDK1.4 之前，打印系统使用的都是宿主平台本地的打印和页面设置对话框。要展示本地打印对话框，可以调用没有任何参数的 printDialog 方法。（不存在任何方式可以用来将用户的设置收集到一个属性集中。）

在执行打印操作时，PrinterJob 类的 print 方法不断地调用和此项打印作业相关的 Printable 对象的 print 方法。

由于打印作业不知道用户想要打印的页数，所以它只是不断地调用 print 方法。只要

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

该print方法的返回值是Printable.PAGE_EXISTS，打印作业就不断地产生输出页。当print方法返回Pringtable.NO_SUCH_PAGE时，打印作业就停止。

警告： 打印作业传递到print方法的打印页号是从0开始的。

因此，在打印操作完成之前，打印作业并不知道准确的打印页数。为此，打印对话框无法显示正确的页码范围，而只能显示“Pages 1 to 1”（从第一页到第一页）。在下一节中，我们将介绍如何通过为打印作业提供一个Book对象来避免这个缺陷。

在打印的过程中，打印作业反复地调用Printable对象的print方法。打印作业可以对同一页面多次调用print方法，因此不应该在print方法内对页进行计数，而是应始终依赖于页码参数来进行计数操作。打印作业之所以能够对某一页反复地调用print方法是有一定道理的：一些打印机，尤其是点阵式打印机和喷墨式打印机，都使用条带打印技术，它们在打印纸上一条接着一条地打印。即使是每次打印一整页的激光打印机，打印作业都有可能使用条带打印技术。这为打印作业提供了一种对假脱机文件的大小进行管理的方法。

如果打印作业需要printable对象打印一个条带，那么它可以将图形上下文的剪切区域设置为所需要的条带，并且调用print方法。它的绘图操作将按照条带矩形区域进行剪切，同时，只有在条带中显示的那些图形元素才会被绘制出来。你的print方法不必晓得该过程，但是请注意：它不应该对剪切区域产生任何干扰。

警告： 你的print方法获得的Graphics对象也是按照页边距进行剪切的。如果替换了剪切区域，那么就可以在边距外面进行绘图操作。尤其是在打印机的绘图上下文中，剪切区域是被严格遵守的。如果想进一步地限制剪切区域，可以调用clip方法，而不是setClip方法。如果必须要移除一个剪切区域，那么请务必在你的print方法开始处调用getClip方法，并还原该剪切区域。

print方法的PageFormat参数包含有关被打印页的信息。getWidth方法和getHeight方法返回该纸张的大小，它以磅为计量单位。1磅等于1/72英吋[⊖]。例如，A4纸的大小大约是595×842磅，美国人使用的信纸大小为612×792磅。

磅是美国印刷业中通用的计量单位，让世界上其他地方的人感到苦恼的是，打印软件包使用的是磅这种计量单位。使用磅有两个原因，即纸张的大小和纸张的页边距都是用磅来计量的。对所有的图形上下文来说，默认的计量单位就是1磅。你可以在本节后面的示例程序中证明这一点。该程序打印了两行文本，这两行文本之间的距离为72磅。运行一下示例程序，并且测量一下基准线之间的距离。它们之间的距离恰好是1英吋或是25.4毫米。

PageFormat类的getWidth和getHeight方法给你的信息是完整的页面大小，但并不是所有的纸张区域都会被用来打印。通常的情况是，用户会选择页边距，即使他们没有选择页边距，打印机也需要用某种方法来夹住纸张，因此在纸张的周围就出现了一个不能打印的区域。

⊖ 1英吋=0.0254米。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

getImageableWidth 和 getImageableHeight 方法可以告诉你能够真正用来打印的区域的大小。然而，页边距没有必要是对称的，所以还必须知道可打印区域的左上角，见图 7-33，它们可以通过调用 getImageableX 和 getImageableY 方法来获得。

提示： 在 print 方法中接收到的图形上下文是经过剪切后的图形上下文，它不包括页边距。但是，坐标系统的原点仍然是纸张的左上角。应该将该坐标系统转换成可打印区域的左上角，并以其为起点。这只需让 print 方法以下面的代码开始即可：

```
g.translate(pageFormat.getImageableX(), pageFormat.getImageableY());
```

如果想让用户来设定页边距，或者让用户在纵向和横向打印方式之间切换，同时并不涉及设置其他打印属性，那么就应该调用 PrinterJob 类的 pageDialog 方法。

```
PageFormat format = job.pageDialog(attributes);
```

注意： 打印对话框中有一个选项卡包含了页面设置对话框（参见图 7-34）。在打印前，你仍然可以为用户提供选项来设置页面格式。特别是，如果你的程序给出了一个待打印页面的“所见即所得”的显示屏幕，那么就更应该提供这样的选项。pageDialog 方法返回了一个含有用户设置的 PageFormat 对象。

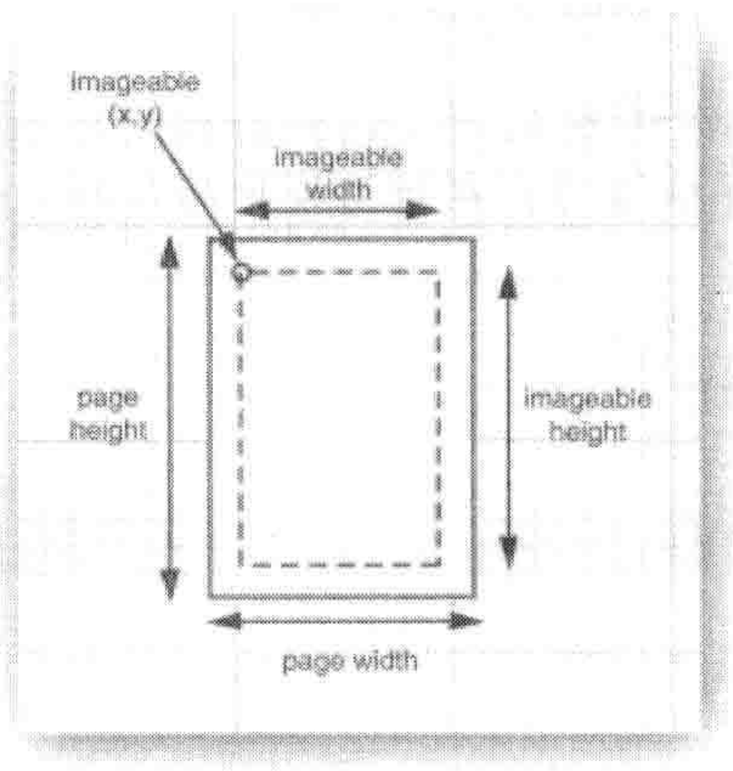


图 7-33 页面格式计量

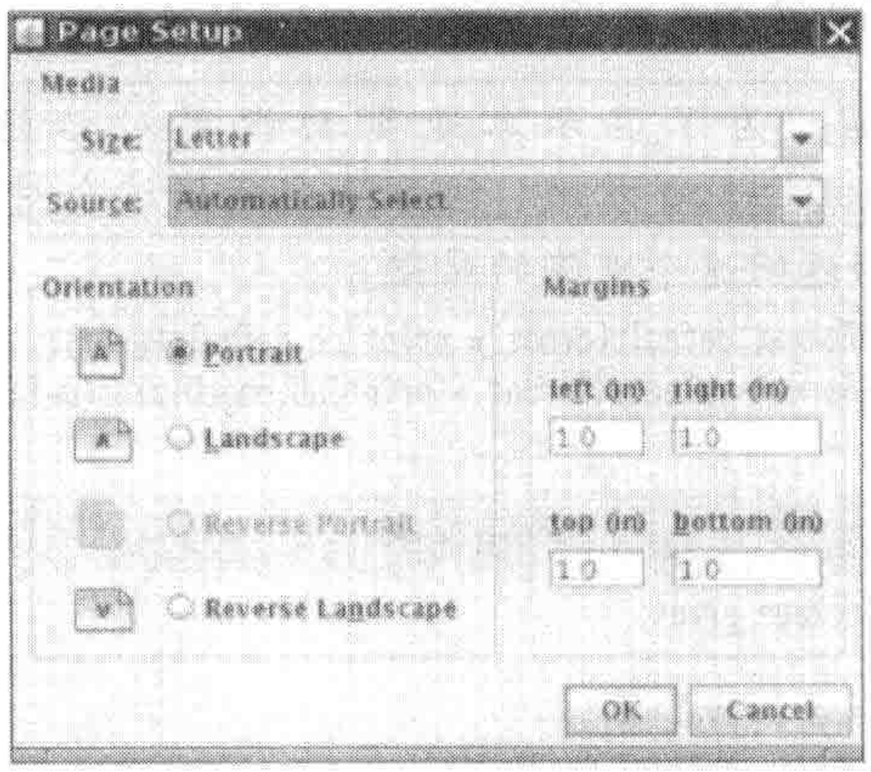


图 7-34 一个跨平台的页面设置对话框

程序清单 7-10 和 7-11 显示了如何在屏幕和打印页面上绘制相同的一组形状的方法。Jpanel 类的一个子类实现了 Printable 接口，该类中的 paintComponent 和 print 方法都调用了相同的方法来执行实际的绘图操作。

```
class PrintPanel extends JPanel implements Printable
{
   public void paintComponent(Graphics g)
   {
      super.paintComponent(g);
      Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
      drawPage(g2);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
   }

   public int print(Graphics g, PageFormat pf, int page)
      throws PrinterException
   {
      if (page >= 1) return Printable.NO_SUCH_PAGE;
      Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
      g2.translate(pf.getImageableX(), pf.getImageableY());
      drawPage(g2);
      return Printable.PAGE_EXISTS;
   }

   public void drawPage(Graphics2D g2)
   {
      // shared drawing code goes here
      . . .
   }
   . . .
}
```

该示例代码显示并且打印了图7-20，即被用作线条模式的剪切区域的消息“Hello, World”的边框。

可以点击Print按钮来启动打印，或者点击页面设置按钮来打开页面设置对话框。程序清单7-10显示了它的代码。

注意：为了显示本地页面设置对话框，需要将默认的PageFormat对象传递给pageDialog方法。该方法会克隆这个对象，并根据用户在对话框中的选择来修改它，然后返回这个克隆的对象。

```
PageFormat defaultFormat = printJob.defaultPage();
PageFormat selectedFormat = printJob.pageDialog(defaultFormat);
```

程序清单7-10 print/PrintTestFrame.java

```
1  package print;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.awt.print.*;
6  import javax.print.attribute.*;
7  import javax.swing.*;
8
9  /**
10  * This frame shows a panel with 2D graphics and buttons to print the graphics and to set up the
11  * page format.
12  */
13 public class PrintTestFrame extends JFrame
14 {
15    private PrintComponent canvas;
16    private PrintRequestAttributeSet attributes;
17
18    public PrintTestFrame()
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
19    {
20       canvas = new PrintComponent();
21       add(canvas, BorderLayout.CENTER);
22
23       attributes = new HashPrintRequestAttributeSet();
24
25       JPanel buttonPanel = new JPanel();
26       JButton printButton = new JButton("Print");
27       buttonPanel.add(printButton);
28       printButton.addActionListener(new ActionListener()
29          {
30             public void actionPerformed(ActionEvent event)
31             {
32                try
33                {
34                   PrinterJob job = PrinterJob.getPrinterJob();
35                   job.setPrintable(canvas);
36                   if (job.printDialog(attributes)) job.print(attributes);
37                }
38                catch (PrinterException e)
39                {
40                   JOptionPane.showMessageDialog(PrintTestFrame.this, e);
41                }
42             }
43          });
44
45       JButton pageSetupButton = new JButton("Page setup");
46       buttonPanel.add(pageSetupButton);
47       pageSetupButton.addActionListener(new ActionListener()
48          {
49             public void actionPerformed(ActionEvent event)
50             {
51                PrinterJob job = PrinterJob.getPrinterJob();
52                job.pageDialog(attributes);
53             }
54          });
55
56       add(buttonPanel, BorderLayout.NORTH);
57       pack();
58    }
59 }
```

程序清单 7-11　print/PrintComponent.java

```
1  package print;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.font.*;
5  import java.awt.geom.*;
6  import java.awt.print.*;
7  import javax.swing.*;
8  /**
9   * This component generates a 2D graphics image for screen display and printing.
10  */
11 public class PrintComponent extends JComponent implements Printable
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
12 {
13    private static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
14    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 300;
15
16    public void paintComponent(Graphics g)
17    {
18       Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
19       drawPage(g2);
20    }
21
22    public int print(Graphics g, PageFormat pf, int page) throws PrinterException
23    {
24       if (page >= 1) return Printable.NO_SUCH_PAGE;
25       Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
26       g2.translate(pf.getImageableX(), pf.getImageableY());
27       g2.draw(new Rectangle2D.Double(0, 0, pf.getImageableWidth(), pf.getImageableHeight()));
28
29       drawPage(g2);
30       return Printable.PAGE_EXISTS;
31    }
32    /**
33     * This method draws the page both on the screen and the printer graphics context.
34     * @param g2 the graphics context
35     */
36    public void drawPage(Graphics2D g2)
37    {
38       FontRenderContext context = g2.getFontRenderContext();
39       Font f = new Font("Serif", Font.PLAIN, 72);
40       GeneralPath clipShape = new GeneralPath();
41
42       TextLayout layout = new TextLayout("Hello", f, context);
43       AffineTransform transform = AffineTransform.getTranslateInstance(0, 72);
44       Shape outline = layout.getOutline(transform);
45       clipShape.append(outline, false);
46
47       layout = new TextLayout("World", f, context);
48       transform = AffineTransform.getTranslateInstance(0, 144);
49       outline = layout.getOutline(transform);
50       clipShape.append(outline, false);
51
52       g2.draw(clipShape);
53       g2.clip(clipShape);
54
55       final int NLINES = 50;
56       Point2D p = new Point2D.Double(0, 0);
57       for (int i = 0; i < NLINES; i++)
58       {
59          double x = (2 * getWidth() * i) / NLINES;
60          double y = (2 * getHeight() * (NLINES - 1 - i)) / NLINES;
61          Point2D q = new Point2D.Double(x, y);
62          g2.draw(new Line2D.Double(p, q));
63       }
64    }
65
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
66     public Dimension getPreferredSize() { return new Dimension(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT); }
67 }
```

API java.awt.print.Printable 1.2

- `int print(Graphics g, PageFormat format, int pageNumber)`

  绘制一个页面，并且返回 `PAGE_EXISTS`，或者返回 `NO_SUCH_PAGE`。

  参数：`g` 在上面绘制页面的图形上下文

  `format` 要绘制的页面的格式

  `pageNumber` 所请求页面的页码

API java.awt.print.PrinterJob 1.2

- `static PrinterJob getPrinterJob()`

  返回一个打印机作业对象。

- `PageFormat defaultPage()`

  为该打印机返回默认的页面格式。

- `boolean printDialog(PrintRequestAttributeSet attributes)`
- `boolean printDialog()`

  打开打印对话框，允许用户选择将要打印的页面，并且改变打印设置。第一个方法将显示一个跨平台的打印对话框，第二个方法将显示一个本地的打印对话框。第一个方法修改了 `attributes` 对象来反映用户的设置。如果用户接受默认的设置，两种方法都返回 `true`。

- `PageFormat pageDialog(PrintRequestAttributeSet attributes)`
- `PageFormat pageDialog(PageFormat defaults)`

  显示页面设置对话框。第一个方法将显示一个跨平台的对话框，第二个方法将显示一个本地的页面设置对话框。两种方法都返回了一个 `PageFormat` 对象，对象的格式是用户在对话框中所请求的格式。第一个方法修改了 `attributes` 对象以反映用户的设置。第二个对象不修改 `defaults` 对象。

- `void setPrintable(Printable p)`
- `void setPrintable(Printable p, PageFormat format)`

  设置该打印作业的 `Printable` 和可选的页面格式。

- `void print()`
- `void print(PrintRequestAttributeSet attributes)`

  反复地调用 `print` 方法，以打印当前的 `Printable`，并将绘制的页面发送给打印机，直到没有更多的页面需要打印为止。

API java.awt.print.PageFormat 1.2

- `double getWidth()`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- double getHeight()
  返回页面的宽度和高度。
- double getImageableWidth()
- double getImageableHeight()
  返回可打印区域的页面宽度和高度。
- double getImageableX()
- double getImageableY()
  返回可打印区域的左上角的位置。
- int getOrientation()
  返回 PORTARIT、LANDSCAPE 和 REVERSE_LANDSCAPE 三者之一。页面打印的方向对程序员来说是透明的，因为打印格式和图形上下文自动地反映了页面的打印方向。

7.12.2 打印多页文件

在实际的打印操作中，通常不应该将原生的 Printable 对象传递给打印作业。相反，应该获取一个实现了 Pageable 接口的类的对象。Java 平台提供了这样的一个被称为 Book 的类。一本书是由很多章节组成的，而每个章节都是一个 Printable 对象。可以通过添加 Printable 对象和相应的页数来构建一个 Book 对象。

```
Book book = new Book();
Printable coverPage = . . .;
Printable bodyPages = . . .;
book.append(coverPage, pageFormat); // append 1 page
book.append(bodyPages, pageFormat, pageCount);
```

然后，可以使用 setPageable 方法把 Book 对象传递给打印作业。

```
printJob.setPageable(book);
```

现在，打印作业就知道将要打印的确切页数了。然后，打印对话框显示一个准确的页面范围，用户可以选择整个页面范围或可选择它的一个子范围。

警告：当打印作业调用 Printable 章节的 print 方法时，它传递的是该书的当前页码，而不是每个章节的页码。这让人非常痛苦，因为每个章节必须知道它之前所有章节的页数，这样才能使得页码参数有意义。

从程序员的视角来看，使用 Book 类最大的挑战就是，当你打印它时，必须知道每一个章节究竟有多少页。你的 Printable 类需要一个布局算法，以便用来计算在打印页面上的素材布局。在打印开始前，要调用这个算法来计算出分页符的位置和页数。可以保留布局信息，从而可以在打印的过程中方便地使用它。

必须警惕“用户已经修改过页面格式”这种情况的发生。如果用户修改了页面格式，即使是所打印的信息没有发生任何改变，也必须要重新计算布局。

程序清单 7-13 中显示了如何产生一个多页打印输出。该程序用很大的字符在多个页面上

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

打印了一条消息（见图 7-35）。然后，可以剪裁掉页边缘，并将这些页面粘连起来，形成一个标语。

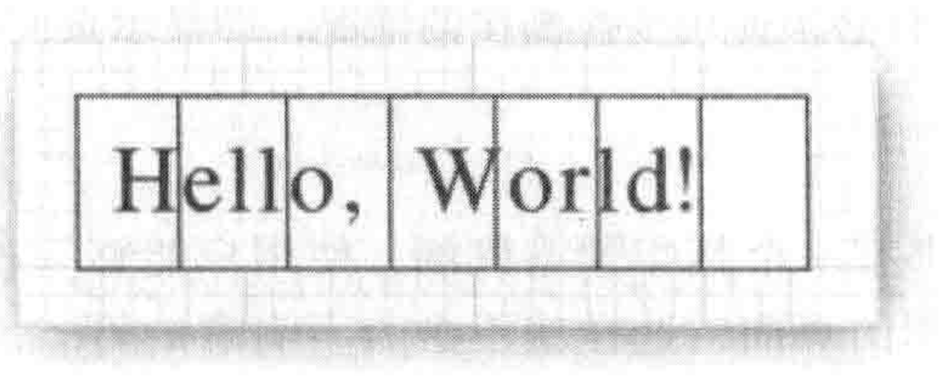


图 7-35 一幅标语

Banner 类的 layoutPages 方法用以计算页面的布局。我们首先展示了一个字体为 72 磅的消息字符串。然后，我们计算产生的字符串的高度，并且将其与该页面的可打印高度进行比较。我们根据这两个高度值得出一个比例因子，当打印该字符串时，我们按照比例因子来放大此字符串。

警告： 如果要准确地布局打印信息，通常需要访问打印机的图形上下文。遗憾的是，只有当打印真正开始时，才能获得打印机的图形上下文。在我们的示例程序中使用的是屏幕的图形上下文，并且希望屏幕的字体度量单位与打印机的相匹配。

Banner 类的 getPageCount 方法首先调用布局方法。然后，扩展字符串的宽度，并且将该宽度除以每一页的可打印宽度。得到的商向上取整，就是要打印的页数。

由于字符可以断开分布到多个页面上，所以上面打印标语的操作好像会有困难。然而，感谢 Java 2D API 提供的强大功能，这个问题现在不过是小菜一碟。当需要打印某一页时，我们只需要调用 Graphics2D 类的 translate 方法，将字符串的左上角向左平移。接着，设置一个大小是当前页面的剪切矩形（参见图 7-36）。最后，我们用布局方法计算出的比例因子来扩展该图形上下文。

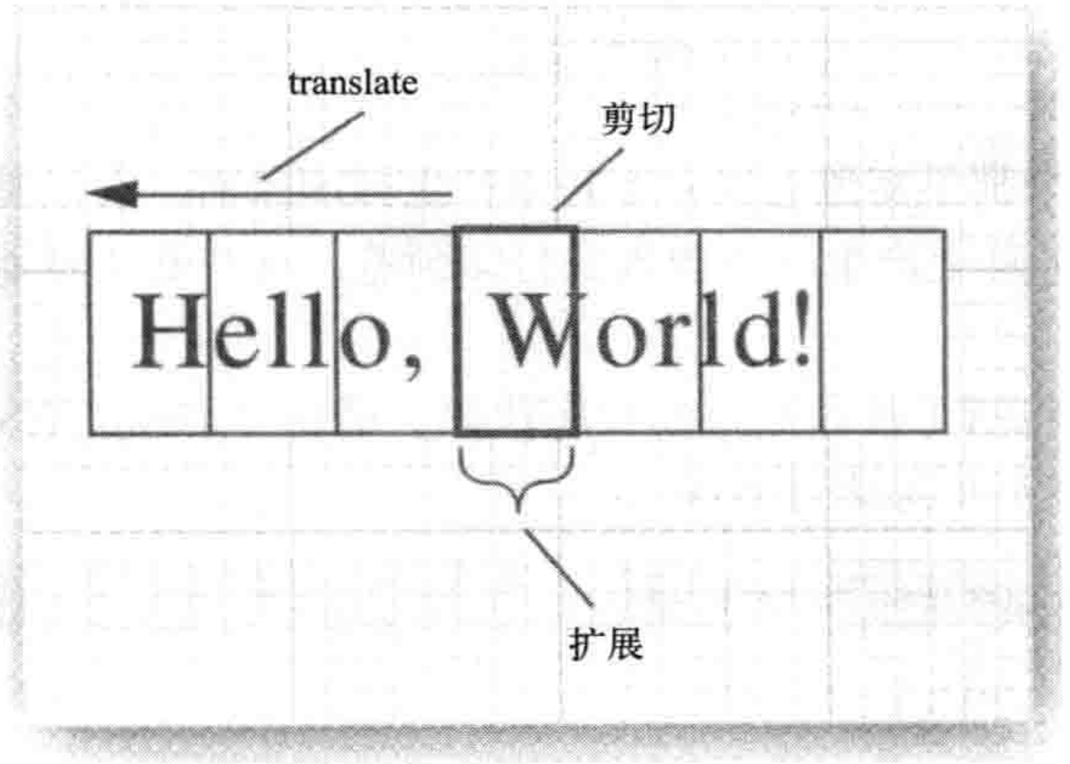


图 7-36 打印一个标语页面

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

这个例子显示了图形变换操作的强大功能。绘图代码很简单，而图形变换操作负责执行将图形放到恰当位置上的所有操作。最后，剪切操作负责将落在页面外面的图像剪切掉。在下一节中，你将看到另一种必须使用变换操作的情况，即显示页面的打印预览。

7.12.3 打印预览

大多数专业的程序都有一个打印预览机制，使用户能够在显示屏幕上看到要打印的页面，这样就不必为不满意的打印输出而浪费纸张了。Java平台的打印类并没有提供一个标准的“打印预览”对话框，但是可以非常容易地设计出自己的打印预览对话框（参见图7-37）。在本节中，我们将要介绍如何来设计自己的打印预览对话框。程序清单7-14中的PrintPreviewDialog类是一个完全泛化的类，你可以复用它来预览任何种类的打印输出。

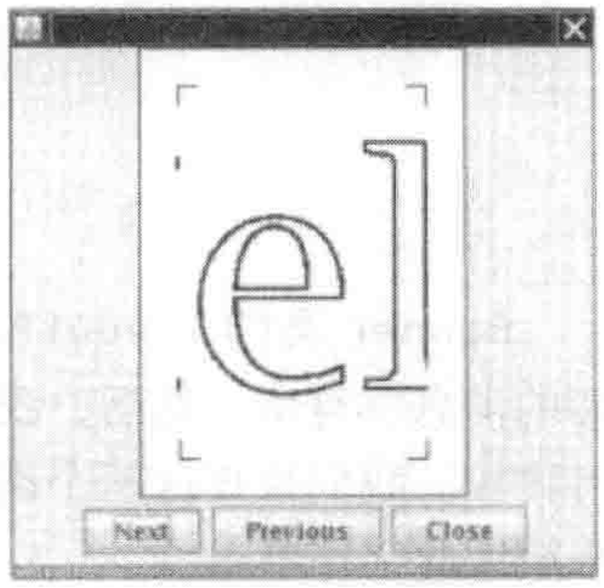


图7-37 打印预览对话框

如果要构建一个PrintPreviewDialog类，必须提供一个Printable或Book，并且还要提供一个PageFormat对象。对话框包含一个PrintPreviewCanvas（参见程序清单7-15）。当使用Next和Previous按钮来浏览页面时，paintComponent方法将为你所请求预览的页面调用Printable对象的print方法。

通常，print方法在一个打印机的图形上下文上绘制页面上下文。但是，我们提供了屏幕的图形上下文，并进行了合适的缩放，这样，打印的整个页面就可以被纳入到较小的屏幕矩形中。

```
float xoff = . . .; // left of page
float yoff = . . .; // top of page
float scale = . . .; // to fit printed page onto screen
g2.translate(xoff, yoff);
g2.scale(scale, scale);
Printable printable = book.getPrintable(currentPage);
printable.print(g2, pageFormat, currentPage);
```

该print方法从来都不知道它实际上并不产生打印页面。它只是负责在图形上下文上进行绘制操作，从而在屏幕上产生一个微观的打印预览。这非常清楚地说明了Java 2D图像模型的强大功能。

程序清单7-12中包括了打印标语的程序代码。请将“Hello, World!”输入到文本框中，并且观察打印预览，然后把标语打印输出。

程序清单7-12 book/BookTestFrame.java

```
1  package book;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.awt.print.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
6  import javax.print.attribute.*;
7  import javax.swing.*;
8
9  /**
10  * This frame has a text field for the banner text and buttons for printing, page setup, and print
11  * preview.
12  */
13 public class BookTestFrame extends JFrame
14 {
15    private JTextField text;
16    private PageFormat pageFormat;
17    private PrintRequestAttributeSet attributes;
18
19    public BookTestFrame()
20    {
21       text = new JTextField();
22       add(text, BorderLayout.NORTH);
23
24       attributes = new HashPrintRequestAttributeSet();
25
26       JPanel buttonPanel = new JPanel();
27
28       JButton printButton = new JButton("Print");
29       buttonPanel.add(printButton);
30       printButton.addActionListener(new ActionListener()
31          {
32             public void actionPerformed(ActionEvent event)
33             {
34                try
35                {
36                   PrinterJob job = PrinterJob.getPrinterJob();
37                   job.setPageable(makeBook());
38                   if (job.printDialog(attributes))
39                   {
40                      job.print(attributes);
41                   }
42                }
43                catch (PrinterException e)
44                {
45                   JOptionPane.showMessageDialog(BookTestFrame.this, e);
46                }
47             }
48          });
49
50       JButton pageSetupButton = new JButton("Page setup");
51       buttonPanel.add(pageSetupButton);
52       pageSetupButton.addActionListener(new ActionListener()
53          {
54             public void actionPerformed(ActionEvent event)
55             {
56                PrinterJob job = PrinterJob.getPrinterJob();
57                pageFormat = job.pageDialog(attributes);
58             }
59          });
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
60
61       JButton printPreviewButton = new JButton("Print preview");
62       buttonPanel.add(printPreviewButton);
63       printPreviewButton.addActionListener(new ActionListener()
64          {
65             public void actionPerformed(ActionEvent event)
66             {
67                PrintPreviewDialog dialog = new PrintPreviewDialog(makeBook());
68                dialog.setVisible(true);
69             }
70          });
71
72       add(buttonPanel, BorderLayout.SOUTH);
73       pack();
74    }
75
76    /**
77     * Makes a book that contains a cover page and the pages for the banner.
78     */
79    public Book makeBook()
80    {
81       if (pageFormat == null)
82       {
83          PrinterJob job = PrinterJob.getPrinterJob();
84          pageFormat = job.defaultPage();
85       }
86       Book book = new Book();
87       String message = text.getText();
88       Banner banner = new Banner(message);
89       int pageCount = banner.getPageCount((Graphics2D) getGraphics(), pageFormat);
90       book.append(new CoverPage(message + " (" + pageCount + " pages)"), pageFormat);
91       book.append(banner, pageFormat, pageCount);
92       return book;
93    }
94 }
```

程序清单 7-13 book/Banner.java

```
1  package book;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.font.*;
5  import java.awt.geom.*;
6  import java.awt.print.*;
7
8  /**
9   * A banner that prints a text string on multiple pages.
10  */
11 public class Banner implements Printable
12 {
13    private String message;
14    private double scale;
15
16    /**
17     * Constructs a banner.
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
18       * @param m the message string
19       */
20      public Banner(String m)
21      {
22         message = m;
23      }
24
25      /**
26       * Gets the page count of this section.
27       * @param g2 the graphics context
28       * @param pf the page format
29       * @return the number of pages needed
30       */
31      public int getPageCount(Graphics2D g2, PageFormat pf)
32      {
33         if (message.equals("")) return 0;
34         FontRenderContext context = g2.getFontRenderContext();
35         Font f = new Font("Serif", Font.PLAIN, 72);
36         Rectangle2D bounds = f.getStringBounds(message, context);
37         scale = pf.getImageableHeight() / bounds.getHeight();
38         double width = scale * bounds.getWidth();
39         int pages = (int) Math.ceil(width / pf.getImageableWidth());
40         return pages;
41      }
42
43      public int print(Graphics g, PageFormat pf, int page) throws PrinterException
44      {
45         Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
46         if (page > getPageCount(g2, pf)) return Printable.NO_SUCH_PAGE;
47         g2.translate(pf.getImageableX(), pf.getImageableY());
48
49         drawPage(g2, pf, page);
50         return Printable.PAGE_EXISTS;
51      }
52
53      public void drawPage(Graphics2D g2, PageFormat pf, int page)
54      {
55         if (message.equals("")) return;
56         page--; // account for cover page
57
58         drawCropMarks(g2, pf);
59         g2.clip(new Rectangle2D.Double(0, 0, pf.getImageableWidth(), pf.getImageableHeight()));
60         g2.translate(-page * pf.getImageableWidth(), 0);
61         g2.scale(scale, scale);
62         FontRenderContext context = g2.getFontRenderContext();
63         Font f = new Font("Serif", Font.PLAIN, 72);
64         TextLayout layout = new TextLayout(message, f, context);
65         AffineTransform transform = AffineTransform.getTranslateInstance(0, layout.getAscent());
66         Shape outline = layout.getOutline(transform);
67         g2.draw(outline);
68      }
69
70      /**
71       * Draws 1/2" crop marks in the corners of the page.
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
72       * @param g2 the graphics context
73       * @param pf the page format
74       */
75      public void drawCropMarks(Graphics2D g2, PageFormat pf)
76      {
77         final double C = 36; // crop mark length = 1/2 inch
78         double w = pf.getImageableWidth();
79         double h = pf.getImageableHeight();
80         g2.draw(new Line2D.Double(0, 0, 0, C));
81         g2.draw(new Line2D.Double(0, 0, C, 0));
82         g2.draw(new Line2D.Double(w, 0, w, C));
83         g2.draw(new Line2D.Double(w, 0, w - C, 0));
84         g2.draw(new Line2D.Double(0, h, 0, h - C));
85         g2.draw(new Line2D.Double(0, h, C, h));
86         g2.draw(new Line2D.Double(w, h, w, h - C));
87         g2.draw(new Line2D.Double(w, h, w - C, h));
88      }
89   }
90
91   /**
92    * This class prints a cover page with a title.
93    */
94   class CoverPage implements Printable
95   {
96      private String title;
97
98      /**
99       * Constructs a cover page.
100      * @param t the title
101      */
102     public CoverPage(String t)
103     {
104        title = t;
105     }
106
107     public int print(Graphics g, PageFormat pf, int page) throws PrinterException
108     {
109        if (page >= 1) return Printable.NO_SUCH_PAGE;
110        Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
111        g2.setPaint(Color.black);
112        g2.translate(pf.getImageableX(), pf.getImageableY());
113        FontRenderContext context = g2.getFontRenderContext();
114        Font f = g2.getFont();
115        TextLayout layout = new TextLayout(title, f, context);
116        float ascent = layout.getAscent();
117        g2.drawString(title, 0, ascent);
118        return Printable.PAGE_EXISTS;
119     }
120  }
```

程序清单 7-14 book/PrintPreviewDialog.java

```
1  package book;
2
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.awt.font.*;
6  import java.awt.print.*;
7  import javax.swing.*;
8
9  /**
10  * This class implements a generic print preview dialog.
11  */
12 class PrintPreviewDialog extends JDialog
13 {
14    private static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
15    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 300;
16
17    private PrintPreviewCanvas canvas;
18    /**
19     * Constructs a print preview dialog.
20     * @param p a Printable
21     * @param pf the page format
22     * @param pages the number of pages in p
23     */
24    public PrintPreviewDialog(Printable p, PageFormat pf, int pages)
25    {
26       Book book = new Book();
27       book.append(p, pf, pages);
28       layoutUI(book);
29    }
30
31    /**
32     * Constructs a print preview dialog.
33     * @param b a Book
34     */
35    public PrintPreviewDialog(Book b)
36    {
37       layoutUI(b);
38    }
39
40    /**
41     * Lays out the UI of the dialog.
42     * @param book the book to be previewed
43     */
44    public void layoutUI(Book book)
45    {
46       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
47
48       canvas = new PrintPreviewCanvas(book);
49       add(canvas, BorderLayout.CENTER);
50
51       JPanel buttonPanel = new JPanel();
52
53       JButton nextButton = new JButton("Next");
54       buttonPanel.add(nextButton);
55       nextButton.addActionListener(new ActionListener()
56          {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
57            public void actionPerformed(ActionEvent event)
58            {
59               canvas.flipPage(1);
60            }
61         });
62
63      JButton previousButton = new JButton("Previous");
64      buttonPanel.add(previousButton);
65      previousButton.addActionListener(new ActionListener()
66         {
67            public void actionPerformed(ActionEvent event)
68            {
69               canvas.flipPage(-1);
70            }
71         });
72
73      JButton closeButton = new JButton("Close");
74      buttonPanel.add(closeButton);
75      closeButton.addActionListener(new ActionListener()
76         {
77            public void actionPerformed(ActionEvent event)
78            {
79               setVisible(false);
80            }
81         });
82
83      add(buttonPanel, BorderLayout.SOUTH);
84   }
85 }
```

程序清单 7-15 book/PrintPreviewCanvas.java

```
1  package book;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.geom.*;
5  import java.awt.print.*;
6  import javax.swing.*;
7
8  /**
9   * The canvas for displaying the print preview.
10  */
11 class PrintPreviewCanvas extends JComponent
12 {
13    private Book book;
14    private int currentPage;
15
16    /**
17     * Constructs a print preview canvas.
18     * @param b the book to be previewed
19     */
20    public PrintPreviewCanvas(Book b)
21    {
22       book = b;
23       currentPage = 0;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
24      }
25      public void paintComponent(Graphics g)
26      {
27         Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
28         PageFormat pageFormat = book.getPageFormat(currentPage);
29
30         double xoff; // x offset of page start in window
31         double yoff; // y offset of page start in window
32         double scale; // scale factor to fit page in window
33         double px = pageFormat.getWidth();
34         double py = pageFormat.getHeight();
35         double sx = getWidth() - 1;
36         double sy = getHeight() - 1;
37         if (px / py < sx / sy) // center horizontally
38         {
39            scale = sy / py;
40            xoff = 0.5 * (sx - scale * px);
41            yoff = 0;
42         }
43         else
44         // center vertically
45         {
46            scale = sx / px;
47            xoff = 0;
48            yoff = 0.5 * (sy - scale * py);
49         }
50         g2.translate((float) xoff, (float) yoff);
51         g2.scale((float) scale, (float) scale);
52
53         // draw page outline (ignoring margins)
54         Rectangle2D page = new Rectangle2D.Double(0, 0, px, py);
55         g2.setPaint(Color.white);
56         g2.fill(page);
57         g2.setPaint(Color.black);
58         g2.draw(page);
59
60         Printable printable = book.getPrintable(currentPage);
61         try
62         {
63            printable.print(g2, pageFormat, currentPage);
64         }
65         catch (PrinterException e)
66         {
67            g2.draw(new Line2D.Double(0, 0, px, py));
68            g2.draw(new Line2D.Double(px, 0, 0, py));
69         }
70      }
71      /**
72       * Flip the book by the given number of pages.
73       * @param by the number of pages to flip by. Negative values flip backwards.
74       */
75      public void flipPage(int by)
76      {
77         int newPage = currentPage + by;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
78          if (0 <= newPage && newPage < book.getNumberOfPages())
79          {
80             currentPage = newPage;
81             repaint();
82          }
83       }
84    }
```

API java.awt.print.PrinterJob 1.2

- `void setPageable(Pageable p)`

  设置一个要打印的 `Pageable`（比如，一个 Book）。

API java.awt.print.Book 1.2

- `void append(Printable p, PageFormat format)`
- `void append(Printable p, PageFormat format, int pageCount)`

  为该书添加一个章节。如果页数未指定，那么就添加第一页。

- `Printable getPrintable(int page)`

  获取指定页面的可打印特性。

7.12.4 打印服务程序

到目前为止，我们已经介绍了如何打印 2D 图形。然而，Java SE1.4 中的打印 API 提供了更大的灵活性。该 API 定义了大量的数据类型，并且可以让你找到能够打印这些数据类型的打印服务程序。这些类型有：

- GIF、JPEG 或者 PNG 格式的图像。
- 纯文本、HTML、PostScript 或者 PDF 格式的文档。
- 原始的打印机代码数据。
- 实现了 `Printable`、`Pageable` 或 `RenderableImage` 的某个类的对象。

数据本身可以存放在一个字节源或字符源中，比如一个输入流、一个 URL 或者一个数组中。文档风格（document flavor）描述了一个数据源和一个数据类型的组合。`DocFlavor` 类为不同的数据源定义了许多内部类，每一个内部类都定义了指定风格的常量。例如，常量

```
DocFlavor.INPUT_STREAM.GIF
```

描述了从输入流中读入一个 GIF 格式的图像。表 7-3 中列出了数据源和数据类型的各种组合。

假设我们想打印一个位于文件中的 GIF 格式的图像。首先，确认是否有能够处理该打印任务的打印服务程序。`PrintServiceLookup` 类的静态 `lookupPrintServices` 方法返回一个能够处理给定文档风格的 `PrintService` 对象的数组。

```
DocFlavor flavor = DocFlavor.INPUT_STREAM.GIF;
PrintService[] services = PrintServiceLookup.lookupPrintServices(flavor, null);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表 7-3 打印服务的文档风格

数 据 源	数 据 类 型	MIME 类型
INPUT_STREAM	GIF	image/gif
URL	JPEG	image/jpeg
BYTE_ARRAY	PNG	image/png
	POSTSCRIPT	application/postscript
	PDF	application/pdf
	TEXT_HTML_HOST	text/html (使用主机编码)
	TEXT_HTML_US_ASCII	text/html; charset=us-ascii
	TEXT_HTML_UTF_8	text/html; charset=utf-8
	TEXT_HTML_UTF_16	text/html; charset=utf-16
	TEXT_HTML_UTF_16LE	text/html; charset=utf-16le (小尾数法)
	TEXT_HTML_UTF_16BE	text/html; charset=utf-16be (大尾数法)
	TEXT_PLAIN_HOST	text/plain (使用主机编码)
	TEXT_PLAIN_US_ASCII	text/plain; charset=us-ascii
	TEXT_PLAIN_UTF_8	text/plain; charset=utf-8
	TEXT_PLAIN_UTF_16	text/plain; charset=utf-16
	TEXT_PLAIN_UTF_16LE	text/plain; charset=utf-16le (小尾数法)
	TEXT_PLAIN_UTF_16BE	text/plain; charset=utf-16be (大尾数法)
	PCL	application/vnd.hp-PCL (惠普公司打印机控制语言)
	AUTOSENSE	application/octet-stream (原始打印数据)
READER	TEXT_HTML	text/html; charset=utf-16
STRING	TEXT_PLAIN	text/plain; charset=utf-16
CHAR_ARRAY		
SERVICE_FORMATTED	PRINTABLE	无
	PAGEABLE	无
	RENDERABLE_IMAGE	无

lookupPrintServices 方法的第二个参数值为 null，表示我们不想通过设定打印机属性来限制对文档的搜索。我们在下一节中介绍打印机的属性。

如果对打印服务程序的查找返回的数组带有多个元素的话，那就需要从打印服务程序列表中选择所需的打印服务程序。通过调用 PrintService 类的 getName 方法，可以获得打印机的名称，然后让用户进行选择。

接着，从该打印服务获取一个文档打印作业：

```
DocPrintJob job = services[i].createPrintJob();
```

如果要执行打印操作，需要一个实现了 Doc 接口的类的对象。Java 为此提供了一个 SimpleDoc 类。SimpleDoc 类的构造器必须包含数据源对象、文档风格和一个可选的属性集。例如，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
InputStream in = new FileInputStream(fileName);
Doc doc = new SimpleDoc(in, flavor, null);
```

最后，就可以执行打印输出了。

```
job.print(doc, null);
```

与前面一样，null 参数可以被一个属性集取代。

请注意，这个打印进程和上一节的打印进程之间有很大的差异。这里不需要用户通过打印对话框来进行交互式地操作。例如，可以实现一个服务器端的打印机制，这样，用户就可以通过 Web 表单提交打印作业了。

程序清单 7-16 中的程序展示了如何使用打印服务程序来打印一个图像文件。

程序清单 7-16 printService/PrintServiceTest.java

```
1  package printService;
2
3  import java.io.*;
4  import java.nio.file.*;
5  import javax.print.*;
6
7  /**
8   * This program demonstrates the use of print services. The program lets you print a GIF image to
9   * any of the print services that support the GIF document flavor.
10  * @version 1.10 2007-08-16
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class PrintServiceTest
14 {
15    public static void main(String[] args)
16    {
17       DocFlavor flavor = DocFlavor.URL.GIF;
18       PrintService[] services = PrintServiceLookup.lookupPrintServices(flavor, null);
19       if (args.length == 0)
20       {
21          if (services.length == 0) System.out.println("No printer for flavor " + flavor);
22          else
23          {
24             System.out.println("Specify a file of flavor " + flavor
25                   + "\nand optionally the number of the desired printer.");
26             for (int i = 0; i < services.length; i++)
27                System.out.println((i + 1) + ": " + services[i].getName());
28          }
29          System.exit(0);
30       }
31       String fileName = args[0];
32       int p = 1;
33       if (args.length > 1) p = Integer.parseInt(args[1]);
34       if (fileName == null) return;
35       try (InputStream in = Files.newInputStream(Paths.get(fileName)))
36       {
37          Doc doc = new SimpleDoc(in, flavor, null);
38          DocPrintJob job = services[p - 1].createPrintJob();
39          job.print(doc, null);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
40         }
41         catch (Exception ex)
42         {
43            ex.printStackTrace();
44         }
45      }
46 }
```

API javax.print.PrintServiceLookup 1.4

- `PrintService[] lookupPrintServices(DocFlavor flavor, AttributeSet attributes)`

  查找能够处理给定文档风格和属性的打印服务程序。

  参数：`flavor` 文档风格

  `attributes` 需要的打印属性，如果不考虑打印属性的话，其值应该为 `null`

API javax.print.PrintService 1.4

- `DocPrintJob createPrintJob()`

  为了打印实现了 `Doc` 接口（如 `SimpleDoc`）的对象而创建一个打印作业。

API javax.print.DocPrintJob 1.4

- `void print(Doc doc, PrintRequestAttributeSet attributes)`

  打印带有给定属性的给定文档。

  参数：`doc` 要打印的 `Doc`

  `attributes` 需要的打印属性，如果不需要任何打印属性的话，其值为 `null`

API javax.print.SimpleDoc 1.4

- `SimpleDoc(Object data, DocFlavor flavor, DocAttributeSet attributes)`

  构建一个能够用 `DocPrintJob` 打印的 `SimpleDoc` 对象。

  参数：`data` 带有打印数据的对象，比如一个输入流或者一个 `Printable`

  `flavor` 打印数据的文档风格

  `attributes` 文档属性，如果不需要文档属性，其值为 `null`

7.12.5 流打印服务程序

打印服务程序将打印数据发送给打印机。流打印服务程序产生同样的打印数据，但是并不把数据发送给打印机，而是发给流。这么做的目的也许是为了延迟打印或者因为打印数据格式可以由其他程序来进行解释。尤其是，如果打印数据格式是 `PostScript` 时，那么可将打印数据保存到一个文件中，因为有许多程序都能够处理 `PostScript` 文件。Java 平台引入了一个流打印服务程序，它能够从图像和 2D 图形中产生 `PostScript` 输出。可以在任何系

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

统中使用这种服务程序，即使这些系统中没有本地打印机，也可以使用该服务程序。

枚举流打印服务程序要比定位普通的打印服务程序复杂一些。既需要打印对象的DocFlavor又需要流输出的MIME类型，接着获得一个StreamPrintServiceFactory类型的数组，如下所示：

```
DocFlavor flavor = DocFlavor.SERVICE_FORMATTED.PRINTABLE;
String mimeType = "application/postscript";
StreamPrintServiceFactory[] factories
   = StreamPrintServiceFactory.lookupStreamPrintServiceFactories(flavor, mimeType);
```

StreamPrintServiceFactory类没有任何方法能够帮助我们区分不同的factory，所以我们只提取factories[0]。我们调用带有输出流参数的getPrintService方法来获得一个StreamPrintService对象。

```
OutputStream out = new FileOutputStream(fileName);
StreamPrintService service = factories[0].getPrintService(out);
```

StreamPrintService类是PrintService的子类。如果要产生一个打印输出，只要按照上一节介绍的步骤进行操作即可。

API javax.print.StreamPrintServiceFactory 1.4

- StreamPrintServiceFactory[] lookupStreamPrintServiceFactories(DocFlavor flavor, String mimeType)
  查找所需的流打印服务程序工厂，它能够打印给定文档风格，并且产生一个给定MIME类型的输出流。
- StreamPrintService getPrintService(OutputStream out)
  获得一个打印服务程序，以便将打印输出发送到指定的输出流中。

7.12.6 打印属性

打印服务程序API包含了一组复杂的接口和类，用以设定不同种类的属性。重要的属性共有四组，前两组属性用于设定对打印机的访问请求。

- 打印请求属性（Print request attributes）为一个打印作业中的所有doc对象请求特定的打印属性，例如，双面打印或者纸张的大小。
- Doc属性（Doc attributes）是仅作用在单个doc对象上的请求属性。

另外两组属性包含关于打印机和作业状态的信息。

- 打印服务属性（Print service attributes）提供了关于打印服务程序的信息，比如打印机的种类和型号，或者打印机当前是否接受打印作业。
- 打印作业属性（Print job attributes）提供了关于某个特定打印作业状态的信息，比如该打印作业是否已经完成。

如果要描述各种不同的打印属性，可以使用带有如下子接口的Attribute接口。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
PrintRequestAttribute
DocAttribute
PrintServiceAttribute
PrintJobAttribute
SupportedValuesAttribute
```

各个属性类都实现了上面的一个或几个接口。例如，Copies 类的对象描述了一个打印输出的拷贝数量，该类就实现了 PrintRequestAttribute 和 PrintJobAttribute 两个接口。显然，一个打印请求可以包含一个对多个拷贝的请求。反过来，打印作业的某个属性可能表示的是实际上打印出来的拷贝数量。这个拷贝数量可能很小，也许是因为打印机的限制或者是因为打印机的纸张已经用完了。

SupportedValuesAttribute 接口表示某个属性值反映的不是实际的打印请求或状态数据，而是某个服务程序的能力。例如，实现了 SupportedValuesAttribute 接口的 CopiesSupported 类，该类的对象可以用来描述某个打印机能够支持 1 ~ 99 份拷贝的打印输出。

图 7-38 显示了属性分层结构的类图。

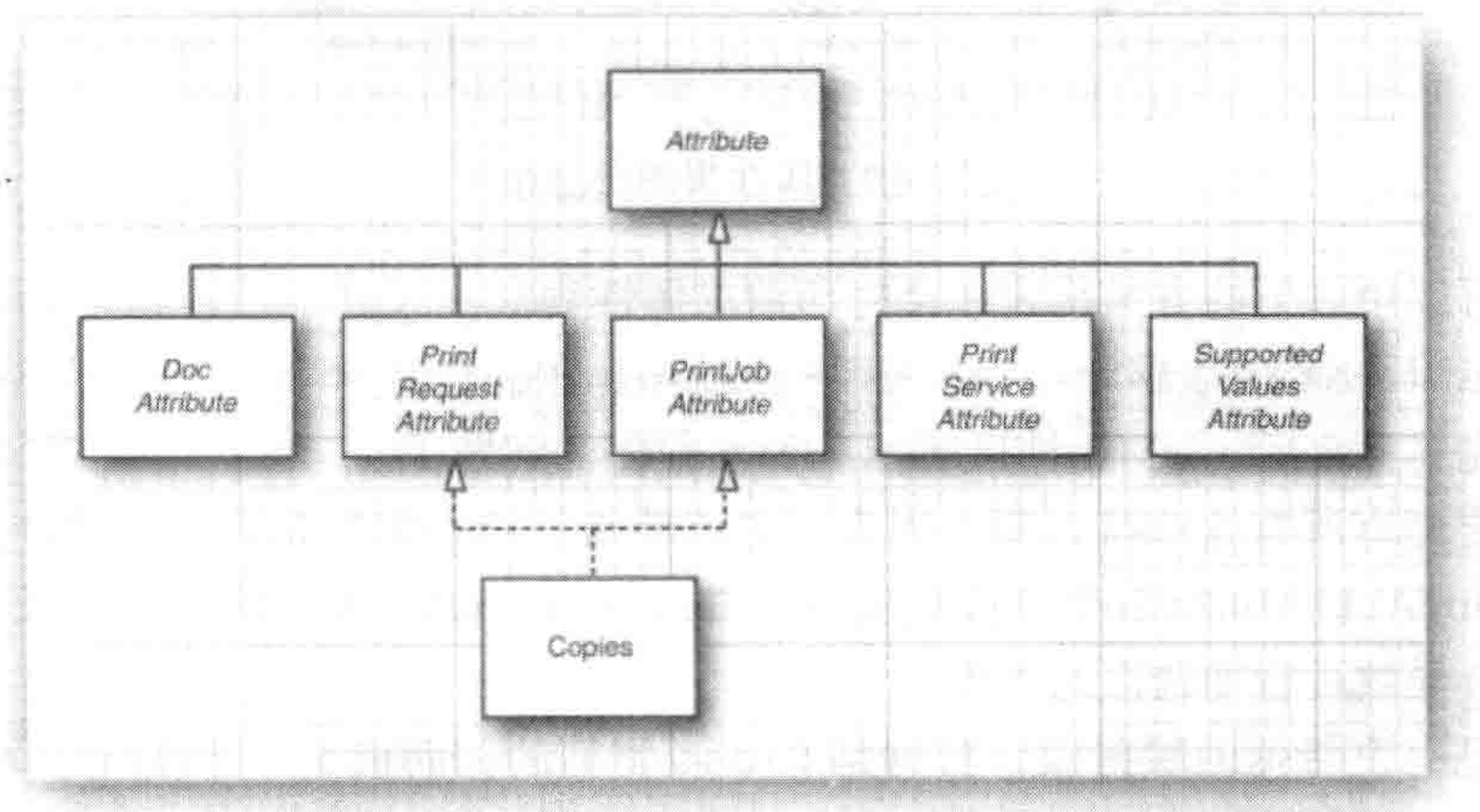


图 7-38 显示了一个属性层次结构的类图

除了为各个属性定义的接口和类以外，打印服务程序 API 还为属性集定义了接口和类。父接口 AttributeSet 有四个子接口：

```
PrintRequestAttributeSet
DocAttributeSet
PrintServiceAttributeSet
PrintJobAttributeSet
```

对于每个这样的接口，都有一个实现类，因此会产生下面 5 个类：

```
HashAttributeSet
HashPrintRequestAttributeSet
HashDocAttributeSet
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
HashPrintServiceAttributeSet
HashPrintJobAttributeSet
```

图 7-39 显示了属性集分层结构的类图。

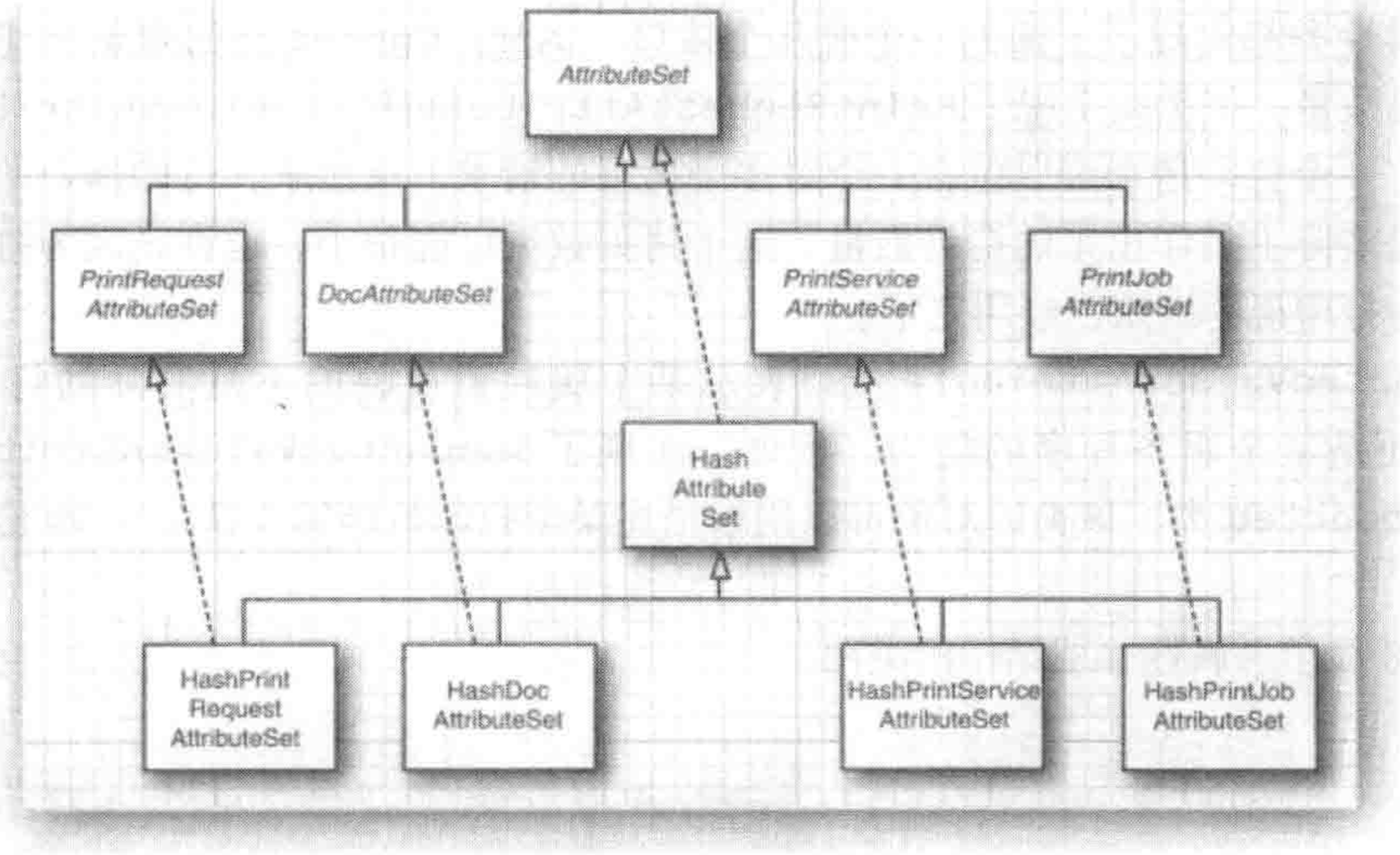


图 7-39 属性集的分层结构

例如，可以用如下的方式构建一个打印请求属性集。

```
PrintRequestAttributeSet attributes = new HashPrintRequestAttributeSet();
```

当构建完属性集后，就不用担心使用 Hash 前缀的问题了。

为什么要配有所有这些接口呢？因为，它们使得“检查属性是否被正确使用”成为了可能。例如，DocAttributeSet 只接受实现了 DocAttribute 接口的对象，添加其他属性的任何尝试都会导致运行期错误的产生。

属性集是一个特殊的映射表，其键是 Class 类型的，而值是一个实现了 Attribute 接口的类。例如，如果要插入一个对象

```
new Copies(10)
```

到属性集中，那么它的键就是 Class 对象 Copies.class。该键被称为属性的类别。Attribute 接口声明了下面这样一个方法：

```
Class getCategory()
```

该方法就可以返回属性的类别。Copies 类定义了用以返回 Copies.class 对象的方法。但是，属性的类别和属性的类没有必要是相同的。

当将一个属性添加到属性集中时，属性的类别就会被自动地获取。你只需添加该属性的值：

```
attributes.add(new Copies(10));
```

如果后来添加了一个具有相同类别的另一个属性，那么新属性就会覆盖第一个属性。如

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

果要检索一个属性，需要使用它的类别作为键，例如，

```
AttributeSet attributes = job.getAttributes();
Copies copies = (Copies) attribute.get(Copies.class);
```

最后，属性是按照它们拥有的值来进行组织的。Copies 属性能够拥有任何整数值。Copies 类继承了 IntegerSyntax 类，该类负责处理所有带有整数值的属性。getValue 方法将返回属性的整数值，例如，

```
int n = copies.getValue();
```

下面这些类：

```
TextSyntax
DateTimeSyntax
URISyntax
```

用于封装一个字符串、日期与时间，或者 URI（通用资源标识符）。

最后要说明的是，许多属性都能够接受数量有限的值。例如，PrintQuality 属性有三个设置值：draft（草稿质量），normal（正常质量）和 high（高质量），它们用三个常量来表示：

```
PrintQuality.DRAFT
PrintQuality.NORMAL
PrintQuality.HIGH
```

拥有有限数量值的属性类继承了 EnumSyntax 类，该类提供了许多便利的方法，用来以类型安全的方式设置这些枚举。当使用这样的属性时，不必担心该机制，只需要将带有名字的值添加给属性集即可：

```
attributes.add(PrintQuality.HIGH);
```

下面的代码说明了如何来检查一个属性的值：

```
if (attributes.get(PrintQuality.class) == PrintQuality.HIGH)
   . . .
```

表 7-4 列出了各个打印属性。表中的第二列列出了属性类的超类（例如，Copies 属性的 IntegerSyntax 类）或者是具有一组有限值属性的枚举值。最后四列表示该属性是否实现了 DocAttribute (DA)、PrintJobAttribute (PJA)、PrintRequestAttribute (PRA) 和 PrintServiceAttribute (PSA) 几个接口。

表 7-4 打印属性一览表

属 性	超类或枚举常量	DA	PJA	PRA	PSA
Chromaticity	MONOCHROME, COLOR	√	√	√	
ColorSupported	SUPPORTED, NOT_SUPPORTED				√
Compression	COMPRESS, DEFLATE, GZIP, NONE	√			
Copies	IntegerSyntax		√	√	
DateTimeAtCompleted	DateTimeSyntax		√		
DateTimeAtCreation	DateTimeSyntax		√		

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

(续)

属 性	超类或枚举常量	DA	PJA	PRA	PSA
DateTimeAtProcessing	DateTimeSyntax		√		
Destination	URISyntax		√	√	
DocumentName	TextSyntax	√			
Fidelity	FIDELITY_TRUE, FIDELITY_FALSE		√	√	
Finishings	NONE, STAPLE, EDGE_STITCH, BIND, SADDLE_STITCH, COVER, . . .	√	√	√	
JobHoldUntil	DateTimeSyntax		√	√	
JobImpressions	IntegerSyntax		√	√	
JobImpressionsCompleted	IntegerSyntax		√		
JobKOctets	IntegerSyntax		√	√	
JobKOctetsProcessed	IntegerSyntax		√		
JobMediaSheets	IntegerSyntax		√	√	
JobMediaSheetsCompleted	IntegerSyntax		√		
JobMessageFromOperator	TextSyntax		√		
JobName	TextSyntax		√	√	
JobOriginatingUserName	TextSyntax		√		
JobPriority	IntegerSyntax		√	√	
JobSheets	STANDARD, NONE		√	√	
JobState	ABORTED, CANCELED, COMPLETED, PENDING, PENDING_HELD, PROCESSING, PROCESSING_STOPPED		√		
JobStateReason	ABORTED_BY_SYSTEM, DOCUMENT_FORMAT_ERROR, 其他				
JobStateReasons	HashSet		√		
MediaName	ISO_A4_WHITE, ISO_A4_TRANSPARENT, NA_LETTER_WHITE, NA_LETTER_TRANSPARENT	√	√	√	
MediaSize	ISO.A0 - ISO.A10, ISO.B0 - ISO.B10, ISO.C0 - ISO.C10, NA.LETTER, NA.LEGAL, 各种其他纸张和信封尺寸				
MediaSizeName	ISO_A0 - ISO_A10, ISO_B0 - ISO_B10, ISO_C0 -ISO_C10, NA_LETTER, NA_LEGAL, 各种其他纸张和信封尺寸	√	√	√	
MediaTray	TOP, MIDDLE, BOTTOM, SIDE, ENVELOPE, LARGE_CAPACITY, MAIN, MANUAL,	√	√	√	
MultipleDocumentHandling	SINGLE_DOCUMENT, SINGLE_DOCUMENT_NEW_SHEET, SEPARATE_DOCUMENTS_COLLATED_COPIES, SEPARATE_DOCUMENTS_UNCOLLATED_COPIES		√	√	
NumberOfDocuments	IntegerSyntax		√		
NumberOfInterveningJobs	IntegerSyntax		√		
NumberUp	IntegerSyntax	√	√	√	

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

（续）

属　性	超类或枚举常量	DA	PJA	PRA	PSA
OrientationRequested	PORTRAIT, LANDSCAPE, REVERSE_PORTRAIT, REVERSE_LANDSCAPE	√	√	√	
OutputDeviceAssigned	TextSyntax		√		
PageRanges	SetOfInteger	√	√	√	
PagesPerMinute	IntegerSyntax				√
PagesPerMinuteColor	IntegerSyntax				√
PDLOverrideSupported	ATTEMPTED, NOT_ATTEMPTED				√
PresentationDirection	TORIGHT_TOBOTTOM, TORIGHT_TOTOP, TOBOTTOM_TORIGHT, TOBOTTOM_TOLEFT, TOLEFT_TOBOTTOM, TOLEFT_TOTOP, TOTOP_TORIGHT, TOTOP_TOLEFT		√	√	
PrinterInfo	TextSyntax				√
PrinterIsAcceptingJobs	ACCEPTING_JOBS, NOT_ACCEPTING_JOBS				√
PrinterLocation	TextSyntax				√
PrinterMakeAndModel	TextSyntax				√
PrinterMessageFromOperator	TextSyntax				√
PrinterMoreInfo	URISyntax				√
PrinterMoreInfoManufacturer	URISyntax				√
PrinterName	TextSyntax				√
PrinterResolution	ResolutionSyntax	√	√	√	
PrinterState	PROCESSING, IDLE, STOPPED, UNKNOWN				√
PrinterStateReason	COVER_OPEN, FUSER_OVER_TEMP, MEDIA_JAM, 其他				
PrinterStateReasons	HashMap				
PrinterURI	URISyntax				√
PrintQuality	DRAFT, NORMAL, HIGH	√	√	√	
QueuedJobCount	IntegerSyntax				√
ReferenceUriSchemesSupported	FILE, FTP, GOPHER, HTTP, HTTPS, NEWS, NNTP, WAIS				
RequestingUserName	TextSyntax			√	
Severity	ERROR, REPORT, WARNING				
SheetCollate	COLLATED, UNCOLLATED	√	√	√	
Sides	ONE_SIDED, DUPLEX (=TWO_SIDED_LONG_EDGE), TUMBLE (=TWO_SIDED_SHORT_EDGE)	√	√	√	

注意： 可以看到，属性的数量很多，其中许多属性都是专用的。大多数属性都来源于因特网打印协议 1.1 版（RFC 2911）。

注意： 打印 API 的早期版本引入了 JobAttributes 和 PageAttributes 类，其目的与本节所介绍的打印属性类似。这些类现在已经弃用了。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API *javax.print.attribute.Attribute* 1.4

- `Class getCategory()`
  获取该属性的类别。
- `String getName()`
  获取该属性的名字。

API *javax.print.attribute.AttributeSet* 1.4

- `boolean add(Attribute attr)`
  向属性集中添加一个属性。如果集中有另一个属性和此属性有相同的类别，那么集中的属性被新添加的属性所取代。如果由于添加属性的操作改变了属性集，则返回 `true`。
- `Attribute get(Class category)`
  检索带有指定属性类别键的属性，如果该属性不存在，则返回 `null`。
- `boolean remove(Attribute attr)`
- `boolean remove(Class category)`
  从属性集中删除给定属性，或者删除具有指定类别的属性。如果由于这个操作改变了属性集，则返回 `true`。
- `Attribute[] toArray()`
  返回一个带有该属性集中所有属性的数组。

API *javax.print.PrintService* 1.4

- `PrintServiceAttributeSet getAttributes()`
  获取打印服务程序的属性。

API *javax.print.DocPrintJob* 1.4

- `PrintJobAttributeSet getAttributes()`
  获取打印作业的属性。

我们就要结束关于打印的讨论了。现在，读者已经知道应该如何打印 2D 图形和其他文档类型，怎样枚举各种打印机和流打印服务程序，以及如何设置和获取打印属性。接下来，我们将介绍两个重要的用户接口问题：剪贴板和拖放机制。

7.13 剪贴板

在图形用户界面环境（比如 Windows 和 X Window 系统）中，剪切和拷贝是最有用和最方便的用户接口机制之一。你可以在某个程序中选择一些数据，将它们剪切或者拷贝到剪贴板上。然后选择另一个程序，将剪切板中的内容粘贴到该应用中去。使用剪贴板，可以把文本、图像或者别的数据从一个文档移动到另一个文档中，当然也可以从文档的一个地方移动

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

到该文档的另一个地方。剪切和粘贴操作是如此普通，以至于大多数计算机的用户从来都没有考虑过它究竟是如何实现的。

尽管剪贴板从概念上来说是非常简单的，但是实现剪贴板服务却比想象中的要困难得多。假设你将文本从字处理程序拷贝到了剪贴板，如果你要将该文本粘贴到另一个字处理程序中，那么肯定希望该文本的字体和格式保持原样。也就是说，剪贴板中的文本必须保留原来的格式信息。但是如果要将该文本信息粘贴到一个纯文本域中，那么你希望只粘贴文本字符，而不包括附加的格式代码。为了支持这种灵活性，数据提供者可以提供多种格式的剪贴板数据，而数据使用者可以从多种格式中选择所需要的格式。

微软公司的 Windows 和苹果公司的 Macintosh 等操作系统的剪贴板实现方法是类似的。当然，它们之间会有略微的不同。然而，X Window 系统的剪贴板机制的功能是非常有限的。它只支持纯文本的剪切和粘贴。当你试图运行本节中的程序时，应该考虑它的这些局限性。

注意： 请查看你的平台上的 `jre/lib/flavormap.properties` 文件，以便得知关于哪些类型的对象能够在 Java 程序和系统剪贴板之间进行传递。

通常，程序应该支持对系统剪贴板不能处理的那些数据类型的剪切和粘贴。数据传递 API 支持对同一个虚拟机中任何本地对象引用的传递，而在不同的虚拟机之间，可以将序列化对象和对象的引用传递给远程对象。

表 7-5 汇总了剪贴板机制的数据传递能力。

表 7-5 Java 数据传递机制的能力

传 递 方 式	传递的信息格式
在一个 Java 程序和一个本地程序之间传递	文本、图像、文件列表……（依赖于本机平台）
在两个协同操作的 Java 程序之间传递	序列化和远程对象
在一个 Java 程序的内部传递	任意对象

7.13.1 用于数据传递的类和接口

在 Java 技术中，`java.awt.datatransfer` 包实现了数据传递的功能。下面就是该包中最重要的类和接口的概述。

- 能够通过剪贴板来传递数据的对象必须实现 `Transferable` 接口。
- `Clipboard` 类描述了一个剪贴板。可传递的对象是惟一可以置于剪贴板之上或者从剪贴板上取走的项。系统剪贴板是 `Clipboard` 类的一个具体实例。
- `DataFlavor` 类用来描述存放到剪贴板中的数据风格。
- `StringSelection` 类是一个实现了 `transferable` 接口的实体类。它用于传递文本字符串。
- 当剪贴板的内容被别人改写时，如果一个类想得到这种情况的通知，那么就必须实现 `ClipboardOwner` 接口。剪贴板的所有权实现了复杂数据的“延迟格式化”。如果一

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

个程序传递的是一个简单数据（比如一个字符串），那么它只需要设置剪贴板的内容，然后就可以继续进行接下来的操作了。但是，如果一个程序想把能够用多种风格来格式化的复杂数据放到剪贴板上，那么它实际上并不需要为此准备所有的风格，因为大多数的风格是从来不会被用到的。不过，这时必须保存剪贴板中的数据，这样就能在以后被请求的时候，建立所需的风格。当剪贴板的内容被更改时，剪贴板的所有者必须得到通知（通过调用 lostOwnership 方法）。这样可以告诉它，这些信息已经不再需要了。在我们的示例程序中，并不用担心剪贴板的所有权问题。

7.13.2 传递文本

如果要了解数据传递类，最好的方法就是从最简单的情况开始：即在系统剪贴板上传递和获取文本信息。首先，获取一个系统剪贴板的引用：

```
Clipboard clipboard = Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard();
```

传递给剪贴板的字符串，必须被包装在 StringSelection 对象中。

```
String text = . . .
StringSelection selection = new StringSelection(text);
```

实际的传递操作是通过调用 setContents 方法来实现的，该方法将一个 StringSelection 对象和一个 ClipBoardOwner 作为参数。如果不想指定剪贴板所有者的话，可以把第二个参数设置为 null。

```
clipboard.setContents(selection, null);
```

下面是反过来的操作：从剪贴板中读取一个字符串：

```
DataFlavor flavor = DataFlavor.stringFlavor;
if (clipboard.isDataFlavorAvailable(flavor)
   String text = (String) clipboard.getData(flavor);
```

程序清单 7-17 展示了如何在一个 java 应用和系统剪贴板之间进行剪切和粘贴操作。如果你选择文本区域中的一块文本区域，并且点击 Copy，那么选中的文本就会被拷贝到系统剪贴板中，然后可以将其粘贴到任何文本编辑器中（参见图 7-40）。反之，当从文本编辑器中拷贝文本时，也可以将其粘贴到我们的示例程序中。

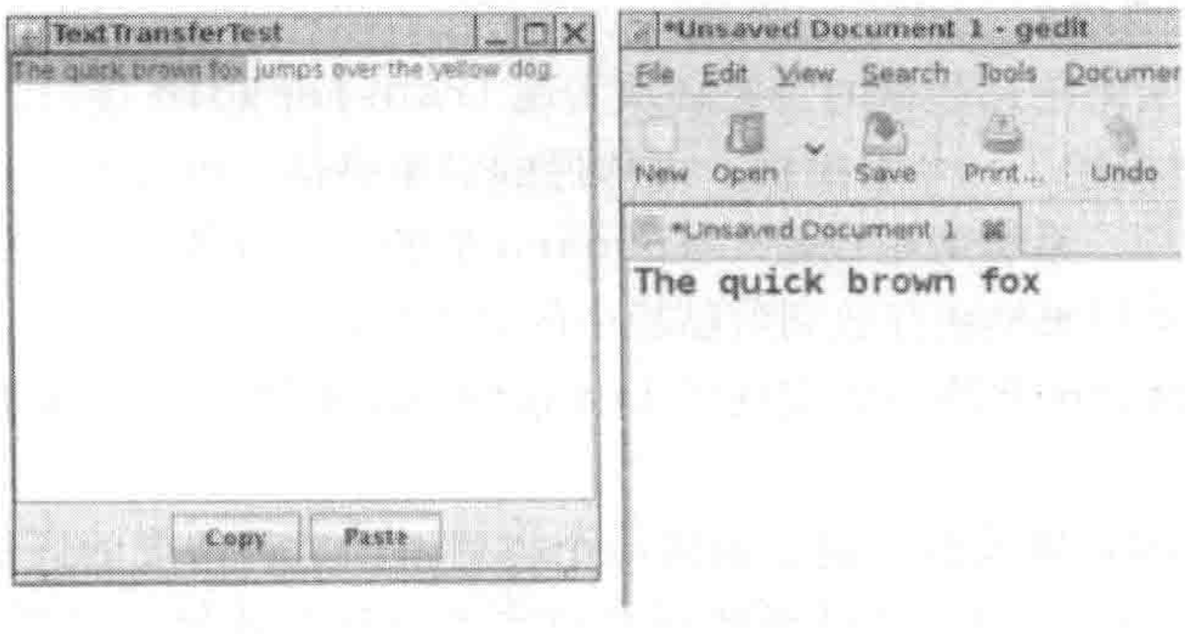


图 7-40 TextTransferTest 程序的运行情况

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 7-17 transferText/TextTransferFrame.java

```
1  package transferText;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.datatransfer.*;
5  import java.awt.event.*;
6  import java.io.*;
7  import javax.swing.*;
8
9  /**
10  * This frame has a text area and buttons for copying and pasting text.
11  */
12 public class TextTransferFrame extends JFrame
13 {
14    private JTextArea textArea;
15    private static final int TEXT_ROWS = 20;
16    private static final int TEXT_COLUMNS = 60;
17
18    public TextTransferFrame()
19    {
20       textArea = new JTextArea(TEXT_ROWS, TEXT_COLUMNS);
21       add(new JScrollPane(textArea), BorderLayout.CENTER);
22       JPanel panel = new JPanel();
23
24       JButton copyButton = new JButton("Copy");
25       panel.add(copyButton);
26       copyButton.addActionListener(new ActionListener()
27          {
28             public void actionPerformed(ActionEvent event)
29             {
30                copy();
31             }
32          });
33
34       JButton pasteButton = new JButton("Paste");
35       panel.add(pasteButton);
36       pasteButton.addActionListener(new ActionListener()
37          {
38             public void actionPerformed(ActionEvent event)
39             {
40                paste();
41             }
42          });
43
44       add(panel, BorderLayout.SOUTH);
45       pack();
46    }
47
48    /**
49     * Copies the selected text to the system clipboard.
50     */
51    private void copy()
52    {
53       Clipboard clipboard = Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
54          String text = textArea.getSelectedText();
55          if (text == null) text = textArea.getText();
56          StringSelection selection = new StringSelection(text);
57          clipboard.setContents(selection, null);
58       }
59       /**
60        * Pastes the text from the system clipboard into the text area.
61        */
62       private void paste()
63       {
64          Clipboard clipboard = Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard();
65          DataFlavor flavor = DataFlavor.stringFlavor;
66          if (clipboard.isDataFlavorAvailable(flavor))
67          {
68             try
69             {
70                String text = (String) clipboard.getData(flavor);
71                textArea.replaceSelection(text);
72             }
73             catch (UnsupportedFlavorException e)
74             {
75                JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
76             }
77             catch (IOException e)
78             {
79                JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
80             }
81          }
82       }
83    }
```

API java.awt.Toolkit 1.0

- `Clipboard getSystemClipboard() 1.1`

  获取系统剪贴板。

API java.awt.datatransfer.Clipboard 1.1

- `TRansferable getContents(Object requester)`

  获取剪贴板中的内容。

  参数：`requester` 请求剪贴板内容的对象；该值实际上并不使用

- `void setContents(Transferable contents, ClipboardOwner owner)`

  将内容放入剪贴板中。

  参数：`contents` 封装了内容的 `Transferable`

  `owner` 当新的信息被放入剪贴板上时，要通知的对象（通过调用 `lostOwnership` 方法）。如果不需要通知，则值为 `null`

- `boolean isDataFlavorAvailable(DataFlavor flavor) 5.0`

  如果该剪贴板中有给定风格的数据，那么返回 `true`。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `Object getData(DataFlavor flavor) 5.0`
  获取给定风格的数据，如果给定风格的数据不存在，则抛出 `UnsupportedFlavorException` 异常。

API *java.awt.datatransfer.ClipboardOwner 1.1*

- `void lostOwnership(Clipboard clipboard, Transferable contents)`
  通知该对象，它已经不再是该剪贴板内容的所有者。
  参数：`clipboard` 已放置内容的剪贴板
  `contents` 该所有者放入剪贴板上的内容

API *java.awt.datatransfer.Transferable 1.1*

- `boolean isDataFlavorSupported(DataFlavor flavor)`
  如果给定的风格是所支持的数据风格中的一种，则返回 `true`，否则返回 `false`。
- `Object getTransferData(DataFlavor flavor)`
  返回用所请求风格格式化的数据。如果不支持所请求的风格，则抛出一个 `UnsupportedFlavorException` 异常。

7.13.3 Transferable 接口和数据风格

`DataFlavor` 是由下面两个特性来定义的：

- MIME 类型的名字（比如 `"image/gif"`）。
- 用于访问数据的表示类（比如 `java.awt.Image`）。

此外，每一种数据风格都有一个适合人类阅读的名字（比如 `"GIF Image"`）。

表示类可以用 MIME 类型的 class 参数设定，例如，

```
image/gif;class=java.awt.Image
```

注意： 这只是一个说明其语法的例子。对于传递 GIF 图像数据，并没有一个标准的数据风格。

如果没有给定任何 `class` 参数，那么表示类就是 `InputStream`。

为了传递本地的、序列化的和远程的 Java 对象，人们定义了如下三个 MIME 类型：

```
application/x-java-jvm-local-objectref
application/x-java-serialized-object
application/x-java-remote-object
```

注意： x- 前缀表示这是一个试用名，并不是 IANA 批准的名字，IANA 是负责分配标准的 MIME 类型名的机构。

例如，标准的 `stringFlavor` 数据风格是由下面这个 MIME 类型描述的：

```
application/x-java-serialized-object;class=java.lang.String
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

可以让剪贴板列出所有可用的风格：

```
DataFlavor[] flavors = clipboard.getAvailableDataFlavors()
```

也可以在剪贴板上安装一个 FlavorListener，当剪贴板上的数据风格集合产生变化时，可以通知风格监听器。细节请参阅 API 注释。

API java.awt.datatransfer.DataFlavor 1.1

- DataFlavor(String mimeType, String humanPresentableName)

  创建一个数据风格，它描述了一个流数据，该流数据的格式是由一个 MIME 类型所描述的。

  参数：mimeType　一个 MIME 类型字符串

  　　humanPresentableName　一个更易于阅读的名字版本

- DataFlavor(Class class, String humanPresentableName)

  创建一个用来描述 Java 平台类的数据风格。它的 MIME 类型是 application/x-java-serialized-object;class=className。

  参数：class　从 Transferable 检索到的类

  　　humanPresentableName　一个可阅读的名字版本

- String getMimeType()

  返回该数据风格的 MIME 类型字符串。

- boolean isMimeTypeEqual(String mimeType)

  测试该数据风格是否有给定的 MIME 类型。

- String getHumanPresentableName()

  为该数据风格的数据格式返回人们容易阅读的名字。

- Class getRepresentationClass()

  返回一个 Class 对象，它代表用该数据风格调用 Transferable 时返回的对象的类。它可以是 MIME 类型的 class 参数，也可以是 InputStream。

API java.awt.datatransfer.Clipboard 1.1

- DataFlavor[] getAvailableDataFlavors() 5.0

  返回一个可用风格的数组。

- void addFlavorListener(FlavorListener listener) 5.0

  添加一个监听器，当可用的风格发生改变时，会通知该监听器。

API *java.awt.datatransfer.Transferable* 1.1

- DataFlavor[] getTransferDataFlavors()

返回一个所支持风格的数组。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API *java.awt.datatransfer.FlavorListener* 5.0

- `void flavorsChanged(FlavorEvent event)`

  当一个剪贴板中可用的风格集发生变化时，就调用该方法。

7.13.4 构建一个可传递的图像

想要通过剪贴板传递对象就必须实现 `Transferable` 接口。`StringSelection` 类是目前 Java 标准库中惟一一个实现了 `Transferable` 接口的公有类。在这一节中，我们将介绍如何通过剪贴板来传递图像。因为 Java 并没有提供传递图像的类，所以读者必须自己去实现它。

这个类其实只是一个非常普通的类。它只需告知惟一可用的数据格式是 `DataFlavor.imageFlavor`，并且它持有一个 `image` 对象即可。

```
class ImageTransferable implements Transferable
{
   private Image theImage;

   public ImageTransferable(Image image)
   {
      theImage = image;
   }

   public DataFlavor[] getTransferDataFlavors()
   {
      return new DataFlavor[] { DataFlavor.imageFlavor };
   }

   public boolean isDataFlavorSupported(DataFlavor flavor)
   {
      return flavor.equals(DataFlavor.imageFlavor);
   }

   public Object getTransferData(DataFlavor flavor)
      throws UnsupportedFlavorException
   {
      if(flavor.equals(DataFlavor.imageFlavor))
      {
         return theImage;
      }
      else
      {
         throw new UnsupportedFlavorException(flavor);
      }
   }
}
```

注意： Java SE 提供了 `DataFlavor.imageFlavor` 常量，并且负责执行所有复杂的操作，以便进行 Java 图像与本机剪贴板图像的转换。但是，奇怪的是，它并没有提供将图像放入剪贴板时所必需的包装类。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 7-18 中的程序展示了如何在 Java 应用程序和系统剪贴板之间进行图像传递。当程序开始运行时，它产生了一个包含红圈的图像。点击 Copy 按钮把图像拷贝到剪贴板上，然后将它粘贴到另一个应用中（参见图 7-41）。之后再从另一个应用拷贝一个图像到系统剪贴板中，然后点击 Paste 按钮，就可以看到该图像被粘贴到示例程序中了（参见图 7-42）。

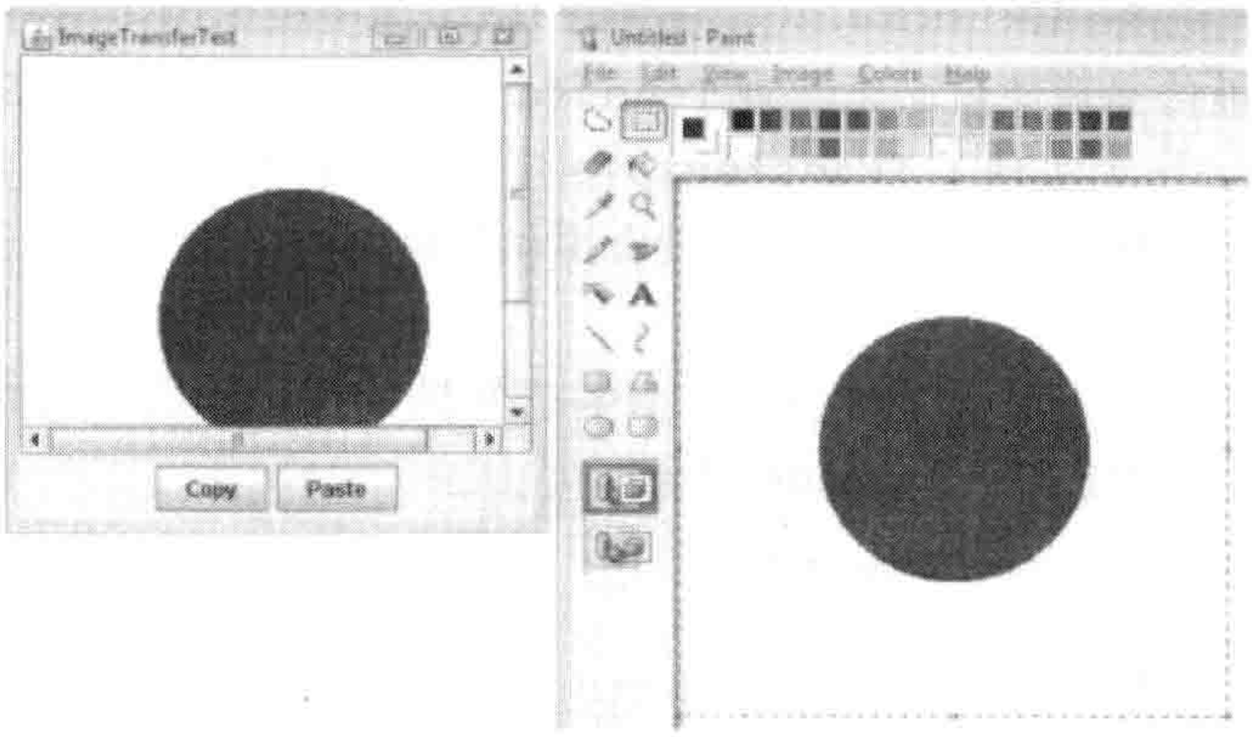


图 7-41 将图像从一个 Java 程序拷贝到本机程序中

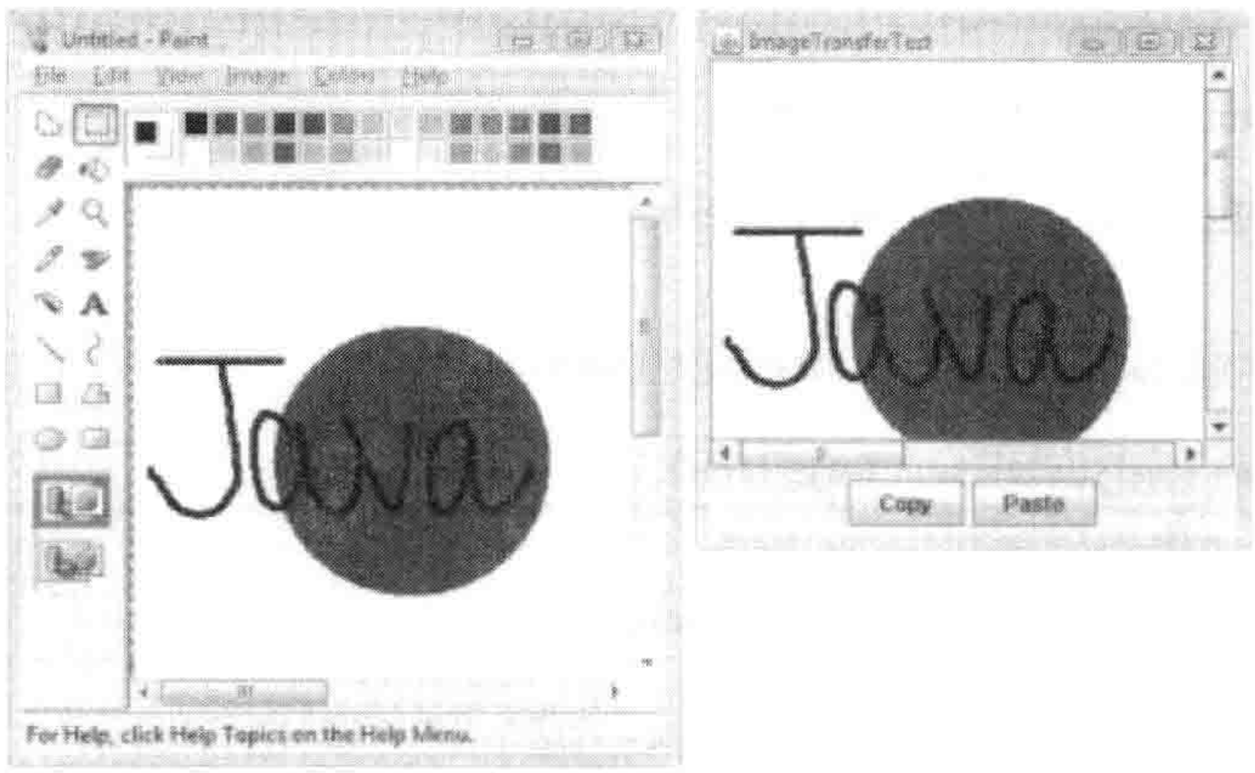


图 7-42 将图像从本机程序拷贝到一个 Java 程序中

该程序是直接在文本传递程序基础上进行修改而得到的。现在的数据风格是 DataFlavor.imageFlavor，并且我们使用的是 ImageSelection 类来将图像传递给系统剪贴板。

程序清单 7-18 imageTransfer/ImageTransferFrame.java

```
1 package imageTransfer;
2
3 import java.awt.*;
4 import java.awt.datatransfer.*;
5 import java.awt.event.*;
6 import java.awt.image.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
7  import java.io.*;
8  import javax.swing.*;
9
10 /**
11  * This frame has an image label and buttons for copying and pasting an image.
12  */
13 class ImageTransferFrame extends JFrame
14 {
15    private JLabel label;
16    private Image image;
17    private static final int IMAGE_WIDTH = 300;
18    private static final int IMAGE_HEIGHT = 300;
19
20    public ImageTransferFrame()
21    {
22       label = new JLabel();
23       image = new BufferedImage(IMAGE_WIDTH, IMAGE_HEIGHT, BufferedImage.TYPE_INT_ARGB);
24       Graphics g = image.getGraphics();
25       g.setColor(Color.WHITE);
26       g.fillRect(0, 0, IMAGE_WIDTH, IMAGE_HEIGHT);
27       g.setColor(Color.RED);
28       g.fillOval(IMAGE_WIDTH / 4, IMAGE_WIDTH / 4, IMAGE_WIDTH / 2, IMAGE_HEIGHT / 2);
29
30       label.setIcon(new ImageIcon(image));
31       add(new JScrollPane(label), BorderLayout.CENTER);
32       JPanel panel = new JPanel();
33
34       JButton copyButton = new JButton("Copy");
35       panel.add(copyButton);
36       copyButton.addActionListener(new ActionListener()
37          {
38             public void actionPerformed(ActionEvent event)
39             {
40                copy();
41             }
42          });
43       JButton pasteButton = new JButton("Paste");
44       panel.add(pasteButton);
45       pasteButton.addActionListener(new ActionListener()
46          {
47             public void actionPerformed(ActionEvent event)
48             {
49                paste();
50             }
51          });
52       add(panel, BorderLayout.SOUTH);
53       pack();
54    }
55
56    /**
57     * Copies the current image to the system clipboard.
58     */
59    private void copy()
60    {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
61          Clipboard clipboard = Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard();
62          ImageTransferable selection = new ImageTransferable(image);
63          clipboard.setContents(selection, null);
64       }
65
66       /**
67        * Pastes the image from the system clipboard into the image label.
68        */
69       private void paste()
70       {
71          Clipboard clipboard = Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard();
72          DataFlavor flavor = DataFlavor.imageFlavor;
73          if (clipboard.isDataFlavorAvailable(flavor))
74          {
75             try
76             {
77                image = (Image) clipboard.getData(flavor);
78                label.setIcon(new ImageIcon(image));
79             }
80             catch (UnsupportedFlavorException exception)
81             {
82                JOptionPane.showMessageDialog(this, exception);
83             }
84             catch (IOException exception)
85             {
86                JOptionPane.showMessageDialog(this, exception);
87             }
88          }
89       }
90    }
```

7.13.5 通过系统剪贴板传递 Java 对象

假设你想从一个 Java 应用拷贝和粘贴对象到另一个 Java 应用中，此时，你可以通过在系统剪贴板中放置序列化的 Java 对象来实现此任务。

程序清单 7-19 中的程序展示了这种能力。该程序显示了一个颜色选择器；Copy 按钮将使当前的颜色以序列化 Color 对象的方式拷贝到系统剪贴板上；Paste 按钮可以用来检查系统剪贴板中是否包含了一个序列化的 Color 对象，如果包含的话，它将提取该颜色，并且将它设置为颜色选择器的当前选择。

可以在两个 Java 应用程序之间传递被序列化的对象（参见图 7-43）。运行两个 `SerialTransferTest` 程序，在第一个程序上点击 Copy 按钮，然后，在第二个程序上点击 Paste 按钮。这时，颜色对象便会从一个虚拟机传递到另一个虚拟机。

为了启用数据传递，Java 平台将二进制数据放置到包含了被序列化对象的系统剪贴板上。这样，另一个 Java 程序就能够获取剪贴板中的数据，并且反序列化该对象，该 Java 程序没有必要与产生剪贴板数据的程序属相同类型的程序。

当然，一个非 Java 的应用将不知道如何处理剪贴板中的数据。出于这个原因，该示例程序提供了采用第二种风格的剪贴板数据，即文本数据。该文本是对被传递对象调用 toString

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

方法得到的结果。如果要查看第二种剪贴板的数据风格，则运行该程序，点击一种颜色，然后在你的文本编辑器中选中 Paste 命令之后类似于下面这样的一个字符串：

```
java.awt.Color[r=255,g=0,b=51]
```

就会被插入到你的文档中。

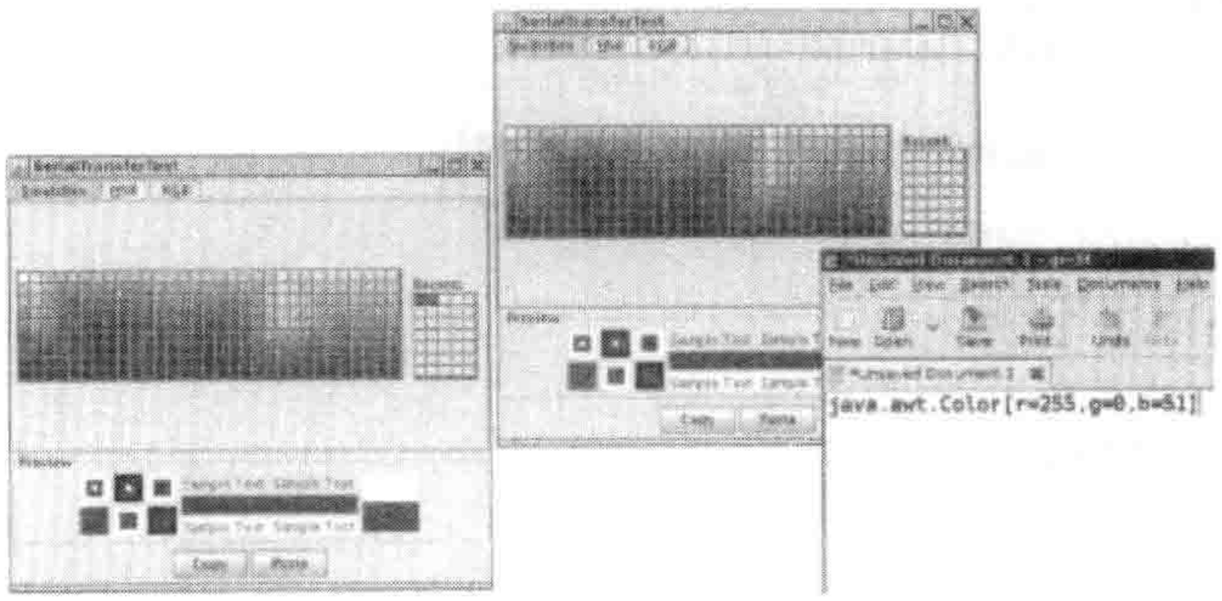


图 7-43 数据在一个 Java 应用的两个实例之间进行拷贝

实际上并不需要进行额外的编程就可以传递一个被序列化的对象，我们可以使用 MIME 类型：

```
application/x-java-serialized-object;class=className
```

与前面一样，你必须构建自己的传递包装器，细节请参见示例代码。

程序清单 7-19 serialTransfer/SerialTransferFrame.Java

```
1  package serialTransfer;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.datatransfer.*;
5  import java.awt.event.*;
6  import java.io.*;
7  import javax.swing.*;
8
9  /**
10  * This frame contains a color chooser, and copy and paste buttons.
11  */
12 class SerialTransferFrame extends JFrame
13 {
14    private JColorChooser chooser;
15
16    public SerialTransferFrame()
17    {
18       chooser = new JColorChooser();
19       add(chooser, BorderLayout.CENTER);
20       JPanel panel = new JPanel();
21
22       JButton copyButton = new JButton("Copy");
23       panel.add(copyButton);
24       copyButton.addActionListener(new ActionListener()
25          {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
26            public void actionPerformed(ActionEvent event)
27            {
28               copy();
29            }
30         });
31      JButton pasteButton = new JButton("Paste");
32      panel.add(pasteButton);
33      pasteButton.addActionListener(new ActionListener()
34         {
35            public void actionPerformed(ActionEvent event)
36            {
37               paste();
38            }
39         });
40
41      add(panel, BorderLayout.SOUTH);
42      pack();
43   }
44
45   /**
46    * Copies the chooser's color into the system clipboard.
47    */
48   private void copy()
49   {
50      Clipboard clipboard = Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard();
51      Color color = chooser.getColor();
52      SerialTransferable selection = new SerialTransferable(color);
53      clipboard.setContents(selection, null);
54   }
55
56   /**
57    * Pastes the color from the system clipboard into the chooser.
58    */
59   private void paste()
60   {
61      Clipboard clipboard = Toolkit.getDefaultToolkit().getSystemClipboard();
62      try
63      {
64         DataFlavor flavor = new DataFlavor(
65               "application/x-java-serialized-object;class=java.awt.Color");
66         if (clipboard.isDataFlavorAvailable(flavor))
67         {
68            Color color = (Color) clipboard.getData(flavor);
69            chooser.setColor(color);
70         }
71      }
72      catch (ClassNotFoundException e)
73      {
74         JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
75      }
76      catch (UnsupportedFlavorException e)
77      {
78         JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
79      }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
80          catch (IOException e)
81          {
82             JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
83          }
84       }
85    }
86
87    /**
88     * This class is a wrapper for the data transfer of serialized objects.
89     */
90    class SerialTransferable implements Transferable
91    {
92       private Serializable obj;
93
94       /**
95        * Constructs the selection.
96        * @param o any serializable object
97        */
98       SerialTransferable(Serializable o)
99       {
100         obj = o;
101      }
102
103      public DataFlavor[] getTransferDataFlavors()
104      {
105         DataFlavor[] flavors = new DataFlavor[2];
106         Class<?> type = obj.getClass();
107         String mimeType = "application/x-java-serialized-object;class=" + type.getName();
108         try
109         {
110            flavors[0] = new DataFlavor(mimeType);
111            flavors[1] = DataFlavor.stringFlavor;
112            return flavors;
113         }
114         catch (ClassNotFoundException e)
115         {
116            return new DataFlavor[0];
117         }
118      }
119
120      public boolean isDataFlavorSupported(DataFlavor flavor)
121      {
122         return DataFlavor.stringFlavor.equals(flavor)
123               || "application".equals(flavor.getPrimaryType())
124               && "x-java-serialized-object".equals(flavor.getSubType())
125               && flavor.getRepresentationClass().isAssignableFrom(obj.getClass());
126      }
127      public Object getTransferData(DataFlavor flavor) throws UnsupportedFlavorException
128      {
129         if (!isDataFlavorSupported(flavor)) throw new UnsupportedFlavorException(flavor);
130
131         if (DataFlavor.stringFlavor.equals(flavor)) return obj.toString();
132
133         return obj;
134      }
135   }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

7.13.6 使用本地剪贴板来传递对象引用

有时，你需要拷贝和粘贴一个数据类型，但是该数据类型并不是系统剪贴板所支持的数据类型，且该数据类型是不可序列化的。如果要在同一个虚拟机内传递一个任意的 Java 对象引用，可以使用 MIME 类型。

```
application/x-java-jvm-local-objectref;class=className
```

这时需要为这种类型定义一个 `Transferable` 包装器，其过程与前面示例中介绍的 `SerialTransferable` 包装器完全相似。

对象的引用只有在单个虚拟机中才有意义。出于这个原因，不能将形状对象拷贝到系统剪贴板中。相反，要使用本地剪贴板：

```
Clipboard clipboard = new Clipboard("local");
```

构造器的参数是剪贴板的名字。

不过，使用本地剪贴板有一个重要的缺点：你必须使本地剪贴板和系统剪贴板同步，这样用户才不会将两者混淆。目前，Java 平台并没有执行这个同步的功能。

API java.awt.datatransfer.Clipboard 1.1

- `Clipboard(String name)`

  构建一个带有指定名字的本地剪贴板。

7.14 拖放操作

使用剪切和粘贴操作在两个程序之间传递信息时，剪贴板起到了一个中介的作用。拖放操作，打个比方来说就是去掉中间人，让两个程序之间直接通信。Java 平台为拖放操作提供了基本的支持。我们还可以在 Java 程序和本地程序之间进行拖放操作。本节将要介绍如何编写作为放置目标的 Java 应用，以及如何编写作为拖曳源的应用。

在深入介绍 Java 平台的拖放操作支持特性之前，让我们快速地浏览一些拖放操作的用户界面。我们使用 Windows Explorer 和 WordPad 程序作为示例。在其他平台上，读者可以使用本机可用的带有拖放操作的程序来做试验。

可以使用拖曳源中的一个示意动作来初始化一个拖曳操作，通常需要选定一个或者多个元素，然后将选定的目标拖离它的初始位置。当你在接收放置操作的放置目标上释放鼠标按键时，放置目标将查询拖曳源，进而了解关于放置元素的信息，并且启动某个恰当的操作。例如，如果将一个文件图标从文件管理器中拖放到某个目录图标的上面，那么这个文件就会被移动到这个目录中。但是，如果将它拖放到一个文本编辑器中，那么文本编辑器就会打开这个文件。(当然，这要求我们所使用的文件管理器和文本编辑器支持拖放操作，例如 Windows 中的 Explore 与 WordPad，以及 Gnome 中的 Nautilus 与 gedit)。

如果在拖曳的时候按住 CTRL 键，那么放置操作的类型将从移动操作变为拷贝操作，该文件的一份拷贝被放入此目录中。如果同时按住了 SHIFT 和 CTRL 键，那么该文件的一个链

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

接将被放入到此目录中。(其他平台可能使用别的按键组合来执行这些操作)

因此，有三种带有不同示意动作的放置操作：

- 移动；
- 拷贝；
- 链接。

链接操作的目的是建立一个对被放置元素的引用。这种链接通常需要得到本机操作系统的支持（比如用于文件的符号链接，或者用于文档构件的对象链接），并且它通常在跨平台的程序中没有太大的意义。在本节中，我们将着重介绍如何使用拖放操作来进行拷贝和移动。

表7-6 放置光标的形状

动 作	Windows图标	Gnome图标
移动		
拷贝		
链接		
不准放置		

拖曳操作通常能够产生某种直观的反馈信息，至少光标的形状会发生改变。当你把光标移动到可能的放置目标上时，光标的形状将会表示出放置操作是否可行。如果放置操作可行的话，光标的形状也会表示出放置动作的类型。表 7-6 显示了光标在放置目标上所显示的几种形状。

除了文件图标外，也可以拖曳别的元素。例如，可以在 WordPad 中选择文本，然后拖曳之。请试着将文本字段放到你希望放置的对象中，并且观察它们做何反应。

注意：这个试验显示了作为用户界面机制的拖放操作的一个缺点。用户很难预计究竟能拖曳什么，可以将它们放置到何处，以及当实施拖放操作时会出现什么情况。由于默认的移动操作能够删除原始的元素，因此用户在使用拖放操作时比较谨慎，这是可以理解的。

7.14.1 Swing 对数据传递的支持

从 Java SE1.4 开始，多种 Swing 构件就已经内置了对数据传递的支持（参见表 7-7）。我们可以从大量的构件中拖曳选中的文本，也可以将文本放置到文本构件中。为了向后兼容性，我们必须使用 setDragEnabled 方法来激活拖曳功能，而放置功能总是会得到支持的。

表 7-7 Swing 中支持数据传递的构件

构 件	拖 曳 源	放 置 目 标
JFileChooser	导出文件列表	无
JColorChooser	导出颜色对象	接收颜色对象
JTextField JFormattedTextField	导出选定的文本	接收文本
JPasswordField	无（由于安全的原因）	接收文本
JTextArea JTextPane JEditorPane	导出选定的文本	接收文本和文件列表
JList JTable JTree	导出所选择的文本描述（只复制）	无

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意： java.awt.dnd 包提供了一个低层的拖放 API，它形成了 Swing 拖放的基础。我们在本书中不讨论这个 API。

程序清单 7-20 中的程序演示了这种行为。在运行该程序时，应该注意下面几点：

- 你可以选择列表、表格或树中的多个项（见程序清单 7-21），并拖曳它们。
- 从表格中拖曳项有些尴尬，你需要先用鼠标选择，然后移走鼠标，之后再次点击它，这之后才能拖曳它。
- 当你在文本域中放置项时，可以看到被拖曳的信息是如何被格式化的：表格中的表元由制表符隔开，而每个选中的行都占据单独的一行（参见图 7-44）。

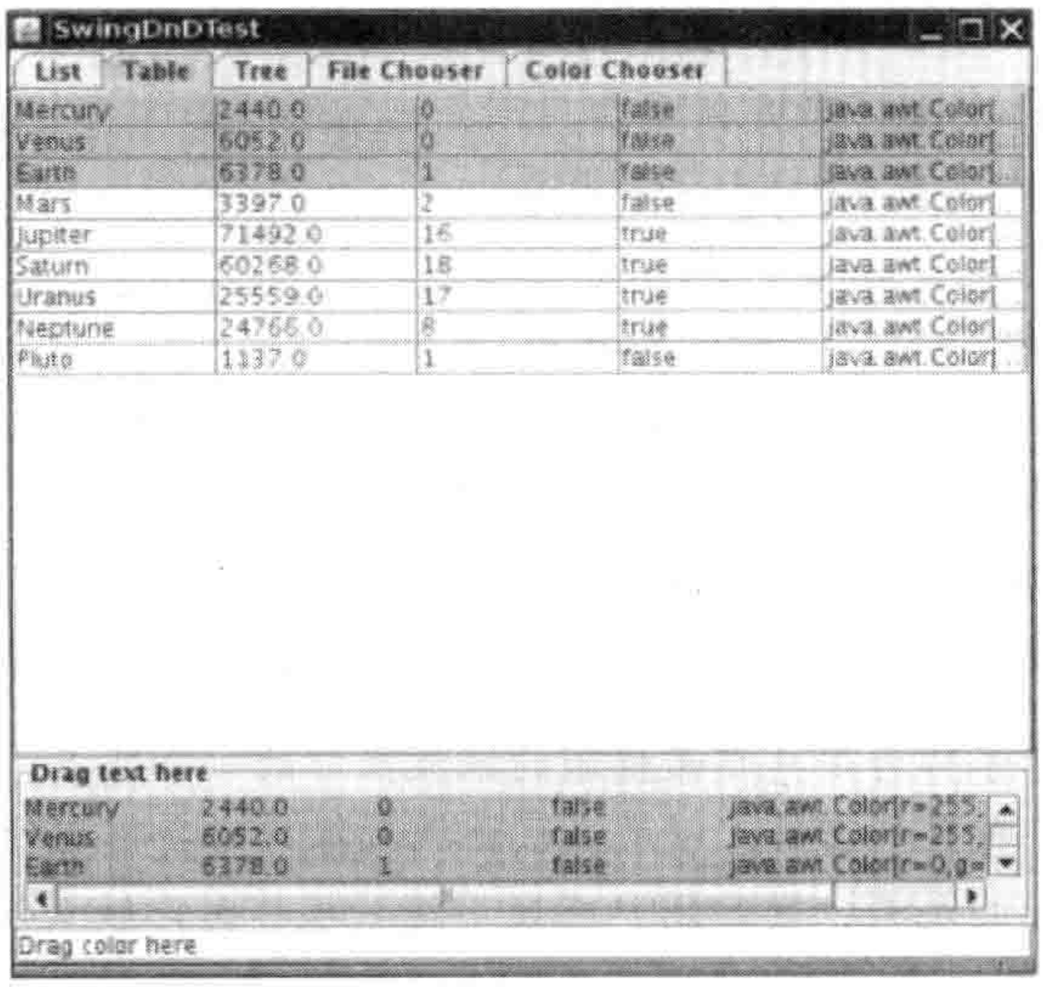


图 7-44 Swing 的拖放测试程序

- 你只能拷贝而不能移动列表、表格、树、文件选择器或颜色选择器中的项。对于所有的数据模型来说，从列表、表格或树中移除项都是不可能的。在下一节中你将会看到当数据模型可编辑时，可以如何实现这种移除能力。
- 你不能在列表、表格、树或文件选择器中拖曳。
- 如果你运行该程序的两个副本，就可以将颜色从一个颜色选择器中拖曳到另一个中。
- 你不能将文本从文本域中拖出，因为我们没有在文本域上调用 setDragEnabled。

Swing 包提供了一个潜在的非常有用的机制，可以迅速地将一个构件转换成一个放置目标。我们可以为给定的属性安装一个传递处理器，例如，在示例程序中，我们调用了：

```
textField.setTransferHandler(new TransferHandler("background"));
```

现在，可以在文本框中拖曳颜色，而其背景色也会随之改变。

当发生了一个放置操作时，传递处理器将检查是否有一种数据风格的表示类为 Color，如果确实如此，那么它便调用 setBackground 方法。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

通过把传递处理器安装在文本区域中，就可以禁用标准的传递处理器。你再也不能在此文本域中进行剪切、拷贝、粘贴、拖曳或者放置操作了。但是，你现在可以把颜色从该文本域中拖出来了。你仍旧需要选中文本以激活拖曳状态。当拖曳文本时，你会发现你可以将其放置到颜色选择器中，并将其颜色值改变成文本域的背景色。但是，你不能在文本域中放置文本。

程序清单 7-20 dnd/SwingDnDTest.java

```
1  package dnd;
2
3  import java.awt.*;
4  import javax.swing.*;
5  /**
6   * This program demonstrates the basic Swing support for drag and drop.
7   * @version 1.10 2007-09-20
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class SwingDnDTest
11 {
12    public static void main(String[] args)
13    {
14       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
15          {
16             public void run()
17             {
18                JFrame frame = new SwingDnDFrame();
19                frame.setTitle("SwingDnDTest");
20                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
21                frame.setVisible(true);
22             }
23          });
24    }
25 }
```

程序清单 7-21 dnd/SampleComponents.java

```
1  package dnd;
2
3  import java.awt.*;
4
5  import javax.swing.*;
6  import javax.swing.tree.*;
7
8  public class SampleComponents
9  {
10    public static JTree tree()
11    {
12       DefaultMutableTreeNode root = new DefaultMutableTreeNode("World");
13       DefaultMutableTreeNode country = new DefaultMutableTreeNode("USA");
14       root.add(country);
15       DefaultMutableTreeNode state = new DefaultMutableTreeNode("California");
16       country.add(state);
17       DefaultMutableTreeNode city = new DefaultMutableTreeNode("San Jose");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
18         state.add(city);
19         city = new DefaultMutableTreeNode("Cupertino");
20         state.add(city);
21         state = new DefaultMutableTreeNode("Michigan");
22         country.add(state);
23         city = new DefaultMutableTreeNode("Ann Arbor");
24         state.add(city);
25         country = new DefaultMutableTreeNode("Germany");
26         root.add(country);
27         state = new DefaultMutableTreeNode("Schleswig-Holstein");
28         country.add(state);
29         city = new DefaultMutableTreeNode("Kiel");
30         state.add(city);
31         return new JTree(root);
32      }
33
34      public static JList<String> list()
35      {
36         String[] words = { "quick", "brown", "hungry", "wild", "silent", "huge", "private",
37               "abstract", "static", "final" };
38
39         DefaultListModel<String> model = new DefaultListModel<>();
40         for (String word : words)
41            model.addElement(word);
42         return new JList<>(model);
43      }
44
45      public static JTable table()
46      {
47         Object[][] cells = { { "Mercury", 2440.0, 0, false, Color.YELLOW },
48               { "Venus", 6052.0, 0, false, Color.YELLOW },
49               { "Earth", 6378.0, 1, false, Color.BLUE }, { "Mars", 3397.0, 2, false, Color.RED },
50               { "Jupiter", 71492.0, 16, true, Color.ORANGE },
51               { "Saturn", 60268.0, 18, true, Color.ORANGE },
52               { "Uranus", 25559.0, 17, true, Color.BLUE },
53               { "Neptune", 24766.0, 8, true, Color.BLUE },
54               { "Pluto", 1137.0, 1, false, Color.BLACK } };
55
56         String[] columnNames = { "Planet", "Radius", "Moons", "Gaseous", "Color" };
57         return new JTable(cells, columnNames);
58      }
59   }
```

API javax.swing.JComponent 1.2

- `void setTransferHandler(TransferHandler handler) 1.4`

  设置一个用来处理数据传递操作（剪切、拷贝、粘贴、拖曳、放置）的传递处理器。

API javax.swing.TransferHandler 1.4

- `TransferHandler(String propertyName)`

  构建一个传递处理器，它可以在执行数据传递操作时读取或者写入带有给定名称的JavaBeans构件的属性。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API javax.swing.JFileChooser 1.2
javax.swing.JColorChooser 1.2
javax.swing.text.JTextComponent 1.2
javax.swing.JList1.2
javax.swing.JTable 1.2
javax.swing.JTree 1.2

- `void setDragEnabled(boolean b) 1.4`
  使将数据从该构件中拖曳出去的操作可用或者禁用。

7.14.2 拖曳源

在前一节中，你已经看到了如何利用 Swing 中基本的拖放支持。在本节中，我们将向你展示如何将任意的构件配置成拖曳源。在下一节中，我们将讨论放置目标，并将一个示例构件同时设置为图像的拖曳源和放置目标。

为了定制 Swing 构件的拖放行为，必须子类化 `TransferHandler` 类。首先，覆写 `getSourceActions` 方法，以表明该构件支持什么样的行为（拷贝、移动、链接）。接下来，覆写 `getTransferable` 方法，以产生 `Transferable` 对象，其过程遵循向剪贴板拷贝对象的过程。

在示例程序中，我们从一个 `JList` 中拖曳图像，这个 `JList` 填充了若干图像的图标（参见图 7-45）。下面是 `createTransferable` 方法的实现，被选中的图像直接放置到一个 `ImageTransferable` 包装器中。

```
protected Transferable createTransferable(JComponent source)
{
   JList list = (JList) source;
   int index = list.getSelectedIndex();
   if (index < 0) return null;
   ImageIcon icon = (ImageIcon) list.getModel().getElementAt(index);
   return new ImageTransferable(icon.getImage());
}
```

本例中，我们庆幸的是 `JList` 已经具备了启动拖曳姿态的机制，你只需通过调用 `setDragEnabled` 方法来激活这种机制。如果你希望向不识别拖曳姿态的构件中添加对拖曳操作的支持，则需要由你自己来启动这种传递。例如，下面的代码展示了如何在 `JLabel` 上启动拖曳：

```
label.addMouseListener(new MouseAdapter()
{
   public void mousePressed(MouseEvent evt)
   {
      int mode;
      if ((evt.getModifiers() & (InputEvent.CTRL_MASK | InputEvent.SHIFT_MASK)) != 0)
                  mode = TransferHandler.COPY;
      else mode = TransferHandler.MOVE;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            JComponent comp = (JComponent) evt.getSource();
            TransferHandler th = comp.getTransferHandler();
            th.exportAsDrag(comp, evt, mode);
         }
      });
```

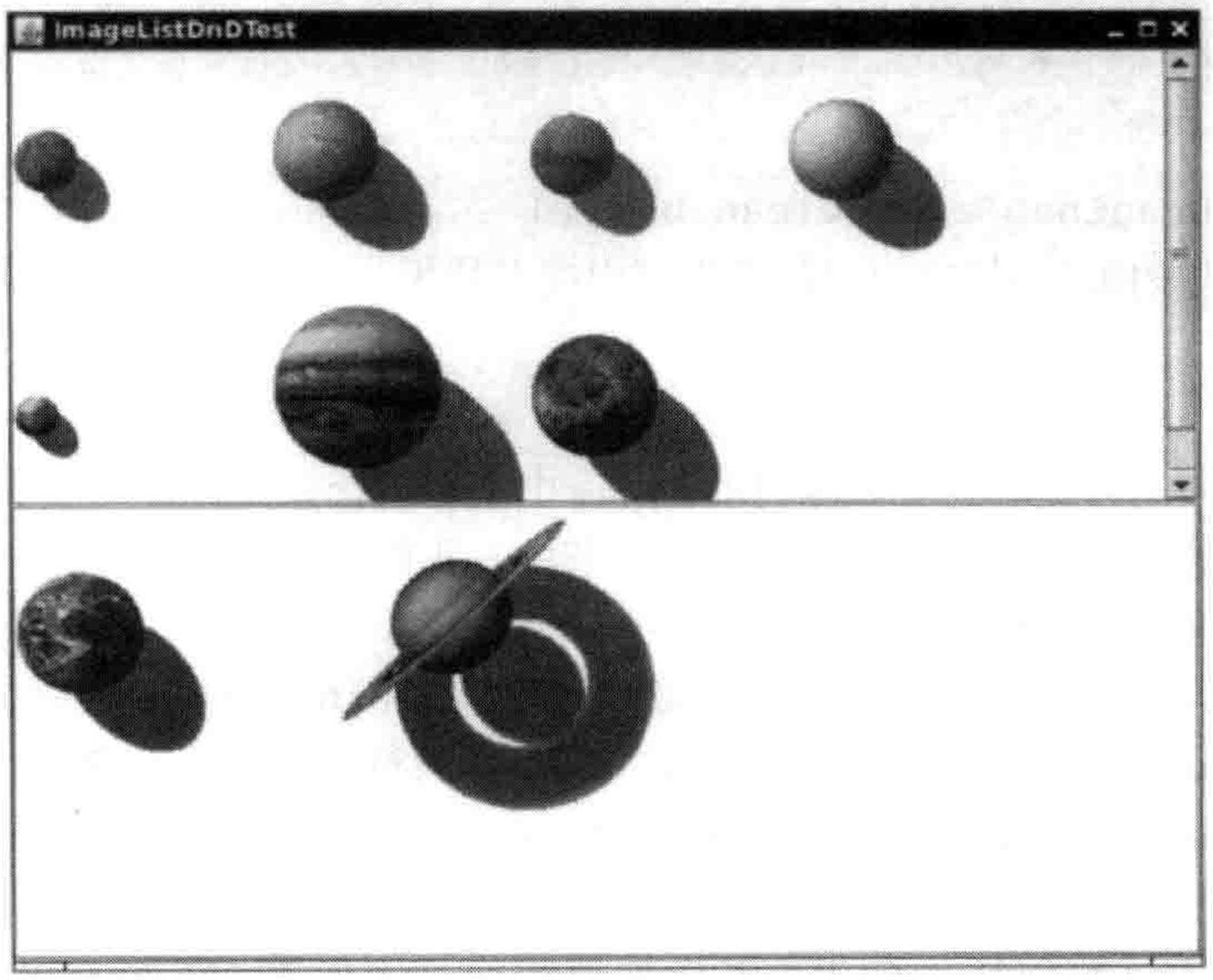


图 7-45 ImageList 的拖放应用

这里，我们只是在用户在标签上点击时启动传递。更复杂的实现还可以观察引起鼠标微量拖曳的鼠标移动。

当用户完成放置行为后，拖曳源传递处理器的 exportDone 方法就会被调用，在这个方法中，如果用户执行了移动动作，则应该移除被传递的对象。下面是图像列表的相关实现：

```
protected void exportDone(JComponent source, Transferable data, int action)
{
   if (action == MOVE)
   {
      JList list = (JList) source;
      int index = list.getSelectedIndex();
      if (index < 0) return;
      DefaultListModel model = (DefaultListModel) list.getModel();
      model.remove(index);
   }
}
```

总结一下，为了使一个构件成为拖曳源，需要添加一个指定了下列内容的传递处理器：

- 可以支持哪些行为。
- 可以传输哪些数据。
- 在执行移动动作之后，如何移除原来的数据。

此外，如果拖曳源是表 7-7 中所列构件之外的构件，则还需要观察鼠标姿态和启动传递。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API javax.swing.TransferHandler 1.4

- `int getSourceActions(JComponent c)`
  覆写该方法，让其返回在给定的构件上进行拖曳时，允许对拖曳源执行的动作（COPY、MOVE 和 LINK 的位组合）。
- `protected Transferable createTransferable(JComponent source)`
  覆写该方法，让其为被拖曳的数据创建一个 Transferable。
- `void exportAsDrag(JComponent comp, InputEvent e, int action)`
  从给定的构件中启动一个拖曳姿态，action 参数的值是 COPY、MOVE 或 LINK。
- `protected void exportDone(JComponent source, Transferable data, int action)`
  覆写该方法，让其在传递成功之后调整拖曳源。

7.14.3 放置目标

在本节中，我们将展示如何实现放置目标。我们用到的示例还是填充了图像的图标的 JList，在其中我们添加了对放置的支持，以便用户可以将图像放置到列表中。

要使一个构件成为放置目标，需要设置一个 TransferHandler，并实现 canImport 和 importData 方法。

注意： 我们可以向 JFrame 中添加传递处理器。其最常用到的地方就是在应用中放置文件，有效的放置位置包括窗体的装饰和菜单条，但是不包括窗体中包含的构件（它们有自己的传递处理器）。

当用户在放置的目标构件上移动鼠标时，canImport 方法会被连续调用，如果放置是允许的，则返回 true。这个信息对光标的图标产生影响，因为这个图标要对是否允许放置给出可视的反馈。

canImport 方法有了一个 TransferHandler.TransferSupport 类型的参数，通过这个参数，可以获取用户选择的放置动作、放置位置以及要传输的数据。（在 Java SE6 之前，调用的是与此不同的一个 canImport 方法，它只提供数据风格的列表。）

在 canImport 方法中，还可以覆写用户的放置动作。例如，如果用户选择了移动动作，但是移除原有项是不恰当的，那么就可以强制传递处理器使用拷贝动作取而代之。

下面是一个典型的示例：假设图像列表构件将接受放置文件列表和图像的请求，但是，如果一个文件列表被拖曳到了这个构件中，那么用户选择的 MOVE 动作就会改为 COPY 动作，这样图像文件就不会被删除。

```
public boolean canImport(TransferSupport support)
{
   if (support.isDataFlavorSupported(DataFlavor.javaFileListFlavor))
   {
      if (support.getUserDropAction() == MOVE) support.setDropAction(COPY);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            return true;
         }
         else return support.isDataFlavorSupported(DataFlavor.imageFlavor);
      }
```

更复杂的实现可以检查拖曳的文件中是否确实包含图像。

当鼠标在放置目标上移动时，Swing 构件 JList、JTable、JTree 和 JTextComponent 会给出有关插入位置的可视反馈。默认情况下，选中（对于 JList、JTable 和 JTree 而言）或脱字符（对于 JTextComponent 而言）被用来表示放置位置。这种方法对用户来说显得很不友好，而且也不灵活，它被设置成默认值只是为了向后兼容。应该调用 setDropMode 方法来选择更恰当的可视反馈。

可以控制被放置的数据是应该覆盖已有项，还是应该插入到已有项的中间。例如，在示例程序中，我们调用了

```
setDropMode(DropMode.ON_OR_INSERT);
```

以允许用户在某一项上放置（因此也就覆盖了这一项），或者在两项之间插入（参见图 7-46）。表 7-8 给出了 Swing 构件支持的放置模式。

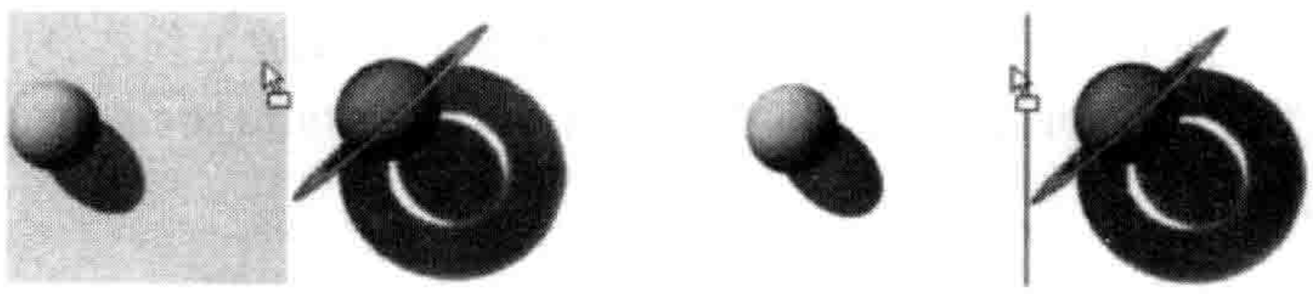


图 7-46 在某一项上放置的可视指示器和在两项之间放置的可视指示器

表 7-8 放置模式

构 件	支持的放置模式
JList, JTree	ON, INSERT, ON_OR_INSERT, USE_SELECTION
JTable	ON, INSERT, ON_OR_INSERT, INSERT_ROWS, INSERT_COLS, ON_OR_INSERT_ROWS, ON_OR_INSERT_COLS, USE_SELECTION
JTextComponent	INSERT, USE_SELECTION（实际上是移动脱字符，而不是选中的字符）

一旦用户结束了放置姿态，importData 方法就会被调用。此时需要从拖曳源获得数据，在 TransferSupport 参数上调用 getTransferable 方法就可以获得一个对 Transferable 对象的引用。这与拷贝和粘贴时使用的接口相同。

拖放最常用的一种数据类型是 DataFlavor.javaFileListFlavor。文件列表描述了要放置到目标上的文件集合，而传递数据就是 List<File> 类型的一个对象。下面的代码可以获取这些文件：

```
DataFlavor[] flavors = transferable.getTransferDataFlavors();
if (Arrays.asList(flavors).contains(DataFlavor.javaFileListFlavor))
{
   List<File> fileList = (List<File>) transferable.getTransferData(DataFlavor.javaFileListFlavor);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
      for (File f : fileList)
      {
         do something with f;
      }
   }
```

在放置表 7-8 中列出的构件时，需要知道放置数据的精确位置。在 TransferSupport 参数上调用 getDropLocation 方法可以发现产生放置动作的位置，这个方法将返回一个 TransferHandler.DropLocation 的某个子类的对象。JList、JTable、JTree 和 JTextComponent 类都定义了在特定的数据模型中指定位置的子类。例如，在列表中的位置可以是一个整数，但是树中的位置就必须是一个树的路径。下面的代码展示了如何在我们的图像列表中获取放置位置：

```
int index;
if (support.isDrop())
{
   JList.DropLocation location = (JList.DropLocation) support.getDropLocation();
   index = location.getIndex();
}
else index = model.size();
```

JList.DropLocation 子类有一个 getIndex 方法，该方法返回放置位置的索引。（JTree.DropLocation 子类有一个类似的 getPath 方法。）

在数据通过 CTRL+V 组合键粘贴到构件中时，importData 方法也会被调用。在这种情况下，getDropLocation 方法将抛出 IllegalStateException。因此，如果 isDrop 方法返回 false，我们就只是将粘贴的数据追加到列表的尾部。

在向列表、表格或树中插入时，还需要检查数据是要插入到项之间，还是应该替换插入位置的项。对于列表，可以调用 JList.DropLocation 的 isInsert 方法，对于其他的构件，请查看本节末尾关于它们的放置位置类的 API 说明。

总结一下，为了使一个构件成为放置目标，需要添加一个指定了下列内容的传递处理器：

- 何时可以接受被拖曳的项。
- 如何导入被放置的数据。

此外，如果要向 JList、JTable、JTree 和 JTextComponent 添加对放置的支持，还应该设置放置模式。

程序清单 7-22 展示了完整的程序。注意，ImageList 类既是拖曳源，又是放置目标。请尝试在两个列表之间拖曳图像，也可以从其他程序的文件选择器中拖曳图像文件到这些列表中。

程序清单 7-22 dndImage/imageListDnDFrame.java

```
1  package dndImage;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.datatransfer.*;
5  import java.io.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
6  import java.nio.file.*;
7  import java.util.*;
8  import java.util.List;
9  import javax.imageio.*;
10 import javax.swing.*;
11
12 public class ImageListDnDFrame extends JFrame
13 {
14    private static final int DEFAULT_WIDTH = 600;
15    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 500;
16
17    private ImageList list1;
18    private ImageList list2;
19
20    public ImageListDnDFrame()
21    {
22       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
23
24       list1 = new ImageList(Paths.get(getClass().getPackage().getName(), "images1"));
25       list2 = new ImageList(Paths.get(getClass().getPackage().getName(), "images2"));
26
27       setLayout(new GridLayout(2, 1));
28       add(new JScrollPane(list1));
29       add(new JScrollPane(list2));
30    }
31 }
32
33 class ImageList extends JList<ImageIcon>
34 {
35    public ImageList(Path dir)
36    {
37       DefaultListModel<ImageIcon> model = new DefaultListModel<>();
38       try (DirectoryStream<Path> entries = Files.newDirectoryStream(dir))
39       {
40          for (Path entry : entries)
41             model.addElement(new ImageIcon(entry.toString()));
42       }
43       catch (IOException ex)
44       {
45          ex.printStackTrace();
46       }
47
48       setModel(model);
49       setVisibleRowCount(0);
50       setLayoutOrientation(JList.HORIZONTAL_WRAP);
51       setDragEnabled(true);
52       setDropMode(DropMode.ON_OR_INSERT);
53       setTransferHandler(new ImageListTransferHandler());
54    }
55 }
56
57 class ImageListTransferHandler extends TransferHandler
58 {
59    // support for drag
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
60
61    public int getSourceActions(JComponent source)
62    {
63       return COPY_OR_MOVE;
64    }
65
66    protected Transferable createTransferable(JComponent source)
67    {
68       ImageList list = (ImageList) source;
69       int index = list.getSelectedIndex();
70       if (index < 0) return null;
71       ImageIcon icon = list.getModel().getElementAt(index);
72       return new ImageTransferable(icon.getImage());
73    }
74
75    protected void exportDone(JComponent source, Transferable data, int action)
76    {
77       if (action == MOVE)
78       {
79          ImageList list = (ImageList) source;
80          int index = list.getSelectedIndex();
81          if (index < 0) return;
82          DefaultListModel<?> model = (DefaultListModel<?>) list.getModel();
83          model.remove(index);
84       }
85    }
86
87    // support for drop
88
89    public boolean canImport(TransferSupport support)
90    {
91       if (support.isDataFlavorSupported(DataFlavor.javaFileListFlavor))
92       {
93          if (support.getUserDropAction() == MOVE) support.setDropAction(COPY);
94          return true;
95       }
96       else return support.isDataFlavorSupported(DataFlavor.imageFlavor);
97    }
98
99    public boolean importData(TransferSupport support)
100   {
101      ImageList list = (ImageList) support.getComponent();
102      DefaultListModel<ImageIcon> model = (DefaultListModel<ImageIcon>) list.getModel();
103
104      Transferable transferable = support.getTransferable();
105      List<DataFlavor> flavors = Arrays.asList(transferable.getTransferDataFlavors());
106
107      List<Image> images = new ArrayList<>();
108
109      try
110      {
111         if (flavors.contains(DataFlavor.javaFileListFlavor))
112         {
113            @SuppressWarnings("unchecked") List<File> fileList
114               = (List<File>) transferable.getTransferData(DataFlavor.javaFileListFlavor);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            for (File f : fileList)
            {
               try
               {
                  images.add(ImageIO.read(f));
               }
               catch (IOException ex)
               {
                  // couldn't read image--skip
               }
            }
         }
         else if (flavors.contains(DataFlavor.imageFlavor))
         {
            images.add((Image) transferable.getTransferData(DataFlavor.imageFlavor));
         }

         int index;
         if (support.isDrop())
         {
            JList.DropLocation location = (JList.DropLocation) support.getDropLocation();
            index = location.getIndex();
            if (!location.isInsert()) model.remove(index); // replace location
         }
         else index = model.size();
         for (Image image : images)
         {
            model.add(index, new ImageIcon(image));
            index++;
         }
         return true;
      }
      catch (IOException ex)
      {
         return false;
      }
      catch (UnsupportedFlavorException ex)
      {
         return false;
      }
   }
}
```

API javax.swing.TransferHandler 1.4

- `boolean canImport(TransferSupport support) 6`

  覆写该方法，让其表示目标构件是否能够接受 TransferSupport 参数所描述的拖曳。

- `boolean importData(TransferSupport support) 6`

  覆写该方法，让其实现由 TransferSupport 参数描述的放置或粘贴姿态，并且在导入成功时返回 true。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API javax.swing.JFrame 1.2

- `void setTransferHandler(TransferHandler handler)` 6

  将传递处理器设置成为只处理放置和粘贴操作。

API javax.swing.JList 1.2
javax.swing.JTable 1.2
javax.swing.JTree 1.2
javax.swing.text.JTextComponent 1.2

- `void setDropMode(DropMode mode)` 6

  将这个构件的放置模式设置成为表 7-8 中指定的值之一。

API javax.swing.TransferHandler.TransferSupport 6

- `Component getComponent()`

  获取这个传递的目标构件。

- `DataFlavor[] getDataFlavors()`

  获取被传递数据的数据风格。

- `boolean isDrop()`

  如果这个传递是放置，则返回 `true`，如果是粘贴则返回 `false`。

- `int getUserDropAction()`

  获取由用户选择的放置动作（`MOVE`、`COPY` 或 `LINK`）。

- `getSourceDropActions()`

  获取拖曳源允许执行的放置动作。

- `getDropAction()`

- `setDropAction()`

  获取和设置这个传递的放置动作。最初，这是一个用户的放置动作，但是它可以被传递处理器所覆盖。

- `DropLocation getDropLocation()`

  获取放置的鼠标位置，如果该传递不是一个放置动作，则抛出 `IllegalStateException`。

API javax.swing.TransferHandler.DropLocation 6

- `Point getDropPoint()`

  获取在目标构件中放置的鼠标位置。

API javax.swing.JList.DropLocation 6

- `boolean isInsert()`

  如果数据被插入到给定位置之前，则返回 `true`，如果它们替换了已有数据，则返回 `false`。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `int getIndex()`

  获取模型中用于插入或替换的索引。

API javax.swing.JTable.DropLocation 6

- `boolean isInsertRow()`
- `boolean isInsertColumn()`

  如果输入被插入到某行或某列之前，则返回 `true`。

- `int getRow()`
- `int getColumn()`

  获取模型中用于插入或替换的行或列索引，如果放置发生在空区域，则返回 -1。

API javax.swing.JTree.DropLocation 6

- `TreePath getPath()`
- `int getChildIndex()`

  返回树的路径和孩子，以及目标构件的放置模式，该模式定义了拖放的位置，如下表所示。

放置模式	树编辑动作
`INSERT`	作为该路径的一个孩子插入，插入到获得的孩子索引之前
`ON or USE_SELECTION`	替换该路径中的数据（没用到孩子索引）
`INSERT_OR_ON`	如果获得的孩子索引为 -1，则以 `ON` 模式执行，否则，以 `INSERT` 模式执行

API javax.swing.text.JTextComponent.DropLocation 6

- `int getIndex()`

  插入数据处的索引。

7.15 平台集成

我们用几个特性来结束本章，这些特性使得 Java 应用看起来更像是本地应用。闪屏特性使得应用在虚拟机启动时可以显示一个闪屏；`java.awt.Desktop` 类使我们可以启动本地应用，例如默认的浏览器和 e-mail 程序；最后，可以像许多本地应用一样，对系统托盘进行访问，并可以用图标来塞满它。

7.15.1 闪屏

对 Java 应用最常见的抱怨就是启动时间太长。这是因为 Java 虚拟机花费了一段时间去加载所有必需的类，特别是对 Swing 应用，它们需要从 Swing 和 AWT 类库代码中抽取大量的内容。用户并不喜欢应用程序花费大量的时间去产生初始屏幕，他们甚至可能在不知道首

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

次启动是否成功的情况下尝试着多次启动该应用程序。此问题的解决之道是采用闪屏，即迅速出现的小窗体，它可以告诉用户该应用程序已经成功启动了。

当然，我们可以在 main 方法开始之后立即呈现一个窗体，但是，main 方法只有在类加载器加载了所有需要依赖的类之后才会被启动，而这一过程可能要等上一段时间。

可以让虚拟机在启动时立即显示一幅图像来解决这个问题。有两种机制可以指定这幅图像，一种是使用命令行参数 -splash：

```
java -splash:myimage.png MyApp
```

另一种是在 JAR 文件的清单中指定：

```
Main-Class: MyApp
SplashScreen-Image: myimage.gif
```

这幅图像会立即出现，并会在第一个 AWT 窗体可视时立即自动消失。我们可以使用任何 GIF、JPEG 或 PNG 图像、动画（GIF）和透明（GIF 和 PNG）都可以得到支持。

如果你的应用程序在达到 main 之后立即就可以执行，那么你就可以略过本节余下的内容。但是，许多应用使用了插件架构，其中有一个小内核，它将在启动时加载插件集。Eclipse 和 NetBeans 就是典型的实例。在这种情况下，可以用闪屏来表示加载进度。

有两种方式来实现上述功能，即可以直接在闪屏上绘制，或者用含有相同内容的无边界窗体来替换初始图像，然后在该窗体的内部绘制。我们的示例程序同时展示了这两种技术。

为了直接在闪屏上绘制，需要获取一个对闪屏的引用，以及它的图形上下文与尺寸：

```
SplashScreen splash = SplashScreen.getSplashScreen();
Graphics2D g2 = splash.createGraphics();
Rectangle bounds = splash.getBounds();
```

现在可以按照常规的方式来绘制了。当绘制完成后，调用 update 来确保绘制的图画被刷新。我们的示例程序绘制了一个简单的进度条，就像在图 7-47 中左边一幅图中看到的那样。

```
g.fillRect(x, y, width * percent / 100, height);
splash.update();
```

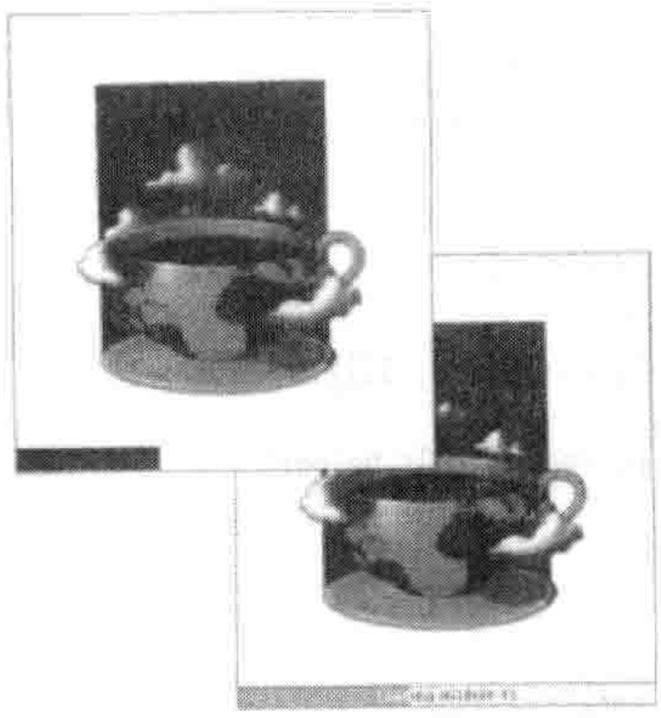


图 7-47 初始的闪屏和无边界的后续视窗

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意： 闪屏是单例对象，因此你不能创建自己的闪屏对象。如果在命令行或清单中没有设置任何闪屏，getSplashScreen 方法将返回 null。

直接在闪屏上绘制有一个缺陷，即计算所有的像素位置会显得很冗长，而且进度指示器不会去观察本地进度条。为了避免这些问题，可以在 main 方法启动后立即将初始闪屏用具有相同尺寸和内容的后续视窗替换。这个视窗可以包含任意的 Swing 构件。

程序清单 7-23 中的示例程序展示了这种技术。图 7-47 右边的那幅图展示了一个无边界的窗体，它有一个面板，绘制了闪屏并包含一个 JProgressBar。现在我们对 Swing API 有了完整的访问能力，可以很轻松地添加消息字符串而不用受像素位置的困扰了。

请注意，我们不需要移除初始闪屏，它会在后续视窗可视之后被自动移除掉。

警告： 遗憾的是，在闪屏被后续视窗替代时，会有明显的闪烁。

程序清单 7-23 splashScreen/SplashScreenTest.java

```
1  package splashScreen;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.util.List;
5  import javax.swing.*;
6
7  /**
8   * This program demonstrates the splash screen API.
9   * @version 1.00 2007-09-21
10  * @author Cay Horstmann
11  */
12 public class SplashScreenTest
13 {
14    private static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
15    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 300;
16
17    private static SplashScreen splash;
18
19    private static void drawOnSplash(int percent)
20    {
21       Rectangle bounds = splash.getBounds();
22       Graphics2D g = splash.createGraphics();
23       int height = 20;
24       int x = 2;
25       int y = bounds.height - height - 2;
26       int width = bounds.width - 4;
27       Color brightPurple = new Color(76, 36, 121);
28       g.setColor(brightPurple);
29       g.fillRect(x, y, width * percent / 100, height);
30       splash.update();
31    }
32
33    /**
34     * This method draws on the splash screen.
35     */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
36    private static void init1()
37    {
38       splash = SplashScreen.getSplashScreen();
39       if (splash == null)
40       {
41          System.err.println("Did you specify a splash image with -splash or in the manifest?");
42          System.exit(1);
43       }
44
45       try
46       {
47          for (int i = 0; i <= 100; i++)
48          {
49             drawOnSplash(i);
50             Thread.sleep(100); // simulate startup work
51          }
52       }
53       catch (InterruptedException e)
54       {
55       }
56    }
57
58    /**
59     * This method displays a frame with the same image as the splash screen.
60     */
61    private static void init2()
62    {
63       final Image img = new ImageIcon(splash.getImageURL()).getImage();
64
65       final JFrame splashFrame = new JFrame();
66       splashFrame.setUndecorated(true);
67
68       final JPanel splashPanel = new JPanel()
69          {
70             public void paintComponent(Graphics g)
71             {
72                g.drawImage(img, 0, 0, null);
73             }
74          };
75
76       final JProgressBar progressBar = new JProgressBar();
77       progressBar.setStringPainted(true);
78       splashPanel.setLayout(new BorderLayout());
79       splashPanel.add(progressBar, BorderLayout.SOUTH);
80
81       splashFrame.add(splashPanel);
82       splashFrame.setBounds(splash.getBounds());
83       splashFrame.setVisible(true);
84
85       new SwingWorker<Void, Integer>()
86       {
87          protected Void doInBackground() throws Exception
88          {
89             try
90             {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
91                for (int i = 0; i <= 100; i++)
92                {
93                   publish(i);
94                   Thread.sleep(100);
95                }
96             }
97             catch (InterruptedException e)
98             {
99             }
100            return null;
101         }
102
103         protected void process(List<Integer> chunks)
104         {
105            for (Integer chunk : chunks)
106            {
107               progressBar.setString("Loading module " + chunk);
108               progressBar.setValue(chunk);
109               splashPanel.repaint(); // because img is loaded asynchronously
110            }
111         }
112
113         protected void done()
114         {
115            splashFrame.setVisible(false);
116
117            JFrame frame = new JFrame();
118            frame.setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
119            frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
120            frame.setTitle("SplashScreenTest");
121            frame.setVisible(true);
122         }
123      }.execute();
124   }
125
126   public static void main(String args[])
127   {
128      init1();
129
130      EventQueue.invokeLater(new Runnable()
131         {
132            public void run()
133            {
134               init2();
135            }
136         });
137   }
138 }
```

API java.awt.SplashScreen 6

- `static SplashScreen getSplashScreen()`

  获取一个对闪屏的引用，如果目前没有任何闪屏，则返回 `null`。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- URL getImageURL()
- void setImageURL(URL imageURL)

  获取或设置闪屏图像的 URL。设置该图像会更新闪屏。
- Rectangle getBounds()

  获取闪屏的边界。
- Graphics2D createGraphics()

  获取用于在闪屏上绘制的图形上下文。
- void update()

  更新闪屏的显示。
- void close()

  关闭闪屏。闪屏在第一个 AWT 视窗可视时会自动关闭。

7.15.2 启动桌面应用程序

java.awt.Desktop 类使我们可以启动默认的浏览器和 e-mail 程序，我们还可以用注册为用于某类文件类型的应用程序来打开、编辑和打印这类文件。

其 API 是很直观的。首先，调用静态的 isDesktopSupported 方法，如果它返回 true，则当前平台支持启动桌面应用程序。然后调用静态的 getDesktop 方法来获取一个 Desktop 实例。

并非所有桌面环境都支持所有的 API 操作。例如，在 Linux 上的 Gnome 桌面中，有可能可以打开文件，但是不能打印它们。（目前没有对文件关联中的“动词”进行支持。）要查明平台所支持的操作，可以调用 isSupported 方法，并将 Desktop.Action 枚举中的某个值传给它。我们的示例程序中包含了下面这样的测试：

```
if (desktop.isSupported(Desktop.Action.PRINT)) printButton.setEnabled(true);
```

为了打开、编辑和打印文件，首先要检查这个动作是否得到了支持，然后再调用 open、edit 和 print 方法。为了启动浏览器，需要传递一个 URI。（有关 URI 的更多信息可参见第 3 章。）可以直接用包含一个 http 或 https 的 URL 的字符串来调用 URI 构造器。

为了启动默认的 e-mail 程序，需要构造一个具有特定格式的 URI，即：

mailto:*recipient*?*query*

这里 recipient 是接收者的 e-mail 地址，例如 president@whitehouse.gov，而 query 包含了用 & 分隔的 name=value 对，其中值是用百分号编码的。（百分号编码机制实质与第 3 章所描述的 URL 编码机制算法相同，但是空格被编码为 %20，而不是 +）。subject=dinner%20RSVP&bcc= putin%40kremvax.ru 是一个实例，这种格式归档在 RFC2368 中（http://www.ietf.org/rfc/ rfc2368.txt）。但是，URI 类不了解有关 mailto 这类 URI 的任何信息，因此我们必须组装和编码自己的 URI。

程序清单 7-24 的示例程序使你可以打开、编辑或打印你选择的文件，可以浏览一个 URL，或者启动 e-mail 程序（参见图 7-48）。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

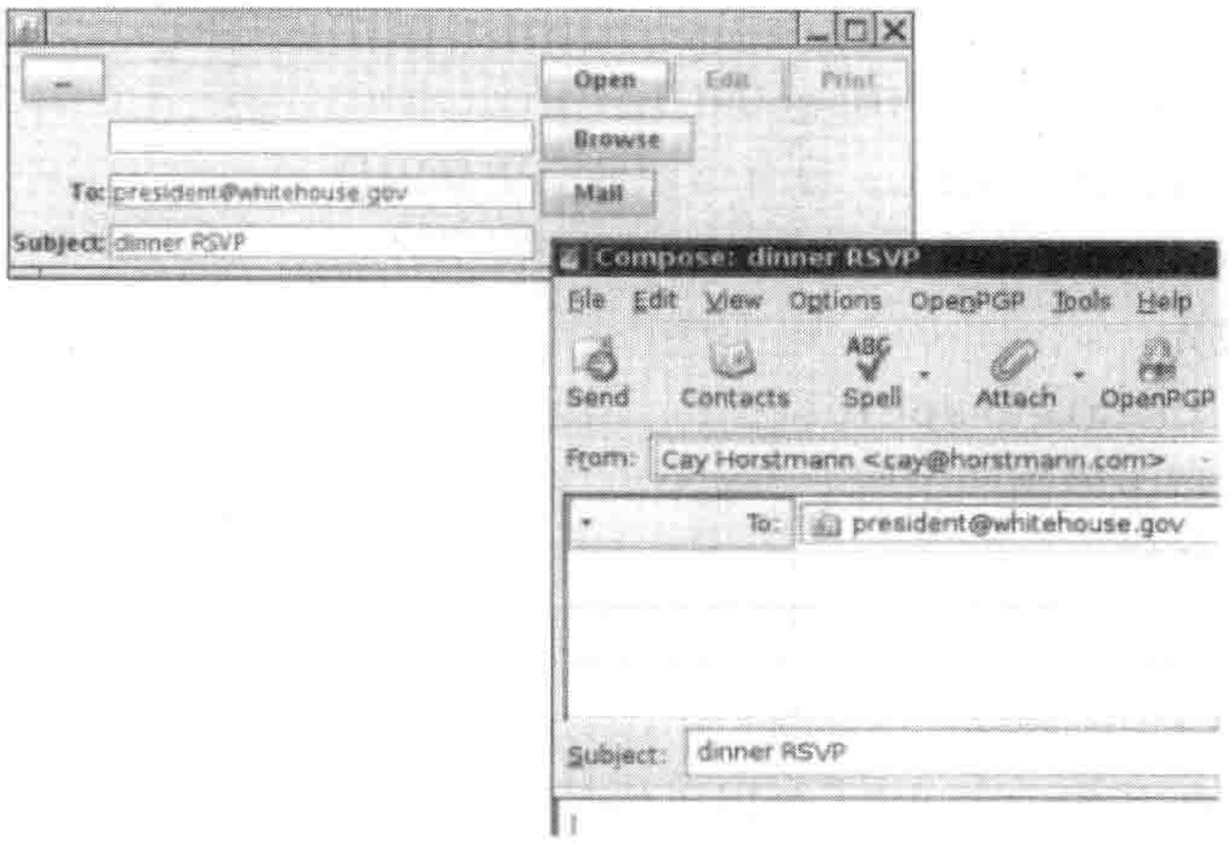


图 7-48 启动一个桌面应用程序

程序清单 7-24 desktopApp/DesktopAppFrame.java

```
1  package desktopApp;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.io.*;
6  import java.net.*;
7  import javax.swing.*;
8
9  class DesktopAppFrame extends JFrame
10 {
11    public DesktopAppFrame()
12    {
13       setLayout(new GridBagLayout());
14       final JFileChooser chooser = new JFileChooser();
15       JButton fileChooserButton = new JButton("...");
16       final JTextField fileField = new JTextField(20);
17       fileField.setEditable(false);
18       JButton openButton = new JButton("Open");
19       JButton editButton = new JButton("Edit");
20       JButton printButton = new JButton("Print");
21       final JTextField browseField = new JTextField();
22       JButton browseButton = new JButton("Browse");
23       final JTextField toField = new JTextField();
24       final JTextField subjectField = new JTextField();
25       JButton mailButton = new JButton("Mail");
26
27       openButton.setEnabled(false);
28       editButton.setEnabled(false);
29       printButton.setEnabled(false);
30       browseButton.setEnabled(false);
31       mailButton.setEnabled(false);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
32          if (Desktop.isDesktopSupported())
33          {
34             Desktop desktop = Desktop.getDesktop();
35             if (desktop.isSupported(Desktop.Action.OPEN)) openButton.setEnabled(true);
36             if (desktop.isSupported(Desktop.Action.EDIT)) editButton.setEnabled(true);
37             if (desktop.isSupported(Desktop.Action.PRINT)) printButton.setEnabled(true);
38             if (desktop.isSupported(Desktop.Action.BROWSE)) browseButton.setEnabled(true);
39             if (desktop.isSupported(Desktop.Action.MAIL)) mailButton.setEnabled(true);
40          }
41
42          fileChooserButton.addActionListener(new ActionListener()
43             {
44                public void actionPerformed(ActionEvent e)
45                {
46                   if (chooser.showOpenDialog(DesktopAppFrame.this) == JFileChooser.APPROVE_OPTION)
47                      fileField.setText(chooser.getSelectedFile().getAbsolutePath());
48                }
49             });
50
51          openButton.addActionListener(new ActionListener()
52             {
53                public void actionPerformed(ActionEvent e)
54                {
55                   try
56                   {
57                      Desktop.getDesktop().open(chooser.getSelectedFile());
58                   }
59                   catch (IOException ex)
60                   {
61                      ex.printStackTrace();
62                   }
63                }
64             });
65
66          editButton.addActionListener(new ActionListener()
67             {
68                public void actionPerformed(ActionEvent e)
69                {
70                   try
71                   {
72                      Desktop.getDesktop().edit(chooser.getSelectedFile());
73                   }
74                   catch (IOException ex)
75                   {
76                      ex.printStackTrace();
77                   }
78                }
79             });
80          printButton.addActionListener(new ActionListener()
81             {
82                public void actionPerformed(ActionEvent e)
83                {
84                   try
85                   {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
86                Desktop.getDesktop().print(chooser.getSelectedFile());
87             }
88             catch (IOException ex)
89             {
90                ex.printStackTrace();
91             }
92          }
93       });
94
95       browseButton.addActionListener(new ActionListener()
96          {
97             public void actionPerformed(ActionEvent e)
98             {
99                try
100               {
101                  Desktop.getDesktop().browse(new URI(browseField.getText()));
102               }
103               catch (URISyntaxException ex)
104               {
105                  ex.printStackTrace();
106               }
107               catch (IOException ex)
108               {
109                  ex.printStackTrace();
110               }
111            }
112         });
113
114      mailButton.addActionListener(new ActionListener()
115         {
116            public void actionPerformed(ActionEvent e)
117            {
118               try
119               {
120                  String subject = percentEncode(subjectField.getText());
121                  URI uri = new URI("mailto:" + toField.getText() + "?subject=" + subject);
122
123                  System.out.println(uri);
124                  Desktop.getDesktop().mail(uri);
125               }
126               catch (URISyntaxException ex)
127               {
128                  ex.printStackTrace();
129               }
130               catch (IOException ex)
131               {
132                  ex.printStackTrace();
133               }
134            }
135         });
136
137      JPanel buttonPanel = new JPanel();
138      ((FlowLayout) buttonPanel.getLayout()).setHgap(2);
139      buttonPanel.add(openButton);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
140         buttonPanel.add(editButton);
141         buttonPanel.add(printButton);
142
143         add(fileChooserButton, new GBC(0, 0).setAnchor(GBC.EAST).setInsets(2));
144         add(fileField, new GBC(1, 0).setFill(GBC.HORIZONTAL));
145         add(buttonPanel, new GBC(2, 0).setAnchor(GBC.WEST).setInsets(0));
146         add(browseField, new GBC(1, 1).setFill(GBC.HORIZONTAL));
147         add(browseButton, new GBC(2, 1).setAnchor(GBC.WEST).setInsets(2));
148         add(new JLabel("To:"), new GBC(0, 2).setAnchor(GBC.EAST).setInsets(5, 2, 5, 2));
149         add(toField, new GBC(1, 2).setFill(GBC.HORIZONTAL));
150         add(mailButton, new GBC(2, 2).setAnchor(GBC.WEST).setInsets(2));
151         add(new JLabel("Subject:"), new GBC(0, 3).setAnchor(GBC.EAST).setInsets(5, 2, 5, 2));
152         add(subjectField, new GBC(1, 3).setFill(GBC.HORIZONTAL));
153
154         pack();
155      }
156
157      private static String percentEncode(String s)
158      {
159         try
160         {
161            return URLEncoder.encode(s, "UTF-8").replaceAll("[+]", "%20");
162         }
163         catch (UnsupportedEncodingException ex)
164         {
165            return null; // UTF-8 is always supported
166         }
167      }
168   }
```

API java.awt.Desktop 6

- `static boolean isDesktopSupported()`

  如果该平台支持启动桌面应用程序，则返回 `true`。

- `static Desktop getDesktop()`

  返回用于启动桌面应用程序的 `Desktop` 对象。如果该平台不支持启动桌面操作，则抛出 `UnsupportedOperationException` 异常。

- `boolean isSupported(Desktop.Action action)`

  如果支持给定的动作，则返回 `true`。`action` 是 `OPEN`、`EDIT`、`PRINT`、`BROWSE` 或 `MAIL` 之一。

- `void open(File file)`

  启动注册为浏览给定文件的应用程序。

- `void edit(File file)`

  启动注册为编辑给定文件的应用程序。

- `void print(File file)`

  打印给定文件。

- `void browse(URI uri)`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

用给定的URI启动默认浏览器。

- `void mail()`
- `void mail(URI uri)`

启动默认邮件程序。第二个版本可以用来填充e-mail消息的部分内容。

7.15.3 系统托盘

许多桌面环境都有一个区域用于放置在后台运行的程序的图标，这些程序偶尔会将某些事件通知给用户。在Windows中，这个区域称为*系统托盘*，而这些图标称为*托盘图标*。Java API采纳了相同的术语命名规则。有一个这种程序的典型实例，那就是检查软件更新的监视器。如果有新的更新，监视器程序可以改变其图标的外观，并在图表附近显示一条消息。

坦白地讲，系统托盘有些被滥用，当计算机用户发现又添加了新的托盘图标时，通常都会感到不痛快。我们的系统托盘应用程序示例也逃脱不了这条规则，这个程序可以分发虚拟的“签饼”。

`java.awt.SystemTray`类是跨平台的通向系统托盘的渠道，与前面讨论过的`Desktop`类相类似，首先要调用静态的`isSupported`方法来检查本地Java平台是否支持系统托盘。如果支持，则通过调用静态的`getSystemTray`方法来获取`SystemTray`的单例。

`SystemTray`类最重要的方法是`add`方法，它使得我们可以添加一个`TrayIcon`实例。托盘图标有三个主要的属性：

- 图标的图像。
- 当鼠标滑过图标时显示的工具提示。
- 当用户用鼠标右键点击图标时显示的弹出式菜单。

弹出式菜单是AWT类库中的`PopupMenu`类的一个实例，表示本地的弹出式菜单，而不是Swing菜单。可以在其中添加AWT的`MenuItem`实例，而这些实例每个都有一个动作监听器，就像Swing中的菜单项一样。

最后，托盘图标可以向用户显示通知信息（参见图7-49），这需要调用`TrayIcon`类的`displayMessage`方法，并指定标题、消息和消息类型。

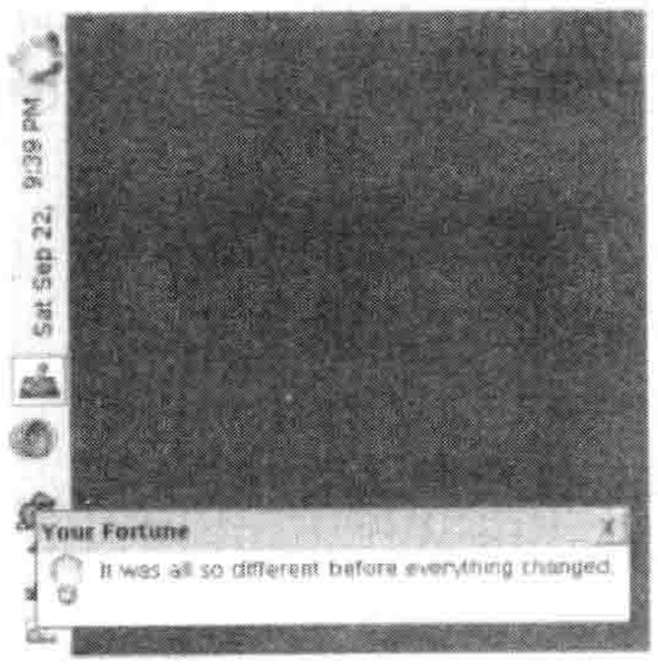


图7-49 从托盘图标中发出的通知

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
trayIcon.displayMessage("Your Fortune", fortunes.get(index), TrayIcon.MessageType.INFO);
```

程序清单 7-25 展示了将“签饼”图标置于系统托盘中的应用程序。这个程序将读取一个签饼文件（从 UNIX 的 fortune 程序中读取），其中每个签都包含一段文本，这段文本的最后一行包含一个 % 字符。这个程序每秒显示一条消息。幸运的是，有一个弹出菜单可以用来退出该应用程序。如果所有的系统托盘图标都这么贴心就好了！

程序清单 7-25 systemTray/SystemTrayTest.java

```
1  package systemTray;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.io.*;
6  import java.util.*;
7  import java.util.List;
8  import javax.swing.*;
9  import javax.swing.Timer;
10
11 /**
12  * This program demonstrates the system tray API.
13  * @version 1.01 2012-01-26
14  * @author Cay Horstmann
15  */
16 public class SystemTrayTest
17 {
18    public static void main(String[] args)
19    {
20       SystemTrayApp app = new SystemTrayApp();
21       app.init();
22    }
23 }
24
25 class SystemTrayApp
26 {
27    public void init()
28    {
29       final TrayIcon trayIcon;
30
31       if (!SystemTray.isSupported())
32       {
33          System.err.println("System tray is not supported.");
34          return;
35       }
36
37       SystemTray tray = SystemTray.getSystemTray();
38       Image image = new ImageIcon(getClass().getResource("cookie.png")).getImage();
39
40       PopupMenu popup = new PopupMenu();
41       MenuItem exitItem = new MenuItem("Exit");
42       exitItem.addActionListener(new ActionListener()
43          {
44             public void actionPerformed(ActionEvent e)
45             {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
46              System.exit(0);
47           }
48        });
49     popup.add(exitItem);
50
51     trayIcon = new TrayIcon(image, "Your Fortune", popup);
52
53     trayIcon.setImageAutoSize(true);
54     trayIcon.addActionListener(new ActionListener()
55        {
56           public void actionPerformed(ActionEvent e)
57           {
58              trayIcon.displayMessage("How do I turn this off?",
59                    "Right-click on the fortune cookie and select Exit.",
60                    TrayIcon.MessageType.INFO);
61           }
62        });
63
64     try
65     {
66        tray.add(trayIcon);
67     }
68     catch (AWTException e)
69     {
70        System.err.println("TrayIcon could not be added.");
71        return;
72     }
73
74     final List<String> fortunes = readFortunes();
75     Timer timer = new Timer(10000, new ActionListener()
76        {
77           public void actionPerformed(ActionEvent e)
78           {
79              int index = (int) (fortunes.size() * Math.random());
80              trayIcon.displayMessage("Your Fortune", fortunes.get(index),
81                    TrayIcon.MessageType.INFO);
82           }
83        });
84     timer.start();
85  }
86  private List<String> readFortunes()
87  {
88     List<String> fortunes = new ArrayList<>();
89     try (InputStream inStream = getClass().getResourceAsStream("fortunes"))
90     {
91        Scanner in = new Scanner(inStream);
92        StringBuilder fortune = new StringBuilder();
93        while (in.hasNextLine())
94        {
95           String line = in.nextLine();
96           if (line.equals("%"))
97           {
98              fortunes.add(fortune.toString());
99              fortune = new StringBuilder();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
100             }
101             else
102             {
103                fortune.append(line);
104                fortune.append(' ');
105             }
106          }
107       }
108       catch (IOException ex)
109       {
110          ex.printStackTrace();
111       }
112       return fortunes;
113    }
114 }
```

API java.awt.SystemTray 6

- `static boolean isSupported()`

  如果这个平台支持对系统托盘的访问，则返回 `true`。

- `static SystemTray getSystemTray()`

  返回用于访问系统托盘的 `SystemTray` 对象。如果这个平台不支持对系统托盘的访问，则抛出 `UnsupportedOperationException` 异常。

- `Dimension getTrayIconSize()`

  获取系统托盘中的图标的尺寸。

- `void add(TrayIcon trayIcon)`
- `void remove(TrayIcon trayIcon)`

  添加或移除一个系统托盘图标。

API java.awt.TrayIcon 6

- `TrayIcon(Image image)`
- `TrayIcon(Image image, String tooltip)`
- `TrayIcon(Image image, String tooltip, PopupMenu popupMenu)`

  用给定的图像、工具提示和弹出式菜单构建一个托盘图标。

- `Image getImage()`
- `void setImage(Image image)`
- `String getTooltip()`
- `void setTooltip(String tooltip)`
- `PopupMenu getPopupMenu()`
- `void setPopupMenu(PopupMenu popupMenu)`

  获取或设置图像、工具提示，或该工具提示的弹出式菜单

- `boolean isImageAutoSize()`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `void setImageAutoSize(boolean autosize)`
  获取或设置 imageAutoSize 属性，如果设置了，那么图像就会缩放到适合工具提示图标区的大小。如果没有设置（默认值），那么图像就会被截除（如果图像太大），或者居中（如果图像太小）。
- `void displayMessage(String caption, String text, TrayIcon.MessageType messageType)`
  在托盘图标附近显示消息。消息的类型为 INFO、WARNING、ERROR 或 NONE
- `public void addActionListener(ActionListener listener)`
- `public void removeActionListener(ActionListener listener)`
  如果被调用的监听器是平台依赖的，则添加和移除动作监听器。典型情况是在通知信息上点击或在托盘图标上双击。

现在，我们来到了本章的尾声，这长长的一章涵盖了高级 AWT 特性。在下一章，我们将讨论 JavaBeans 规范和它在 GUI 构建器中的用处。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第 8 章　JavaBean 构件

- ▲ 为何使用 Bean
- ▲ 编写 Bean 的过程
- ▲ 使用 Bean 来构造一个应用
- ▲ Bean 属性与事件的命名模式
- ▲ Bean 属性的类型
- ▲ Beaninfo 类
- ▲ 属性编辑器
- ▲ 定制器
- ▲ Javabean 持久化

在 JavaBean 规范中有 bean 的官方定义：“根据 Sun 的 JavaBean 规范，一个 bean 就是一个可重用的软件构件，并且能够在开发工具中可视化地操作。”

一旦实现了一个 bean，其他人就能够在开发环境中使用它（例如 NetBeans）。与必须编写冗长的代码不同，开发人员可以直接将 bean 拖曳到 GUI 表单中，并用对话框来定制它。

本章将解释如何实现 bean，以便让其他的开发人员可以方便地使用它们。

注意： 在进入正题之前，我们先要指出一个常见的误解：本章讨论的 JavaBean 与 Enterprise JavaBean（EJB）没什么关系。企业 JavaBeans 是服务器端的构件，提供对事务、持久化、复制以及安全问题的支持。从最基本的角度来看，它们都是能够在开发环境中使用的构件。然而，企业 JavaBeans 技术比“标准版”JavaBean 技术要复杂得多。这并不意味着标准的 JavaBean 构件就仅限于客户端编程。Web 技术就很依赖于 JavaBean 构件模型，例如 JavaServer Faces（JSF）和 JavaServer Pages（JSP）。

8.1　为何使用 Bean

有 Visual Basic 经验的程序员立刻就会明白，为什么 bean 如此重要。而那些来自“凡事都要亲自动手”的环境中的程序员通常很难相信 Visual Basic 是可重用对象技术最成功的例子之一。如果回想一下你是如何开发一个 Visual Basic 应用的，那么 Visual Basic 如此受欢迎的原因就会很清楚了。对于那些从未使用过 Visual Basic 的人，下面是一个简单的指导，教你如何构建 Visual Basic 应用：

1）通过将构件（在 Visual Basic 中称为控件）拖拽到表单窗口上来开发界面。

2）通过属性表单设置构件的属性，例如高度、颜色或其他行为。

3）属性监视器还列出了构件能够应对的事件。某些事件可以通过对话框捕获处理，而对于其他事件，你需要编写简短的事件处理代码。

举例来说，在本书卷 I 第 2 章中，我们编写了一个程序，它在一个窗体中显示了幅图像。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

那需要超过一页的代码，而在 Visual Basic 中创建类似功能的程序，只需：

1）添加两个控件到一个窗体中：一个 Image 控件用来显示图片，以及一个 CommonDialog 控件用来选择文件。

2）设置 CommonDialog 控件的 Filter 属性，使它只显示图像控件能够处理的图像文件，如图 8-1 所示。

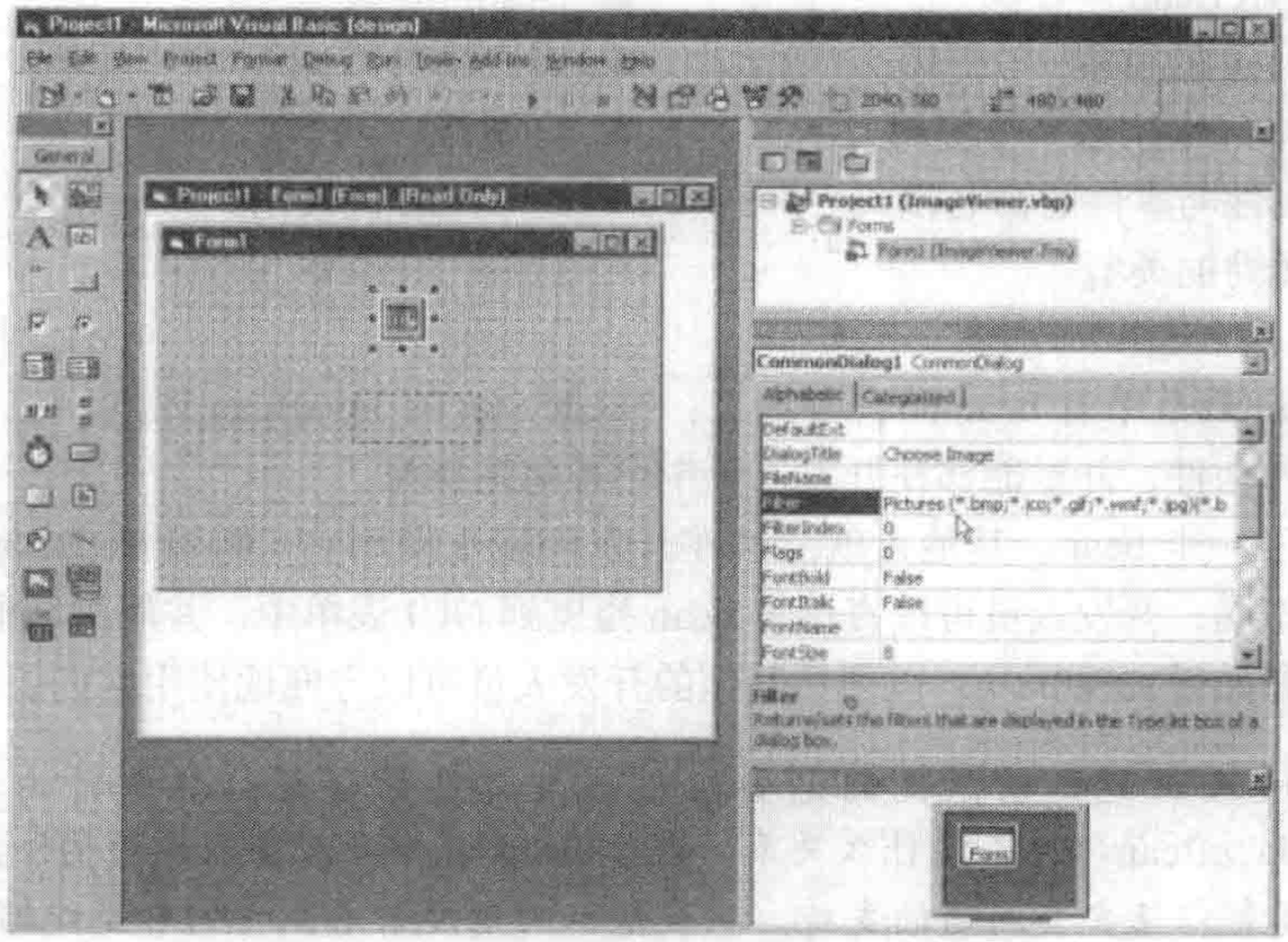


图 8-1 Visual Basic 中一个图像应用程序的属性窗口

3）编写四行 Visual Basic 代码，它将在该工程首次运行的时候被激活。所需的全部代码如下所示：

```
Private Sub Form_Load()
  CommonDialog1.ShowOpen
  Image1.Picture = LoadPicture(CommonDialog1.FileName)
End Sub
```

上面的代码会弹出一个文件对话框，而且只有具备正确扩展名的文件才会显示出来，因为我们设置了过滤器属性。在用户选择了一个图像文件之后，该代码会告诉图像控件把选择的图像显示出来。

仅此而已。进行一些布局操作，再添加这些语句，就完成了整整一页 Java 代码才能完成的功能。很明显，比起编写整整一页的代码，学习如何拖拽构件与设置属性可简单多了。

我们并不认为 Visual Basic 对于所有的问题都是最好的解决办法。但是对于 UI 驱动的那一类 Windows 问题，它确实是最佳选择。JavaBean 技术就是为了使 Java 技术在该领域也具备竞争力才被开发出来的，它使得供应商可以提供 Visual Basic 风格的开发环境。这些环境使得以最小的编程量来开发 Java 用户界面成为可能。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

8.2 编写 Bean 的过程

编写 bean 并不是什么困难的技术，只不过要掌握一些新的类与接口。特别是，最简单的 bean 与一个 Java 类没任何区别，只不过其方法采用了某种严格的命名惯例罢了。

注意：有些作者说 bean 必须有一个默认的无参构造器，但是 JavaBean 规范并没有提到这一点。但是，大多数开发工具还是要求每一个 bean 都具备一个无参构造器，这样他们才能在没有构造参数的情况下初始化 bean。

本节末尾的程序清单 8-1 展示了一个 ImageViewer bean 的代码，它给予 Java 开发环境的功能与前一节中提到的 Visual Basic 中的图像控件相同。在看这些代码的时候，请注意 `ImageViewerBean` 类，它看起来与别的类没什么区别。例如所有的访问器方法都以 `get` 开头，所有修改器方法都以 `set` 开头。很快你就会看到，开发工具就是使用这种标准命名惯例来发现属性的。举个例子，`fileName` 是这个 bean 的一个属性，因为它有 `get` 和 `set` 方法。

请注意，属性与实例的域并不完全相同。在这个例子中，`fileName` 属性是从 `file` 实例域计算得来的。属性在概念上比实例域更高一层，它们代表接口的特征，而实例域属于类的实现。

当你阅读这一章的示例时，需要牢记的是，比起我们这些简洁的例子来，真正的 bean 要精巧且冗长得多，这有两个原因。

1）对于非专家级的程序员，bean 必须便于使用。因此，你需要暴露出很多属性，以便用户无需编程，通过可视化的设计工具即可访问 bean 的大多数功能。

2）同一个 bean 必须能在多种环境中使用。bean 的行为与外部特征都必须可订制，这又要求暴露大量的属性。

有一个非常好的 bean 的例子：`CalendarBean`，它具有丰富的行为，由 Kai Tödter 开发（参见图 8-2）。这个 bean 与其源代码都是可以从 http://www.toedter.com/en/jcalendar 免费得到

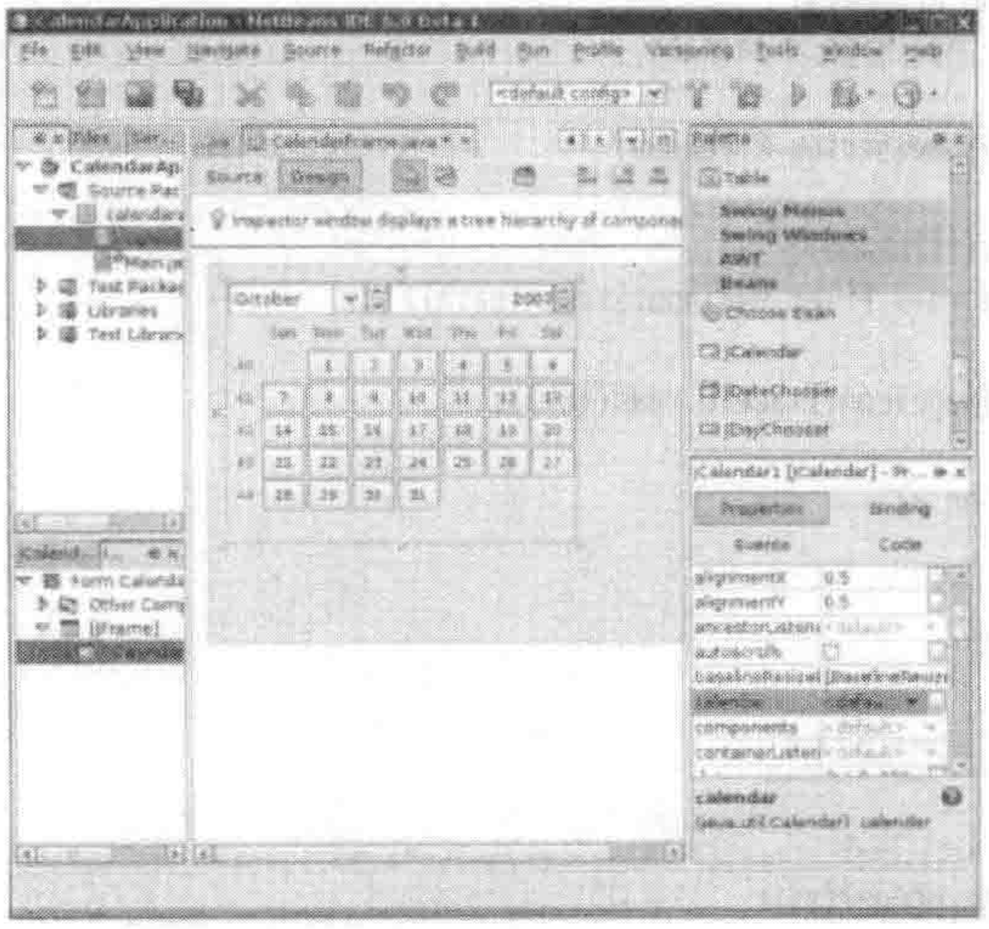


图 8-2 一个日历 bean

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

的。这个 bean 使用户能够方便地输入日期，只需直接从显示的日历中选择日期即可。这项工作显然相当复杂，并不是人人都想从头开始编程实现它。而使用这样的一个 bean，直接拖拽该 bean 到开发工具中，就能够利用其他人的成果了。

幸运的是，要编写一个功能丰富的 bean，你必须掌握的概念并不多。这一章的示例，虽然并不简单，但是我们已经尽量保持其简单，使其能够说明必要的概念即可。

程序清单 8-1 imageViewer/ImageViewerBean.java

```
1  package imageViewer;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.io.*;
5  import java.nio.file.*;
6  import javax.imageio.*;
7  import javax.swing.*;
8
9  /**
10  * A bean for viewing an image.
11  * @version 1.22 2012-06-10
12  * @author Cay Horstmann
13  */
14 public class ImageViewerBean extends JLabel
15 {
16    private Path path = null;
17    private static final int XPREFSIZE = 200;
18    private static final int YPREFSIZE = 200;
19
20    public ImageViewerBean()
21    {
22       setBorder(BorderFactory.createEtchedBorder());
23    }
24
25    /**
26     * Sets the fileName property.
27     * @param fileName the image file name
28     */
29    public void setFileName(String fileName)
30    {
31       path = Paths.get(fileName);
32       try (InputStream in = Files.newInputStream(path))
33       {
34          setIcon(new ImageIcon(ImageIO.read(in)));
35       }
36       catch (IOException e)
37       {
38          path = null;
39          setIcon(null);
40       }
41    }
42
43    /**
44     * Gets the fileName property.
45     * @return the image file name
46     */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
47     public String getFileName()
48     {
49        if (path == null) return "";
50        else return path.toString();
51     }
52
53     public Dimension getPreferredSize()
54     {
55        return new Dimension(XPREFSIZE, YPREFSIZE);
56     }
57  }
```

8.3 使用 Bean 构造应用程序

在我们深入到编写 bean 的机制之前，我希望读者先看一看如何使用或者测试 bean。`ImageViewerBean` 是一个非常实用的 bean，但是在开发环境之外，它无法展示出自己独特的特点。

每个开发环境都有自己的一套策略，使程序员的生活更轻松。我们用到的环境是 NetBeans 集成开发环境，可从 http://netbeans.org 获得。

在这个例子中，我们用到了两个 bean，`ImageViewerBean` 和 `FileNameBean`。你已经看到了 `ImageViewerBean` 的代码，本章稍后我们将分析 `FileNameBean` 的代码。现在，你只需知道点击具有“...”标签的按钮就会打开一个文件选择器。

8.3.1 将 Bean 打包成 JAR 文件

为了使 bean 能够在开发工具中使用，需要将 bean 以及它使用到的所有类文件都打包进一个 JAR 文件。与 apple 的 JAR 文件不同，bean 的 JAR 文件需要一个 manifest 清单文件，用以详细说明档案中的哪些类文件是 bean，需要被包括到工具箱中。例如，下面是一个针对 `ImageViewerBean` 的清单文件 `ImageViewerBean.mf`。

```
Manifest-Version: 1.0

Name: imageViewer/ImageViewerBean.class
Java-Bean: True
```

注意，清单版本与 bean 名字之间有一个空行。

注意： 我们之所以将 bean 全放入一个包中，是因为某些开发环境从默认包加载 bean 时会有问题。

如果你的 bean 包含多个类文件，只需在清单中指出哪些类文件是 bean 并且希望显示在工具箱中。例如，可以将 `ImageViewerBean` 和 `FileNameBean` 放入同一个 JAR 文件中，然后使用如下清单：

```
Manifest-Version: 1.0

Name: imageViewer/ImageViewerBean.class
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
Java-Bean: True

Name: filePicker/FilePickerBean.class
Java-Bean: True
```

警告： 某些开发工具对于清单很挑剔。必须确保每一行后面都没有空格，版本与 bean 条目之间要有空行，而且最后以一个新行结束。

制作 JAR 文件，可按以下步骤进行：

1）编辑清单文件。

2）在一个目录中聚齐所有需要的类文件。

3）如下运行 jar 工具：

```
jar cvfm JarFile ManifestFile ClassFiles
```

例如

```
jar cvfm ImageViewerBean.jar ImageViewerBean.mf imageViewer/*.class
```

还可以向 JAR 文件中添加其他东西，例如图标的图像。我们稍后会讨论 bean 的图标问题。

警告： 要确保你的 bean 所需的所有文件都在 JAR 文件中。特别要注意内部类，例如 `FileNameBean$1.class`。

开发环境具有添加新 bean 的机制，通常是通过加载 JAR 文件实现的。下面是向 NetBeans（版本 7）导入 bean 的过程。

编译 `ImageViewerBean` 和 `FileNameBean` 类，将它们打包成 JAR 文件。然后启动 NetBeans 并按以下步骤进行：

1）从菜单中选择 Tools → Palette → Swing/AWT Component。

2）点击 Add from JAR 按钮。

3）在文件对话框中，转到 `ImageViewerBean` 目录并选择 `ImageViewerBean.jar`。

4）这时会弹出一个对话框，列出了在 JAR 文件中发现的所有 bean。选择 `ImageViewerBean`。

5）最后，它会问你想把这个 bean 放到哪一个选项板中。请选择 Bean。（还有其他一些用于 Swing 构件、AWT 构件以及其他构件的选项板。）

6）检查一下 Bean 选项板，它现在包含了一个用图标表示的新 bean。但是，该图标只是默认图标，不过稍后你会看到如何为 bean 添加图标。

对 `FileNameBean` 重复以上步骤。现在你就可以将这些 bean 组合到应用程序中了。

8.3.2 在开发环境中组合 Bean

基于构件开发的方法允许我们用预制的构件经过最少量的编程来组成应用程序。在本节中，你将看见如何用 `ImageViewerBean` 和 `FileNameBean` 构件来组成应用程序。

在 NetBeans 中，请从菜单中选择 File → New Project，这时会弹出一个对话框。然后选

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

择 Java，之后是 Java Application（参见图 8-3）。

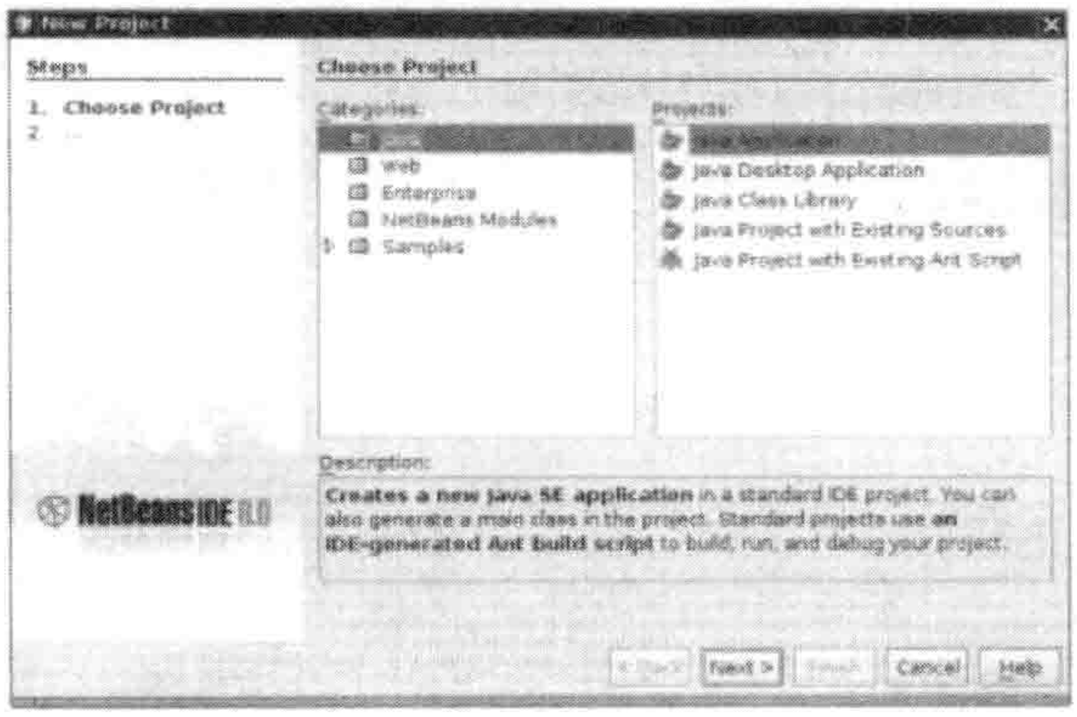


图 8-3 创建一个新工程

点击 Next 按钮。在下面的屏幕中，为你的应用程序设置一个名字（例如 `ImageViewer`），然后点击 Finish 按钮。现在，可以看到左边是一个工程视图，中间是源代码编辑器。

鼠标右击工程视图中的工程名，从菜单中选择 New → JFrame Form（参见图 8-4）。

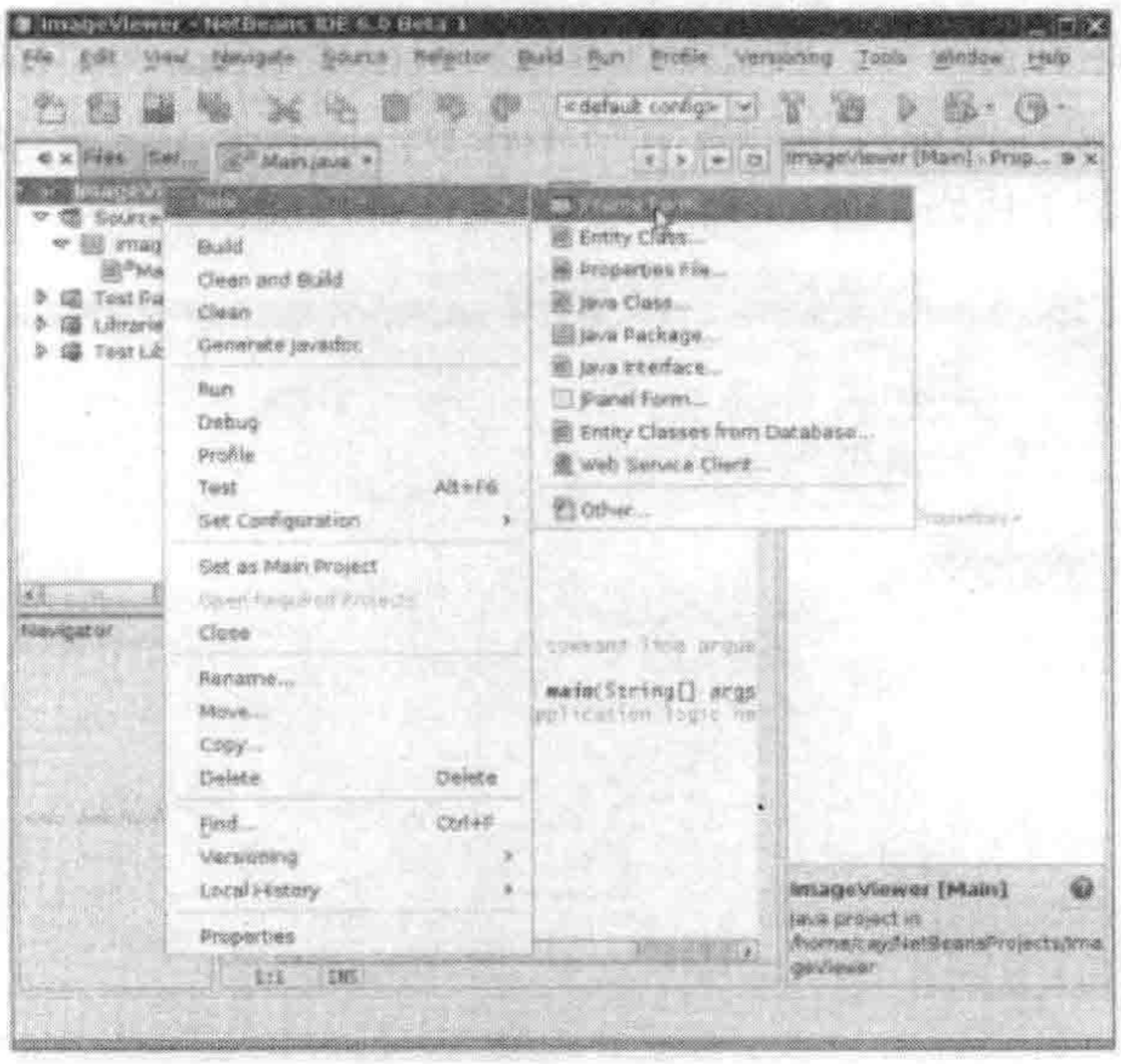


图 8-4 创建一个表单视图

这时会弹出一个对话框。键入 `frame` 类的名字（例如 `ImageViewerFrame`），然后点击 Finish 按钮。然后你就得到了一个表单编辑器，它带有一个空白的窗体。向要想在该表单中添加一个 bean，可以从位于表单编辑器右侧的选项板中选择 bean，然后点击框架。

图 8-5 展示了将一个 `ImageViewerBean` 添加到窗体上的效果。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

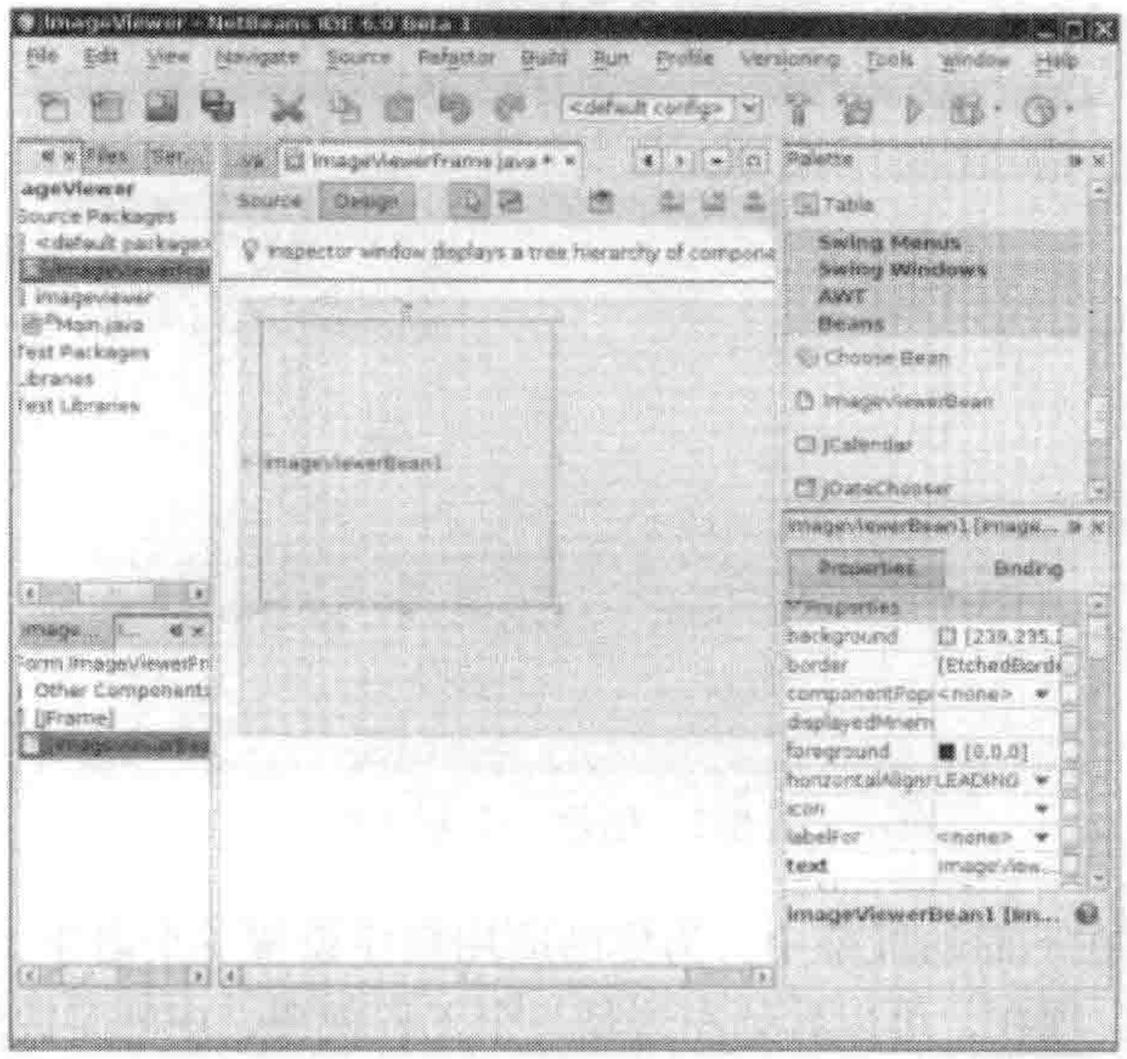


图 8-5 添加一个 bean

如果看一看代码编辑器窗口，就会发现源代码中包括了将 bean 对象添加到窗体中的 Java 指令（参见图 8-6）。源代码被可怕的警告括了起来，说明你不应该编辑它。在你修改表单时，如果开发环境更新了代码，那么任何的编辑工作都可能会丢失。

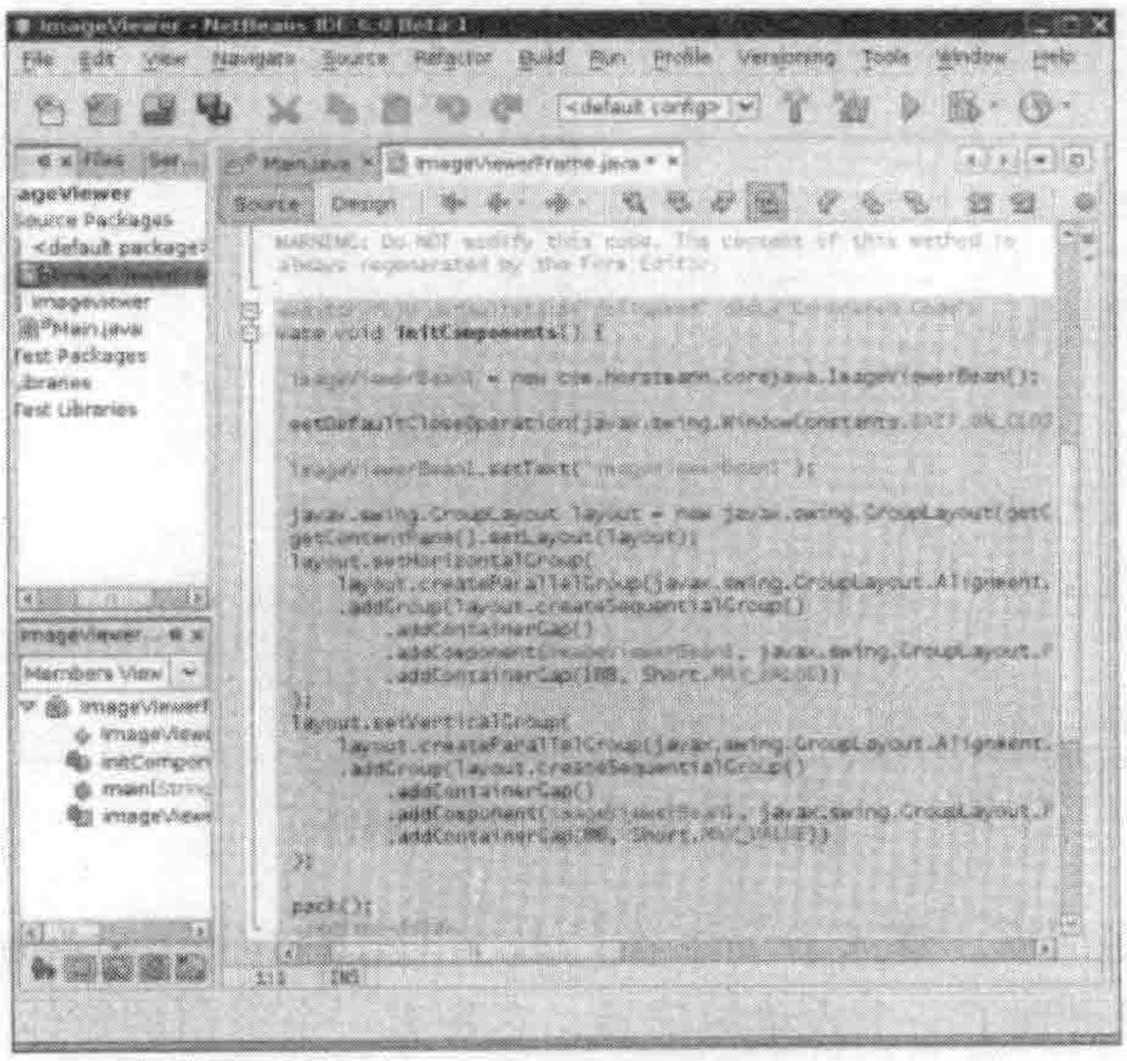


图 8-6 为添加 bean 而生成的源代码

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意：在构建应用程序的时候，并不要求开发环境去更新源代码。开发环境可以在你进行编辑的时候生成源代码，将你定制的 bean 序列化，或者可能产生一个与你的构建活动完全不同的描述。

例如，http://java.net/projects/bean-builder 上实验性的 Bean Builder 就可以让你在设计 GUI 应用程序时无需编写任何代码。

JavaBean 机制并没有对开发工具强加什么实现策略。它旨在向开发工具提供 bean 的信息，开发工具可以选择按自己的方式使用这些信息。

现在让我们回到表单视图，点击表单中的 `ImageViewerBean`。右手边是一个属性检查器，列出了 bean 各项属性的名字与当前值。这是基于构件的开发工具的核心部分，因为在设计阶段设置属性就是在设置一个构件的初始状态。

例如，可以修改图像 bean 所使用的标签的 text 属性，而这只需在属性检查器中键入一个新的名字即可。改变 `text` 属性很简单，只需在文本区中键入一个字符串。试着将标签文本改为“`Hello`”，以验证一下表单是否会立刻更新以反映你的修改（参见图 8-7）。

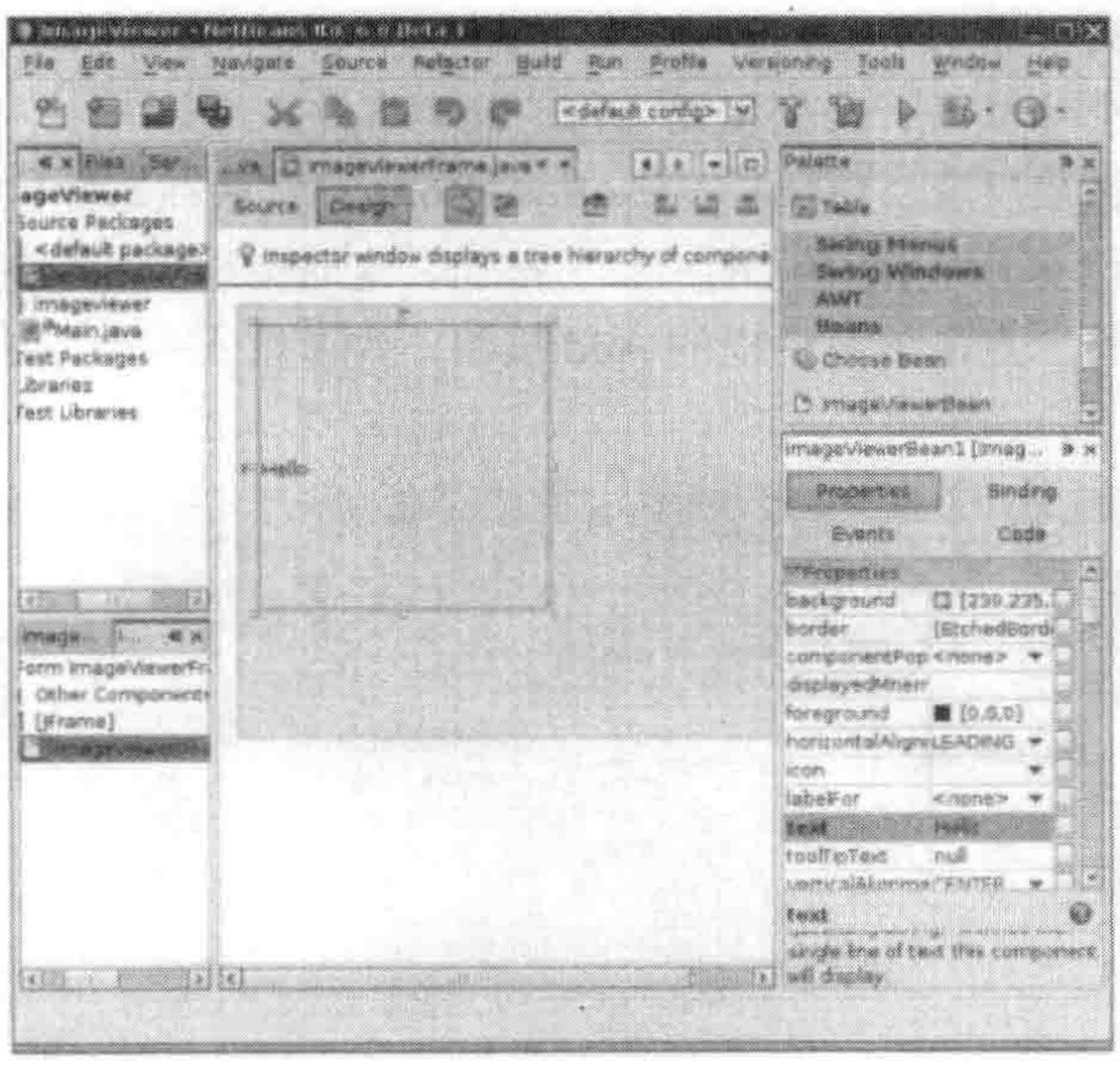


图 8-7 在属性检查器中改变一个属性

注意：当改变某个属性的设置时，NetBeans 环境会更新源码以反映你的动作。举例来说，如果将 `text` 字段设置为 `Hello`，那么

```
imageViewerBean.setText("Hello");
```

这条语句就会被添加到 `initComponents` 方法中。我们曾经提到过了，其他的开发工具可能采用不同的策略来记录属性的设置。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

属性不一定非要是字符串，它可以是任何 Java 类型的值。为了使设置任何类型的属性成为可能，开发工具采用了专门的属性编辑器。(属性编辑器或者来自于开发工具，或者由 bean 的开发者提供。在本章中你会看到如何开发自己的属性编辑器。)

下面我们以 foreground 属性为例，来看看一个简单的属性编辑器是如何工作的。该属性的类型为 Color，你可以看到一个颜色编辑器，它带有一个包含 [0,0,0] 字符串的文本域，以及一个标记为“...”的按钮，这个按钮可以启动一个颜色选择器。接下来试一下改变前景颜色，注意，你立刻就能看到属性值的变化：标签的文本颜色改变了。

还有更有趣的，试一试在属性检查器中为图像文件这个属性选择一个文件名，一旦这么做了，ImageViewerBean 就会自动显示该图像。

注意： 如果仔细看一看 NetBeans 中的属性检查器，就会发现大量奇怪的属性，例如 focusCycleRoot 和 iconTextGap。它们继承自父类 JLabel，后面将会看到如何在属性检查器中隐藏它们。

接下来继续开发我们的应用程序，将一个 FileNameBean 对象放在窗体中。现在，我们希望当 FileNameBean 的 fileName 属性发生变化时，图像即被加载。这可以通过一个 PropertyChange 事件来实现，我们稍候会讨论此类事件。

想要针对该事件做出反应，请选择 FileNameBean，然后在属性检查器中选择 Events 标签。然后点击 propertyChange 旁边的“...”按钮，这时会出现一个对话框，说明该事件还没有相关联的处理操作。点击该对话框的 Add 按钮，要求填入一个方法名（参见图 8-8），输入 loadImage。

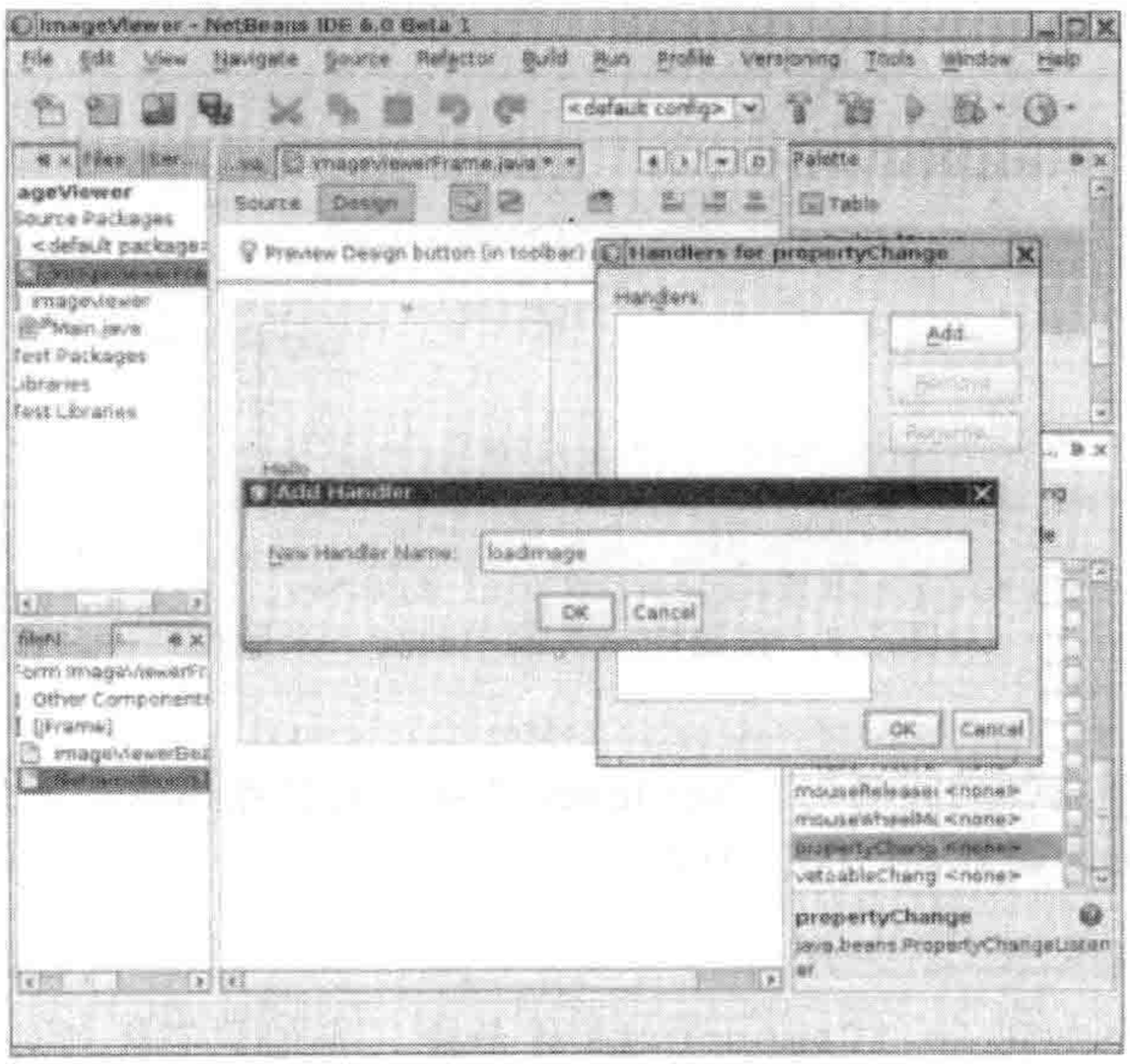


图 8-8 向 bean 中添加一个事件

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

现在来看看代码编辑器，事件处理代码已经被添加了进来，而且生成了一个新方法：

```
private void loadImage(java.beans.PropertyChange evt)
{
   // TODO add your handling code here
}
```

将如下代码添加到该方法中：

```
imageViewerBean1.setFileName(filePickerBean1.getFileName());
```

然后编译并执行这个窗体类。现在，你就有了一个完整的图像浏览器应用程序。点击“...”按钮，选择一个图像文件，该图像就会显示在图像浏览器中。

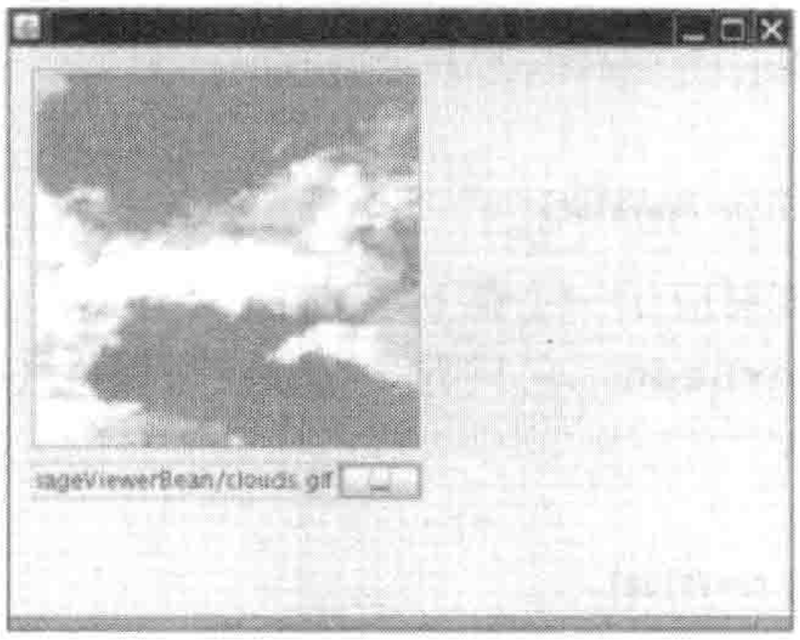


图 8-9　图像浏览器应用

这个过程说明，你可以通过 bean 来创建 Java 应用程序，而这只需设置一些属性，并为事件处理提供很少量的代码。

8.4　Bean 属性与事件的命名模式

这一节将介绍设计 bean 的一些基本规则。首先，需要强调一下，并没有什么通用的 bean 类能够供你继承。可视化的 bean 直接或间接地继承自 `Component` 类，但是非可视化的 bean 并不必继承任何特别的类。请记住，bean 就是一个在开发工具中可操作的类。开发工具并不会根据某个类的父类来决定它是否是一个 bean 类，开发工具要做的只是分析 bean 中方法的名字。要想顺利通过此项分析，bean 方法的命名就必须遵守某些模式。

注意：确实有一个 `java.beans.Beans` 类，但是它所有的方法都是静态的。继承它没有什么意义，即便如此，你会发现它偶尔也会被用到，估计是为了“清晰度”更好。很明显，因为一个 bean 不能同时继承 `Beans` 和 `Component`，因此这个方法对可视化 bean 不起作用。实际上，`Beans` 类包含的方法被设计为由开发工具调用，举例来说，在设计期间或运行期间，用来检查工具是否正在运行中。

其他用于可视化设计环境的语言，例如 Visual Basic 和 C#，都有诸如“Property”和“Event”之类的专有关键字，用以直接表达对应的概念。对于支持可视化编程，Java 规范的

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

设计者决定不增加关键字。因此，他们需要一点变通，以使开发工具能够分析 bean，了解 bean 的属性或事件。事实上，我们有两种变通的机制。如果 bean 的开发者为属性与事件采用了标准的命名模式，那么开发工具就可以使用反射机制，从而了解 bean 打算暴露出来的属性和事件。还有一种方法，bean 的开发者可以提供一个 bean 的信息类，由它告诉开发工具 bean 的属性和事件。我们决定采用命名模式，因为它们更易于上手。你将会看到，本章稍后还介绍了如何提供 bean 的信息类。

注意： 虽然相关文档称这些标准的命名模式为“设计模式”，但这些其实只是命名习惯罢了，与面向对象编程中用到的设计模式没有什么关系。

属性的命名模式非常简单：

```
public Type getPropertyName()
public void setPropertyName(Type newValue)
```

像上面这样成对的方法就对应于一个读 / 写属性。

例如我们的 ImageViewerBean，它只有一个读 / 写属性（表示要浏览的文件名），对应于以下这对方法：

```
public String getFileName()
public void setFileName(String newValue)
```

如果有一个 get 方法，但是没有相应的 set 方法，说明你定义了一个只读的属性。与此对应，只有 set 方法而没有相应的 get 方法，即是定义了一个只写的属性。

注意： 你创建的 get 和 set 方法能够做的可不仅仅局限于获取或设置一个私有数据域。与其他 Java 方法一样，它们可以执行任意的动作。举例来说，ImageViewerBean 类的 setFileName 方法不仅设置了 fileName 数据域的值，而且还打开了此文件并加载了图像。

注意： 在 Visual Basic 和 C# 中，属性也伴随着 get 和 set 方法。然而，在这两种语言中，你需要显式地定义属性，而不是让开发工具通过分析方法的名字来猜测程序员的意图。在这些语言中，属性还有一个优点：在赋值操作的左边使用属性的名字，就会自动调用 set 方法。在表达式中使用属性的名字，会自动调用 get 方法。例如，在 Visual Basic 中你可以这样写

```
imageBean.fileName = "corejava.gif"
```

以代替

```
imageBean.setFileName("corejava.gif");
```

而这正是 Java 所采用的语法，不过 Java 语言设计者认为，用看起来是在访问域的语法来隐藏方法调用的主意并不高明。

get/set 命名模式有一个例外，就是布尔类型的属性应该使用 is/set 命名模式，如下所示：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
public boolean isPropertyName()
public void setPropertyName(boolean b)
```

例如，一个动画可能有一个 running 属性，它有两个方法：

```
public boolean isRunning()
public void setRunning(boolean b)
```

setRunning 方法可以启动和停止动画，isRunning 方法用来报告它当前的状态。

注意： 布尔属性的访问器使用 get 前缀也是合法的（例如 getRunning），不过最好使用 is 前缀。

请当心方法名中的大写字母，JavaBean 规范的设计者决定，虽然我们例子中的 get 和 set 方法包含的是大写 F（getFileName，setFileName），但属性名应该是 fileName，使用小写的 f。bean 分析器会执行一个称为字母小写化（decapitalization）的步骤，推导出属性的名字。（也就是 get 或 set 之后的第一个字符被转为小写字母。）这个过程的合理之处在于，它使得方法和属性的名字对于程序员来说更为自然。

然而，如果开头两个字母都是大写字母（例如 getURL），那么属性的第一个字母就不会被改成小写字母。毕竟，如果属性名为 uRL 会显得很可笑。

注意： 如果你的类有一对 get 和 set 方法，但是它们与你希望用户在属性检查器中操作的属性并不对应，那你该怎么办呢？如果是你自己的类，你当然可以重命名你的属性以避免这种情况。然而，如果你是继承自其他类，那么你就继承了父类中的方法名。举例来说，如果你的 bean 继承自 JPanel 或 JLabel，这种情况就有可能会发生，因为属性检查器会列出大量你不感兴趣的属性。在本章稍后你会看到，如何通过提供 bean 信息来改写自动发现属性的过程。在 bean 的信息类中，可以为你的 bean 专门指定应该暴露的属性。

对于事件，命名模式也同样简单。当你提供用来添加或移除事件监听器的方法时，bean 的开发环境能够推导出你的 bean 将要生成的事件。所有事件类的名字必须以 Event 结尾，且必须继承自 EventObject 类。

假设你的 bean 会生成 EventNameEvent 类型的事件，那么监听器接口必须命名为 EventNameListener，同时，添加和删除监听器的方法必须命名为：

```
public void addEventNameListener(EventNameListener e)
public void removeEventNameListener(EventNameListener e)
public EventNameListener getEventNameListeners()
```

如果你浏览一下 ImageViewerBean 的代码，就会看到它没有要暴露的事件。然而，很多 Swing 构件都会产生事件，而它们都遵循此命名模式。例如，AbstractButton 类会产生 ActionEvent 对象，而且它具有以下方法，用来管理 ActionListener 对象：

```
public void addActionListener(ActionListener e)
public void removeActionListener(ActionListener e)
ActionListener[] getActionListeners()
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

警告：如果你的事件类不继承 EventObject 的话，你的代码也可能可以通过编译，因为你的代码可能没有用到 EventObject 类中的方法。然而，你的 bean 将会神秘地出现故障，因为自省机制（introspection mechanism）无法识别出你的事件。

8.5 Bean 属性的类型

一个复杂的 bean 会具有多种不同种类的属性和事件。属性可以很简单，就像你在 ImageViewerBean 和 FileNameBean 中看到的 fileName 那样；也可以很精巧复杂，例如我们后面的例子中会有颜色值，甚至数据点的数组。JavaBean 规范允许四种类型的属性，我们将用不同的示例来分别说明它们。

8.5.1 简单属性

简单属性只具有一个单独的值，例如一个字符串或者一个数字。ImageViewer 的 fileName 属性就是一个简单属性的例子。编写简单属性非常容易：就使用我们前面讲过的 set/get 命名惯例即可。例如，可以参看程序清单 8-1 的代码，它实现了一个简单的字符串属性：

```
public void setFileName(String f)
{
   fileName = f;
   image = . . .
   repaint();
}

public String getFileName()
{
   if (file == null) return "";
   else return file.getPath();
}
```

8.5.2 索引属性

索引属性指定了一个数组。使用索引属性，需要提供两对 get 和 set 方法：一对用于数组，一对用于数组内的单个元素。它们的命名必须遵守下面的模式：

```
Type[] getPropertyName()
void setPropertyName(Type[] newValue)
Type getPropertyName(int i)
void setPropertyName(int i, Type newValue)
```

例如，FileNameBean 对于文件扩展名使用了索引属性。它提供了四个方法：

```
private String[] extensions;
. . .
public String[] getExtensions() { return extensions; }
public void setExtensions(String[] newValue) { extensions = newValue; }
public String getExtensions(int i)
{
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
   if (0 <= i && i < extensions.length) return extensions[i];
   else return "";
}
public void setExtensions(int i, String newValue)
{
   if (0 <= i && i < extensions.length) extensions[i] = value;
}
```

setPropertyName(int i, Type x)方法不能用来扩充数组。要想扩充数组的容量，必须手动创建一个新的数组，然后将它传递给 setPropertyName(Type[] x)方法。

8.5.3 绑定属性

绑定属性会在属性值发生变化时，通知所有相关的监听器。举例来说，FileNameBean 中的 fileName 属性就是一个绑定属性。一旦文件名发生变化，就会自动通知 ImageViewerBean，然后由它加载新的文件。

为了实现一个绑定属性，必须实现两个机制。

1）无论何时，只要属性的值发生了变化，该 bean 必须发送一个 PropertyChange 事件给所有已注册的监听器。该变化可能发生在调用 set 方法时，或者某个其他方法（诸如“...”按钮的动作监听器）改变属性值时。

2）为了使感兴趣的监听器能够进行注册，bean 必须实现以下两个方法：

```
void addPropertyChangeListener(PropertyChangeListener listener)
void removePropertyChangeListener(PropertyChangeListener listener)
```

我们还推荐（但不是必需的）提供下面的方法。

```
PropertyChangeListener[] getPropertyChangeListeners()
```

java.beans 包有一个很实用的类，叫做 PropertyChangeSupport，它能够为你管理监听器。要使用这个类，需要添加一个类型为这个类的实例域：

```
private PropertyChangeSupport changeSupport = new PropertyChangeSupport(this);
```

这样就可以将添加和移除属性改变监听器的任务交给这个对象了。

```
public void addPropertyChangeListener(PropertyChangeListener listener)
{
   changeSupport.addPropertyChangeListener(listener);
}

public void removePropertyChangeListener(PropertyChangeListener listener)
{
   changeSupport.removePropertyChangeListener(listener);
}
public PropertyChangeListener[] getPropertyChangeListeners()
{
   return changeSupport.getPropertyChangeListeners();
}
```

无论何时，只要属性的值发生了变化，就应该使用 PropertyChangeSupport 对象的 firePropertyChange 方法，它会将一个事件发送给所有已注册的监听器。该方法有三个参

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

数：属性的名字、旧的值以及新的值。下面是典型的用于绑定属性的设置器的样本代码：

```
public void setValue(Type newValue)
{
   Type oldValue = getValue();
   value = newValue;
   changeSupport.firePropertyChange("propertyName", oldValue, newValue);
}
```

要激发一个对索引属性的修改，可以调用：

```
changeSupport.fireIndexedPropertyChange("propertyName", index, oldValue, newValue);
```

提示： 如果你的 bean 继承自某个类，而这个类最终继承自 Component 类，那么就不必实现 addPropertyChangeListener、removePropertyChangeListener 和 getPropertyChangeListeners 方法了。因为这些方法在超类 Component 中已经实现了。在属性变化时，要想通知监听器，只需调用超类 Component 中的 firePropertyChange 方法。但是，它不支持对索引属性修改的激发。

当属性的值发生变化时，如果其他的 bean 也想收到通知，那么它们必须实现 PropertyChange Listener 接口。该接口只有一个方法：

```
void propertyChange(PropertyChangeEvent event)
```

PropertyChangeEvent 对象持有属性的名字，以及旧值与新值，这些内容可以用 getPropertyName、getOldValue 和 getNewValue 方法获得。

如果属性的类型不是类类型，那么属性值对象就是常用的包装器类的实例。

8.5.4 约束属性

一个约束属性是指它受到某种约束，即任何监听器都可以“否决”它提出的改变，强迫其还原旧的设置。Java 库中只有很少的一些约束属性的例子，其中一个是 JInternalFrame 类的 closed 属性。如果某人在内部窗体上调用了 setClosed(true) 方法，那么它所有的 VetoableChangeListeners 都会收到通知。如果它们中的任何一个抛出 PropertyVetoException 异常，那么 closed 属性就不会改变，而且 setClosed 方法也会抛出同样的异常。特别是，如果某个 VetoableChangeListener 中的内容还没有保存，它就可以否决关闭窗体的提议。

要构建一个约束属性，你的 bean 必须包含下面两个方法，以管理 VetoableChangeListener 对象：

```
public void addVetoableChangeListener(VetoableChangeListener listener);
public void removeVetoableChangeListener(VetoableChangeListener listener);
```

它还应该有一个方法用来获取所有的监听器：

```
VetoableChangeListener[] getVetoableChangeListeners()
```

为了管理属性改变监听器，我们有一个很方便实用的类，同样，为了管理那些可否决修改的监听器，我们也有一个非常方便实用的类，叫做 VetoableChangeSupport。你的 bean

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

应该包含该类的一个对象。

```
private VetoableChangeSupport vetoSupport = new VetoableChangeSupport(this);
```

于是，增加和移除监听器的工作就全都可以交给这个对象代理了。例如：

```
public void addVetoableChangeListener(VetoableChangeListener listener)
{
   vetoSupport.addVetoableChangeListener(listener);
}
public void removeVetoableChangeListener(VetoableChangeListener listener)
{
   vetoSupport.removeVetoableChangeListener(listener);
}
```

为了更新一个约束属性，bean 要经历以下三个步骤：

1）将修改属性值的意图通知所有可否决修改的监听器。（使用 VetoableChangeSupport 类的 fireVetoableChange 方法。）

2）如果所有可否决修改的监听器都没有抛出 PropertyVetoException，就更新属性的值。

3）通知监听属性改变的所有监听器，确认有一个改变发生。

例如，

```
public void setValue(Type newValue) throws PropertyVetoException
{
   Type oldValue = getValue();
   vetoSupport.fireVetoableChange("value", oldValue, newValue);
   // survived, therefore no veto
   value = newValue;
   changeSupport.firePropertyChange("value", oldValue, newValue);
}
```

直到所有已注册的可否决修改的监听器都同意你提议的修改之后，属性的值才会真正改变，这一点很重要。相反地，可否决修改的监听器决不应该假设它同意的修改确实会发生。当某个修改确实发生的时候，惟一可靠的通知方式就是通过属性改变监听器。

注意： 如果你的 bean 扩展自 JComponent 类，就不需要一个单独的 VetoableChangeSupport 对象，直接调用 JComponent 超类的 fireVetoableChange 方法即可。注意，你不能对 JComponent 中的某个具体的属性安装可否决修改监听器，你需要监听所有的可否决修改。

我们就要结束关于 JavaBean 属性的讨论了，接下来是 FileNameBean 的完整代码（见程序清单 8-2）。FileNameBean 有一个索引属性 extensions，和一个受约束的 filename 属性。因为 FileNameBean 继承自 JPanel 类，我们就不必显式地使用 PropertyChangeSupport 对象了，可以直接依靠 JPanel 类的能力来管理属性改变监听器。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 8-2 filePicker/FilePickerBean.java

```
1  package filePicker;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.io.*;
6  import java.util.*;
7  import javax.swing.*;
8  import javax.swing.filechooser.*;
9
10 /**
11  * A bean for picking file names.
12  * @version 1.31 2012-06-10
13  * @author Cay Horstmann
14  */
15 public class FilePickerBean extends JPanel
16 {
17    private static final int XPREFSIZE = 200;
18    private static final int YPREFSIZE = 20;
19
20    private JButton dialogButton;
21    private JTextField nameField;
22    private JFileChooser chooser;
23    private String[] extensions = { "gif", "png" };
24    public FilePickerBean()
25    {
26       dialogButton = new JButton("...");
27       nameField = new JTextField(30);
28
29       chooser = new JFileChooser();
30       setPreferredSize(new Dimension(XPREFSIZE, YPREFSIZE));
31
32       setLayout(new GridBagLayout());
33       GridBagConstraints gbc = new GridBagConstraints();
34       gbc.weightx = 100;
35       gbc.weighty = 100;
36       gbc.anchor = GridBagConstraints.WEST;
37       gbc.fill = GridBagConstraints.BOTH;
38       gbc.gridwidth = 1;
39       gbc.gridheight = 1;
40       add(nameField, gbc);
41
42       dialogButton.addActionListener(new ActionListener()
43          {
44             public void actionPerformed(ActionEvent event)
45             {
46                chooser.setFileFilter(new FileNameExtensionFilter(Arrays.toString(extensions),
47                      extensions));
48                int r = chooser.showOpenDialog(null);
49                if (r == JFileChooser.APPROVE_OPTION)
50                {
51                   File f = chooser.getSelectedFile();
52                   String name = f.getAbsolutePath();
53                   setFileName(name);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
54                }
55             }
56          });
57       nameField.setEditable(false);
58
59       gbc.weightx = 0;
60       gbc.anchor = GridBagConstraints.EAST;
61       gbc.fill = GridBagConstraints.NONE;
62       gbc.gridx = 1;
63       add(dialogButton, gbc);
64    }
65
66    /**
67     * Sets the fileName property.
68     * @param newValue the new file name
69     */
70    public void setFileName(String newValue)
71    {
72       String oldValue = nameField.getText();
73       nameField.setText(newValue);
74       firePropertyChange("fileName", oldValue, newValue);
75    }
76
77    /**
78     * Gets the fileName property.
79     * @return the name of the selected file
80     */
81    public String getFileName()
82    {
83       return nameField.getText();
84    }
85
86    /**
87     * Gets the extensions property.
88     * @return the default extensions in the file chooser
89     */
90    public String[] getExtensions()
91    {
92       return extensions;
93    }
94
95    /**
96     * Sets the extensions property.
97     * @param newValue the new default extensions
98     */
99    public void setExtensions(String[] newValue)
100   {
101      extensions = newValue;
102   }
103
104   /**
105    * Gets one of the extensions property values.
106    * @param i the index of the property value
107    * @return the value at the given index
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
108     */
109    public String getExtensions(int i)
110    {
111       if (0 <= i && i < extensions.length) return extensions[i];
112       else return "";
113    }
114
115    /**
116     * Sets one of the extensions property values.
117     * @param i the index of the property value
118     * @param newValue the new value at the given index
119     */
120    public void setExtensions(int i, String newValue)
121    {
122       if (0 <= i && i < extensions.length) extensions[i] = newValue;
123    }
124 }
```

API *java.beans.PropertyChangeListener* 1.1

- `void propertyChange(PropertyChangeEvent event)`

  当发生了一个属性改变事件时该方法会被调用。

API java.beans.PropertyChangeSupport 1.1

- `PropertyChangeSupport(Object sourceBean)`

  构建一个 PropertyChangeSupport 对象，用来管理对给定 bean 的绑定属性的变化感兴趣的监听器。

- `void addPropertyChangeListener(PropertyChangeListener listener)`
- `void addPropertyChangeListener(String propertyName, PropertyChangeListener listener) 1.2`

  注册一个监听器，它对所有的绑定属性发生的改变都感兴趣，或者只是为指定名字的绑定属性注册一个监听器。

- `void removePropertyChangeListener(PropertyChangeListener listener)`
- `void removePropertyChangeListener(String propertyName, PropertyChangeListener listener) 1.2`

  移除一个之前注册过的属性变化监听器。

- `void firePropertyChange(String propertyName, Object oldValue, Object newValue)`
- `void firePropertyChange(String propertyName, int oldValue, int newValue) 1.2`
- `void firePropertyChange(String propertyName, boolean oldValue, boolean newValue) 1.2`

  向已注册的监听器发送一个 PropertyChangeEvent。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- void fireIndexedPropertyChange(String propertyName, int index, Object oldValue, Object newValue) 5.0
- void fireIndexedPropertyChange(String propertyName, int index, int oldValue, int newValue) 5.0
- void fireIndexedPropertyChange(String propertyName, int index, boolean oldValue, boolean newValue) 5.0

  向已注册的监听器发送一个 IndexedPropertyChangeEvent。
- PropertyChangeListener[] getPropertyChangeListeners() 1.4
- PropertyChangeListener[] getPropertyChangeListeners(String propertyName) 1.4

  获取对所有绑定属性的改变都感兴趣的监听器，或者只是获取指定名字属性的监听器。

API java.beans.PropertyChangeEvent 1.1

- PropertyChangeEvent(Object sourceBean, String propertyName, Object oldValue, Object newValue)

  构建一个新的 PropertyChangeEvent 对象，用来描述给定属性已经由 oldValue 变为 newValue。
- String getPropertyName()

  返回属性的名字。
- Object getNewValue()

  返回该属性的新值。
- Object getOldValue();

  返回该属性的旧值。

API java.beans.IndexedPropertyChangeEvent 5.0

- IndexedPropertyChangeEvent(Object sourceBean, String propertyName, Object oldValue, Object newValue, int index)

  构建一个新的 IndexedPropertyChangeEvent 对象，用来描述给定属性在指定索引位置的元素对象由 oldValue 变为 newValue。
- int getIndex()

  返回发生变化的元素的索引号。

API *java.beans.VetoableChangeListener* 1.1

- void vetoableChange(PropertyChangeEvent event)

  当属性将发生变化时调用此方法。如果该变化不可接受，会抛出 PropertyVetoException 异常。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API java.beans.VetoableChangeSupport 1.1

- VetoableChangeSupport(Object sourceBean)
  构建一个 PropertyChangeSupport 对象，用来管理参数 bean 上的约束属性的监听器。
- void addVetoableChangeListener(VetoableChangeListener listener)
- void addVetoableChangeListener(String propertyName, VetoableChangeListener listener) 1.2
  注册一个监听器，它对所有约束属性的变化都感兴趣，或者只为给定名字的约束属性注册一个监听器。
- void removeVetoableChangeListener(VetoableChangeListener listener)
- void removeVetoableChangeListener(String propertyName, VetoableChangeListener listener) 1.2
  移除之前注册的一个可否决修改的监听器。
- void fireVetoableChange(String propertyName, Object oldValue, Object newValue)
- void fireVetoableChange(String propertyName, int oldValue, int newValue) 1.2
- void fireVetoableChange(String propertyName, boolean oldValue, boolean newValue) 1.2
  向已注册的监听器发送一个 VetoableChangeEvent 事件。
- VetoableChangeListener[] getVetoableChangeListeners() 1.4
- VetoableChangeListener[] getVetoableChangeListeners(String propertyName) 1.4
  获取对所有约束属性的变化都感兴趣的监听器，或者返回指定名字的绑定属性的监听器。

API java.awt.Component 1.0

- void addPropertyChangeListener(PropertyChangeListener listener) 1.2
- void addPropertyChangeListener(String propertyName, PropertyChangeListener listener) 1.2
  注册一个监听器，它对所有绑定属性的变化都感兴趣，或注册一个只对指定名字的绑定属性感兴趣的监听器。
- void removePropertyChangeListener(PropertyChangeListener listener) 1.2
- void removePropertyChangeListener(String propertyName, PropertyChangeListener listener) 1.2
  移除之前注册的一个属性改变监听器。
- void firePropertyChange(String propertyName, Object oldValue,

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

Object newValue) 1.2

向已注册监听器发送一个 PropertyChangeEvent 事件。

API javax.swing.JComponent 1.2

- void addVetoableChangeListener(VetoableChangeListener listener)

  注册一个监听器，对所有约束属性的变化感兴趣，或者注册一个只对指定名字的约束属性感兴趣的监听器。

- void removeVetoableChangeListener(VetoableChangeListener listener)

  移除之前注册的一个可否决修改的监听器。

- void fireVetoableChange(String propertyName, Object oldValue, Object newValue)

  向已注册监听器发送一个 VetoableChangeEvent 事件。

API java.beans.PropertyVetoException 1.1

- PropertyVetoException(String message, PropertyChangeEvent event)

  生成一个新的 PropertyVetoException。

- PropertyChangeEvent getPropertyChangeEvent()

  返回 PropertyChangeEvent，用来构建 PropertyVetoException 异常。

8.6 BeanInfo 类

如果你的 bean 中的方法使用了标准的命名模式，那么开发工具就可以使用反射机制来确定 bean 的特征，例如属性以及事件。这个过程使得 bean 的编程非常容易，但是，命名模式最终也有其局限。当你的 bean 变得复杂的时候，bean 就会有一些特征无法通过命名模式来揭示。还有我们已经提到过的，很多 bean 都具有不应该对应到 bean 属性的 get/set 方法对。

如果你需要更灵活的方式来描述有关 bean 的信息，可以定义一个实现了 BeanInfo 接口的对象。只要你提供了这样的对象，开发工具就会通过询问它来识别你的 bean 具有的特性。

bean 信息类的名字必须是通过将 BeanInfo 添加到 bean 的名字后面而构成的。举例来说，与 ImageViewerBean 类关联的 bean 信息类必须命名为 ImageViewerBeanBeanInfo。bean 信息类还必须与 bean 在同一个包中。

一般情况下，你的类并不需要实现 BeanInfo 接口中的所有方法。但是，你应该继承 SimpleBeanInfo 类，它很实用，提供了 BeanInfo 接口中所有方法的默认实现。

使用 BeanInfo 类最常见的原因是为了获取对 bean 属性的控制权。这样的话，你只需提供属性名和所属的 bean 类，就可以为每个属性构建一个 PropertyDescriptor。

```
PropertyDescriptor descriptor = new PropertyDescriptor("fileName", FilePickerBean.class);
```

然后实现 BeanInfo 类中的 getPropertyDescriptors 方法，使它返回一个数组，其

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

中包含了所有的属性描述符。

例如，假设 ImageViewerBean 想隐藏它由超类 JLabel 继承而来的所有属性，只暴露出 fileName 属性，那么下面的 BeanInfo 类就可以做到这一点：

```
// bean info class for ImageViewerBean
public class ImageViewerBeanBeanInfo extends SimpleBeanInfo
{
   private PropertyDescriptor[] propertyDescriptors;

   public ImageViewerBeanBeanInfo()
   {
      try
      {
         propertyDescriptors = new PropertyDescriptor[]
         {
            new PropertyDescriptor("fileName", FilePickerBean.class);
         }
      }
      catch (IntrospectionException e)
      {
         e.printStackTrace();
      }
   }

   public PropertyDescriptor[] getPropertyDescriptors()
   {
      return propertyDescriptors;
   }
}
```

其他方法还可以返回 EventSetDescriptor 和 MethodDescriptor 数组，但是它们不常用。如果其中一个方法返回 null（SimpleBeanInfo 中的方法就是如此），那么标准命名模式就派上用场了。无论如何，如果你覆盖了其中一个方法，使它返回一个非 null 数组，那么该数组必须包含所有的属性、事件、或者方法。

注意： 有的时候，读者可能希望编写具有通用性的代码，用来发现任意 bean 的属性或事件。这时可以调用 Introspector 类中的静态方法 getBeanInfo。Introspector 会构建出一个 BeanInfo 类，而它完整地描述了 bean，而你则可以参考这个 BeanInfo 类中携带的信息。

BeanInfo 接口中另一个有用的方法是 getIcon，可以利用它给你的 bean 自定义一个图标，开发工具将在选项板中显示该图标。实际上，你可以指定四个独立的图标位图。BeanInfo 接口有四个常量，涵盖了各种标准尺寸：

```
ICON_COLOR_16x16
ICON_COLOR_32x32
ICON_MONO_16x16
ICON_MONO_32x32
```

在下面的类中，我们使用了 SimpleBeanInfo 类中的便利方法 loadImage 来加载一个

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

图标的图像：

```
public class ImageViewerBeanBeanInfo extends SimpleBeanInfo
{
   private Image iconColor16;
   private Image iconColor32;
   private Image iconMono16;
   private Image iconMono32;
   public ImageViewerBeanBeanInfo()
   {
      iconColor16 = loadImage("ImageViewerBean_COLOR_16x16.gif");
      iconColor32 = loadImage("ImageViewerBean_COLOR_32x32.gif");
      iconMono16 = loadImage("ImageViewerBean_MONO_16x16.gif");
      iconMono32 = loadImage("ImageViewerBean_MONO_32x32.gif");
   }

   public Image getIcon(int iconType)
   {
      if (iconType == BeanInfo.ICON_COLOR_16x16) return iconColor16;
      else if (iconType == BeanInfo.ICON_COLOR_32x32) return iconColor32;
      else if (iconType == BeanInfo.ICON_MONO_16x16) return iconMono16;
      else if (iconType == BeanInfo.ICON_MONO_32x32) return iconMono32;
      else return null;
   }
}
```

API java.beans.Introspector 1.1

- `static BeanInfo getBeanInfo(Class<?> beanClass)`

  获取指定类的 bean 信息。

API *java.beans.BeanInfo* 1.1

- `PropertyDescriptor[] getPropertyDescriptors()`

  返回 bean 属性的描述符。如果返回 `null`，则表示应该用命名规则来查找属性。

- `Image getIcon(int iconType)`

  返回一个图像对象，它在工具箱、工具条，或类似的地方表示该 bean。如前所述，有四个常量表示四种标准类型的图标。

API java.beans.SimpleBeanInfo 1.1

- `Image loadImage(String resourceName)`

  返回与资源相关联的一个图像对象文件。资源名是一个路径名，该路径是相对于包含 bean 信息类的目录的路径。

API java.beans.FeatureDescriptor 1.1

- `String getName()`
- `void setName(String name)`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

获得或设置该特性在程序中的名字。

- String getDisplayName()
- void setDisplayName(String displayName)

  获取或设置该特性用以显示的名字。默认值是 getName 的返回值。然而，当前还没有显式地支持以多种本地语言提供属性的名字。
- String getShortDescription()
- void setShortDescription(String text)

  获取或设置一个字符串，开发工具使用它为该特性提供一个简短的描述。默认值是 getDisplayName 的返回值。
- boolean isExpert()
- void setExpert(boolean b)

  获取或设置一个专家标记，开发工具可用它来决定是否对普通用户隐藏某个特性。
- boolean isHidden()
- void setHidden(boolean b)

  获取或设置一个标记，开发工具根据它决定是否应该隐藏此特性。

API java.beans.PropertyDescriptor 1.1

- PropertyDescriptor(String propertyName, Class<?> beanClass)
- PropertyDescriptor(String propertyName, Class<?> beanClass, String getMethod, String setMethod)

  构建一个 PropertyDescriptor 对象。在自省时如果发生错误，该方法会抛出 IntrospectionException 异常。第一个构造器假设你遵守了 get 和 set 方法的标准命名惯例。
- Class<?> getPropertyType()

  针对属性的类型返回一个 Class 对象。
- Method getReadMethod()
- Method getWriteMethod()

  返回获取和设置属性的方法。

API java.beans.IndexedPropertyDescriptor 1.1

- IndexedPropertyDescriptor(String propertyName, Class<?> beanClass)
- IndexedPropertyDescriptor(String propertyName, Class<?> beanClass, String getMethod, String setMethod, String indexedGetMethod, String indexedSetMethod)

  为带索引的属性构造一个 IndexedPropertyDescriptor。第一个构造器假设你遵守了 get 和 set 方法标准的命名惯例。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- Method getIndexedReadMethod()
- Method getIndexedWriteMethod()

  返回获取和设置属性中的索引值的方法。

8.7 属性编辑器

如果向 bean 添加一个整数或字符串的属性，它会自动在 bean 的属性检查器中显示出来。但是，如果你添加的属性的值不能在文本域中方便地编辑，例如日期或 Color，那会怎么样呢？这就需要你提供一个单独的构件，用户可以通过它来设定属性值。这样的构件就称为属性编辑器。例如，一个日期对象的属性编辑器，它可以是一个日历，用户可以滚动月份选择一个日期。而 Color 对象的属性编辑器则允许用户选择所需颜色的红、绿、蓝成分。

实际上，NetBeans 已经提供了颜色属性编辑器。当然，还有诸如 String（一个文本域）和 boolean（一个检验栏）这样的基本类型的属性编辑器。

我们简要介绍一下提供一个全新的属性编辑器的过程。首先，为你的 bean 创建一个 bean 信息类，并覆盖 getPropertyDescriptors 方法。这个方法返回一个 PropertyDescriptor 对象数组。为需要在属性编辑器中显示的每一个属性都创建一个对象，即使是只需要使用默认属性编辑器的那些属性也是如此。

用属性名和包含该属性的 bean 类，来构建一个 PropertyDescriptor。

```
PropertyDescriptor descriptor = new PropertyDescriptor("titlePosition", ChartBean.class);
```

然后调用 PropertyDescriptor 类上的 setPropertyEditorClass 方法。

```
descriptor.setPropertyEditorClass(TitlePositionEditor.class);
```

接下来，为你的 bean 的属性构建一个描述符数组。例如，我们讨论过的 chart bean，它有五个属性：

- 一个 Color 属性，graphColor。
- 一个 String 属性，title。
- 一个 int 属性，titlePosition。
- 一个 double[] 属性，values。
- 一个 boolean 属性，inverse。

程序清单 8-3 就是 ChartBeanBeanInfo 类的代码，它为这些属性指定了属性编辑器，实现了以下两个目标：

1）getPropertyDescriptors 方法为每个属性返回一个描述符。title 和 graphColor 属性使用默认的编辑器，也就是开发工具自带的字符串编辑器和颜色编辑器。

2）titlePosition、values 和 inverse 属性使用专门的编辑器，分别是 TitlePosition Editor、DoubleArrayEditor 和 InverseEditor。

图 8-10 展示了 chart bean。可以看到 title 在顶部，它的位置也可以设置为左、中、右。values 属性指明了图的值。如果 inverse 属性为真，那么背景就会有颜色，而图表中的柱

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

图就为白色。你可以在本书附带的代码中找到 chart bean 的代码，它修改自第 1 卷第 10 章的 chart applet。

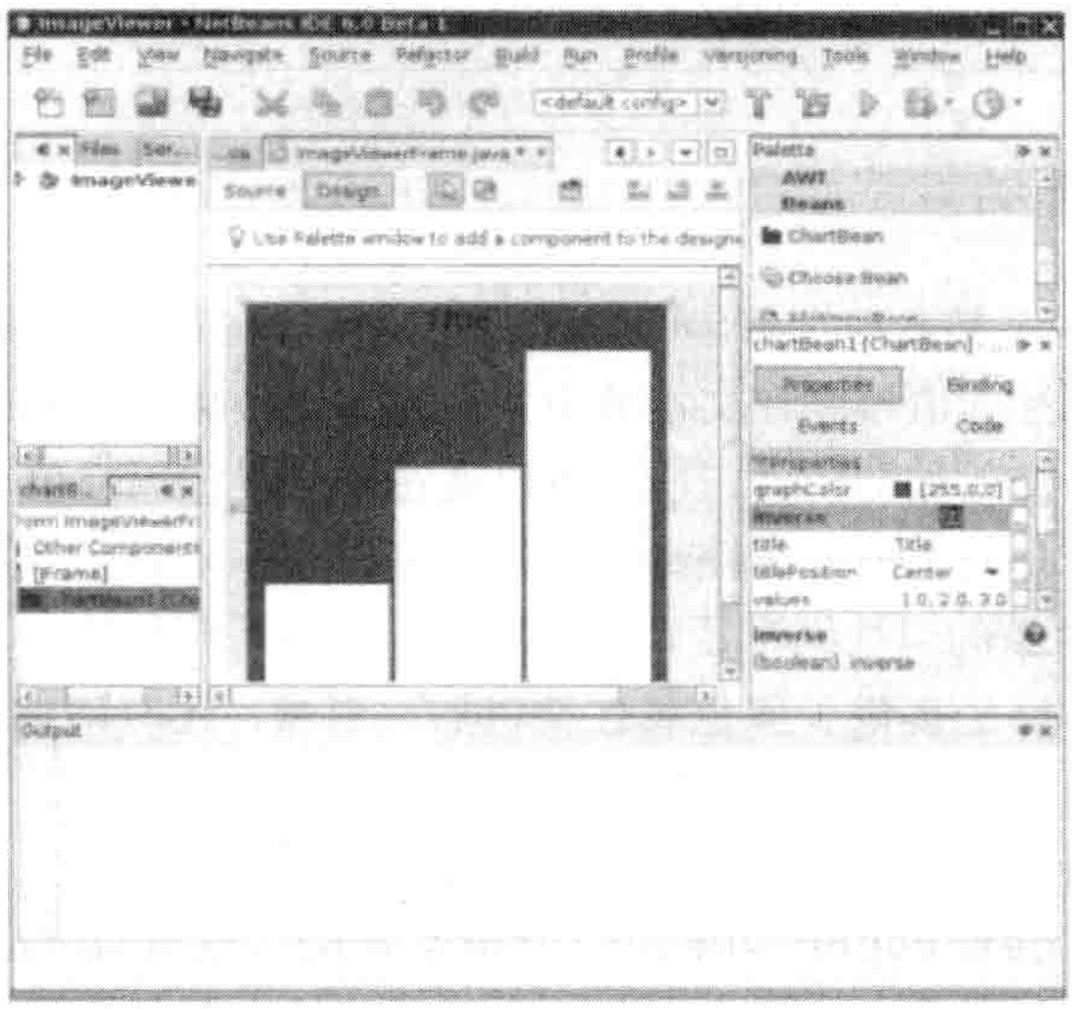


图 8-10 chart bean

程序清单 8-3 chart/ChartBeanBeanInfo.java

```
1  package chart;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.beans.*;
5
6  /**
7   * The bean info for the chart bean, specifying the property editors.
8   * @version 1.20 2007-10-05
9   * @author Cay Horstmann
10  */
11 public class ChartBeanBeanInfo extends SimpleBeanInfo
12 {
13    private PropertyDescriptor[] propertyDescriptors;
14    private Image iconColor16;
15    private Image iconColor32;
16    private Image iconMono16;
17    private Image iconMono32;
18    public ChartBeanBeanInfo()
19    {
20       iconColor16 = loadImage("ChartBean_COLOR_16x16.gif");
21       iconColor32 = loadImage("ChartBean_COLOR_32x32.gif");
22       iconMono16 = loadImage("ChartBean_MONO_16x16.gif");
23       iconMono32 = loadImage("ChartBean_MONO_32x32.gif");
24
25       try
26       {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
27          PropertyDescriptor titlePositionDescriptor = new PropertyDescriptor("titlePosition",
28                ChartBean.class);
29          titlePositionDescriptor.setPropertyEditorClass(TitlePositionEditor.class);
30          PropertyDescriptor inverseDescriptor = new PropertyDescriptor("inverse", ChartBean.class);
31          inverseDescriptor.setPropertyEditorClass(InverseEditor.class);
32          PropertyDescriptor valuesDescriptor = new PropertyDescriptor("values", ChartBean.class);
33          valuesDescriptor.setPropertyEditorClass(DoubleArrayEditor.class);
34          propertyDescriptors = new PropertyDescriptor[] {
35                new PropertyDescriptor("title", ChartBean.class), titlePositionDescriptor,
36                valuesDescriptor, new PropertyDescriptor("graphColor", ChartBean.class),
37                inverseDescriptor };
38       }
39       catch (IntrospectionException e)
40       {
41          e.printStackTrace();
42       }
43    }
44
45    public PropertyDescriptor[] getPropertyDescriptors()
46    {
47       return propertyDescriptors;
48    }
49
50    public Image getIcon(int iconType)
51    {
52       if (iconType == BeanInfo.ICON_COLOR_16x16) return iconColor16;
53       else if (iconType == BeanInfo.ICON_COLOR_32x32) return iconColor32;
54       else if (iconType == BeanInfo.ICON_MONO_16x16) return iconMono16;
55       else if (iconType == BeanInfo.ICON_MONO_32x32) return iconMono32;
56       else return null;
57    }
58 }
```

API java.beans.PropertyDescriptor 1.1

- `PropertyDescriptor(String name, Class <?> beanClass)`

  构建一个 PropertyDescriptor 对象。

  参数：name　　属性的名字

  beanClass　　该属性所属的 bean 的类

- `void setPropertyEditorClass(Class <?> editorClass)`

  设置该属性将使用的属性编辑器的类。

API java.beans.BeanInfo 1.1

- `PropertyDescriptor[] getPropertyDescriptors()`

  返回每一个属性所对应的描述符，这些属性都是会在 bean 的属性检查器中显示的属性。

编写属性编辑器

在深入编写属性编辑器的机制之前，我们还应该指出一点，编辑器受开发工具的控制，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

而不是受 bean 的控制。当开发工具显示属性检查器时，它会对每个 bean 属性执行下面的步骤：

1）实例化一个属性编辑器。

2）向 bean 询问该属性的当前值。

3）然后要求属性编辑器显示该值。

属性编辑器必须提供默认的无参构造器，并实现 PropertyEditor 接口。通常我们都会去扩展便利的 PropertyEditorSupport 类，它提供了该接口中的方法的默认实现版本。

对于你所写的每个属性编辑器，都需要在三种显示和编辑属性值的方式中选择一种：

- 作为文本字符串处理（定义 getAsText 和 setAsText）。
- 作为选择域处理（定义 getAsText、setAsText 和 getTags）。
- 通过绘制按照图形化的方式处理（定义 isPaintable、paintValue、supportsCustomEditor 和 getCustomEditor）。

下面我们将进一步讨论这些不同的选择。

1. 简单属性编辑器

简单属性编辑器使用的是文本字符串，需要覆盖 setAsText 和 getAsText 方法。例如对于我们的图表 bean，可以设置它的一个属性来决定标题显示的位置：居左、居中或居右。这些选择其实是作为枚举来实现的。

```
public enum Position { LEFT, CENTER, RIGHT };
```

当然，我们不会让它们就以大写字符串 LEFT、CENTER、RIGHT 的形式显示在文本域中，除非我们想进入“用户接口恐怖名人堂”。因此，我们定义了一个属性编辑器，它的 getAsText 方法会把让开发者喜欢的字符串取出来。

```
class TitlePositionEditor extends PropertyEditorSupport
{
   private String[] tags = { "Left", "Center", "Right" };
   . . .
   public String getAsText()
   {
      int index = ((ChartBean.Position) getValue()).ordinal();
      return tags[index];
   }
}
```

理想情况下，这些字符串应该按照当前的 Locale 进行显示，而不一定非要是英语的，但是我们将这个任务留给读者作为一个练习去完成。

反过来，我们需要提供一个方法将文本字符串转换回属性值：

```
public void setAsText(String s)
{
   int index = Arrays.asList(tags).indexOf(s);
   if (index >= 0) setValue(ChartBean.Position.values()[index]);
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果我们只提供这两个方法，属性检查器就会提供一个文本框，它是通过对 getAsText 进行调用而初始化的，而在我们完成编辑时，setAsText 会被调用。当然，在上述情况中，这个属性编辑器对于 titlePosition 属性来说并不是一个很好的选择，当然，除非我们正打算争夺进入“用户接口羞耻名人堂”的入场券。更好的办法是在组合框中将所有可能的设置都显示出来（参见图 8-11）。PropertyEditorSupport 类给出了一个简单的机制，用于表明组合框才是恰当的显示方法。我们只需编写一个 getTags 方法，它返回一个字符串数组。

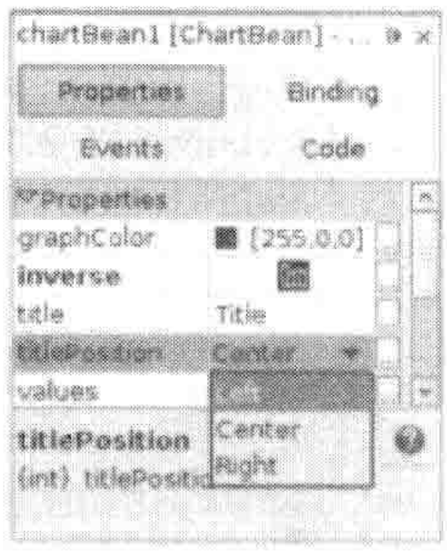


图 8-11 自定义的属性编辑器

```
public String[] getTags() { return tags; }
```

getTags 方法默认返回 null，表示文本框才是适合用来编辑该属性值的方式。即便提供了 getTags 方式，我们仍需提供 getAsText 和 setAsText 方法。getTags 方法直接指出哪些字符串应该呈现给用户，而 getAsText 和 setAsText 方法负责在字符串与该属性的数据类型（可以是字符串、整数，或某种完全不同的类型）之间的转换工作。

最后，属性编辑器应该实现 getJavaInitializationString 方法。通过使用这个方法，可以向开发工具提供将一个属性设置为其当前值的 Java 代码，开发工具将由用这些代码构成的字符串进行自动代码生成。下面是用于 TitlePositionEditor 的方法：

```
public String getJavaInitializationString()
{
   return ChartBean.Position.class.getName().replace('$', '.') + "." + getValue();
}
```

这个方法将返回诸如 "chart.ChartBean.Position.LEFT" 这样的字符串。试着在 NetBeans 中使用它：如果你编辑 titlePosition 属性，那么 NetBeans 就会插入像下面这样的代码：

```
chartBean1.setTitlePosition(chart.ChartBean.Position.LEFT);
```

本例中，这个代码有些麻烦，因为 ChartBean.Position.class.getName() 的返回值是字符串 "chart.ChartBean$Position"，我们需要用句点来替换 $，并追加在枚举值上调用 toString 方法得到的结果。

注意：如果一个属性有自定义的编辑器，而这个编辑器没有实现 getJavaInitializationString 方法，那么 NetBeans 就不了解应该如何生成代码，于是就产生了具有 ??? 参数的设置方法。

程序清单 8-4 包含了此属性编辑器的完整代码。

程序清单 8-4 chart/TitlePositionEditor.java

```
1 package chart;
2
3 import java.beans.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
4  import java.util.*;
5
6  /**
7   * A custom editor for the titlePosition property of the ChartBean. The editor lets the user
8   * choose between Left, Center, and Right
9   * @version 1.20 2007-12-14
10  * @author Cay Horstmann
11  */
12 public class TitlePositionEditor extends PropertyEditorSupport
13 {
14    private String[] tags = { "Left", "Center", "Right" };
15
16    public String[] getTags()
17    {
18       return tags;
19    }
20
21    public String getJavaInitializationString()
22    {
23       return ChartBean.Position.class.getName().replace('$', '.') + "." + getValue();
24    }
25
26    public String getAsText()
27    {
28       int index = ((ChartBean.Position) getValue()).ordinal();
29       return tags[index];
30    }
31
32    public void setAsText(String s)
33    {
34       int index = Arrays.asList(tags).indexOf(s);
35       if (index >= 0) setValue(ChartBean.Position.values()[index]);
36    }
37 }
```

2. 基于 GUI 的属性编辑器

更复杂的属性类型则不应该作为文本来编辑，而是应该在属性检查器中显示图形化的表示，而属性检查器的这个小区域在其他情况下持有的是一个文本框或者组合框。当用户点击该区域时，会弹出一个自定义的编辑器对话框（参见图 8-12）。这个对话框包含一个由属性编辑器提供的用来编辑属性值的构件，还有由开发工具提供的各种按钮。在本例中，定制的编辑器非常简约，只包含一个按钮。本书附带的代码包含一个用于编辑图表值的更精致的编辑器。

要开发一个基于 GUI 的属性编辑器，首先要告诉属性检查器你将画出属性的值，而不是使用字符串。然后覆盖 `PropertyEditor` 接口中的 `getAsText` 方法，使之返回 `null`，并且令 `isPaintable` 方法返回 `true`。

然后，要实现 `paintValue` 方法。它接收一个 `Graphics` 上下文和相应的矩形区域作为参数，你将在该矩形区域内画图。请注意，该矩形通常比较小，因此你不能使用很复杂的表达方式。我们只是画了两个图标中的一个（参见图 8-11）。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
public void paintValue(Graphics g, Rectangle box)
{
   ImageIcon icon = (Boolean) getValue() ? inverseIcon : normalIcon;
   int x = bounds.x + (bounds.width - icon.getIconWidth()) / 2;
   int y = bounds.y + (bounds.height - icon.getIconHeight()) / 2;
   g.drawImage(icon.getImage(), x, y, null);
}
```

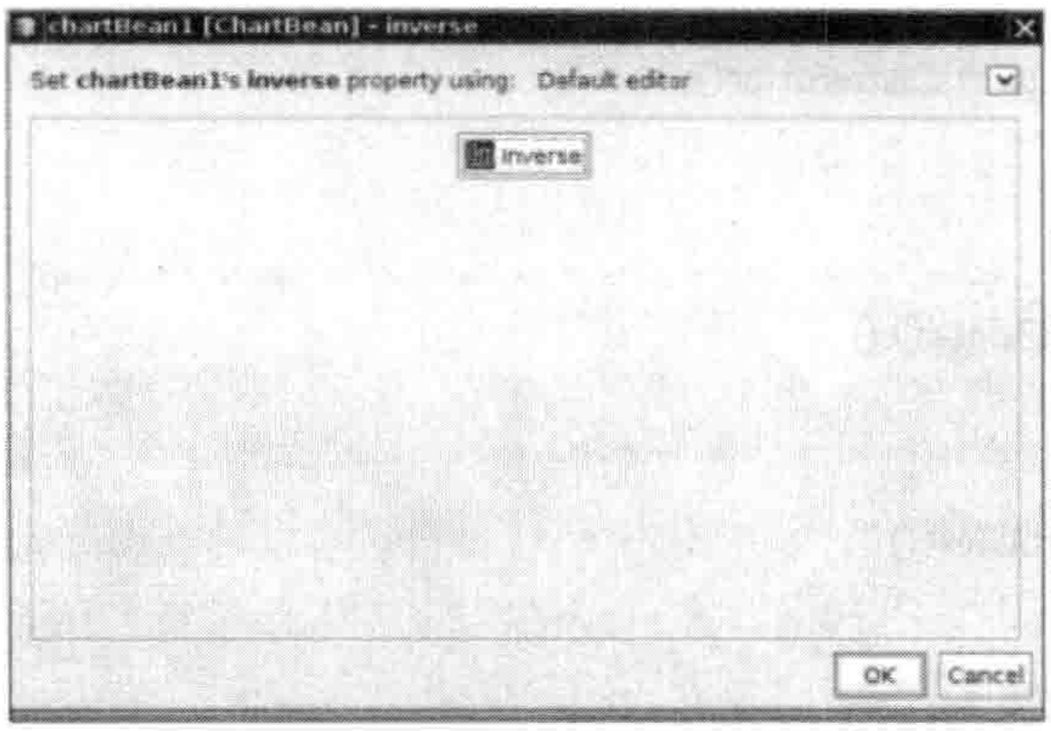


图 8-12 一个自定义的编辑器对话框

当然，这个图形化的表示是不可编辑的。用户必须点击它，才能弹出一个自定义的编辑器。

通过覆写 PropertyEditor 接口的 supportsCustomEditor 方法，使之返回 true，就可以表示你将使用一个自定义的编辑器。

接下来，由 PropertyEditor 接口的 getCustomEditor 方法构造并返回一个自定义编辑器类的对象。

程序清单 8-5 展示了在属性检查器中显示当前属性值的 InverseEditor 的代码。

程序清单 8-6 展示了用于修改这个值的自定义的编辑器面板的代码。

程序清单 8-5 chart/InverseEditor.java

```
1  package chart;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.beans.*;
5  import javax.swing.*;
6
7  /**
8   * The property editor for the inverse property of the ChartBean. The inverse property toggles
9   * between colored graph bars and colored background.
10  * @version 1.30 2007-10-03
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class InverseEditor extends PropertyEditorSupport
14 {
15    private ImageIcon normalIcon = new ImageIcon(getClass().getResource("ChartBean_MONO_16x16.gif"));
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
16
17    private ImageIcon inverseIcon = new ImageIcon(getClass().getResource(
18          "ChartBean_INVERSE_16x16.gif"));
19
20    public Component getCustomEditor()
21    {
22       return new InverseEditorPanel(this);
23    }
24
25    public boolean supportsCustomEditor()
26    {
27       return true;
28    }
29
30    public boolean isPaintable()
31    {
32       return true;
33    }
34    public String getAsText()
35    {
36       return null;
37    }
38
39    public String getJavaInitializationString()
40    {
41       return "" + getValue();
42    }
43
44    public void paintValue(Graphics g, Rectangle bounds)
45    {
46       ImageIcon icon = (Boolean) getValue() ? inverseIcon : normalIcon;
47       int x = bounds.x + (bounds.width - icon.getIconWidth()) / 2;
48       int y = bounds.y + (bounds.height - icon.getIconHeight()) / 2;
49       g.drawImage(icon.getImage(), x, y, null);
50    }
51 }
```

程序清单 8-6 chart/InverseEditorPanel.java

```
1  package chart;
2
3  import java.awt.event.*;
4  import java.beans.*;
5  import javax.swing.*;
6
7  /**
8   * The panel for setting the inverse property. It contains a button to toggle between normal and
9   * inverse coloring.
10  * @version 1.30 2007-10-03
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class InverseEditorPanel extends JPanel
14 {
15    private JButton button;
16    private PropertyEditorSupport editor;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
17    private ImageIcon normalIcon = new ImageIcon(getClass().getResource("ChartBean_MONO_16x16.gif"));
18
19    public InverseEditorPanel(PropertyEditorSupport ed)
20    {
21       editor = ed;
22       button = new JButton();
23       updateButton();
24       button.addActionListener(new ActionListener()
25          {
26             public void actionPerformed(ActionEvent event)
27             {
28                editor.setValue(!(Boolean) editor.getValue());
29                updateButton();
30             }
31          });
32       add(button);
33    }
34
35    private void updateButton()
36    {
37       if ((Boolean) editor.getValue())
38       {
39          button.setIcon(inverseIcon);
40          button.setText("Inverse");
41       }
42       else
43       {
44          button.setIcon(normalIcon);
45          button.setText("Normal");
46       }
47    }
48
49    private ImageIcon inverseIcon = new ImageIcon(getClass().getResource(
50          "ChartBean_INVERSE_16x16.gif"));
51 }
```

API *java.beans.PropertyEditor 1.1*

- `Object getValue()`

  返回属性的当前值，基本类型会被封装到对象包装器中。

- `void setValue(Object newValue)`

  设置属性为新值，基本类型必须封装到对象包装器中。

  参数：`newValue` 对象的新值，应该是一个该属性可以拥有的新创建的对象。

- `String getAsText()`

  覆盖该方法，使其返回属性当前值的一个字符串表示。默认情况下返回 `null`，表示该属性不能表示成字符串。

- `void setAsText(String text)`

  覆盖该方法，让其用通过解析文本获得的新值来设置属性。如果这个文本表示的不是合法值，或者这个属性不能用字符串表示，则有可能会抛出 `IllegalArgumentException`。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `String[] getTags()`
  覆盖该方法，让其返回属性值所有可能的字符串表示，以使得它们可以显示在选择框中。默认情况下返回 `null`，表示不存在字符串值的有限集。
- `boolean isPaintable()`
  如果该类使用 `paintValue` 方法来显示属性，就应该覆写此方法，使之返回 `true`。
- `void paintValue(Graphics g, Rectangle bands)`
  应该覆写该方法，使其通过将属性值画入一个图形上下文环境中来表示该属性的值，该图形上下文环境位于属性检查器所用构件上指定的位置。
- `boolean supportsCustomEditor()`
  如果该属性编辑器有一个自定义编辑器，那么就应该覆写该方法，使其返回 `true`。
- `Component getCustomEditor()`
  应该覆写该方法，使其返回一个构件，该构件包含了用来编辑属性值的自定义的 GUI。
- `String getJavaInitializationString()`
  应该覆写该方法，返回一个 Java 代码字符串，它将用来生成初始化属性值的代码。例如 `"0"`, `"new Color(64, 64, 64)"`。

8.8 定制器

属性编辑器是为了让用户一次设置一个属性。但是，如果某个 bean 的特定属性与其他属性有关联时，它应该向用户提供更友好的方法，以便用户在同一时刻能够编辑多个属性。要使用这种特性，你需要提供一个定制器来取代多个属性编辑器，或者在多个属性编辑器的基础上增加一个定制器。

此外，某些 bean 可能会有一些特性并不希望作为属性暴露出来，因此也就不能通过属性检查器来编辑。对于这样的 bean，定制器就很关键了。

在这一节的程序清单中，我们将为图表 bean 开发一个定制器。这个定制器允许你在一个对话框中设置多个属性，如图 8-13 所示。

要想为你的 bean 添加一个定制器，必须提供一个 `BeanInfo` 类，并且覆盖其 `getBeanDescriptor` 方法，例如：

```
public ChartBean2BeanInfo extends SimpleBeanInfo
{
   private BeanDescriptor beanDescriptor
      = new BeanDescriptor(ChartBean2.class, ChartBean2Customizer.class);
   . . .
   public BeanDescriptor getBeanDescriptor() { return beanDescriptor; }
}
```

注意，定制器不需要任何命名模式。不过，通常习惯于将定制器命名为 *BeanName*`Customizer`。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

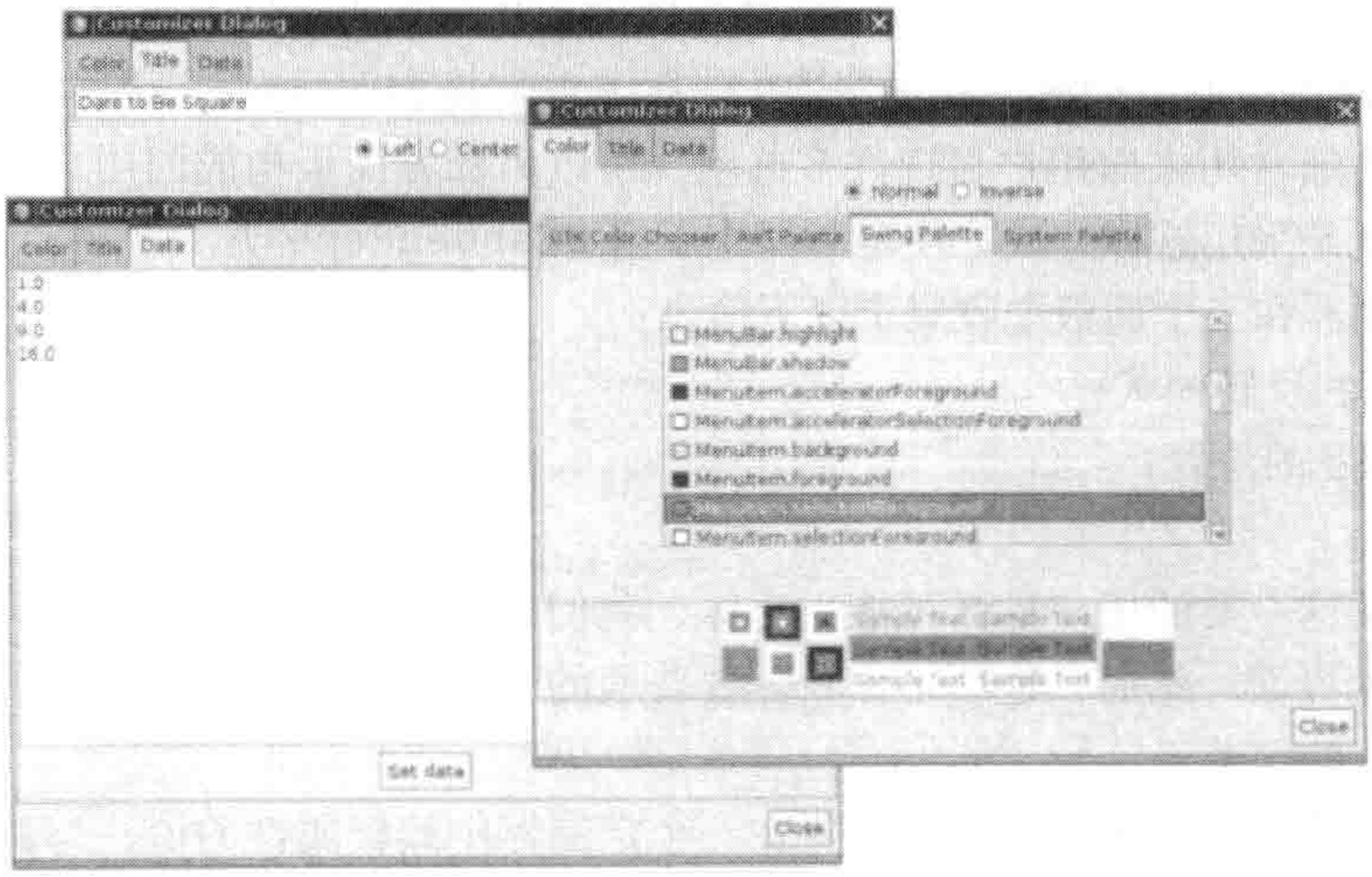


图 8-13 ChartBean 的定制器

在下一节，你会看到如何实现一个定制器。

API *java.beans.BeanInfo* 1.1

- `BeanDescriptor getBeanDescriptor()`

返回一个 `BeanDescriptor` 对象，它描述了 bean 的特性。

API java.beans.BeanDescriptor 1.1

- `BeanDescriptor(Class <?> beanClass, Class <?> customizerClass)`

为具有定制器的 bean 构建一个 `BeanDescriptor` 对象。

参数：`beanClass` bean 对应的 `Class` 对象

`customizerClass` bean 的定制器对应的 `Class` 对象

编写一个定制器类

任何定制器类都必须有一个无参构造器、扩展 `Component` 类，并实现 `Customizer` 接口。该接口只有三个方法：

- `setObject` 方法，包含一个参数用于指定要被定制的 bean。
- `addPropertyChangeListener` 和 `removePropertyChangeListener` 方法，用来管理监听器集合，当定制器中的属性发生变化时就会通知这些监听器。

只要是用户改变了某个属性，就应该通过广播一个 `PropertyChangeEvent` 事件来更新目标 bean 的可视化外观，而不要仅仅只在用户结束定制过程的时候才更新 bean。这是个不错的主意。

与属性编辑器不同，定制器不会自动显示出来。在 NetBeans 中，必须右键点击 bean，并且选择 Customize 菜单选项才会弹出定制器。在这一时刻，开发工具会调用定制器上的

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

setObject 方法。请注意，你的定制器就是这样被创建出来的，先创建定制器，然后再与你的 bean 建立实际的关联。因此，在定制器中，你不能假设拥有与 bean 状态有关的任何信息。

因为定制器通常用来向用户显现许多选项，所以由标签面板构成的用户界面一般比较便于使用。我们就是采用这样方法，使定制器继承自 JTabbedPane 类。

我们的定制器在三个面板中收集了以下信息：

- 图形颜色和反转模式；
- 标题与标题的位置；
- 数据点。

当然，开发这一类的用户界面可能很乏味，我们的例子用了 100 多行的代码，只是为了在构造器中装配界面。然而，这项工作只需要普通的 Swing 编程技术就够了，而我们也不想在这里多谈其中的细节。

有一个技巧很值得学习：你经常需要在一个定制器中编辑属性的值，与其为了设置特定类的某个属性而实现一个新的接口，不如直接找到一个已经存在的属性编辑器，然后把它添加到你的用户界面中。以我们的 ChartBean2 定制器为例，我们需要设置图形颜色。由于我们知道 BeanBox 已经有一个很好的颜色属性编辑器，于是我们可以找到并复用它：

```
PropertyEditor colorEditor = PropertyEditorManager.findEditor(Color.Class);
Component colorEditorComponent = colorEditor.getCustomEditor();
```

一旦我们排列好所有的构件，就可以在 setObject 方法中初始化它们的值。当定制器显示出来的时候，会调用 setObject 方法。它的参数是将要被定制的 bean。接下来，我们保存了该 bean 的引用，在稍后通知 bean 属性有所改变时需要用到它。然后，我们初始化每一个用户界面构件。下面是图表 bean 的定制器的 setObject 方法的片段，由它完成初始化的工作。

```
public void setObject(Object obj)
{
   bean = (ChartBean) obj;
   titleField.setText(bean.getTitle());
   colorEditor.setValue(bean.getGraphColor());
   . . .
}
```

最后，我们要挂钩事件处理器，以跟踪用户的行动。无论何时，只要用户改变了某个构件的值，该构件就发出一个必须由我们的定制器来处理的事件。事件处理器必须更新属性的值，而且必须也发出一个 PropertyChangeEvent 事件，这样其他监听器（例如属性检查器）才能收到更新。接下来我们就按照这个过程，来完成图表 bean 定制器中的两个用户界面元素。

当用户输入一个新的标题时，我们希望更新 title 属性。于是我们给用户输入标题的文本域添加一个 DocumentListener。

```
titleField.getDocument().addDocumentListener(new
   DocumentListener()
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
   {
      public void changedUpdate(DocumentEvent event)
      {
         setTitle(titleField.getText());
      }
      public void insertUpdate(DocumentEvent event)
      {
         setTitle(titleField.getText());
      }
   public void removeUpdate(DocumentEvent event)
   {
      setTitle(titleField.getText());
   }
});
```

这个监听器的三个方法都调用定制器的 setTitle 方法，而 setTitle 方法要求 bean 更新属性的值，然后发出一个属性改变事件。(该更新仅对那些没有绑定的属性是必需的。)下面就是 setTitle 方法的代码。

```
public void setTitle(String newValue)
{
   if (bean == null) return;
   String oldValue = bean.getTitle();
   bean.setTitle(newValue);
   firePropertyChange("title", oldValue, newValue);
}
```

当颜色属性编辑器中的值发生变化时，我们希望更新 bean 的图形颜色。通过将一个监听器附着到属性编辑器上，我们就可以跟踪颜色的变化。容易令人混淆的是，编辑器本身也会发出属性改变的事件。

```
colorEditor.addPropertyChangeListener(new
   PropertyChangeListener()
   {
      public void propertyChange(PropertyChangeEvent event)
      {
         setGraphColor((Color) colorEditor.getValue());
      }
   });
```

程序清单 8-7 提供了图表 bean 定制器完整的代码。

程序清单 8-7 chart2/ChartBeanCustomizer.java

```
1  package chart2;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.beans.*;
6  import java.util.*;
7  import javax.swing.*;
8  import javax.swing.event.*;
9
10 /**
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
11  * A customizer for the chart bean that allows the user to edit all chart properties in a single
12  * tabbed dialog.
13  * @version 1.12 2007-10-03
14  * @author Cay Horstmann
15  */
16 public class ChartBeanCustomizer extends JTabbedPane implements Customizer
17 {
18    private ChartBean bean;
19    private PropertyEditor colorEditor;
20    private JTextArea data;
21    private JRadioButton normal;
22    private JRadioButton inverse;
23    private JRadioButton[] position;
24    private JTextField titleField;
25
26    public ChartBeanCustomizer()
27    {
28       data = new JTextArea();
29       JPanel dataPane = new JPanel();
30       dataPane.setLayout(new BorderLayout());
31       dataPane.add(new JScrollPane(data), BorderLayout.CENTER);
32       JButton dataButton = new JButton("Set data");
33       dataButton.addActionListener(new ActionListener()
34          {
35             public void actionPerformed(ActionEvent event)
36             {
37                setData(data.getText());
38             }
39          });
40       JPanel panel = new JPanel();
41       panel.add(dataButton);
42       dataPane.add(panel, BorderLayout.SOUTH);
43
44       JPanel colorPane = new JPanel();
45       colorPane.setLayout(new BorderLayout());
46
47       normal = new JRadioButton("Normal", true);
48       inverse = new JRadioButton("Inverse", false);
49       panel = new JPanel();
50       panel.add(normal);
51       panel.add(inverse);
52       ButtonGroup group = new ButtonGroup();
53       group.add(normal);
54       group.add(inverse);
55       normal.addActionListener(new ActionListener()
56          {
57             public void actionPerformed(ActionEvent event)
58             {
59                setInverse(false);
60             }
61          });
62       inverse.addActionListener(new ActionListener()
63          {
64             public void actionPerformed(ActionEvent event)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
65             {
66                setInverse(true);
67             }
68          });
69
70       colorEditor = PropertyEditorManager.findEditor(Color.class);
71       colorEditor.addPropertyChangeListener(new PropertyChangeListener()
72          {
73             public void propertyChange(PropertyChangeEvent event)
74             {
75                setGraphColor((Color) colorEditor.getValue());
76             }
77          });
78
79       colorPane.add(panel, BorderLayout.NORTH);
80       colorPane.add(colorEditor.getCustomEditor(), BorderLayout.CENTER);
81
82       JPanel titlePane = new JPanel();
83       titlePane.setLayout(new BorderLayout());
84
85       group = new ButtonGroup();
86       position = new JRadioButton[3];
87       position[0] = new JRadioButton("Left");
88       position[1] = new JRadioButton("Center");
89       position[2] = new JRadioButton("Right");
90
91       panel = new JPanel();
92       for (int i = 0; i < position.length; i++)
93       {
94          final ChartBean.Position pos = ChartBean.Position.values()[i];
95          panel.add(position[i]);
96          group.add(position[i]);
97          position[i].addActionListener(new ActionListener()
98             {
99                public void actionPerformed(ActionEvent event)
100               {
101                  setTitlePosition(pos);
102               }
103            });
104      }
105
106      titleField = new JTextField();
107      titleField.getDocument().addDocumentListener(new DocumentListener()
108         {
109            public void changedUpdate(DocumentEvent evt)
110            {
111               setTitle(titleField.getText());
112            }
113
114            public void insertUpdate(DocumentEvent evt)
115            {
116               setTitle(titleField.getText());
117            }
118
119            public void removeUpdate(DocumentEvent evt)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
120             {
121                setTitle(titleField.getText());
122             }
123          });
124
125       titlePane.add(titleField, BorderLayout.NORTH);
126       JPanel panel2 = new JPanel();
127       panel2.add(panel);
128       titlePane.add(panel2, BorderLayout.CENTER);
129       addTab("Color", colorPane);
130       addTab("Title", titlePane);
131       addTab("Data", dataPane);
132    }
133
134    /**
135     * Sets the data to be shown in the chart.
136     * @param s a string containing the numbers to be displayed, separated by white space
137     */
138    public void setData(String s)
139    {
140       StringTokenizer tokenizer = new StringTokenizer(s);
141
142       int i = 0;
143       double[] values = new double[tokenizer.countTokens()];
144       while (tokenizer.hasMoreTokens())
145       {
146          String token = tokenizer.nextToken();
147          try
148          {
149             values[i] = Double.parseDouble(token);
150             i++;
151          }
152          catch (NumberFormatException e)
153          {
154          }
155       }
156       setValues(values);
157    }
158    /**
159     * Sets the title of the chart.
160     * @param newValue the new title
161     */
162    public void setTitle(String newValue)
163    {
164       if (bean == null) return;
165       String oldValue = bean.getTitle();
166       bean.setTitle(newValue);
167       firePropertyChange("title", oldValue, newValue);
168    }
169
170    /**
171     * Sets the title position of the chart.
172     * @param i the new title position (ChartBean.LEFT, ChartBean.CENTER, or ChartBean.RIGHT)
173     */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
174    public void setTitlePosition(ChartBean.Position pos)
175    {
176       if (bean == null) return;
177       ChartBean.Position oldValue = bean.getTitlePosition();
178       bean.setTitlePosition(pos);
179       firePropertyChange("titlePosition", oldValue, pos);
180    }
181
182    /**
183     * Sets the inverse setting of the chart.
184     * @param b true if graph and background color are inverted
185     */
186    public void setInverse(boolean b)
187    {
188       if (bean == null) return;
189       boolean oldValue = bean.isInverse();
190       bean.setInverse(b);
191       firePropertyChange("inverse", oldValue, b);
192    }
193
194    /**
195     * Sets the values to be shown in the chart.
196     * @param newValue the new value array
197     */
198    public void setValues(double[] newValue)
199    {
200       if (bean == null) return;
201       double[] oldValue = bean.getValues();
202       bean.setValues(newValue);
203       firePropertyChange("values", oldValue, newValue);
204    }
205    /**
206     * Sets the color of the chart
207     * @param newValue the new color
208     */
209    public void setGraphColor(Color newValue)
210    {
211       if (bean == null) return;
212       Color oldValue = bean.getGraphColor();
213       bean.setGraphColor(newValue);
214       firePropertyChange("graphColor", oldValue, newValue);
215    }
216    public void setObject(Object obj)
217    {
218       bean = (ChartBean) obj;
219
220       data.setText("");
221       for (double value : bean.getValues())
222          data.append(value + "\n");
223
224       normal.setSelected(!bean.isInverse());
225       inverse.setSelected(bean.isInverse());
226
227       titleField.setText(bean.getTitle());
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
228
229       for (int i = 0; i < position.length; i++)
230          position[i].setSelected(i == bean.getTitlePosition().ordinal());
231
232       colorEditor.setValue(bean.getGraphColor());
233    }
234 }
```

API *java.beans.Customizer* 1.1

- `void setObject(Object bean)`

  指定要定制的 bean。

8.9 JavaBean 持久化

JavaBean 持久化是指，用 JavaBean 的属性来将 bean 存储到流中，并在之后的某个时刻，或者在另一个虚拟机中再将它们读回来。在这一点上，JavaBean 的持久化与对象序列化相似。（有关序列化的更多内容参见本书第 1 章。）然而，它们有一个非常重要的区别：JavaBean 持久化适合于*长期存储*。

当一个对象被序列化后，它的实例域就都被写到了一个流中。如果类的实现发生了变化，它的实例域也可能会产生变化，这样就无法直接读取包含了旧版本被序列化对象的文件。探测到版本的不同，然后在新旧数据表现之间进行转换是可以实现的。然而，这个过程非常令人厌烦，而且应该只有在无路可走的情况下才使用这种手段。简单地说，序列化不适合长期存储。基于此原因，所有的 Swing 构件在其文档中都有如下的信息："警告：该类的序列化对象与未来版本的 Swing 不兼容。当前对序列化的支持仅适合于短期存储或者应用程序之间的 RMI。"

为了解决此问题，人们发明了长期存储机制。不过最初是为了用于拖拽 GUI 设计工具。设计工具为了保存鼠标点击窗体、面板、按钮以及其他 Swing 构件的结果，于是将此结果以长期持久化的形式保存在一个文件中，而运行中的程序可以直接打开该文件。这个方法减少了令人厌烦的布局、装配 Swing 构件的代码。可惜的是，它并没有被广泛地实现。

JavaBean 持久化背后的想法非常简单。假设你想将一个 `JFrame` 对象保存到一个文件中，以便以后可以将它取回。如果看一看 `JFrame` 类及其父类的源代码，你会看到几十个实例域。如果窗体被序列化，那么所有这些域的值都需要写下来。但是想一想窗体是如何构造的吧：

```
JFrame frame = new JFrame();
frame.setTitle("My Application");
frame.setVisible(true);
```

默认的无参构造器会初始化所有的实例域，然后由你设置一两个属性。如果你保存这个 frame 对象，JavaBean 持久化机制会精确地以 XML 形式保存这些语句：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
<object class="javax.swing.JFrame">
   <void property="title">
     <string>My Application</string>
   </void>
   <void property="visible">
     <boolean>true</boolean>
   </void>
</object>
```

当该对象被读回的时候，下面这些语句会被执行：构造一个 JFrame 对象，将它的 title 和 visible 设置为指定值。它完全不管 JFrame 的内部表示是否发生了变化，它只关心你可以通过设置属性来恢复该对象。

请注意，只有那些与默认值不同的属性会保存下来。XMLEncoder 制作了一个默认的 JFrame，并将它的属性与被处理的窗体做比较。只有那些与默认值不同的属性，才会生成属性设置语句。这个过程称为消除冗余（redundancy elimination）。结果是，存储下来的东西通常比序列化的结果要小。（尤其是序列化 Swing 构件时，区别更是非常明显，因为 Swing 对象有很多状态，大多数从生成默认值的一刻起就从未改变过。）

当然，此方法还有一些小的技术障碍。例如，

```
frame.setSize(600, 400);
```

这并不是属性设置方法，然而 XMLEncoder 能够处理它，它会编写下面的语句：

```
<void property="bounds">
   <object class="java.awt.Rectangle">
      <int>0</int>
      <int>0</int>
      <int>600</int>
      <int>400</int>
   </object>
</void>
```

要将一个对象保存为流，需要使用 XMLEncoder：

```
XMLEncoder out = new XMLEncoder(new FileOutputStream(. . .));
out.writeObject(frame);
out.close();
```

要将它读回来，需要使用 XMLDecoder：

```
XMLDecoder in = new XMLDecoder(new FileInputStream(. . .));
JFrame newFrame = (JFrame) in.readObject();
in.close();
```

程序清单 8-8 中的程序演示了一个窗体是如何读取以及保存它自己的（参见图 8-14）。当你运行该程序时，首先点击 Save 按钮，将此窗体保存为一个文件。然后移动原始的窗体到另一个位置，再点击 Load 按钮，你会看到在原来的位置弹出了另一个窗体。我们再来看一看该程序生成的 XML 文件。

如果仔细观察输出的 XML 文件，你会发现在保存窗体时，XMLEncoder 完成了大量的工作。XMLEncoder 生成的语句完成了以下操作：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

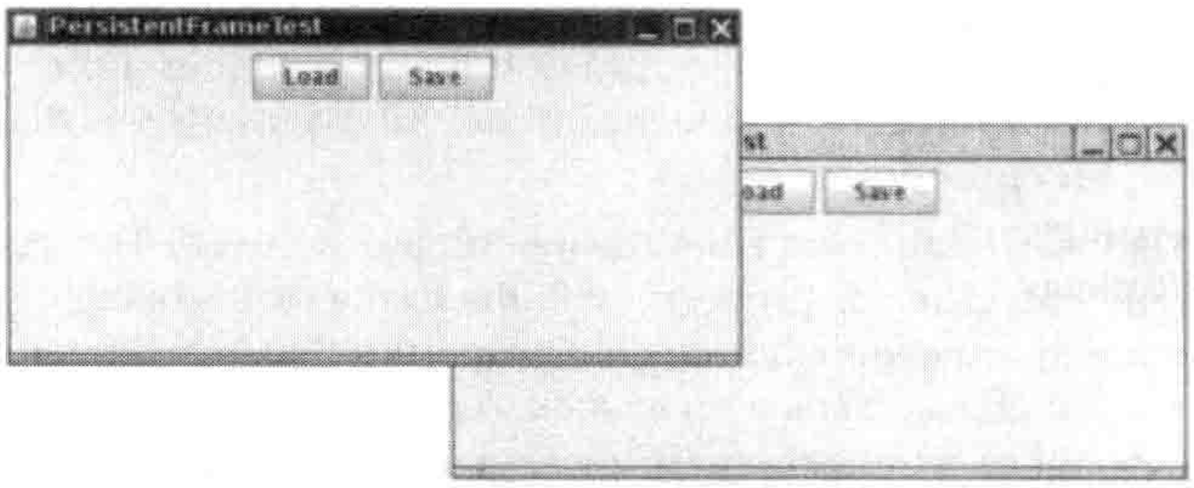


图 8-14 PersistentFrameTest 程序

- 设置各种不同的窗体属性：size、layout、defaultCloseOperation、title 等等。
- 向窗体添加按钮。
- 为按钮添加动作监听器。

在这里，我们必须使用 EventHandler 类构建动作监听器。因为 XMLEncoder 不能保存任何内部类，但是它知道如何处理 EventHandler 对象。

程序清单 8-8 persistentFrame/PersistentFrameTest.java

```
1  package persistentFrame;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.beans.*;
6  import java.io.*;
7  import javax.swing.*;
8
9  /**
10  * This program demonstrates the use of an XML encoder and decoder to save and restore a frame.
11  * @version 1.01 2007-10-03
12  * @author Cay Horstmann
13  */
14 public class PersistentFrameTest
15 {
16    private static JFileChooser chooser;
17    private JFrame frame;
18
19    public static void main(String[] args)
20    {
21       chooser = new JFileChooser();
22       chooser.setCurrentDirectory(new File("."));
23       PersistentFrameTest test = new PersistentFrameTest();
24       test.init();
25    }
26    public void init()
27    {
28       frame = new JFrame();
29       frame.setLayout(new FlowLayout());
30       frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
31       frame.setTitle("PersistentFrameTest");
32       frame.setSize(400, 200);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
33
34       JButton loadButton = new JButton("Load");
35       frame.add(loadButton);
36       loadButton.addActionListener(EventHandler.create(ActionListener.class, this, "load"));
37
38       JButton saveButton = new JButton("Save");
39       frame.add(saveButton);
40       saveButton.addActionListener(EventHandler.create(ActionListener.class, this, "save"));
41
42       frame.setVisible(true);
43    }
44
45    public void load()
46    {
47       // show file chooser dialog
48       int r = chooser.showOpenDialog(null);
49
50       // if file selected, open
51       if(r == JFileChooser.APPROVE_OPTION)
52       {
53          try
54          {
55             File file = chooser.getSelectedFile();
56             XMLDecoder decoder = new XMLDecoder(new FileInputStream(file));
57             decoder.readObject();
58             decoder.close();
59          }
60          catch (IOException e)
61          {
62             JOptionPane.showMessageDialog(null, e);
63          }
64       }
65    }
66
67    public void save()
68    {
69       if (chooser.showSaveDialog(null) == JFileChooser.APPROVE_OPTION)
70       {
71          try
72          {
73             File file = chooser.getSelectedFile();
74             XMLEncoder encoder = new XMLEncoder(new FileOutputStream(file));
75             encoder.writeObject(frame);
76             encoder.close();
77          }
78          catch (IOException e)
79          {
80             JOptionPane.showMessageDialog(null, e);
81          }
82       }
83    }
84 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

8.9.1 JavaBean 持久化可用于任何数据

JavaBean 持久化并不局限于 Swing 构件的存储，可以使用该机制存储任意对象的集合，只要遵守一些简单的规则即可。在下一节中，将学习如何将 JavaBean 持久化作为一种长期的存储形式来保存你自己的数据。

XMLEncoder 内置了对下列类型的支持：

- null
- 所有基本类型及其包装器类型
- 枚举（从 Java SE 6 开始）
- String
- 数组
- 集合与映射表
- 反射类型 Class、Field、Method 和 Proxy
- AWT 类型 Color、Cursor、Dimension、Font、Insets、Point、Rectangle 和 ImageIcon
- AWT 和 Swing 构件、边界、布局管理器和模型
- 事件处理器

1. 编写一个持久化代理（Persistence Delegate）来构造对象

如果可以通过设置属性得到每个对象的状态，那么使用 JavaBean 持久化就是小菜一碟。但是，在真实的程序中，总有些类无法这样工作。例如，思考一下卷 I 第 4 章中的 Employee 类。Employee 并不是一个循规蹈矩的 bean。它没有默认的无参构造器，而且它也没有 setName、setSalary、setHireDay 方法。要克服这个问题，可以定义一个持久化代理（persistence delegate），该代理负责生成对象的 XML 编码机制。

Employee 类的持久化代理覆写了 instantiate 方法，以生成一个构造对象的表达式（expression）。

```
PersistenceDelegate delegate = new
    DefaultPersistenceDelegate()
    {
       protected Expression instantiate(Object oldInstance, Encoder out)
       {
          Employee e = (Employee) oldInstance;
          GregorianCalendar c = new GregorianCalendar();
          c.setTime(e.getHireDay());
          return new Expression(oldInstance, Employee.class, "new",
             new Object[]
             {
                e.getName(),
                e.getSalary(),
                c.get(Calendar.YEAR),
                c.get(Calendar.MONTH),
                c.get(Calendar.DATE)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            });
        }
    };
```

这意味着："要重新生成 oldInstance，可以调用 Employee.class 对象上的 new 方法（也就是构造器），并提供指定的参数。"参数名 oldInstance 容易令人误解——它就是正在被保存的实例。

安装持久性代理有两种选择：一种是将其与某个具体的 XMLWriter 相关联：

```
out.setPersistenceDelegate(Employee.class, delegate);
```

或者，可以设置 Beaninfo 的 bean 描述符的 persistenceDelegate 属性：

```
BeanInfo info = Introspector.getBeanInfo(GregorianCalendar.class);
info.getBeanDescriptor().setValue("persistenceDelegate", delegate);
```

一旦安装了代理，就可以保存 Employee 对象了。例如：

```
Object myData = new Employee("Harry Hacker", 50000, 1989, 10, 1);
out.writeObject(myData);
```

该语句会生成如下的输出：

```
<object class="Employee">
   <string>Harry Hacker</string>
   <double>50000.0</double>
   <int>1989</int>
   <int>10</int>
   <int>1</int>
</object>
```

注意：你只需要控制编码的过程，但并不需要任何专门的解码方法。解码器将直接执行在输入的 XML 中所找到的语句和表达式。

2. 由属性构造对象

如果构造器所需的参数都可以通过访问 oldInstance 的属性获得，那你就不必自己编写 instantiate 方法了。你可以直接构造一个 DefaultPersistenceDelegate，然后提供属性的名字即可。

例如，下面的语句为 Rectangle2D.Double 类设置了持久化代理：

```
out.setPersistenceDelegate(Rectangle2D.Double.class,
   new DefaultPersistenceDelegate(new String[] { "x", "y", "width", "height" }));
```

它告诉编码器："要编码一个 Rectangle2D.Double 对象，就要取得它的 x、y、width 和 height 属性，并且用它们来调用构造器。"其结果会产生包含如下元素的输出：

```
<object class="java.awt.geom.Rectangle2D$Double">
   <double>5.0</double>
   <double>10.0</double>
   <double>20.0</double>
   <double>30.0</double>
</object>
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果你是类的作者，那么你甚至可以做得更好，即用 @ConstructorProperties 注解构造器。例如，假设 Employee 类有一个接受三个参数的构造器（名字、薪水和受雇日），然后我们对其进行注解：

```
@ConstructorProperties({"name", "salary", "hireDay"})
public Employee(String n, double s, Date d)
```

这可以告诉编码器去调用 getName、getSalary 和 getHireDay 这三个属性获取方法，并将得到的值写入 object 表达式。

@ConstructorProperties 注解是在 Java SE 6 中引入的，因此只在 Java 管理扩展（JMX）API 中得到了应用。

3. 使用工厂方法构造对象

有时，你需要保存那些通过工厂方法获得的对象，而不是通过构造器产生的对象。举例来说，思考一下你是如何得到一个 InetAddress 对象的：

```
byte[] bytes = new byte[] { 127, 0, 0, 1};
InetAddress address = InetAddress.getByAddress(bytes);
```

PersistenceDelegate 的 instantiate 方法会产生对工厂方法的一次调用。

```
protected Expression instantiate(Object oldInstance, Encoder out)
{
   return new Expression(oldInstance, InetAddress.class, "getByAddress",
      new Object[] { ((InetAddress) oldInstance).getAddress() });
}
```

下面是一个输出样例：

```
<object class="java.net.Inet4Address" method="getByAddress">
   <array class="byte" length="4">
      <void index="0">
         <byte>127</byte>
      </void>
      <void index="3">
         <byte>1</byte>
      </void>
   </array>
</object>
```

警告： 安装这样的代理必须是针对具体子类，例如 Inet4Address，而不能是抽象的 InetAddress 类！

4. 构造后的工作

某些类的状态是通过调用非属性设置方法[⊖]来建立的，你可以通过覆写 DefaultPersistence Delegate 的 initialize 方法来处理这种状况。initialize 方法会在 instantiate 方法之后调用，在其中你可以生成将被录在 bean 存档文件中的语句序列。

例如，思考一下 BitSet 类。为了重新生成一个 BitSet 对象，你要设置原对象中存在

⊖ 即非 Set *Xxx* 方法。——编辑注

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

的所有位。下面的 initialize 方法生成了必要的语句：

```
protected void initialize(Class<?> type, Object oldInstance, Object newInstance, Encoder out)
{
   super.initialize(type, oldInstance, newInstance, out);
   BitSet bs = (BitSet) oldInstance;
   for (int i = bs.nextSetBit(0); i >= 0; i = bs.nextSetBit(i + 1))
   out.writeStatement(new Statement(bs, "set", new Object[] { i, i + 1, true } ));
}
```

输出样例如下所示：

```
<object class="java.util.BitSet">
   <void method="set">
      <int>1</int>
      <int>2</int>
      <boolean>true</boolean>
   </void>
   <void method="set">
      <int>4</int>
      <int>5</int>
      <boolean>true</boolean>
   </void>
</object>
```

注意：编写 new Statement(bs, "set", new Object[] { i }) 会更有意义，不过，如果那样的话，XMLWriter 会使用一个空的名字来设置属性，而这样的语句很不直观。

5. 瞬态属性

偶尔的，类中会包含能够被 XMLDecoder 发现的带有 getXxx 和 setXxx 的属性，但是你不希望在存档文件中包含该属性的值。为了禁止某个属性被存档，可以在属性描述符中将它标记为 *transient*。例如，下面的语句把 DamageReporter 类（在下一节你将会看到这个类的细节）的 removeMode 属性标记成瞬时的。

```
BeanInfo info = Introspector.getBeanInfo(DamageReport.class);
for (PropertyDescriptor desc : info.getPropertyDescriptors())
   if (desc.getName().equals("removeMode"))
      desc.setValue("transient", Boolean.TRUE);
```

程序清单 8-9 中的程序演示了各种持久化代理。请记住，这个程序实际上是一个应用程序的反面教材，其中的很多类其实无需使用代理就可以存档保存。

程序清单 8-9　persistenceDelegate/PersistenceDelegateTest.java

```
1  package persistenceDelegate;
2
3  import java.awt.geom.*;
4  import java.beans.*;
5  import java.net.*;
6  import java.util.*;
7
8  /**
9   * This program demonstrates various persistence delegates.
10  * @version 1.01 2007-10-03
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class PersistenceDelegateTest
14 {
15    public static class Point
16    {
17       private final int x, y;
18
19       @ConstructorProperties( { "x", "y" })
20       public Point(int x, int y)
21       {
22          this.x = x;
23          this.y = y;
24       }
25
26       public int getX()
27       {
28          return x;
29       }
30
31       public int getY()
32       {
33          return y;
34       }
35
36    }
37
38    public static void main(String[] args) throws Exception
39    {
40       PersistenceDelegate delegate = new PersistenceDelegate()
41          {
42             protected Expression instantiate(Object oldInstance, Encoder out)
43             {
44                Employee e = (Employee) oldInstance;
45                GregorianCalendar c = new GregorianCalendar();
46                c.setTime(e.getHireDay());
47                return new Expression(oldInstance, Employee.class, "new", new Object[] {
48                      e.getName(), e.getSalary(), c.get(Calendar.YEAR), c.get(Calendar.MONTH),
49                      c.get(Calendar.DATE) });
50             }
51          };
52       BeanInfo info = Introspector.getBeanInfo(Employee.class);
53       info.getBeanDescriptor().setValue("persistenceDelegate", delegate);
54
55       XMLEncoder out = new XMLEncoder(System.out);
56       out.setExceptionListener(new ExceptionListener()
57          {
58             public void exceptionThrown(Exception e)
59             {
60                e.printStackTrace();
61             }
62          });
63
64       out.setPersistenceDelegate(Rectangle2D.Double.class, new DefaultPersistenceDelegate(
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
65            new String[] { "x", "y", "width", "height" }));
66
67      out.setPersistenceDelegate(Inet4Address.class, new DefaultPersistenceDelegate()
68         {
69            protected Expression instantiate(Object oldInstance, Encoder out)
70            {
71               return new Expression(oldInstance, InetAddress.class, "getByAddress",
72                     new Object[] { ((InetAddress) oldInstance).getAddress() });
73            }
74         });
75
76      out.setPersistenceDelegate(BitSet.class, new DefaultPersistenceDelegate()
77         {
78            protected void initialize(Class<?> type, Object oldInstance, Object newInstance,
79                  Encoder out)
80            {
81               super.initialize(type, oldInstance, newInstance, out);
82               BitSet bs = (BitSet) oldInstance;
83               for (int i = bs.nextSetBit(0); i >= 0; i = bs.nextSetBit(i + 1))
84                  out.writeStatement(new Statement(bs, "set", new Object[] { i, i + 1, true }));
85            }
86         });
87
88      out.writeObject(new Employee("Harry Hacker", 50000, 1989, 10, 1));
89      out.writeObject(new Point(17, 29));
90      out.writeObject(new java.awt.geom.Rectangle2D.Double(5, 10, 20, 30));
91      out.writeObject(InetAddress.getLocalHost());
92      BitSet bs = new BitSet();
93      bs.set(1, 4);
94      bs.clear(2, 3);
95      out.writeObject(bs);
96      out.close();
97   }
98 }
```

8.9.2 一个 JavaBean 持久化的完整示例

我们将以一个完整的示例来结束有关 JavaBean 持久化的内容（参见图 8-15）。这个应用程序为租赁车编写受损报告。租赁车的代理商负责填写出租记录，选择车的类型，用鼠标来点击轿车的受损区域，然后保存该报告。这个应用程序还可以读取已经保存的受损报告。程序清单 8-10 是该程序的代码。

这个应用程序使用了 JavaBean 持久化机制来保存和读取 `DamageReport` 对象（见程序清单 8-11）。它演示了持久化机制的几个方面：

- 属性是自动保存并恢复的。对于 `rental Record` 和 `carType` 属性而言，不需要再做任何事情。

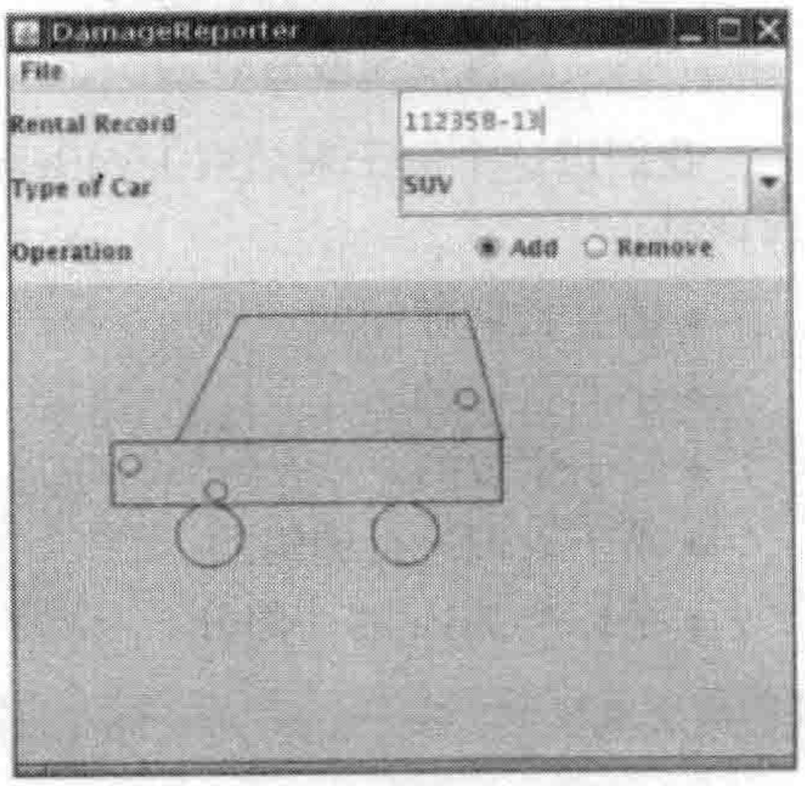


图 8-15 受损报告应用程序

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- 构造后的工作是恢复受损的位置。此持久化代理生成了调用 click 方法的语句。
- Point2D.Double 类需要一个 Default PersistenceDelegate，它负责通过 x 和 y 属性来构造一个点。
- removeMode 属性（它指明了鼠标点击是在增加还是在移除受损标志）是瞬态的，因此它不应该被保存在受损报告中。

这里有一份受损报告的例子：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<java version="1.5.0" class="java.beans.XMLDecoder">
   <object class="DamageReport">
      <object class="java.lang.Enum" method="valueOf">
         <class>DamageReport$CarType</class>
         <string>SEDAN</string>
      </object>
      <void property="rentalRecord">
         <string>12443-19</string>
      </void>
      <void method="click">
         <object class="java.awt.geom.Point2D$Double">
            <double>181.0</double>
            <double>84.0</double>
         </object>
      </void>
      <void method="click">
         <object class="java.awt.geom.Point2D$Double">
            <double>162.0</double>
            <double>66.0</double>
         </object>
      </void>
   </object>
</java>
```

注意： 这个示例程序并没有使用 JavaBean 持久化来保存应用程序的 GUI。开发工具的创造者也许会对它更感兴趣，不过我们在这里讨论的是如何使用持久化机制来存储应用程序的数据。

我们以这个例子来结束 JavaBean 持久化机制的讨论。下面总结一下，JavaBean 持久化的存档是：

- 适合长期存储的。
- 小而且快的。
- 易于生成的。
- 易于人们进行编辑的。
- 是标准 Java 的一部分。

程序清单 8-10 damageReporter/DamageReporterFrame.java

```
1 package damageReporter;
2
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.awt.geom.*;
6  import java.beans.*;
7  import java.io.*;
8  import java.util.*;
9  import javax.swing.*;
10
11 public class DamageReporterFrame extends JFrame
12 {
13    private JTextField rentalRecord;
14    private JComboBox<DamageReport.CarType> carType;
15    private JComponent carComponent;
16    private JRadioButton addButton;
17    private JRadioButton removeButton;
18    private DamageReport report;
19    private JFileChooser chooser;
20
21    private static Map<DamageReport.CarType, Shape> shapes = new EnumMap<>(
22          DamageReport.CarType.class);
23
24    public DamageReporterFrame()
25    {
26       chooser = new JFileChooser();
27       chooser.setCurrentDirectory(new File("."));
28
29       report = new DamageReport();
30       report.setCarType(DamageReport.CarType.SEDAN);
31
32       // set up the menu bar
33       JMenuBar menuBar = new JMenuBar();
34       setJMenuBar(menuBar);
35
36       JMenu menu = new JMenu("File");
37       menuBar.add(menu);
38
39       JMenuItem openItem = new JMenuItem("Open");
40       menu.add(openItem);
41       openItem.addActionListener(new ActionListener()
42          {
43             public void actionPerformed(ActionEvent evt)
44             {
45                // show file chooser dialog
46                int r = chooser.showOpenDialog(null);
47                // if file selected, open
48                if (r == JFileChooser.APPROVE_OPTION)
49                {
50                   try
51                   {
52                      File file = chooser.getSelectedFile();
53                      XMLDecoder decoder = new XMLDecoder(new FileInputStream(file));
54                      report = (DamageReport) decoder.readObject();
55                      decoder.close();
56                      rentalRecord.setText(report.getRentalRecord());
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
57                     carType.setSelectedItem(report.getCarType());
58                     repaint();
59                  }
60                  catch (IOException e)
61                  {
62                     JOptionPane.showMessageDialog(null, e);
63                  }
64               }
65            }
66         });
67
68      JMenuItem saveItem = new JMenuItem("Save");
69      menu.add(saveItem);
70      saveItem.addActionListener(new ActionListener()
71         {
72            public void actionPerformed(ActionEvent evt)
73            {
74               report.setRentalRecord(rentalRecord.getText());
75               chooser.setSelectedFile(new File(rentalRecord.getText() + ".xml"));
76
77               // show file chooser dialog
78               int r = chooser.showSaveDialog(null);
79
80               // if file selected, save
81               if (r == JFileChooser.APPROVE_OPTION)
82               {
83                  try
84                  {
85                     File file = chooser.getSelectedFile();
86                     XMLEncoder encoder = new XMLEncoder(new FileOutputStream(file));
87                     report.configureEncoder(encoder);
88                     encoder.writeObject(report);
89                     encoder.close();
90                  }
91                  catch (IOException e)
92                  {
93                     JOptionPane.showMessageDialog(null, e);
94                  }
95               }
96            }
97         });
98
99      JMenuItem exitItem = new JMenuItem("Exit");
100     menu.add(exitItem);
101     exitItem.addActionListener(new ActionListener()
102        {
103           public void actionPerformed(ActionEvent event)
104           {
105              System.exit(0);
106           }
107        });
108
109     // combo box for car type
110     rentalRecord = new JTextField();
111     carType = new JComboBox<>();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
112         carType.addItem(DamageReport.CarType.SEDAN);
113         carType.addItem(DamageReport.CarType.WAGON);
114         carType.addItem(DamageReport.CarType.SUV);
115
116         carType.addActionListener(new ActionListener()
117            {
118               public void actionPerformed(ActionEvent event)
119               {
120                  DamageReport.CarType item = carType.getItemAt(carType.getSelectedIndex());
121                  report.setCarType(item);
122                  repaint();
123               }
124            });
125
126         // component for showing car shape and damage locations
127         carComponent = new JComponent()
128            {
129               private static final int DEFAULT_WIDTH = 400;
130               private static final int DEFAULT_HEIGHT = 200;
131
132               public void paintComponent(Graphics g)
133               {
134                  Graphics2D g2 = (Graphics2D) g;
135                  g2.setColor(new Color(0.9f, 0.9f, 0.45f));
136                  g2.fillRect(0, 0, getWidth(), getHeight());
137                  g2.setColor(Color.BLACK);
138                  g2.draw(shapes.get(report.getCarType()));
139                  report.drawDamage(g2);
140               }
141               public Dimension getPreferredSize()
142               {
143                  return new Dimension(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
144               }
145            };
146         carComponent.addMouseListener(new MouseAdapter()
147            {
148               public void mousePressed(MouseEvent event)
149               {
150                  report.click(new Point2D.Double(event.getX(), event.getY()));
151                  repaint();
152               }
153            });
154
155         // radio buttons for click action
156         addButton = new JRadioButton("Add");
157         removeButton = new JRadioButton("Remove");
158         ButtonGroup group = new ButtonGroup();
159         JPanel buttonPanel = new JPanel();
160         group.add(addButton);
161         buttonPanel.add(addButton);
162         group.add(removeButton);
163         buttonPanel.add(removeButton);
164         addButton.setSelected(!report.getRemoveMode());
165         removeButton.setSelected(report.getRemoveMode());
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
166         addButton.addActionListener(new ActionListener()
167            {
168               public void actionPerformed(ActionEvent event)
169               {
170                  report.setRemoveMode(false);
171               }
172            });
173         removeButton.addActionListener(new ActionListener()
174            {
175               public void actionPerformed(ActionEvent event)
176               {
177                  report.setRemoveMode(true);
178               }
179            });
180
181         // layout components
182         JPanel gridPanel = new JPanel();
183         gridPanel.setLayout(new GridLayout(0, 2));
184         gridPanel.add(new JLabel("Rental Record"));
185         gridPanel.add(rentalRecord);
186         gridPanel.add(new JLabel("Type of Car"));
187         gridPanel.add(carType);
188         gridPanel.add(new JLabel("Operation"));
189         gridPanel.add(buttonPanel);
190
191         add(gridPanel, BorderLayout.NORTH);
192         add(carComponent, BorderLayout.CENTER);
193         pack();
194      }
195
196      static
197      {
198         int width = 200;
199         int x = 50;
200         int y = 50;
201         Rectangle2D.Double body = new Rectangle2D.Double(x, y + width / 6, width - 1, width / 6);
202         Ellipse2D.Double frontTire = new Ellipse2D.Double(x + width / 6, y + width / 3, width / 6,
203               width / 6);
204         Ellipse2D.Double rearTire = new Ellipse2D.Double(x + width * 2 / 3, y + width / 3,
205               width / 6, width / 6);
206
207         Point2D.Double p1 = new Point2D.Double(x + width / 6, y + width / 6);
208         Point2D.Double p2 = new Point2D.Double(x + width / 3, y);
209         Point2D.Double p3 = new Point2D.Double(x + width * 2 / 3, y);
210         Point2D.Double p4 = new Point2D.Double(x + width * 5 / 6, y + width / 6);
211
212         Line2D.Double frontWindshield = new Line2D.Double(p1, p2);
213         Line2D.Double roofTop = new Line2D.Double(p2, p3);
214         Line2D.Double rearWindshield = new Line2D.Double(p3, p4);
215
216         GeneralPath sedanPath = new GeneralPath();
217         sedanPath.append(frontTire, false);
218         sedanPath.append(rearTire, false);
219         sedanPath.append(body, false);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
220         sedanPath.append(frontWindshield, false);
221         sedanPath.append(roofTop, false);
222         sedanPath.append(rearWindshield, false);
223         shapes.put(DamageReport.CarType.SEDAN, sedanPath);
224
225         Point2D.Double p5 = new Point2D.Double(x + width * 11 / 12, y);
226         Point2D.Double p6 = new Point2D.Double(x + width, y + width / 6);
227         roofTop = new Line2D.Double(p2, p5);
228         rearWindshield = new Line2D.Double(p5, p6);
229
230         GeneralPath wagonPath = new GeneralPath();
231         wagonPath.append(frontTire, false);
232         wagonPath.append(rearTire, false);
233         wagonPath.append(body, false);
234         wagonPath.append(frontWindshield, false);
235         wagonPath.append(roofTop, false);
236         wagonPath.append(rearWindshield, false);
237         shapes.put(DamageReport.CarType.WAGON, wagonPath);
238
239         Point2D.Double p7 = new Point2D.Double(x + width / 3, y - width / 6);
240         Point2D.Double p8 = new Point2D.Double(x + width * 11 / 12, y - width / 6);
241         frontWindshield = new Line2D.Double(p1, p7);
242         roofTop = new Line2D.Double(p7, p8);
243         rearWindshield = new Line2D.Double(p8, p6);
244
245         GeneralPath suvPath = new GeneralPath();
246         suvPath.append(frontTire, false);
247         suvPath.append(rearTire, false);
248         suvPath.append(body, false);
249         suvPath.append(frontWindshield, false);
250         suvPath.append(roofTop, false);
251         suvPath.append(rearWindshield, false);
252         shapes.put(DamageReport.CarType.SUV, suvPath);
253      }
254 }
```

程序清单 8-11　damageReporter/DamageReport.java

```
1  package damageReporter;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.geom.*;
5  import java.beans.*;
6  import java.util.*;
7
8  /**
9   * This class describes a vehicle damage report that will be saved and loaded with the long-term
10  * persistence mechanism.
11  * @version 1.22 2012-01-26
12  * @author Cay Horstmann
13  */
14 public class DamageReport
15 {
16    private String rentalRecord;
17    private CarType carType;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
18    private boolean removeMode;
19    private java.util.List<Point2D> points = new ArrayList<>();
20
21    private static final int MARK_SIZE = 5;
22
23    public enum CarType
24    {
25       SEDAN, WAGON, SUV
26    }
27    // this property is saved automatically
28    public void setRentalRecord(String newValue)
29    {
30       rentalRecord = newValue;
31    }
32
33    public String getRentalRecord()
34    {
35       return rentalRecord;
36    }
37
38    // this property is saved automatically
39    public void setCarType(CarType newValue)
40    {
41       carType = newValue;
42    }
43
44    public CarType getCarType()
45    {
46       return carType;
47    }
48
49    // this property is set to be transient
50    public void setRemoveMode(boolean newValue)
51    {
52       removeMode = newValue;
53    }
54
55    public boolean getRemoveMode()
56    {
57       return removeMode;
58    }
59
60    public void click(Point2D p)
61    {
62       if (removeMode)
63       {
64          for (Point2D center : points)
65          {
66             Ellipse2D circle = new Ellipse2D.Double(center.getX() - MARK_SIZE, center.getY()
67                   - MARK_SIZE, 2 * MARK_SIZE, 2 * MARK_SIZE);
68             if (circle.contains(p))
69             {
70                points.remove(center);
71                return;
72             }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
73            }
74         }
75         else points.add(p);
76      }
77      public void drawDamage(Graphics2D g2)
78      {
79         g2.setPaint(Color.RED);
80         for (Point2D center : points)
81         {
82            Ellipse2D circle = new Ellipse2D.Double(center.getX() - MARK_SIZE, center.getY()
83                  - MARK_SIZE, 2 * MARK_SIZE, 2 * MARK_SIZE);
84            g2.draw(circle);
85         }
86      }
87
88      public void configureEncoder(XMLEncoder encoder)
89      {
90         // this step is necessary to save Point2D.Double objects
91         encoder.setPersistenceDelegate(Point2D.Double.class, new DefaultPersistenceDelegate(
92               new String[] { "x", "y" }));
93
94         // this step is necessary because the array list of points is not
95         // (and should not be) exposed as a property
96         encoder.setPersistenceDelegate(DamageReport.class, new DefaultPersistenceDelegate()
97            {
98               protected void initialize(Class<?> type, Object oldInstance, Object newInstance,
99                     Encoder out)
100              {
101                 super.initialize(type, oldInstance, newInstance, out);
102                 DamageReport r = (DamageReport) oldInstance;
103
104                 for (Point2D p : r.points)
105                    out.writeStatement(new Statement(oldInstance, "click", new Object[] { p }));
106              }
107           });
108     }
109
110     // this step is necessary to make the removeMode property transient
111     static
112     {
113        try
114        {
115           BeanInfo info = Introspector.getBeanInfo(DamageReport.class);
116           for (PropertyDescriptor desc : info.getPropertyDescriptors())
117              if (desc.getName().equals("removeMode")) desc.setValue("transient", Boolean.TRUE);
118        }
119        catch (IntrospectionException e)
120        {
121           e.printStackTrace();
122        }
123     }
124  }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API java.beans.XMLEncoder 1.4

- XMLEncoder(OutputStream out)
  构造一个 XMLEncoder，它将其输出发送到指定的流。
- void writeObject(Object obj)
  存档给定的对象。
- void writeStatement(Statement stat)
  向存档文件中写入给定的语句。该方法应该只在持久化代理中调用。

API java.beans.Encoder 1.4

- void setPersistenceDelegate(Class<?> type, PersistenceDelegate delegate)
- PersistenceDelegate getPersistenceDelegate(Class<?> type)
  设置或获取用于指定类型存档对象的代理。
- void setExceptionListener(ExceptionListener listener)
- ExceptionListener getExceptionListener()
  设置或获取异常监听器，该监听器在编码过程中发生异常时会收到通知。

API *java.beans.ExceptionListener* 1.4

- void exceptionThrown(Exception e)
  在编码或解码期间，当异常被抛出时调用该方法。

API java.beans.XMLDecoder 1.4

- XMLDecoder(InputStream in)
  构造一个 XMLDecoder，它从给定的输入流中读取一个存档。
- Object readObject()
  从存档中读取下一个对象。
- void setExceptionListener(ExceptionListener listener)
- ExceptionListener getExceptionListener()
  设置或获取异常监听器，如果在编码过程中发生异常，该监听器会收到通知。

API java.beans.PersistenceDelegate 1.4

- protected abstract Expression instantiate(Object oldInstance, Encoder out)
  返回一个用于实例化对象的表达式，该对象等价于 oldInstance。
- protected void initialize(Class<?> type, Object oldInstance, Object newInstance, Encoder out)
  向 out 写入语句，将 newInstance 转换成一个等价于 oldInstance 的对象。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API java.beans.DefaultPersistenceDelegate 1.4

- DefaultPersistenceDelegate()
  为带有零参数构造器的类构造一个持久化代理。
- DefaultPersistenceDelegate(String[] propertyNames)
  为一个类构造一个持久化代理，这个类的构造器参数正是给定的属性的值。
- protected Expression instantiate(Object oldInstance, Encoder out)
  返回一个用来调用构造器的表达式，该构造器要么不含参数，要么使用构造器中指定的属性值作为参数。
- protected void initialize(Class<?> type, Object oldInstance, Object newInstance, Encoder out)
  向 out 写入语句，它提供了 newInstance 的属性设置器，并试图将其转换为等价于 oldInstance 的对象。

API java.beans.Expression 1.4

- Expression(Object value, Object target, String methodName, Object[] parameters)
  构造一个表达式，它使用给定的参数来调用 target 上的指定方法。表达式的结果将赋给 value。如果想要调用一个构造器，那么 target 应该是一个 Class 对象，而且 methodName 应该是“new”。

API java.beans.Statement 1.4

- Statement(Object target, String methodName, Object[] parameters)
  构造一个语句，它会使用给定的参数调用 target 上指定的方法。

你现在已经通读了篇幅很长的有关运用 Swing、AWT 和 JavaBeans 进行 GUI 编程的三章。在下一章，我们将转向完全不同的主题：安全。安全已经成为 Java 平台的核心特征之一。由于我们生存和计算的世界变得越来越危险，因此对 Java 安全地透彻理解对于许多开发者来说就显得尤为重要。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第9章 安 全

- ▲ 类加载器
- ▲ 字节码校验
- ▲ 安全管理器与访问权限
- ▲ 用户认证
- ▲ 数字签名
- ▲ 代码签名
- ▲ 加密

当 Java 技术刚刚问世时，令人激动的并不是因为它是一个设计完美的编程语言，而是因为它能够安全地运行通过因特网传播的各种 applet（有关 applet 的更多信息，参见卷 I 第 10 章）。很显然，只有当用户确信 applet 的代码不会破坏他的计算机时，用户才会接受在网上传播的可执行的 applet。正因为如此，无论过去还是现在，安全都是设计人员和 Java 技术使用者所关心的一个重大问题。这就意味着，Java 技术与其他的语言和系统有所不同，在那些语言和系统中安全是在事后才想到要去实现的，或者仅仅是对破坏的一种应对措施，而对 Java 技术来说，安全机制是一个不可分割的组成部分。

Java 技术提供了以下三种确保安全的机制：

- 语言设计特性（对数组的边界进行检查，无不受检查的类型转换，无指针算法等）。
- 访问控制机制，用于控制代码能够执行的操作（比如文件访问，网络访问等）。
- 代码签名，利用该特性，代码的作者就能够用标准的加密算法来认证 Java 代码。这样，该代码的使用者就能够准确地知道谁创建了该代码，以及代码被标识后是否被修改过。

首先，我们来讨论类加载器，它可以在将类加载到虚拟机中的时候检查类的完整性。我们将展示这种机制是如何探测类文件中的损坏的。

为了获得最大的安全性，无论是加载类的默认机制，还是自定义的类加载器，都需要与负责控制代码运行的安全管理器类协同工作。后面我们还要详细介绍如何配置 Java 平台的安全性。

最后，我们要介绍 `java.security` 包提供的加密算法，用来进行代码的标识和用户身份认证。

与我们的一贯宗旨一样，我们将重点介绍应用程序编程人员最感兴趣的话题。如果要深入研究，推荐阅读 Li Gong、Gary Ellison 和 Mary Dageforde 撰写的《*Inside Java 2 Platform Security: Architecture, API Design, and Implementation*》一书，该书由 Prentice Hall 出版社于 2003 年出版。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

9.1 类加载器

Java 编译器会为虚拟机转换源指令。虚拟机代码存储在以 .class 为扩展名的类文件中，每个类文件都包含某个类或者接口的定义和代码实现。这些类文件必须由一个程序进行解释，该程序能够将虚拟机的指令集翻译成目标机器的机器语言。

请注意，虚拟机只加载程序执行时所需要的类文件。例如，假设程序从 MyProgram.class 开始运行，下面是虚拟机执行的步骤：

1）虚拟机有一个用于加载类文件的机制，例如，从磁盘上读取文件或者请求 Web 上的文件；它使用该机制来加载 MyProgram 类文件中的内容。

2）如果 MyProgram 类拥有类型为另一个类的域，或者是拥有超类，那么这些类文件也会被加载。（加载某个类所依赖的所有类的过程称为类的解析。）

3）接着，虚拟机执行 MyProgram 中的 main 方法（它是静态的，无需创建类的实例）。

4）如果 main 方法或者 main 调用的方法要用到更多的类，那么接下来就会加载这些类。

然而，类加载机制并非只使用单个的类加载器。每个 Java 程序至少拥有三个类加载器：

- 引导类加载器
- 扩展类加载器
- 系统类加载器（有时也称为应用类加载器）

引导类加载器负责加载系统类（通常从 JAR 文件 rt.jar 中进行加载）。它是虚拟机不可分割的一部分，而且通常是用 C 语言来实现的。引导类加载器没有对应的 ClassLoader 对象，例如，该方法：

```
String.class.getClassLoader()
```

将返回 null。

扩展类加载器用于从 jre/lib/ext 目录加载“标准的扩展”。可以将 JAR 文件放入该目录，这样即使没有任何类路径，扩展类加载器也可以找到其中的各个类。（有些人推荐使用该机制来避免“可恶的类路径”，不过请看看下面提到的警告事项。）

系统类加载器用于加载应用类。它在由 CLASSPATH 环境变量或者 -classpath 命令行选项设置的类路径中的目录里或者是 JAR/ZIP 文件里查找这些类。

在 Oracle 的 Java 语言实现中，扩展类加载器和系统类加载器都是用 Java 来实现的。它们都是 URLClassLoader 类的实例。

警告： 如果将 JAR 文件放入 jre/lib/ext 目录中，并且在它的类中有一个类需要调用系统类或者扩展类，那么就会遇到麻烦。扩展类加载器并不使用类路径。在使用扩展目录来解决类文件的冲突之前，要牢记这种情况。

注意： 除了所有已经提到的位置，还可以从 jre/lib/endorsed 目录中加载类。这种机制只能用于将某个标准的 Java 类库替换为更新的版本（例如那些支持 XML 和 CORBA 的类）。更多细节请查看 http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/standards。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

9.1.1 类加载器的层次结构

类加载器有一种父/子关系。除了引导类加载器外，每个类加载器都有一个父类加载器。根据规定，类加载器会为它的父类加载器提供一个机会，以便加载任何给定的类，并且只有在其父类加载器加载失败时，它才会加载该给定类。例如，当要求系统类加载器加载一个系统类（比如，`java.util.ArrayList`）时，它首先要求扩展类加载器进行加载，该扩展类加载器则首先要求引导类加载器进行加载。引导类加载器查找并加载 `rt.jar` 中的这个类，而无须其他类加载器做更多的搜索。

某些程序具有插件架构，其中代码的某些部分是作为可选的插件打包的。如果插件被打包为 JAR 文件，那就可以直接用 `URLClassLoader` 类的实例去加载这些类。

```
URL url = new URL("file:///path/to/plugin.jar");
URLClassLoader pluginLoader = new URLClassLoader(new URL[] { url });
Class<?> cl = pluginLoader.loadClass("mypackage.MyClass");
```

因为在 `URLClassLoader` 构造器中没有指定父类加载器，因此 `pluginLoader` 的父亲就是系统类加载器。图 9-1 展示了这种层次结构。

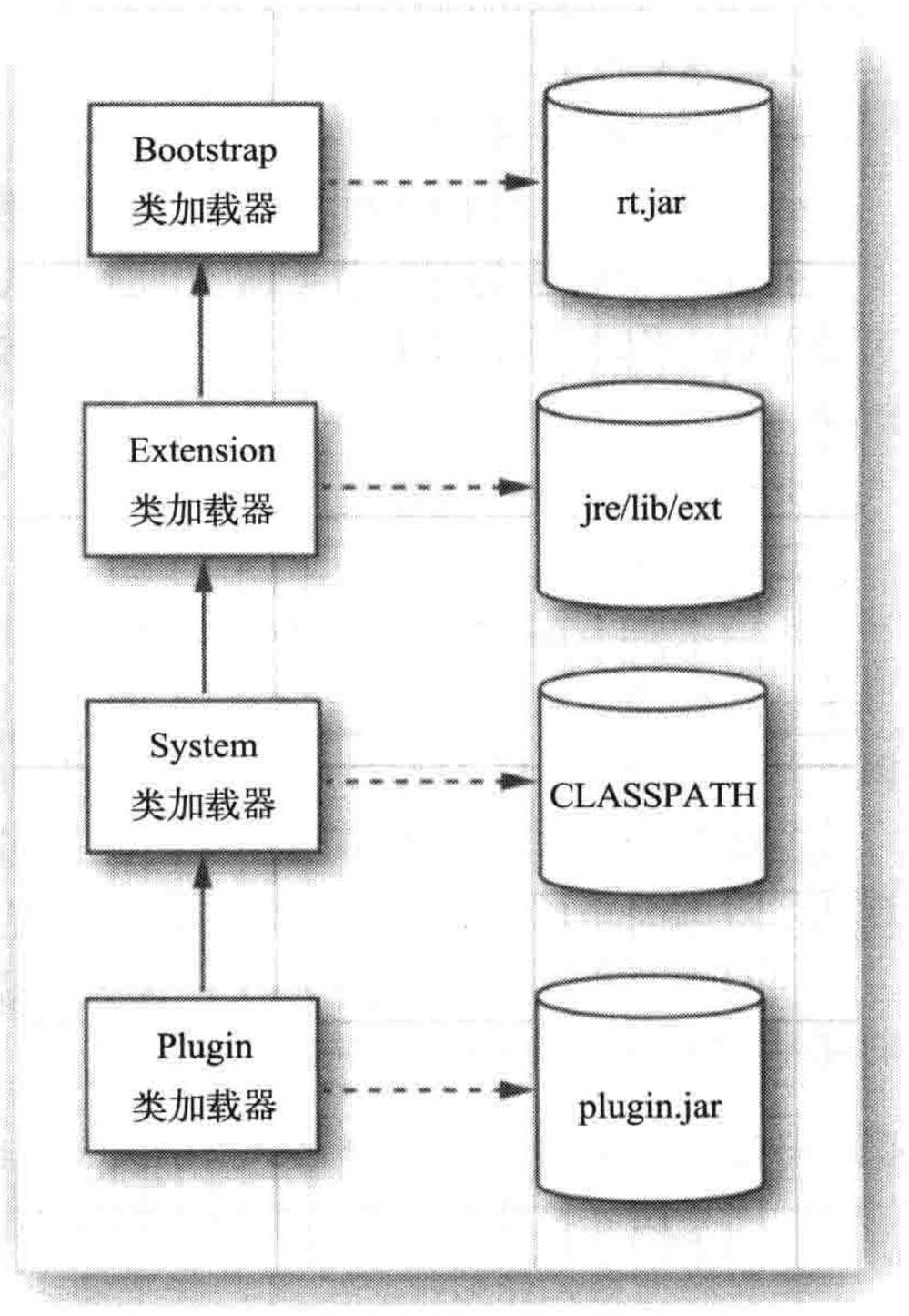


图 9-1 类加载器的层次结构

大多数时候，你不必操心类加载的层次结构。通常，类是由于其他的类需要它而被加载的，而这个过程对你是透明的。

偶尔，你也会需要干涉和指定类加载器。考虑下面的例子：

- 你的应用的代码包含一个助手方法，它要调用 `Class.forName(classNameString)`。
- 这个方法是从一个插件类中被调用的。
- 而 `classNameString` 指定的正是一个包含在这个插件的 JAR 中的类。

插件的作者很合理地期望这个类应该被加载。但是，助手方法的类是由系统类加载器加载的，这正是 `Class.forName` 所使用的类加载器。而对于它来说，在插件 JAR 中的类是不可视的，这种现象称为类加载器倒置。

要解决这个问题，助手方法需要使用恰当的类加载器，它可以要求类加载器作为其一个参数传递给它。或者，它可以要求将恰当的类加载器设置成为当前线程的上下文类加

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

载器，这种策略在许多框架中都得到了应用（例如我们在第 2 章和第 4 章讨论过的 JAXP 和 JNDI 框架）。

每个线程都有一个对类加载器的引用，称为上下文类加载器。主线程的上下文类加载器是系统类加载器。当新线程创建时，它的上下文类加载器会被设置成为创建该线程的上下文类加载器。因此，如果你不做任何特殊的操作，那么所有线程就都将它们的上下文类加载器设置为系统类加载器。

但是，我们也可以通过下面的调用将其设置成为任何类加载器。

```
Thread t = Thread.currentThread();
t.setContextClassLoader(loader);
```

然后助手方法可以获取这个上下文类加载器：

```
Thread t = Thread.currentThread();
ClassLoader loader = t.getContextClassLoader();
Class cl = loader.loadClass(className);
```

当上下文类加载器设置为插件类加载器时，问题依旧存在。应用设计者必须作出决策：通常，当调用由不同的类加载器加载的插件类的方法时，进行上下文类加载器的设置是一种好的思路；或者，让助手方法的调用者设置上下文类加载器。

提示：如果你编写了一个按名字来加载类的方法，那么让调用者在传递显式的类加载器和使用上下文类加载器之间进行选择就是一种好的做法。不要直接使用该方法所属的类的类加载器。

9.1.2 将类加载器作为命名空间

每个 Java 程序员都知道，包的命名是为了消除名字冲突。在标准类库中，有两个名为 Date 的类，它们的实际名字分别为 `java.util.Date` 和 `java.sql.Date`。使用简单的名字只是为了方便程序员，它们要求程序包含恰当的 `import` 语句。在一个正在执行的程序中，所有的类名都包含它们的包名。

然而，令人惊奇的是，在同一个虚拟机中，可以有两个类，它们的类名和包名都是相同的。类是由它的全名和类加载器来确定的。这项技术在加载来自多处的代码时很有用。例如，浏览器为每一个 Web 页都使用了一个独立的 applet 类加载器类的实例。这样，虚拟机就能区分来自不同 Web 页的各个类，而不用管它们的名字是什么。图 9-2 展示了一个实例。假设有一个 Web 页面包含两个由不同的广告商提

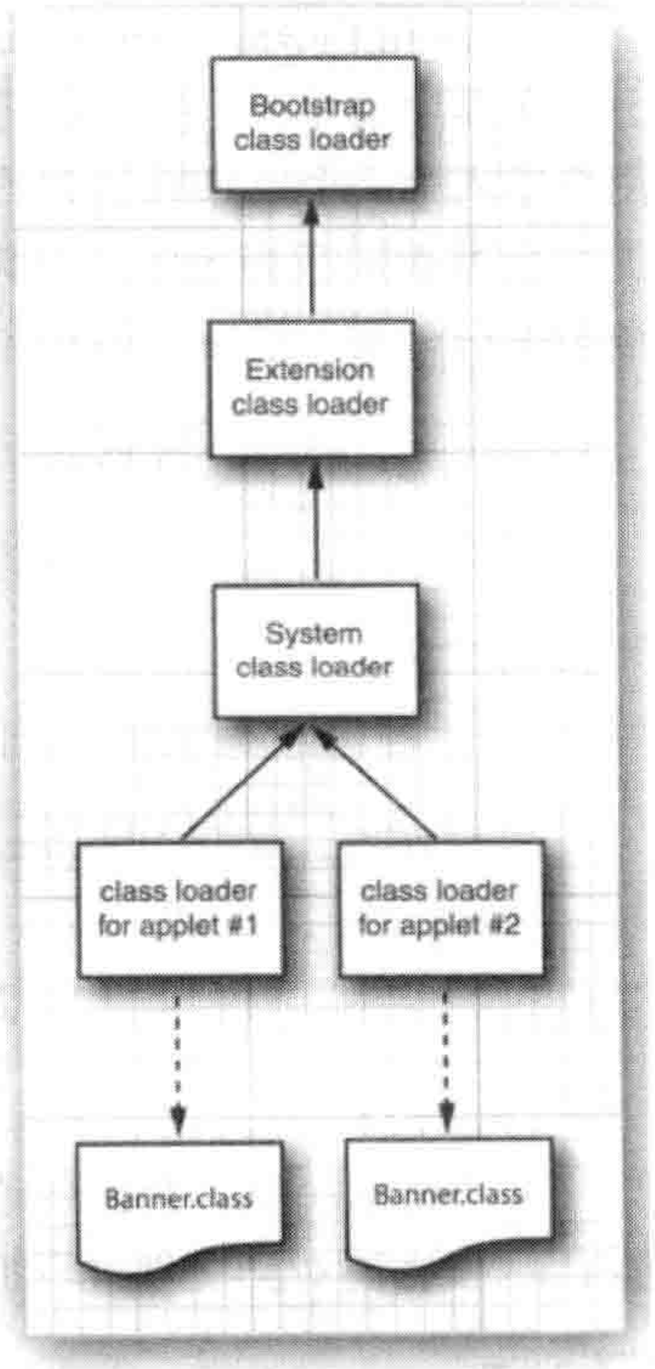


图 9-2 两个类加载器分别加载具有相同名字的两个类

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

供的 applet，其中每个 applet 都有一个称为 Banner 的类。因为每个 applet 都是由单独的类加载器加载的，因此这些类可以彻底地区分开而没有任何冲突。

注意： 这种技术还有其他用处，例如 servlets 和 EJB 的“热部署”。详细信息请访问 http://zeroturnaround.com/labs/rjc301。

9.1.3 编写你自己的类加载器

我们可以编写自己的用于特殊目的的类加载器，这使得我们可以在向虚拟机传递字节码之前执行定制的检查。例如，我们可以编写一个类加载器，它可以拒绝加载没有标记为“paid for”的类。

如果要编写自己的类加载器，只需要继承 ClassLoader 类，然后覆盖下面这个方法

```
findClass(String className)
```

ClassLoader 超类的 loadClass 方法用于将类的加载操作委托给其父类加载器去进行，只有当该类尚未加载并且父类加载器也无法加载该类时，才调用 findClass 方法。

如果要实现该方法，必须做到以下几点：

1）为来自本地文件系统或者其他来源的类加载其字节码。

2）调用 ClassLoader 超类的 defineClass 方法，向虚拟机提供字节码。

在程序清单 9-1 中，我们建立了一个类加载器，用于加载加密过的类文件。该程序要求用户输入第一个要加载的类的名字（即包含 main 方法的类）和密钥。然后，使用一个专门的类加载器来加载指定的类并调用 main 方法。该类加载器对指定的类和所有被其引用的非系统类进行解密。最后，该程序调用已加载类的 main 方法（参见图 9-3）。

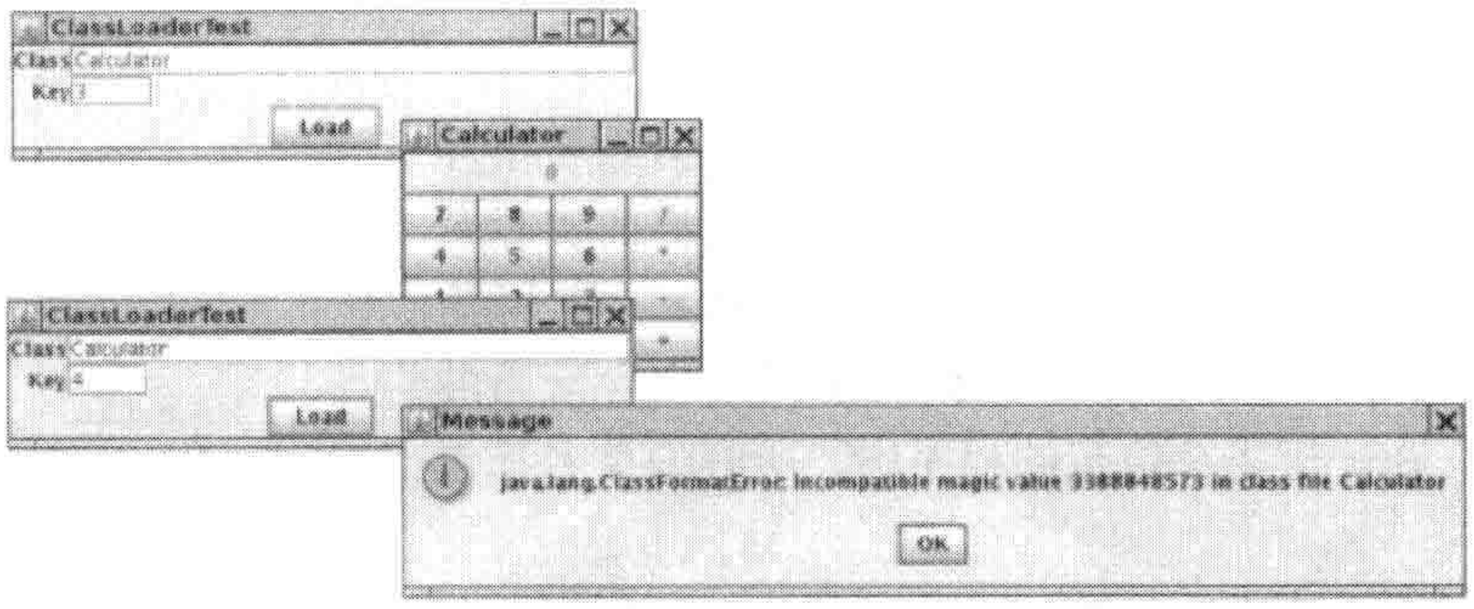


图 9-3 ClassLoaderTest 程序

为了简单起见，我们忽略了密码学领域 2000 年来所取得的技术进展，而是采用了传统的 Caesar 密码对类文件进行加密。

注意： David Kahn 的佳作《*The Codebreakers*》，纽约 Macmillan 出版社 1967 年出版，原书第 84 页中称 Suetonius 是 Caesar 密码的发明人。Caesar 将罗马字母表的 24 个字母移动了 3 个字母的位置，在那个时代这可以迷惑对手。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第一次撰写本章时，美国政府限制高强度加密方法的出口。因此，我们在实例中使用的是Caesar的加密方法，因为该方法的出口显然是合法的。

我们的Caesar密码版本使用的密钥是从1 ~ 255之间的一个数字，解密时，只需将密钥与每个字节相加，然后对256取余。程序清单9-2的Caesar.java程序就实现了这种加密行为。

为了不与常规的类加载器相混淆，我们对加密的类文件使用了不同的扩展名.caesar。

解密时，类加载器只需要将每个字节减去该密钥即可。在本书的程序代码中，可以找到4个类文件，它们都是用“3”这个传统的密钥值进行加密的。为了运行加密程序，需要使用在我们的ClassLoaderTest程序中定义的定制类加载器。

对类文件进行加密有很大的用途（当然，使用的密码的强度应该高于Caesar密码），如果没有加密密钥，类文件就毫无用处。它们既不能由标准虚拟机来执行，也不能轻易地被反汇编。

这就是说，可以使用定制的类加载器来认证类用户的身份，或者确保程序在运行之前已经支付了软件费用。当然，加密只是定制类加载器的应用之一。可以使用其他类型的加载器来解决别的问题，例如，将类文件存储到数据库中。

程序清单9-1 classLoader/ClassLoaderTest.java

```
1  package classLoader;
2
3  import java.io.*;
4  import java.lang.reflect.*;
5  import java.nio.file.*;
6  import java.awt.*;
7  import java.awt.event.*;
8  import javax.swing.*;
9  /**
10  * This program demonstrates a custom class loader that decrypts class files.
11  * @version 1.23 2012-06-08
12  * @author Cay Horstmann
13  */
14 public class ClassLoaderTest
15 {
16    public static void main(String[] args)
17    {
18       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
19          {
20             public void run()
21             {
22                JFrame frame = new ClassLoaderFrame();
23                frame.setTitle("ClassLoaderTest");
24                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
25                frame.setVisible(true);
26             }
27          });
28    }
29 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
30  /**
31   * This frame contains two text fields for the name of the class to load and the decryption key.
32   */
33  class ClassLoaderFrame extends JFrame
34  {
35     private JTextField keyField = new JTextField("3", 4);
36     private JTextField nameField = new JTextField("Calculator", 30);
37     private static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
38     private static final int DEFAULT_HEIGHT = 200;
39
40     public ClassLoaderFrame()
41     {
42        setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
43        setLayout(new GridBagLayout());
44        add(new JLabel("Class"), new GBC(0, 0).setAnchor(GBC.EAST));
45        add(nameField, new GBC(1, 0).setWeight(100, 0).setAnchor(GBC.WEST));
46        add(new JLabel("Key"), new GBC(0, 1).setAnchor(GBC.EAST));
47        add(keyField, new GBC(1, 1).setWeight(100, 0).setAnchor(GBC.WEST));
48        JButton loadButton = new JButton("Load");
49        add(loadButton, new GBC(0, 2, 2, 1));
50        loadButton.addActionListener(new ActionListener()
51           {
52              public void actionPerformed(ActionEvent event)
53              {
54                 runClass(nameField.getText(), keyField.getText());
55              }
56           });
57        pack();
58     }
59
60     /**
61      * Runs the main method of a given class.
62      * @param name the class name
63      * @param key the decryption key for the class files
64      */
65     public void runClass(String name, String key)
66     {
67        try
68        {
69           ClassLoader loader = new CryptoClassLoader(Integer.parseInt(key));
70           Class<?> c = loader.loadClass(name);
71           Method m = c.getMethod("main", String[].class);
72           m.invoke(null, (Object) new String[] {});
73        }
74        catch (Throwable e)
75        {
76           JOptionPane.showMessageDialog(this, e);
77        }
78     }
79
80  }
81
82  /**
83   * This class loader loads encrypted class files.
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
84  */
85 class CryptoClassLoader extends ClassLoader
86 {
87    private int key;
88
89    /**
90     * Constructs a crypto class loader.
91     * @param k the decryption key
92     */
93    public CryptoClassLoader(int k)
94    {
95       key = k;
96    }
97
98    protected Class<?> findClass(String name) throws ClassNotFoundException
99    {
100      try
101      {
102         byte[] classBytes = null;
103         classBytes = loadClassBytes(name);
104         Class<?> cl = defineClass(name, classBytes, 0, classBytes.length);
105         if (cl == null) throw new ClassNotFoundException(name);
106         return cl;
107      }
108      catch (IOException e)
109      {
110         throw new ClassNotFoundException(name);
111      }
112   }
113
114   /**
115    * Loads and decrypt the class file bytes.
116    * @param name the class name
117    * @return an array with the class file bytes
118    */
119   private byte[] loadClassBytes(String name) throws IOException
120   {
121      String cname = name.replace('.', '/') + ".caesar";
122      byte[] bytes = Files.readAllBytes(Paths.get(cname));
123      for (int i = 0; i < bytes.length; i++)
124         bytes[i] = (byte) (bytes[i] - key);
125      return bytes;
126   }
127 }
```

程序清单 9-2 classLoader/Caesar.java

```
1  package classLoader;
2
3  import java.io.*;
4
5  /**
6   * Encrypts a file using the Caesar cipher.
7   * @version 1.01 2012-06-10
8   * @author Cay Horstmann
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
 */
public class Caesar
{
   public static void main(String[] args) throws Exception
   {
      if (args.length != 3)
      {
         System.out.println("USAGE: java classLoader.Caesar in out key");
         return;
      }

      try(FileInputStream in = new FileInputStream(args[0]);
         FileOutputStream out = new FileOutputStream(args[1]))
      {
         int key = Integer.parseInt(args[2]);
         int ch;
         while ((ch = in.read()) != -1)
         {
            byte c = (byte) (ch + key);
            out.write(c);
         }
      }
   }
}
```

API java.lang.Class 1.0

- `ClassLoader getClassLoader()`

  获取加载该类的类加载器。

API java.lang.ClassLoader 1.0

- `ClassLoader getParent() 1.2`

  返回父类加载器，如果父类加载器是引导类加载器，则返回 `null`。

- `static ClassLoader getSystemClassLoader() 1.2`

  获取系统类加载器，即用于加载第一个应用类的类加载器。

- `protected Class findClass(String name) 1.2`

  类加载器应该覆盖该方法，以查找类的字节码，并通过调用 `defineClass` 方法将字节码传给虚拟机。在类的名字中，使用 . 作为包名分隔符，并且不使用 `.class` 后缀。

- `Class defineClass(String name, byte[] byteCodeData, int offset, int length)`

  将一个新的类添加到虚拟机中，其字节码在给定的数据范围中。

API java.net.URLClassLoader 1.2

- `URLClassLoader(URL[] urls)`
- `URLClassLoader(URL[] urls, ClassLoader parent)`

  构建一个类加载器，它可以从给定的 URL 处加载类。如果 URL 以 / 结尾，那么它表

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

示的一个目录，否则，它表示的是一个 JAR 文件。

API java.lang.Thread 1.0

- `ClassLoader getContextClassLoader() 1.2`
  获取类加载器，该线程的创建者将其指定为执行该线程时最适合使用的类加载器。
- `void setContextClassLoader(ClassLoader loader) 1.2`
  为该线程中的代码设置一个类加载器，以获取要加载的类。如果在启动一个线程时没有显式地设置上下文类加载器，则使用父线程的上下文类加载器。

9.2 字节码校验

当类加载器将新加载的 Java 平台类的字节码传递给虚拟机时，这些字节码首先要接受校验器（verifier）的校验。校验器负责检查那些指令无法执行的明显有破坏性的操作。除了系统类外，所有的类都要被校验。

下面是校验器执行的一些检查：

- 变量要在使用之前进行初始化。
- 方法调用与对象引用类型之间要匹配。
- 访问私有数据和方法的规则没有被违反。
- 对本地变量的访问都落在运行时堆栈内。
- 运行时堆栈没有溢出。

如果以上这些检查中任何一条没有通过，那么该类就被认为遭到了破坏，并且不予加载。

注意： 如果熟悉 Gödel 的定理，那么你可能想知道，校验器究竟是如何证明某个类文件不存在类型不匹配、变量没有初始化和堆栈溢出等问题的。根据 Gödel 的定理，你无法设计相应的算法，使其能够处理程序文件，并决定输入程序是否有特定的属性（比如不出现堆栈溢出问题）。这是否属于 Oracle 公司的公共关系部门和逻辑法则之间的矛盾呢？不——事实上，校验器并非是一个 Gödel 意义上的决策算法。如果校验器接受了一个程序，那么该程序就确实是安全的。然而，也有许多程序尽管是安全的，但却被校验器拒绝了。（在强制用哑元值来初始化一个变量时，你就会碰到这个问题，因为编译器无法了解这个变量应该如何正确地初始化。）

这种严格的校验是出于安全上的考虑，有一些偶然性的错误，比如变量没有初始化，如果这类错误没有被捕获，就很容易地对系统造成严重的破坏。更为重要的是，在因特网这样开放的环境中，你必须保护自己以防恶意的程序员对你实施攻击，因为他们的目的就是要造成恶劣的影响。例如，通过修改运行时堆栈中的值，或者向系统对象的私有数据字段写入数据，某个程序就会突破浏览器的安全防线。

当然你可能想知道，为什么要有一个专门的校验器来检查这些特性呢。毕竟，编译器绝

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

不会允许你生成一个这样的类文件：该类文件中有未初始化的变量或者可以通过另一个类来访问该类的某个私有数据字段。实际上，用 Java 语言编译器生成的类文件总是可以通过校验的。然而，类文件中使用的字节码格式是有很好的文档记录的，对于具有汇编程序设计经验并且拥有十六进制编辑器的人来说，要手工地创建一个对 Java 虚拟机来说，由合法的但是不安全的指令构成的类文件，是一件非常容易的事情。再次提醒你，要记住，校验器总是在防范被故意篡改的类文件，而不仅仅只是检查编译器产生的类文件。

下面的例子将展示如何创建一个变动过的类文件。我们从程序清单 9-3 的程序 `Verifier Test.java` 开始。这是一个简单的程序，它调用一个方法，并且显示方法的运行结果。该程序既可以在控制台运行，也可以作为一个 applet 程序来运行。其中的 fun 方法本身只是负责计算 1+2。

```
static int fun()
{
   int m;
   int n;
   m = 1;
   n = 2;
   int r = m + n;
   return r;
}
```

作为一次实验，请尝试编译下面这个对该程序进行修改后的文件。

```
static int fun()
{
   int m = 1;
   int n;
   m = 1;
   m = 2;
   int r = m + n;
   return r;
}
```

在这种情况下，n 没有被初始化，它可以是任何随机值。当然，编译器能够检测到这个问题并拒绝编译该程序。如果要建立一个不良的类文件，我们必须得多花点工夫。首先，运行 `javap` 程序，以便知晓编译器是如何翻译 `fun` 方法的。下面这个命令：

```
javap -c verifier.VerifierTest
```

用助记（mnemonic）格式显示了类文件中的字节码。

```
Method int fun()
   0 iconst_1
   1 istore_0
   2 iconst_2
   3 istore_1
   4 iload_0
   5 iload_1
   6 iadd
   7 istore_2
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
8 iload_2
9 ireturn
```

我们使用一个十六进制编辑器将指令 3 从 `istore_1` 改为 `istore_0`，也就是说，局部变量 0（即 `m`）被初始化了两次，而局部变量 1（即 `n`）则根本没有初始化。我们必须知道这些指令的十六进制值，这些值在 Tim Lindholm 和 Frank Yellin 撰写的《*The Java Virtual Machine Specification*》一书中很容易就可以找到，该书由 Addison-Wesley 出版社于 1999 年出版。

```
0 iconst_1 04
1 istore_0 3B
2 iconst_2 05
3 istore_1 3C
4 iload_0  1A
5 iload_1  1B
6 iadd     60
7 istore_2 3D
8 iload_2  1C
9 ireturn  AC
```

可以使用十六进制编辑器。在图 9-4 中，你可以看到类文件 `VerifierTest.class` 被加载到了 Gnome 编辑器中，`fun` 方法的字节码已经被选定。

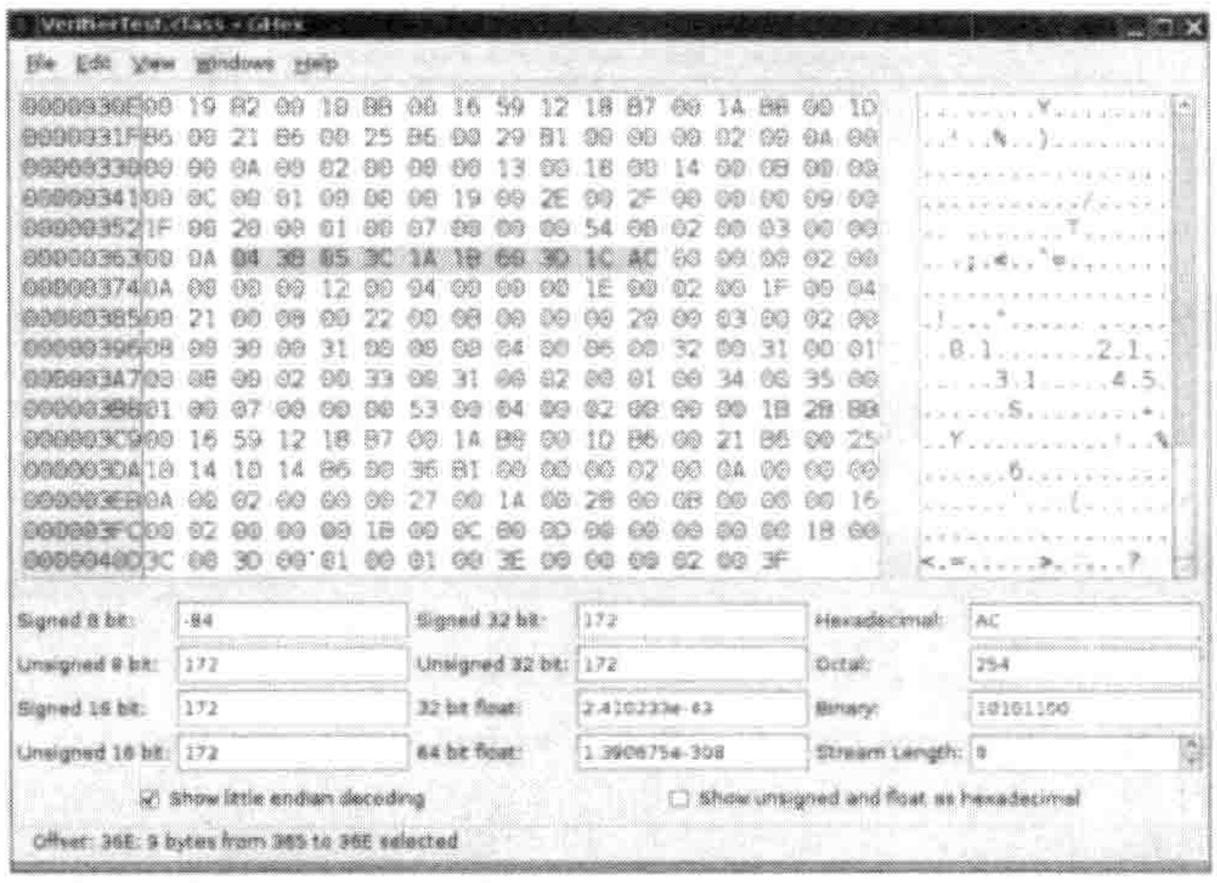


图 9-4 使用十六进制编辑器修改字节码

将 3C 改为 3B 并保存类文件。然后设法运行 `Verifiertest` 程序，将会看到下面的出错信息：

```
Exception in thread "main" java.lang.VerifyError: (class: VerifierTest, method:fun signature:
()I) Accessing value from uninitialized register 1
```

这很好——虚拟机发现了我们所做的修改。

现在用 `-noverify` 选项（或者 `-Xverify:none`）来运行程序：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
java -noverify verifier.VerifierTest
```

从表面上看，fun 方法似乎返回了一个随机值。但实际上，该值是 2 与存储在尚未初始化的变量 n 中的值相加得到的结果。下面是典型的输出结果：

```
1 + 2 == 15102330
```

为了观察浏览器是如何处理校验的，我们编写的这段程序，既可以作为一个应用程序来运行，也可以作为一个 applet 来运行。把 applet 加载到浏览器中，并使用一个文件 URL 来访问，例如：

```
file:///C:/CoreJavaBook/v2ch9/verifier/VerifierTest.html
```

这时，就会出现一个出错消息，这表明校验失败了（参见图 9-5）。

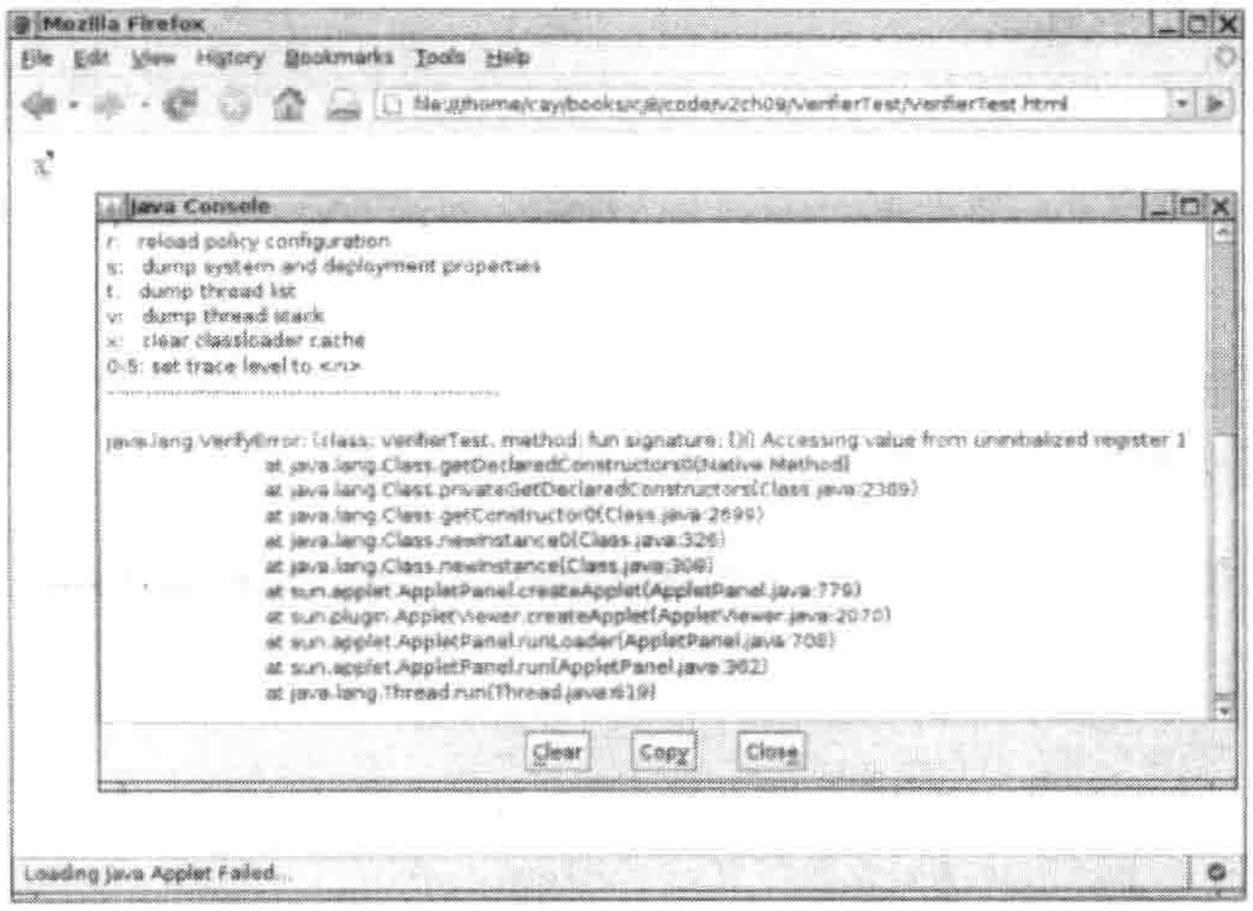


图 9-5 加载受损类文件将会产生一个方法校验错误

程序清单 9-3 verifier/VerifierTest.java

```
1  package verifier;
2
3  import java.applet.*;
4  import java.awt.*;
5  /**
6   * This application demonstrates the bytecode verifier of the virtual machine. If you use a hex
7   * editor to modify the class file, then the virtual machine should detect the tampering.
8   * @version 1.00 1997-09-10
9   * @author Cay Horstmann
10  */
11 public class VerifierTest extends Applet
12 {
13    public static void main(String[] args)
14    {
15       System.out.println("1 + 2 == " + fun());
16    }
17
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
18    /**
19     * A function that computes 1 + 2.
20     * @return 3, if the code has not been corrupted
21     */
22    public static int fun()
23    {
24       int m;
25       int n;
26       m = 1;
27       n = 2;
28       // use hex editor to change to "m = 2" in class file
29       int r = m + n;
30       return r;
31    }
32
33    public void paint(Graphics g)
34    {
35       g.drawString("1 + 2 == " + fun(), 20, 20);
36    }
37 }
```

9.3 安全管理器与访问权限

一旦某个类被加载到虚拟机中，并由检验器检查过之后，Java 平台的第二种安全机制就会启动，这个机制就是安全管理器。安全管理器是一个负责控制具体操作是否允许执行的类。安全管理器负责检查的操作包括以下内容：

- 创建一个新的类加载器。
- 退出虚拟机。
- 使用反射访问另一个类的成员。
- 访问本地文件。
- 打开 socket 连接。
- 启动打印作业。
- 访问系统剪贴板。
- 访问 AWT 事件队列。
- 打开一个顶层窗口。

整个 Java 类库中还有许多其他类似的检查。

在运行 Java 应用程序时，默认的设置是不安装安全管理器的，这样所有的操作都是允许的。另一方面，applet 浏览器会执行一个功能受限的安全策略。

例如，applet 不允许退出虚拟机。如果它们试图调用 `exit` 方法，就会抛出一个安全异常。下面将详细说明这种情况。`Runtime` 类的 `exit` 方法会调用安全管理器的 `checkExit` 方法，下面是 `exit` 方法的全部代码：

```
public void exit(int status)
{
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
    SecurityManager security = System.getSecurityManager();
    if (security != null)
        security.checkExit(status);
    exitInternal(status);
}
```

这时安全管理器要检查退出请求是来自浏览器还是单个的 applet 程序。如果安全管理器同意了退出请求，那么 checkExit 便直接返回并继续处理下面正常的操作。但是，如果安全管理器不同意退出请求，那么 checkExit 方法就会抛出一个 SecurityException 异常。

只有当没有任何异常发生时，exit 方法才能继续执行。然后它调用本地私有的 exitInternal 方法，以真正终止虚拟机的运行。没有其他的方法可以终止虚拟机的运行，因为 exitInternal 方法是私有的，任何其他类都不能调用它。因此，任何试图退出虚拟机的代码都必须通过 exit 方法，从而在不触发安全异常的情况下，通过 checkExit 安全检查。

显然，安全策略的完整性依赖于谨慎的编码。标准类库中系统服务的提供者，在试图继续任何敏感的操作之前，都必须与安全管理器进行协商。

Java 平台的安全管理器，不仅允许系统管理员，而且允许程序员对各个安全访问权限实施细致的控制。我们将在下一节介绍这些特性。首先，我们将介绍 Java 2 平台的安全模型的概况，然后介绍如何使用策略文件对各个权限实施控制。最后，我们要介绍如何来定义你自己的权限类型。

注意： 实现并安装自己的安全管理器是可行的，但是你不应该进行这种尝试，除非你是计算机安全方面的专家。配置标准的安全管理器更加安全。

9.3.1 Java 平台安全性

JDK 1.0 具有一个非常简单的安全模型，即本地类拥有所有的权限，而远程类只能在沙盒里运行。就像儿童只能在沙盒里玩沙子一样，远程代码只被允许打印屏幕和与用户进行交互。applet 的安全管理器拒绝了远程代码对本地资源的所有访问。JDK 1.1 对此进行了微小的修改，如果远程代码带有可信赖的实体的签名，将被赋予和本地类相同的访问权限。不过，JDK 1.0 和 1.1 这两个版本提供的都是一种“要么都有，要么都没有”的权限赋予方法。程序要么拥有所有的访问权限，要么必须在沙盒里运行。

从 Java SE 1.2 开始，Java 平台拥有了更灵活的安全机制，它的安全策略建立了代码来源和访问权限集之间的映射关系（参见图 9-6）。

代码来源（code source）是由一个代码位置和一个证书集指定的。代码位置指定了代码的来源。例如，远程 applet 代码的代码位置是下载 applet 的 HTTP URL，位于 JAR 文件中的代码的代码位置是该文件的 URL。证书的目的是要由某一方来保障代码没有被篡改过。我们将在本章的后面部分讨论证书。

权限（permission）是指由安全管理器负责检查的任何属性。Java 平台支持许多访问权限类，每个类都封装了特定权限的详细信息。例如，下面这个 FilePermission 类的实例表

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

示：允许在 /tmp 目录下读取和写入任何文件。

```
FilePermission p = new FilePermission("/tmp/*", "read,write");
```

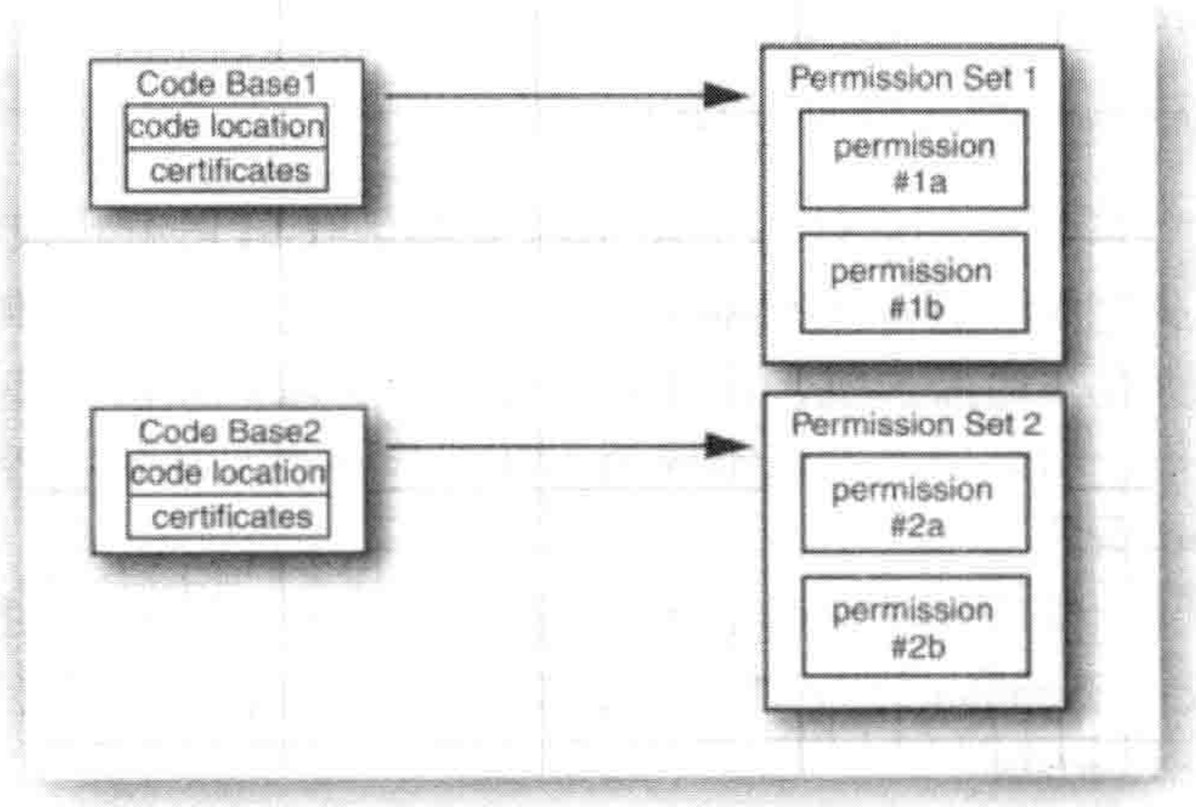


图 9-6 一个安全策略

更为重要的是，Policy 类的默认实现可从访问权限文件中读取权限。在权限文件中，同样的读权限表示为：

```
permission java.io.FilePermission "/tmp/*", "read,write";
```

我们将在下一节介绍权限文件。

图 9-7 显示了 Java SE 1.2 中提供的权限类的层次结构。JDK 的后续版本添加了更多的权限类。

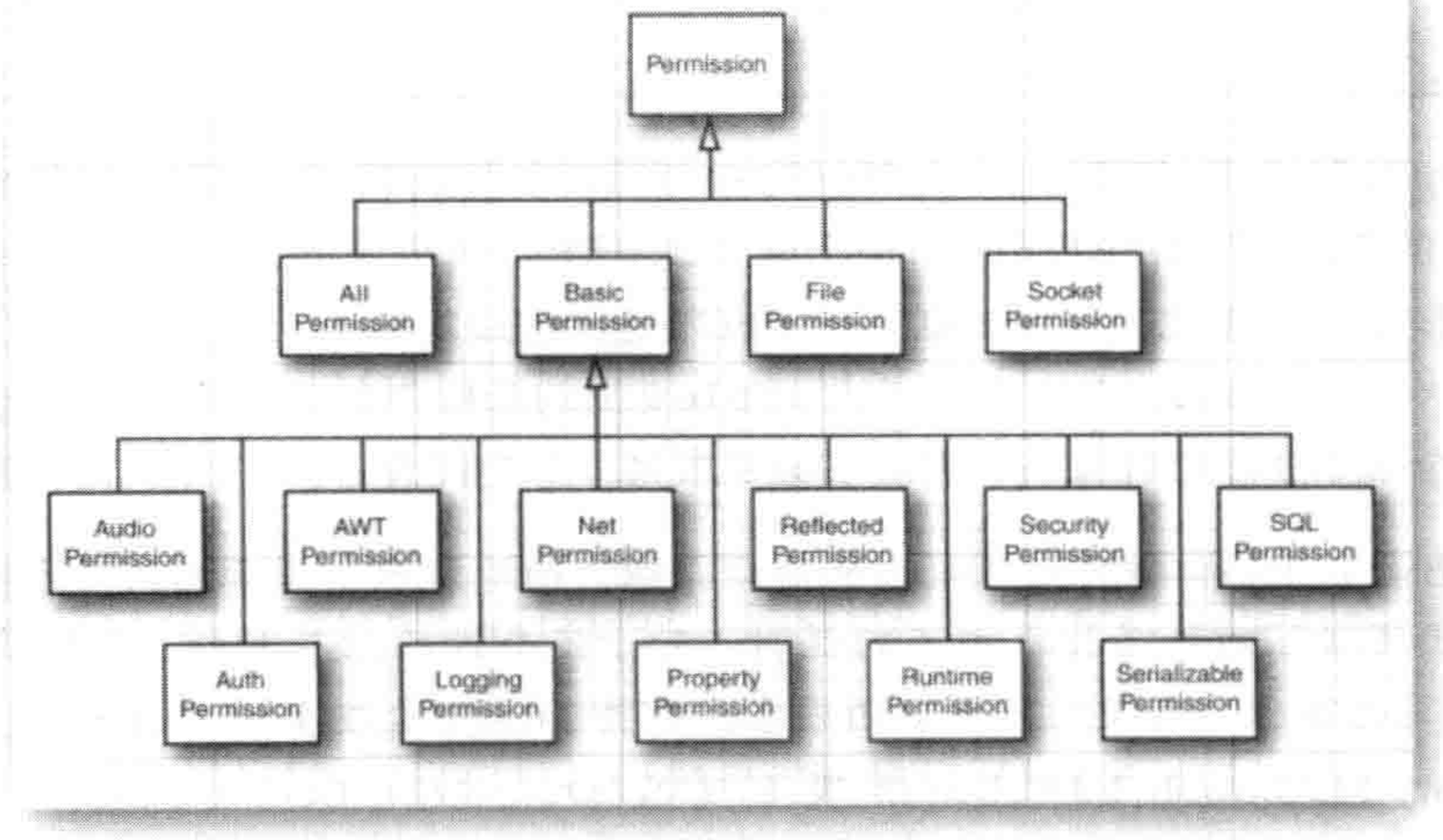


图 9-7 权限类的层次结构

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在上一节中，我们看到了 SecurityManager 类有许多诸如 checkExit 的安全检查方法，这些方法的存在，只是为了程序员的方便和向后的兼容性，它们都已被映射为标准的权限检查，例如，下面是 checkExit 方法的源代码：

```
public void checkExit()
{
   checkPermission(new RuntimePermission("exitVM"));
}
```

每个类都有一个保护域，它是一个用于封装类的代码来源和权限集合的对象。当 SecurityManager 类需要检查某个权限时，它要查看当前位于调用堆栈上的所有方法的类，然后它要获得所有类的保护域，并且询问每个保护域，其权限集合是否允许执行当前正在被检查的操作。如果所有的域都同意，那么检查得以通过。否则，就会抛出一个 SecurityException 异常。

为什么在调用堆栈上的所有方法都必须允许某个特定的操作呢？让我们通过一个实例来说明这个问题。假设一个 applet 的 init 方法想要打开一个文件，它可能会调用下面的语句：

```
Reader in = new FileReader(name);
```

FileReader 构造器调用 FileInputStream 构造器，而 FileInputStream 构造器调用安全管理器的 checkRead 方法，安全管理器最后用 FilePermission(name, "read") 对象调用 checkPermission。表 9-1 显示了该调用堆栈。

表 9-1 权限检查期间的调用堆栈

类	方 法	代码来源	权 限
SecurityManager	checkPermission	null	AllPermission
SecurityManager	checkRead	null	AllPermission
FileInputStream	Constructor	null	AllPermission
FileReader	Constructor	null	AllPermission
Applet	init	Applet 代码来源	Applet 权限
. . .			

FileInputStream 和 SecurityManager 类都属于系统类，它们的 CodeSource 为 null，它们的权限都是由 AllPermission 类的一个实例组成的，AllPermission 类允许执行所有的操作。显然地，仅仅根据它们的权限是无法确定检查结果的。正如我们所看到的那样，checkPermission 方法必须考虑 applet 类的受限制的权限问题。通过检查整个调用堆栈，安全机制就能够确保一个类决不会要求另一个类代表自己去执行某个敏感的操作。

注意： 上面关于如何进行权限检查的简要介绍，向你展示了这方面的基本概念。不过我们在这里省略了对许多技术细节的说明。对于安全性的细节问题，我们建议你阅读 Li Gong 撰写的著作，以便了解更多的内容。有关 Java 平台安全模型的更多重要信息，请查阅 Gary McGraw 和 Ed Felten 撰写的《*Securing Java: Getting Down to Business with Mobile Code*，第二版》一书，该书由 Wiley 出版社于 1999 年出版。你可以在下面的网站

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

上找到该书的在线版本：http://www. securing java.com 。

API java.lang.SecurityManager 1.0

- `void checkPermission(Permission p) 1.2`
  检查当前安全管理器是否授予给定的权限。如果没有授予该权限，本方法抛出一个 `SecurityException` 异常。

API java.lang.Class 1.0

- `ProtectionDomain getProtectionDomain() 1.2`
  获取该类的保护域，如果该类被加载时没有保护域，则返回 `null`。

API java.security.ProtectionDomain 1.2

- `ProtectionDomain(CodeSource source, PermissionCollection permissions)`
  用给定的代码来源和权限构建一个保护域。
- `CodeSource getCodeSource()`
  获取该保护域的代码来源。
- `boolean implies(Permission p)`
  如果该保护域允许给定的权限，则返回 `true`。

API java.security.CodeSource 1.2

- `Certificate[] getCertificates()`
  获取与该代码来源相关联的用于类文件签名的证书链。
- `URL getLocation()`
  获取与该代码来源相关联的类文件代码位置。

9.3.2 安全策略文件

策略管理器要读取相应的策略文件，这些文件包含了将代码来源映射为权限的指令。下面是一个典型的策略文件：

```
grant codeBase "http://www.horstmann.com/classes"
{
   permission java.io.FilePermission "/tmp/*", "read,write";
};
```

该文件给所有下载自 http://www.horstmann.com/classes 的代码授予在 `/tmp` 目录下读取和写入文件的权限。

可以将策略文件安装在标准位置上。默认情况下，有两个位置可以安装策略文件：

- Java 平台主目录的 `java.policy` 文件。
- 用户主目录的 `.java.policy` 文件（注意文件名前面的圆点）。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意： 可以在 java.security 配置文件中修改这些文件的位置，默认位置设定为：

```
policy.url.1=file:${java.home}/lib/security/java.policy
policy.url.2=file:${user.home}/.java.policy
```

系统管理员可以修改 java.security 文件，并可以指定驻留在另外一台服务器上并且用户无法修改的策略 URL。策略文件中允许存放任何数量的策略 URL（这些 URL 带有连续的编号）。所有文件的权限都被组合了在一起。

如果你想将策略文件存储到文件系统之外，那么可以去实现 Policy 类的一个子类，让其去收集所允许的权限。然后在 java.security 配置文件中更改下面这行：

```
policy.provider=sun.security.provider.PolicyFile
```

在测试期间，我们不喜欢经常地修改这些标准文件。因此，我们更愿意为每一个应用程序配置显式的策略文件，这样将权限写入一个独立的文件（比如 MyApp.policy）中即可。要应用这个策略文件，可以有两个选择。一种是在应用程序的 main 方法内部设置系统属性：

```
System.setProperty("java.security.policy", "MyApp.policy");
```

或者，可以像下面这样启动虚拟机：

```
java -Djava.security.policy=MyApp.policy MyApp
```

对于 applet，则可以用如下的启动命令。

```
appletviewer -J-Djava.security.policy=MyApplet.policy MyApplet.html
```

（可以用 appletviewer 的 -J 选项将任何命令行参数传给虚拟机）。

在这些例子中，MyApp.policy 文件被添加到了其他有效的策略中。如果在命令行中添加了第二个等号，比如：

```
java -Djava.security.policy==MyApp.policy MyApp
```

那么应用程序就只使用指定的策略文件，而标准策略文件将被忽略。

警告： 在测试期间，一个容易犯的错误是在当前目录中留下了一个 .java.policy 文件，该文件授予了许许多多的权限，甚至可能授予了 AllPermission。如果发现你的应用程序似乎没有应用策略文件中的规定，就应该检查当前目录下的 .java.policy 文件。如果使用的是 UNIX 系统，就更容易犯这样的错误，因为在 UNIX 中，文件名以圆点开头的文件默认是不显示的。

正如前面所说，在默认情况下，Java 应用程序是不安装安全管理器的。因此，在安装安全管理器之前，看不到策略文件的作用。当然，可以将这行代码：

```
System.setSecurityManager(new SecurityManager());
```

添加到 main 方法中，或者在启动虚拟机的时候添加命令行选项 -Djava.security.manager。

```
java -Djava.security.manager -Djava.security.policy=MyApp.policy MyApp
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在本节的剩余部分，我们将要详细介绍如何描述策略文件的权限。我们将介绍整个策略文件的格式，不过不包括代码证书部分，代码证书将在本章的后面部分介绍。

一个策略文件包含一系列 grant 项。每一项都具有以下的形式：

```
grant codesource
{
   permission1;
   permission2;
   . . .
};
```

代码来源包含一个代码基（如果某一项适用于所有来源的代码，则代码基可以省略）和值得信赖的用户特征（principal）与证书签名者的名字（如果不要求对该项签名，则可以省略）。

代码基可以设定为：

```
codeBase "url"
```

如果 URL 以“/”结束，那么它是一个目录。否则，它将被视为一个 JAR 文件的名字。例如：

```
grant codeBase "www.horstmann.com/classes/" { . . . };
grant codeBase "www.horstmann.com/classes/MyApp.jar" { . . . };
```

代码基是一个 URL 并且总是以斜杠作为文件分隔符，即使是 Windows 中的文件 URL，也是如此。例如：

```
grant codeBase "file:C:/myapps/classes/" { . . . };
```

注意： 大家都知道 http 格式的 URL 都以双斜杠（`http://`）开头的，但是它很容易与 `file` 格式的 URL 搞混淆，策略文件阅读器接受两种格式的 file URL，即 `file://localFile` 和 `file:localFile`。此外，Windows 驱动器名前面的斜杠是可有可无的。也就是说，下面的各种表示都是可以接受的：

```
file:C:/dir/filename.ext
file:/C:/dir/filename.ext
file://C:/dir/filename.ext
file:///C:/dir/filename.ext
```

实际上，我们的测试结果是 `file:////C:/dir/filename.ext` 也是允许的，对此我们不做解释。

权限采用下面的结构：

```
permission className targetName, actionList;
```

类名是权限类的全称类名（比如 `java.io.FilePermission`）。目标名是个与权限相关的值，例如，文件权限中的目录名或者文件名，或者是 `socket` 权限中的主机和端口。操作列表同样是与权限相关的，它是一个操作方式的列表，比如 `read` 或者 `connect` 等操作，用逗号分隔。有些权限类并不需要目标名和操作列表。表 9-2 列出了标准的权限和它们执行的操作。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表 9-2 权限及其相关的目标和操作

权 限	目 标	操 作
java.io.FilePermission	文件目标（见正文）	read, write, execute, delete
java.net.SocketPermission	Socket 目标（见正文）	accept, connect, listen, resolve
java.util.PropertyPermission	属性目标（见正文）	read, write
java.lang.RuntimePermission	createClassLoader getClassLoader setContextClassLoader enableContextClassLoaderOverride createSecurityManager setSecurityManager exitVM getenv.*variableName* shutdownHooks setFactory setIO modifyThread stopThread modifyThreadGroup getProtectionDomain readFileDescriptor writeFileDescriptor loadLibrary.*libraryName* accessClassInPackage.*packageName* defineClassInPackage.*packageName* accessDeclaredMembers.*className* queuePrintJob getStackTrace setDefaultUncaughtExceptionHandler preferences usePolicy	（无）
java.awt.AWTPermission	showWindowWithoutWarningBanner accessClipboard accessEventQueue createRobot fullScreenExclusive listenToAllAWTEvents readDisplayPixels replaceKeyboardFocusManager watchMousePointer setWindowAlwaysOnTop setAppletStub	（无）

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

（续）

权　限	目　标	操　作
java.net.NetPermission	setDefaultAuthenticator specifyStreamHandler requestPasswordAuthentication setProxySelector getProxySelector setCookieHandler getCookieHandler setResponseCache getResponseCache	（无）
java.lang.reflect.ReflectPermission	suppressAccessChecks	（无）
java.io.SerializablePermission	enableSubclassImplementation enableSubstitution	（无）
java.security.SecurityPermission	createAccessControlContext getdomainCombiner getPolicy setPolicy getProperty.*keyName* setProperty.*keyName* insertProvider.*providerName* removeProvider.*providerName* setSystemScope setIdentityPublicKey setIdentityInfo addIdentityCertificate removeIdentityCertificate printIdentity clearProviderProperties.*providerName* putProviderProperty.*providerName* removeProviderProperty.*providerName* getSignerPrivateKey setSignerKeyPair	（无）
java.security.AllPermission	（无）	（无）
javax.audio.AudioPermission	运行记录	（无）
javax.security.auth.AuthPermission	doAs doAsPrivileged getSubject getSubjectFromDomainCombiner setReadOnly modifyPrincipals modifyPublicCredentials	（无）

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

（续）

权 限	目 标	操 作
javax.security.auth.AuthPermission	modifyPrivateCredentials refreshCredential destroyCredential createLoginContext.*contextName* getLoginConfiguration setLoginConfiguration refreshLoginConfiguration	（无）
java.util.logging.LoggingPermission	control	（无）
java.sql.SQLPermission	setLog	（无）

正如表 9-2 中所示，大部分权限只允许执行某个特定的操作。可以将操作视为带有一个隐含操作“permit”的目标。这些权限类都继承自 BasicPermission 类（参见本章图 9-7）。然而，文件、socket 和属性权限的目标都比较复杂，我们必须对它们进行详细介绍。

文件权限的目标可以有下面几种形式：

file	文件
directory/	目录
*directory/**	目录中的所有文件
*	当前目录中的所有文件
directory/-	目录和其子目录中的所有文件
-	当然目录和其子目录中所有文件
<<ALL FILES>>	文件系统中的所有文件

例如，下面的权限项赋予对 /myapp 目录和它的子目录中的所有文件的访问权限。

```
permission java.io.FilePermission "/myapp/-", "read,write,delete";
```

必须使用 \\ 转义字符序列来表示 Window 文件名中的反斜杠。

```
permission java.io.FilePermission "c:\\myapp\\-", "read,write,delete";
```

Socket 权限的目标由主机和端口范围组成。对主机的描述具有下面几种形式：

hostname 或 IPaddress	单个主机
localhost 或空字符串	本地主机
*.domainSuffix	以给定后缀结尾的域中所有的主机
*	所有主机

端口范围是可选的，具有下面几种形式：

:n	单个端口
:n-	编号大于等于 n 的所有端口
:-n	编号小于等于 n 的所有端口
:n1-n2	位于给定范围内的所有端口

下面是一个权限的实例：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
permission java.net.SocketPermission "*.horstmann.com:8000-8999", "connect";
```

最后，属性权限的目标可以采用下面两种形式之一：

property	一个具体的属性
propertyPrefix.*	带有给定前缀的所有属性

“java.home”和“java.vm.*”就是这样的例子。

例如，下面的权限项允许程序读取以 java.vm 开头的所有属性。

```
permission java.util.PropertyPermission "java.vm.*", "read";
```

可以在策略文件中使用系统属性，其中的 ${property} 标记会被属性值替代，例如，${user.home} 会被用户主目录替代。下面是在访问权限项中使用系统属性的典型应用。

```
permission java.io.FilePermission "${user.home}", "read,write";
```

为了创建平台无关的策略文件，使用 file.separator 属性而不是使用显式的 / 或者 \\ 分隔符绝对是个好主意。如果要使它更加简单，可以使用符号 ${/} 作为 ${file.separator} 的缩写。例如，

```
permission java.io.FilePermission "${user.home}${/}-", "read,write";
```

是一个可移植的项，用于授予对在用户的主目录及其子目录中的文件进行读写的权限。

注意：JDK 提供了一个名为 policytool 的基础工具，可以用它编辑策略文件（参见图 9-8）。当然，该工具对完全不清楚其大部分设置的用户来说是不适用的。这正好证明了这样一种观念，管理工具可能只能供那些关心“定位 - 点击操作”，而不关心具体语法的系统管理员使用。尽管如此，它所欠缺的是对于非专家用户来说非常具有实际意义的级别设置（例如低，中或者高安全性设置）。一般来说，我们相信 Java 2 平台肯定包含了所有级别的细粒度安全模型，但是将这些模型提供给最终用户和系统管理员会获得更大的收益。

9.3.3 定制权限

在本节中，我们将要介绍如何把自己的权限类提供给用户，以使得他们可以在策略文件中引用这些权限类。

如果要实现自己的权限类，可以继承 Permission 类，并提供以下方法：

- 带有两个 String 参数的构造器，这两个参数分别是目标和操作列表
- String getActions()
- boolean equals()
- int hashCode()
- boolean implies(Permission other)

最后一个方法是最重要的。权限有一个排序，其中更加泛化的权限隐含了更加具体的权限。请考虑下面的文件权限：

```
p1 = new FilePermission("/tmp/-", "read, write");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

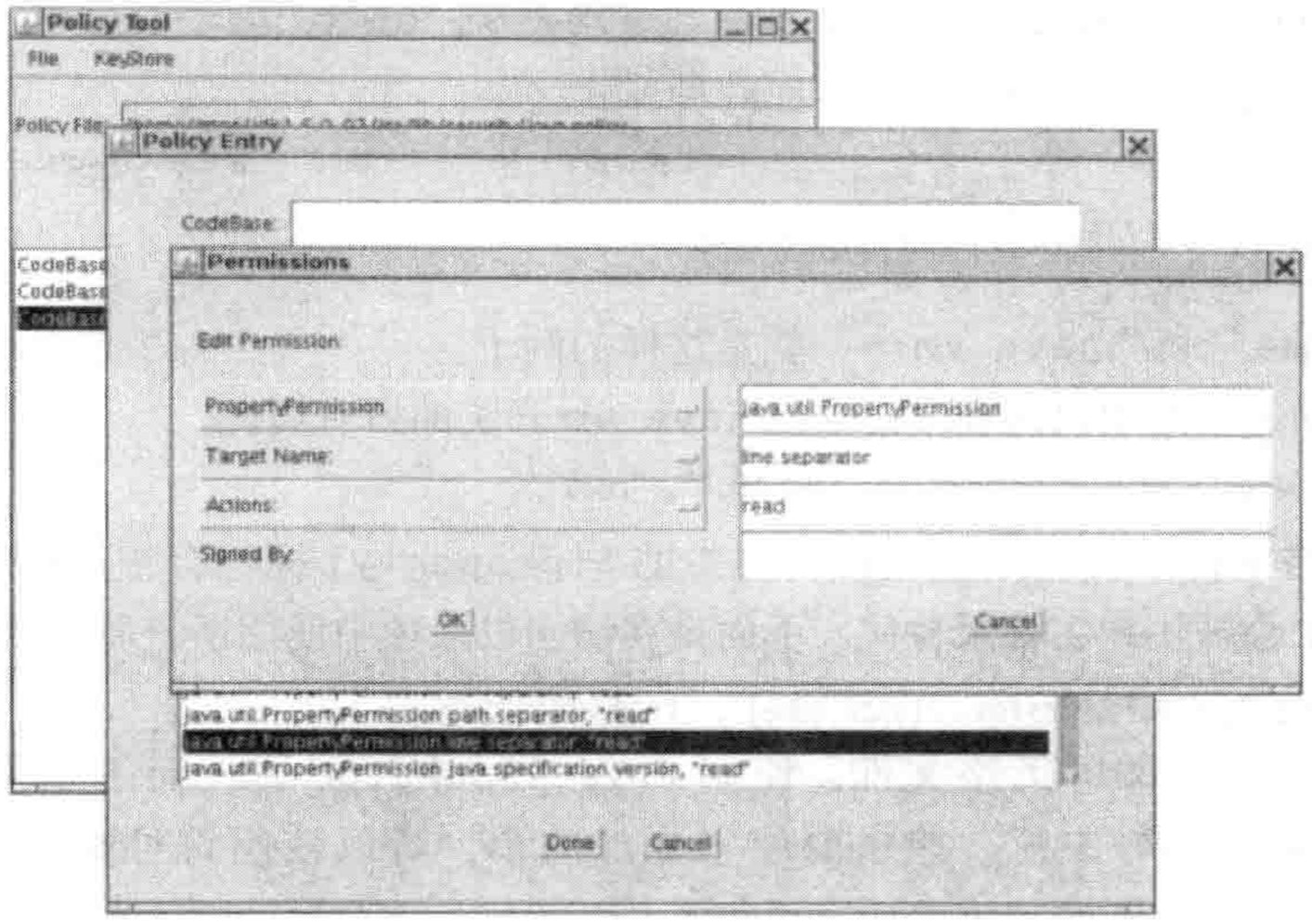


图 9-8 策略工具

该权限允许读写 /tmp 目录以及子目录中的任何文件。

该权限隐含了其他更加具体的权限：

```
p2 = new FilePermission("/tmp/-", "read");
p3 = new FilePermission("/tmp/aFile", "read, write");
p4 = new FilePermission("/tmp/aDirectory/-", "write");
```

换句话说，如果

- p1 的目标文件集包含 p2 的目标文件集。
- p1 的操作集包含 p2 的操作集。

那么，文件访问权限 p1 就隐含了另一个文件访问权限 p2。

请考虑下面关于 implies 方法的用法举例。当 FileInputStream 构造器想要打开一个文件，以读取该文件时，要检查它是否拥有操作权限。如果要执行这种检查，就应将一个具体的文件权限对象传递给 checkPermission 方法：

```
checkPermission(new FilePermission(fileName, "read"));
```

现在安全管理器询问所有适用的权限是否隐含了该权限。如果其中某个隐含了该权限，就通过了检查。

特别地，AllPermission 隐含了其他所有的权限。

如果你定义了自己的权限类，那么必须对权限对象定义一个合适的隐含法则。例如，假设你为采用 Java 技术的机顶盒定义一个 TVPermission，那么下面这个访问权限

```
new TVPermission("Tommy:2-12:1900-2200", "watch,record")
```

将允许 Tommy 在 19 点到 22 点之间对 2 至 12 频道的电视节目进行观看和录像。必须实现 implies 方法，以隐含像下面这样的更具体的权限。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
new TVPermission("Tommy:4:2000-2100", "watch")
```

9.3.4 实现权限类

在下面这个示例程序中，我们实现了一个新的权限，用于监视将文本插入到文本域的操作。该程序会确保你不能输入“不良单词”，例如 sex，drugs 以及 C++ 等。我们使用一个定制的权限类，以便在策略文件中提供这些不良单词。

下面这个 JTextArea 的子类询问安全管理器是否准备好了去添加新文本。

```
class WordCheckTextArea extends JTextArea
{
   public void append(String text)
   {
      WordCheckPermission p = new WordCheckPermission(text, "insert");
      SecurityManager manager = System.getSecurityManager();
      if (manager != null) manager.checkPermission(p);
      super.append(text);
   }
}
```

如果安全管理器赋予了 WordCheckPermission 权限，那么该文本就可以追加。否则，checkPermission 方法就会抛出一个异常。

单词检查权限有两个可能的操作，一个是 insert（用于插入特定文本的权限），另一个是 avoid（添加不包含某些不良单词的任何文本的权限）。应该用下面的策略文件运行这个程序：

```
grant
{
   permission permissions.WordCheckPermission "sex,drugs,C++", "avoid";
};
```

这个策略文件赋予的权限是可以插入不包含不良单词 sex，drugs 和 C++ 的任何文本。

当设计 WordCheckPermission 类时，我们必须特别注意 implies 方法，下面是控制权限 p1 是否隐含 p2 的规则：

- 如果 p1 有 avoid 操作，p2 有 insert 操作，那么 p2 的目标必须避开 p1 中的所有单词。例如，下面这个权限：

  ```
  permissions.WordCheckPermission "sex,drugs,C++", "avoid"
  ```

  隐含了下面这个权限：

  ```
  permissions.WordCheckPermission "Mary had a little lamb", "insert"
  ```

- 如果 p1 和 p2 都有 avoid 操作，那么 p2 的单词集合必须包含 p1 单词集合中的所有单词。例如，下面这个权限：

  ```
  permissions.WordCheckPermission "sex,drugs", "avoid"
  ```

  隐含了下面这个权限：

  ```
  permissions.WordCheckPermission "sex,drugs,C++", "avoid"
  ```

- 如果 p1 和 p2 都有 insert 操作，那么 p1 的文本必须包含 p2 的文本。例如，下面这

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

个权限：

```
permissions.WordCheckPermission "Mary had a little lamb", "insert"
```

包含了下面这个权限：

```
permissions.WordCheckPermission "a little lamb", "insert"
```

可以在程序清单 9-4 中看到该类的具体实现。

请注意，可以用 Permission 类中名字容易混淆的 getName 方法来获取权限的目标。

由于在策略文件中权限是由一对字符串来表示的，因此，权限类需要准备好解析这些字符串。特别地，我们应该使用下面的方法，将用逗号分隔的 avoid 权限的不良单词表转换为一个真正的 Set。

```
public Set<String> badWordSet()
{
   Set<String> set = new HashSet<String>();
   set.addAll(Arrays.asList(getName().split(",")));
   return set;
}
```

该代码允许我们用 equals 和 containsAll 方法来比较这些集。正如我们在第 2 章中所介绍的那样，如果两个集包含任意次序的相同元素，那么集类的 equals 方法可以判定它们相等。例如，由“sex,drugs,C++”和“C++,drugs,sex”产生的两个集是相等的集。

警告： 务必要把你的权限类设为 public。策略文件加载器不能加载包可视性超出引导类路径之外的类，并且它会悄悄忽略其无法找到的所有类。

程序清单 9-5 中的程序展示了 WordCheckPermission 类是如何工作的。请在文本框内输入任意文本，然后按下 Insert 按钮。如果文本通过了安全检查，该文本就会被添加到文本区域中。如果没有通过检查，就会弹出一个消息（参见图 9-9）。

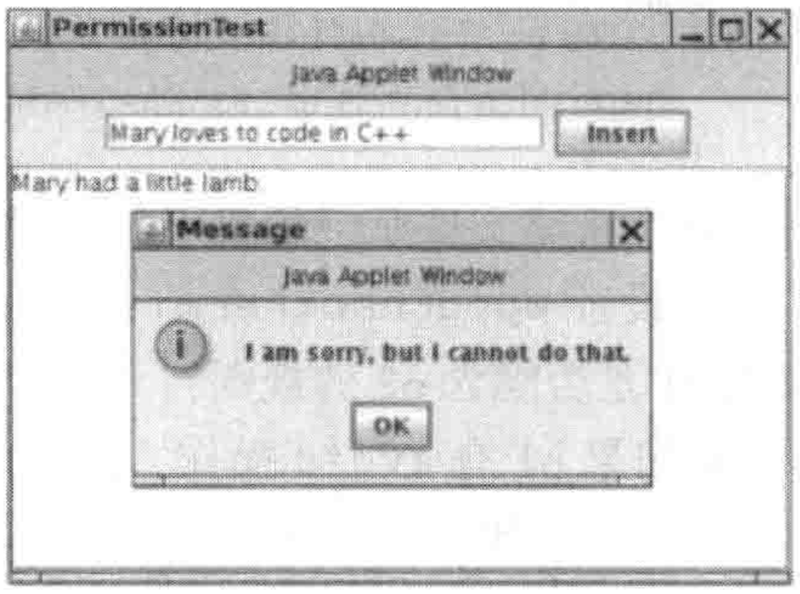


图 9-9 PermissionTest 程序

警告： 如果仔细看看图 9-9，就会看到消息窗口带有一个警告三角形，这是用来警告用户该窗口可能是因为无插入文本权限而弹出的。这个警告最初带有一个表示不良含义的标签，即“未受信的 Java Applet 窗口”，在后续 JDK 的多个连续版本中，其因惯性而一直保留了下来。现在，它对警告用户来说已经变得毫无意义了。这个警告可以通过 java.awt.AWT Permission 的 showWindowWithoutWarningBanner 目标来关闭。如果你喜欢，可用编辑策略文件以赋予该权限。

程序清单 9-4 permissions/WordCheckPermission.java

```
1  package permissions;
2
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
3  import java.security.*;
4  import java.util.*;
5
6  /**
7   * A permission that checks for bad words.
8   */
9  public class WordCheckPermission extends Permission
10 {
11    private String action;
12
13    /**
14     * Constructs a word check permission.
15     * @param target a comma separated word list
16     * @param anAction "insert" or "avoid"
17     */
18    public WordCheckPermission(String target, String anAction)
19    {
20       super(target);
21       action = anAction;
22    }
23    public String getActions()
24    {
25       return action;
26    }
27
28    public boolean equals(Object other)
29    {
30       if (other == null) return false;
31       if (!getClass().equals(other.getClass())) return false;
32       WordCheckPermission b = (WordCheckPermission) other;
33       if (!Objects.equals(action, b.action)) return false;
34       if ("insert".equals(action)) return Objects.equals(getName(), b.getName());
35       else if ("avoid".equals(action)) return badWordSet().equals(b.badWordSet());
36       else return false;
37    }
38
39    public int hashCode()
40    {
41       return Objects.hash(getName(), action);
42    }
43
44    public boolean implies(Permission other)
45    {
46       if (!(other instanceof WordCheckPermission)) return false;
47       WordCheckPermission b = (WordCheckPermission) other;
48       if (action.equals("insert"))
49       {
50          return b.action.equals("insert") && getName().indexOf(b.getName()) >= 0;
51       }
52       else if (action.equals("avoid"))
53       {
54          if (b.action.equals("avoid")) return b.badWordSet().containsAll(badWordSet());
55          else if (b.action.equals("insert"))
56          {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            for (String badWord : badWordSet())
               if (b.getName().indexOf(badWord) >= 0) return false;
            return true;
         }
         else return false;
      }
      else return false;
   }

   /**
    * Gets the bad words that this permission rule describes.
    * @return a set of the bad words
    */
   public Set<String> badWordSet()
   {
      Set<String> set = new HashSet<>();
      set.addAll(Arrays.asList(getName().split(",")));
      return set;
   }
}
```

程序清单 9-5 permissions/PermissionTest.java

```
package permissions;

import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import javax.swing.*;

/**
 * This class demonstrates the custom WordCheckPermission.
 * @version 1.03 2007-10-06
 * @author Cay Horstmann
 */
public class PermissionTest
{
   public static void main(String[] args)
   {
      System.setProperty("java.security.policy", "permissions/PermissionTest.policy");
      System.setSecurityManager(new SecurityManager());
      EventQueue.invokeLater(new Runnable()
         {
            public void run()
            {
               JFrame frame = new PermissionTestFrame();
               frame.setTitle("PermissionTest");
               frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
               frame.setVisible(true);
            }
         });
   }
}

/**
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
32  * This frame contains a text field for inserting words into a text area that is protected from
33  * "bad words".
34  */
35 class PermissionTestFrame extends JFrame
36 {
37    private JTextField textField;
38    private WordCheckTextArea textArea;
39    private static final int TEXT_ROWS = 20;
40    private static final int TEXT_COLUMNS = 60;
41
42    public PermissionTestFrame()
43    {
44       textField = new JTextField(20);
45       JPanel panel = new JPanel();
46       panel.add(textField);
47       JButton openButton = new JButton("Insert");
48       panel.add(openButton);
49       openButton.addActionListener(new ActionListener()
50          {
51             public void actionPerformed(ActionEvent event)
52             {
53                insertWords(textField.getText());
54             }
55          });
56
57       add(panel, BorderLayout.NORTH);
58
59       textArea = new WordCheckTextArea();
60       textArea.setRows(TEXT_ROWS);
61       textArea.setColumns(TEXT_COLUMNS);
62       add(new JScrollPane(textArea), BorderLayout.CENTER);
63       pack();
64    }
65
66    /**
67     * Tries to insert words into the text area. Displays a dialog if the attempt fails.
68     * @param words the words to insert
69     */
70    public void insertWords(String words)
71    {
72       try
73       {
74          textArea.append(words + "\n");
75       }
76       catch (SecurityException ex)
77       {
78          JOptionPane.showMessageDialog(this, "I am sorry, but I cannot do that.");
79          ex.printStackTrace();
80       }
81    }
82 }
83 /**
84  * A text area whose append method makes a security check to see that no bad words are added.
85  */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
86 class WordCheckTextArea extends JTextArea
87 {
88    public void append(String text)
89    {
90       WordCheckPermission p = new WordCheckPermission(text, "insert");
91       SecurityManager manager = System.getSecurityManager();
92       if (manager != null) manager.checkPermission(p);
93       super.append(text);
94    }
95 }
```

API java.security.Permission 1.2

- `Permission(String name)`
  用指定的目标名构建一个权限。
- `String getName()`
  返回该权限的对象名称。
- `boolean implies(Permission other)`
  检查该权限是否隐含了其他权限。如果其他权限描述了一个更加具体的条件，而这个具体条件是由该权限所描述的条件所产生的结果，就需要进行这样的检查。

9.4 用户认证

Java 认证和授权服务（JAAS，Java Authentication and Authorization Service）包含两部分："认证"部分主要负责确定程序使用者的身份，而"授权"将各个用户映射到相应的权限。

JAAS 是一个可插拔的 API，可以将 Java 应用程序与实现认证的特定技术分离开来。除此之外，JAAS 还支持 UNIX 登录、NT 登录、Kerberos 认证和基于证书的认证。

一旦用户通过认证，就可以为其附加一组权限。例如，这里我们赋予 Harry 一个特定的权限，而其他用户则没有，它的语法规则如下：

```
grant principal com.sun.security.auth.UnixPrincipal "harry"
{
   permission java.util.PropertyPermission "user.*", "read";
   . . .
};
```

在该语法中，`com.sun.security.auth.UnixPrincipal` 类检查运行该程序的 UNIX 用户的名字，它的 `getName` 方法将返回 UNIX 登录名，然后我们就可以检查该名称是否等于"harry"。

可以使用一个 `LoginContext` 以使得安全管理器能够检查这样的授权语句。下面是登录代码的基本轮廓：

```
try
{
   System.setSecurityManager(new SecurityManager());
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
   LoginContext context = new LoginContext("Login1"); // defined in JAAS configuration file
   context.login();
   // get the authenticated Subject
   Subject subject = context.getSubject();
   . . .
   context.logout();
}
catch (LoginException exception) // thrown if login was not successful
{
   exception.printStackTrace();
}
```

这里，subject 是指已经被认证的个体。

LoginContext 构造器中的字符串参数“Login1”是指 JAAS 配置文件中具有相同名字的项。下面是一个简单的配置文件：

```
Login1
{
   com.sun.security.auth.module.UnixLoginModule required;
   com.whizzbang.auth.module.RetinaScanModule sufficient;
};

Login2
{
   . . .
};
```

当然，JDK 中没有包含任何使用 biometric 的登录模块。JDK 在 com.sun.security.auth. module 包中包含以下模块：

```
UnixLoginModule
NTLoginModule
Krb5LoginModule
JndiLoginModule
KeyStoreLoginModule
```

一个登录策略由一个登录模块序列组成，每个模块被标记为 required、sufficient，requisite 或 optional。这些关键字的含义在下面的算法中进行了描述：

1）各个模块依次执行，直到有一个 sufficient 的模块认证成功，或者有一个 requisite 的模块认证失败，或者已经执行到最后一个模块时才停止。

2）当标记为 required 和 requisite 的所有模块都认证成功，或者它们都没有被执行，但至少有一个 sufficient 或 optional 的模块认证成功时，这次认证就成功了。

登录时要对登录的主体（subject）进行认证，该主体可以拥有多个特征（principal）。特征描述了主体的某些属性，比如用户名、组 ID 或角色等。我们在 grant 语句中可以看到，特征控制着各个权限。com.sun.security.auth.UnixPrincipal 类描述了 UNIX 登录名，UnixNumericGroup Principal 类可以用来检测是否归属于某个 UNIX 用户组。

使用下面的语法，grant 语句可以对一个特征进行测试：

```
grant principalClass "principalName"
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

例如：

```
grant com.sun.security.auth.UnixPrincipal "harry"
```

当用户登录后，就会在独立的访问控制上下文中，运行要求检查用户特征的代码。使用静态的 doAs 或 doAsPrivileged 方法，启动一个新的 PrivilegedAction，其 run 方法就会执行这段代码。

这两个方法都可以通过使用主体特征的权限来调用某个对象的 run 方法去执行特定操作，而该对象必须是实现了 PrivilegedAction 接口的对象。

```
PrivilegedAction<T> action = new
   PrivilegedAction()
   {
      public T run()
      {
         // run with permissions of subject principals
         . . .
      }
   };
T result = Subject.doAs(subject, action); // or Subject.doAsPrivileged(subject, action, null)
```

如果该操作会抛出受检查的异常，那么必须改为实现 PrivilegedExceptionAction 接口。

doAs 和 doAsPrivileged 方法之间的区别是微小的。doAs 方法开始于当前的访问控制上下文，而 doAsPrivileged 方法则开始于一个新的上下文。后者允许将登录代码和“业务逻辑”的权限相分离。在我们的示例应用程序中，登录代码有如下权限：

```
permission javax.security.auth.AuthPermission "createLoginContext.Login1";
permission javax.security.auth.AuthPermission "doAsPrivileged";
```

通过认证的用户有一个权限：

```
permission java.util.PropertyPermission "user.*", "read";
```

如果我们用 doAs 代替了 doAsPrivileged，那么登录代码也需要这个权限！

程序清单 9-6 和程序清单 9-7 的程序展示了如何限制某些用户的权限。AuthTest 程序对用户的身份进行了认证，然后运行了一个简单的操作，以获得一个系统属性。

要使该例子能够运行，必须将登录类和操作类的代码封装到两个独立的 JAR 文件中：

```
javac auth/*.java
jar cvf login.jar auth/AuthTest.class
jar cvf action.jar auth/SysPropAction.class
```

如果查看程序清单 9-8 中的策略文件，将会看到名为 harry 的 UNIX 用户拥有读取所有文件的权限。将 harry 改为你自己的登录名，然后运行下面的命令

```
java -classpath login.jar:action.jar
   -Djava.security.policy=auth/AuthTest.policy
   -Djava.security.auth.login.config=auth/jaas.config
   auth.AuthTest
```

程序清单 9-9 展示了的登录配置。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在 Windows 下运行时，请将 AuthTest.policy 中的 UnixPrincipal 改为 NTUserPrincipal，并将 jaas.config 中的 UnixLoginModule 改为 NTLoginModule。运行该程序时，请用分号来分隔各个 JAR 文件：

```
java -classpath login.jar;action.jar . . .
```

AuthTest 程序现在将显示 user.home 属性的值。但是，如果用不同的名字登录，那么就应该抛出一个安全异常，因为你不再拥有必需的权限了。

警告： 必须严格按照这些指令来运行。如果对程序进行了一些看上去无关紧要的更改，那就很容易使你的设置出错。

程序清单 9-6 auth/AuthTest.java

```
1  package auth;
2
3  import java.security.*;
4  import javax.security.auth.*;
5  import javax.security.auth.login.*;
6
7  /**
8   * This program authenticates a user via a custom login and then executes the SysPropAction with
9   * the user's privileges.
10  * @version 1.01 2007-10-06
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class AuthTest
14 {
15    public static void main(final String[] args)
16    {
17       System.setSecurityManager(new SecurityManager());
18       try
19       {
20          LoginContext context = new LoginContext("Login1");
21          context.login();
22          System.out.println("Authentication successful.");
23          Subject subject = context.getSubject();
24          System.out.println("subject=" + subject);
25          PrivilegedAction<String> action = new SysPropAction("user.home");
26          String result = Subject.doAsPrivileged(subject, action, null);
27          System.out.println(result);
28          context.logout();
29       }
30       catch (LoginException e)
31       {
32          e.printStackTrace();
33       }
34    }
35 }
```

程序清单 9-7 auth/SysPropAction.java

```
1  package auth;
2
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
3  import java.security.*;
4
5  /**
6     This action looks up a system property.
7   * @version 1.01 2007-10-06
8   * @author Cay Horstmann
9  */
10 public class SysPropAction implements PrivilegedAction<String>
11 {
12    private String propertyName;
13
14    /**
15       Constructs an action for looking up a given property.
16       @param propertyName the property name (such as "user.home")
17    */
18    public SysPropAction(String propertyName) { this.propertyName = propertyName; }
19
20    public String run()
21    {
22       return System.getProperty(propertyName);
23    }
24 }
```

程序清单 9-8 auth/AuthTest.policy

```
1  grant codebase "file:login.jar"
2  {
3     permission javax.security.auth.AuthPermission "createLoginContext.Login1";
4     permission javax.security.auth.AuthPermission "doAsPrivileged";
5  };
6
7  grant principal com.sun.security.auth.UnixPrincipal "harry"
8  {
9     permission java.util.PropertyPermission "user.*", "read";
10 };
```

程序清单 9-9 auth/jaas.config

```
1  Login1
2  {
3     com.sun.security.auth.module.UnixLoginModule required;
4  };
```

API javax.security.auth.login.LoginContext 1.4

- `LoginContext(String name)`

  创建一个登录上下文。name 对应于 JAAS 配置文件中的登录描述符。

- `void login()`

  建立一个登录操作，如果登录失败，则抛出一个 LoginException 异常。它会调用 JAAS 配置文件中的管理器上的 login 方法。

- `void logout()`

  Subject 退出登录。它会调用 JAAS 配置文件中的管理器上的 logout 方法。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- Subject getSubject()
  返回认证过的 Subject。

API javax.security.auth.Subject 1.4

- Set<Principal> getPrincipals()
  获取该 Subject 的各个 Principal。
- static Object doAs(Subject subject, PrivilegedAction action)
- static Object doAs(Subject subject, PrivilegedExceptionAction action)
- static Object doAsPrivileged(Subject subject, PrivilegedAction action, AccessControlContext context)
- static Object doAsPrivileged(Subject subject, PrivilegedExceptionAction action, AccessControlContext context)
  以 subject 的身份执行特许操作。它将返回 run 方法的返回值。doAsPrivileged 方法在给定的访问控制上下文中执行该操作，你可以提供一个在前面调用静态方法 AccessController.getContext() 时所获得的“上下文快照”，或者指定为 null，以便使其在一个新的上下文中执行该代码。

API *java.security.PrivilegedAction* 1.4

- Object run()
  必须定义该方法，以执行你想要代表某个主体去执行的代码。

API *java.security.PrivilegedExceptionAction* 1.4

- Object run()
  必须定义该方法，以执行你想要代表某个主体去执行的代码。本方法可以抛出任何受检查的异常。

API *java.security.Principal* 1.1

- String getName()
  返回该特征的身份标识。

JAAS 登录模块

在本节中，我们将要用一个 JAAS 例子向读者介绍：

- 如何实现你自己的登录模块；
- 如何实现基于角色的认证。

如果登录信息存储在数据库中，那么使用自己的登录模块就非常有用。尽管你可能很喜欢默认的登录模块，但是学习如何定制自己的模块将有助于你理解 JAAS 配置文件的各个选项。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

基于角色的认证对于大量用户的管理来说是十分必要的。将所有合法用户的名字都写入策略文件是不切实际的。而登录模块应该将用户映射到诸如“admin”或“HR”等角色，并且权限的赋予也要基于这些角色。

登录模块的工作之一是组装被认证的主体的特征集。如果一个登录模块支持某些角色，该模块就会添加 Principal 对象来描述这些角色。JDK 并没有提供相应的类，所以我们写了自己的类（见程序清单 9-10）。该类直接存储了一个描述 / 值对，例如 role=admin。该类的 getName 方法用于返回该描述 / 值对，因此我们就可以添加基于角色的权限到策略文件中：

```
grant principal SimplePrincipal "role=admin" { . . . }
```

我们的登录模块会在包含如下行的文本文件中查找用户、密码和角色：

```
harry|secret|admin
carl|guessme|HR
```

当然，在实际的登录模块中，你可能会将这些信息存储在数据库或者目录中。

在程序清单 9-11 中可以找到 SimpleLoginModule 的代码，其 checkLogin 方法用于检查输入的用户名和密码是否与密码文件中的用户记录相匹配。如果匹配成功，则会添加两个 SimplePrincipal 对象到主体的特征集中。

```
Set<Principal> principals = subject.getPrincipals();
principals.add(new SimplePrincipal("username", username));
principals.add(new SimplePrincipal("role", role));
```

SimpleLoginModule 剩余的部分就非常直截了当了。initialize 方法接收下面几个参数：

- 用于认证的 Subject。
- 一个获取登录信息的 handler。
- 一个 sharedState 映射表，它可以用于登录模块之间的通信。
- 一个 options 映射表，它包含了登录配置文件中设置的名 / 值对。

例如，我们将模块做如下配置：

```
SimpleLoginModule required pwfile="password.txt";
```

则登录模块可以从 options 映射表中获取 pwfile 设置。

该登录模块并没有收集用户名和密码，这是单独的 handler 需要做的工作。这种功能上的分离有助于你在各种情况下使用相同的登录模块，而不用关心登录信息是来自 GUI 对话框、控制台提示符还是配置文件。

handler 是在创建 LoginContext 时指定的。例如，

```
LoginContext context = new LoginContext("Login1",
   new com.sun.security.auth.callback.DialogCallbackHandler());
```

DialogCallbackHandler 会弹出一个简单的 GUI 对话框，以获取用户名和密码。而 com.sun.security.auth.callback.TextCallbackHandler 则从控制台获取这些信息。

但是，在我们的应用程序中，是通过自己编写的 GUI 来获得用户名和密码的（参见图 9-10）。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

我们创建了一个简单的 handler，仅仅用于存储和返回这些信息（见程序清单 9-11）。

该 handler 有一个简单的方法 handle，用于处理 Callback 对象数组。有很多预定义类，比如 NameCallback 和 PasswordCallback 等，都实现了 Callback 接口。也可以添加自己的类，比如 RetinaScanCallback 等。下面这段 handler 代码可能有些不雅致，因为它要分析 callback 对象的类型：

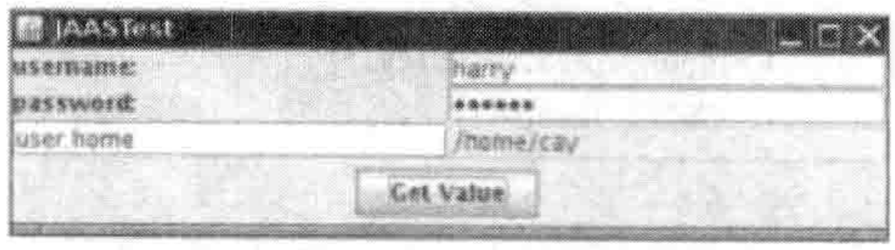


图 9-10 一个定制的登录模块

```
public void handle(Callback[] callbacks)
{
   for (Callback callback : callbacks)
   {
      if (callback instanceof NameCallback) . . .
      else if (callback instanceof PasswordCallback) . . .
      else . . .
   }
}
```

登录模块提供 callback 数组以满足认证的需要。

```
NameCallback nameCall = new NameCallback("username: ");
PasswordCallback passCall = new PasswordCallback("password: ", false);
callbackHandler.handle(new Callback[] { nameCall, passCall });
```

然后它从 callback 中获取所要的信息。

程序清单 9-13 中的程序将显示一个窗体，用于输入登录信息和系统属性名。如果用户通过了认证，属性值会在 PrivilegedAction 中被取出。从程序清单 9-14 的策略文件中可以看到，只有具有 admin 角色的用户才具有对属性的读取权限。

正如前一节中所讲到的，必须将登录和操作代码分开。因此，首先创建两个 JAR 文件：

```
javac *.java
jar cvf login.jar JAAS*.class Simple*.class
jar cvf action.jar SysPropAction.class
```

然后以如下方式运行程序：

```
java -classpath login.jar:action.jar
   -Djava.security.policy=JAASTest.policy
   -Djava.security.auth.login.config=jaas.config
   JAASTest
```

程序清单 9-15 说明了登录的配置。

注意： 有些应用有可能需要支持更复杂的两阶段协议，即只有登录配置文件中的所有模块都认证成功，该登录才会被提交。更多详细信息，请参阅下面地址的登录模块开发指南：http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/security/jaas/JAASLMDevGuide.html。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 9-10 jaas/SimplePrincipal.java

```
1  package jaas;
2
3  import java.security.*;
4  import java.util.*;
5
6  /**
7   * A principal with a named value (such as "role=HR" or "username=harry").
8   */
9  public class SimplePrincipal implements Principal
10 {
11    private String descr;
12    private String value;
13
14    /**
15     * Constructs a SimplePrincipal to hold a description and a value.
16     * @param descr the description
17     * @param value the associated value
18     */
19    public SimplePrincipal(String descr, String value)
20    {
21       this.descr = descr;
22       this.value = value;
23    }
24
25    /**
26     * Returns the role name of this principal.
27     * @return the role name
28     */
29    public String getName()
30    {
31       return descr + "=" + value;
32    }
33
34    public boolean equals(Object otherObject)
35    {
36       if (this == otherObject) return true;
37       if (otherObject == null) return false;
38       if (getClass() != otherObject.getClass()) return false;
39       SimplePrincipal other = (SimplePrincipal) otherObject;
40       return Objects.equals(getName(), other.getName());
41    }
42
43    public int hashCode()
44    {
45       return Objects.hashCode(getName());
46    }
47 }
```

程序清单 9-11 jaas/SimpleLoginModule.java

```
1  package jaas;
2
3  import java.io.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
4  import java.nio.file.*;
5  import java.security.*;
6  import java.util.*;
7  import javax.security.auth.*;
8  import javax.security.auth.callback.*;
9  import javax.security.auth.login.*;
10 import javax.security.auth.spi.*;
11
12 /**
13  * This login module authenticates users by reading usernames, passwords, and roles from a text
14  * file.
15  */
16 public class SimpleLoginModule implements LoginModule
17 {
18    private Subject subject;
19    private CallbackHandler callbackHandler;
20    private Map<String, ?> options;
21
22    public void initialize(Subject subject, CallbackHandler callbackHandler,
23          Map<String, ?> sharedState, Map<String, ?> options)
24    {
25       this.subject = subject;
26       this.callbackHandler = callbackHandler;
27       this.options = options;
28    }
29
30    public boolean login() throws LoginException
31    {
32       if (callbackHandler == null) throw new LoginException("no handler");
33
34       NameCallback nameCall = new NameCallback("username: ");
35       PasswordCallback passCall = new PasswordCallback("password: ", false);
36       try
37       {
38          callbackHandler.handle(new Callback[] { nameCall, passCall });
39       }
40       catch (UnsupportedCallbackException e)
41       {
42          LoginException e2 = new LoginException("Unsupported callback");
43          e2.initCause(e);
44          throw e2;
45       }
46       catch (IOException e)
47       {
48          LoginException e2 = new LoginException("I/O exception in callback");
49          e2.initCause(e);
50          throw e2;
51       }
52
53       try
54       {
55          return checkLogin(nameCall.getName(), passCall.getPassword());
56       }
57       catch (IOException ex)
58       {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
59            LoginException ex2 = new LoginException();
60            ex2.initCause(ex);
61            throw ex2;
62         }
63      }
64
65      /**
66       * Checks whether the authentication information is valid. If it is, the subject acquires
67       * principals for the user name and role.
68       * @param username the user name
69       * @param password a character array containing the password
70       * @return true if the authentication information is valid
71       */
72      private boolean checkLogin(String username, char[] password) throws LoginException, IOException
73      {
74         try (Scanner in = new Scanner(Paths.get("" + options.get("pwfile"))))
75         {
76            while (in.hasNextLine())
77            {
78               String[] inputs = in.nextLine().split("\\|");
79               if (inputs[0].equals(username) && Arrays.equals(inputs[1].toCharArray(), password))
80               {
81                  String role = inputs[2];
82                  Set<Principal> principals = subject.getPrincipals();
83                  principals.add(new SimplePrincipal("username", username));
84                  principals.add(new SimplePrincipal("role", role));
85                  return true;
86               }
87            }
88            return false;
89         }
90      }
91      public boolean logout()
92      {
93         return true;
94      }
95
96      public boolean abort()
97      {
98         return true;
99      }
100
101     public boolean commit()
102     {
103        return true;
104     }
105  }
```

程序清单 9-12 jaas/SimpleCallbackHandler.java

```
1  package jaas;
2
3  import javax.security.auth.callback.*;
4
5  /**
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
 * This simple callback handler presents the given user name and password.
 */
public class SimpleCallbackHandler implements CallbackHandler
{
   private String username;
   private char[] password;

   /**
    * Constructs the callback handler.
    * @param username the user name
    * @param password a character array containing the password
    */
   public SimpleCallbackHandler(String username, char[] password)
   {
      this.username = username;
      this.password = password;
   }

   public void handle(Callback[] callbacks)
   {
      for (Callback callback : callbacks)
      {
         if (callback instanceof NameCallback)
         {
            ((NameCallback) callback).setName(username);
         }
         else if (callback instanceof PasswordCallback)
         {
            ((PasswordCallback) callback).setPassword(password);
         }
      }
   }
}
```

程序清单 9-13　jaas/JAASTest.java

```
package jaas;

import java.awt.*;
import javax.swing.*;

/**
 * This program authenticates a user via a custom login and then looks up a system property with
 * the user's privileges.
 * @version 1.01 2012-06-10
 * @author Cay Horstmann
 */
public class JAASTest
{
   public static void main(final String[] args)
   {
      System.setSecurityManager(new SecurityManager());
      EventQueue.invokeLater(new Runnable()
         {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
19              public void run()
20              {
21                 JFrame frame = new JAASFrame();
22                 frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
23                 frame.setTitle("JAASTest");
24                 frame.setVisible(true);
25              }
26           });
27     }
28  }
```

程序清单 9-14 jaas/JAASTest.policy

```
1  grant codebase "file:login.jar"
2  {
3     permission java.awt.AWTPermission "showWindowWithoutWarningBanner";
4     permission java.awt.AWTPermission "accessEventQueue";
5     permission javax.security.auth.AuthPermission "createLoginContext.Login1";
6     permission javax.security.auth.AuthPermission "doAsPrivileged";
7     permission javax.security.auth.AuthPermission "modifyPrincipals";
8     permission java.io.FilePermission "jaas/password.txt", "read";
9  };
10
11 grant principal jaas.SimplePrincipal "role=admin"
12 {
13    permission java.util.PropertyPermission "*", "read";
14 };
```

程序清单 9-15 jaas/jaas.config

```
1  Login1
2  {
3     jaas.SimpleLoginModule required pwfile="jaas/password.txt" debug=true;
4  };
```

API *javax.security.auth.callback.CallbackHandler* 1.4

- `void handle(Callback[] callbacks)`

  处理给定的 callback，如果愿意，可以与用户进行交互，并且将安全信息存储到 callback 对象中。

API javax.security.auth.callback.NameCallback 1.4

- `NameCallback(String prompt)`
- `NameCallback(String prompt, String defaultName)`

  用给定的提示符和默认的名字构建一个 NameCallback。

- `void setName(String name)`
- `String getName()`

  设置或者获取该 callback 所收集到的名字。

- `String getPrompt()`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

获取查询该名字时所使用的提示符。

- `String getDefaultName()`

  获取查询该名字时所使用的默认名字。

API javax.security.auth.callback.PasswordCallback 1.4

- `PasswordCallback(String prompt, boolean echoOn)`

  用给定提示符和回显标记构建一个 `PasswordCallback`。

- `char[] getPassword()`
- `void setPassword(char[] password)`

  设置或者获取该 callback 所收集到的密码。

- `String getPrompt()`

  获取查询该密码时所使用的提示符。

- `boolean isEchoOn()`

  获取查询该密码时所使用的回显标记。

API *javax.security.auth.spi.LoginModule* 1.4

- `void initialize(Subject subject, CallbackHandler handler, Map<String,?> sharedState, Map<String,?> options)`

  为了认证给定的 `subject`，初始化该 `LoginModule`。在登录处理期间，用给定的 handler 来收集登录信息；使用 `sharedState` 映射表与其他登录模块进行通信；`options` 映射表包含该模块实例的登录配置中指定的名 / 值对。

- `boolean login()`

  执行认证过程，并组装主体的特征集。如果登录成功，则返回 `true`。

- `boolean commit()`

  对于需要两阶段提交的登录场景，当所有的登录模块都成功后，调用该方法。如果操作成功，则返回 `true`。

- `boolean abort()`

  如果某一登录模块失败导致登录过程中断，就调用该方法。如果操作成功，则返回 true。

- `boolean logout()`

  注销当前的主体。如果操作成功，则返回 `true`。

9.5 数字签名

正如我们前面所说，applet 是在 Java 平台上开始流行起来的。实际上，人们发现尽管他们可以编写出像著名的“ nervous text”那样栩栩如生的 applet，但是在 JDK 1.0 安全模式下

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

无法发挥其一整套非常有用的作用。例如，由于 JDK 1.0 下的 applet 要受到严密的监管，因此，即使 applet 在公司安全内部网上运行时风险相对较小，applet 也无法在企业内部网上发挥很大的作用。Sun 公司很快就认识到，要使 applet 真正变得非常有用，用户必须可以根据 applet 的来源为其分配不同的安全级别。如果 applet 来自值得信赖的提供商，并且没有被篡改过，那么 applet 的用户就可以决定是否给 applet 授予更多的运行特权。

如果要给予一个 applet 更多的信任，你必须知道下面两件事：

1）这个 applet 来自哪里？

2）在传输过程中代码是否被破坏？

在过去的 50 年里，数学家和计算机科学家已经开发出各种各样成熟的算法，用于确保数据和电子签名的完整性，在 `java.security` 包中包含了许多这类算法的实现，而且幸运的是，你无需掌握相应的数学基础知识，就可以使用 `java.security` 包中的算法。在下面几节中，我们将要介绍消息摘要是如何检测数据文件中的变化的，以及数字签名是如何证明签名者的身份的。

9.5.1 消息摘要

消息摘要（message digest）是数据块的数字指纹。例如，所谓的 SHA1(安全散列算法 #1) 可将任何数据块，无论其数据有多长，都压缩为 160 位（20 字节）的序列。与真实的指纹一样，人们希望任何两条消息都不会有相同的 SHA1 指纹。当然，这是不可能的——因为只存在 2^{160} 个 SHA1 指纹，所以肯定会有某些消息具有相同的指纹。因为 2^{160} 是一个很大的数字，所以存在重复指纹的可能性微乎其微，那么这种重复的可能性到底小到什么程度呢？根据 James Walsh 在他的《*True Odds: How Risks Affect Your Everyday Life*》(Merritt Publishing 出版社 1996 年出版）一书中所叙述的，人死于雷击的概率为三万分之一。现在，假设有 9 个人，比如你不喜欢的 9 个经理或者教授，你和他们所有的人都死于雷击的概率，比伪造的消息与原有消息具有相同的 SHA1 指纹的概率还要高。(当然，可能有你不认识的其他 10 个以上的人会死于雷击，但这里我们讨论的是你选择的特定的人的死亡概率。)

消息摘要具有两个基本属性：

1）如果数据的 1 位或者几位改变了，那么消息摘要也将改变。

2）拥有给定消息的伪造者不能创建与原消息具有相同摘要的假消息。

当然，第二个属性又是一个概率问题。让我们来看看下面这位亿万富翁留下的遗嘱：

“我死了之后，我的财产将由我的孩子平分，但是，我的儿子 George 应该拿不到一个子。”

这份遗嘱的 SHA1 指纹为：

```
12 5F 09 03 E7 31 30 19 2E A6 E7 E4 90 43 84 B4 38 99 8F 67
```

这位有疑心病的父亲将这份遗嘱交给一位律师保存，而将指纹交给另一位律师保存。现在，假设 George 能够贿赂那位保存遗嘱的律师，他想修改这份遗嘱，使得 Bill 一无所得。当然，这需要将原指纹改为下面这样完全不同的位模式：

```
7D F6 AB 08 EB 40 EC CD AB 74 ED E9 86 F9 ED 99 D1 45 B1 57
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

那么 George 能够找到与该指纹相匹配的其他文字吗？如果从地球形成之时，他就很自豪地拥有 10 亿台计算机，每台计算机每秒钟能处理一百万条信息，他依然无法找到一个能够替换的遗嘱。

人们已经设计出大量的算法，用于计算这些消息摘要，其中最著名的两种算法是 SHA1 和 MD5。SHA1 是由美国国家标准和技术学会开发的加密散列算法，MD5 是由麻省理工学院的 Ronald Rivest 发明的算法。这两种算法都使用了独特巧妙的方法对消息中的各个位进行扰乱。如果要了解这些方法的详细信息，请参阅 William Stallings 撰写的《*Cryptography and Network Security* 第 5 版》一书，该书由 Prentice Hall 出版社于 2011 年出版。值得注意的是，最近人们在这两种算法中发现了某些微妙的规律性，因此许多密码人员建议最好避免使用 MD5，而应该使用 SHA1 算法，直到有更强的加密算法出现。(查看 http://www.rsa.com/rsalabs/node.asp?id=2834 以了解更多的信息)。

Java 编程语言已经实现了 SHA1 和 MD5。`MessageDigest` 类是用于创建封装了指纹算法的对象的“工厂”，它的静态方法 `getInstance` 返回继承了 `MessageDigest` 类的某个类的对象。这意味着 `MessageDigest` 类能够承担下面的双重职责：

- 作为一个工厂类。
- 作为所有消息摘要算法的超类。

例如，下面是如何获取一个能够计算 SHA 指纹的对象的方法：

```
MessageDigest alg = MessageDigest.getInstance("SHA-1");
```

(如果要获取计算 MD5 的对象，请使用字符串“MD5”作为 `getInstance` 的参数。)

在获取 `MessageDigest` 对象之后，可以通过反复调用 `update` 方法，将信息中的所有字节提供给该对象。例如，下面的代码将文件中的所有字节传给上面创建的 `alg` 对象，以执行指纹算法：

```
InputStream in = . . .
int ch;
while ((ch = in.read()) != -1)
   alg.update((byte) ch);
```

另外，如果这些字节存放在一个数组中，那就可以一次完成整个数组的更新：

```
byte[] bytes = . . .;
alg.update(bytes);
```

当完成上述操作后，调用 `digest` 方法。该方法按照指纹算法的要求补齐输入，并且进行相应的计算，然后以字节数组的形式返回消息摘要。

```
byte[] hash = alg.digest();
```

程序清单 9-16 中的程序计算了一个消息摘要，既可以用 SHA，也可以使用 MD5 来计算。可以按如下方式运行程序：

```
java hash.Digest hash/input.txt
```

或

```
java hash.Digest hash/input.txt MD5
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 9-16 hash/Digest.java

```
1  package hash;
2
3  import java.io.*;
4  import java.nio.file.*;
5  import java.security.*;
6
7  /**
8   * This program computes the message digest of a file.
9   * @version 1.20 2012-06-16
10  * @author Cay Horstmann
11  */
12 public class Digest
13 {
14    /**
15     * @param args args[0] is the filename, args[1] is optionally the algorithm (SHA-1 or MD5)
16     */
17    public static void main(String[] args) throws IOException, GeneralSecurityException
18    {
19       String algname = args.length >= 2 ? args[1] : "SHA-1";
20       MessageDigest alg = MessageDigest.getInstance(algname);
21       byte[] input = Files.readAllBytes(Paths.get(args[0]));
22       byte[] hash = alg.digest(input);
23       String d = "";
24       for (int i = 0; i < hash.length; i++)
25       {
26          int v = hash[i] & 0xFF;
27          if (v < 16) d += "0";
28          d += Integer.toString(v, 16).toUpperCase() + " ";
29       }
30       System.out.println(d);
31    }
32 }
```

API java.security.MessageDigest 1.1

- `static MessageDigest getInstance(String algorithm Name)`

  返回实现指定算法的MessageDigest对象。如果没有提供该算法，则抛出一个NoSuchAlgorithmException异常。
- `void update(byte input)`
- `void update(byte[] input)`
- `void update(byte[] input, int offset, int len)`

  使用指定的字节来更新摘要。
- `byte[] digest()`

  完成散列计算，返回计算所得的摘要，并复位算法对象。
- `void reset()`

  复位摘要。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

9.5.2 消息签名

在上一节中，我们介绍了如何计算消息摘要，即原始消息的指纹的方法。如果消息改变了，那么改变后的消息的指纹与原消息的指纹将不匹配。如果消息和它的指纹是分开传送的，那么接收者就可以检查消息是否被篡改过。但是，如果消息和指纹同时被截获了，对消息进行修改，再重新计算指纹，就是一件很容易的事情。毕竟，消息摘要算法是公开的，不需要使用任何密钥。在这种情况下，假消息和新指纹的接收者永远不会知道消息已经被篡改。数字签名解决了这个问题。

为了了解数字签名的工作原理，我们需要解释关于公共密钥加密技术领域中的几个概念。公共密钥加密技术是基于公共密钥和私有密钥这两个基本概念的。它的设计思想是你可以将公共密钥告诉世界上的任何人，但是，只有自己才持有私有密钥，重要的是你要保护你的私有密钥，不将它泄漏给其他任何人。这些密钥之间存在一定的数学关系，但是这种关系的具体性质对于实际的编程来说并不重要。（如果你有兴趣，可以参阅 http://www.cacr.math.uwaterloo.ca/ hac/ 站点上的《*The Handbook of Applied Cryptography*》一书。）

密钥非常长，而且很复杂。例如，下面是一对匹配的数字签名算法（DSA）的公共密钥和私有密钥。

公共密钥：

```
p: fca682ce8e12caba26efccf7110e526db078b05edecbcd1eb4a208f3ae1617ae01f35b91a47e6df63413c5e12ed089
9bcd132acd50d99151bdc43ee737592e17

q: 962eddcc369cba8ebb260ee6b6a126d9346e38c5

g: 678471b27a9cf44ee91a49c5147db1a9aaf244f05a434d6486931d2d14271b9e35030b71fd73da179069b32e293563
0e1c2062354d0da20a6c416e50be794ca4

y: c0b6e67b4ac098eb1a32c5f8c4c1f0e7e6fb9d832532e27d0bdab9ca2d2a8123ce5a8018b8161a760480fadd040b92
7281ddb22cb9bc4df596d7de4d1b977d50
```

私有密钥：

```
p: fca682ce8e12caba26efccf7110e526db078b05edecbcd1eb4a208f3ae1617ae01f35b91a47e6df63413c5e12ed089
9bcd132acd50d99151bdc43ee737592e17

q: 962eddcc369cba8ebb260ee6b6a126d9346e38c5

g: 678471b27a9cf44ee91a49c5147db1a9aaf244f05a434d6486931d2d14271b9e35030b71fd73da179069b32e293563
0e1c2062354d0da20a6c416e50be794ca4

x: 146c09f881656cc6c51f27ea6c3a91b85ed1d70a
```

在现实中，几乎不可能用一个密钥去推算出另一个密钥。也就是说，即使每个人都知道你的公共密钥，不管他们拥有多少计算资源，他们一辈子也无法计算出你的私有密钥。

任何人都无法根据公共密钥来推算私有密钥，这似乎让人难以置信。但是时至今日，还没有人能够找到一种算法，来为现在常用的加密算法进行这种推算。如果密钥足够长，那么要是使用穷举法——也就是直接试验所有可能的密钥——所需要的计算机将比用太阳系中的

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

所有原子来制造的计算机还要多，而且还得花费数千年的时间。当然，可能会有人提出比穷举更灵活的计算密钥的算法。例如，RSA 算法（该加密算法由 Rivest, Shamir 和 Adleman 发明）就利用了对数值巨大的数字进行因子分解的困难性。在最近 20 年里，许多优秀的数学家都在尝试提出好的因子分解算法，但是迄今为止都没有成功。据此，大多数密码学者认为，拥有 2000 位或者更多位“模数”的密钥目前是完全安全的，可以抵御任何攻击。DSA 被认为具有类似的安全性。

图 9-11 展示了实践中这种机制是如何工作的。

假设 Alice 想要给 Bob 发送一个消息，Bob 想知道该消息是否来自 Alice，而不是冒名顶替者。Alice 写好了消息，并且用她的私有密钥对该消息摘要签名。Bob 得到了她的公共密钥的拷贝，然后 Bob 用公共密钥对该签名进行校验。如果通过了校验，则 Bob 可以确认以下两个事实：

1）原始消息没有被篡改过。

2）该消息是由 Alice 签名的，她是私有密钥的持有者，该私有密钥就是与 Bob 用于校验的公共密钥相匹配的密钥。

你可以看到私有密钥的安全性为什么是最重要的。如果某个人偷了 Alice 的私有密钥，或者政府要求她交出私有密钥，那么她就麻烦了。小偷或者政府代表就可以假扮她的身份来发送消息，例如资金转账指令，而其他人则会相信这些消息确实来自于 Alice。

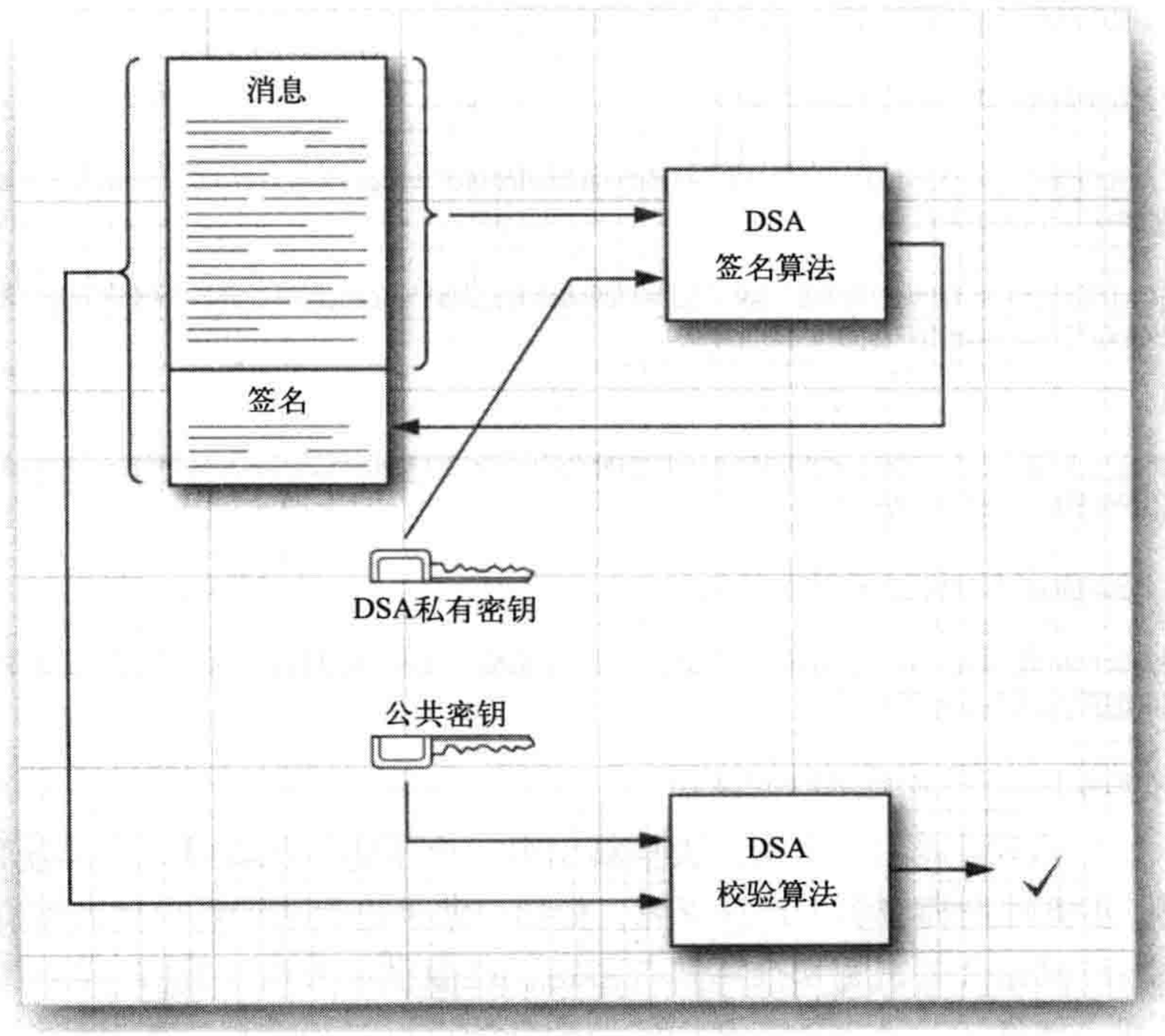


图 9-11 使用 DSA 进行公共密钥签名的交换

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

9.5.3 校验签名

JDK 配有一个 keytool 程序，该程序是一个命令行工具，用于生成和管理一组证书。我们期望该工具的功能最终能够被嵌入到其他更加用户友好的程序中去。但我们现在要做的是，使用 keytool 工具来展示 Alice 是如何对一个文档进行签名并且将它发送给 Bob 的，而 Bob 又是如何校验该文档确实是由 Alice 签名，而不是冒名顶替的。

keytool 程序负责管理密钥库、证书数据库和私有 / 公有密钥对。密钥库中的每一项都有一个“别名”。下面展示的是 Alice 如何创建一个密钥库 alice.certs 并且用别名生成一个密钥对。

```
keytool -genkeypair -keystore alice.certs -alias alice
```

当新建或者打开一个密钥库时，系统将提示你输入密钥库口令，在下面的这个例子中，口令就使用 secret，如果你要将 keytool 生成的密钥库用于重要的应用，那么你需要选择一个好的口令来保护这个文件。

当生成一个密钥时，系统提示你输入下面这些信息：

```
Enter keystore password:  secret
Reenter new password:  secret
What is your first and last name?
  [Unknown]:  Alice Lee
What is the name of your organizational unit?
  [Unknown]:  Engineering Department
What is the name of your organization?
  [Unknown]:  ACME Software
What is the name of your City or Locality?
  [Unknown]:  San Francisco
What is the name of your State or Province?
  [Unknown]:  CA
What is the two-letter country code for this unit?
  [Unknown]:  US
Is <CN=Alice Lee, OU=Engineering Department, O=ACME Software, L=San Francisco, ST=CA, C=US> cor-
rect?
  [no]:  yes
```

keytool 工具使用 X.500 格式的名字，它包含常用名 (CN)、机构单位 (OU)、机构 (O)、地点 (L)、州（ST）和国别 (C) 等成分，以确定密钥持有者和证书发行者的身份。

最后，必须设定一个密钥口令，或者按回车键，将密钥库口令作为密钥口令来使用。

假设 Alice 想把她的公共密钥提供给 Bob，她必须导出一个证书文件：

```
keytool -exportcert -keystore alice.certs -alias alice -file alice.cer
```

这时，Alice 就可以把证书发送给 Bob。当 Bob 收到该证书时，他就可以将证书打印出来：

```
keytool -printcert -file alice.cer
```

打印的结果如下：

```
Owner: CN=Alice Lee, OU=Engineering Department, O=ACME Software, L=San Francisco, ST=CA, C=US
Issuer: CN=Alice Lee, OU=Engineering Department, O=ACME Software, L=San Francisco, ST=CA, C=US
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
Serial number: 470835ce
Valid from: Sat Oct 06 18:26:38 PDT 2007 until: Fri Jan 04 17:26:38 PST 2008
Certificate fingerprints:
        MD5:  BC:18:15:27:85:69:48:B1:5A:C3:0B:1C:C6:11:B7:81
        SHA1: 31:0A:A0:B8:C2:8B:3B:B6:85:7C:EF:C0:57:E5:94:95:61:47:6D:34
        Signature algorithm name: SHA1withDSA
        Version: 3
```

如果 Bob 想检查他是否得到了正确的证书，可以给 Alice 打电话，让她在电话里读出证书的指纹。

注意： 有些证书发放者将证书指纹公布在他们的网站上。例如，要检查 jre/lib/security 目录中的密钥库里的 VeriSign 公司的证书，可以使用 -list 选项：

```
keytool -list -v -keystore jre/lib/security/cacerts
```

该密钥库的口令是 changeit。在该密钥库中有一个证书是：

```
Owner: OU=VeriSign Trust Network, OU="(c) 1998 VeriSign, Inc. - For authorized use only",
OU=Class 1 Public Primary Certification Authority - G2, O="VeriSign, Inc.", C=US
Issuer: OU=VeriSign Trust Network, OU="(c) 1998 VeriSign, Inc. - For authorized
use only", OU=Class 1 Public Primary Certification Authority - G2, O="VeriSign, Inc.",
C=US
Serial number: 4cc7eaaa983e71d39310f83d3a899192
Valid from: Sun May 17 17:00:00 PDT 1998 until: Tue Aug 01 16:59:59 PDT 2028
Certificate fingerprints:
        MD5:  DB:23:3D:F9:69:FA:4B:B9:95:80:44:73:5E:7D:41:83
        SHA1: 27:3E:E1:24:57:FD:C4:F9:0C:55:E8:2B:56:16:7F:62:F5:32:E5:47
```

通过访问网址 http://www.verisign.com/repository/root.html，就可以核实该证书的有效性。

一旦 Bob 信任该证书，他就可以将它导入密钥库中。

```
keytool -importcert -keystore bob.certs -alias alice -file alice.cer
```

警告： 绝对不要将你并不完全信任的证书导入到密钥库中。一旦证书添加到密钥库中，使用密钥库的任何程序都会认为这些证书可以用来对签名进行校验。

现在 Alice 就可以给 Bob 发送签过名的文档了。jarsigner 工具负责对 JAR 文件进行签名和校验，Alice 只需要将文档添加到要签名的 JAR 文件中。

```
jar cvf document.jar document.txt
```

然后她使用 jarsigner 工具将签名添加到文件中，她必须指定要使用的密钥库、JAR 文件和密钥的别名。

```
jarsigner -keystore alice.certs document.jar alice
```

当 Bob 收到 JAR 文件时，他可以使用 jarsigner 程序的 -verify 选项，对文件进行校验。

```
jarsigner -verify -keystore bob.certs document.jar
```

Bob 不需要设定密钥别名。jarsigner 程序会在数字签名中找到密钥所有者的 X.500 名字，并在密钥库中搜寻匹配的证书。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果 JAR 文件没有受到破坏而且签名匹配，那么 jarsigner 程序将打印：

```
jar verified.
```

否则，程序将显示一个出错消息。

9.5.4 认证问题

假设你从朋友 Alice 那接收到一个消息，该消息是 Alice 用她的私有密钥签名的，使用的签名方法就是我们刚刚介绍的方法。你可能已经有了她的公共密钥，或者你能够容易地获得她的公共密钥，比如问她要一个密钥拷贝，或者从她的 Web 页中获得密钥。这时，你就可以校验该消息是否是 Alice 签过名的，并且有没有被破坏过。现在，假设你从一个声称代表某著名软件公司的陌生人那里获得了一个消息，他要求你运行消息附带的程序。这个陌生人甚至将他的公共密钥的拷贝发送给你，以便让你校验他是否是该消息的作者。你检查后会发现该签名是有效的，这就证明该消息是用匹配的私有密钥签名的，并且没有遭到破坏。

此时你要小心：你仍然不清楚谁写的这条消息。任何人都可以生成一对公共密钥和私有密钥，再用私有密钥对消息进行签名，然后把签名好的消息和公共密钥发送给你。这种确定发送者身份的问题称为“认证问题”。

解决这个认证问题的通常做法是比较简单的。假设陌生人和你有一个你们俩都值得信赖的共同熟人。假设陌生人亲自约见了该熟人，将包含公共密钥的磁盘交给了他。后来，你的熟人与你见面，向你担保他与该陌生人见了面，并且该陌生人确实在那家著名的软件公司工作，然后将磁盘交给你（参见图 9-12）。这样一来，你的熟人就证明了陌生人身份的真实性。

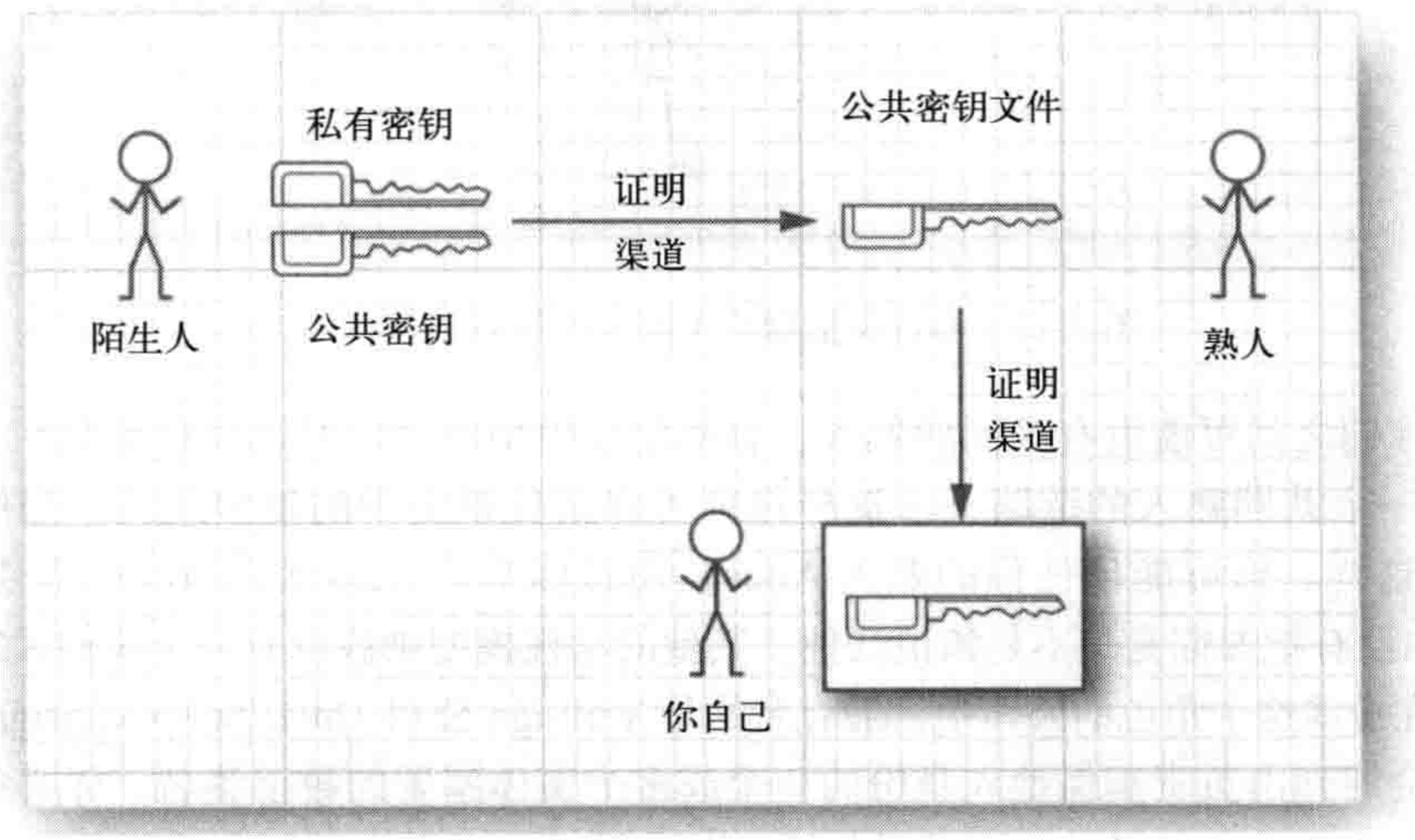


图 9-12 通过一个值得信赖的中间人进行认证

事实上，你的熟人并不需要与你见面。取而代之的是，他可以将他的私有签名应用于陌生人的公共密钥文件之上即可（参见图 9-13）。

当你拿到公共密钥文件之后，就可以检验你的熟人的签名是否真实，由于你信任他，因

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

此你确信他在添加他的签名之前，确实核实了陌生人的身份。

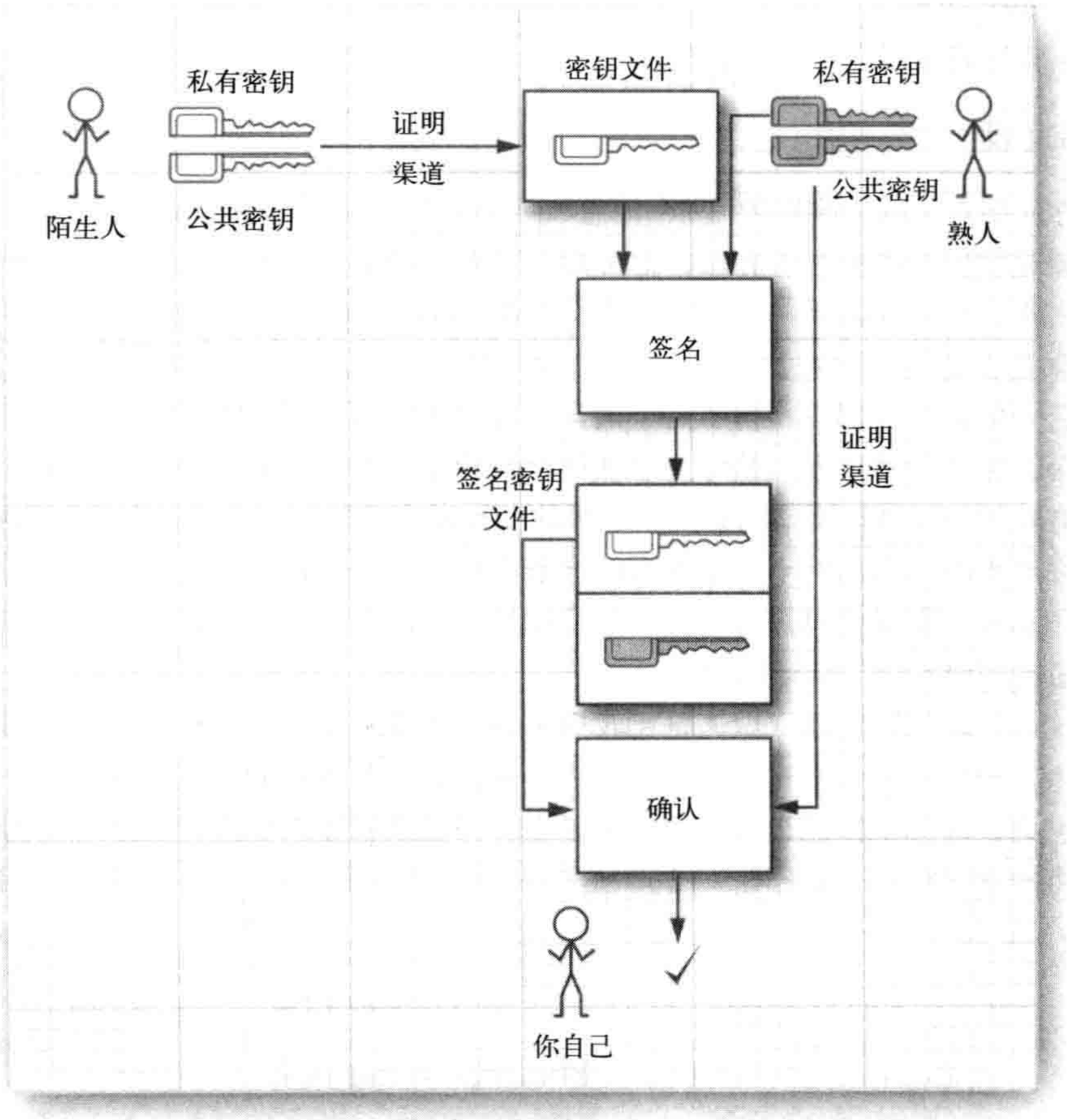


图 9-13 通过受信赖的中间人的签名进行认证

然而，你们之间可能没有共同的熟人。有些信任模型假设你们之间总是存在一个“信任链”——即一个共同熟人的链路——这样你就可以信任该链中的每个成员。当然，实际情况并不总是这样。你可能信任你的熟人 Alice，而且你知道 Alice 信任 Bob，但是你不了解 Bob，因此你没有把握究竟是不是该信任他。其他的信任模型则假设有一个我们大家都信任的慈善大佬，在扮演这个角色的公司中，最有名的是 VeriSign 公司（http://www.verisign.com）。

你常常会遇到由负责担保他人身份的一个或多个实体签署的数字签名，你必须评估一下究竟能够在多大程度上信任这些身份认证人。你可能非常信赖 VeriSign 公司，因为也许你在许多网页中都看到过他们公司的标志，或者你曾经听说过，每当有新的万能密钥产生时，他们就会要求在一个非常保密的会议室中聚集众多揣着黑色公文包的人进行磋商。

然而，对于实际被认证的对象，你应该抱有一个符合实际的期望：在认证公共密钥时，VeriSign 公司的 CEO 也不会亲自去会见每个人或者公司代表。直接在 Web 页面上填一份表

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

格，并支付少量的费用，就可以获得一个“第一类（class 1）”ID，包含在证书中的密钥将被发送到指定的邮件地址。因此，你有理由相信该电子邮件是真实的，但是密钥申请人也可能填入任意名字和机构。还有其他对身份信息的检验更加严格的 ID 类别。例如，如果是“第三类（class 3）”ID，VeriSign 将要求密钥申请人必须进行身份公证，公证机构将要核实企业申请者的财务信用资质。其他认证机构将采用不同的认证程序。因此，当你收到一条经过认证的消息时，重要的是你应该明白它实际上认证了什么。

9.5.5 证书签名

在 9.5.3 节中，你已经看到了 Alice 如何使用自签名的证书向 Bob 分发公共密钥。但是，Bob 需要通过校验 Alice 的指纹以确保这个证书是有效的。

假设 Alice 想要给同事 Cindy 发送一条经过签名的消息，但是 Cindy 并不希望因为要校验许多签名指纹而受到困扰。因此，假设有一个 Cindy 信任的实体来校验这些签名。在这个例子中，Cindy 信任 ACME 软件公司的信息资源部。

这个部门负责证书授权（CA）的运作。ACME 的每个人在其密钥库中都有 CA 的公共密钥，这是由一个专门负责详细核查密钥指纹的系统管理员安装的。CA 对 ACME 雇员的密钥进行签名，当他们在安装彼此的密钥时，密钥库将隐含地信任这些密钥，因为它们是由一个可信任的密钥签名的。

下面显示了可以如何模仿这个过程。首先需要创建一个密钥库 `acmesoft.Corts`，生成一个密钥对并导出公共密钥。

```
keytool -genkeypair -keystore acmesoft.certs -alias acmeroot
keytool -exportcert -keystore acmesoft.certs -alias acmeroot -file acmeroot.cer
```

其中的公共密钥被导入到了一个自签名的证书中，然后将其添加到每个雇员的密钥库中：

```
keytool -importcert -keystore cindy.certs -alias acmeroot -file acmeroot.cer
```

如果 Alice 要发送消息给 Cindy 以及 ACME 软件公司的其他任何人，她需要将她自己的证书签名 - 并提交给信息资源部。但是，这个功能在 `keytool` 程序中是缺失的。在本书附带的代码中，我们提供了一个 `CertificateSigner` 类来弥补这个问题。ACME 软件公司的授权机构成员将负责核实 Alice 的身份，并且生成如下的签名证书：

```
java CertificateSigner -keystore acmesoft.certs -alias acmeroot
   -infile alice.cer -outfile alice_signedby_acmeroot.cer
```

证书签名器程序必须拥有对 ACME 软件公司密钥库的访问权限，并且该公司成员必须知道密钥库的口令，显然这是一项敏感的操作。

现在 Alice 将文件 `alice_signedby_acmeroot.cert` 交给 Cindy 和 ACME 软件公司的其他任何人。或者，ACME 软件公司直接将该文件存储在公司的目录中。请记住，该文件包含了 Alice 的公共密钥和 ACME 软件公司的声明，证明该密钥确实属于 Alice。

现在，Cindy 将签名的证书导入到她的密钥库中：

```
keytool -importcert -keystore cindy.certs -alias alice -file alice_signedby_acmeroot.cer
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

密钥库要进行校验，以确定该密钥是由密钥库中已有的受信任的根密钥签过名的。Cindy就不必对证书的指纹进行校验了。

一旦 Cindy 添加了根证书和经常给她发送文档的人的证书后，她就再也不用担心密钥库了。

9.5.6 证书请求

在前一节中，我们用密钥库和 `CertificateSigner` 工具模拟了一个 CA。但是，大多数 CA 都运行着更加复杂的软件来管理证书，并且使用的证书格式也略有不同。本节将展示与这些软件包进行交互时需要增加的处理步骤。

我们将用 OpenSSL 软件包作为实例。许多 Linux 系统和 Mac OS X 都预装了这个软件，并且 Cygwin 端口也可用这个软件，你也可以到 http://www.openssl.org 网站下载。

为了创建一个 CA，需要运行 CA 脚本，其确切位置依赖于你的操作系统。在 Ubuntu 上，运行

```
/usr/lib/ssl/misc/CA.pl -newca
```

这个脚本会在当前目录中创建一个 demoCA 子目录，这个目录包含了一个根密钥对，并存储于证书与证书撤销列表。

你希望将这个公共密钥导入到所有雇员的 Java 密钥库中，但是它的格式是隐私增强型邮件（PEM）格式，而不是密钥库更容易接受的 DER 格式。将文件 `demoCA/cacert.pem` 复制成文件 `acmeroot.pem`，然后在文本编辑器中打开这个文件。移除下面这行之前的所有内容：

```
-----BEGIN CERTIFICATE-----
```

以及下面这行之后的所有内容：

```
-----END CERTIFICATE-----
```

现在可以按照通常的方式将 `acmeroot.pem` 导入到每个密钥库中了：

```
keytool -importcert -keystore cindy.certs -alias alice -file acmeroot.pem
```

这看起来有点不可思议，`keytool` 竟然不能自己去执行这种编辑操作。

要对 Alice 的公共密钥签名，需要生成一个证书请求，它包含这个 PEM 格式的证书：

```
keytool -certreq -keystore alice.store -alias alice -file alice.pem
```

要签名这个证书，需要运行：

```
openssl ca -in alice.pem -out alice_signedby_acmeroot.pem
```

与前面一样，在 `alice_signedby_acmeroot.pem` 中切除 BEGIN CERTIFICATE/END CERTIFICATE 标记之外的所有内容。然后，将其导入到密钥库中：

```
keytool -importcert -keystore cindy.certs -alias alice -file alice_signedby_acmeroot.pem
```

你可以使用相同的步骤，使一个证书得到诸如 VeriSign 这样的公共证书权威机构的签名。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

9.6 代码签名

认证技术最重要的一个应用是对可执行程序进行签名。如果从网上下载一个程序，自然会关心该程序可能带来的危害，例如，该程序可能已经感染了病毒。如果知道代码从何而来，并且它从离开源头后就没有被篡改过，那么放心程度会比不清楚这些信息时要高得多。事实上，如果该程序是用 Java 语言编写的，那么就可以利用这些信息来理性地决定应该让该程序拥有什么样的特权。或许只想让它像普通 applet 一样在沙盒里运行，或者也可能想为它授予一组不同的权限和限制条件。例如，你下载了一个文字处理器，你可能想授予它访问打印机和某个子目录中的文件的权限，但是不想授予它建立网络连接的权限，这样，该程序就无法在你不知道的情况下将你的文件发送给第三方。

下面介绍如何实现这个复杂的方案。

9.6.1 JAR 文件签名

在本节中，我们将要介绍如何给 applet 和给用 Java 插件运行的 Web Start 应用程序进行签名。下面是两种情况：

1）在企业内联网上传递。

2）在公众因特网上传递。

在第一种情况下，系统管理员在本地机器上安装证书和策略文件。每当 Java 插件工具加载经过签名的代码时，它就会查询密钥库的签名和策略文件中的权限。安装证书和策略非常简单，每部台式机只需要安装一次，这样最终用户就可以在沙盒外面运行经过签名的企业代码了。每当创建新程序或者更新已有代码时，该程序必须进行签名，然后部署到 Web 服务器上。但是，当程序演化时，无需对任何台式机做任何操作。我们认为这是一个合理的情况，相对于在每台台式机上都部署企业应用而言，这是一个富有吸引力的替代方案。

在第二种情况下，软件供应商获取由证书发放权威（如 VeriSign 公司）签名的证书。当最终用户访问一个包含已签名 applet 的 Web 站点时，就会弹出一个对话框，显示软件供应商的相关信息，并给最终用户两个选择，一个是给予 applet 全部特权，另一个是继续在沙盒中运行。在 9.6.2“软件开发者证书”一节中我们将要详细介绍这种不太令人满意的情况。

在本节的剩余部分，我们将要介绍如何建立策略文件，来为已知来源的代码赋予特定的权限。创建和部署这些策略文件不是普通最终用户要做的，然而，系统管理员在准备部署企业内联网程序时需要做这些工作。

假设 ACME 软件公司想让它的用户运行某些需要具备本地文件访问权限的程序，并且想要通过浏览器来部署这些程序，就像 applet 或者 Web Start 应用。由于这些程序不能在沙盒里运行，因此 ACME 软件公司需要在员工机器上安装策略文件。

正如在本章前面部分看到的那样，ACME 可以根据 applet 的代码基来确定它们的身份，但是那将意味着每当 applet 代码移动到不同的 Web 服务器时，ACME 都需要更新策略文件。为此，ACME 决定对含有程序代码的 JAR 文件进行签名。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

首先，ACME 生成根证书：

```
keytool -genkeypair -keystore acmesoft.certs -alias acmeroot
```

当然，包含根密钥的密钥库必须存放在一个安全的地方。因此，我们为公共证书建立第二个密钥库 Client.certs，并将公共的 acmeroot 证书添加进去。

```
keytool -exportcert -keystore acmesoft.certs -alias acmeroot -file acmeroot.cer
keytool -importcert -keystore client.certs -alias acmeroot -file acmeroot.cer
```

为了创建一个经过签名的 JAR 文件，首先将各个类文件添加到 JAR 文件中，例如：

```
javac FileReadApplet.java
jar cvf FileReadApplet.jar *.class
```

然后 ACME 中某个受信任的人运行 `jarsigner` 工具，指定 JAR 文件和私有密钥的别名：

```
jarsigner -keystore acmesoft.certs FileReadApplet.jar acmeroot
```

被签名的 applet 现在就已经准备好在 Web 服务器中部署了。

接着，让我们转而配置客户机，必须将一个策略文件发布到每一台客户机上。

为了引用密钥库，策略文件将以下面这行开头：

```
keystore "keystoreURL", "keystoreType";
```

其中，URL 可以是绝对的或相对的，其中相对 URL 是相对于策略文件的位置而言的。如果密钥库是由 `keytool` 工具生成的，则它的类型是 JKS。例如：

```
keystore "client.certs", "JKS";
```

`grant` 子句可以有 `signedBy` “*alias*” 后缀，例如：

```
grant signedBy "acmeroot"
{
   . . .
};
```

所有可以用与别名相关联的公共密钥进行校验的签名代码现在都已经在 `grant` 语句中被授予了权限。

可以使用程序清单 9-17 中的 applet 来进行上面的代码签名过程。该 applet 试图读取一个本地文件，而默认的安全策略只允许 applet 读取它的代码基及其子目录中的文件。用 `appletviewer` 来运行该 applet，然后检验是否只能读取代码基目录中的文件，而不能读取其他目录下的文件。

现在，创建一个包含如下内容的策略文件 `applet.policy`：

```
keystore "client.certs", "JKS";
grant signedBy "acmeroot"
{
   permission java.lang.RuntimePermission "usePolicy";
   permission java.io.FilePermission "/etc/*", "read";
};
```

`usePolicy` 权限覆盖了作用于被签名的 applet 的默认的“全部拥有或全部没有”权限。这里，我们声明任何由 `acmeroot` 签名的 applet 都被允许读取 `/etc` 目录中的文件。（Windows 用户：可以替换为其他诸如 `C:\Windows` 这样的目录。）

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

最后，告诉 applet 浏览器使用该策略文件：

```
appletviewer -J-Djava.security.policy=applet.policy FileReadApplet.html
```

现在该 applet 可以读取 /etc 目录中的所有文件了，这表示签名机制发挥了作用。

提示： 如果你在执行这一步时碰上了问题，那么请添加 -J-Djava.security.debug=policy 选项，这样你就能够得到程序是如何建立安全策略的详细追踪消息了。

作为最后一项测试，你可以在浏览器中运行 applet（参见图 9-14）。这需要将权限文件和密钥库复制到 Java 部署目录中。如果你运行的是 UNIX 或 Linux，这个目录就是你的主目录下的 .java/deployment 子目录下。在 Windows Vista 或 Windows 7 中，这个目录是 C:\Users\yourLoginName\ AppData\Sun\Java\Deployment 目录。在下面的内容中，我们将用 deploydir 来引用这个目录。

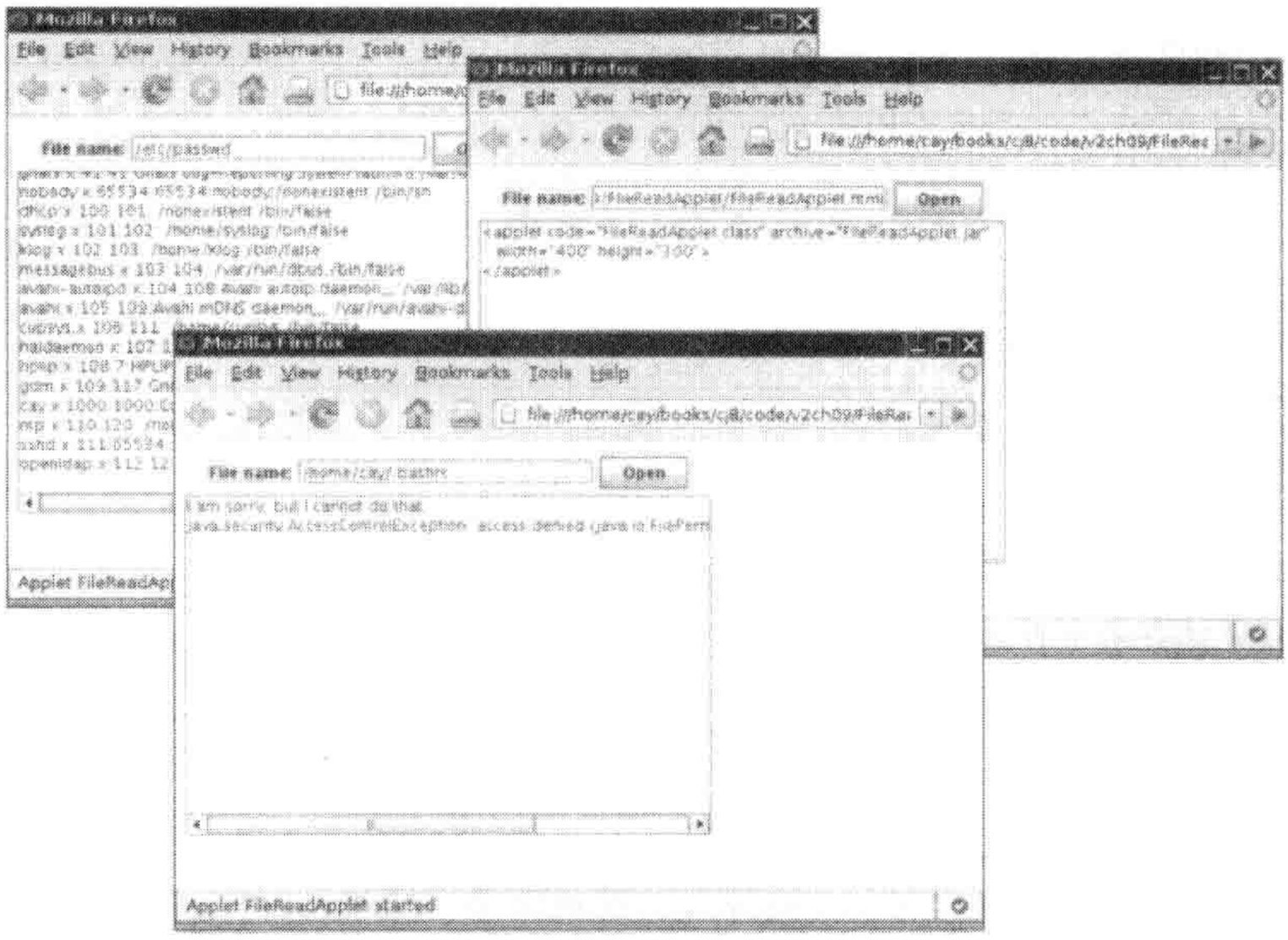


图 9-14 经过签名的 applet 可以读取本地文件

将 applet.policy 和 client.certs 复制到 deploydir/security 目录中。在这个目录中，将 applet.policy 重命名为 java.policy。（仔细检查你是否覆盖了已有的 java.policy 文件，如果已有该文件，应该将 applet.policy 的内容添加到其中。）

提示： 更多有关配置客户端 Java 安全的细节，可以参阅 http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/deployment/deployment-guide/overview.html 部署指南中之“部署配置文件和属性”以及“Java 控制面板”部分。

重新启动浏览器，并加载 FileReadApplet.html，你应该不会再看到提示你接受某类

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

证书的信息。检查你是否能够加载 /etc 目录以及 applet 被加载的目录中的所有文件，而其他目录中的文件都不能加载。

测试完毕后，记着清理 deploydir/security 目录，将 java.policy 和 client.certs 文件移除。重启浏览器，清除之后，如果再次加载该 applet，你将无法再从本地文件系统中读取文件，而且，你会看到关于证书的提示。我们将在下一节讨论安全证书。

9.6.2 软件开发者证书

到现在为止，我们所讨论的情况中，程序都是在企业内联网上传输的，而且是由系统管理员来配置一个安全策略，以控制程序的权限。但是，这种策略只适合于已知来源的程序。

程序清单 9-17 signed/FileReadApplet.java

```
1  package signed;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.awt.event.*;
5  import java.io.*;
6  import java.nio.file.*;
7  import javax.swing.*;
8
9  /**
10  * This applet can run "outside the sandbox" and read local files when it is given the right
11  * permissions.
12  * @version 1.12 2012-06-10
13  * @author Cay Horstmann
14  */
15 public class FileReadApplet extends JApplet
16 {
17    private JTextField fileNameField;
18    private JTextArea fileText;
19
20    public void init()
21    {
22       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
23          {
24             public void run()
25             {
26                fileNameField = new JTextField(20);
27                JPanel panel = new JPanel();
28                panel.add(new JLabel("File name:"));
29                panel.add(fileNameField);
30                JButton openButton = new JButton("Open");
31                panel.add(openButton);
32                ActionListener listener = new ActionListener()
33                {
34                   public void actionPerformed(ActionEvent event)
35                   {
36                      loadFile(fileNameField.getText());
37                   }
38                };
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
39                fileNameField.addActionListener(listener);
40                openButton.addActionListener(listener);
41
42                add(panel, "North");
43
44                fileText = new JTextArea();
45                add(new JScrollPane(fileText), "Center");
46             }
47          });
48    }
49
50    /**
51     * Loads the contents of a file into the text area.
52     * @param filename the file name
53     */
54    public void loadFile(String filename)
55    {
56       fileText.setText("");
57       try
58       {
59          fileText.append(new String(Files.readAllBytes(Paths.get(filename))));
60       }
61       catch (IOException ex)
62       {
63          fileText.append(ex + "\n");
64       }
65       catch (SecurityException ex)
66       {
67          fileText.append("I am sorry, but I cannot do that.\n");
68          fileText.append(ex + "\n");
69          ex.printStackTrace();
70       }
71    }
72 }
```

假设当你在因特网上冲浪时，遇到了一个 Web 站点，倘若你通过弹出的对话框为它授予了需要的权限，它就会运行一个来自不明提供商的 applet 或者 Web Start 应用（参见图 9-15）。这样的程序是用由证书权威机构发放的“软件开发者”证书进行签名的。弹出的对话框用于确定软件开发者和证书发放者的身份。现在你有两个选择：

- 用全部特权运行程序。
- 将程序限制在沙盒中运行。（对话框中的 Cancel 按钮是一种误导。如果点击这个按钮，applet 不会被取消，而是运行在沙盒中。）

那么什么样的因素可能会影响你的决定呢？假设下面是你已经了解的情况：

1）Thawte 公司将一个证书卖给了软件开发人员。

2）程序确实是用该证书签名的，并且在传输过程中没有被篡改过。

3）该证书确实是由 Thawte 签名的，它是用本地 cacerts 文件中的公共密钥校验的。

这是否就意味着该代码可以安全运行了？如果你只知道供应商的名字，以及 Thawte 公司卖给了他们一个软件开发者证书这个事实，那么你会信赖该供应商吗？如果想要担保

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

ChemAxonKft. 不是个彻头彻尾的破解者，恐怕连 Thawte 公司自己也会陷入麻烦之中。然而，没有一个证书发放者会对软件供应商的诚信度和资格能力进行广泛的审查。

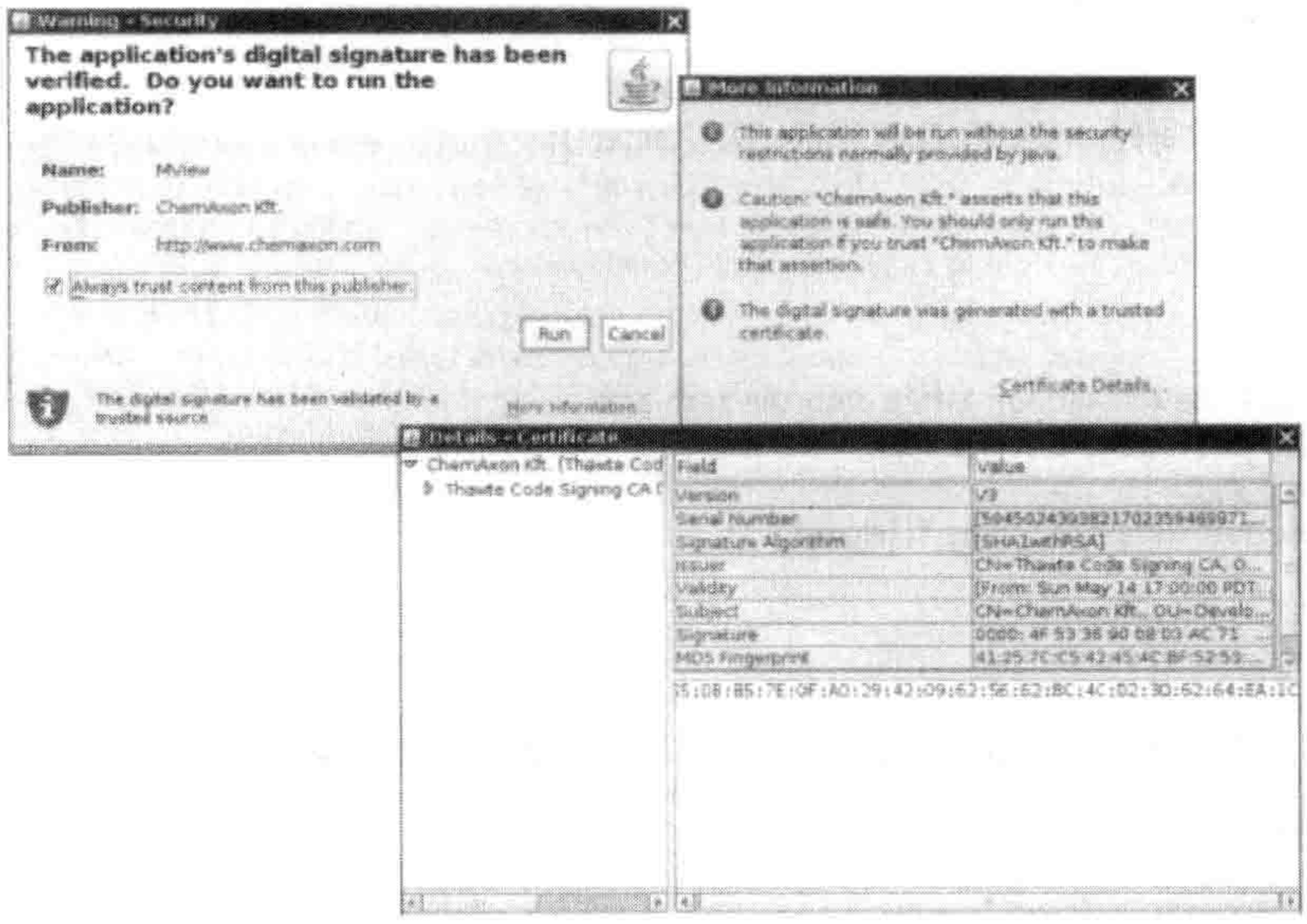


图 9-15 启动一个签过名的 applet

在不了解供应商的情况下，最终用户根本没有能力做出明智的决定，以判断究竟是否应该让这个程序拥有本地应用程序的全部权限，以运行在沙盒之外。如果供应商是个众所周知的公司，那么用户至少可以考虑一下该公司过去的诚信记录。

我们不愿意出现这样的情况：程序要求“给我全部权限，否则我决不运行”。缺乏经验的用户对于那些可能会使他们陷入危险的访问权限，在进行授权时常常会被吓住。

如果每个程序都对它所需要的权力进行解释，然后寻求获得这些权力的特定权限，这是否对我们有帮助呢？遗憾的是，如你所见，这样需要更高的技术要求。对于最终用户来说，要求他去思考某个 applet 究竟是否真的应该拥有观察 AWT 事件队列的权力，这似乎不太合理。

对于用软件开发者证书，我们没有太大的热情。如果在公共互联网上的 applet 和 Web Start 应用程序更努力地保持在它们各自的沙盒中运行，而这些沙盒又能够得到改进，那情况就会好得多。在第 I 卷第 10 章中讨论过的 Web Start API 就是向正确的方向迈出的一步。

9.7 加密

到现在为止，我们已经介绍了一种在 Java 安全 API 中实现的重要密码技术，即通过数字签名进行的认证。安全性的第二个重要方面是加密。当信息通过认证之后，该信息本身是直白可见的。数字签名只不过负责检验信息有没有被篡改过。相比之下，信息被加密后，是不

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

可见的，只能用匹配的密钥进行解密。

认证对于代码签名已足够了——没必要将代码隐藏起来。但是，当 applet 或者应用程序传输机密信息时，比如信用卡号码和其他个人数据等，就有必要进行加密了。

过去，由于专利和出口控制的原因，许多公司被禁止提供高强度的加密技术。幸运的是，现在对加密技术的出口控制已经不是那么严格了，某些重要算法的专利也已到期。现在，Java SE 已经有了出色的加密支持，它已经成为标准类库的一部分。

9.7.1 对称密码

“Java 密码扩展”包含了一个 Cipher 类，该类是所有加密算法的超类。通过调用下面的 getInstance 方法可以获得一个密码对象：

```
Cipher cipher = Cipher.getInstance(algorithName);
```

或者调用下面这个方法：

```
Cipher cipher = Cipher.getInstance(algorithName, providerName);
```

JDK 中是由名为“SunJCE”的提供商提供密码的，如果没有指定其他提供商，则会默认为该提供商。如果要使用特定的算法，而对该算法 Oracle 公司没有提供支持，那么也可以指定其他的提供商。

算法名称是一个字符串，比如“AES”或者“DES/CBC/PKCS5Padding”。

DES，即数据加密标准，是一个密钥长度为 56 位的古老的分组密码。DES 加密算法在现在看来已经是过时了，因为可以用穷举法将它破译（参见该网页中的例子：http://www.eff.org/ Privacy/Crypto/Crypto_ misc/DESCracker/）。更好的选择是采用它的后续版本，即高级加密标准 (AES)，更多详细信息，请访问网址 http://www.csrc.nist.gov/ publications/fips/fips197/fips-197.pdf。下面我们以 AES 为例。

一旦获得了一个密码对象，就可以通过设置模式和密钥来对它初始化。

```
int mode = . . .;
Key key = . . .;
cipher.init(mode, key);
```

模式有以下几种：

```
Cipher.ENCRYPT_MODE
Cipher.DECRYPT_MODE
Cipher.WRAP_MODE
Cipher.UNWRAP_MODE
```

wrap 和 unwrap 模式会用一个密钥对另一个密钥进行加密，具体例子请参见下一节。

现在可以反复调用 update 方法来对数据块进行加密。

```
int blockSize = cipher.getBlockSize();
byte[] inBytes = new byte[blockSize];
. . . // read inBytes
int outputSize= cipher.getOutputSize(blockSize);
byte[] outBytes = new byte[outputSize];
int outLength = cipher.update(inBytes, 0, outputSize, outBytes);
. . . // write outBytes
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

完成上述操作后，还必须调用一次 doFinal 方法。如果还有最后一个输入数据块（其字节数小于 blockSize），那么就要调用：

```
outBytes = cipher.doFinal(inBytes, 0, inLength);
```

如果所有的输入数据都已经加密，则用下面的方法调用来代替：

```
outBytes = cipher.doFinal();
```

对 doFinal 的调用是必要的，以便对最后的块进行“填充”。就拿 DES 密码来说，它的数据块的大小是 8 字节。假设输入数据的最后一个数据块少于 8 字节，当然我们可以将其余的字节全部用 0 填充，从而得到一个 8 字节的最终数据块，然后对它进行加密。但是，当对数据块进行解密时，数据块的结尾会附加若干个 0 字节，因此它与原始输入文件之间会略有不同。这肯定是个问题，我们需要一个填充方案来避免这个问题。常用的填充方案是 RSA Security 公司在公共密钥密码标准# 5 中（Public Key Cryptography Standard，PKCS）描述的方案（该方案的网址为 ftp://ftp.rsasecurity.com/pub/pkcs/pkcs-5v2/pkcs5v2-0.pdf）。

在该方案中，最后一个数据块不是全部用填充值 0 进行填充，而是用等于填充字节数量的值作为填充值进行填充。换句话说，如果 L 是最后一个（不完整的）数据块，那么它将按如下方式进行填充：

```
L 01                                if length(L) = 7
L 02 02                             if length(L) = 6
L 03 03 03                          if length(L) = 5
. . .
L 07 07 07 07 07 07 07              if length(L) = 1
```

最后，如果输入的数据长度确实能被 8 整除，那么就会将下面这个数据块：

```
08 08 08 08 08 08 08 08
```

附加到数据块后，并进行加密。在解密时，明文的最后一个字节就是要丢弃的填充字符数。

9.7.2 密钥生成

为了加密，我们需要生成密钥。每个密码都有不同的用于密钥的格式，我们需要确保密钥的生成是随机的。这需要遵循下面的步骤：

1）为加密算法获取 KeyGenerator。

2）用随机源来初始化密钥发生器。如果密码块的长度是可变的，还需要指定期望的密码块长度。

3）调用 generateKey 方法。

例如，下面是如何生成 AES 密钥的方法：

```
KeyGenerator keygen = KeyGenerator.getInstance("AES");
SecureRandom random = new SecureRandom(); // see below
keygen.init(random);
Key key = keygen.generateKey();
```

或者，可以从一组固定的原生数据（也许是由口令或者随机击键产生的）来生成一个密

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

钥，这时可以使用如下的 SecretKeyFactory：

```
byte[] keyData = . . .; // 16 bytes for AES
SecretKey key = new SecretKeySpec(keyData, "AES");
```

如果要生成密钥，必须使用“真正的随机”数。例如，在 Random 类中的常规的随机数发生器。是根据当前的日期和时间来产生随机数的，因此它不够随机。例如，假设计算机时钟可以精确到 1/10 秒，那么，每天最多存在 864 000 个种子。如果攻击者知道发布密钥的日期（通常可以由消息日期或证书有效日期推算出来），那么就可以很容易地生成那一天所有可能的种子。

SecureRandom 类产生的随机数，远比由 Random 类产生的那些数字安全得多。你仍然需要提供一个种子，以便在一个随机点上开始生成数字序列。要这样做，最好的方法是从一个诸如白噪声发生器之类的硬件设备那里获取输入。另一个合理的随机输入源是请用户在键盘上进行随心所欲的盲打，但是每次敲击键盘只为随机种子提供 1 位或者 2 位。一旦你在字节数组中收集到这种随机位后，就可以将它传递给 setSeed 方法。

```
SecureRandom secrand = new SecureRandom();
byte[] b = new byte[20];
// fill with truly random bits
secrand.setSeed(b);
```

如果没有为随机数发生器提供种子，那么它将通过启动线程，使它们睡眠，然后测量它们被唤醒的准确时间，以此来计算自己的 20 个字节的种子。

注意： 这个算法仍然未被认为是安全的。而且，在过去，依靠对诸如硬盘访问时间之类的其他的计算机组件进行计时的算法，后来也被证明并不是完全随机的。

本节结尾处的示例程序将应用 AES 密码（参见程序清单 9-18）。如果要使用该程序，首先要生成一个密钥，运行如下命令：

密钥就被保存在 secret.key 文件中了。

```
java aes.AESTest -genkey secret.key
```

现在可以用如下命令进行加密：

```
java aes.AESTest -encrypt plaintextFile encryptedFile secret.key
```

用如下命令进行解密：

```
java aes.AESTest -decrypt encryptedFile decryptedFile secret.key
```

该程序非常直观。使用 -genkey 选项将产生一个新的密钥，并且将其序列化到给定的文件中。该操作需要花费较长的时间，因为密钥随机生成器的初始化非常耗费时间。-encrypt 和 -decrypt 选项都调用相同的 crypt 方法，而 crypt 方法则调用密码的 update 和 doFinal 方法。请注意 update 方法和 doFinal 方法是怎样被调用的，只要输入数据块具有全长度（长度能够被 8 整除），就要调用 update 方法，而如果输入数据块不具有全长度（长度不能被 8 整除，此时需要填充），或者没有更多额外的数据（以便生成一个填充字节），那么就要调用 doFinal 方法。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 9-18 aes/AESTest.java

```
1  package aes;
2
3  import java.io.*;
4  import java.security.*;
5  import javax.crypto.*;
6  /**
7   * This program tests the AES cipher. Usage:<br>
8   * java aes.AESTest -genkey keyfile<br>
9   * java aes.AESTest -encrypt plaintext encrypted keyfile<br>
10  * java aes.AESTest -decrypt encrypted decrypted keyfile<br>
11  * @author Cay Horstmann
12  * @version 1.01 2012-06-10
13  */
14 public class AESTest
15 {
16    public static void main(String[] args)
17       throws IOException, GeneralSecurityException, ClassNotFoundException
18    {
19       if (args[0].equals("-genkey"))
20       {
21          KeyGenerator keygen = KeyGenerator.getInstance("AES");
22          SecureRandom random = new SecureRandom();
23          keygen.init(random);
24          SecretKey key = keygen.generateKey();
25          try (ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(new FileOutputStream(args[1])))
26          {
27             out.writeObject(key);
28          }
29       }
30       else
31       {
32          int mode;
33          if (args[0].equals("-encrypt")) mode = Cipher.ENCRYPT_MODE;
34          else mode = Cipher.DECRYPT_MODE;
35
36          try (ObjectInputStream keyIn = new ObjectInputStream(new FileInputStream(args[3]));
37             InputStream in = new FileInputStream(args[1]);
38             OutputStream out = new FileOutputStream(args[2]))
39          {
40             Key key = (Key) keyIn.readObject();
41             Cipher cipher = Cipher.getInstance("AES");
42             cipher.init(mode, key);
43             Util.crypt(in, out, cipher);
44          }
45       }
46    }
47 }
```

程序清单 9-19 aes/Util.java

```
1  package aes;
2
3  import java.io.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
4  import java.security.*;
5  import javax.crypto.*;
6
7  public class Util
8  {
9     /**
10     * Uses a cipher to transform the bytes in an input stream and sends the transformed bytes to
11     * an output stream.
12     * @param in the input stream
13     * @param out the output stream
14     * @param cipher the cipher that transforms the bytes
15     */
16    public static void crypt(InputStream in, OutputStream out, Cipher cipher) throws IOException,
17          GeneralSecurityException
18    {
19       int blockSize = cipher.getBlockSize();
20       int outputSize = cipher.getOutputSize(blockSize);
21       byte[] inBytes = new byte[blockSize];
22       byte[] outBytes = new byte[outputSize];
23       int inLength = 0;
24       ;
25       boolean more = true;
26       while (more)
27       {
28          inLength = in.read(inBytes);
29          if (inLength == blockSize)
30          {
31             int outLength = cipher.update(inBytes, 0, blockSize, outBytes);
32             out.write(outBytes, 0, outLength);
33          }
34          else more = false;
35       }
36       if (inLength > 0) outBytes = cipher.doFinal(inBytes, 0, inLength);
37       else outBytes = cipher.doFinal();
38       out.write(outBytes);
39    }
40 }
```

API javax.crypto.Cipher 1.4

- `static Cipher getInstance(String algorithmName)`
- `static Cipher getInstance(String algorithmName, String providerName)`

  返回实现了指定加密算法的Cipher对象。如果未提供该算法，则抛出一个NoSuchAlgorithmException异常。
- `int getBlockSize()`

  返回密码块的大小，如果该密码不是一个分组密码，则返回0。
- `int getOutputSize(int inputLength)`

  如果下一个输入数据块拥有给定的字节数，则返回所需的输出缓冲区的大小。本方法的运行要考虑到密码对象中的所有已缓冲的字节数量。
- `void init(int mode, Key key)`

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

对加密算法对象进行初始化。Mode 是 ENCRYPT_MODE, DECRYPT_MODE, WRAP_MODE, 或者 UNWRAP_MODE 之一。

- byte[] update(byte[] in)
- byte[] update(byte[] in, int offset, int length)
- int update(byte[] in, int offset, int length, byte[] out)

对输入数据块进行转换。前两个方法返回该输出，第三个方法返回放入 out 的字节数。

- byte[] doFinal()
- byte[] doFinal(byte[] in)
- byte[] doFinal(byte[] in, int offset, int length)
- int doFinal(byte[] in, int offset, int length, byte[] out)

转换输入的最后一个数据块，并刷新该加密算法对象的缓冲。前三个方法返回输出，第四个方法返回放入 out 的字节数。

API javax.crypto.KeyGenerator 1.4

- static KeyGenerator getInstance(String algorithmName)

返回实现指定加密算法的 KeyGenerator 对象。如果未提供该加密算法，则抛出一个 NoSuchAlgorithmException 异常。

- void init(SecureRandom random)
- void init(int keySize, SecureRandom random)

对密钥生成器进行初始化。

- SecretKey generateKey()

生成一个新的密钥。

API javax.crypto.spec.SecretKeySpec 1.4

- SecretKeySpec(byte[] key, String algorithmName)

创建一个密钥描述规格说明。

9.7.3 密码流

JCE 库提供了一组使用便捷的流类，用于对流数据进行自动加密或解密。例如，下面是对文件数据进行加密的方法：

```
Cipher cipher = . . .;
cipher.init(Cipher.ENCRYPT_MODE, key);
CipherOutputStream out = new CipherOutputStream(new FileOutputStream(outputFileName), cipher);
byte[] bytes = new byte[BLOCKSIZE];
int inLength = getData(bytes); // get data from data source
while (inLength != -1)
{
   out.write(bytes, 0, inLength);
   inLength = getData(bytes); // get more data from data source
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
}
out.flush();
```

同样地，可以使用 CipherInputStream，对文件的数据进行读取和解密：

```
Cipher cipher = . . .;
cipher.init(Cipher.DECRYPT_MODE, key);
CipherInputStream in = new CipherInputStream(new FileInputStream(inputFileName), cipher);
byte[] bytes = new byte[BLOCKSIZE];
int inLength = in.read(bytes);
while (inLength != -1)
{
   putData(bytes, inLength); // put data to destination
   inLength = in.read(bytes);
}
```

密码流类能够透明地调用 update 和 doFinal 方法，所以非常方便。

API javax.crypto.CipherInputStream 1.4

- `CipherInputStream(InputStream in, Cipher cipher)`
  构建一个输入流，以读取 in 中的数据，并且使用指定的密码对数据进行解密和加密。
- `int read()`
- `int read(byte[] b, int off, int len)`
  读取输入流中的数据，该数据会被自动解密和加密。

API javax.crypto.CipherOutputStream 1.4

- `CipherOutputStream(OutputStream out, Cipher cipher)`
  构建一个输出流，以便将数据写入 out，并且使用指定的密码对数据进行加密和解密。
- `void write(int ch)`
- `void write(byte[] b, int off, int len)`
  将数据写入输出流，该数据会被自动加密和解密。
- `void flush()`
  刷新密码缓冲区，如果需要的话，执行填充操作。

9.7.4 公共密钥密码

在前面小节中看到的 AES 密码是一种对称密码，加密和解密都使用相同的密钥。对称密码的致命缺点在于密码的分发。如果 Alice 给 Bob 发送了一个加密的方法，那么 Bob 需要使用与 Alice 相同的密钥。如果 Alice 修改了密钥，那么她必须在给 Bob 发送信息的同时，还要通过安全信道发送新的密钥，但是也许她并不拥有到达 Bob 的安全信道，这也正是为什么她必须对她发送给 Bob 的信息进行加密的原因。

公共密钥密码技术解决了这个问题。在公共密钥密码中，Bob 拥有一个密钥对，包括一个公共密钥和一个相匹配的私有密钥。Bob 可以在任何地方发布公共密钥，但是他必须严格

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

保守他的私有密钥。Alice 只需要使用公共密钥对她发送给 Bob 的信息进行加密即可。

实际上，加密过程并没有那么简单。所有已知的公共密钥算法的操作速度都比对称密钥算法（比如 DES 或 AES 等）慢得多，使用公共密钥算法对大量的信息进行加密是不切实际的。但是，如果像下面这样，将公共密钥密码与快速的对称密码结合起来，这个问题就可以得到解决：

1）Alice 生成一个随机对称加密密钥，她用该密钥对明文进行加密。

2）Alice 用 Bob 的公共密钥给对称密钥进行加密。

3）Alice 将加密后的对称密钥和加密后的明文同时发送给 Bob。

4）Bob 用他的私有密钥给对称密钥解密。

5）Bob 用解密后的对称密钥给信息解密。

除了 Bob 之外，其他人无法给对称密钥进行解密，因为只有 Bob 拥有解密的私有密钥。因此，昂贵的公共密钥加密技术只适用于给少量的关键数据加密。

最普通的公共密钥算法是 Rivest, Shamir 和 Adleman 发明的 RSA 算法。直到 2000 年 10 月，该算法一直受 RSA Security 公司授予的专利保护。该专利的转让许可证价格昂贵，通常要支付 3% 的专利权使用费，每年至少付款 50 000 美元。现在该加密算法已经公开。

如果要使用 RSA 算法，就需要一对公共 / 私有密钥。你可以按如下方法使用 `KeyPairGenerator` 来获得：

```
KeyPairGenerator pairgen = KeyPairGenerator.getInstance("RSA");
SecureRandom random = new SecureRandom();
pairgen.initialize(KEYSIZE, random);
KeyPair keyPair = pairgen.generateKeyPair();
Key publicKey = keyPair.getPublic();
Key privateKey = keyPair.getPrivate();
```

程序清单 9-20 中的程序有三个选项。`-genkey` 选项用于产生一个密钥对，`-encrypt` 选项用于生成 AES 密钥，并且用公共密钥对其进行包装。

```
Key key = . . .; // an AES key
Key publicKey = . . .; // a public RSA key
Cipher cipher = Cipher.getInstance("RSA");
cipher.init(Cipher.WRAP_MODE, publicKey);
byte[] wrappedKey = cipher.wrap(key);
```

然后它便生成一个包含下列内容的文件：

- 包装过的密钥的长度。
- 包装过的密钥字节。
- 用 AES 密钥加密的明文。

`-decrypt` 选项用于对这样的文件进行解密。请试运行该程序，首先生成 RSA 密钥：

```
java rsa.RSATest -genkey public.key private.key
```

然后对一个文件进行加密：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
java rsa.RSATest -encrypt plaintextFile encryptedFile public.key
```

最后，对该文件进行解密，并且检验解密后的文件是否与明文相匹配：

```
java rsa.RSATest -decrypt encryptedFile decryptedFile private.key
```

程序清单 9-20 rsa/RSATest.java

```
1  package rsa;
2
3  import java.io.*;
4  import java.security.*;
5  import javax.crypto.*;
6  /**
7   * This program tests the RSA cipher. Usage:<br>
8   * java rsa.RSATest -genkey public private<br>
9   * java rsa.RSATest -encrypt plaintext encrypted public<br>
10  * java rsa.RSATest -decrypt encrypted decrypted private<br>
11  * @author Cay Horstmann
12  * @version 1.01 2012-06-10
13  */
14 public class RSATest
15 {
16    private static final int KEYSIZE = 512;
17
18    public static void main(String[] args)
19       throws IOException, GeneralSecurityException, ClassNotFoundException
20    {
21       if (args[0].equals("-genkey"))
22       {
23          KeyPairGenerator pairgen = KeyPairGenerator.getInstance("RSA");
24          SecureRandom random = new SecureRandom();
25          pairgen.initialize(KEYSIZE, random);
26          KeyPair keyPair = pairgen.generateKeyPair();
27          try (ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(new FileOutputStream(args[1])))
28          {
29             out.writeObject(keyPair.getPublic());
30          }
31          try (ObjectOutputStream out = new ObjectOutputStream(new FileOutputStream(args[2])))
32          {
33             out.writeObject(keyPair.getPrivate());
34          }
35       }
36       else if (args[0].equals("-encrypt"))
37       {
38          KeyGenerator keygen = KeyGenerator.getInstance("AES");
39          SecureRandom random = new SecureRandom();
40          keygen.init(random);
41          SecretKey key = keygen.generateKey();
42
43          // wrap with RSA public key
44          try (ObjectInputStream keyIn = new ObjectInputStream(new FileInputStream(args[3]));
45             DataOutputStream out = new DataOutputStream(new FileOutputStream(args[2]));
46             InputStream in = new FileInputStream(args[1]) )
47          {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
48            Key publicKey = (Key) keyIn.readObject();
49            Cipher cipher = Cipher.getInstance("RSA");
50            cipher.init(Cipher.WRAP_MODE, publicKey);
51            byte[] wrappedKey = cipher.wrap(key);
52            out.writeInt(wrappedKey.length);
53            out.write(wrappedKey);
54
55            cipher = Cipher.getInstance("AES");
56            cipher.init(Cipher.ENCRYPT_MODE, key);
57            Util.crypt(in, out, cipher);
58         }
59      }
60      else
61      {
62         try (DataInputStream in = new DataInputStream(new FileInputStream(args[1]));
63               ObjectInputStream keyIn = new ObjectInputStream(new FileInputStream(args[3]));
64               OutputStream out = new FileOutputStream(args[2]))
65            {
66               int length = in.readInt();
67               byte[] wrappedKey = new byte[length];
68               in.read(wrappedKey, 0, length);
69
70               // unwrap with RSA private key
71               Key privateKey = (Key) keyIn.readObject();
72
73               Cipher cipher = Cipher.getInstance("RSA");
74               cipher.init(Cipher.UNWRAP_MODE, privateKey);
75               Key key = cipher.unwrap(wrappedKey, "AES", Cipher.SECRET_KEY);
76
77               cipher = Cipher.getInstance("AES");
78               cipher.init(Cipher.DECRYPT_MODE, key);
79
80               Util.crypt(in, out, cipher);
81            }
82      }
83   }
84 }
```

你现在已经看到了 Java 安全模型是如何允许我们去控制代码的执行的，这是 Java 平台的一个独一无二且越来越重要的方面。你也已经看到了 Java 类库提供的认证和加密服务。但是我们没有涉及许多高级和专有的话题，比如：

- 提供了对 Kerberos 协议进行支持的“通用安全服务”的 GSS-API（原则上同样支持其他安全信息交换协议）。下面这个网址上有一份指南 http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/security/jgss/tutorials。
- 对 SASL 的支持，SASL 即简单认证和安全层，可以为 LDAP 和 IMAP 协议所使用。如果想在自己的应用程序中实现 SASL，请浏览下面这个网址：http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/security/sasl/sasl-refguide.html。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- 对 SSL 的支持，SSL 即安全套接层。在 HTTP 上使用 SSL 对应用程序的编程人员是透明的，只需要直接使用以 https 开头的 URL 即可。如果想要给你的应用程序添加 SSL 支持，请参阅下面网址中的 JSSE（Java 安全套接扩展）参考指南 `http://java.sun.com/javase/6/docs/technotes/guides/security/jsse/JSSERefGuide.html`。

现在我们已经结束了对 Java 安全的学习，接下来转向第 10 章脚本、编译和注解处理。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第 10 章　脚本、编译与注解处理

- ▲ Java 平台的脚本
- ▲ 编译器 API
- ▲ 使用注解
- ▲ 注解语法
- ▲ 标准注解
- ▲ 源码级注解处理
- ▲ 字节码工程

本章介绍了三种用于处理代码的技术：脚本 API 使你可以调用诸如 JavaScript 和 Groovy 这样的脚本语言代码；当你希望在应用程序内部编译 Java 代码时，可以使用编译器 API；注解处理器可以在包含注解的 Java 源代码和类文件上进行操作。如你所见，有许多应用程序都可以用来处理注解，从简单的诊断到“字节码工程”，后者可以将字节码插入到类文件中，甚至可以插入到运行程序中。

10.1　Java 平台的脚本

脚本语言是一种通过在运行时解释程序文本，从而避免使用通常的编辑 / 编译 / 链接 / 运行循环的语言。脚本语言有许多优势：

- 便于快速变更，鼓励不断试验。
- 可以修改运行着的程序的行为。
- 支持程序用户的定制化。

另一方面，大多数脚本语言都缺乏可以使编写复杂应用受益的特性，例如强类型、封装和模块化。

因此人们在尝试将脚本语言和传统语言的优势相结合。脚本 API 使你可以在 Java 平台上实现这个目的，它支持在 Java 程序中对用 JavaScript、Groovy、Ruby，甚至是更奇异的诸如 Scheme 和 Haskell 等语言编写的脚本进行调用。（至于另一个方向，即从脚本语言中访问 Java 则属于脚本语言提供商的职责。大多数运行在 Java 虚拟机上的脚本语言都具有这种能力。）

在下面的小节中，我们将向你展示如何为某种特定的语言选择一个引擎，如何执行脚本，以及如何利用某些脚本引擎提供的先进特性。

10.1.1　获取脚本引擎

脚本引擎是一个可以执行用某种特定语言编写的脚本的类库。当虚拟机启动时，它会发现可用的脚本引擎。为了枚举这些引擎，需要构造一个 `ScriptEngineManager`，并调用 `getEngineFactories` 方法。可以向每个引擎工厂去询问它们所支持的引擎名、MIME 类型

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

和文件扩展名。表 10-1 显示了这些内容的典型值。

表 10-1 脚本引擎工厂的属性

引 擎	名 字	MIME 类型 s	文 件 扩 展
Rhino (包含在 Java SE 6 中)	js, rhino, JavaScript, javascript, ECMAScript, ecmascript	application/javascript, application/ecmascript, text/javascript, text/ecmascript	`js`
Groovy	groovy	无	`groovy`
SISC Scheme	scheme, sisc	无	`scc, sce, scm, shp`

通常，你知道所需要的引擎，因此可以直接通过名字、MIME 类型或文件扩展来请求它，例如：

```
ScriptEngine engine = manager.getEngineByName("JavaScript");
```

Java SE 7 包含 Rhino 的一个版本，这是由 Mozilla 基金开发的一个 JavaScript 解释器。可以通过在类路径中提供必要的 JAR 文件来添加对额外的语言支持。这时一般需要两个 JAR 文件集合，脚本语言自身是由单个的 JAR 文件或一个 JAR 集合实现的，而将这种语言适配到脚本 API 的引擎通常还需要一个额外的 JAR。http://java.net/projects/scripting 站点提供的引擎可以适用于大量的脚本语言，例如，为了添加对 Groovy 的支持，类路径必须包含 `groovy/lib/*`（来自 http://groovy.codehaus.org）和 `groovy-engine.jar`（来自 http://java.net/projects/scripting）。

API javax.script.ScriptEngineManager 6

- `List<ScriptEngineFactory> getEngineFactories()`

  获取所有发现的引擎工厂的列表。

- `ScriptEngine getEngineByName(String name)`
- `ScriptEngine getEngineByExtension(String extension)`
- `ScriptEngine getEngineByMimeType(String mimeType)`

  获取给定名字、脚本文件扩展名或 MIME 类型的脚本引擎。

API *javax.script.ScriptEngineFactory* 6

- `List<String> getNames()`
- `List<String> getExtensions()`
- `List<String> getMimeTypes()`

获取该工厂所了解的名字、脚本文件扩展名和 MIME 类型。

10.1.2 脚本赋值与绑定

一旦拥有了引擎，就可以通过下面的调用来直接调用脚本：

```
Object result = engine.eval(scriptString);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果脚本存储在文件中，那么需要先打开一个 Reader，然后调用：

```
Object result = engine.eval(reader);
```

可以在同一个引擎上调用多个脚本。如果一个脚本定义了变量、函数或类，那么大多数引擎都会保留这些定义，以供将来使用。例如：

```
engine.eval("n = 1728");
Object result = engine.eval("n + 1");
```

将返回 1729。

注意： 要想知道在多个线程中并发执行脚本是否安全，可以调用

```
Object param = factory.getParameter("THREADING");
```

其返回的是下列值之一：

- null：并发执行不安全。
- "MULTITHREADED"：并发执行安全。一个线程的执行效果对另外的线程有可能是可视的。
- "THREAD-ISOLATED"：除了 "MULTITHREADED" 之外，会为每个线程维护不同的变量绑定。
- "STATELESS"：除了 "THREAD-ISOLATED" 之外，脚本不会改变变量绑定。

我们经常希望能够向引擎中添加新的变量绑定。绑定由名字及其关联的 Java 对象构成。例如，考虑下面的语句：

```
engine.put(k, 1728);
Object result = engine.eval("k + 1");
```

脚本代码从“引擎作用域”中的绑定里读取 k 的定义。这一点非常重要，因为大多数脚本语言都可以访问 Java 对象，通常使用的是比 Java 语法更简单的语法。例如，

```
engine.put(b, new JButton());
engine.eval("b.text = 'Ok'");
```

反过来，也可以获取由脚本语句绑定的变量：

```
engine.eval("n = 1728");
Object result = engine.get("n");
```

除了引擎作用域之外，还有全局作用域。任何添加到 ScriptEngineManager 中的绑定对所有引擎都是可视的。

除了向引擎或全局作用域添加绑定之外，还可以将绑定收集到一个类型为 Bindings 的对象中，然后将其传递给 eval 方法：

```
Bindings scope = engine.createBindings();
scope.put(b, new JButton());
engine.eval(scriptString, scope);
```

如果绑定集不应该为了将来对 eval 方法的调用而进行持久化，那么这么做就很有用。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意：你可能希望除了引擎作用域和全局作用域之外还有其他的作用域。例如，web 容器可能需要请求作用域或会话作用域。但是，这需要你自己去解决。你需要实现一个类，它实现了 ScriptContext 接口，并管理着一个作用域集合。每个作用域都是由一个整数标识的，而且越小的数字应该越先被搜索。(标准类库提供了 SimpleScriptContext 类，但是它只能持有全局作用域和引擎作用域。)

API *javax.script.ScriptEngine* 6

- `Object eval(String script)`
- `Object eval(Reader reader)`
- `Object eval(String script, Bindings bindings)`
- `Object eval(Reader reader, Bindings bindings)`

  对由字符串或读取器给定的脚本赋值，并服从给定的绑定。
- `Object get(String key)`
- `void put(String key, Object value)`

  在引擎作用域内获取或放置一个绑定。
- `Bindings createBindings()`

  创建一个适合该引擎的空 Bindings 对象。

API javax.script.ScriptEngineManager 6

- `Object get(String key)`
- `void put(String key, Object value)`

  在全局作用域内获取或放置一个绑定。

API *javax.script.Bindings* 6

- `Object get(String key)`
- `void put(String key, Object value)`

  在由该 Bindings 对象表示的作用域内获取或放置一个绑定。

10.1.3 重定向输入和输出

可以通过调用脚本上下文的 setReader 和 setWriter 方法来重定向脚本的标准输入和输出。例如，

```
StringWriter writer = new StringWriter();
engine.getContext().setWriter(new PrintWriter(writer, true));
```

在上例中，任何用 JavaScript 的 print 和 println 函数产生的输出都会被发送到 writer。

警告：可以向 setWriter 方法传递任何 Writer，但是如果传递的不是 PrintWriter，Rhino 引擎会抛出异常。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

setReader 和 setWriter 方法只会影响脚本引擎的标准输入和输出源。例如，如果执行下面的 JavaScript 代码：

```
println("Hello");
java.lang.System.out.println("World");
```

则只有第一个输出会被重定向。

Rhino 引擎没有标准输入源的概念，因此调用 setReader 没有任何效果。

API *javax.script.ScriptEngine* 6

- `ScriptContext getContext()`

  获得该引擎的默认的脚本上下文。

API *javax.script.ScriptContext* 6

- `Reader getReader()`
- `void setReader(Reader reader)`
- `Writer getWriter()`
- `void setWriter(Writer writer)`
- `Writer getErrorWriter()`
- `void setErrorWriter(Writer writer)`

获取或设置用于输入的读入器或用于正常与错误输出的写出器。

10.1.4 调用脚本的函数和方法

在使用许多脚本引擎时，都可以调用脚本语言的函数，而不必对处理实际的脚本代码的计算。如果允许用户用他们所选择的脚本语言来实现服务，那么这种机制就很有用了。

提供这种功能的脚本引擎实现了 Invocable 接口。特别是，Rhino 引擎就是实现了 Invocable 接口。

要调用一个函数，需要用函数名来调用 invokeFunction 方法，函数名后面是函数的参数：

```
if (engine implements Invocable)
   ((Invocable) engine).invokeFunction("aFunction", param1, param2);
```

如果脚本语言是面向对象的，那就可以像下面这样调用方法：

```
((Invocable) engine).invokeMethod(implicitParam, "aMethod", explicitParam1, explicitParam2);
```

这里，implicitParam 对象是用脚本语言编写的对象的一个代理，它必须是前一个对脚本引擎调用的结果。

注意： 即使脚本引擎没有实现 Invocable 接口，你也可能仍旧可以以一种独立于语言的方式来调用某个方法。ScriptEngineFactory 类的 getMethodCallSyntax 方法可以产生一个字符串，你可以将其传递给 eval 方法。但是，所有的方法参数必须都与名字绑定，尽管可以用任意值调用 invokeMethod。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

我们可以更进一步，让脚本引擎去实现一个 Java 接口，然后就可以用 Java 方法调用的语法来调用脚本函数。

其细节依赖于脚本引擎，但是典型情况是我们需要为该接口中的每个方法都提供一个函数。例如，考虑下面的 Java 接口：

```
public interface Greeter
{
   String greet(String whom);
}
```

在 Rhino 中，可以提供下面的函数：

```
function greet(x) { return "Hello, " + x + "!"; }
```

这段代码必须先计算，然后就可以调用：

```
Greeter g = ((Invocable) engine).getInterface(Greeter.class);
```

现在可以产生一个普通的 Java 方法调用：

```
String result = g.greet("World");
```

在幕后，JavaScript 的 greet 方法将被调用。这种方式与第 11 章讨论的产生远程方法调用类似。

在面向对象的脚本语言中，可以通过相匹配的 Java 接口来访问一个脚本类。例如，考虑下面的 JavaScript 代码，它定义了一个 `SimpleGreeter` 类。

```
function SimpleGreeter(salutation) { this.salutation = salutation; }
SimpleGreeter.prototype.greet = function(whom) { return this.salutation + ", " + whom + "!"; }
```

你可以使用这个类来构造使用不同的问候语（例如 Hello、Goodbye 等）打招呼的致敬者。

注意： 有关如何用 JavaScript 定义类的更多信息，可以参阅 David Flanagan 撰写的《*JavaScript-The Definitive Guide, 5th ed.*》[⊖]一书。（O'Reilly 出版社 2006 年出版）

在对 JavaScript 的类定义计算之后，可以调用：

```
Object goodbyeGreeter = engine.eval("new SimpleGreeter('Goodbye')");
Greeter g = ((Invocable) engine).getInterface(goodbyeGreeter, Greeter.class);
```

当调用 `g.greet("World")` 时，`greet` 方法会在 JavaScript 对象 `goodbyeGreeter` 上被调用。其结果是字符串 `"Goodbye, World!"`。

总之，如果你希望从 Java 中调用脚本代码，同时又不想因这种脚本语言的语法而受到困扰，那么 `Invocable` 接口就很有用。

API *javax.script.Invocable* 6

- `Object invokeFunction(String name, Object... parameters)`
- `Object invokeMethod(Object implicitParameter, String name, Object... explicitParameters)`

⊖ 《JavaScript 权威指南》中文版由机械工业出版社出版，书号为：7-111-11091-9——编辑注。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

用给定的名字调用函数或方法，并传递给定的参数。

- `<T> T getInterface(Class<T> iface)`
  返回给定接口的实现，该实现用脚本引擎中的函数实现了接口中的方法。
- `<T> T getInterface(Object implicitParameter, Class<T> iface)`
  返回给定接口的实现，该实现用给定对象的方法实现了接口中的方法。

10.1.5 编译脚本

某些脚本引擎出于对执行效率的考虑，可以将脚本代码编译为某种中间格式。这些引擎实现了 `Compilable` 接口。下面的示例展示了如何编译和计算包含在脚本文件中的代码：

```
Reader reader = new FileReader("myscript.js");
CompiledScript script = null;
if (engine implements Compilable)
   CompiledScript script = ((Compilable) engine).compile(reader);
```

一旦该脚本被编译，就可以执行它。下面的代码将会在编译成功的情况下执行编译后的脚本，如果引擎不支持编译，则执行原始的脚本。

```
if (script != null)
   script.eval();
else
   engine.eval(reader);
```

当然，只有需要重复执行时，我们才希望编译脚本。

API *javax.script.Compilable* 6

- `CompiledScript compile(String script)`
- `CompiledScript compile(Reader reader)`
  编译由字符串或读入器给定的脚本。

API javax.script.CompiledScript 6

- `Object eval()`
- `Object eval(Bindings bindings)`
  对该脚本计算。

10.1.6 一个示例：用脚本处理 GUI 事件

为了演示脚本 API，我们将开发一个样例程序，它允许用户指定使用他们所选择的脚本语言编写的事件处理器。

让我们看看程序清单 10-1 中的程序，它可以将脚本添加到任意的框体类中。默认情况下，它会取入程序清单 10-2 中的 `ButtonFrame` 类，`ButtonFrame` 类与第 1 卷中介绍的事件处理演示程序类似，但是有两个差异：

- 每个构件都有其自己的 `name` 属性集。
- 没有任何事件处理器。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

事件处理器是在属性文件中定义的。每个属性定义都具有下面的形式：

componentName.eventName = scriptCode

例如，如果选择使用 JavaScript，那就要在 `js.properties` 文件中提供事件处理器：

```
yellowButton.action=panel.background = java.awt.Color.YELLOW
blueButton.action=panel.background = java.awt.Color.BLUE
redButton.action=panel.background = java.awt.Color.RED
```

本书附带的代码还包括用于 Groovy 和 SISC Scheme 的文件。

该程序以加载在命令行中指定的语言所需的引擎开始，如果未指定语言，则使用 JavaScript。然后，我们处理 init.language 脚本，如果有该文件的话。看起来这大体上是个好主意，而且，Scheme 解释器需要某些麻烦的初始化工作，我们不希望在每个事件处理器的脚本中都包括这部分工作。

接下来，我们递归地遍历所有的子构件，并将绑定（名字，对象）添加到引擎作用域中。

然后，我们读入 `language.properties` 文件。对于每一个属性，都合成其事件处理器代理，使得脚本代码可执行。其细节有些技术性，如果你希望了解实现的细节，请参阅第 1 卷第 6 章有关代理的小节，和本卷第 8 章有关 JavaBean 事件的小节。但是，其精髓部分还是每个事件处理器都调用。

```
engine.eval(scriptCode);
```

让我们详细看看 `yellowButton`。当下面一行被处理时，

```
yellowButton.action=panel.background = java.awt.Color.YELLOW
```

我们找到了具有“`yellowButton`”名字的 JButton 构件，然后附着一个 `ActionListener`，它拥有 `actionPerformed` 方法，该方法将执行下面的脚本。

```
panel.background = java.awt.Color.YELLOW
```

引擎包含一个将名字“`panel`”与这个 JPanel 对象绑定在一起的绑定。当事件发生时，该面板的 `setBackground` 方法就会执行，并且其颜色也会改变。

只需要执行下面的调用，就可以用 JavaScript 事件处理器运行这个程序：

```
java ScriptTest
```

对于 Groovy 处理器，需要使用

```
java -classpath .:groovy/lib/*:jsr223-engines/groovy/build/groovy-engine.jar ScriptTest groovy
```

这里，*groovy* 是 Groovy 的安装目录，*jsr223-engines* 是包含从 `http://scripting.dev.java.net` 获得的引擎适配器的目录。

要试验 Scheme，则需要从 `http://sisc-scheme.org/` 下载 SISC Scheme，并运行：

```
java -classpath .:sisc/*:jsr223-engines/scheme/build/scheme-engine.jar ScriptTest scheme
```

这个应用演示了如何在 Java GUI 编程中使用脚本。大家可以更进一步，用 XML 文件来描述 GUI，就像在第 2 章中看到的那样。然后我们的程序就会变成解释器，去解释那些由 XML 文件定义可视化表示以及用脚本语言定义行为的 GUI。请注意这与动态 HTML 页面或动态服务器端脚本环境之间的相似性。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 10-1 script/ScriptTest.java

```
1  package script;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.beans.*;
5  import java.io.*;
6  import java.lang.reflect.*;
7  import java.util.*;
8  import javax.script.*;
9  import javax.swing.*;
10
11 /**
12  * @version 1.01 2012-01-28
13  * @author Cay Horstmann
14  */
15 public class ScriptTest
16 {
17    public static void main(final String[] args)
18    {
19       EventQueue.invokeLater(new Runnable()
20          {
21             public void run()
22             {
23                try
24                {
25                   ScriptEngineManager manager = new ScriptEngineManager();
26                   String language;
27                   if (args.length == 0)
28                   {
29                      System.out.println("Available factories: ");
30                      for (ScriptEngineFactory factory : manager.getEngineFactories())
31                         System.out.println(factory.getEngineName());
32
33                      language = "js";
34                   }
35                   else language = args[0];
36
37                   final ScriptEngine engine = manager.getEngineByName(language);
38                   if (engine == null)
39                   {
40                      System.err.println("No engine for " + language);
41                      System.exit(1);
42                   }
43
44                   final String frameClassName = args.length < 2 ? "buttons1.ButtonFrame" : args[1];
45
46                   JFrame frame = (JFrame) Class.forName(frameClassName).newInstance();
47                   InputStream in = frame.getClass().getResourceAsStream("init." + language);
48                   if (in != null) engine.eval(new InputStreamReader(in));
49                   getComponentBindings(frame, engine);
50
51                   final Properties events = new Properties();
52                   in = frame.getClass().getResourceAsStream(language + ".properties");
53                   events.load(in);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
54
55                for (final Object e : events.keySet())
56                {
57                   String[] s = ((String) e).split("\\.");
58                   addListener(s[0], s[1], (String) events.get(e), engine);
59                }
60                frame.setTitle("ScriptTest");
61                frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
62                frame.setVisible(true);
63             }
64             catch (ReflectiveOperationException | IOException
65                | ScriptException | IntrospectionException ex)
66             {
67                ex.printStackTrace();
68             }
69          }
70       });
71    }
72    /**
73     * Gathers all named components in a container.
74     * @param c the component
75     * @param namedComponents
76     */
77    private static void getComponentBindings(Component c, ScriptEngine engine)
78    {
79       String name = c.getName();
80       if (name != null) engine.put(name, c);
81       if (c instanceof Container)
82       {
83          for (Component child : ((Container) c).getComponents())
84             getComponentBindings(child, engine);
85       }
86    }
87
88    /**
89     * Adds a listener to an object whose listener method executes a script.
90     * @param beanName the name of the bean to which the listener should be added
91     * @param eventName the name of the listener type, such as "action" or "change"
92     * @param scriptCode the script code to be executed
93     * @param engine the engine that executes the code
94     * @param bindings the bindings for the execution
95     * @throws IntrospectionException
96     */
97    private static void addListener(String beanName, String eventName, final String scriptCode,
98       final ScriptEngine engine) throws ReflectiveOperationException, IntrospectionException
99    {
100      Object bean = engine.get(beanName);
101      EventSetDescriptor descriptor = getEventSetDescriptor(bean, eventName);
102      if (descriptor == null) return;
103      descriptor.getAddListenerMethod().invoke(bean,
104         Proxy.newProxyInstance(null, new Class[] { descriptor.getListenerType() },
105            new InvocationHandler()
106               {
107                  public Object invoke(Object proxy, Method method, Object[] args)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
                        throws Throwable
                {
                   engine.eval(scriptCode);
                   return null;
                }
             }));
   }

   private static EventSetDescriptor getEventSetDescriptor(Object bean, String eventName)
      throws IntrospectionException
   {
      for (EventSetDescriptor descriptor : Introspector.getBeanInfo(bean.getClass())
            .getEventSetDescriptors())
         if (descriptor.getName().equals(eventName)) return descriptor;
      return null;
   }
}
```

程序清单 10-2 buttons1/ButtonFrame.java

```
package buttons1;

import javax.swing.*;

public class ButtonFrame extends JFrame
{
   private static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
   private static final int DEFAULT_HEIGHT = 200;

   private JPanel panel;
   private JButton yellowButton;
   private JButton blueButton;
   private JButton redButton;

   public ButtonFrame()
   {
      setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);

      panel = new JPanel();
      panel.setName("panel");
      add(panel);

      yellowButton = new JButton("Yellow");
      yellowButton.setName("yellowButton");
      blueButton = new JButton("Blue");
      blueButton.setName("blueButton");
      redButton = new JButton("Red");
      redButton.setName("redButton");

      panel.add(yellowButton);
      panel.add(blueButton);
      panel.add(redButton);
   }
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

10.2 编译器 API

在前面的小节中，你看到了如何与用脚本语言编写的代码进行交互。现在我们转向不同的场景：编译 Java 代码的 Java 程序。有许多工具都需要调用 Java 编译器，例如：

- 开发环境。
- Java 教学和辅导程序。
- 自动化的构建和测试工具。
- 处理 Java 代码段的模板工具，例如 JavaServer Pages（JSP）。

在过去，应用程序是通过在 *jdk*/lib/tools.jar 类库中未归档的类调用 Java 编译器的。从 Java SE 6 开始，用于编译的一个公共 API 成为 Java 平台的一部分，并且它再也不需要使用 tools.jar 了。本节将解释这个编译器 API。

10.2.1 编译便捷之法

调用编译器非常简单，下面是一个示范调用：

```
JavaCompiler compiler = ToolProvider.getSystemJavaCompiler();
OutputStream outStream = ...;
OutputStream errStream = ...;
int result = compiler.run(null, outStream, errStream, "-sourcepath", "src", "Test.java");
```

返回值为 0 表示编译成功。

编译器会向提供给它的流发送输出和错误消息。如果将这些参数设置为 null，就会使用 System.out 和 System.err。run 方法的第一个参数是输入流，由于编译器不会接受任何控制台输入，因此总是应该让其保持为 null。（run 方法是从泛化的 Tool 接口继承而来的，它考虑到某些工具需要读取输入。）

如果在命令行调用 javac，那么 run 方法其余的参数就会作为变量传递给 javac。这些变量是一些选项或文件名。

10.2.2 使用编译工具

可以通过使用 CompilationTask 对象来对编译过程进行更多的控制。特别是，你可以：

- 控制程序代码的来源，例如，在字符串构建器而不是文件中提供代码。
- 控制类文件的位置，例如，存储在数据库中。
- 监听在编译过程中产生的错误和警告信息。
- 在后台运行编译器。

源代码和类文件的位置是由 JavaFileManager 控制的，它负责确定源代码和类文件的 JavaFileObject 实例。JavaFileObject 可以对应于磁盘文件，或者可以提供读写其内容的其他机制。

为了监听错误消息，需要安装一个 DiagnosticListener。这个监听器在编译器报告警告或错误消息时会收到一个 Diagnostic 对象。DiagnosticCollector 类实现了这个接口，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

它将收集所有的诊断信息，使得你可以在编译完成之后遍历这些信息。

Diagnostic 对象包含有关问题位置的信息（包括文件名、行号和列号）以及人类可阅读的描述。

可以通过调用 JavaCompiler 类的 getTask 方法来获得 CompilationTask 对象。这时需要指定：

- 一个用于所有编译器输出的 Writer，它不会将输出作为 Diagnostic 报告。如果是 null，则使用 System.err。
- 一个 JavaFileManager，如果为 null，则使用编译器的标准文件管理器。
- 一个 DiagnosticListener。
- 选项字符串，如果没有选项，则为 null。
- 用于注解处理的类名字，如果没有指定类名字，则为 null。（我们将在本章后面的内容中讨论注解处理。）
- 用于源文件的 JavaFileObject 实例。

需要为最后三个参数提供 Iterable 对象。例如，选项序列可以指定为：

```
Iterable<String> options = Arrays.asList("-g", "-d", "classes");
```

或者，可以使用任何集合类。

如果希望编译器从磁盘读取源文件，那么可以让 StandardJavaFileManager 将文件名字符串或 File 对象转译成 JavaObject 实例。例如，

```
StandardJavaFileManager fileManager = compiler.getStandardFileManager(null, null, null);
Iterable<JavaFileObject> fileObjects = fileManager.getJavaFileObjectsFromStrings(fileNames);
```

但是，如果希望编译器从磁盘文件之外的其他地方读取源代码，那么可以提供自己的 JavaFileObject 的子类。程序清单 10-3 展示了一种源文件对象的代码，这种对象的数据包含在一个 StringBuilder 中。这个类扩展自 SimpleJavaFileObject 便利类，并覆盖了 getCharContent 方法，让其返回字符串构建器中的内容。我们在示例程序中使用这个类来动态产生一个 Java 类的代码，然后编译了这些代码。

CompilationTask 接口扩展了 Callable<Boolean> 接口，可以将其传递给一个 Executor，使其可以在另一个线程中执行，或者可以直接调用 call 方法。返回值如果是 Boolean.FALSE，则表示调用失败。

```
Callable<Boolean> task = new JavaCompiler.CompilationTask(null, fileManager, diagnostics,
   options, null, fileObjects);
if (!task.call())
   System.out.println("Compilation failed");
```

如果只是想让编译器在磁盘上生成类文件，则不需要定制 JavaFileManager。但是，我们的示例应用是将类文件生成在字节数组中，稍后会使用特殊的类加载器将其从内存中读出。程序清单 10-4 定义了一个实现了 JavaFileObject 接口的类，其 openOutputStream 方法将返回编译器将要在其中放置字节码的 ByteArrayOutputStream。

事实证明，要告知编译器的文件管理器去使用这些文件对象还是比较棘手的，因为

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

类库没有提供实现了 StandardJavaFileManager 接口的类。因此，我们需要子类化 ForwardingJavaFileManager 类，该类将所有的调用都代理给了给定的文件管理器。在我们所处的情况中，我们只想修改 getJavaFileForOutput 方法，我们通过下面的代码框架达到了这个目的：

```
JavaFileManager fileManager = compiler.getStandardFileManager(diagnostics, null, null);
fileManager = new ForwardingJavaFileManager<JavaFileManager>(fileManager)
   {
      public JavaFileObject getJavaFileForOutput(Location location, final String className,
            Kind kind, FileObject sibling) throws IOException
      {
         return custom file object
      }
   };
```

总之，如果只是想以常规的方式调用编译器，那就只需要调用 JavaCompiler 任务的 run 方法，去读写磁盘文件。你可以捕获输出和错误消息，但是需要你自己去解析它们。

如果想对文件处理和错误报告进行更多的控制，可以使用 CompilationTask 类。它的 API 非常复杂，但是可以控制编译过程的每个方面。

程序清单 10-3 compiler/StringBuilderJavaSource.java

```
1  package compiler;
2
3  import java.net.*;
4  import javax.tools.*;
5
6  /**
7   * A Java source that holds the code in a string builder.
8   * @version 1.00 2007-11-02
9   * @author Cay Horstmann
10  */
11 public class StringBuilderJavaSource extends SimpleJavaFileObject
12 {
13    private StringBuilder code;
14
15    /**
16     * Constructs a new StringBuilderJavaSource.
17     * @param name the name of the source file represented by this file object
18     */
19    public StringBuilderJavaSource(String name)
20    {
21       super(URI.create("string:///" + name.replace('.', '/') + Kind.SOURCE.extension),
22          Kind.SOURCE);
23       code = new StringBuilder();
24    }
25
26    public CharSequence getCharContent(boolean ignoreEncodingErrors)
27    {
28       return code;
29    }
30
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
31     public void append(String str)
32     {
33        code.append(str);
34        code.append('\n');
35     }
36  }
```

程序清单 10-4 compiler/ByteArrayJavaClass.java

```
1  package compiler;
2
3  import java.io.*;
4  import java.net.*;
5  import javax.tools.*;
6  /**
7   * A Java class that holds the bytecodes in a byte array.
8   * @version 1.00 2007-11-02
9   * @author Cay Horstmann
10  */
11 public class ByteArrayJavaClass extends SimpleJavaFileObject
12 {
13    private ByteArrayOutputStream stream;
14
15    /**
16     * Constructs a new ByteArrayJavaClass.
17     * @param name the name of the class file represented by this file object
18     */
19    public ByteArrayJavaClass(String name)
20    {
21       super(URI.create("bytes:///" + name), Kind.CLASS);
22       stream = new ByteArrayOutputStream();
23    }
24
25    public OutputStream openOutputStream() throws IOException
26    {
27       return stream;
28    }
29
30    public byte[] getBytes()
31    {
32       return stream.toByteArray();
33    }
34 }
```

API *javax.tools.Tool* 6

- `int run(InputStream in, OutputStream out, OutputStream err, String... arguments)`

  用给定的输入、输出、错误流，以及给定的参数来运行该工具。返回值为 0 表示成功，非 0 值表示失败。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

API *javax.tools.JavaCompiler* 6

- `StandardJavaFileManager getStandardFileManager(DiagnosticListener<? super JavaFileObject> diagnosticListener, Locale locale, Charset charset)`
  获取该编译器的标准文件管理器。如果要使用默认的错误报告机制、locale 和字符集等参数，则可以提供 null。
- `JavaCompiler.CompilationTask getTask(Writer out, JavaFileManager fileManager, DiagnosticListener<? super JavaFileObject> diagnosticListener, Iterable<String> options, Iterable<String> classesForAnnotationProcessing, Iterable<? extends JavaFileObject> sourceFiles)`
  获取编译任务，在被调用时，该任务将编译给定的源文件。参见前一节中有关这部分内容的详细讨论。

API *javax.tools.StandardJavaFileManager* 6

- `Iterable<? extends JavaFileObject> getJavaFileObjectsFromStrings(Iterable <String> fileNames)`
- `Iterable<? extends JavaFileObject> getJavaFileObjectsFromFiles(Iterable<? extends File> files)`
  将文件名或文件序列转译成一个 JavaFileObject 实例序列。

API *javax.tools.JavaCompiler.CompilationTask* 6

- `Boolean call()`
  执行编译任务。

API javax.tools.DiagnosticCollector<S> 6

- `DiagnosticCollector()`
  构造一个空收集器。
- `List<Diagnostic<? extends S>> getDiagnostics()`
  获取收集到的诊断信息。

API *javax.tools.Diagnostic<S>* 6

- `S getSource()`
  获取与该诊断信息相关联的源对象。
- `Diagnostic.Kind getKind()`
  获取该诊断信息的类型，返回值为 ERROR, WARNING, MANDATORY_WARNING, NOTE 或 OTHER 之一。
- `String getMessage(Locale locale)`
  获取一条消息，这条消息描述了由该诊断信息所揭示的问题。如果要使用默认的

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

Locale，则传递 null。

- `long getLineNumber()`
- `long getColumnNumber()`

  获取由该诊断信息所揭示的问题的位置。

API javax.tools.SimpleJavaFileObject 6

- `CharSequence getCharContent(boolean ignoreEncodingErrors)`

  对于表示源文件并产生源代码的文件对象，需要覆盖该方法。
- `OutputStream openOutputStream()`

  对于表示类文件并产生字节码可写入其中的流的文件对象，需要覆盖该方法。

API javax.tools.ForwardingJavaFileManager<M extends JavaFileManager> 6

- `protected ForwardingJavaFileManager(M fileManager)`

  构造一个 JavaFileManager，它将所有的调用都代理给指定的文件管理器。
- `FileObject getFileForOutput(JavaFileManager.Location location, String className, JavaFileObject.Kind kind, FileObject sibling)`

  如果希望替换用于写出类文件的文件对象，则需要拦截该调用。kind 的值是 SOURCE，CLASS，HTML 或 OTHER 之一。

10.2.3 一个示例：动态 Java 代码生成

在用于动态 Web 页面的 JSP 技术中，可以在 HTML 中混杂 Java 代码，例如：

```
<p>The current date and time is <b><%= new java.util.Date() %></b>.</p>
```

JSP 引擎动态地将 Java 代码编译到 Servlet 中。在示例应用中，我们使用了一个更简单的示例，它可以动态生成 Swing 代码。其基本思想是使用 GUI 构建器在窗体中放置构件，并在一个外部文件中指定构件的行为。程序清单 10-5 展示了一个非常简单的窗体类实例，而程序清单 10-6 展示了按钮动作的代码。请注意，窗体类的构造器调用了抽象方法 addEventHandlers。我们的代码生成器将产生一个实现了 addEventHandlers 方法的子类，并且对 action.properties 类的每一行都添加了动作监听器。（我们给读者留下了一个典型的练习，即扩展代码的生成功能，使其支持其他的事件类型。）

我们将这个子类置于名字为 x 的包中，因为我们不希望在程序的其他地方用到它。所生成的代码有如下形式：

```
package x;
public class Frame extends SuperclassName {
   protected void addEventHandlers() {
      componentName1.addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {
         public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent) {
            code for event handler1
         } } );
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
      // repeat for the other event handlers ...
   } }
```

程序清单 10-7 的程序中的 buildSource 方法构建了这些代码，并将它们放到了 StringBuilderJavaSource 对象中。该对象会传递给 Java 编译器。

我们使用了一个 ForwardingJavaFileManager 对象，它具有 getJavaFileForOutput 方法，该方法将为 x 包中的每个类构造一个 ByteArrayJavaClass 对象，而这些对象会捕获 x.Frame 类被编译时所生成的类文件。该方法将每个文件对象都添加到了一个列表中，然后将其返回，以使得我们稍后可以定位这些字节码。请注意，编译 x.Frame 类会为主类生成一个类文件，并为每个监听器类生成一个类文件。

在编译之后，我们构建了一个映射表，它将类名与字节码数组关联在一起。(程序清单 10-8 所示的）一个简单的类加载器可以用来加载在这个映射表中存储的类。

我们让类加载器去加载刚刚编译过的类，然后构建并显示该应用的窗体类。

```
ClassLoader loader = new MapClassLoader(byteCodeMap);
Class<?> cl = loader.loadClass("x.Frame");
Frame frame = (JFrame) cl.newInstance();
frame.setVisible(true);
```

当点击按钮时，背景色会按照常规方式进行修改。为了查看这些动作是动态编译的，需要更改 action.properties 文件中一行，例如，修改成下面这样：

```
yellowButton=panel.setBackground(java.awt.Color.YELLOW); yellowButton.setEnabled(false);
```

再次运行这个程序，现在，黄色按钮在点击之后就变得禁用了。再看看代码目录，你不会发现 x 包中的类的任何源文件和类文件。这个示例向你演示了如何通过内存中的源文件和类文件来使用动态编译。

程序清单 10-5 buttons2/ButtonFrame.java

```
1  package buttons2;
2  import javax.swing.*;
3
4  /**
5   * @version 1.00 2007-11-02
6   * @author Cay Horstmann
7   */
8  public abstract class ButtonFrame extends JFrame
9  {
10    public static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
11    public static final int DEFAULT_HEIGHT = 200;
12
13    protected JPanel panel;
14    protected JButton yellowButton;
15    protected JButton blueButton;
16    protected JButton redButton;
17
18    protected abstract void addEventHandlers();
19
20    public ButtonFrame()
21    {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
22         setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
23
24         panel = new JPanel();
25         add(panel);
26
27         yellowButton = new JButton("Yellow");
28         blueButton = new JButton("Blue");
29         redButton = new JButton("Red");
30
31         panel.add(yellowButton);
32         panel.add(blueButton);
33         panel.add(redButton);
34
35         addEventHandlers();
36      }
37   }
```

程序清单 10-6 buttons2/action.properties

```
1  yellowButton=panel.setBackground(java.awt.Color.YELLOW);
2  blueButton=panel.setBackground(java.awt.Color.BLUE);
```

程序清单 10-7 compiler/CompilerTest.java

```
1  package compiler;
2
3  import java.awt.*;
4  import java.io.*;
5  import java.util.*;
6  import java.util.List;
7  import javax.swing.*;
8  import javax.tools.*;
9  import javax.tools.JavaFileObject.*;
10
11 /**
12  * @version 1.00 2007-10-28
13  * @author Cay Horstmann
14  */
15 public class CompilerTest
16 {
17    public static void main(final String[] args) throws IOException, ClassNotFoundException
18    {
19       JavaCompiler compiler = ToolProvider.getSystemJavaCompiler();
20
21       final List<ByteArrayJavaClass> classFileObjects = new ArrayList<>();
22
23       DiagnosticCollector<JavaFileObject> diagnostics = new DiagnosticCollector<>();
24
25       JavaFileManager fileManager = compiler.getStandardFileManager(diagnostics, null, null);
26       fileManager = new ForwardingJavaFileManager<JavaFileManager>(fileManager)
27          {
28             public JavaFileObject getJavaFileForOutput(Location location, final String className,
29                   Kind kind, FileObject sibling) throws IOException
30             {
31                if (className.startsWith("x."))
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            {
               ByteArrayJavaClass fileObject = new ByteArrayJavaClass(className);
               classFileObjects.add(fileObject);
               return fileObject;
            }
            else return super.getJavaFileForOutput(location, className, kind, sibling);
         }
      };

      String frameClassName = args.length == 0 ? "buttons2.ButtonFrame" : args[0];
      JavaFileObject source = buildSource(frameClassName);
      JavaCompiler.CompilationTask task = compiler.getTask(null, fileManager, diagnostics, null,
            null, Arrays.asList(source));
      Boolean result = task.call();

      for (Diagnostic<? extends JavaFileObject> d : diagnostics.getDiagnostics())
         System.out.println(d.getKind() + ": " + d.getMessage(null));
      fileManager.close();
      if (!result)
      {
         System.out.println("Compilation failed.");
         System.exit(1);
      }

      EventQueue.invokeLater(new Runnable()
         {
            public void run()
            {
               try
               {
                  Map<String, byte[]> byteCodeMap = new HashMap<>();
                  for (ByteArrayJavaClass cl : classFileObjects)
                     byteCodeMap.put(cl.getName().substring(1), cl.getBytes());
                  ClassLoader loader = new MapClassLoader(byteCodeMap);
                  JFrame frame = (JFrame) loader.loadClass("x.Frame").newInstance();
                  frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
                  frame.setTitle("CompilerTest");
                  frame.setVisible(true);
               }
               catch (Exception ex)
               {
                  ex.printStackTrace();
               }
            }
         });
   }

   /*
    * Builds the source for the subclass that implements the addEventHandlers method.
    * @return a file object containing the source in a string builder
    */
   static JavaFileObject buildSource(String superclassName)
      throws IOException, ClassNotFoundException
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
86    {
87       StringBuilderJavaSource source = new StringBuilderJavaSource("x.Frame");
88       source.append("package x;\n");
89       source.append("public class Frame extends " + superclassName + " {");
90       source.append("protected void addEventHandlers() {");
91       final Properties props = new Properties();
92       props.load(Class.forName(superclassName).getResourceAsStream("action.properties"));
93       for (Map.Entry<Object, Object> e : props.entrySet())
94       {
95          String beanName = (String) e.getKey();
96          String eventCode = (String) e.getValue();
97          source.append(beanName + ".addActionListener(new java.awt.event.ActionListener() {");
98          source.append("public void actionPerformed(java.awt.event.ActionEvent event) {");
99          source.append(eventCode);
100         source.append("} } );");
101      }
102      source.append("} }");
103      return source;
104   }
105}
```

程序清单 10-8 complier/MapClassLoader.java

```
1  package compiler;
2
3  import java.util.*;
4
5  /**
6   * A class loader that loads classes from a map whose keys are class names and whose values are
7   * byte code arrays.
8   * @version 1.00 2007-11-02
9   * @author Cay Horstmann
10  */
11 public class MapClassLoader extends ClassLoader
12 {
13    private Map<String, byte[]> classes;
14
15    public MapClassLoader(Map<String, byte[]> classes)
16    {
17       this.classes = classes;
18    }
19
20    protected Class<?> findClass(String name) throws ClassNotFoundException
21    {
22       byte[] classBytes = classes.get(name);
23       if (classBytes == null) throw new ClassNotFoundException(name);
24       Class<?> cl = defineClass(name, classBytes, 0, classBytes.length);
25       if (cl == null) throw new ClassNotFoundException(name);
26       return cl;
27    }
28 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

10.3 使用注解

注解是那些插入到源代码中使用其他工具可以对其进行处理的标签。这些工具可以在源码层次上进行操作，或者可以处理编译器在其中放置了注解的类文件。

注解不会改变程序的编译方式。Java 编译器对于包含注解和不包含注解的代码会生成相同的虚拟机指令。

为了能够受益于注解，你需要选择一个处理工具，然后向你的处理工具可以理解的代码中插入注解，之后运用该处理工具处理代码。

注解的使用范围还是很广泛的，并且这种广泛性让人乍一看会觉得有些杂乱无章。下面是关于注解的一些可能的用法：

- 附属文件的自动生成，例如部署描述符或者 bean 信息类。
- 测试、日志、事务语义等代码的自动生成。

我们首先介绍基本概念，然后将这些概念运用到一个具体示例中：我们将某些方法标注为 AWT 构件的事件监听器，然后向你展示一个能够分析注解和连接监听器的注解处理器。然后，我们对其语法规则进行详细讨论。最后我们以两个注解处理的高级示例结束本章。其中一个可以处理源代码级别的注解。另外一个使用了 Apache 的字节码工程类库，可以向注解过的方法中添加额外的字节码。

下面是一个简单注解的示例：

```
public class MyClass
{
   . . .
   @Test public void checkRandomInsertions()
}
```

注解 `@Test` 用于注解 `checkRandomInsertions` 方法。

在 Java 中，注解是当作一个修饰符来使用的，它被置于被注解项之前，中间没有分号。（修饰符就是诸如 `public` 和 `static` 之类的关键词。）每一个注解的名称前面都加上了 @ 符号，这有点类似于 Javadoc 的注释。然而，Javadoc 注释出现在 /**...*/ 定界符的内部，而注解是代码的一部分。

`@Test` 注解自身并不会做任何事情，它需要工具支持才会有用。例如，当测试一个类的时候，JUnit4 测试工具（可以从 `http://junit.org` 处获得）可能会调用所有标识为 `@Test` 的方法。另一个工具可能会删除一个类文件中的所有测试方法，以便在对这个类测试完毕后，不会将这些测试方法与程序装载在一起。

注解可以定义成包含元素的形式，例如：

```
@Test(timeout="10000")
```

这些元素可以被读取这些注解的工具去处理。其他形式的元素也是有可能的；我们将会在本章的随后部分进行讨论。

除了方法外，还可以注解类、成员以及局部变量，这些注解可以存在于任何可以放置一

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

个像 public 或者 static 这样的修饰符的地方。

每个注解都必须通过一个注解接口进行定义。这些接口中的方法与注解中的元素相对应。例如，JUnit 的注解 Test 可以用下面这个接口进行定义：

```
@Target(ElementType.METHOD)
@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)
public @interface Test
{
   long timeout() default 0L;
   . . .
}
```

@interface 声明创建了一个真正的 Java 接口。处理注解的工具将接收那些实现了这个注解接口的对象。这类工具可以调用 timeout 方法来检索某个特定 Test 注解的 timeout 元素。

注解 Target 和 Retention 是元注解。它们注解了 Test 注解，即将 Test 注解标识成一个只能运用到方法上的注解，并且当类文件载入到虚拟机的时候，仍可以保留下来。我们将会在 10.5.3 详细讨论这些元注解。

你现在已经清楚了程序的元数据和注解这两个概念。在接下来的小节中，我们将深入到一个注解处理的具体示例中继续探讨。

一个示例：注解事件处理器

在用户界面编程中，一件更令人讨厌的事情就是组装事件源上的监听器。很多监听器是下面这种形式的：

```
myButton.addActionListener(new
   ActionListener()
   {
      public void actionPerformed(ActionEvent event)
      {
         doSomething();
      }
   });
```

在本节，我们设计了一个注解来免除这种苦差事。该注解是在程序清单 10-9 中定义的，其使用方式如下：

```
@ActionListenerFor(source="myButton") void doSomething() { . . . }
```

程序员不再需要去调用 addActionListener 了。相反地，每个方法直接用一个注解标记起来。程序清单 10-10 展示了第 1 卷第 8 章的 ButtonTest 程序，但是使用上述这类注解重新实现了一遍。

我们还需要定义一个注解接口，代码在程序清单 10-11 中。

程序清单 10-9 runtimeAnnotations/ActionListenerInstaller.java

```
1 package runtimeAnnotations;
2
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
3  import java.awt.event.*;
4  import java.lang.reflect.*;
5
6  /**
7   * @version 1.00 2004-08-17
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class ActionListenerInstaller
11 {
12    /**
13     * Processes all ActionListenerFor annotations in the given object.
14     * @param obj an object whose methods may have ActionListenerFor annotations
15     */
16    public static void processAnnotations(Object obj)
17    {
18       try
19       {
20          Class<?> cl = obj.getClass();
21          for (Method m : cl.getDeclaredMethods())
22          {
23             ActionListenerFor a = m.getAnnotation(ActionListenerFor.class);
24             if (a != null)
25             {
26                Field f = cl.getDeclaredField(a.source());
27                f.setAccessible(true);
28                addListener(f.get(obj), obj, m);
29             }
30          }
31       }
32       catch (ReflectiveOperationException e)
33       {
34          e.printStackTrace();
35       }
36    }
37
38    /**
39     * Adds an action listener that calls a given method.
40     * @param source the event source to which an action listener is added
41     * @param param the implicit parameter of the method that the listener calls
42     * @param m the method that the listener calls
43     */
44    public static void addListener(Object source, final Object param, final Method m)
45          throws ReflectiveOperationException
46    {
47       InvocationHandler handler = new InvocationHandler()
48          {
49             public Object invoke(Object proxy, Method mm, Object[] args) throws Throwable
50             {
51                return m.invoke(param);
52             }
53          };
54
55       Object listener = Proxy.newProxyInstance(null,
56             new Class[] { java.awt.event.ActionListener.class }, handler);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
57         Method adder = source.getClass().getMethod("addActionListener", ActionListener.class);
58         adder.invoke(source, listener);
59      }
60   }
```

程序清单 10-10 buttons3/ButtonFrame.java

```
1  package buttons3;
2
3  import java.awt.*;
4  import javax.swing.*;
5  import runtimeAnnotations.*;
6
7  /**
8   * A frame with a button panel.
9   * @version 1.00 2004-08-17
10  * @author Cay Horstmann
11  */
12 public class ButtonFrame extends JFrame
13 {
14    private static final int DEFAULT_WIDTH = 300;
15    private static final int DEFAULT_HEIGHT = 200;
16
17    private JPanel panel;
18    private JButton yellowButton;
19    private JButton blueButton;
20    private JButton redButton;
21
22    public ButtonFrame()
23    {
24       setSize(DEFAULT_WIDTH, DEFAULT_HEIGHT);
25
26       panel = new JPanel();
27       add(panel);
28       yellowButton = new JButton("Yellow");
29       blueButton = new JButton("Blue");
30       redButton = new JButton("Red");
31
32       panel.add(yellowButton);
33       panel.add(blueButton);
34       panel.add(redButton);
35
36       ActionListenerInstaller.processAnnotations(this);
37    }
38
39    @ActionListenerFor(source = "yellowButton")
40    public void yellowBackground()
41    {
42       panel.setBackground(Color.YELLOW);
43    }
44
45    @ActionListenerFor(source = "blueButton")
46    public void blueBackground()
47    {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
48          panel.setBackground(Color.BLUE);
49       }
50
51       @ActionListenerFor(source = "redButton")
52       public void redBackground()
53       {
54          panel.setBackground(Color.RED);
55       }
56    }
```

程序清单 10-11 runtimeAnnotations/ActionListenerFor.java

```
1  package runtimeAnnotations;
2
3  import java.lang.annotation.*;
4
5  /**
6   * @version 1.00 2004-08-17
7   * @author Cay Horstmann
8   */
9
10 @Target(ElementType.METHOD)
11 @Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)
12 public @interface ActionListenerFor
13 {
14    String source();
15 }
```

当然，这些注解本身不会做任何事情，它们只是存在于源文件中。编译器将它们置于类文件中，并且虚拟机会将它们载入。我们现在需要的是一个分析注解以及安装行为监听器的机制。这也是类 `ActionListenerInstaller` 的职责所在。`ButtonFrame` 构造器将调用下面的方法：

```
ActionListenerInstaller.processAnnotations(this);
```

静态的 `processAnnotations` 方法可以枚举出某个对象接收到的所有方法。对于每一个方法，它先获取 `ActionListenerFor` 注解对象，然后再对它进行处理。

```
Class<?> cl = obj.getClass();
for (Method m : cl.getDeclaredMethods())
{
   ActionListenerFor a = m.getAnnotation(ActionListenerFor.class);
   if (a != null) . . .
}
```

这里，我们使用了定义在 `AnnotatedElement` 接口中的 `getAnnotation` 方法。`Method`、`Constructor`、`Field`、`Class` 和 `Package` 这些类都实现了这个接口。

源成员域是存储在注解对象中的。我们可以通过调用 `source` 方法对它进行检索，然后查找匹配的成员域。

```
String fieldName = a.source();
Field f = cl.getDeclaredField(fieldName);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

这表明我们的注解有点局限。源元素必须是一个成员域的名字，而不能是局部变量。

代码的剩余部分相当具有技术性。对于每一个被注解的方法，我们构造了一个实现了 ActionListener 接口的代理对象，其 actionPerformed 方法将调用这个被注解过的方法。(关于代理的更多信息见第 1 卷第 6 章。) 细节并不重要，关键要知道注解的功能是通过 processAnnotations 方法建立起来的。

图 10-1 展示了在本例中注解是如何被处理的。

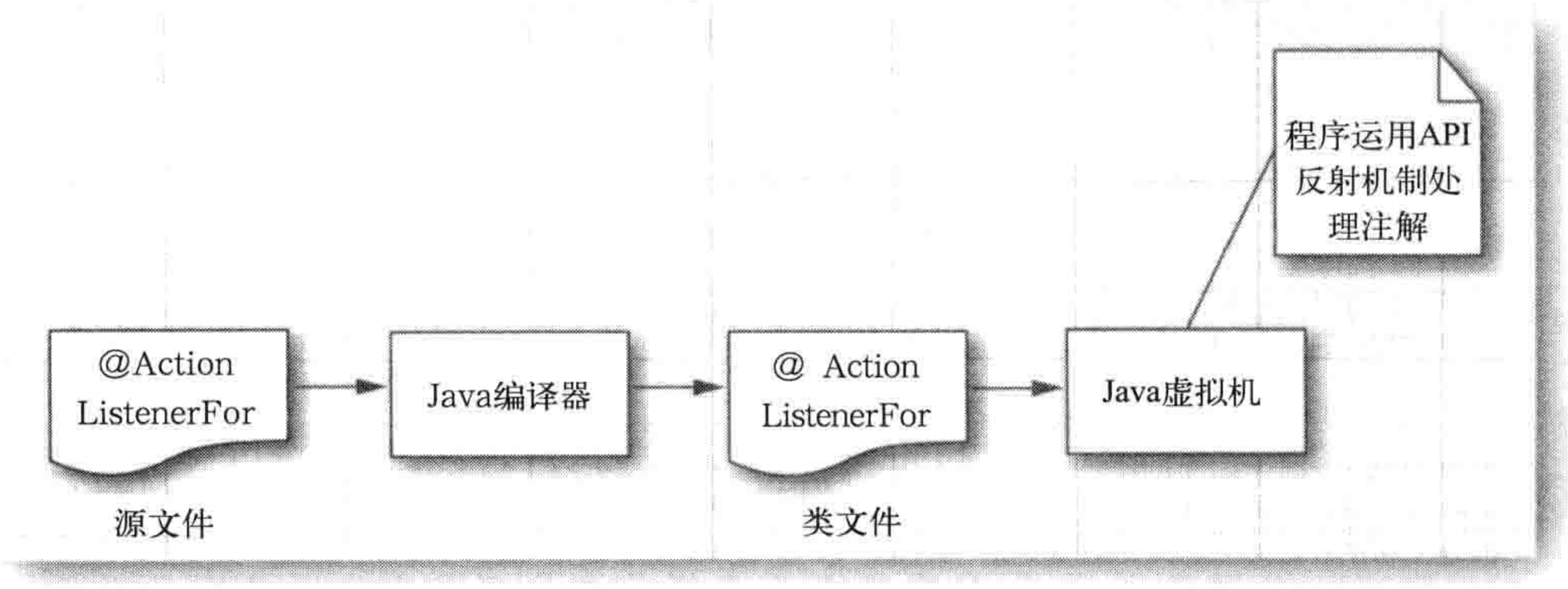


图 10-1 在运行时处理注解

在这个示例中，注解是在运行时进行处理的。另外也可以在源码级别上对它们进行处理，这样，源代码生成器将产生用于添加监听器的代码。注解也可以在字节码级别上进行处理，字节码编辑器可以将对 addActionListener 的调用注入框体构造器中。听起来似乎很复杂，不过可以利用一些类库相对直截了当地实现这项任务。

对于用户界面程序员来说，我们这个示例并不能看作是一个严格意义上的工具。因为，用于添加监听器的实用方法对于程序员来说就和添加一条注解一样方便。(实际上，java.beans.EventHandler 类试图实现的就是这样。通过在这个类中提供一个可以添加事件处理器的方法，而不仅仅只是构建它，就可以很容易地对它进行改进。)

不过，这个示例展示了对一个程序进行注解以及对这些注解进行分析的机制。既然你已经领会了这个具体示例，那么，现在可能已经为后续小节详述注解语法做好了更充分的准备(这也是我们所希望的)。

API java.lang.reflectAnnotatedElement 5.0

- boolean isAnnotationPresent(Class<? extends Annotation> annotationType)
  如果该项具有给定类型的注解，则返回 true。
- <T extends Annotation> T getAnnotation(Class<T> annotationType)
  获得给定类型的注解，如果该项不具有这样的注解，则返回 null。
- Annotation[] getAnnotations()

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

获得作用于该项的所有注解，包括继承而来的注解。如果没有出现任何注解，那么将返回一个长度为 0 的数组。

- `Annotation[] getDeclaredAnnotations()`
  获得为该项声明的所有注解，不包含继承而来的注解。如果没有出现任何注解，那么将返回一个长度为 0 的数组。

10.4 注解语法

在本小节，我们将介绍你必须了解的每一个注解语法。

注解是由注解接口来定义的：

modifiers `@interface` *AnnotationName*
{
  elementDeclaration$_1$
  elementDeclaration$_2$
  . . .
}

每个元素声明都具有下面这种形式：

type elementName();

或者

type elementName() `default` *value*;

举例来说，下面这个注解具有两个元素：`assignedTo` 和 `severity`。

```
public @interface BugReport
{
   String assignedTo() default "[none]";
   int severity() = 0;
}
```

每个注解都具有下面这种格式：

@*AnnotationName*(*elementName*$_1$=*value*$_1$, *elementName*$_2$=*value*$_2$, . . .)

举例来说，

```
@BugReport(assignedTo="Harry", severity=10)
```

元素的顺序无关紧要。下面这个注解和前面那个一样。

```
@BugReport(severity=10, assignedTo="Harry")
```

如果某个元素的值并未指定，那么就使用声明的默认值。例如，考虑一下下面这个注解：

```
@BugReport(severity=10)
```

元素 `assignedTo` 的值是字符串 `"[none]"`。

警告： 默认值并不是和注解存储在一起的；相反地，它们是动态计算而来的。例如，如果你将元素 `assignedTo` 的默认值更改为 `"[]"`，然后重新编译 `BugReport` 接口，那么

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注解 @BugReport(severity=10) 将使用这个新的默认值，甚至在那些在默认值修改之前就已经编译过的类文件中也是如此。

有两个特殊的快捷方式可以用来简化注解。

如果没有指定元素，要么是因为注解中没有任何元素，要么是因为所有元素都使用默认值，那么你就不需要使用圆括号了。例如，

```
@BugReport
```

和下面这个注解是一样的

```
@BugReport(assignedTo="[none]", severity=0)
```

这样的注解又称为标记注解。

另外一种快捷方式是单值注解。如果一个元素具有特殊的名字 value，并且没有指定其他元素，那么你就可以忽略掉这个元素名以及等号。例如，既然我们已经在前面将 ActionListenerFor 注解接口定义为如下形式：

```
public @interface ActionListenerFor
{
   String value();
}
```

那么，我们可以将这个注解书写成如下形式：

```
@ActionListenerFor("yellowButton")
```

而不是

```
@ActionListenerFor(value="yellowButton")
```

所有的注解接口都隐式地扩展自 java.lang.annotation.Annotation 接口。这个接口是一个常规接口，不是一个注解接口。请查看本节最后为该接口提供的一些方法所做的 API 注解。

你无法扩展注解接口。换句话说，所有的注解接口都直接扩展自 java.lang.annotation.Annotation。

你从来不用提供那些实现了注解接口的类。相反地，虚拟机会在需要的时候产生一些代理类及对象。例如，当请求一个 ActionListenerFor 注解的时候，虚拟机执行了和下面相似的操作：

```
return Proxy.newProxyInstance(classLoader, ActionListenerFor.class,
   new
      InvocationHandler()
      {
         public Object invoke(Object proxy, Method m, Object[] args) throws Throwable
         {
            if (m.getName().equals("source")) return value of source annotation;
            . . .
         }
      });
```

注解接口中的元素声明实际上是方法声明。一个注解接口的方法不能有任何参数和任何

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

throws 语句，并且它们也不能是泛型的。

注解元素的类型为下列之一：

- 基本类型（int、short,、long、byte、char、double、float 或者 boolean）。
- String。
- Class（具有一个可选的类型参数，例如 Class<? extends MyClass）。
- enum 类型。
- 注解类型。
- 由前面所述类型组成的数组（由数组组成的数组不是合法的元素类型）。

下面是一些合法的元素声明的例子：

```
public @interface BugReport
{
   enum Status { UNCONFIRMED, CONFIRMED, FIXED, NOTABUG };
   boolean showStopper() default false;
   String assignedTo() default "[none]";
   Class<?> testCase() default Void.class;
   Status status() default Status.UNCONFIRMED;
   Reference ref() default @Reference(); // an annotation type
   String[] reportedBy();
}
```

因为注解是由编译器计算而来的，因此，所有元素值必须是编译期常量。例如，

```
@BugReport(showStopper=true, assignedTo="Harry", testCase=MyTestCase.class,
   status=BugReport.Status.CONFIRMED, . . .)
```

警告： 一个注解元素永远不能设置为 null，甚至不允许其默认值为 null。这样在实际应用中会相当不方便。你必须使用其他的默认值，例如 "" 或者 Void.class。

如果元素值是一个数组，那么要将它的值用括号括起来，像下面这样：

```
@BugReport(. . ., reportedBy={"Harry", "Carl"})
```

如果该元素具有单值，那么可以忽略这些括号：

```
@BugReport(. . ., reportedBy="Joe") // OK, same as {"Joe"}
```

既然一个注解元素可以是另一个注解，那么就可以创建出任意复杂的注解。例如，

```
@BugReport(ref=@Reference(id="3352627"), . . .)
```

注意： 在注解中引入循环依赖是一种错误。例如，因为 BugReport 具有一个注解类型为 Reference 的元素，所以 Reference 就不能再拥有一个类型为 BugReport 的元素。

可以向注解中添加如下一些项：

- 包
- 类（包括 enum）
- 接口（包括注解接口）
- 方法

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- 构造器
- 实例域（包含 enum 常量）
- 局部变量
- 参数变量

不过，对局部变量的注解只能在源码级别上进行处理。类文件并不描述局部变量。因此，所有的局部变量注解在编译完一个类的时候就会被遗弃掉。同样地，对包的注解不能在源码级别之外存在。

注意： 在文件 package-info.java 中注解了一个包，该文件只包含以注解先导的包声明。

一个项可以具有多个注解，只要它们属于不同的类型即可。当注解一个特定项的时候，不能多次使用同一个注解类型。例如，

```
@BugReport(showStopper=true, reportedBy="Joe")
@BugReport(reportedBy={"Harry", "Carl"})
void myMethod()
```

就是一种编译期错误。如果你认为这是一个问题，那么可以设计一个注解，它的值是一个由更简单的注解组成的数组：

```
@BugReports({
   @BugReport(showStopper=true, reportedBy="Joe"),
   @BugReport(reportedBy={"Harry", "Carl"})})
void myMethod()
```

API *java.lang.annotation.Annotation* 5.0

- `Class<? extends Annotation> annotationType()`

  返回 Class 对象，它用于描述该注解对象的注解接口。注意：调用注解对象上的 getClass 方法可以返回真正的类，而不是接口。

- `boolean equals(Object other)`

  如果 other 是一个实现了与该注解对象相同的注解接口的对象，并且如果该对象和 other 的所有元素彼此相等。那么返回 True。

- `int hashCode()`

  返回一个与 equals 方法兼容、由注解接口名以及元素值衍生而来的散列码。

- `String toString()`

  返回一个包含注解接口名以及元素值的字符串表示，例如，@BugReport (assignedTo=[none], severity=0)。

10.5 标准注解

Java SE 在 java.lang、java.lang.annotation 和 javax.annotation 包中定义了大量的注解接口。其中四个是元注解，用于描述注解接口的行为属性，其他的三个是规则接

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

口，可以用它们来注解你的源代码中的项。表 10-2 列出了这些注解。我们将会在随后的两个小节中给予详细介绍。

表 10-2 标准注解

注解接口	应用场合	目的
Deprecated	全部	将项标记为过时的
SuppressWarnings	除了包和注解之外的所有情况	阻止某个给定类型的警告信息
Override	方法	检查该方法是否覆盖了某一个超类方法
PostConstruct PreDestroy	方法	被标记的方法应该在构造之后或移除之前立即被调用
Resource	类、接口、方法、域	在类或接口上：标记为在其他地方要用到的资源。在方法或域上：为“注入”而标记
Resources	类、接口	一个资源数组
Generated	全部	
Target	注解	指明可以应用这个注解的那些项
Retention	注解	指明这个注解可以保留多久
Documented	注解	指明这个注解应该包含在注解项的文档中
Inherited	注解	指明当这个注解应用于一个类的时候，能够自动被它的子类继承

10.5.1 用于编译的注解

@Deprecated 注解可以被添加到任何不再鼓励使用的项上。所以，当你使用一个已过时的项时，编译器将会发出警告。这个注解与 Java 文档标签 @deprecated 具有同等功效。

@SuppressWarnings 注解会告知编译器阻止特殊类型的警告信息，例如，

```
@SuppressWarnings("unchecked")
```

@Override 这种注解只能应用到方法上。编译器会检查具有这种注解的方法是否真正覆盖了一个来自于超类的方法。例如，如果你声明：

```
public MyClass
{
   @Override public boolean equals(MyClass other);
   . . .
}
```

那么编译器会报告一个错误。毕竟，equals 方法不能覆盖 Object 类的 equals 方法。因为那个方法有一个类型为 Object 而不是 MyClass 的参数。

@Generated 注解的目的是供代码生成工具来使用。任何生成的源代码都可以被注解，从而与程序员提供的代码区分开。例如，代码编辑器可以隐藏生成的代码，或者代码生成器可以移除生成代码的旧版本。每个注解都必须包含一个表示代码生成器的惟一标识符，而日期字符串（ISO8601 格式）和注释字符串是可选的。例如，

```
@Generated("com.horstmann.beanproperty", "2008-01-04T12:08:56.235-0700");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

10.5.2 用于管理资源的注解

@PostConstruct 和 @PreDestroy 注解用于控制对象生命周期的环境中，例如 Web 容器和应用服务器。标记了这些注解的方法应该在对象被构建之后，或者在对象被移除之前，紧接着调用。

@Resource 注解用于资源注入。例如，考虑一下访问数据库的 Web 应用。当然，数据库访问信息不应该被硬编码到 Web 应用中。而是应该让 Web 容器提供某种用户接口，以便设置连接参数和数据库资源的 JNDI 名字。在这个 Web 应用中，可以像下面这样引用数据源：

```
@Resource(name="jdbc/mydb")
private DataSource source;
```

当包含这个域的对象被构造时，容器会“注入”一个对该数据源的引用。

10.5.3 元注解

@Target 元注解可以应用于一个注解，以限制该注解可以应用到哪些项上。例如，

```
@Target({ElementType.TYPE, ElementType.METHOD})
public @interface BugReport
```

表 10-3 显示了所有可能的取值情况，它们属于枚举类型 ElementType。可以指定任意数量的元素类型，用括号括起来。

表 10-3 @Target 注解的元素类型

元素类型	注解适用场合	元素类型	注解适用场合
ANNOTATION_TYPE	注解类型声明	CONSTRUCTOR	构造器
PACKAGE	包	FIELD	成员域（包括 enum 常量）
TYPE	类（包括 enum）及接口（包括注解类型）	PARAMETER	方法或构造器参数
METHOD	方法	LOCAL_VARIABLE	局部变量

一条没有 @Target 限制的注解可以应用于任何项上。编译器将检查你是否将一条注解只应用到了某个允许的项上。例如，如果将 @BugReport 应用于一个成员域上，则会导致一个编译器错误。

@Retention 元注解用于指定一条注解应该保留多长时间。只能将其指定为表 10-4 中的任意值，其默认值是 RetentionPolicy.CLASS。

表 10-4 用于 @Retention 注解的保留策略

保留规则	描述
SOURCE	不包括在类文件中的注解
CLASS	包括在类文件中的注解，但是虚拟机不需要将它们载入
RUNTIME	包括在类文件中的注解，并由虚拟机载入。通过反射 API 可获得它们

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在程序清单 10-11 中，@ActionListenerFor 注解声明为具有 RetentionPolicy.RUNTIME，因为我们是使用反射机制进行注解处理的。在随后的两个小节里，你将会看到一些在源码级别和类文件级别上怎样对注解进行处理的示例。

@Documented 元注解为像 Javadoc 这样的归档工具提供了一些提示。归档注解应该按照其他一些像 protected 或 static 这样用于归档目的的修饰符来处理。其他注解的使用不属于归档范畴。例如，假定我们将 @ActionListenerFor 作为一个归档注解来声明：

```
@Documented
@Target(ElementType.METHOD)
@Retention(RetentionPolicy.RUNTIME)
public @interface ActionListenerFor
```

现在每一个已注解方法的归档都含有这条注解，如图 10-2 所示。

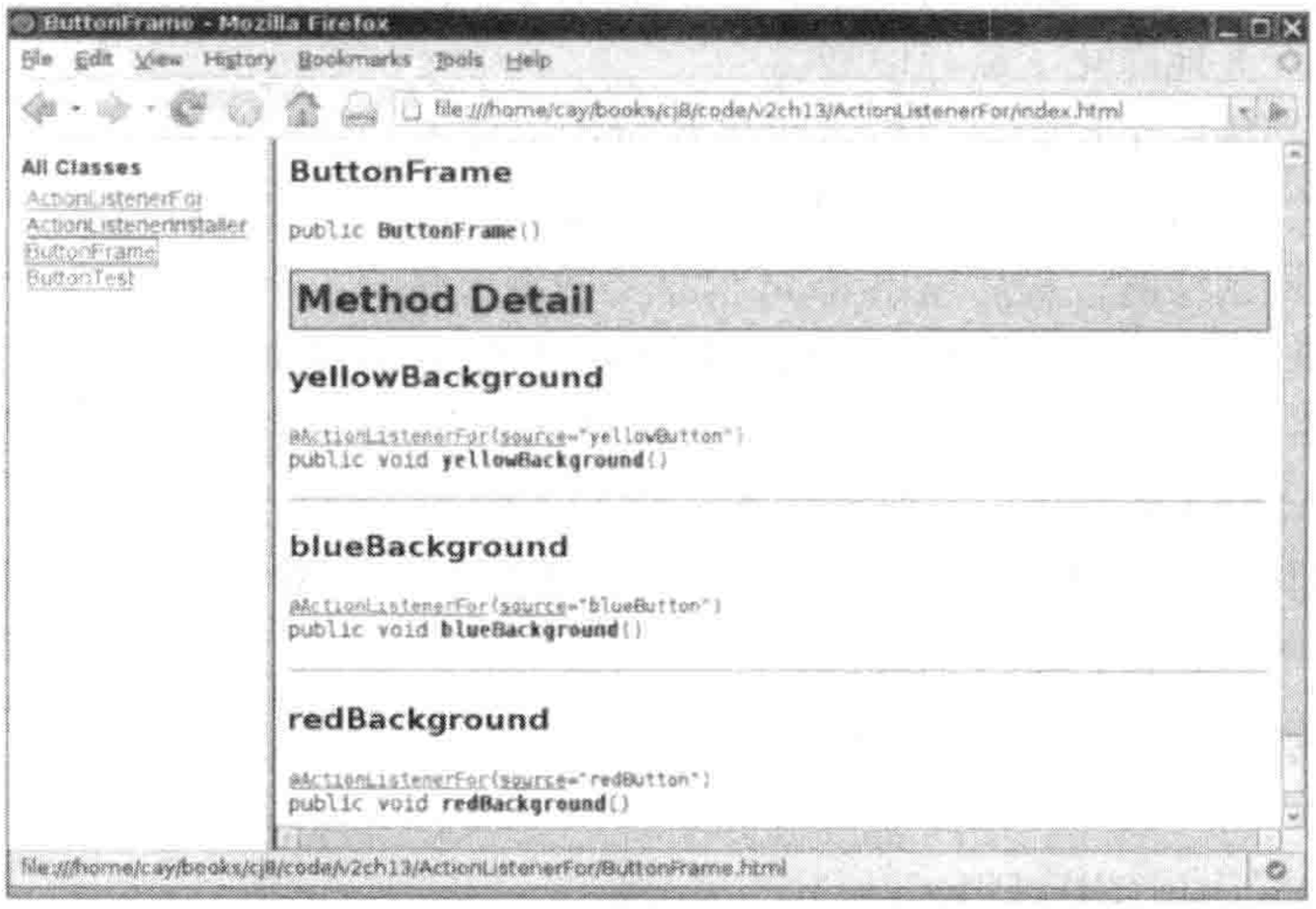


图 10-2 文档化注解

如果某个注解是暂时的（例如 @BugReport），那么就不应该对它们的用法进行归档。

注意： 将一个注解应用到它自身上是合法的。例如，@Documented 注解被它自身注解为 @Documented。因此，用于注解的 Javadoc 文档表明了它们是否可以归档。

@Inherited 元注解只能应用于对类的注解。如果一个类具有继承注解，那么它的所有子类都自动具有同样的注解。这使得创建一个与 Serializable 这样的标记接口具有相同运行方式的注解变得很容易。

实际上，@Serializable 注解应该比没有任何方法的 Serializable 标记接口更适用。一个类之所以可以被序列化，是因为存在着对它的成员域进行读写的运行期支持，而不是因为任何面向对象的设计原理。注解比接口继承更擅长描述这一事实。当然了，可序列化接口是在 JDK1.1 中产生的，远比注解出现得早。

假设定义了一个继承注解 @Persistent 来指明一个类的对象可以存储到数据库中，那

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

么该持久类的子类就会自动被注解为是持久性的。

```
@Inherited @interface Persistent { }
@Persistent class Employee { . . . }
class Manager extends Employee { . . . } // also @Persistent
```

在持久化机制去查找存储在数据库中的对象的时候，它就会探测 Employee 对象以及 Manager 对象。

10.6 源码级注解处理

注解的用处之一就是自动生成包含程序额外信息的“附文件”。在过去，Java 的“企业版本”由于让程序员过多地陷入了类似八股文的样板代码中而变得声名不佳。Java EE 的现代版本使用注解极大地简化了编程模型。

在本节，我们用一个比较简单的示例来演示这项技术。我们编写了一个程序，可以自动产生 bean 信息类。该程序使用一个注解来标记 bean 的属性，然后运行某个工具对这个源文件进行解析，分析其注解，最后输出 bean 信息类的源文件。

回忆一下第 8 章，我们介绍了比自动内省处理更能精确描述 bean 的 bean 信息类。bean 信息类列举了 bean 的所有属性。这些属性可以具有可选的属性编辑器，第 8 章的 ChartBeanBeanInfo 类就是一个典型示例。

为了避免编写 bean 信息类这项苦差事，我们提供了一个 @Property 注解，可以用来标记属性的获取器或设置器，像下面这样：

```
@Property String getTitle() { return title; }
```

或者

```
@Property(editor="TitlePositionEditor")
public void setTitlePosition(int p) { titlePosition = p; }
```

程序清单 10-12 包含了对 @Property 注解的定义。注意这个注解具有 SOURCE 保留级别，因此，我们只能在源码级别上对这个注解进行分析。由于它未被包含在类文件中，因此在反射期间无法访问到它。

程序清单 10-12 sourceAnnotations/Property.java

```
1  package sourceAnnotations;
2  import java.lang.annotation.*;
3
4  @Documented
5  @Target(ElementType.METHOD)
6  @Retention(RetentionPolicy.SOURCE)
7  public @interface Property
8  {
9     String editor() default "";
10 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

注意： 将 editor 元素声明为 Class 类型是具有实际意义的。不过，注解处理器不能获取 Class 类型的注解，因为一个类的含义要依赖于外部因素（例如类路径或者类加载器）。因此，我们使用一个字符串来指定这个编辑器的类名。

为了自动产生一个名字为 *BeanClass* 的 bean 信息类。我们要实现下面这些任务：

1）编写一个源文件 *BeanClass*BeanInfo.java。将 *BeanClass*BeanInfo.java 声明为继承自 SimpleBeanInfo，并覆盖 getPropertyDescriptors 方法。

2）对于每个已注解的方法，通过去除掉 get 或 set 前缀，然后“小写化”剩余部分，就可以恢复属性名。

3）对于每个属性，编写一条用于构建 PropertyDescriptor 的语句。

4）如果该属性具有一个编辑器，那么编写一个方法去调用 setPropertyEditorClass。

5）编写代码返回一个包含所有属性描述符的数组。

举例来说，对于下面这个在 ChartBean 类中的注解

```
@Property(editor="TitlePositionEditor")
public void setTitlePosition(int p) { titlePosition = p; }
```

将被转换成

```
public class ChartBeanBeanInfo extends java.beans.SimpleBeanInfo
{
   public java.beans.PropertyDescriptor[] getProperties()
   {
      java.beans.PropertyDescriptor titlePositionDescriptor
         = new java.beans.PropertyDescriptor("titlePosition", ChartBean.class);
      titlePositionDescriptor.setPropertyEditorClass(TitlePositionEditor.class)
      . . .
      return new java.beans.PropertyDescriptor[]
      {
         titlePositionDescriptor,
         . . .
      }
   }
}
```

（样板代码显示为更亮的灰色。）

如果我们可以定位所有已经用 @Property 属性标记过的方法，那么所有这些都很容易实现。

从 Java SE6 开始，我们可以将注解处理器添加到 Java 编译器中。（在 Java SE 5 中，有一个称为 apt 的单独的工具被用于相同的目的。）为了调用注解处理机制，需要运行

javac -processor $ProcessorClassName_1$,$ProcessorClassName_2$,. . . *sourceFiles*

编译器会定位源代码中的注解，然后选择可以应用的注解处理器。每个注解处理器会依次执行。如果某个注解处理器创建了一个新的源文件，那么将重复执行这个处理过程。如果某次处理循环没有再产生任何新的源文件，那么就编译所有的源文件。图 10-3 展示了 @Property 注解是如何处理的。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

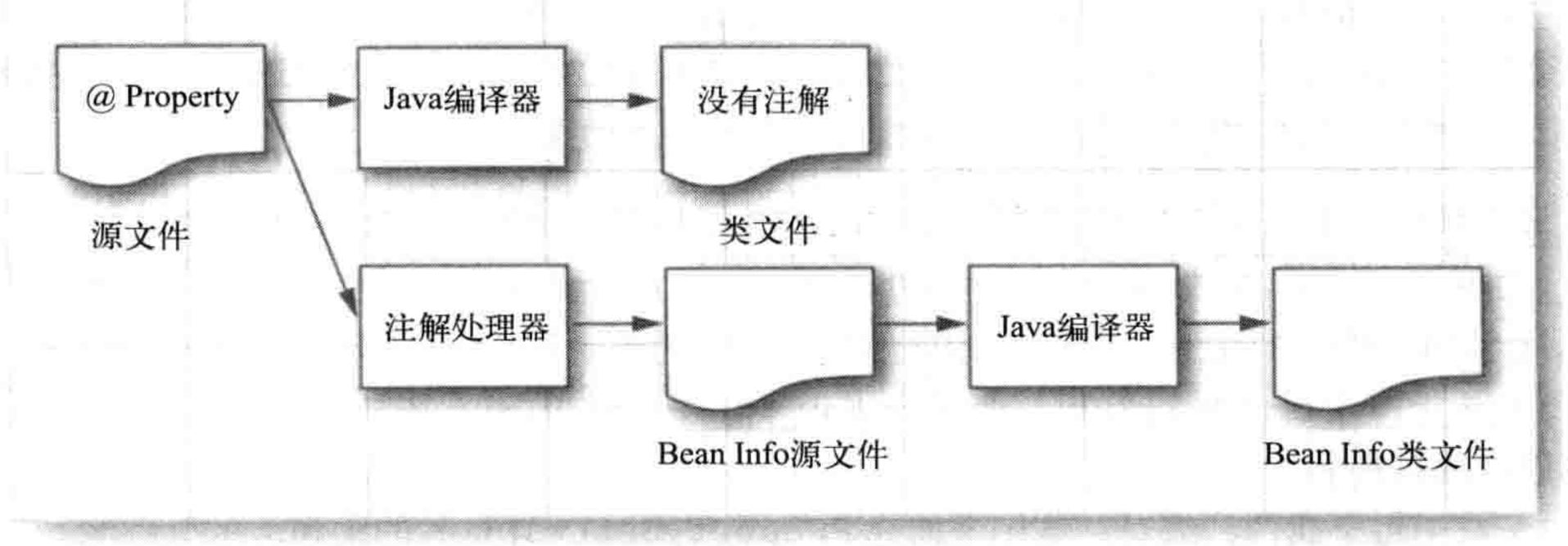


图 10-3 处理源代码级的注解

我们不想在这里详细讨论注解处理的 API，不过，我们将在程序清单 10-13 中进行演示，让你对它的功能能够有所了解。

注解处理器通常通过扩展 AbstractProcessor 类实现了 Processor 接口。你需要指定你的处理器支持哪些注解，因为注解处理 API 的设计者们喜欢注解，所以他们使用注解来实现此目的：

```
@SupportedAnnotationTypes("com.horstmann.annotations.Property")
public class BeanInfoAnnotationProcessor extends AbstractProcessor
```

处理器可以声明具体的注解类型或诸如“com.horstmann.*”（所有在 com.horstmann 包及其所有子包中的注解）这样的通配符，甚至可以是 "*"（所有注解）。

BeanInfoAnnotationProcessor 具有惟一的公共方法——process，它可以供每个文件调用。process 方法有两个参数：一个是在本轮中要进行处理的注解集，另一个是包含了有关当前处理轮次的信息的 RoundEnv 引用。

在 process 方法中，我们迭代所有注解过的方法。对于每个方法，我们剥离其名字中的 get、set 和 is 前缀，并将随后紧挨着的字母改为小写，从而得到属性名。下面是代码的大概轮廓：

```
public boolean process(Set<? extends TypeElement> annotations, RoundEnvironment roundEnv)
{
   for (TypeElement t : annotations)
   {
      Map<String, Property> props = new LinkedHashMap<String, Property>();
      for (Element e : roundEnv.getElementsAnnotatedWith(t))
      {
         props.put(property name, e.getAnnotation(Property.class));
      }
   }
   write bean info source file
   return true;
}
```

如果这个处理器对所有传递给它的注解都进行了声明，那么 process 方法就应该返回

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

true。也就是说，这些注解不应该再传递给其他的处理器。

用于编写源文件的代码简单明了，它仅仅是一系列 out.print 语句。注意我们是用下面的调用来创建输出文件的：

```
JavaFileObject sourceFile = processingEnv.getFiler().createSourceFile(beanClassName + "BeanInfo");
PrintWriter out = new PrintWriter(sourceFile.openWriter());
```

AbstractProcess 类有一个受保护的域 processingEnv，用于访问各种处理服务。Filer 接口负责创建新的文件，并追踪它们，以便在随后的处理软次中仍能够对它们进行处理。

当一个注解处理器检测到一条错误的时候，会使用一个 Messager 与用户交互。举例来说，如果一个方法已经用 @Property 注解过，但是它的名字不是以 get、set 或者 is 开头的，那么我们就会发布一条错误消息：

```
if (!found) processingEnv.getMessager().printMessage(Kind.ERROR,
   "@Property must be applied to getXxx, setXxx, or isXxx method", e);
```

在本书附带的代码中，我们提供了一个被注解的文件 ChartBean.java。编译注解处理器：

```
javac sourceAnnotations/BeanInfoAnnotationProcessor.java
```

然后运行：

```
javac -processor sourceAnnotations.BeanInfoAnnotationProcessor chart/ChartBean.java
```

之后可以查看自动生成的 ChartBeanBeanInfo.java 文件。

要查看注解处理的行为，可以在 javac 命令中添加命令行选项 XprintRounds。这样就可以得到下面的输出：

```
Round 1:
        input files: {com.horstmann.corejava.ChartBean}
        annotations: [com.horstmann.annotations.Property]
        last round: false
Round 2:
        input files: {com.horstmann.corejava.ChartBeanBeanInfo}
        annotations: []
        last round: false
Round 3:
        input files: {}
        annotations: []
        last round: true
```

这个示例展示了工具是怎样获取源文件注解以产生其他文件的。生成的文件不必一定要是源文件，注解处理器可以选择生成 XML 描述符、属性文件、shell 脚本以及 HTML 文档等等。

注意： 一些人已经建议使用注解去免除更大的繁碎任务。如果琐碎的获取器和设置器可以自动生成，会更好吗？举例来说，下面这个注解

```
@Property private String title;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

可以产生下面这些方法：

```
public String getTitle() { return title; }
public void setTitle(String title) { this.title = title; }
```

不过，这需要将这些方法添加到同一个类中。这样就要编辑源文件，而不仅仅是生成另一个文件，并且这也超出了注解处理器的能力。可以构建其他工具实现此目的，但是这样的工具可能会超越注解的职责所在。注解之所以存在，是因为它被当作是代码项的一种描述，而并不是被当作一种添加或修改代码的指示。

程序清单 10-13 sourceAnnotations/BeanInfoAnnotationProcessor.java

```
1  package sourceAnnotations;
2
3  import java.beans.*;
4  import java.io.*;
5  import java.util.*;
6  import javax.annotation.processing.*;
7  import javax.lang.model.*;
8  import javax.lang.model.element.*;
9  import javax.tools.*;
10 import javax.tools.Diagnostic.*;
11
12 /**
13  * This class is the processor that analyzes Property annotations.
14  * @version 1.11 2012-01-26
15  * @author Cay Horstmann
16  */
17 @SupportedAnnotationTypes("sourceAnnotations.Property")
18 @SupportedSourceVersion(SourceVersion.RELEASE_7)
19 public class BeanInfoAnnotationProcessor extends AbstractProcessor
20 {
21    @Override
22    public boolean process(Set<? extends TypeElement> annotations, RoundEnvironment roundEnv)
23    {
24       for (TypeElement t : annotations)
25       {
26          Map<String, Property> props = new LinkedHashMap<>();
27          String beanClassName = null;
28          for (Element e : roundEnv.getElementsAnnotatedWith(t))
29          {
30             String mname = e.getSimpleName().toString();
31             String[] prefixes = { "get", "set", "is" };
32             boolean found = false;
33             for (int i = 0; !found && i < prefixes.length; i++)
34                if (mname.startsWith(prefixes[i]))
35                {
36                   found = true;
37                   int start = prefixes[i].length();
38                   String name = Introspector.decapitalize(mname.substring(start));
39                   props.put(name, e.getAnnotation(Property.class));
40                }
41
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
            if (!found) processingEnv.getMessager().printMessage(Kind.ERROR,
                  "@Property must be applied to getXxx, setXxx, or isXxx method", e);
            else if (beanClassName == null)
               beanClassName = ((TypeElement) e.getEnclosingElement()).getQualifiedName()
                     .toString();
         }
         try
         {
            if (beanClassName != null) writeBeanInfoFile(beanClassName, props);
         }
         catch (IOException e)
         {
            e.printStackTrace();
         }
      }
      return true;
   }

   /**
    * Writes the source file for the BeanInfo class.
    * @param beanClassName the name of the bean class
    * @param props a map of property names and their annotations
    */
   private void writeBeanInfoFile(String beanClassName, Map<String, Property> props)
      throws IOException
   {
      JavaFileObject sourceFile = processingEnv.getFiler().createSourceFile(
         beanClassName + "BeanInfo");
      PrintWriter out = new PrintWriter(sourceFile.openWriter());
      int i = beanClassName.lastIndexOf(".");
      if (i > 0)
      {
         out.print("package ");
         out.print(beanClassName.substring(0, i));
         out.println(";");
      }
      out.print("public class ");
      out.print(beanClassName.substring(i + 1));
      out.println("BeanInfo extends java.beans.SimpleBeanInfo");
      out.println("{");
      out.println("   public java.beans.PropertyDescriptor[] getPropertyDescriptors()");
      out.println("   {");
      out.println("      try");
      out.println("      {");
      for (Map.Entry<String, Property> e : props.entrySet())
      {
         out.print("         java.beans.PropertyDescriptor ");
         out.print(e.getKey());
         out.println("Descriptor");
         out.print("            = new java.beans.PropertyDescriptor(\"");
         out.print(e.getKey());
         out.print("\", ");
         out.print(beanClassName);
         out.println(".class);");
         String ed = e.getValue().editor().toString();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
97          if (!ed.equals(""))
98          {
99             out.print("         ");
100            out.print(e.getKey());
101            out.print("Descriptor.setPropertyEditorClass(");
102            out.print(ed);
103            out.println(".class);");
104         }
105      }
106      out.println("         return new java.beans.PropertyDescriptor[]");
107      out.print("         {");
108      boolean first = true;
109      for (String p : props.keySet())
110      {
111         if (first) first = false;
112         else out.print(",");
113         out.println();
114         out.print("            ");
115         out.print(p);
116         out.print("Descriptor");
117      }
118      out.println();
119      out.println("         };");
120      out.println("      }");
121      out.println("      catch (java.beans.IntrospectionException e)");
122      out.println("      {");
123      out.println("         e.printStackTrace();");
124      out.println("         return null;");
125      out.println("      }");
126      out.println("   }");
127      out.println("}");
128      out.close();
129   }
130 }
```

10.7 字节码工程

你已经看到了我们是怎样在运行期或者在源码级别上对注解进行处理的。还有第三种可能：在字节码级别上进行处理。除非将注解在源码级别上删除，否则它们会一直存在于类文件中。类文件格式是归过档的（参阅 http://docs.oracle.com/javase/specs/jvms/se7/html），这种格式相当复杂，并且在没有特殊类库的情况下，处理类文件具有很大的挑战性。BCEL，即字节码工程类库，就是这样的特殊类库之一，可以从网站 http://jakarta.apache.org/bcel 上获得。

在本小节，我们使用 BCEL 向已注解方法中添加日志信息。如果一个方法这样注解过：

```
@LogEntry(logger=loggerName)
```

那么，在方法的开始部分，我们将添加下面这条语句的字节码：

```
Logger.getLogger(loggerName).entering(className, methodName);
```

举例来说，如果对 `Item` 类的 `hashCode` 方法做了如下注解：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
@LogEntry(logger="global") public int hashCode()
```

那么，在任何时候调用该方法，都会报告一条与下面打印出来的消息相似的消息：

```
Aug 17, 2004 9:32:59 PM Item hashCode
FINER: ENTRY
```

为了实现这项任务，我们需要遵循下面几点：

- 加载类文件中的字节码。
- 定位所有的方法。
- 对于每个方法，检查它是不是有一个 `LogEntry` 注解。
- 如果有，在方法开始部分添加下面所列指令的字节码：

```
ldc loggerName
invokestatic java/util/logging/Logger.getLogger:(Ljava/lang/String;)Ljava/util/logging/Logger;
ldc className
ldc methodName
invokevirtual java/util/logging/Logger.entering:(Ljava/lang/String;Ljava/lang/String;)V
```

插入这些字节码看起来相当棘手，不过 BCEL 却使它变得相当简单。我们不会详细描述和分析插入字节码的过程。关键之处是程序清单 10-14 中的程序编辑了一个类文件，并且在已经用 `LogEntry` 注解标注过的方法的开头部分插入了日志调用。

注意： 如果你对字节码工程的具体细节感兴趣，我们建议你通篇阅读一下网站 http://jakarta.apache.org/bcel/manual.html 上提供的 BCEL 手册。

你需要用 6.0 或以上版本的 BCEL 类库来编译和运行 `EntryLogger` 程序。（在编写本章时，这个版本仍在改进中。如果在你阅读本章时它还没有完成改进，那么就请从 Subversion 库中签出其主干代码。）

举例来说，下面展示了应该怎样向程序清单 10-15 中的 `Item.java` 文件添加记录日志指令。

```
javac set/Item.java
javac -classpath .:bcel-version.jar bytecodeAnnotations/EntryLogger.java
java -classpath .:bcel-version.jar bytecodeAnnotations.EntryLogger set.Item
```

在对 Item 类文件被修改之前和之后分别试运行一下：

```
javap -c set.Item
```

可以看到在 `hashCode`、`equals` 以及 `compareTo` 方法开始部分插入的那些指令。

```
public int hashCode();
  Code:
   0:   ldc     #85; //String global
   2:   invokestatic    #80;
      //Method java/util/logging/Logger.getLogger:(Ljava/lang/String;)Ljava/util/logging/Logger;
   5:   ldc     #86; //String Item
   7:   ldc     #88; //String hashCode
   9:   invokevirtual   #84;
      //Method java/util/logging/Logger.entering:(Ljava/lang/String;Ljava/lang/String;)V
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
12:  bipush  13
14:  aload_0
15:  getfield        #2; //Field description:Ljava/lang/String;
18:  invokevirtual   #15; //Method java/lang/String.hashCode:()I
21:  imul
22:  bipush  17
24:  aload_0
25:  getfield        #3; //Field partNumber:I
28:  imul
29:  iadd
30:  ireturn
```

程序清单 10-16 中的 SetTest 程序会将 Item 对象插入到一个散列集中。当你用修改过的类文件来运行该程序的时候，会看到下面的日志记录信息：

```
Aug 18, 2004 10:57:59 AM Item hashCode
FINER: ENTRY
Aug 18, 2004 10:57:59 AM Item hashCode
FINER: ENTRY
Aug 18, 2004 10:57:59 AM Item hashCode
FINER: ENTRY
Aug 18, 2004 10:57:59 AM Item equals
FINER: ENTRY
[[description=Toaster, partNumber=1729], [description=Microwave, partNumber=4104]]
```

当将同一项插入两次的时候，请注意一下对 equals 的调用。

这个示例显示了字节码工程的强大之处：注解可以用来向程序中添加一些指示，而字节码编辑工具则可以提取这些指示，然后修改虚拟机指令。

程序清单 10-14 bytecodeAnnotations/EntryLogger.java

```
1  package bytecodeAnnotations;
2
3  import java.io.*;
4  import org.apache.bcel.*;
5  import org.apache.bcel.classfile.*;
6  import org.apache.bcel.generic.*;
7
8  /**
9   * Adds "entering" logs to all methods of a class that have the LogEntry annotation.
10  * @version 1.10 2007-10-27
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class EntryLogger
14 {
15    private ClassGen cg;
16    private ConstantPoolGen cpg;
17    /**
18     * Adds entry logging code to the given class.
19     * @param args the name of the class file to patch
20     */
21    public static void main(String[] args)
22    {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
23          try
24          {
25             if (args.length == 0)
26                System.out.println("USAGE: java bytecodeAnnotations.EntryLogger classname");
27             else
28             {
29                JavaClass jc = Repository.lookupClass(args[0]);
30                ClassGen cg = new ClassGen(jc);
31                EntryLogger el = new EntryLogger(cg);
32                el.convert();
33                String f = Repository.lookupClassFile(cg.getClassName()).getPath();
34                System.out.println("Dumping " + f);
35                cg.getJavaClass().dump(f);
36             }
37          }
38          catch (Exception e)
39          {
40             e.printStackTrace();
41          }
42       }
43
44       /**
45        * Constructs an EntryLogger that inserts logging into annotated methods of a given class.
46        * @param cg the class
47        */
48       public EntryLogger(ClassGen cg)
49       {
50          this.cg = cg;
51          cpg = cg.getConstantPool();
52       }
53
54       /**
55        * converts the class by inserting the logging calls.
56        */
57       public void convert() throws IOException
58       {
59          for (Method m : cg.getMethods())
60          {
61             AnnotationEntry[] annotations = m.getAnnotationEntries();
62             for (AnnotationEntry a : annotations)
63             {
64                if (a.getAnnotationType().equals("LbytecodeAnnotations/LogEntry;"))
65                {
66                   for (ElementValuePair p : a.getElementValuePairs())
67                   {
68                      if (p.getNameString().equals("logger"))
69                      {
70                         String loggerName = p.getValue().stringifyValue();
71                         cg.replaceMethod(m, insertLogEntry(m, loggerName));
72                      }
73                   }
74                }
75             }
76          }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
77    }
78
79    /**
80     * Adds an "entering" call to the beginning of a method.
81     * @param m the method
82     * @param loggerName the name of the logger to call
83     */
84    private Method insertLogEntry(Method m, String loggerName)
85    {
86       MethodGen mg = new MethodGen(m, cg.getClassName(), cpg);
87       String className = cg.getClassName();
88       String methodName = mg.getMethod().getName();
89       System.out.printf("Adding logging instructions to %s.%s%n", className, methodName);
90
91       int getLoggerIndex = cpg.addMethodref("java.util.logging.Logger", "getLogger",
92             "(Ljava/lang/String;)Ljava/util/logging/Logger;");
93       int enteringIndex = cpg.addMethodref("java.util.logging.Logger", "entering",
94             "(Ljava/lang/String;Ljava/lang/String;)V");
95
96       InstructionList il = mg.getInstructionList();
97       InstructionList patch = new InstructionList();
98       patch.append(new PUSH(cpg, loggerName));
99       patch.append(new INVOKESTATIC(getLoggerIndex));
100      patch.append(new PUSH(cpg, className));
101      patch.append(new PUSH(cpg, methodName));
102      patch.append(new INVOKEVIRTUAL(enteringIndex));
103      InstructionHandle[] ihs = il.getInstructionHandles();
104      il.insert(ihs[0], patch);
105
106      mg.setMaxStack();
107      return mg.getMethod();
108   }
109 }
```

程序清单 10-15 set/Item.java

```
1  package set;
2
3  import java.util.*;
4  import bytecodeAnnotations.*;
5
6  /**
7   * An item with a description and a part number.
8   * @version 1.01 2012-01-26
9   * @author Cay Horstmann
10  */
11 public class Item
12 {
13    private String description;
14    private int partNumber;
15
16    /**
17     * Constructs an item.
18     * @param aDescription the item's description
19     * @param aPartNumber the item's part number
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
20       */
21      public Item(String aDescription, int aPartNumber)
22      {
23         description = aDescription;
24         partNumber = aPartNumber;
25      }
26
27      /**
28       * Gets the description of this item.
29       * @return the description
30       */
31      public String getDescription()
32      {
33         return description;
34      }
35
36      public String toString()
37      {
38         return "[description=" + description + ", partNumber=" + partNumber + "]";
39      }
40
41      @LogEntry(logger = "global")
42      public boolean equals(Object otherObject)
43      {
44         if (this == otherObject) return true;
45         if (otherObject == null) return false;
46         if (getClass() != otherObject.getClass()) return false;
47         Item other = (Item) otherObject;
48         return Objects.equals(description, other.description) && partNumber == other.partNumber;
49      }
50
51      @LogEntry(logger = "global")
52      public int hashCode()
53      {
54         return Objects.hash(description, partNumber);
55      }
56   }
```

程序清单 10-16　set/SetTest.java

```
1  package set;
2
3  import java.util.*;
4  import java.util.logging.*;
5
6  /**
7   * @version 1.02 2012-01-26
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class SetTest
11 {
12    public static void main(String[] args)
13    {
14       Logger.getLogger(Logger.GLOBAL_LOGGER_NAME).setLevel(Level.FINEST);
15       Handler handler = new ConsoleHandler();
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
        handler.setLevel(Level.FINEST);
        Logger.getLogger(Logger.GLOBAL_LOGGER_NAME).addHandler(handler);

        Set<Item> parts = new HashSet<>();
        parts.add(new Item("Toaster", 1279));
        parts.add(new Item("Microwave", 4104));
        parts.add(new Item("Toaster", 1279));
        System.out.println(parts);
    }
}
```

在加载时修改字节码

在前一节中，已经看到了一个用于编辑类文件的工具。不过，在把另一个工具添加到程序的构建过程中时，会显得笨重不堪。更吸引人的做法是将字节码工程延迟到载入时，即类加载器加载类的时候。

在 Java SE5.0 之前，必须编写定制的类加载器才能实现这项任务。现在，设备（*instrumentation*）*API* 提供了一个安装字节码转换器的挂钩。不过，必须在程序的 `main` 方法调用之前安装这个转换器。通过定义一个代理，即被加载用来按照某种方式监视程序的一个类库，就可以处理这个需求。代理代码可以在 `premain` 方法中执行初始化。

下面是构建一个代理所需的步骤：

1）实现一个具有下面这个方法的类：

```
public static void premain(String arg, Instrumentation instr)
```

当加载代理时，此方法会被调用。代理可以获取一个单一的命令行参数，该参数是通过 `arg` 参数传递进来的。`instr` 参数可以用来安装各种各样的挂钩。

2）制作一个清单文件 `EntryLoggingAgent.mf` 来设置 `Premain-Class` 属性。例如：

```
Premain-Class: bytecodeAnnotations.EntryLoggingAgent
```

3）将代理代码打包，并生成一个 JAR 文件，例如：

```
javac -classpath .:bcel-version.jar bytecodeAnnotations.EntryLoggingAgent
jar cvfm EntryLoggingAgent.jar EntryLoggingAgent.mf bytecodeAnnotations/Entry*.class
```

为了运行一个具有该代理的 Java 程序，请使用下面这个命令行选项：

```
java -javaagent:AgentJARFile=agentArgument . . .
```

举例来说，运行具有实体日志代理的 `SetTest` 程序，需调用：

```
javac SetTest.java
java -javaagent:EntryLoggingAgent.jar=set.Item -classpath .:bcel-version.jar set.SetTest
```

`Item` 参数是代理应该修改的类的名称。

程序清单 10-17 展示了这个代理的代码。该代理安装了一个类文件转换器，这个转换器首先检验类名是否与代理参数相匹配。如果匹配，那么它会利用上一节那个 `EntryLogger` 类修改字节码。不过，修改过的字节码并不保存成文件。相反地，转换器只是将它们返回，以加载到虚拟机中（参见图 10-4）。换句话说，这项技术实现的是“即时（just in time）”字节

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

码修改。

程序清单 10-17 bytecodeAnnotations/EntryLoggingAgent.java

```
1  package bytecodeAnnotations;
2
3  import java.lang.instrument.*;
4  import java.io.*;
5  import java.security.*;
6  import org.apache.bcel.classfile.*;
7  import org.apache.bcel.generic.*;
8
9  /**
10  * @version 1.00 2004-08-17
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class EntryLoggingAgent
14 {
15    public static void premain(final String arg, Instrumentation instr)
16    {
17       instr.addTransformer(new ClassFileTransformer()
18          {
19             public byte[] transform(ClassLoader loader, String className, Class<?> cl,
20                   ProtectionDomain pd, byte[] data)
21             {
22                if (!className.equals(arg)) return null;
23                try
24                {
25                   ClassParser parser = new ClassParser(new ByteArrayInputStream(data), className
26                         + ".java");
27                   JavaClass jc = parser.parse();
28                   ClassGen cg = new ClassGen(jc);
29                   EntryLogger el = new EntryLogger(cg);
30                   el.convert();
31                   return cg.getJavaClass().getBytes();
32                }
33                catch (Exception e)
34                {
35                   e.printStackTrace();
36                   return null;
37                }
38             }
39          });
40    }
41 }
```

在本章，你已经学习到了以下的知识：

- 怎样向 Java 程序中添加注解。
- 怎样设计你自己的注解接口。
- 怎样实现可以利用注解的工具。

你已经看到了三种处理代码的技术：编写脚本、编译 Java 程序和处理注解。前两种技术十分简单。而另一方面，构建注解工具可能会很复杂，但这并非是大多数开发者都需要解决

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

的问题。本章向你介绍了一些背景知识，有助于你去理解可能会碰到的注解工具内部工作机制，但这些背景知识可能会挫伤你自行开发工具的兴致。

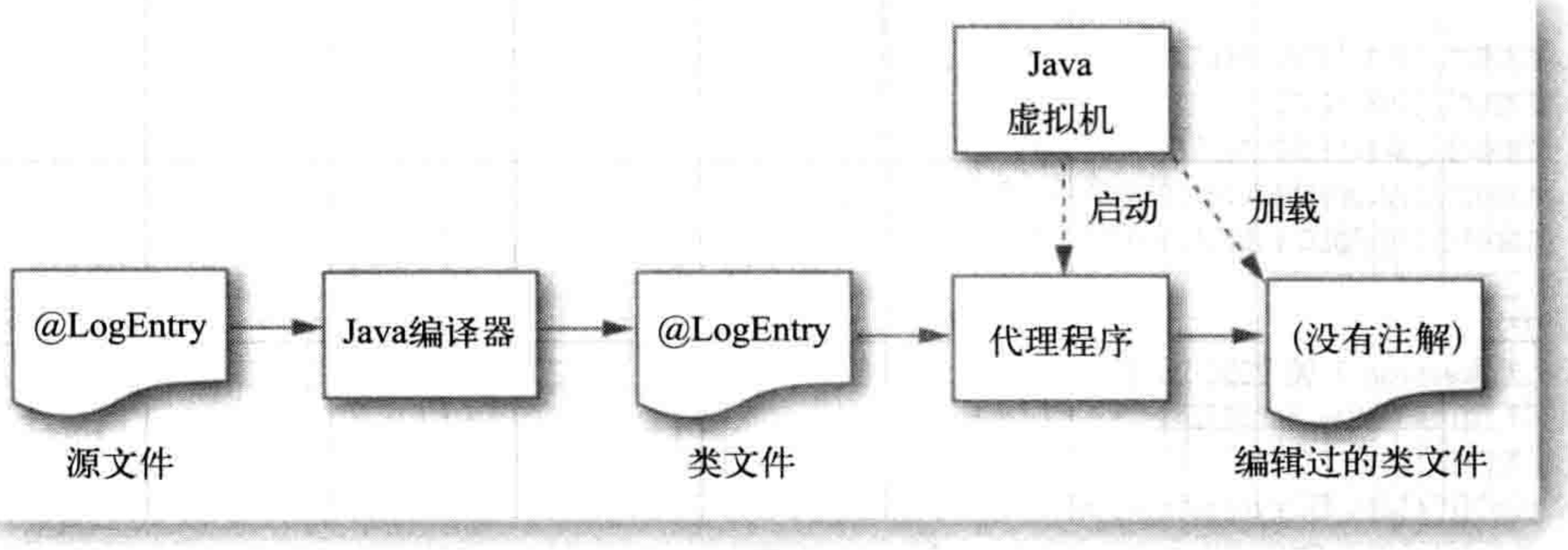


图 10-4 在加载时刻修改类

在下一章，我们将学习 RMI 机制，它是用于 Java 程序的分布式对象模型。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第 11 章　分布式对象

- ▲ 客户与服务器的角色
- ▲ 远程方法调用
- ▲ RMI 编程模型
- ▲ 远程方法中的参数与返回值
- ▲ 远程对象激活

每过一段时间，程序员社区就会开始考虑将“无所不在的对象”作为所有问题的解决之道。其思想是所有相互协作的对象就像一个和睦的家庭，彼此都知道对方在哪里。当在一台计算机上的某个对象需要调用在另一台计算机上的某个对象时，它就会发送一个包含这个请求的详细信息的网络消息。这个远程对象可能通过访问数据库也可能通过与其他对象通信来计算出响应。一旦该远程对象得到了客户端请求的东西，就将它送回客户端。在概念上讲，这个过程显得十分简单，但是你不能停留在表面，应该深入理解如何有效地利用分布式对象。

在本章，我们将聚焦用于两个 Java 虚拟机（可以运行在不同的计算机上）之间通信的远程方法调用（RMI）协议。曾几何时，RMI 被认为是应用开发者可依赖的行之有效的开发技术。但是，现在 RMI 更多的只是被当作简单分布式对象系统的案例研究工具。

11.1　客户与服务器的角色

所有分布式编程技术的基本思想都很简单：客户计算机产生一个请求，然后将这个请求通过网络发送到服务器。服务器处理这个请求，并发送回一个针对该客户端的响应，供客户端进行分析。图 11-1 展示了这个过程。

一开始我们就必须要声明：这些请求和响应并不是在 Web 应用程序中看到的请求和响应。这里的客户端并非是 Web 浏览器，它可以是执行具有任意复杂度的业务规则的任何应用程序。客户端应用程序可以与人类用户之间进行交互，但也可以没有这种交互。如果有这种交互，它可以拥有一个命令行或 Swing 用户界面。用于请求和响应数据的协

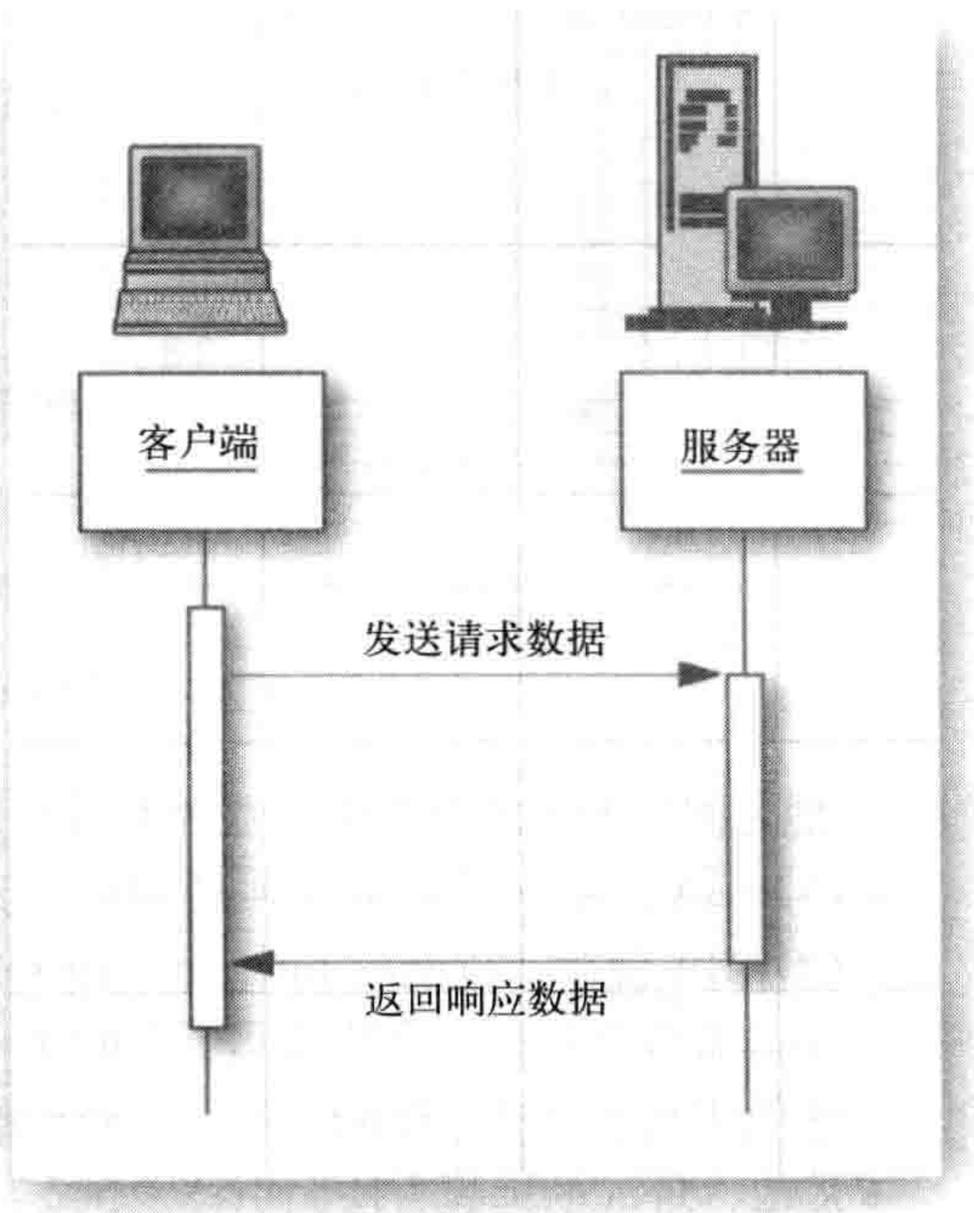


图 11-1　在客户端与服务器之间传递对象

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

议允许传递任意对象，而传统的 Web 应用程序只限于对请求使用 HTTP 协议，对响应使用 HTML。

我们真正想要的是这样一种机制，客户端程序员以常规的方式进行方法调用，而无需操心将数据发送到网络上或者解析响应之类的问题。解决的办法是，在客户端为远程对象安装一个代理（proxy）。代理是位于客户端虚拟机中的一个对象，它对于客户端程序来说，看起来就像是要访问的远程对象一样。客户调用此代理时，只需进行常规的方法调用。而客户端代理则负责使用网络协议与服务器进行联系。

同样，实现服务的程序员也不希望因与客户端之间的通信被绊住。解决方法是在服务器端安装第二个代理对象。该服务器代理与客户端代理进行通信，并且它将以常规方式调用服务器对象上的方法（参见图 11-2）。

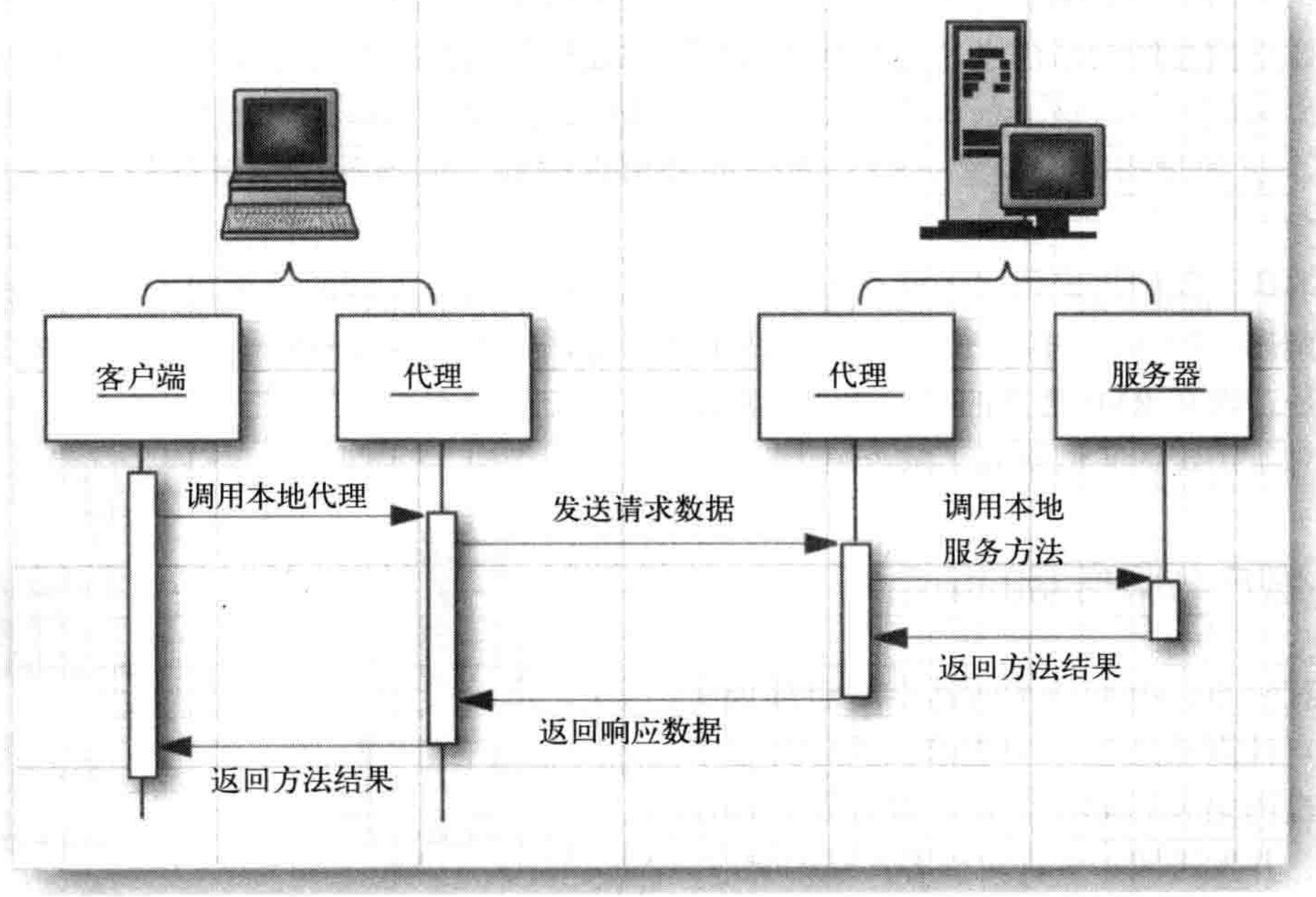


图 11-2 使用代理的远程方法调用

代理之间是如何通信的呢？这要看以什么技术来实现它们。通常有三种选择：

- CORBA，通用对象请求代理架构，支持任何编程语言编写的对象之间的方法调用。CORBA 使用二进制的 Internet Inter-ORB 协议（IIOP）来实现对象间的通信。
- Web 服务架构是一个协议集，有时统一描述为 WS-*。它也是独立于编程语言的，不过它使用基于 XML 的通信格式。用于传输对象的格式则是简单对象访问协议（SOAP）。
- RMI，Java 的远程方法调用技术，支持 Java 的分布式对象之间的方法调用。

CORBA 与 SOAP 都是完全独立于语言的。客户端与服务器程序可以由 C、C++、C#、

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

Java 或者其他语言编写。你只需要提供一个接口描述，以说明你的对象的方法的签名以及能够处理的数据类型。该接口描述是用一种特殊的语言编写的，对于 CORBA 来说是接口定义语言（IDL），对于 Web 服务而言则是 Web 服务描述语言（WSDL）。

多年来，很少有人相信 CORBA 就是未来的对象模型。但是，到目前为止，CORBA 的声誉只是：对于复杂实现与互操作性问题，有时值得用，并且也只取得了一定程度的成功。

Web 服务在首次出现时喧噪一时，因为它承诺会更加简单，而且建立在 WWW 和 XML 的精华之上。但是，随着时间的推移和许多委员会工作的推进，其协议栈已经变得不简单了，因为它被要求具备越来越多 CORBA 一直具有的特性。XML 协议具有可阅读性的优点（其实也只是一点点），这有助于查错。另一方面，处理 XML 是很大的性能瓶颈。最近，WS-* 栈的光环已经褪去了许多，并且它也获得了相同的声誉，即对于复杂实现和互操作问题，有时值得用。

如果互相通信的程序都是由 Java 实现的，那么，CORBA 与 WS-* 的通用性与复杂性就统统都是不需要的。Sun 开发了一个更简单的机制，称为远程方法调用（RMI），专门针对 Java 应用之间的通信。

即使你在自己的应用程序中不打算使用 RMI，学习它也是很值得的。通过一个直观的架构，你将会学到用于分布式应用程序编程的精髓。

11.2 远程方法调用

分布式计算的关键是远程方法调用。在一台机器（称为客户端）上的某些代码希望调用在另一台机器（远程对象）上的某个对象的一个方法。要实现这一点，方法的参数必须以某种方式传递到另一台机器上，而服务器必须得到通知，去定位远程对象并执行要调用的方法，并且必须将返回值传递回去。

在详细浏览整个过程之前，我们需要指出，客户端 / 服务器这一术语用法只适用于单个的方法调用。调用远程方法的计算机对于这个调用来说是客户端，而处理这个调用的对象的宿主计算机对于这个调用来说是服务器。在某些情况下这两个角色完全有可能会颠倒过来，前一个调用的服务器在调用驻留在另一台计算机上的对象的某个远程方法时，它自己就变成了客户端。

存根与参数编组

当客户代码要在远程对象上调用一个远程方法时，实际上调用的是代理对象上的一个普通的方法，我们称此代理对象为*存根*（stub）。例如，

```
Warehouse centralWarehouse = get stub object;
double price = centralWarehouse.getPrice("Blackwell Toaster");
```

存根位于客户端机器上，而非服务器上，它知道如何通过网络与服务器联系。存根会将远程方法所需的参数打包成一组字节。对参数编码的过程称作*参数编组*（parameter

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

marshalling），参数编组的目的是将参数转换成适合在虚拟机之间进行传递的格式。在 RMI 协议中，对象是使用序列化机制进行编码的，第 1 章描述了这种机制。在 SOAP 协议中，对象被编码为 XML。

总的来说，客户端的存根方法构造了一个信息块，它由以下几部分组成：

- 被使用的远程对象的标识符。
- 被调用的方法的描述。
- 编组后的参数。

然后，存根将此信息发送给服务器。在服务器一端，接收器对象执行以下动作：

1）定位要调用的远程对象。

2）调用所需的方法，并传递客户端提供的参数。

3）捕获返回值或该调用产生的异常。

4）将返回值编组，打包送回给客户端存根。

客户端存根对来自服务器端的返回值或异常进行反编组，其结果就成为调用存根的返回值。如果远程方法抛出了一个异常，那么存根就在客户端的虚拟机中重新抛出该异常。图 11-3 展示了一次远程方法调用的信息流。

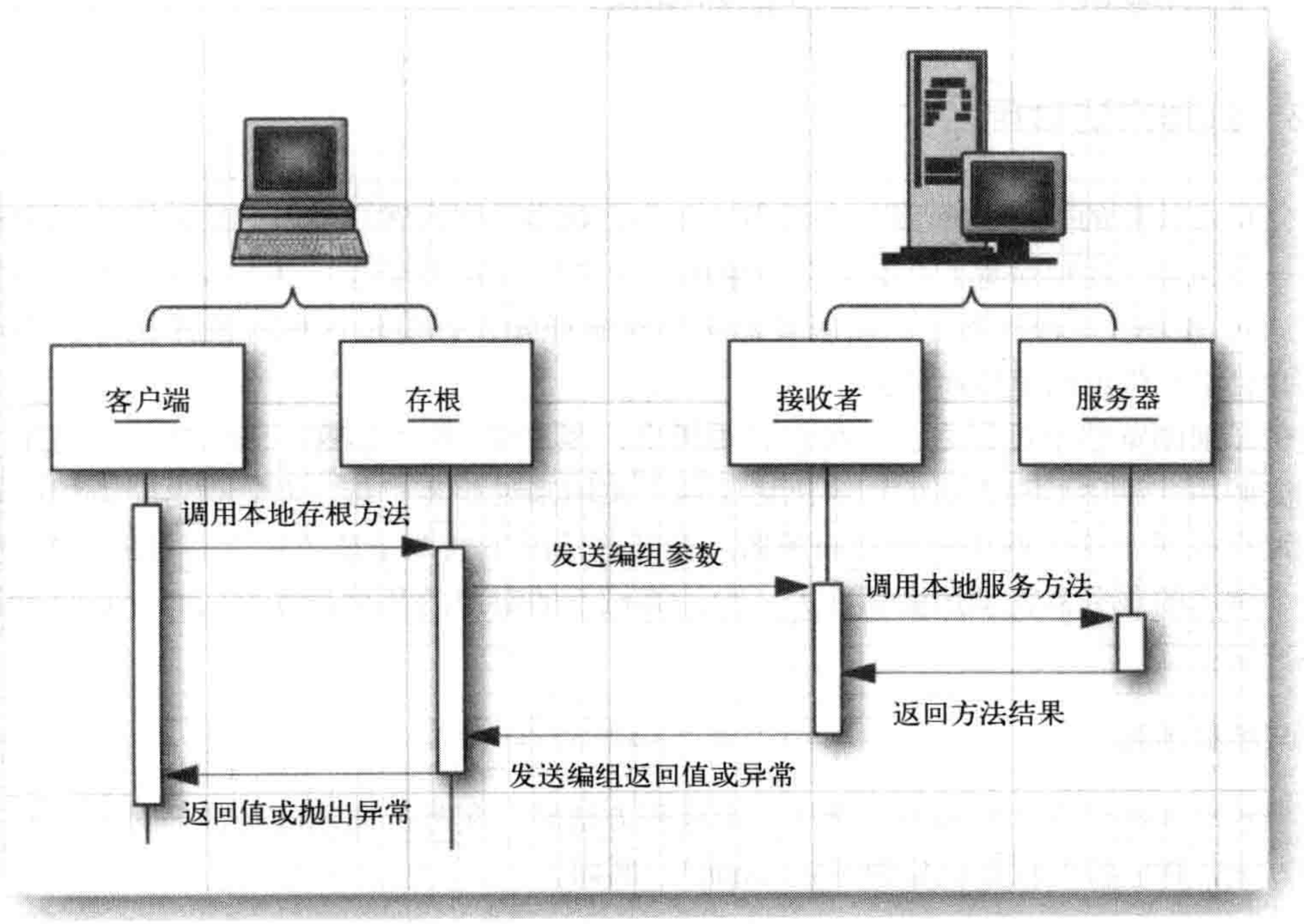


图 11-3 参数编组

这个过程显然很复杂，不过好消息是，这一切都是完全自动的，而且在很大程度上它对

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序员是透明的。

实现远程对象和获取客户端存根的细节有赖于分布式对象采用的技术。在下面的小节中，我们将深入学习 RMI。

11.3 RMI 编程模型

为了介绍 RMI 编程模型，我们从一个简单的实例入手。远程对象表示的是一个仓库，而客户端程序向仓库询问某个产品的价格。在下面的小节中，你将看到如何实现和启动服务器与客户端程序。

11.3.1 接口与实现

远程对象的能力是由在客户端和服务器之间共享的接口所表示的。例如，程序清单 11-1 中的接口描述了远程仓库对象所提供的服务。

程序清单 11-1 warehouse1/Warehouse.java

```
1  import java.rmi.*;
2
3  /**
4     The remote interface for a simple warehouse.
5     @version 1.0 2007-10-09
6     @author Cay Horstmann
7  */
8  public interface Warehouse extends Remote
9  {
10    double getPrice(String description) throws RemoteException;
11 }
```

注意： 在本章中，我们不使用包。正如你将要看到的，远程应用的部署很复杂，我们想避免因包目录而带来的额外的复杂性。

远程对象的接口必须扩展 `Remote` 接口，它位于 `java.rmi` 包中。接口中的所有方法还必须声明抛出 `RemoteException` 异常，这是因为远程方法调用与生俱来就缺乏本地调用的可靠性，远程调用总是存在失败的可能。例如，服务器或者网络连接可能暂时不可用，或者可能出现网络故障。客户端代码必须时刻准备好处理这些问题。基于这些原因，Java 编程语言要求每一次远程方法调用都必须捕获 `RemoteException`，并且指明当调用不成功时应执行的相应的处理操作。

接下来，在服务器端必须提供这样的类，它真正实现了在远程接口中声明的工作。参见程序清单 11-2。

程序清单 11-2 warehouse1/WarehouseImpl.java

```
1  import java.rmi.*;
2  import java.rmi.server.*;
3  import java.util.*;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
4
5  /**
6   * This class is the implementation for the remote Warehouse interface.
7   * @version 1.01 2012-01-26
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class WarehouseImpl extends UnicastRemoteObject implements Warehouse
11 {
12    private Map<String, Double> prices;
13
14    public WarehouseImpl() throws RemoteException
15    {
16       prices = new HashMap<>();
17       prices.put("Blackwell Toaster", 24.95);
18       prices.put("ZapXpress Microwave Oven", 49.95);
19    }
20
21    public double getPrice(String description) throws RemoteException
22    {
23       Double price = prices.get(description);
24       return price == null ? 0 : price;
25    }
26 }
```

注意： WarehouseImpl 的构造器声明了会抛出 RemoteException 异常，因为其超类的构造器会抛出这个异常，在无法连接到跟踪远程对象的网络服务时会抛出这个异常。

你可以看出这个类是远程方法调用的目标，因为它扩展自 UnicastRemoteObject，这个类的构造器使得它的对象可供远程访问。“最小阻抗路径”是从 UnicastRemoteObject 中导出的，本章中的所有服务实现类也都是如此。

有时候可能不希望服务器类扩展 UnicastRemoteObject，也许是因为实现类已经扩展了其他的类。在这种情况下，读者需要手动实例化远程对象，并将它们传给静态的 exportObject 方法。如果不扩展 UnicastRemoteObject，可以在远程对象的构造器中像下面这样调用 exportObject 方法：

```
UnicastRemoteObject.exportObject(this, 0);
```

其中，第二个参数是 0，表明任何合适的端口都可用来监听客户连接。

注意： Unicast 这个术语是指我们通过产生对单一的 IP 地址和端口的调用来定位远程对象这一事实。这是 Java SE 中惟一支持的机制。更复杂的分布式对象系统（诸如 JINI）会考虑到对在多个不同的服务器上的远程对象的“Multicast”查找。

11.3.2 RMI 注册表

要访问服务器上的一个远程对象时，客户端首先需要一个本地的存根对象。可是客户端如何请求得到该存根呢？最普通的方法是调用另一个服务对象上的一个远程方法，以返回值的方式取得存根对象。然而，这就成了先有鸡还是先有蛋的问题。第一个远程对象总要通过

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

某种方式进行定位。为此，JDK 提供了自举注册服务（bootstrap registry service）。

服务器程序应该使用自举注册服务来注册至少一个远程对象。要注册一个远程对象，需要一个 RMI URL 和一个对实现对象的引用。

RMI 的 URL 以 `rmi:` 开头，后接服务器以及一个可选的端口号，接着是远程对象的（希望是）唯一的名字。例如：

```
rmi://regserver.mycompany.com:99/central_warehouse
```

默认情况下，主机名是 `localhost`，端口号为 1099。服务器告诉注册表在给定位置将这个名字关联或“绑定”到该对象。

下面的代码将一个 `WarehouseImpl` 对象注册到同一个服务器上的 RMI 注册表中：

```
WarehouseImpl centralWarehouse = new WarehouseImpl();
Context namingContext = new InitialContext();
namingContext.bind("rmi:central_warehouse", centralWarehouse);
```

程序清单 11-3 中的程序直接构造并注册了一个 `WarehouseImpl` 对象。

程序清单 11-3　warehouse1/WarehouseServer.java

```
1  import java.rmi.*;
2  import javax.naming.*;
3
4  /**
5   * This server program instantiates a remote warehouse object, registers it with the naming
6   * service, and waits for clients to invoke methods.
7   * @version 1.12 2007-10-09
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class WarehouseServer
11 {
12    public static void main(String[] args) throws RemoteException, NamingException
13    {
14       System.out.println("Constructing server implementation...");
15       WarehouseImpl centralWarehouse = new WarehouseImpl();
16
17       System.out.println("Binding server implementation to registry...");
18       Context namingContext = new InitialContext();
19       namingContext.bind("rmi:central_warehouse", centralWarehouse);
20
21       System.out.println("Waiting for invocations from clients...");
22    }
23 }
```

注意：基于安全原因，一个应用只有当它与注册表运行在同一个服务器时，该应用才可以绑定、取消绑定，或重绑定注册对象的引用。这可以防止有恶意的客户端修改注册表信息。但是，任何客户端都可以查找对象。

客户端可以通过下面的调用来枚举所有注册过的 RMI 对象：

```
Enumeration<NameClassPair> e = namingContext.list("rmi://regserver.mycompany.com");
```

`NameClassPair` 是一个助手类，它包含绑定对象的名字和该对象所属类的名字。例如，

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

下面的代码可以显示所有注册对象的名字：

```
while (e.hasMoreElements())
   System.out.println(e.nextElement().getName());
```

客户端可以通过下面的方式，来指定服务器和远程对象的名字，以此获得访问远程对象所需的存根。

```
String url = "rmi://regserver.mycompany.com/central_warehouse";
Warehouse centralWarehouse = (Warehouse) namingContext.lookup(url);
```

注意： 在一个全局注册表中，想保持一个名字的惟一性非常困难，因此不应该将此技术作为定位服务器端对象的通用方法。相反，自举服务只应该用来注册非常少的远程对象。然后使用这些对象来定位其他的对象。

程序清单 11-4 展示了客户端如何获得远程仓库对象的存根，并调用远程的 getPrice 方法。图 11-4 展示了其控制流。客户端获得了一个 Warehouse 存根，并在其上调用了 getPrice 方法。在后台，存根与服务器联系，并在 WarehouseImpl 对象上调用 getPrice 方法。

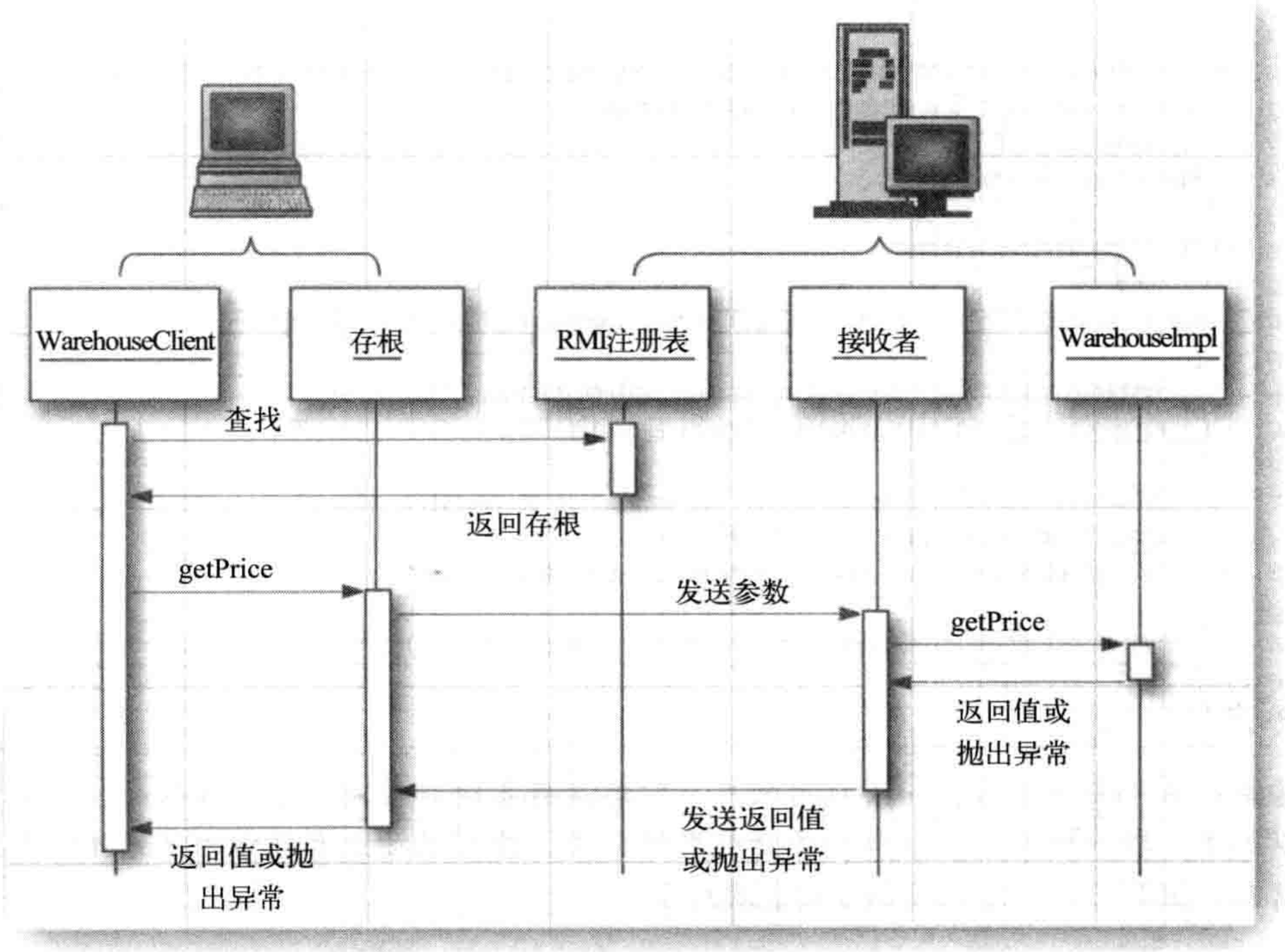


图 11-4 调用远程的 getPrice 方法

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 11-4 warehouse1/WarehouseClient.java

```
1  import java.rmi.*;
2  import java.util.*;
3  import javax.naming.*;
4
5  /**
6   * A client that invokes a remote method.
7   * @version 1.0 2007-10-09
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class WarehouseClient
11 {
12    public static void main(String[] args) throws NamingException, RemoteException
13    {
14       Context namingContext = new InitialContext();
15
16       System.out.print("RMI registry bindings: ");
17       Enumeration<NameClassPair> e = namingContext.list("rmi://localhost/");
18       while (e.hasMoreElements())
19          System.out.println(e.nextElement().getName());
20
21       String url = "rmi://localhost/central_warehouse";
22       Warehouse centralWarehouse = (Warehouse) namingContext.lookup(url);
23
24       String descr = "Blackwell Toaster";
25       double price = centralWarehouse.getPrice(descr);
26       System.out.println(descr + ": " + price);
27    }
28 }
```

API javax.naming.InitialContext 1.3

- `InitialContext()`

  构建一个命名上下文，用来访问 RMI 注册表。

API *javax.naming.Context* 1.3

- `static Object lookup(String name)`

  返回给定名字的对象。如果该名字尚未绑定则抛出 `NamingException` 异常。

- `static void bind(String name, Object obj)`

  将 `name` 与 `obj` 对象绑定。如果该对象已经绑定则抛出 `NameAlreadyBoundException` 异常。

- `static void unbind(String name)`

  解除该名字的绑定。解除一个不存在的绑定是合法的。

- `static void rebind(String name, Object obj)`

  将 `name` 与 `obj` 对象绑定。替换掉以前的绑定。

- `NamingEnumeration<NameClassPair> list(String name)`

  返回一个枚举列表，其中列出了所有匹配的绑定对象。使用“`rmi:`”调用该方法可以

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

列出所有 RMI 对象。

API javax.naming.NameClassPair 1.3

- `String getName()`
  获取已命名对象的名字。
- `String getClassName()`
  获取已命名对象所属的类名。

API java.rmi.Naming 1.1

- `static Remote lookup(String url)`
  返回 URL 对应的远程对象。如果该名字尚未绑定，则抛出 `NotBoundException` 异常。
- `static void bind(String name, Remote obj)`
  将 `name` 与远程对象 `obj` 绑定。如果该对象已经绑定则抛出 `AlreadyBoundException` 异常。
- `static void unbind(String name)`
  解除对该名字的绑定。如果该名字没有绑定则抛出 `NotBound` 异常。
- `static void rebind(String name, Remote obj)`
  将 `name` 与远程对象 `obj` 绑定。替换掉以前的绑定。
- `static String[] list(String url)`
  参数 `url` 指定了某个注册表的位置，返回由该注册表中所有 URL 组成的字符串数组。此数组代表注册表中当前所有名字的一个快照。

11.3.3 部署程序

部署一个使用 RMI 的应用是比较棘手的。因为很多事情都有可能出错，而一旦出错，可以得到的错误信息又相当匮乏。我们发现，按照客户端和服务器将类进行分隔，从而在真实条件下对部署进行测试是很有价值的。

创建两个目录，分别存放用于启动服务器和客户端的类。

```
server/
   WarehouseServer.class
   Warehouse.class
   WarehouseImpl.class

client/
   WarehouseClient.class
   Warehouse.class
```

当部署 RMI 应用时，通常需要动态地将类交付给运行程序，其中一个例子就是 RMI 注册表。请记住注册表的一个实例要服务许多不同的 RMI 应用。RMI 注册表需要有权限访问注册的服务接口的类文件，但是，当注册表启动时，无法预测将来会产生的所有注册请求。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

因此，RMI 注册表会动态地加载之前从未遇到过的所有远程接口的类文件。

动态交付的类文件是通过标准的 Web 服务器发布的。在我们所举的情况中，服务器程序需要使 Warehouse.class 文件对于 RMI 注册表来说是可获得的，因此我们将这个文件放到了第三个称为 download 的目录中：

```
download/
   Warehouse.class
```

我们使用 Web 服务器来服务这个目录中的内容。

当应用被部署时，服务器、RMI 注册表、Web 服务器和客户端可以位于四台不同的计算机上，参见图 11-5。但是，出于测试的目的，我们将只使用一台计算机。

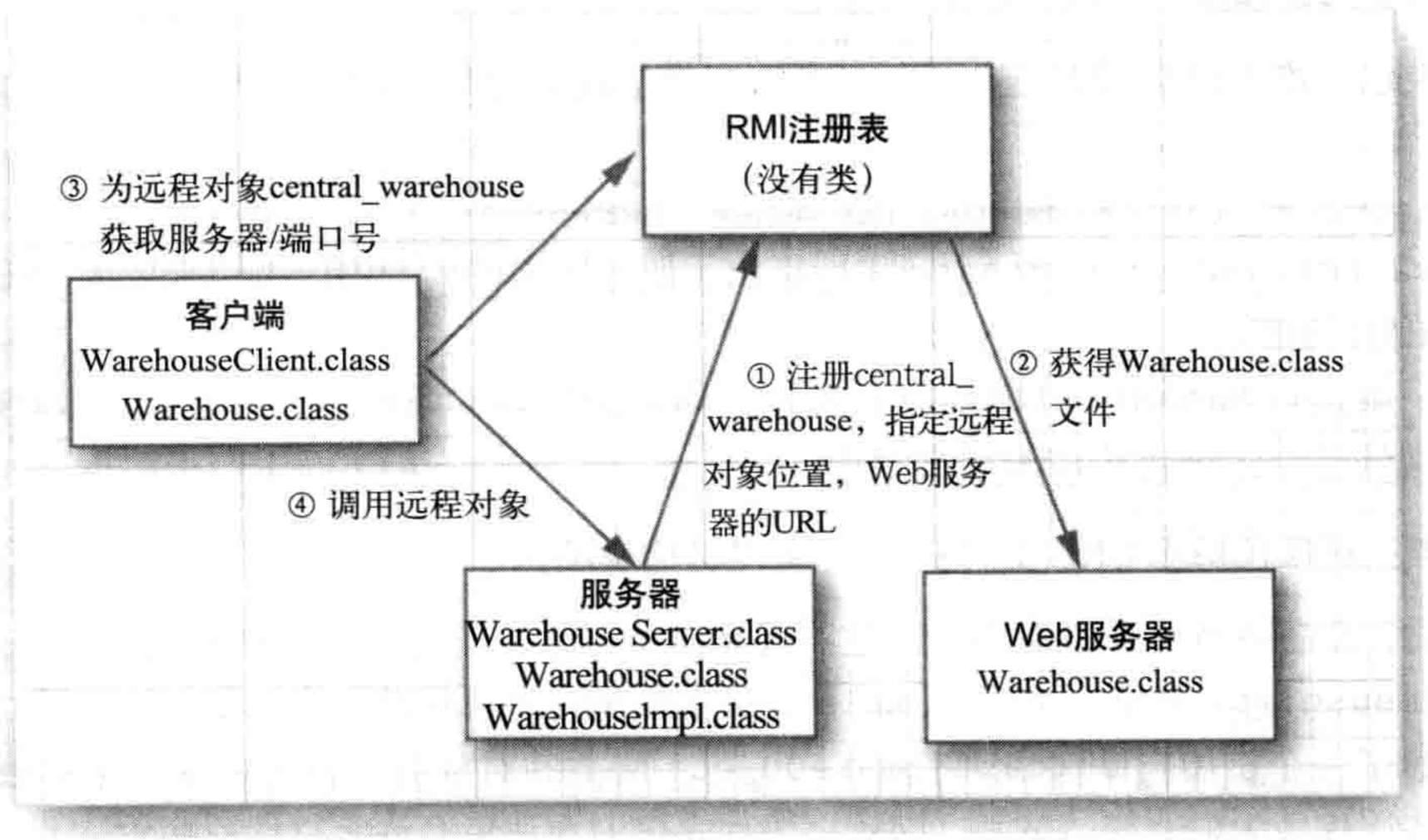


图 11-5 在仓库应用中的服务器调用

注意： 由于安全的原因，作为 JDK 一部分的 rmiregistry 服务只允许来自同一台主机的绑定调用。也就是说，服务器和 rmiregistry 进程需要位于同一台计算机上。但是，RMI 架构允许更通用的支持多台服务器的 RMI 注册表实现。

为了测试这个示范应用，需要使用 NanoHTTPD Web 服务器，可以从 http://elonen.iki.fi/code/nanohttpd 处得到这个服务器。这个小型的 Web 服务器是在单个 Java 源文件中实现的。打开一个新的控制台窗口，转到 download 目录，然后将 NanoHTTPD.java 复制到这个目录中。使用下面的命令来编译该源文件并启动这个 Web 服务器：

```
java NanoHTTPD 8080
```

其中，命令行参数是端口号。如果你的机器上的 8080 端口已被占用，可以使用任何其他可用的端口。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

接下来，打开另一个控制台窗口，转到不包含任何类文件的某个目录，并启动 RMI 注册表：

```
rmiregistry
```

警告： 在启动 RMI 注册表之前，请确保 CLASSPATH 环境变量没有进行任何设置，并仔细检查当前目录是否确实不包含任何类文件。否则，RMI 注册表可能会找到一些假冒的类文件，这使得在注册表需要从另一个不同的来源下载额外的类文件时会产生混淆。这种行为的原因，可以查看 http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/rmi/codebase.html。简单地讲，每个存根对象都有一个代码基项，指出了它是从何处加载的。这个代码基用来加载它所依赖的类。如果 RMI 注册表在本地找到了这样的类，那么它的代码基就会被设置为错误的值。

现在已经准备好启动服务器了。打开第三个控制台窗口，转到 server 目录，并执行下面的命令：

```
java -Djava.rmi.server.codebase=http://localhost:8080/ WarehouseServer
```

java.rmi.server.codebase 属性指出了服务类文件的 URL。服务器程序将这个 URL 传递给 RMI 注册表。

看一眼运行 NanoHTTPD 的控制台窗口，你就会发现一条消息，它在说明 Warehouse.class 文件已经注册到了 RMI 注册表中。

警告： 确保代码基 URL 以斜杠“/”结尾非常重要。

注意，服务器程序并没有退出。这看起来有些奇怪，毕竟这个程序只是创建并注册了一个 WarehouseImpl 对象。实际上，main 方法在注册完之后并没有像你预料的那样立即退出。当你创建了一个扩展自 UnicastRemoteObject 的类的对象时，将会启动一个单独的线程，它将保持该程序无限地存活下去。因此，该程序仍旧在那里允许客户端连接它。

最后，打开第四个控制台窗口，转到 client 目录，运行：

```
java WarehouseClient
```

你将会看到一条短消息，表示运行方法被成功调用（参见图 11-6）。

注意： 如果你只想测试基本的程序逻辑，那么可以将客户端和服务器的类文件放在同一个目录下。然后在这个目录中启动 RMI 注册表、服务器和客户端。但是，因为 RMI 类的加载很容易造成失败和混淆，所以我们觉得最好还是向你展示正确的用于动态类加载的设置。

11.3.4 记录 RMI 活动的日志

如果用下面的选项启动服务器：

```
-Djava.rmi.server.logCalls=true WarehouseServer &
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

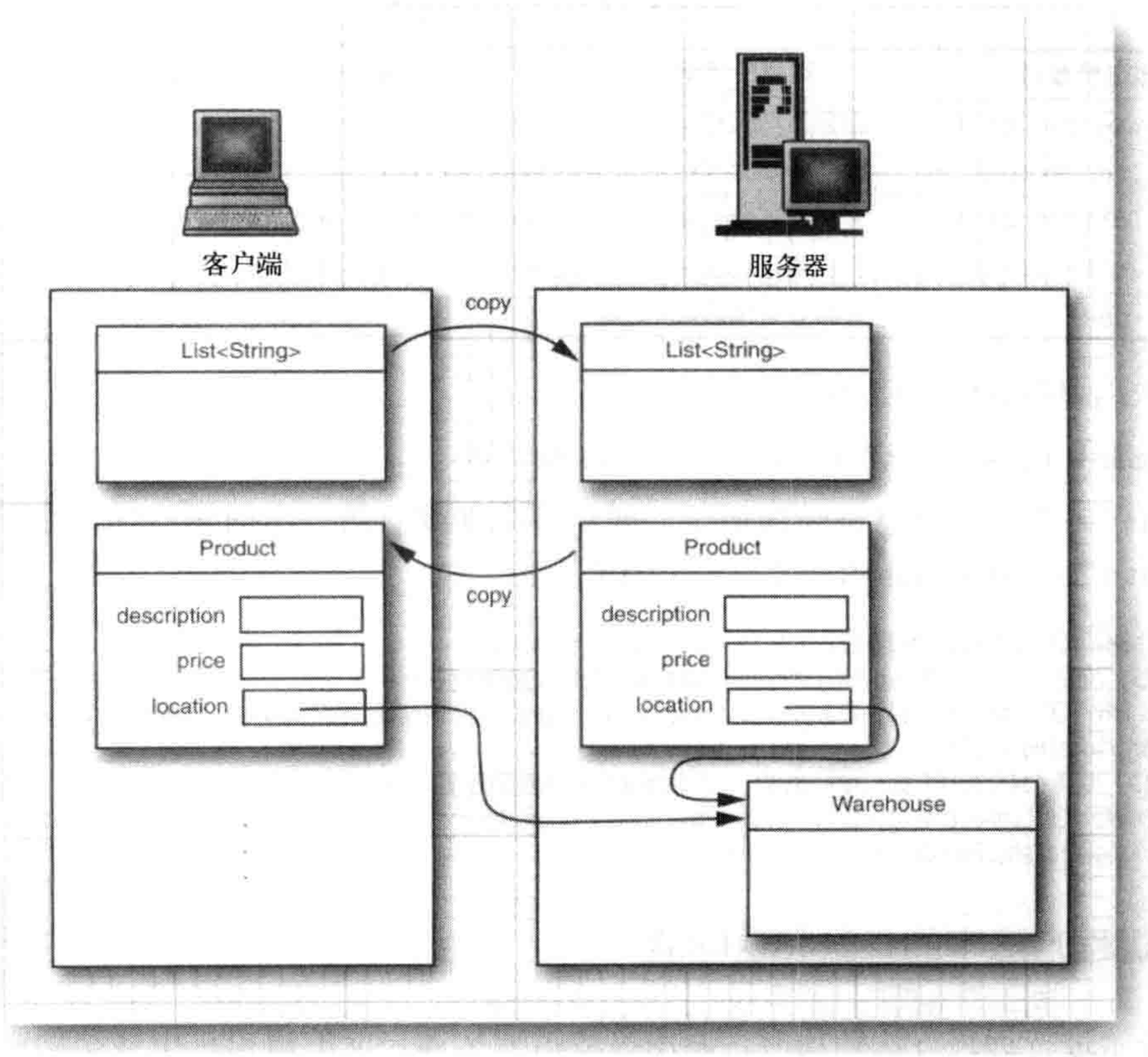


图 11-6 测试一个 RMI 应用

那么服务器会在其控制台上将所有的远程方法调用记录到日志中。试着运行一下，你会对 RMI 的通信量有深刻的印象。

如果想查看额外的日志信息，就必须用标准的 Java 日志 API 来配置日志记录器。(参见第 1 卷第 11 章以了解有关日志记录的更多信息。)

可以用下面的内容创建一个 `logging.properties` 文件。

```
handlers=java.util.logging.ConsoleHandler
.level=FINE
java.util.logging.ConsoleHandler.level=FINE
java.util.logging.ConsoleHandler.formatter=java.util.logging.SimpleFormatter
```

我们可以对设置进行调整，方法是为每一个日志记录器设置单独的等级而不是设置全局等级。表 11.1 列出了所有的 RMI 日志记录器。例如，要跟踪类的加载行为，可以设置为：

```
sun.rmi.loader.level=FINE
```

用以下选项启动 RMI 注册表：

```
-J-Djava.util.logging.config.file=directory/logging.properties
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表 11-1 RMI 日志记录器

日志记录器名	记录的活动	日志记录器名	记录的活动
sun.rmi.server.call	服务器端远程调用	sun.rmi.loader	RMIClassLoader
sun.rmi.server.ref	服务器端远程引用	sun.rmi.transport.misc	传输层
sun.rmi.client.call	客户端远程调用	sun.rmi.transport.tcp	TCP 绑定与连接
sun.rmi.client.ref	客户端远程引用	sun.rmi.transport.proxy	HTTP 通道
sun.rmi.dgc	分布式垃圾收集		

用以下选项启动客户端与服务器：

```
-Djava.util.logging.config.file=directory/logging.properties
```

下面代码为一个消息记录的例子，展示了类加载时的一个问题：RMI 注册表找不到 Warehouse 类，因为 Web 服务器已经关闭了。

```
FINE: RMI TCP Connection(1)-127.0.1.1: (port 1099) op = 80
Oct 13, 2007 4:43:30 PM sun.rmi.server.LoaderHandler loadProxyClass
FINE: RMI TCP Connection(1)-127.0.1.1: interfaces = [java.rmi.Remote, Warehouse], codebase =
"http://localhost:8080/"
Oct 13, 2007 4:43:30 PM sun.rmi.server.LoaderHandler loadProxyClass
FINE: RMI TCP Connection(1)-127.0.1.1: proxy class resolution failed
java.lang.ClassNotFoundException: Warehouse
```

11.4 远程方法中的参数和返回值

在开始进行远程方法调用时，调用参数需要从客户端的虚拟机中移动到服务器的虚拟机中。在调用完成之后，返回值需要进行反方向传递。对于从一个虚拟机向另一个虚拟机传值，我们将其区分成两种情况：传递远程对象和传递非远程对象。例如，假设 WarehouseServer 的客户端将一个对 Warehouse 的引用（即，通过它可以调用远程的仓库对象的一个存根）传递给了另一个远程方法，这就是传递远程对象的实例。但是，大多数的方法参数都是普通的 Java 对象，而不是远程对象的存根。在我们的第一个示范应用中的 getPrice 方法的 String 参数就是这样的一个实例。

11.4.1 传递远程对象

当一个对远程对象的引用从一个虚拟机传递到另一个虚拟机时，该远程对象的发送者和接收者都将持有一个对同一个实体的引用。这个引用并非是一个内存位置（内存位置在单个虚拟机内才有意义），而是由网络地址和该远程对象的惟一标识符构成的。这个信息封装在存根对象中。

从概念上讲，传递远程引用与在虚拟机内部传递本地对象引用很相似。但是，需要始终牢记的是在远程引用上的方法调用明显比在本地引用上的方法调用执行得慢，并且潜在地也更不可靠。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

11.4.2 传递非远程对象

考虑一下 getPrice 方法的 String 参数。这个字符串值需要从客户端复制到服务器上，我们不难想象字符串的副本是如何经由网络传输的。RMI 机制也可以生成更复杂的对象的副本，只要这些对象是可序列化的。RMI 使用第 1 章中描述的序列化机制来经由网络连接发送对象，这意味着任何实现了 Serializable 接口的类都可以用作参数和返回类型。

通过序列化来传递参数对远程方法的语义会产生很微妙的影响。当我们将对象传递给一个本地方法时，传递的是对象引用。如果该方法用某个修改方法对这个参数对象进行了操作，那么调用者会观察到这个变化。但是如果远程方法修改了某个序列化的参数，它修改的只是传递给它的副本，而调用者不会看到这种修改。

总结一下，在虚拟机之间传递值有两种机制：

- 实现了 Remote 接口的类的对象将作为远程引用传递。
- 实现了 Serializable 接口，但是没有实现 Remote 接口的类的对象将使用序列化进行复制。

这两种机制都是自动化的，而且不需要任何程序员的干预。请记住，序列化对于大型对象来说会比较慢，而且远程方法不能改变被序列化的参数。当然，你可以通过传递远程引用来避免这些问题。但是这么做代价太大：在远程引用上调用方法与调用本地方法相比，代价高得多。意识到这些开销有助于在设计远程服务时进行选择。

注意： 远程对象是被自动垃圾回收的，就像本地对象一样。但是，分布式的垃圾收集器明显要复杂得多。当本地垃圾收集器发现对某个远程引用没有更多的本地使用时，它会通知分布式收集器这个服务器不再被该客户端所引用。当一个服务器不再被任何客户端所使用时，它就会被标记成垃圾。

我们的下一个示例程序将展示远程和可序列化对象的传递。我们将 Warehouse 接口修改为程序清单 11-5 的样子，如果给定关键词列表，这个仓库将返回最佳匹配的 Product。

程序清单 11-5 warehouse2/Warehouse.java

```
1  import java.rmi.*;
2  import java.util.*;
3
4  /**
5     The remote interface for a simple warehouse.
6     @version 1.0 2007-10-09
7     @author Cay Horstmann
8  */
9  public interface Warehouse extends Remote
10 {
11    double getPrice(String description) throws RemoteException;
12    Product getProduct(List<String> keywords) throws RemoteException;
13 }
```

getProduct 方法的参数具有 List<String> 类型。因此，参数值必须属于实现了

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

List<String> 接口的可序列化的类，例如 ArrayList<String>。（我们的示范客户端传递了一个通过调用 Arrays.asList 方法而获得的值。幸运的是，这个方法也可以保证返回一个可序列化的列表。）

返回类型 Product 封装了产品的描述、价格和位置，参见程序清单 11-6。

注意，Product 类是可序列化的，服务器构建了一个 Product 对象，而客户端获取了它的一个副本（参见图 11-7）。

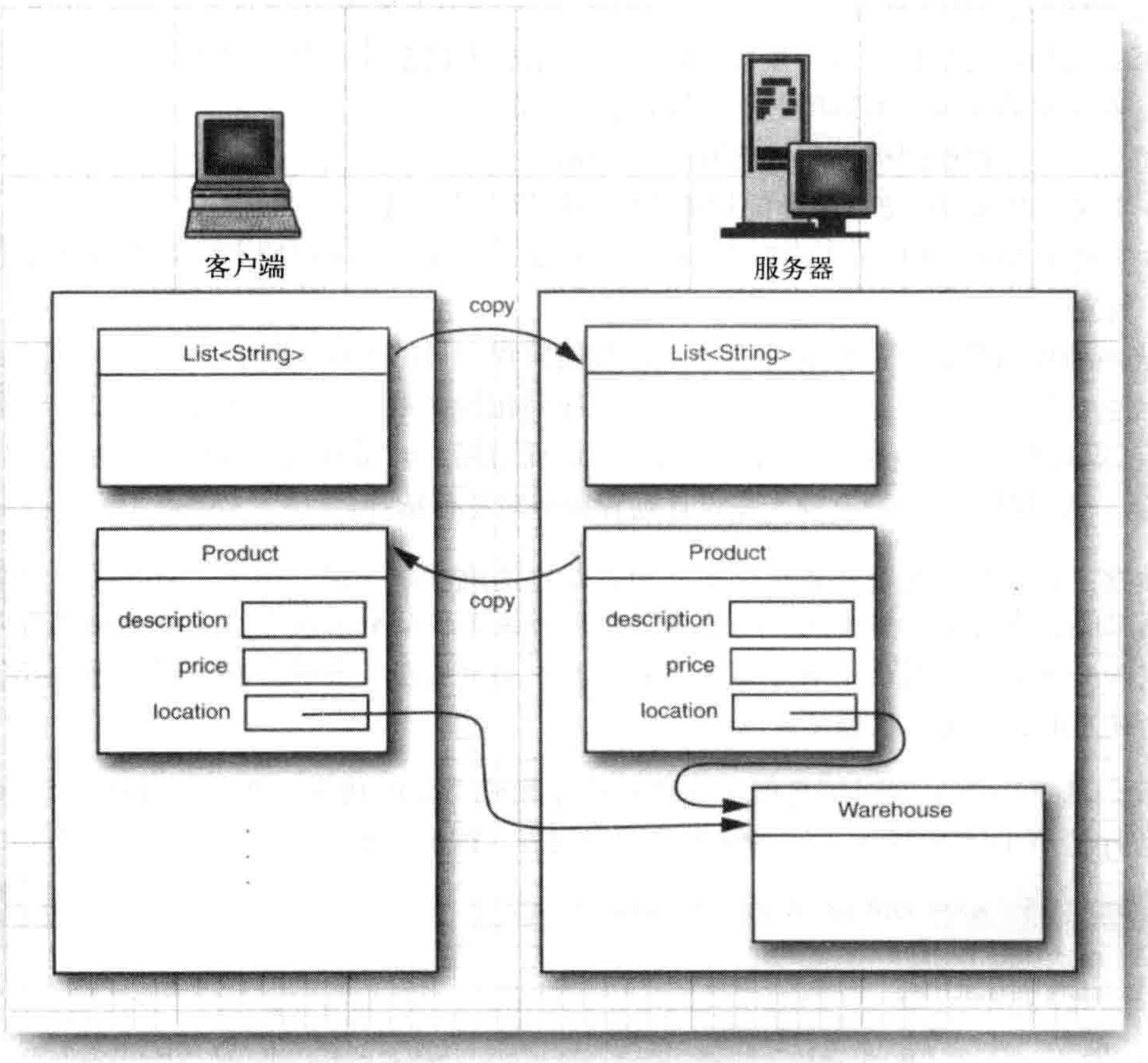


图 11-7 复制本地参数和结果对象

程序清单 11-6 warehouse2/Product.java

```
1  import java.io.*;
2
3  public class Product implements Serializable
4  {
5     private String description;
6     private double price;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
7     private Warehouse location;
8
9     public Product(String description, double price)
10    {
11       this.description = description;
12       this.price = price;
13    }
14
15    public String getDescription()
16    {
17       return description;
18    }
19
20    public double getPrice()
21    {
22       return price;
23    }
24
25    public Warehouse getLocation()
26    {
27       return location;
28    }
29
30    public void setLocation(Warehouse location)
31    {
32       this.location = location;
33    }
34 }
```

有些细节值得注意。Product 类有一个实例域，类型为远程接口 Warehouse。仓库对象不是可序列化的，而它又包含大量的状态。因此，客户端接收了一个远程 Warehouse 对象的存根。这个存根可能与 getProduct 方法被调用的那个 centralWarehouse 存根会有所不同。在我们的实现中，有两种产品，烤箱和书，它们位于不同的仓库中。

11.4.3 动态类加载

在下一个样例程序中，还有另一个微妙之处。关键词列表发送到了服务器，而且仓库也返回了 Product 类的一个实例。当然，客户端程序在编译时需要 Product.class 类文件。但是，只要我们的服务器程序无法找到关键词的匹配，它就会返回一件肯定让每个人都很高兴的产品：《Java 核心技术》这本书。这个对象是 Book 类的实例，而 Book 类是 Product 的子类。

当客户端编译时，它也许从未看到过 Book 类。但是在运行时，它需要能够执行覆盖了 Product 方法的 Book 方法，这说明客户端需要拥有在运行时加载额外类的能力。客户端使用了与 RMI 注册表相同的机制，即类由 Web 服务器提供服务，RMI 服务器类将 URL 传递给客户端，客户端创建要求下载这些类的 HTTP 请求。

只要一个程序从网络位置加载新的代码，就会涉及安全问题。正是由于这个原因，我们需要在动态加载类的 RMI 应用中使用安全管理器。（参见第 9 章有关类加载器和安全管理器

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

的更多信息。）

使用 RMI 的程序应该安装一个安全管理器，去控制动态加载类的行为。可以用下面的指令安装：

```
System.setSecurityManager(new SecurityManager());
```

注意： 如果所有的类在本地都可以获得，那么实际上就不需要安全管理器。如果你在部署时就了解程序中所有的类文件，那么你就可以全部在本地部署它们。但是，经常发生的情况是，客户端或服务器程序会随时间的推移而不断地演化，并添加进新的类。这时你就能够从动态类加载中受益。只要你从其他来源加载代码，就需要安全管理器。

默认情况下，SecurityManager 会限制程序中所有的代码去建立网络连接，但是，我们的程序需要建立到三个远程位置的网络连接：

- 加载远程类的 Web 服务器
- RMI 注册表
- 远程对象

为了允许这些操作，需要提供一个策略文件。（我们在第 9 章中十分详细地介绍过策略文件。）下面的策略文件允许一个应用建立任何到端口号至少为 1024 的某个端口的网络连接。（RMI 端口默认为 1099，远程对象使用的端口也大于等于 1024。我们使用 8080 端口来下载类。）

```
grant
{
   permission java.net.SocketPermission
      "*:1024-65535", "connect";
};
```

需要通过将 java.security.policy 属性设置为这个策略文件名，来指示安全管理器去读取该策略文件。可以使用下面这个调用。

```
System.setProperty("java.security.policy", "rmi.policy");
```

或者，可以在命令行指定系统属性设置。

```
-Djava.security.policy=rmi.policy
```

为了运行样例程序，请确保已经关闭了在前面的样例程序中启动的 RMI 注册表、Web 服务器和服务器程序。打开四个控制台窗口，然后执行下面的步骤：

1）编译接口、实现、客户端和服务器类的源文件。

```
javac *.java
```

2）创建三个目录：client、server 和 download，然后按下面这样组装它们：

```
client/
   WarehouseClient.class
   Warehouse.class
   Product.class
   client.policy
server/
   Warehouse.class
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
   Product.class
   Book.class
   WarehouseImpl.class
   WarehouseServer.class
   server.policy
download/
   Warehouse.class
   Product.class
   Book.class
```

3）在第一个控制台窗口中，转到不包含任何类文件的某个目录，启动 RMI 注册表。

4）在第二个控制台窗口中，转到 download 目录下，启动 NanoHTTP。

5）在第三个控制台窗口中，转到 server 目录下，启动服务器

```
java -Djava.rmi.server.codebase=http://localhost:8080/ WarehouseServer
```

6）在第四个控制台窗口中，转到 client 目录下，运行客户端

```
java WarehouseClient
```

程序清单 11-7 展示了 Book 类的代码。注意，getDescription 方法被覆盖为显示 ISBN。当客户端程序运行时，它显示了《 Java 核心技术》这本书的 ISBN，这证明 Book 类被动态加载了。程序清单 11-8 展示了仓库的实现。仓库拥有一个对备份仓库的引用。如果在这个仓库中找不到某个物品，就会搜索备份仓库。程序清单 11-9 展示了服务器程序。只有中心仓库进入了 RMI 注册表。注意，对备份仓库的远程引用可以传递给客户端，尽管它没有包括在 RMI 注册表中。当没有任何关键词匹配，并且《 Java 核心技术》这本书（其 location 域引用的是备份仓库）被发送给客户端时，就属于这种情况。

程序清单 11-7 warehouse2/Book.java

```
1  /**
2   * A book is a product with an ISBN number.
3   * @version 1.0 2007-10-09
4   * @author Cay Horstmann
5   */
6  public class Book extends Product
7  {
8     private String isbn;
9
10    public Book(String title, String isbn, double price)
11    {
12       super(title, price);
13       this.isbn = isbn;
14    }
15
16    public String getDescription()
17    {
18       return super.getDescription() + " " + isbn;
19    }
20 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 11-8 warehouse2/WarehouseImpl.java

```
1  import java.rmi.*;
2  import java.rmi.server.*;
3  import java.util.*;
4
5  /**
6   * This class is the implementation for the remote Warehouse interface.
7   * @version 1.01 2012-01-26
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class WarehouseImpl extends UnicastRemoteObject implements Warehouse
11 {
12    private Map<String, Product> products;
13    private Warehouse backup;
14
15    /**
16     * Constructs a warehouse implementation.
17     */
18    public WarehouseImpl(Warehouse backup) throws RemoteException
19    {
20       products = new HashMap<>();
21       this.backup = backup;
22    }
23
24    public void add(String keyword, Product product)
25    {
26       product.setLocation(this);
27       products.put(keyword, product);
28    }
29
30    public double getPrice(String description) throws RemoteException
31    {
32       for (Product p : products.values())
33          if (p.getDescription().equals(description)) return p.getPrice();
34       if (backup == null) return 0;
35       else return backup.getPrice(description);
36    }
37
38    public Product getProduct(List<String> keywords) throws RemoteException
39    {
40       for (String keyword : keywords)
41       {
42          Product p = products.get(keyword);
43          if (p != null) return p;
44       }
45       if (backup != null)
46          return backup.getProduct(keywords);
47       else if (products.values().size() > 0)
48          return products.values().iterator().next();
49       else
50          return null;
51    }
52 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 11-9 warehouse2/WarehouseServer.java

```
1  import java.rmi.*;
2  import javax.naming.*;
3
4  /**
5   * This server program instantiates a remote warehouse objects, registers it with the naming
6   * service, and waits for clients to invoke methods.
7   * @version 1.12 2007-10-09
8   * @author Cay Horstmann
9   */
10 public class WarehouseServer
11 {
12    public static void main(String[] args) throws RemoteException, NamingException
13    {
14       System.setProperty("java.security.policy", "server.policy");
15       System.setSecurityManager(new SecurityManager());
16
17       System.out.println("Constructing server implementation...");
18       WarehouseImpl backupWarehouse = new WarehouseImpl(null);
19       WarehouseImpl centralWarehouse = new WarehouseImpl(backupWarehouse);
20
21       centralWarehouse.add("toaster", new Product("Blackwell Toaster", 23.95));
22       backupWarehouse.add("java", new Book("Core Java vol. 2", "0132354799", 44.95));
23
24       System.out.println("Binding server implementation to registry...");
25       Context namingContext = new InitialContext();
26       namingContext.bind("rmi:central_warehouse", centralWarehouse);
27
28       System.out.println("Waiting for invocations from clients...");
29    }
30 }
```

11.4.4 具有多重接口的远程引用

一个远程类可以实现多个接口。考虑远程接口 ServiceCenter。

```
public interface ServiceCenter extends Remote
{
   int getReturnAuthorization(Product prod) throws RemoteException;
}
```

现在假设 WarehouseImpl 类实现了这个接口与 Warehouse 接口。当一个对 ServiceCenter 的引用被传递到另一个虚拟机时，接收者会获得一个可以访问在 ServiceCenter 与 Warehouse 接口中的所有远程方法的存根。可以使用 instanceof 操作符来查看一个特定的远程对象是否实现了某个接口。假设我们通过一个类型为 Warehouse 的变量得到了一个远程对象：

```
Warehouse location = product.getLocation();
```

这个远程对象可能是一个 ServiceCenter，但也可能不是。要确定到底是不是，可以使用下面的测试：

```
if (location instanceof ServiceCenter)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果测试通过，就可以将location转型为ServiceCenter，并调用getReturnAuthorization方法。

11.4.5 远程对象与equals、hashCode和clone方法

插入集（set）中的对象必须覆写equals方法。如果是散列集或散列映射表，则需定义hashCode方法。然而，比较远程对象时有一个问题。如果要比较两个远程对象是否具有相同的内容，调用equals则必须联系包含这些对象的服务器，然后比较它们的内容，而该调用可能会失败。但是，Object类中的equals方法并未声明会抛出RemoteException异常，而远程接口中的所有方法都必须抛出该异常。因为子类的方法不能比它覆写的父类的方法抛出更多的异常，所以不能在远程接口中定义equals方法。hashCode也是这样。

相反，存根对象的equals和hashCode方法只是查看远程对象的位置。只要它们指向相同的远程对象，equals方法就认为两个存根相同。指向不同远程对象的存根绝不可能相同，即使那两个对象有一样的内容。相似地，散列码只能通过对象的标识符来计算。

由于相同的技术上的原因，远程引用也没有clone方法。如果真的可以调用clone方法，让服务器克隆出一个远程对象，那么clone方法就有可能抛出RemoteException异常。然而，在根类Object中定义clone方法时，就已经保证绝不会抛出CloneNotSupportedException之外的任何异常。

总之，可以使用集与散列表中的远程引用，但是必须记住，对它们进行等价测试以及散列计算并不会考虑远程对象的内容。不能直接克隆远程引用。

11.5 远程对象激活

在前面的例子中，我们使用了一个服务器程序来实例化和注册对象，以便客户端能够对它们进行远程调用。然而，在某些情况下，实例化大量的远程对象是一种浪费，因为无论客户端是否使用它们，它们都在一直等待连接。*激活机制*（activation）允许延迟构造远程对象，仅当至少有一个客户端调用远程对象上的远程方法时，才真正去构造该远程对象。

要享用激活机制的好处，客户端代码完全无需改动。客户端只是简单地请求一个远程引用，然后通过它进行调用而已。

然而，服务器程序则需由一个激活程序来代替。该程序构造了对象的*激活描述符*（activation descriptor），这样的对象可以延迟构造，并且该程序通过命名服务为远程方法调用绑定了接收者。第一次对这样的对象进行方法调用时，激活描述符中的信息将会用来构造该对象。

这样的远程对象必须继承Activatable类而不是UnicastRemoteObject类，当然，还需实现一个或多个远程接口。例如，

```
class WarehouseImpl
   extends Activatable
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
   implements Warehouse
{
   . . .
}
```

因为对象的构造是延迟进行的，所以它必须以标准方式实现。因此，构造器必须包含以下两个参数：

- 一个激活 ID（只需直接传递给父类的构造器）。
- 一个包含所有构造信息的对象，包装为 MarshalledObject。

如果需要多个构造参数，必须将它们打包为一个对象。通常可以使用一个 Object[] 数组或一个 ArrayList 来达到此目的。

在构建激活描述符时，需要像下面这样从构造信息中构造一个 MarshalledObject：

```
MarshalledObject<T> param = new MarshalledObject<T>(constructionInfo);
```

在实现对象的构造器中，使用 MarshalledObject 类的 get 方法来获得反序列化之后的构造信息：

```
T constructionInfo = param.get();
```

为了演示激活，我们修改了 WarehouseImpl 类，使得构造信息是一个由描述和价格构成的映射表。这个信息被封装到 MarshalledObject 中，并且在构造器中拆包出来：

```
public WarehouseImpl(ActivationID id, MarshalledObject<Map<String, Double>> param)
      throws RemoteException, ClassNotFoundException, IOException
{
   super(id, 0);
   prices = param.get();
   System.out.println("Warehouse implementation constructed.");
}
```

将 0 作为父类构造器的第二个参数，代表 RMI 类库应该分配一个合适的端口号作为监听器端口。

构造器会打印一个消息，这样就可以看到仓库对象是按需激活的。

注意： 其实远程对象不是一定要扩展 Activatable 类，例如，可以将下面的静态方法调用放在服务器类的构造器中：

```
Activatable.exportObject(this, id, 0)
```

现在，我们来看看激活程序。首先，需要定义一个激活组。一个激活组描述了启动远程对象所在的虚拟机所需的公共参数，其中最重要的参数是安全策略。

然后如下构造一个激活组描述符：

```
Properties props = new Properties();
props.put("java.security.policy", "/path/to/server.policy");
ActivationGroupDesc group = new ActivationGroupDesc(props, null);
```

第二个参数描述了一个特殊的命令选项，在这个例子中不需要任何选项，所以我们传递了一个 null 引用。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

接下来，创建一个组 ID

```
ActivationGroupID id = ActivationGroup.getSystem().registerGroup(group);
```

现在就可以构造一个激活描述符了。对于应该按需构造的每一个对象，都应该包括：

- 激活组 ID，对象将在与其对应的虚拟机上被构造。
- 类的名字（例如“WarehouseImpl”或“com.mycompany.MyClassImpl”）。
- URL 字符串，类文件将从该 URL 处加载。这应该是基本 URL，不含包的路径。
- 编组后的构造信息。

例如，

```
MarshalledObject param = new MarshalledObject(constructionInfo);
ActivationDesc desc = new ActivationDesc(id, "WarehouseImpl",
   "http://myserver.com/download/", param);
```

将此描述符传递给静态的 Activatable.register 方法。它返回一个类的对象，该对象实现了实现类的远程接口。可以使用命名服务绑定该对象：

```
Warehouse centralWarehouse = (Warehouse) Activatable.register(desc);
namingContext.bind("rmi:central_warehouse", centralWarehouse);
```

与前例的服务器程序不同，激活程序在注册与绑定激活接收者之后就会退出。仅当远程方法调用第一次发生时，才会构造远程对象。

程序清单 11-10 与 11-11 展示了激活程序和可激活的仓库实现。仓库接口与客户端程序不用改变。

要启动该程序，可按以下步骤进行：

1）编译所有源文件。

2）像下面这样发布类文件：

```
client/
   WarehouseClient.class
   Warehouse.class
server/
   WarehouseActivator.class
   Warehouse.class
   WarehouseImpl.class
   server.policy
download/
   Warehouse.class
   WarehouseImpl.class
rmi/
   rmid.policy
```

3）在 rmi 目录（它不包含任何类文件）中启动 RMI 注册表。

4）在 rmi 目录中启动 RMI 激活守护程序。

```
rmid -J-Djava.security.policy=rmid.policy
```

rmid 程序监听激活请求，并且激活另一个虚拟机中的对象。要启动一个虚拟机，rmid 程序需要一定的权限。这些权限都在一个策略文件中说明了（参见程序清单 11-12）。使

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

用 -J，可以传递一个选项给运行激活守护程序的虚拟机。

5）在 download 目录中启动 NanoHTTPD Web 服务器。

6）从 server 目录运行激活程序。

```
java -Djava.rmi.server.codebase=http://localhost:8080/ WarehouseActivator
```

在使用命名服务对激活接收者进行注册之后，该程序就会退出。（你可能想知道为什么需要指定代码基，因为在激活描述符的构造器中已经提供了代码基。然而，由于在激活描述符中的这个信息只是由 RMI 激活守护程序处理的，RMI 注册表仍旧需要代码基去加载远程接口类。）

7）从 client 目录运行客户端程序。

```
java WarehouseClient
```

该客户端程序会打印熟悉的产品描述。第一次运行客户端程序时，在激活守护程序所在的 shell 窗口中还可以看到构造器的消息。

程序清单 11-10 activation/WarehouseActivator.java

```
1  import java.io.*;
2  import java.rmi.*;
3  import java.rmi.activation.*;
4  import java.util.*;
5  import javax.naming.*;
6
7  /**
8   * This server program instantiates a remote warehouse object, registers it with the naming
9   * service, and waits for clients to invoke methods.
10  * @version 1.13 2012-01-26
11  * @author Cay Horstmann
12  */
13 public class WarehouseActivator
14 {
15    public static void main(String[] args) throws RemoteException, NamingException,
16          ActivationException, IOException
17    {
18       System.out.println("Constructing activation descriptors...");
19
20       Properties props = new Properties();
21       // use the server.policy file in the current directory
22       props.put("java.security.policy", new File("server.policy").getCanonicalPath());
23       ActivationGroupDesc group = new ActivationGroupDesc(props, null);
24       ActivationGroupID id = ActivationGroup.getSystem().registerGroup(group);
25
26       Map<String, Double> prices = new HashMap<>();
27       prices.put("Blackwell Toaster", 24.95);
28       prices.put("ZapXpress Microwave Oven", 49.95);
29       MarshalledObject<Map<String, Double>> param = new MarshalledObject<Map<String, Double>>(
30             prices);
31
32       String codebase = "http://localhost:8080/";
33
34       ActivationDesc desc = new ActivationDesc(id, "WarehouseImpl", codebase, param);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
35
36       Warehouse centralWarehouse = (Warehouse) Activatable.register(desc);
37
38       System.out.println("Binding activable implementation to registry...");
39       Context namingContext = new InitialContext();
40       namingContext.bind("rmi:central_warehouse", centralWarehouse);
41       System.out.println("Exiting...");
42    }
43 }
```

程序清单 11-11 activation/WarehouseImpl.java

```
1  import java.io.*;
2  import java.rmi.*;
3  import java.rmi.activation.*;
4  import java.util.*;
5
6  /**
7   * This class is the implementation for the remote Warehouse interface.
8   * @version 1.0 2007-10-20
9   * @author Cay Horstmann
10  */
11 public class WarehouseImpl extends Activatable implements Warehouse
12 {
13    private Map<String, Double> prices;
14
15    public WarehouseImpl(ActivationID id, MarshalledObject<Map<String, Double>> param)
16          throws RemoteException, ClassNotFoundException, IOException
17    {
18       super(id, 0);
19       prices = param.get();
20       System.out.println("Warehouse implementation constructed.");
21    }
22
23    public double getPrice(String description) throws RemoteException
24    {
25       Double price = prices.get(description);
26       return price == null ? 0 : price;
27    }
28 }
```

程序清单 11-12 activation/rmid.policy

```
1 grant
2 {
3    permission com.sun.rmi.rmid.ExecPermission
4       "${java.home}${/}bin${/}java";
5    permission com.sun.rmi.rmid.ExecOptionPermission
6       "-Djava.security.policy=*";
7 };
```

API java.rmi.activation.Activatable 1.2

- `protected Activatable(ActivationID id, int port)`

  构造一个可激活对象，并在给定端口设立一个监听器。端口为 0 表示自动分配一个端口。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- `static Remote exportObject(Remote obj, ActivationID id, int port)`
  使一个远程对象成为可激活的对象。该方法返回一个可供远程调用的发起者使用的激活接收者。端口为 0 代表一个自动分配的端口。
- `static Remote register(ActivationDesc desc)`
  为一个可激活对象注册其描述符，做好接收远程调用的准备。该方法返回一个可供远程调用的发起者使用的激活接收者。

API java.rmi.MarshalledObject 1.2

- `MarshalledObject(Object obj)`
  构造一个对象，它包含给定对象序列化后的数据。
- `Object get()`
  将存储的对象数据反序列化，然后返回该对象。

API java.rmi.activation.ActivationGroupDesc 1.2

- `ActivationGroupDesc(Properties props, ActivationGroupDesc.CommandEnvironment env)`
  构造一个激活组的描述符，设置被激活对象所在虚拟机的一些属性。参数 env 包含启动虚拟机的路径和命令行选项，如果不需要特别设置，可以使用 null。

API java.rmi.activation.ActivationGroup 1.2

- `static ActivationSystem getSystem()`
  返回一个对激活系统的引用。

API *java.rmi.activation.ActivationSystem* 1.2

- `ActivationGroupID registerGroup(ActivationGroupDesc group)`
  注册一个激活组，并返回该组的 ID。

API java.rmi.activation.ActivationDesc 1.2

- `ActivationDesc(ActivationGroupID id, String className, String classFileURL, MarshalledObject data)`
  构造一个激活描述符。

你已经看到了 RMI 机制，这是一种用于 Java 程序的分布式对象模型。在最后一章，我们将转向 Java 编程的另一个完全不同的方面：与同一台机器上用不同编程语言编写的“本地”代码进行交互。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

第12章 本地方法

- ▲ 从 Java 程序中调用 C 函数
- ▲ 数值参数与返回值
- ▲ 字符串参数
- ▲ 访问域
- ▲ 编码签名
- ▲ 调用 Java 方法
- ▲ 访问数组元素
- ▲ 错误处理
- ▲ 使用调用 API
- ▲ 完整的示例：访问 Windows 注册表

原则上说，“100% 纯 Java”的解决方案是非常好的，但有时你也会想要编写或使用其他语言的代码（这种代码通常称为本地代码）。

特别是在 Java 的早期阶段，许多人都认为使用 C 或 C++ 来加速 Java 应用中关键部分是个好主意。但是，实际上，这基本上是徒劳的。1996 年 JavaOne 会议上有一个演讲很明确地说明了这一点，来自 Sun Microsystems 的密码系统类库的实现者报告说他们的纯 Java 平台实现（带密码功能）已臻化境。他们的代码确实没有已有的 C 实现快，但是事实证明这无关紧要。Java 平台实现比网络 I/O 要快得多，而后者是真正的瓶颈，这是案情。

当然，求助于本地代码是有缺陷的。如果应用的某个部分是用其他语言编写的，那么就必须为需要支持的每个平台都提供一个单独的本地类库。用 C 或 C++ 编写的代码没有对通过使用无效指针所造成的内存覆写提供任何保护。编写本地代码很容易破坏你的程序，并感染操作系统。

因此，我们建议只有在必需的时候才使用本地代码。特别是在以下三种情况下，也许可以使用本地代码：

- 你的应用需要访问的系统特性和设备通过 Java 平台是无法实现的。
- 你已经有了大量的测试过和调试过的用另一种语言编写的代码，并且知道如何将其导出到所有的目标平台上。
- 通过基准测试，你发现所编写的 Java 代码比用其他语言编写的等价代码要慢得多。

Java 平台有一个用于和本地 C 代码进行互操作的 API，称为 Java 本地接口（JNI）。我们将在本章讨论 JNI 编程。

C++ 注意：你可以使用 C++ 代替 C 来编写本地方法。这样会有一些好处：类型检查会更严格一些，访问 JNI 函数会更便捷一些。然而，JNI 并不支持 Java 类和 C++ 类之间的任何映射机制。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

12.1 从 Java 程序中调用 C 函数

假设你有一个 C 函数，它能为你实现某个功能，因为某种原因，你不想费事使用 Java 编程语言重新实现它。为了方便说明问题，我们从一个很简单的打印问候语的 C 函数入手。

Java 编程语言使用关键字 native 表示本地方法，而且很显然，你还需要在类中放置一个方法。其结果显示在程序清单 12-1 中。

关键字 native 提醒编译器该方法将在外部定义。当然，本地方法不包含 Java 编程语言的代码，而且方法标题后直接跟着一个表示终结的分号。因此，本地方法声明看上去和抽象方法声明类似。

程序清单 12-1 helloNative/HelloNative.java

```
1  /**
2   * @version 1.11 2007-10-26
3   * @author Cay Horstmann
4   */
5  class HelloNative
6  {
7     public static native void greeting();
8  }
```

注意： 与前章一样，为了保持样例的简单性，我们在这里也不使用包。

在这个特定示例中，本地方法也被声明为 static。本地方法既可以是静态的也可以是非静态的，我们使用静态方法是因为我们还不需要处理参数传递。

你实际上可以编译这个类，但是在程序中使用它时，虚拟机就会告诉你它不知道如何找到 greeting，它会报告一个 UnsatisfiedLinkError 异常。为了实现本地代码，需要编写一个相应的 C 函数，你必须完全按照 Java 虚拟机预期的那样来命名这个函数。其规则是：

1）使用完整的 Java 方法名，比如：HelloNative.greeting。如果类属于某个包，那么在前面添加包名，比如：com.horstmann.HelloNative.greeting。

2）用下划线替换掉所有的句号，并加上 Java_ 前缀，例如，Java_HelloNative_greeting 或 Java_com_horstmann_HelloNative_greeting。

3）如果类名含有非 ASCII 字母或数字，如：'_'，'$' 或是大于 '\u007F' 的 Unicode 字符，用 _0xxxx 来替代它们，xxxx 是该字符的 Unicode 值的 4 个十六进制数序列。

注意： 如果你重载本地方法，也就是说，你用相同的名字提供多个本地方法，那么你必须在名称后附加两个下划线，后面再加上已编码的参数类型。在本章后面，我们将描述参数类型的编码方法。例如，如果你有一个本地方法 greeting 和另一个本地方法 greeting(int repeat)，那么，第一个称为 Java_HelloNative_greeting__，第二个称为 Java_HelloNative_greeting__I。

实际上，没人会手工完成这些操作。相反，你应该运行 javah 实用程序，它能够自动生成函数名。要使用 javah，首先要编译程序清单 12-1 中的源文件。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
javac HelloNative.java
```

接着，调用 javah 实用程序，从该类文件中产生一个 C 的头文件。Javah 可执行文件可以在 jdk/bin 目录下找到。可以用类的名字来调用它，就像调用 Java 编译器一样。例如，

```
javah HelloNative
```

这条命令会产生一个头文件 HelloNative.h，参见程序清单 12-2。

程序清单 12-2 helloNative/HelloNative.h

```
1  /* DO NOT EDIT THIS FILE - it is machine generated */
2  #include <jni.h>
3  /* Header for class HelloNative */
4
5  #ifndef _Included_HelloNative
6  #define _Included_HelloNative
7  #ifdef __cplusplus
8  extern "C" {
9  #endif
10 /*
11  * Class:     HelloNative
12  * Method:    greeting
13  * Signature: ()V
14  */
15 JNIEXPORT void JNICALL Java_HelloNative_greeting
16   (JNIEnv *, jclass);
17
18 #ifdef __cplusplus
19 }
20 #endif
21 #endif
```

如你所见，这个文件包含了函数 Java_HelloNative_greeting 的声明（字符串 JNIEXPORT 和 JNICALL 是在头文件 jni.h 中定义的，它们为那些来自动态装载库的导出函数标明了依赖于编译器的说明符）。

现在，需要将函数原型从头文件中复制到源文件中，并且给出函数的实现代码，如程序清单 12-3 所示。

程序清单 12-3 helloNative/HelloNative.c

```
1  /*
2     @version 1.10 1997-07-01
3     @author Cay Horstmann
4  */
5
6  #include "HelloNative.h"
7  #include <stdio.h>
8
9  JNIEXPORT void JNICALL Java_HelloNative_greeting(JNIEnv* env, jclass cl)
10 {
11    printf("Hello Native World!\n");
12 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

在这个简单的函数中，我们忽略了 env 和 cl 参数。后面你会看到它们的用处。

C++ **C++ 注意：** 你可以使用 C++ 实现本地方法。然而，那样你必须将实现本地方法的函数声明为 extern"C"（这可以阻止 C++ 编译器混编方法名）。例如：

```
extern "C"
JNIEXPORT void JNICALL Java_HelloNative_greeting(JNIEnv* env, jclass cl)
{
   cout << "Hello, Native World!" << endl;
}
```

将本地 C 代码编译到一个动态装载库中，具体方法依赖于编译器。

例如，Linux 下的 Gnu C 编译器，使用如下命令：

```
gcc -fPIC -I jdk/include -I jdk/include/linux -shared -o libHelloNative.so HelloNative.c
```

如果是 Solaris 操作系统的 Sun 编译器，命令是：

```
cc -G -I jdk/include -I jdk/include/solaris -o libHelloNative.so HelloNative.c
```

用 Windows 下的微软编译器，命令是：

```
cl -I jdk\include -I jdk\include\win32 -LD HelloNative.c -FeHelloNative.dll
```

这里 *jdk* 是含有 JDK 的目录。

提示： 如果你要从命令 shell 中使用微软的编译器，首先要运行批处理文件 vcvars32.net 或 vsvars32.bat。这个批处理文件设置了编译器需要的路径和环境变量。你可以在目录 c:\Program Files\Microsoft Visual Studio .NET 2003\Common7\tools，c:\Program Files\Microsoft Visual Studio 8\VC（或类似位置）找到该文件。

也可以使用可从 http://www.cygwin.com 自由获取的 Cygwin 编程环境。它包含了 Gnu C 编译器和 Windows 下的 UNIX 风格编程的库。使用 Cygwin 时，用以下命令：

```
gcc -mno-cygwin -D __int64="long long" -I jdk/include/ -I jdk/include/win32
   -shared -Wl,--add-stdcall-alias -o HelloNative.dll HelloNative.c
```

整个命令应该键入在同一行中。

注意： Windows 版本的头文件 jni_md.h 含有如下类型声明：

```
typedef __int64 jlong;
```

它是专门用于微软编译器的。如果你使用的是 Gnu 编译器，那么你就需要修改这个文件，例如：

```
#ifdef __GNUC__
   typedef long long jlong;
#else
   typedef __int64 jlong;
#endif
```

或者，如编译器调用的示例那样，使用 -D __int64="long long" 进行编译。

最后，我们要在程序中添加一个对 System.loadLibrary 方法的调用。为了确保虚拟

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

机在第一次使用该类之前就会装载这个库，需要使用静态初始化代码块，如程序清单 12-4 所示。

图 12-1 给出了对本地代码处理的总结。

程序清单 12-4 helloNative/HelloNativeTest.java

```
1  /**
2   *  @version 1.11 2007-10-26
3   *  @author Cay Horstmann
4   */
5  class HelloNativeTest
6  {
7     public static void main(String[] args)
8     {
9        HelloNative.greeting();
10    }
11
12    static
13    {
14       System.loadLibrary("HelloNative");
15    }
16 }
```

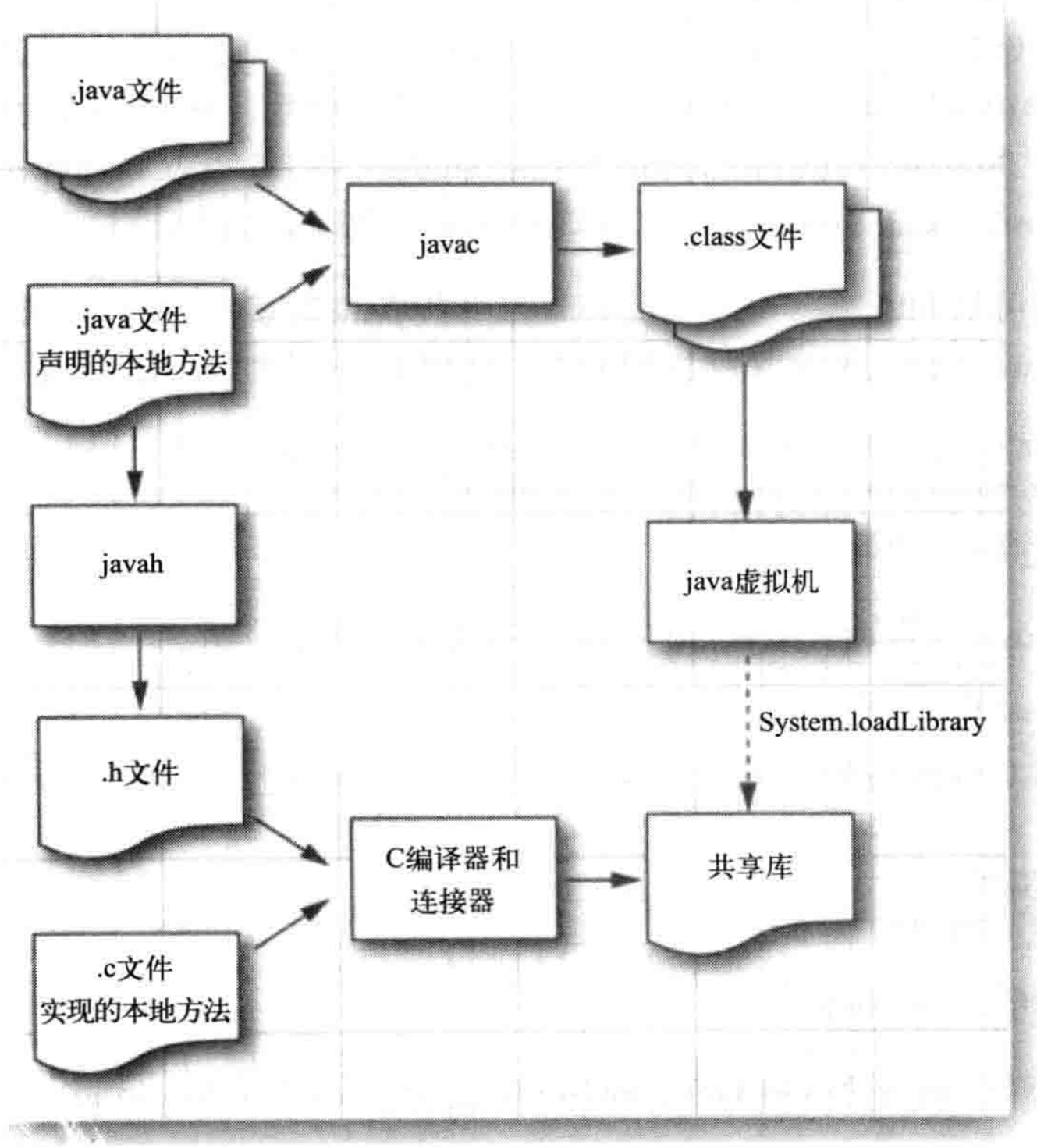


图 12-1 处理本地代码

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果编译并运行该程序，终端窗口会显示消息“Hello, Native World!”。

注意： 如果运行在 Linux 下，必须把当前目录添加到库路径中。实现方式可以是通过设置 LD_LIBRARY_PATH 环境变量：

```
export LD_LIBRARY_PATH=.:$LD_LIBRARY_PATH
```

或者是设置 java.library.path 系统属性：

```
java -Djava.library.path=. HelloNativeTest
```

当然，这个消息本身并不会给人留下深刻印象。然而，如果你记住这个信息是由 C 的 printf 命令产生而不是由任何 Java 编程语言代码产生的话，你就会明白我们已经在连接两种语言上走出了第一步。

总之，遵循下面的步骤就可以将一个本地方法链接到 Java 程序中：

1）在 Java 类中声明一个本地方法。

2）运行 javah 以获得包含该方法的 C 声明的头文件。

3）用 C 实现该本地方法。

4）将代码置于共享类库中。

5）在 Java 程序中加载该类库。

API java.lang.System 1.0

- void loadLibrary(String libname)

  装载指定名字的库，该库位于库搜索路径中。定位该库的确切方法依赖于操作系统。

注意： 一些本地代码的共享库必须先运行初始化代码。你可以把初始化代码放到 JNI_OnLoad 方法中。类似地，如果你提供该方法，当虚拟机关闭时，将会调用 JNI_OnUnload 方法。它们的原型是：

```
jint JNI_OnLoad(JavaVM* vm, void* reserved);
void JNI_OnUnload(JavaVM* vm, void* reserved);
```

JNI_OnLoad 方法要返回它所需的虚拟机的最低版本，例如：JNI_VERSION_1_2。

12.2 数值参数与返回值

当在 C 和 Java 之间传递数字时，应该知道它们彼此之间的对应类型。例如，C 也有 int 和 long 的数据类型，但是它们的实现却是取决于平台的。在一些平台上，int 类型是 16 位的，在另外一些平台上是 32 位的。然而，在 Java 平台上 int 类型总是 32 位的整数。基于这个原因，Java 本地接口定义了 jint、jlong 等类型。

表 12-1 显示了 Java 数据类型和 C 数据类型的对应关系。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表 12-1 Java 数据类型和 C 数据类型

Java 编程语言	C 编程语言	字 节	Java 编程语言	C 编程语言	字 节
boolean	jboolean	1	int	jint	4
byte	jbyte	1	long	jlong	8
char	jchar	2	float	jfloat	4
short	jshort	2	double	jdouble	8

在头文件 jni.h 中，这些类型被 typedef 语句声明为在目标平台上等价的类型。该头文件还定义了常量 JNI_FALSE = 0 和 JNI_TRUE = 1。

用 printf 格式化数字

直到 Java SE 5.0，Java 才有了与 C 语言的 printf 函数相类似的方法。在下面的示例中，我们假设你依然坚持使用古老版本的 JDK，并且决定通过调用本地方法中的 C 的 printf 函数来实现同样的功能。

程序清单 12-5 给出了一个名为 Printf1 的类，它使用本地方法来打印给定域宽度和精度的浮点数。

程序清单 12-5 printf1/Printf1.java

```
1  /**
2   * @version 1.10 1997-07-01
3   * @author Cay Horstmann
4   */
5  class Printf1
6  {
7     public static native int print(int width, int precision, double x);
8
9     static
10    {
11       System.loadLibrary("Printf1");
12    }
13 }
```

注意，用 C 实现该方法时，所有的 int 和 double 参数都要转换成 jint 和 jdouble，如程序清单 12-6 所示。

程序清单 12-6 printf1/Printf1.c

```
1  /**
2     @version 1.10 1997-07-01
3     @author Cay Horstmann
4  */
5
6  #include "Printf1.h"
7  #include <stdio.h>
8
9  JNIEXPORT jint JNICALL Java_Printf1_print(JNIEnv* env, jclass cl,
10    jint width, jint precision, jdouble x)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
11 {
12    char fmt[30];
13    jint ret;
14    sprintf(fmt, "%%%d.%df", width, precision);
15    ret = printf(fmt, x);
16    fflush(stdout);
17    return ret;
18 }
```

该函数只是装配了变量 fmt 中的格式字符串 "%w.pf"，然后调用 printf 函数，接着返回打印出的字符的个数。

程序清单 12-7 给出了验证 Printf1 类的测试程序。

程序清单 12-7 printf1/Printf1Test.java

```
1  /**
2   * @version 1.10 1997-07-01
3   * @author Cay Horstmann
4   */
5  class Printf1Test
6  {
7     public static void main(String[] args)
8     {
9        int count = Printf1.print(8, 4, 3.14);
10       count += Printf1.print(8, 4, count);
11       System.out.println();
12       for (int i = 0; i < count; i++)
13          System.out.print("-");
14       System.out.println();
15    }
16 }
```

12.3 字符串参数

接着，我们要考虑怎样把字符串传入、传出本地方法。如你所知，Java 编程语言中的字符串是 UTF-16 编码点的序列，而 C 的字符串则是以 null 结尾的字节序列，所以在这两种语言中的字符串是很不一样的。Java 本地接口有两组操作字符串的函数，一组把 Java 字符串转换成“改良的 UTF-8”字节序列，另一组将它们转换成 UTF-16 数值的数组，也就是说转换成 jchar 数组。（UTF-8、“改良的 UTF-8”和 UTF-16 格式都已经在卷 I 第 12 章中讨论过了，请回忆一下，“改良的 UTF-8”编码保持 ASCII 字符不变，但是其他所有 Unicode 字符被编码为多字节序列。）

注意： 标准 UTF-8 编码和“改良的 UTF-8”编码的差别仅在于编码大于 0xFFFF 的增补字符。在标准 UTF-8 编码中，这些字符编码为 4 字节序列；然而，在改良的编码中，这些字符首先被编码为一对 UTF-16 编码的“替代品”，然后再对每个替代品用 UTF-8 编码，总共产生 6 字节编码。这有点笨拙，但这是个由历史原因造成的意外，编写 Java 虚拟机规范的时候 Unicode 还局限在 16 位。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

如果你的C代码已经使用了Unicode，你可以使用第二组转换函数。另一方面，如果你的字符串都仅限于使用ASCII字符，你可以使用“改良的UTF-8”转换函数。

带有字符串参数的本地方法实际上都要接受一个 jstring 类型的值，而带有字符串参数返回值的本地方法必须返回一个 jstring 类型的值。JNI函数将读入并构造出这些 jstring 对象。例如，NewStringUTF 函数从包含ASCII字符的字符数组，或者是更一般的“改良的UTF-8”编码的字节序列，创建一个新的 jstring 对象。

JNI函数有一个有些古怪的调用惯例。下面是对 NewStringUTF 函数的一个调用：

```
JNIEXPORT jstring JNICALL Java_HelloNative_getGreeting(JNIEnv* env, jclass cl)
{
   jstring jstr;
   char greeting[] = "Hello, Native World\n";
   jstr = (*env)->NewStringUTF(env, greeting);
   return jstr;
}
```

注意：本章中的所有代码都是C代码，除了指明为别的代码。

所有对JNI函数的调用都使用到了 env 指针，该指针是每一个本地方法的第一个参数。env 指针是指向函数指针表的指针（参见图12-2）。所以，你必须在每个JNI调用前面加上 (*env)->，以便实际上解析对函数指针的引用。而且，env 是每个JNI函数的第一个参数。

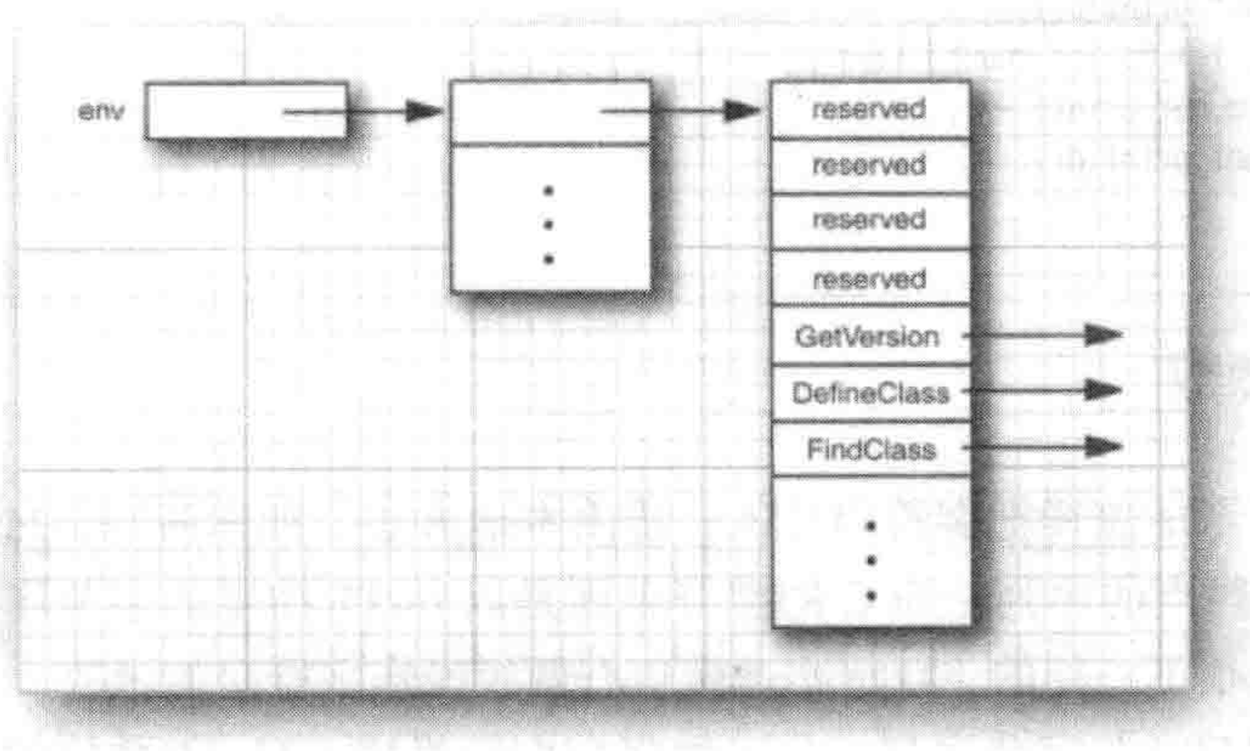


图12-2 env指针

C++注意：C++中对JNI函数的访问要简单一些。JNIEnv 类的C++版本有一个内联成员函数，它负责帮你查找函数指针。例如，你可以这样调用 NewStringUTF 函数：

```
jstr = env->NewStringUTF(greeting);
```

注意，这里忽略了该调用的参数列表里的 JNIEnv 指针。

NewStringUTF 函数可以用来构造一个新的 jstring，而读取现有 jstring 对象的内容，需要使用 GetStringUTFChars 函数。该函数返回指向描述字符串的“改良UTF-8”字

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

符的 const jbyte* 指针。注意，具体的虚拟机可以为其内部的字符串表示自由选择编码机制。所以，你可以得到实际的 Java 字符串的字符指针。因为 Java 字符串是不可变的，所以慎重处理 const 就显得非常重要，不要试图将数据写到该字符数组中。另一方面，如果虚拟机使用 UTF-16 或 UTF-32 字符作为其内部字符串的表示，那么该函数会分配一个新的内存块来存储等价的“改良 UTF-8”编码字符。

虚拟机必须知道你何时使用完字符串，这样它就能进行垃圾回收（垃圾回收器是在一个独立线程中运行的，它能够中断本地方法的执行）。基于这个原因，你必须调用 ReleaseStringUTFChars 函数。

另外，可以通过调用 GetStringRegion 或 GetStringUTFRegion 方法来提供你自己的缓存，以存放字符串的字符。

最后 GetStringUTFLength 函数返回字符串的“改良 UTF-8”编码所需的字符个数。

注意： 你可以在 http://docs.oracle.com/javase/7/docs/technotes/guides/jni 处找到 JNI API。

API 从 C 代码访问 Java 字符串

- jstring NewStringUTF(JNIEnv* env, const char bytes[])
  根据以全 0 字节结尾的“改良 UTF-8”字节序列，返回一个新的 Java 字符串对象，或者当字符串无法构建时，返回 NULL。
- jsize GetStringUTFLength(JNIEnv* env, jstring string)
  返回进行 UTF-8 编码所需的字节个数。（作为终止符的全 0 字节不计入内）
- const jbyte* GetStringUTFChars(JNIEnv* env, jstring string, jboolean* isCopy)
  返回指向字符串的“改良 UTF-8”编码的指针，或者当不能构建字符数组时返回 NULL。直到 ReleaseStringUTFChars 函数调用前，该指针一直有效。isCopy 指向一个 jboolean，如果进行了复制，则填入 JNI_TRUE，否则填入 JNI_FALSE。
- void ReleaseStringUTFChars(JNIEnv* env, jstring string, const jbyte bytes[])
  通知虚拟机本地代码不再需要通过 bytes（GetStringUTFChars 返回的指针）访问 Java 字符串。
- void GetStringRegion(JNIEnv *env, jstring string, jsize start, jsize length, jchar *buffer)
  将一个 UTF-16 双字节序列从字符串复制到用户提供的尺寸至少大于 2×length 的缓存中。
- void GetStringUTFRegion(JNIEnv *env, jstring string, jsize start, jsize length, jbyte *buffer)
  将一个“改良 UTF-8”字符序列从字符串复制到用户提供的缓存中。为了存放要复制

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

的字节，该缓存必须足够长。最坏情况下，要复制 3 × length 个字节。

- jstring NewString(JNIEnv* env, const jchar chars[], jsize length)

  根据 Unicode 字符串返回一个新的 Java 字符串对象，或者在不能构建时返回 NULL。

  参数：env　　JNI 接口指针

  　　chars　　以 null 结尾的 UTF-16 字符串

  　　length　　字符串中字符的个数

- jsize GetStringLength(JNIEnv* env, jstring string)

  返回字符串中字符的个数。

- const jchar* GetStringChars(JNIEnv* env, jstring string, jboolean* isCopy)

  返回指向字符串的 Unicode 编码的指针，或者当不能构建字符数组时返回 NULL。直到 ReleaseStringChars 函数调用前，该指针一直有效。isCopy 要么为 NULL；要么在进行了复制时，指向用 JNI_TRUE 填充的 jboolean，否则指向用 JNI_FALSE 填充的 jboolean。

- void ReleaseStringChars(JNIEnv* env, jstring string, const jchar chars[])

  通知虚拟机本地代码不再需要通过 chars（GetStringChars 返回的指针）访问 Java 字符串。

让我们使用这些函数来编写一个调用 C 函数 sprintf 的类，我们要像程序清单 12-8 所示那样调用函数。

程序清单 12-9 给出了带有本地 sprint 方法的类。

因此，格式化浮点数的 C 函数原型如下：

```
JNIEXPORT jstring JNICALL Java_Printf2_sprint(JNIEnv* env, jclass cl, jstring format, jdouble x)
```

程序清单 12-8　printf2/Printf2Test.java

```
1  /**
2   * @version 1.10 1997-07-01
3   * @author Cay Horstmann
4   */
5  class Printf2Test
6  {
7     public static void main(String[] args)
8     {
9        double price = 44.95;
10       double tax = 7.75;
11       double amountDue = price * (1 + tax / 100);
12
13       String s = Printf2.sprint("Amount due = %8.2f", amountDue);
14       System.out.println(s);
15    }
16 }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

程序清单 12-9 printf2/Printf2.java

```
1  /**
2   * @version 1.10 1997-07-01
3   * @author Cay Horstmann
4   */
5  class Printf2
6  {
7     public static native String sprint(String format, double x);
8
9     static
10    {
11       System.loadLibrary("Printf2");
12    }
13 }
```

程序清单 12-10 给出了 C 的实现代码。注意，我们通过调用 GetStringUTFChars 来读取格式参数，通过调用 NewStringUTF 来产生返回值，通过调用 ReleaseStringUTFChars 来通知虚拟机不再需要访问该字符串。

程序清单 12-10 printf2/Printf2.c

```
1  /**
2     @version 1.10 1997-07-01
3     @author Cay Horstmann
4  */
5
6  #include "Printf2.h"
7  #include <string.h>
8  #include <stdlib.h>
9  #include <float.h>
10
11 /**
12    @param format a string containing a printf format specifier
13    (such as "%8.2f"). Substrings "%%" are skipped.
14    @return a pointer to the format specifier (skipping the '%')
15    or NULL if there wasn't a unique format specifier
16 */
17 char* find_format(const char format[])
18 {
19    char* p;
20    char* q;
21
22    p = strchr(format, '%');
23    while (p != NULL && *(p + 1) == '%') /* skip %% */
24       p = strchr(p + 2, '%');
25    if (p == NULL) return NULL;
26    /* now check that % is unique */
27    p++;
28    q = strchr(p, '%');
29    while (q != NULL && *(q + 1) == '%') /* skip %% */
30       q = strchr(q + 2, '%');
31    if (q != NULL) return NULL; /* % not unique */
32    q = p + strspn(p, " -0+#"); /* skip past flags */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
33    q += strspn(q, "0123456789"); /* skip past field width */
34    if (*q == '.') { q++; q += strspn(q, "0123456789"); }
35       /* skip past precision */
36    if (strchr("eEfFgG", *q) == NULL) return NULL;
37       /* not a floating-point format */
38    return p;
39 }
40
41 JNIEXPORT jstring JNICALL Java_Printf2_sprint(JNIEnv* env, jclass cl,
42    jstring format, jdouble x)
43 {
44    const char* cformat;
45    char* fmt;
46    jstring ret;
47
48    cformat = (*env)->GetStringUTFChars(env, format, NULL);
49    fmt = find_format(cformat);
50    if (fmt == NULL)
51       ret = format;
52    else
53    {
54       char* cret;
55       int width = atoi(fmt);
56       if (width == 0) width = DBL_DIG + 10;
57       cret = (char*) malloc(strlen(cformat) + width);
58       sprintf(cret, cformat, x);
59       ret = (*env)->NewStringUTF(env, cret);
60       free(cret);
61    }
62    (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, format, cformat);
63    return ret;
64 }
```

在本函数中，我们选择简化错误处理。如果打印浮点数的格式代码不是 %w.pc 形式的（其中 c 是 e、E、f、g 或 G 中的一个），那么我们将不对数字进行格式化。后面我们会介绍如何让本地方法抛出异常。

12.4 访问域

目前为止你看到的所有本地方法都是带有数字或字符串参数的静态方法。下面，我们考虑在对象上进行操作的本地方法。作为一个练习，我们用本地方法实现卷 I 第 4 章中的 Employee 类的一个方法。这通常情况下用不到，但是这演示了当你需要的时候可以怎样从本地方法访问对象域。

12.4.1 访问实例域

为了了解怎样从本地方法访问实例域，我们用 Java 重新实现了 raiseSalary 方法。其代码很简单：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
public void raiseSalary(double byPercent)
{
   salary *= 1 + byPercent / 100;
}
```

让我们重写代码，使其成为一个本地方法。与此前的本地方法不同，它并不是一个静态方法。运行 javah 给出以下原型：

```
JNIEXPORT void JNICALL Java_Employee_raiseSalary(JNIEnv *, jobject, jdouble);
```

注意，第二个参数不再是 jclass 类型而是 jobject 类型。实际上，它和 this 引用等价。静态方法得到的是类的引用，而非静态方法得到的是对隐式的 this 参数对象的引用。

现在，我们访问隐式参数的 salary 域。在 Java1.0 中“原生的”Java 到 C 的绑定中，这很简单，程序员可以直接访问对象数据域。然而，直接访问要求虚拟机暴露它们的内部数据布局。基于这个原因，JNI 要求程序员通过调用特殊的 JNI 函数来获取和设置数据的值。

在我们的例子里，要使用 GetdoubleField 和 SetDoubleField 函数，因为 salary 是 double 类型的。对于其他类型，可以使用的函数有：GetIntField/SetIntField、GetObjectField/SetObjectField 等等。其通用语法是：

```
x = (*env)->GetXxxField(env, this_obj, fieldID);
(*env)->SetXxxField(env, this_obj, fieldID, x);
```

这里，fieldID 是一个特殊类型 jfieldID 的值，jfieldID 标识结构中的一个域，而 Xxx 代表 Java 数据类型（Object、Boolean、Byte 或其他）。为了获得 fieldID，必须先获得一个表示类的值，有两种方法可以实现此目的。GetObjectClass 函数可以返回任意对象的类。例如：

```
jclass class_Employee = (*env)->GetObjectClass(env, this_obj);
```

FindClass 函数可以让你以字符串形式来指定类名（有点奇怪的是，要以 / 代替句号作为包名之间的分隔符）。

```
jclass class_String = (*env)->FindClass(env, "java/lang/String");
```

之后，可以使用 GetFieldID 函数来获得 fieldID。必须提供域的名字、它的签名以及它的类型的编码。例如，下面是从 salary 域得到域 ID 的代码：

```
jfieldID id_salary = (*env)->GetFieldID(env, class_Employee, "salary", "D");
```

字符串 "D" 表示类型是 double。你将在下一节中学习到编码签名的全部规则。

你可能会认为访问数据域相当令人费解。JNI 的设计者不想把数据域直接暴露在外，所以他们不得不提供获取和设置数据域值的函数。为了使这些函数的开销最小化，从域名计算域 ID（代价最大的一个步骤）被分解出来作为单独的一步操作。也就是说，如果你反复地获取和设置一个特定的域，你计算域标识符的开销就只有一次。

让我们把各部分汇总起来，下面的代码以本地方法形式重新实现了 raiseSalary 方法。

```
JNIEXPORT void JNICALL Java_Employee_raiseSalary(JNIEnv* env, jobject this_obj, jdouble byPercent)
{
   /* get the class */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
   jclass class_Employee = (*env)->GetObjectClass(env, this_obj);

   /* get the field ID */
   jfieldID id_salary = (*env)->GetFieldID(env, class_Employee, "salary", "D");

   /* get the field value */
   jdouble salary = (*env)->GetDoubleField(env, this_obj, id_salary);

   salary *= 1 + byPercent / 100;

   /* set the field value */
   (*env)->SetDoubleField(env, this_obj, id_salary, salary);
}
```

警告： 类引用只在本地方法返回之前有效。因此，不能在你的代码中缓存 GetObjectClass 的返回值。不要将类引用保存下来以供以后的方法调用重复使用。必须在每次执行本地方法时都调用 GetObjectClass。如果你无法忍受这一点，必须调用 NewGlobalRef 来锁定该引用：

```
static jclass class_X = 0;
static jfieldID id_a;
. . .
if (class_X == 0)
{
   jclass cx = (*env)->GetObjectClass(env, obj);
   class_X = (*env)->NewGlobalRef(env, cx);
   id_a = (*env)->GetFieldID(env, cls, "a", ". . .");
}
```

现在，你可以在后面的调用中使用类引用和域 ID 了。当你结束对类的使用时，务必调用：

```
(*env)->DeleteGlobalRef(env, class_X);
```

程序清单 12-11 和 12-12 给出了测试程序和 Employee 类的 Java 代码。程序清单 12-13 包含了本地 raiseSalary 方法的 C 代码。

程序清单 12-11 employee/EmployeeTest.java

```
1  /**
2   * @version 1.10 1999-11-13
3   * @author Cay Horstmann
4   */
5
6  public class EmployeeTest
7  {
8     public static void main(String[] args)
9     {
10       Employee[] staff = new Employee[3];
11
12       staff[0] = new Employee("Harry Hacker", 35000);
13       staff[1] = new Employee("Carl Cracker", 75000);
14       staff[2] = new Employee("Tony Tester", 38000);
15
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
16         for (Employee e : staff)
17            e.raiseSalary(5);
18         for (Employee e : staff)
19            e.print();
20      }
21   }
```

程序清单 12-12 employee/Employee.java

```
1  /**
2   * @version 1.10 1999-11-13
3   * @author Cay Horstmann
4   */
5
6  public class Employee
7  {
8     private String name;
9     private double salary;
10
11    public native void raiseSalary(double byPercent);
12
13    public Employee(String n, double s)
14    {
15       name = n;
16       salary = s;
17    }
18
19    public void print()
20    {
21       System.out.println(name + " " + salary);
22    }
23    static
24    {
25       System.loadLibrary("Employee");
26    }
27 }
```

程序清单 12-13 employee/Employee.c

```
1  /**
2     @version 1.10 1999-11-13
3     @author Cay Horstmann
4  */
5
6  #include "Employee.h"
7
8  #include <stdio.h>
9
10 JNIEXPORT void JNICALL Java_Employee_raiseSalary(JNIEnv* env, jobject this_obj, jdouble byPercent)
11 {
12    /* get the class */
13    jclass class_Employee = (*env)->GetObjectClass(env, this_obj);
14
15    /* get the field ID */
16    jfieldID id_salary = (*env)->GetFieldID(env, class_Employee, "salary", "D");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
17
18      /* get the field value */
19      jdouble salary = (*env)->GetDoubleField(env, this_obj, id_salary);
20
21      salary *= 1 + byPercent / 100;
22
23      /* set the field value */
24      (*env)->SetDoubleField(env, this_obj, id_salary, salary);
25  }
26
```

12.4.2 访问静态域

访问静态域和访问非静态域类似。你要使用 GetStaticFieldID 和 GetStaticXxxField/SetStaticXxxField 函数。它们几乎与非静态的情形一样，只有两个区别：

- 由于没有对象，必须使用 FindClass 代替 GetObjectClass 来获得类引用。
- 访问域时，要提供类而非实例对象。

例如，下面给出的是怎样得到 System.out 的引用的代码：

```
/* get the class */
jclass class_System = (*env)->FindClass(env, "java/lang/System");

/* get the field ID */
jfieldID id_out = (*env)->GetStaticFieldID(env, class_System, "out",
   "Ljava/io/PrintStream;");

/* get the field value */
jobject obj_out = (*env)->GetStaticObjectField(env, class_System, id_out);
```

API 访问实例域

- jfieldID GetFieldID(JNIEnv *env, jclass cl, const char name[], const char fieldSignature[])
  返回类中一个域的标识符。
- *Xxx* Get*Xxx*Field(JNIEnv *env, jobject obj, jfieldID id)
  返回域的值。域类型 *Xxx* 是 Object、Boolean、Byte、Char、Short、Int、Long、Float 或 Double 之一。
- void Set*Xxx*Field(JNIEnv *env, jobject obj, jfieldID id, *Xxx* value)
  把某个域设置为一个新值。域类型 *Xxx* 是 Object、Boolean、Byte、Char、Short、Int、Long、Float 或 Double 之一。
- jfieldID GetStaticFieldID(JNIEnv *env, jclass cl, const char name[], const char fieldsignature[])
  返回某类型的一个静态域的标识符。
- *Xxx* GetStatic*Xxx*Field(JNIEnv *env, jclass cl, jfieldID id)

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

返回某静态域的值。域类型 *Xxx* 是 Object、Boolean、Byte、Char、Short、Int、Long、Float 或 Double 之一。

- void SetStatic*Xxx*Field(JNIEnv *env, jclass cl, jfieldID id, *Xxx* value)
  把某个静态域设置为一个新值。域类型 *Xxx* 是 Object、Boolean、Byte、Char、Short、Int、Long、Float 或 Double 之一。

12.5 编码签名

为了访问实例域和调用用 Java 编程语言定义的方法，你必须学习将数据类型的名称和方法签名进行“混编”的规则（方法签名描述了参数和该方法返回值的类型）。下面是编码方案：

B	byte
C	char
D	double
F	float
I	int
J	long
L*classname*;	类的类型
S	short
V	void
Z	boolean

为了描述数组类型，要使用 [。例如，一个字符串数组如下：

```
[Ljava/lang/String;
```

一个 float[][] 可以描述为：

```
[[F
```

要建立一个方法的完整签名，需要把括号内的参数类型都列出来，然后列出返回值类型。例如，一个接收两个整型参数并返回一个整数的方法编码为：

```
(II)I
```

在前一个例子中，我们使用的 print 方法的签名是：

```
(Ljava/lang/String;)V
```

也就是说，该方法接收一个字符串，返回值是 void。

注意，在 L 表达式结尾处的分号是类型表达式的终止符，而不是参数之间的分隔符。例如，构造器：

```
Employee(java.lang.String, double, java.util.Date)
```

具有如下签名：

```
"(Ljava/lang/String;DLjava/util/Date;)V"
```

注意，在 D 和 Ljava/util/Date; 之间没有分隔符。另外要注意在这个编码方案中，必须用 / 代替，来分隔包和类名。结尾的 V 表示返回类型为 void。即使对 Java 的构造器没

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

有指定返回类型，也需要将 V 添加到虚拟机签名中。

提示： 可以使用带有选项 -s 的 javap 命令来从类文件中产生方法签名。例如，运行：

```
javap -s -private Employee
```

可以得到以下显示所有域和方法的输出：

```
Compiled from "Employee.java"
public class Employee extends java.lang.Object{
private java.lang.String name;
  Signature: Ljava/lang/String;
private double salary;
  Signature: D
public Employee(java.lang.String, double);
  Signature: (Ljava/lang/String;D)V
public native void raiseSalary(double);
  Signature: (D)V
public void print();
  Signature: ()V
static {};
  Signature: ()V
}
```

注意： 没有任何理由强迫程序员使用这种混编方案来描述签名。本地调用机制的设计者可以非常容易地编写一个函数来读取Java编程语言风格的签名，比如 void (int,java.lang.String)，并且将它们编码为他们喜欢的某种内部表示法。再者，使用混编签名使你能够分享接近虚拟机的编程奥秘。

12.6 调用 Java 方法

当然，Java 编程语言的函数可以调用 C 函数，这正是本地方法要做的。我们能不能换一种方式呢？为什么我们要这么做？答案是，本地方法常常需要从传递给它的对象那里得到某种服务。我们首先介绍非静态方法如何进行这种操作，然后介绍静态方法如何进行这种操作。

12.6.1 实例方法

作为从本地代码调用 Java 方法的一个例子，我们先增强 Printf 类，给它增加一个与 C 函数 fprintf 类似的方法。也就是说，它能够在任意 PrintWriter 对象上打印一个字符串。下面是用 Java 编写的该方法的定义：

```
class Printf3
{
   public native static void fprint(PrintWriter out, String s, double x);
   . . .
}
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

我们首先把要打印的字符串组装成一个 String 对象 str，就像我们在 sprint 方法中已经实现的那样。然后，我们从实现本地方法的 C 函数中调用 PrintWriter 类的 print 方法。

使用如下函数调用，你可以从 C 中调用任何 Java 方法：

(*env)->Call*Xxx*Method(env, *implicit parameter*, *methodID*, *explicit parameters*)

根据方法的返回类型，用 Void、Int、Object 等来替换 *Xxx*。就像你需要一个 fieldID 来访问某个对象的一个域一样，你也需要一个方法的 ID 来调用方法。你可以通过调用 JNI 函数 GetMethodID，并且提供该类、方法的名字和方法签名来获得方法 ID。

在我们的例子中，我们想要获得 PrintWriter 类的 print 方法的 ID。如你在卷 I 第 12 章中所看到的，PrintWriter 类有几个名为 print 的重载方法。基于这个原因，你还必须提供一个字符串，描述你想要使用的特定函数的参数和返回值。例如，我们想要使用 void print(java.lang.String)，正如前一节讲到的那样，我们必须把签名“混编”为字符串 "(Ljava/lang/String;)V"。

下面是进行方法调用的完整代码，有以下几个步骤：

1）获取隐式参数的类。

2）获取方法 ID。

3）进行调用。

```
/* get the class */
class_PrintWriter = (*env)->GetObjectClass(env, out);

/* get the method ID */
id_print = (*env)->GetMethodID(env, class_PrintWriter, "print", "(Ljava/lang/String;)V");

/* call the method */
(*env)->CallVoidMethod(env, out, id_print, str);
```

程序清单 12-14 和 12-15 给出了测试程序和 Printf3 类的 Java 代码。程序清单 12-16 包含了本地 fprintf 方法的 C 代码。

注意： 数值型的方法 ID 和域 ID 在概念上和反射 API 中的 Method 和 Field 对象相似。你可以使用以下函数在两者间进行转换：

```
jobject ToReflectedMethod(JNIEnv* env, jclass class, jmethodID methodID);
   // returns Method object
methodID FromReflectedMethod(JNIEnv* env, jobject method);
jobject ToReflectedField(JNIEnv* env, jclass class, jfieldID fieldID);
   // returns Field object
fieldID FromReflectedField(JNIEnv* env, jobject field);
```

程序清单 12-14 printf3/Printf3Test.java

```
1 import java.io.*;
2 /**
3  * @version 1.10 1997-07-01
4  * @author Cay Horstmann
5  */
6 class Printf3Test
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
{
   public static void main(String[] args)
   {
      double price = 44.95;
      double tax = 7.75;
      double amountDue = price * (1 + tax / 100);
      PrintWriter out = new PrintWriter(System.out);
      Printf3.fprint(out, "Amount due = %8.2f\n", amountDue);
      out.flush();
   }
}
```

程序清单 12-15 printf3/Printf3.java

```
import java.io.*;
/**
 * @version 1.10 1997-07-01
 * @author Cay Horstmann
 */
class Printf3
{
   public static native void fprint(PrintWriter out, String format, double x);

   static
   {
      System.loadLibrary("Printf3");
   }
}
```

程序清单 12-16 printf3/Printf3.c

```
/**
   @version 1.10 1997-07-01
   @author Cay Horstmann
*/
#include "Printf3.h"
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <float.h>
/**
   @param format a string containing a printf format specifier
   (such as "%8.2f"). Substrings "%%" are skipped.
   @return a pointer to the format specifier (skipping the '%')
   or NULL if there wasn't a unique format specifier
*/
char* find_format(const char format[])
{
   char* p;
   char* q;

   p = strchr(format, '%');
   while (p != NULL && *(p + 1) == '%') /* skip %% */
      p = strchr(p + 2, '%');
   if (p == NULL) return NULL;
   /* now check that % is unique */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
25     p++;
26     q = strchr(p, '%');
27     while (q != NULL && *(q + 1) == '%') /* skip %% */
28        q = strchr(q + 2, '%');
29     if (q != NULL) return NULL; /* % not unique */
30     q = p + strspn(p, " -0+#"); /* skip past flags */
31     q += strspn(q, "0123456789"); /* skip past field width */
32     if (*q == '.') { q++; q += strspn(q, "0123456789"); }
33        /* skip past precision */
34     if (strchr("eEfFgG", *q) == NULL) return NULL;
35        /* not a floating-point format */
36     return p;
37  }
38
39  JNIEXPORT void JNICALL Java_Printf3_fprint(JNIEnv* env, jclass cl,
40     jobject out, jstring format, jdouble x)
41  {
42     const char* cformat;
43     char* fmt;
44     jstring str;
45     jclass class_PrintWriter;
46     jmethodID id_print;
47     cformat = (*env)->GetStringUTFChars(env, format, NULL);
48     fmt = find_format(cformat);
49     if (fmt == NULL)
50        str = format;
51     else
52     {
53        char* cstr;
54        int width = atoi(fmt);
55        if (width == 0) width = DBL_DIG + 10;
56        cstr = (char*) malloc(strlen(cformat) + width);
57        sprintf(cstr, cformat, x);
58        str = (*env)->NewStringUTF(env, cstr);
59        free(cstr);
60     }
61     (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, format, cformat);
62
63     /* now call ps.print(str) */
64
65     /* get the class */
66     class_PrintWriter = (*env)->GetObjectClass(env, out);
67
68     /* get the method ID */
69     id_print = (*env)->GetMethodID(env, class_PrintWriter, "print", "(Ljava/lang/String;)V");
70
71     /* call the method */
72     (*env)->CallVoidMethod(env, out, id_print, str);
73  }
```

12.6.2 静态方法

从本地方法调用静态方法与调用非静态方法类似。两者的差别是：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- 要用 GetStaticMethodID 和 CallStatic*Xxx*Method 函数。
- 当调用方法时，要提供类对象，而不是隐式的参数对象。

作为一个例子，让我们从本地方法调用以下静态方法：

```
System.getProperty("java.class.path")
```

这个调用的返回值是给出了当前类路径的字符串。

首先，我们必须找到要用的类。因为我们没有 System 类的对象可供使用，所以我们使用 FindClass 而非 GetObjectClass：

```
jclass class_System = (*env)->FindClass(env, "java/lang/System");
```

接着，我们需要静态 getProperty 方法的 ID。该方法的编码签名是：

```
"(Ljava/lang/String;)Ljava/lang/String;"
```

既然参数和返回值都是字符串。因此，我们这样获取方法 ID：

```
jmethodID id_getProperty = (*env)->GetStaticMethodID(env, class_System, "getProperty",
   "(Ljava/lang/String;)Ljava/lang/String;");
```

最后，我们进行调用。注意，类对象被传递给了 CallStaticObjectMethod 函数。

```
jobject obj_ret = (*env)->CallStaticObjectMethod(env, class_System, id_getProperty,
   (*env)->NewStringUTF(env, "java.class.path"));
```

该方法的返回值是 jobject 类型的。如果我们想要把它当作字符串操作，必须把它转型为 jstring：

```
jstring str_ret = (jstring) obj_ret;
```

C++ **C++ 注意：** 在 C 中，jstring 和 jclass 类型同后面将要介绍的数组类型一样，都是与 jobject 等价的类型。因此，在 C 语言中，前面例子中的转型并不是严格必需的。但是在 C++ 中，这些类型被定义为指向拥有正确继承层次关系的“哑类”的指针。例如，将一个 jstring 不经过转型便赋给 jobject 在 C++ 中是合法的，但是将 jobject 赋给 jstring 必须先转型。

12.6.3 构造器

本地方法可以通过调用构造器来创建新的 Java 对象。可以调用 NewObject 函数来调用构造器。

```
jobject obj_new = (*env)->NewObject(env, class, methodID, construction parameters);
```

可以通过指定方法名为 "<init>"，并指定构造器（返回值为 void）的编码签名，从 GetMethodID 函数中获取该调用必需的方法 ID。例如，下面是本地方法创建 FileOutputStream 对象的情形：

```
const char[] fileName = ". . .";
jstring str_fileName = (*env)->NewStringUTF(env, fileName);
jclass class_FileOutputStream = (*env)->FindClass(env, "java/io/FileOutputStream");
jmethodID id_FileOutputStream
   = (*env)->GetMethodID(env, class_FileOutputStream, "<init>", "(Ljava/lang/String;)V");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
jobject obj_stream
   = (*env)->NewObject(env, class_FileOutputStream, id_FileOutputStream, str_fileName);
```

注意，构造器的签名接受一个 java.lang.String 类型的参数，返回类型为 void。

12.6.4 替代方法调用

有若干种 JNI 函数的变体都可以从本地代码调用 Java 方法。它们没有我们已经讨论过的那些函数那么重要，但有偶尔也会很有用。

CallNonvirtual*Xxx*Method 函数接收一个隐式参数、一个方法 ID、一个类对象（必须对应于隐式参数的超类）和一个显式参数。这个函数将调用指定的类中的指定版本的方法，而不使用常规的动态调度机制。

所有调用函数都有后缀 "A" 和 "V" 的版本，用于接收数组中或 va_list 中的显式参数（就像在 C 头文件中所定义的那样）。

API 执行 Java 方法

- jmethodID GetMethodID(JNIEnv *env, jclass cl, const char name[], const char methodSignature[])

  返回类中某个方法的标识符。
- *Xxx* Call*Xxx*Method(JNIEnv *env, jobject obj, jmethodID id, args)
- *Xxx* Call*Xxx*MethodA(JNIEnv *env, jobject obj, jmethodID id, jvalue args[])
- *Xxx* Call*Xxx*MethodV(JNIEnv *env, jobject obj, jmethodID id, va_list args)

  调用一个方法。返回类型 *Xxx* 是 Object、Boolean、Byte、Char、Short、Int、Long、Float 或 Double 之一。第一个函数有可变数量参数，只要把方法参数附加到方法 ID 之后即可。第二个函数接受 jvalue 数组中的方法参数，其中 jvalue 是一个联合体，定义如下：

```
typedef union jvalue
{
  jboolean z;
  jbyte b;
  jchar c;
  jshort s;
  jint i;
  jlong j;
  jfloat f;
  jdouble d;
  jobject l;
} jvalue;
```

第三个函数接收 C 头文件 stdarg.h 中定义的 va_list 中的方法参数。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- *Xxx* CallNonvirtual*Xxx*Method(JNIEnv *env, jobject obj, jclass cl, jmethodID id, args)
- *Xxx* CallNonvirtual*Xxx*MethodA(JNIEnv *env, jobject obj, jclass cl, jmethodID id, args[])
- *Xxx* CallNonvirtual*Xxx*MethodV(JNIEnv *env, jobject obj, jclass cl, jmethodID id, va_list args)

  调用一个方法，并绕过动态调度。返回类型 *Xxx* 是 Object、Boolean、Byte、Char、Short、Int、Long、Float 或 Double 之一。第一个函数有可变数量参数，只要把方法参数附加到方法 ID 之后即可。第二个函数接受 jvalue 数组中的方法参数。第三个函数接受 C 头文件 stdarg.h 中定义的 va_list 中的方法参数。
- jmethodID GetStaticMethodID(JNIEnv *env, jclass cl, const char name[], const char methodsignature[])

  返回类的某个静态方法的标识符。
- *Xxx* CallStatic*Xxx*Method(JNIEnv *env, jclass cl, jmethodID id, args)
- *Xxx* CallStatic*Xxx*MethodA(JNIEnv *env, jclass cl, jmethodID id, jvalue args[])
- *Xxx* CallStatic*Xxx*MethodV(JNIEnv *env, jclass cl, jmethodID id, va_list args)

  调用一个静态方法。返回类型 *Xxx* 是 Object、Boolean、Byte、Char、Short、Int、Long、Float 或 Double 之一。第一个函数有可变数量参数，只要把方法参数附加到方法 ID 之后即可。第二个函数接受 jvalue 数组中的方法参数。第三个函数接受 C 头文件 stdarg.h 中定义的 va_list 中的方法参数。
- jobject NewObject(JNIEnv *env, jclass cl, jmethodID id, args)
- jobject NewObjectA(JNIEnv *env, jclass cl, jmethodID id, jvalue args[])
- jobject NewObjectV(JNIEnv *env, jclass cl, jmethodID id, va_list args)

  调用构造器。函数 ID 从带有函数名为 "<init>" 和返回类型为 void 的 GetMethodID 获取。第一个函数有可变数量参数，只要把方法参数附加到方法 ID 之后即可。第二个函数接收 jvalue 数组中的方法参数。第三个函数接收 C 头文件 stdarg.h 中定义的 va_list 中的方法参数。

12.7 访问数组元素

Java 编程语言的所有数组类型都有相对应的 C 语言类型，见表 12-2。

C++ **C++ 注意：** 在 C 中，所有这些数组类型实际上都是 jobject 的同义类型。然而，在 C++ 中它们被安排在如图 12-3 所示的继承层次结构中。jarray 类型表示一个通用数组。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

表 12-2 Java 数组类型和 C 数组类型之间的对应关系

Java 数组类型	C 数组类型	Java 数组类型	C 数组类型
boolean[]	jbooleanArray	long[]	jlongArray
byte[]	jbyteArray	float[]	jfloatArray
char[]	jcharArray	double[]	jdoubleArray
int[]	jintArray	Object[]	jobjectArray
short[]	jshortArray		

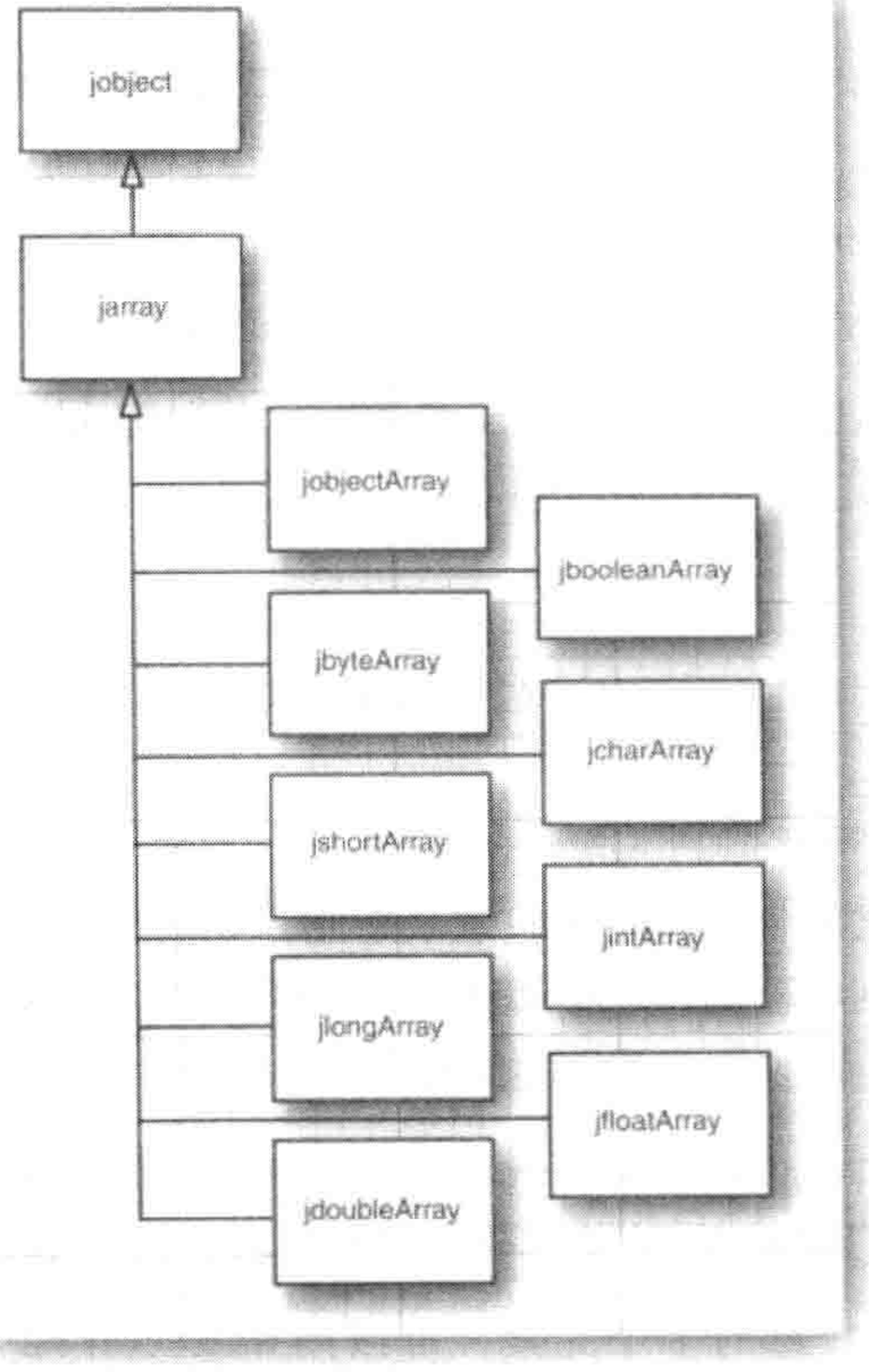


图 12-3 数组类型的继承层次结构

GetArrayLength 函数返回数组的长度。

```
jarray array = . . .;
jsize length = (*env)->GetArrayLength(env, array);
```

怎样访问数组元素取决于数组中存储的是对象还是基本类型的数据（如 bool、char 或数值类型）。可以通过 GetObjectArrayElement 和 SetObjectArrayElement 方法访问对象数组的元素。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
jobjectArray array = . . .;
int i, j;
jobject x = (*env)->GetObjectArrayElement(env, array, i);
(*env)->SetObjectArrayElement(env, array, j, x);
```

这个方法虽然简单，但是效率明显低下，当你想要直接访问数组元素，特别是在进行向量或矩阵计算时更是如此。

Get*Xxx*ArrayElements 函数返回一个指向数组起始元素的 C 指针。与普通的字符串一样，当你不再需要该指针时，必须记得要调用 Release*Xxx*ArrayElements 函数通知虚拟机。这里，类型 *Xxx* 必须是基本类型，也就是说，不能是 Object。这样就可以直接读写数组元素了。另一方面，由于指针可能会指向一个副本，只有调用相应的 Release*Xxx*-ArrayElements 函数时，你所做的改变才能保证在源数组里得到反映。

注意： 通过把一个指向 jboolean 变量的指针作为第三个参数传递给 Get*Xxx*Array-Elements 方法，就可以发现一个数组是否是副本了。如果是副本，则该变量被 JNI_TRUE 填充。如果你对这个信息不感兴趣，传一个空指针即可。

下面是对 double 类型数组中的所有元素乘以一个常量的示例代码。我们获取一个 Java 数组的 C 指针 a，并用 a[i] 访问各个元素。

```
jdoubleArray array_a = . . .;
double scaleFactor = . . .;
double* a = (*env)->GetDoubleArrayElements(env, array_a, NULL);
for (i = 0; i < (*env)->GetArrayLength(env, array_a); i++)
   a[i] = a[i] * scaleFactor;
(*env)->ReleaseDoubleArrayElements(env, array_a, a, 0);
```

虚拟机是否确实需要对数组进行拷贝取决于它是如何分配数组和如何进行垃圾回收的。有些“拷贝”型的垃圾回收器例行地移动对象，并更新对象引用。该策略与将数组锁定在特定位置是不兼容的，因为回收器不能更新本地代码中的指针值。

注意： Sun 公司的 JVM 实现中，boolean 数组是用包装的 32 位字数组表示的。GetBooleanArrayElements 方法能将它们复制到拆包的 jboolean 值的数组中。

如果要访问一个大数组的多个元素，可以用 Get*Xxx*ArrayRegion 和 Set*Xxx*Array-Region 方法，它能把一定范围内的元素从 Java 数组复制到 C 数组中或从 C 数组复制到 Java 数组中。

可以用 New*Xxx*Array 函数在本地方法中创建新的 Java 数组。要创建新的对象数组，需要指定长度、数组元素的类型和所有元素的初始值（典型的是 NULL）。下面是一个例子。

```
jclass class_Employee = (*env)->FindClass(env, "Employee");
jobjectArray array_e = (*env)->NewObjectArray(env, 100, class_Employee, NULL);
```

基本类型的数组要简单一些。只需提供数组长度。

```
jdoubleArray array_d = (*env)->NewDoubleArray(env, 100);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

该数组被 0 填充。

注意：Java SE 1.4 在 JNI API 中增加了 3 个方法：

```
jobject NewDirectByteBuffer(JNIEnv* env, void* address, jlong capacity)
void* GetDirectBufferAddress(JNIEnv* env, jobject buf)
jlong GetDirectBufferCapacity(JNIEnv* env, jobject buf)
```

java.nio 包中使用了直接缓存来支持更高效的输入输出操作，并尽可能减少本地和 Java 数组之间的复制操作。

API 操作 Java 数组

- `jsize GetArrayLength(JNIEnv *env, jarray array)`
  返回数组中的元素个数。
- `jobject GetObjectArrayElement(JNIEnv *env, jobjectArray array, jsize index)`
  返回数组元素的值。
- `void SetObjectArrayElement(JNIEnv *env, jobjectArray array, jsize index, jobject value)`
  将数组元素设为新值。
- *Xxx*`* Get`*Xxx*`ArrayElements(JNIEnv *env, jarray array, jboolean* isCopy)`
  产生一个指向 Java 数组元素的 C 指针。域类型 *Xxx* 是 Boolean、Byte、Char、Short、Int、Long、Float 或 Double 之一。指针不再使用时，该指针必须传递给 Release*Xxx*ArrayElements。iscopy 可能是 NULL，或者在进行了复制时，指向用 JNI_TRUE 填充的 jboolean；否则，指向用 JNI_FALSE 填充的 jboolean。
- `void Release`*Xxx*`ArrayElements(JNIEnv *env, jarray array, `*Xxx*` elems[], jint mode)`
  通知虚拟机通过 Get*Xxx*ArrayElements 获得的一个指针已经不再需要了。Mode 是 0（更新数组元素后释放 elems 缓存）、JNI_COMMIT（更新数组元素后不释放 elems 缓存）或 JNI_ABORT（不更新数组元素便释放 elems 缓存）之一。
- `void Get`*Xxx*`ArrayRegion(JNIEnv *env, jarray array, jint start, jint length, `*Xxx* `elems[])`
  将 Java 数组的元素复制到 C 数组中。域类型 *Xxx* 是 Boolean、Byte、Char、Short、Int、Long、Float 或 Double 之一。
- `void Set`*Xxx*`ArrayRegion(JNIEnv *env, jarray array, jint start, jint length, `*Xxx* `elems[])`
  将 C 数组的元素复制到 Java 数组中。域类型 *Xxx* 是 Boolean、Byte、Char、Short、Int、Long、Float 或 Double 之一。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

12.8 错误处理

在 Java 编程语言中，使用本地方法对于程序来说是要冒很大的安全风险的。C 的运行期系统对数组越界错误、不良指针造成的间接错误等不提供任何防护。所以，对于本地方法的程序员来说，处理所有的出错条件以保持 Java 平台的完整性显得格外重要。尤其是，当你的本地方法诊断出一个它无法解决的问题时，那么它应该将此问题报告给 Java 虚拟机。然后，在这种情况下，很自然地会抛出一个异常。然而，C 语言没有异常，必须调用 Throw 或 ThrowNew 函数来创建一个新的异常对象。当本地方法退出时，Java 虚拟机就会抛出该异常。

要使用 Throw 函数，需要调用 NewObject 来创建一个 Throwable 子类的对象。例如，下面我们分配了一个 EOFException 对象，然后将它抛出。

```
jclass class_EOFException = (*env)->FindClass(env, "java/io/EOFException");
jmethodID id_EOFException = (*env)->GetMethodID(env, class_EOFException, "<init>", "()V");
   /* ID of no-argument constructor */
jthrowable obj_exc = (*env)->NewObject(env, class_EOFException, id_EOFException);
(*env)->Throw(env, obj_exc);
```

通常调用 ThrowNew 会更加方便，因为只需提供一个类和一个“改良 UTF-8”字节序列，该函数就会构建一个异常对象。

```
(*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "java/io/EOFException"), "Unexpected end of file");
```

Throw 和 ThrowNew 都仅仅只是发布异常，它们不会中断本地方法的控制流。只有当该方法返回时，Java 虚拟机才会抛出异常。所以，每一个对 Throw 和 ThrowNew 的调用语句之后总是紧跟着 return 语句。

C++ 注意： 如果用 C++ 实现本地方法，那么就无法用你的 C++ 代码抛出 Java 异常。在 C++ 绑定中，是可以实现一个在 C++ 异常和 Java 异常之间的转换的。然而，到目前为止还没有实现这个功能。需要在本地方法中使用 Throw 或 ThrowNew 函数来抛出 Java 异常，并且要确保你的本地方法不抛出 C++ 异常。

通常，本地代码不需要考虑捕获 Java 异常。但是，当本地方法调用 Java 方法时，该方法可能会抛出异常。而且，一些 JNI 函数也会抛出异常。例如，如果索引越界，SetObjectArrayElement 方法会抛出一个 ArrayIndexOutOfBoundsException 异常，如果所存储的对象的类不是数组元素类的子类，该方法会抛出一个 ArrayStoreException 异常。在这类情况下，本地方法应该调用 ExceptionOccurred 方法来确认是否有异常抛出。如果没有任何异常被挂起，则下面的调用：

```
jthrowable obj_exc = (*env)->ExceptionOccurred(env);
```

将返回 NULL。否则，返回一个当前异常对象的引用。如果只要检查是否有异常抛出，而不需要获得异常对象的引用，那么应使用：

```
jboolean occurred = (*env)->ExceptionCheck(env);
```

通常，有异常出现时，本地方法应该直接返回。那样，虚拟机就会将该异常传送给 Java

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

代码。但是，本地方法也可以分析异常对象，确定它是否能够处理该异常。如果能够处理，那么必须调用下面的函数来关闭该异常：

```
(*env)->ExceptionClear(env);
```

在我们的例子中，我们实现了 fprint 本地方法，这是基于该方法适合编写为本地方法的假设而实现的。下面是我们抛出的异常：

- 如果格式字符串是 NULL，则抛出 NullPointerException 异常。
- 如果格式字符串不含适合打印 double 所需的 % 说明符，则抛出 IllegalArgumentException 异常。
- 如果调用 malloc 失败，则抛出 OutOfMemoryError 异常。

最后，为了说明本地方法调用 Java 方法时，怎样检查异常，我们将一个字符串发送给数据流，一次一个字符，并且在每次调用 Java 方法后调用 ExceptionOccurred。程序清单 12-17 给出了本地方法的代码，程序清单 12-18 展示了含有本地方法的类的定义。注意，在调用 PrintWriter.print 出现异常时，本地方法并不会立即终止执行，它会首先释放 cstr 缓存。当本地方法返回时，虚拟机再次抛出异常。程序清单 12-19 的测试程序说明了当格式字符串无效时，本地方法是如何抛出异常的。

程序清单 12-17 printf4/Printf4.c

```
1  /**
2     @version 1.10 1997-07-01
3     @author Cay Horstmann
4  */
5
6  #include "Printf4.h"
7  #include <string.h>
8  #include <stdlib.h>
9  #include <float.h>
10
11 /**
12    @param format a string containing a printf format specifier
13    (such as "%8.2f"). Substrings "%%" are skipped.
14    @return a pointer to the format specifier (skipping the '%')
15    or NULL if there wasn't a unique format specifier
16 */
17 char* find_format(const char format[])
18 {
19    char* p;
20    char* q;
21
22    p = strchr(format, '%');
23    while (p != NULL && *(p + 1) == '%') /* skip %% */
24       p = strchr(p + 2, '%');
25    if (p == NULL) return NULL;
26    /* now check that % is unique */
27    p++;
28    q = strchr(p, '%');
29    while (q != NULL && *(q + 1) == '%') /* skip %% */
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
      q = strchr(q + 2, '%');
   if (q != NULL) return NULL; /* % not unique */
   q = p + strspn(p, " -0+#"); /* skip past flags */
   q += strspn(q, "0123456789"); /* skip past field width */
   if (*q == '.') { q++; q += strspn(q, "0123456789"); }
      /* skip past precision */
   if (strchr("eEfFgG", *q) == NULL) return NULL;
      /* not a floating-point format */
   return p;
}

JNIEXPORT void JNICALL Java_Printf4_fprint(JNIEnv* env, jclass cl,
   jobject out, jstring format, jdouble x)
{
   const char* cformat;
   char* fmt;
   jclass class_PrintWriter;
   jmethodID id_print;
   char* cstr;
   int width;
   int i;

   if (format == NULL)
   {
      (*env)->ThrowNew(env,
         (*env)->FindClass(env,
         "java/lang/NullPointerException"),
         "Printf4.fprint: format is null");
      return;
   }

   cformat = (*env)->GetStringUTFChars(env, format, NULL);
   fmt = find_format(cformat);

   if (fmt == NULL)
   {
      (*env)->ThrowNew(env,
         (*env)->FindClass(env,
         "java/lang/IllegalArgumentException"),
         "Printf4.fprint: format is invalid");
      return;
   }
   width = atoi(fmt);
   if (width == 0) width = DBL_DIG + 10;
   cstr = (char*)malloc(strlen(cformat) + width);

   if (cstr == NULL)
   {
      (*env)->ThrowNew(env,
         (*env)->FindClass(env, "java/lang/OutOfMemoryError"),
         "Printf4.fprint: malloc failed");
      return;
   }

```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
84     sprintf(cstr, cformat, x);
85
86     (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, format, cformat);
87
88     /* now call ps.print(str) */
89
90     /* get the class */
91     class_PrintWriter = (*env)->GetObjectClass(env, out);
92
93     /* get the method ID */
94     id_print = (*env)->GetMethodID(env, class_PrintWriter, "print", "(C)V");
95
96     /* call the method */
97     for (i = 0; cstr[i] != 0 && !(*env)->ExceptionOccurred(env); i++)
98        (*env)->CallVoidMethod(env, out, id_print, cstr[i]);
99
100    free(cstr);
101 }
```

程序清单 12-18　printf4/Printf4.java

```
1  import java.io.*;
2
3  /**
4   * @version 1.10 1997-07-01
5   * @author Cay Horstmann
6   */
7  class Printf4
8  {
9     public static native void fprint(PrintWriter ps, String format, double x);
10
11    static
12    {
13       System.loadLibrary("Printf4");
14    }
15 }
```

程序清单 12-19　printf4/Printf4Test.java

```
1  import java.io.*;
2
3  /**
4   * @version 1.10 1997-07-01
5   * @author Cay Horstmann
6   */
7  class Printf4Test
8  {
9     public static void main(String[] args)
10    {
11       double price = 44.95;
12       double tax = 7.75;
13       double amountDue = price * (1 + tax / 100);
14       PrintWriter out = new PrintWriter(System.out);
15       /* This call will throw an exception--note the %% */
16       Printf4.fprint(out, "Amount due = %%8.2f\n", amountDue);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
17          out.flush();
18      }
19  }
```

API 处理 Java 异常

- `jint Throw(JNIEnv *env, jthrowable obj)`
  准备一个在本地代码退出时抛出的异常。成功时返回 0，失败时返回一个负值。
- `jint ThrowNew(JNIEnv *env, jclass cl, const char msg[])`
  准备一个在本地代码退出时抛出的类型为 cl 的异常。成功时返回 0，失败时返回一个负值。msg 是表示异常对象的 String 构造参数的“改良 UTF-8”字节序列
- `jthrowable ExceptionOccurred(JNIEnv *env)`
  如果有异常挂起，则返回该异常对象，否则返回 NULL。
- `jboolean ExceptionCheck(JNIEnv *env)`
  如果有异常挂起，则返回 true。
- `void ExceptionClear(JNIEnv *env)`
  清除挂起的异常。

12.9 使用调用 API

到现在为止，我们主要讨论的都是进行了一些 C 调用的用 Java 编程语言编写的程序，这大概是因为 C 的运行速度更快一些，或者允许访问一些 Java 平台无法访问的功能。假设在相反的情况下，你有一个 C 或者 C++ 的程序，并且想要调用一些 Java 代码。调用 API（invocation API）使你能够把 Java 虚拟机嵌入到 C 或者 C++ 程序中。下面是你初始化虚拟机所需的基本代码。

```
JavaVMOption options[1];
JavaVMInitArgs vm_args;
JavaVM *jvm;
JNIEnv *env;

options[0].optionString = "-Djava.class.path=.";

memset(&vm_args, 0, sizeof(vm_args));
vm_args.version = JNI_VERSION_1_2;
vm_args.nOptions = 1;
vm_args.options = options;

JNI_CreateJavaVM(&jvm, (void**) &env, &vm_args);
```

对 `JNI_CreateJavaVM` 的调用将创建虚拟机，并且使指针 `jvm` 指向虚拟机，使指针 `env` 指向执行环境。

可以给虚拟机提供任意数目的选项，这只需增加选项数组的大小和 `vm_args.nOptions` 的值。例如，

```
options[i].optionString = "-Djava.compiler=NONE";
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

可以钝化即时编译器。

提示：当你陷入麻烦导致程序崩溃，从而不能初始化 JVM 或者不能装载你的类时，请打开 JNI 调试模式。设置一个选项如下：

```
options[i].optionString = "-verbose:jni";
```

你会看到一系列说明 JVM 初始化进程的消息。如果看不到你装载的类，请检查你的路径和类路径的设置。

一旦设置完虚拟机，就可以如前面小节介绍的那样调用 Java 方法了。只要按常规方法使用 env 指针即可。

只有在调用 invocation API 中的其他函数时，才需要 jvm 指针。目前，只有四个这样的函数。最重要的一个是终止虚拟机的函数：

```
(*jvm)->DestroyJavaVM(jvm);
```

遗憾的是，在 Windows 下，动态链接到 jre/bin/client/jvm.dll 中的 JNI_CreateJavaVM 函数变得非常困难，因为 Vista 改变了链接规则，而 Oracle 的类库仍旧依赖于旧版本的 C 运行时类库。我们的示例程序通过手工加载该类库解决了这个问题，这种方式与 Java 程序所使用的方式一样，请参阅 JDK 中的 src.jar 文件里的 launcher/java_md.c 文件。

程序清单 12-20 的 C 程序设置了虚拟机，然后调用了 Welcome 类的 main 方法，这个类在卷 I 第 2 章中讨论过了（在开始启用测试程序之前，务必编译 Welcome.java 文件）。

程序清单 12-20 invocation/InvocationTest.c

```
1  /**
2     @version 1.20 2007-10-26
3     @author Cay Horstmann
4  */
5
6  #include <jni.h>
7  #include <stdlib.h>
8
9  #ifdef _WINDOWS
10
11 #include <windows.h>
12 static HINSTANCE loadJVMLibrary(void);
13 typedef jint (JNICALL *CreateJavaVM_t)(JavaVM **, void **, JavaVMInitArgs *);
14
15 #endif
16
17 int main()
18 {
19    JavaVMOption options[2];
20    JavaVMInitArgs vm_args;
21    JavaVM *jvm;
22    JNIEnv *env;
23    long status;
24
25    jclass class_Welcome;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
26     jclass class_String;
27     jobjectArray args;
28     jmethodID id_main;
29
30  #ifdef _WINDOWS
31     HINSTANCE hjvmlib;
32     CreateJavaVM_t createJavaVM;
33  #endif
34
35     options[0].optionString = "-Djava.class.path=.";
36     memset(&vm_args, 0, sizeof(vm_args));
37     vm_args.version = JNI_VERSION_1_2;
38     vm_args.nOptions = 1;
39     vm_args.options = options;
40
41
42  #ifdef _WINDOWS
43     hjvmlib = loadJVMLibrary();
44     createJavaVM = (CreateJavaVM_t) GetProcAddress(hjvmlib, "JNI_CreateJavaVM");
45     status = (*createJavaVM)(&jvm, (void **) &env, &vm_args);
46  #else
47     status = JNI_CreateJavaVM(&jvm, (void **) &env, &vm_args);
48  #endif
49
50     if (status == JNI_ERR)
51     {
52        fprintf(stderr, "Error creating VM\n");
53        return 1;
54     }
55
56     class_Welcome = (*env)->FindClass(env, "Welcome");
57     id_main = (*env)->GetStaticMethodID(env, class_Welcome, "main", "([Ljava/lang/String;)V");
58
59     class_String = (*env)->FindClass(env, "java/lang/String");
60     args = (*env)->NewObjectArray(env, 0, class_String, NULL);
61     (*env)->CallStaticVoidMethod(env, class_Welcome, id_main, args);
62
63     (*jvm)->DestroyJavaVM(jvm);
64
65     return 0;
66  }
67
68  #ifdef _WINDOWS
69
70  static int GetStringFromRegistry(HKEY key, const char *name, char *buf, jint bufsize)
71  {
72     DWORD type, size;
73
74     return RegQueryValueEx(key, name, 0, &type, 0, &size) == 0
75        && type == REG_SZ
76        && size < (unsigned int) bufsize
77        && RegQueryValueEx(key, name, 0, 0, buf, &size) == 0;
78  }
79
80  static void GetPublicJREHome(char *buf, jint bufsize)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
81 {
82    HKEY key, subkey;
83    char version[MAX_PATH];
84    /* Find the current version of the JRE */
85    char *JRE_KEY = "Software\\JavaSoft\\Java Runtime Environment";
86    if (RegOpenKeyEx(HKEY_LOCAL_MACHINE, JRE_KEY, 0, KEY_READ, &key) != 0)
87    {
88       fprintf(stderr, "Error opening registry key '%s'\n", JRE_KEY);
89       exit(1);
90    }
91
92    if (!GetStringFromRegistry(key, "CurrentVersion", version, sizeof(version)))
93    {
94       fprintf(stderr, "Failed reading value of registry key:\n\t%s\\CurrentVersion\n", JRE_KEY);
95       RegCloseKey(key);
96       exit(1);
97    }
98
99    /* Find directory where the current version is installed. */
100   if (RegOpenKeyEx(key, version, 0, KEY_READ, &subkey) != 0)
101   {
102     fprintf(stderr, "Error opening registry key '%s\\%s'\n", JRE_KEY, version);
103      RegCloseKey(key);
104      exit(1);
105   }
106
107   if (!GetStringFromRegistry(subkey, "JavaHome", buf, bufsize))
108   {
109      fprintf(stderr, "Failed reading value of registry key:\n\t%s\\%s\\JavaHome\n",
110         JRE_KEY, version);
111      RegCloseKey(key);
112      RegCloseKey(subkey);
113      exit(1);
114   }
115
116   RegCloseKey(key);
117   RegCloseKey(subkey);
118 }
119
120 static HINSTANCE loadJVMLibrary(void)
121 {
122    HINSTANCE h1, h2;
123    char msvcdll[MAX_PATH];
124    char javadll[MAX_PATH];
125    GetPublicJREHome(msvcdll, MAX_PATH);
126    strcpy(javadll, msvcdll);
127    strncat(msvcdll, "\\bin\\msvcr71.dll", MAX_PATH - strlen(msvcdll));
128    msvcdll[MAX_PATH - 1] = '\0';
129    strncat(javadll, "\\bin\\client\\jvm.dll", MAX_PATH - strlen(javadll));
130    javadll[MAX_PATH - 1] = '\0';
131
132    h1 = LoadLibrary(msvcdll);
133    if (h1 == NULL)
134    {
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
135        fprintf(stderr, "Can't load library msvcr71.dll\n");
136        exit(1);
137     }
138
139     h2 = LoadLibrary(javadll);
140     if (h2 == NULL)
141     {
142        fprintf(stderr, "Can't load library jvm.dll\n");
143        exit(1);
144     }
145     return h2;
146  }
147
148  #endif
```

要在 Linux 下编译该程序，请用：

```
gcc -I jdk/include -I jdk/include/linux -o InvocationTest
   -L jdk/jre/lib/i386/client -ljvm InvocationTest.c
```

在 Solaris 下，请用：

```
cc -I jdk/include -I jdk/include/solaris -o InvocationTest
   -L jdk/jre/lib/sparc -ljvm InvocationTest.c
```

在 Windows 下用微软的 C 编译器时，请用下面的命令行：

```
cl -D_WINDOWS -I jdk\include -I jdk\include\win32 InvocationTest.c jdk\lib\jvm.lib advapi32.lib
```

需要确保 INCLUDE 和 LIB 环境变量包含了 Windows API 头文件和库文件的路径。

用 Cygwin 时，用下面的语句进行编译：

```
gcc -D_WINDOWS -mno-cygwin -I jdk\include -I jdk\include\win32 -D__int64="long long"
   -I c:\cygwin\usr\include\w32api -o InvocationTest
```

在 Linux/UNIX 下运行该程序之前，需要确保 LD_LIBRARY_PATH 包含了共享类库的目录。例如，如果使用 Linux 上的 bash 命令行，则需要执行下面的命令：

```
export LD_LIBRARY_PATH=jdk/jre/lib/i386/client:$LD_LIBRARY_PATH
```

API 调用 API 函数

- `jint JNI_CreateJavaVM(JavaVM** p_jvm, void** p_env, JavaVMInitArgs* vm_args)`

  初始化 Java 虚拟机。如果成功，则返回 0，否则返回 JNI_ERR。

  参数：`p_jvm` 填入指向调用 API 函数表的指针

  `p_env` 填入指向 JNI 函数表的指针

  `vm_args` 虚拟机参数

- `jint DestroyJavaVM(JavaVM* jvm)`

  销毁虚拟机。如果成功，则返回 0，否则返回一个负值。该函数必须通过一个虚拟机指针调用。例如，`(*jvm)->DestroyJavaVM(jvm)`。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

12.10 完整的示例：访问 Windows 注册表

在本节中，我们介绍一个完整的可运行的例子，涵盖了我们在本章讨论的所有内容：使用带有字符串、数组和对象的本地方法，构造器调用和错误处理。我们将展示如何用 Java 平台包装器来包装普通的基于 C 的 API 子集，用于进行 Windows 注册表操作。当然，由于 Windows 的具体特性，使用 Windows 注册表的程序天生就不可移植。基于这个原因，标准的 Java 库不支持注册表，所以使用本地方法访问注册表是有意义的。

12.10.1 Windows 注册表概述

Windows 注册表是一个存放 Windows 操作系统和应用程序的配置信息的数据仓库。它提供了对系统和应用程序参数的单点管理和备份。其不足的方面是，注册表的错误也是单点的。如果你弄乱了注册表，你的电脑就会出故障，甚至无法启动。

我们不建议你使用注册表来存储 Java 程序的配置参数。Java 配置 API（preferences API）是一个更好的解决方案（更多信息请参见卷 I 第 10 章）。我们使用注册表只是为了说明怎样把重要的本地 API 包装成 Java 类。

检查注册表的主要工具是注册表编辑器。由于可能存在幼稚而狂热的用户，所以 Windows 没有配备任何图标来启动注册表编辑器。你必须启动 DOS shell（或打开“开始”→“运行”对话框）然后键入 `regedit`。图 12-4 给出了一个运行中的注册表编辑器。

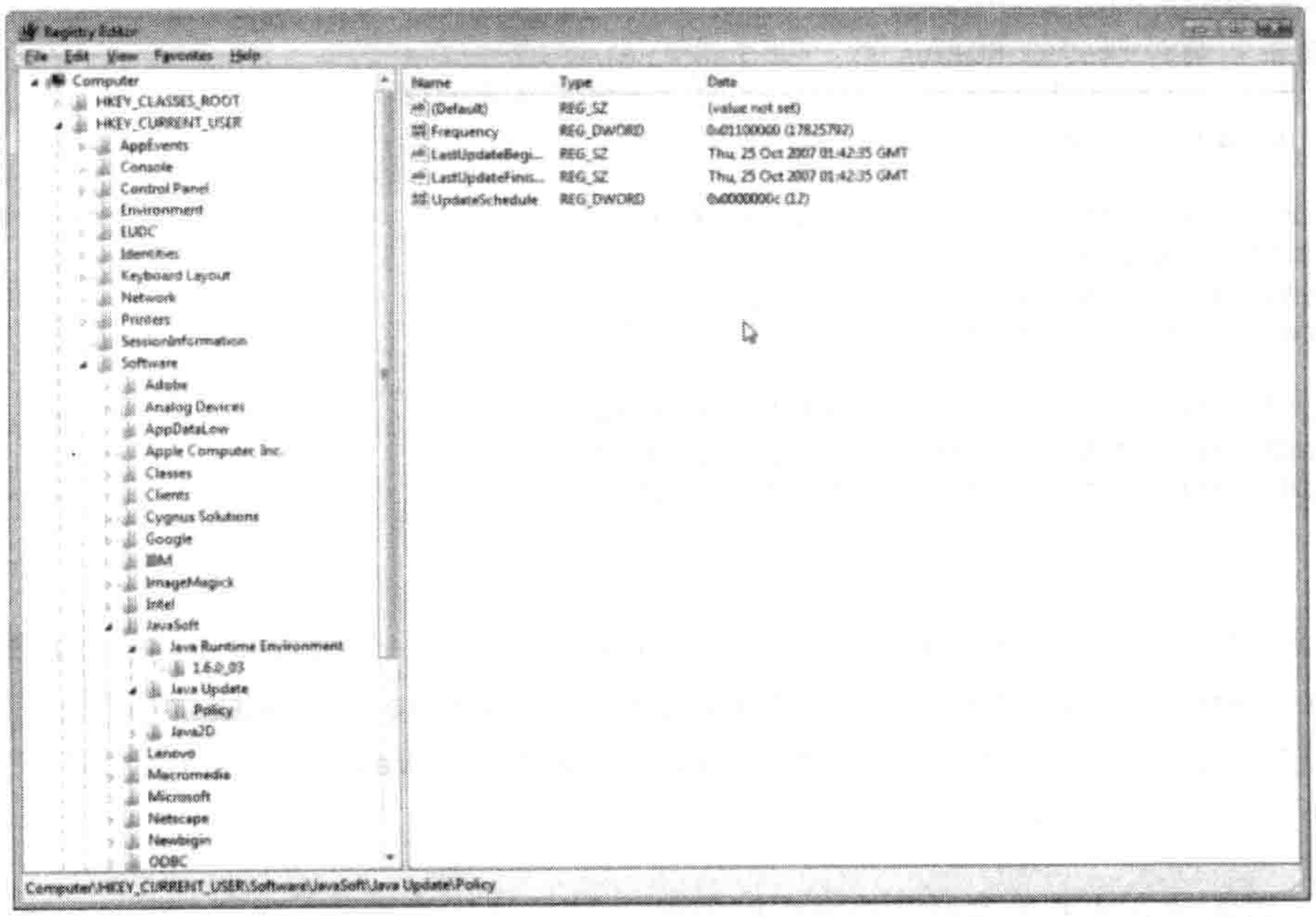


图 12-4 注册表编辑器

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

左边是树形结构排列的注册表键。请注意，每个键都以 HKEY 节点开始，如：

```
HKEY_CLASSES_ROOT
HKEY_CURRENT_USER
HKEY_LOCAL_MACHINE
. . .
```

右边是与特定键关联的名 / 值对。例如，如果你安装了 Java SE 7，那么键：

```
HKEY_LOCAL_MACHINE\Software\JavaSoft\Java Runtime Environment
```

就包含下面这样的名值对：

```
CurrentVersion="1.7.0_10"
```

在本例中，值是字符串。值也可以是整数或字节数组。

12.10.2 访问注册表的 Java 平台接口

我们创建了一个从 Java 代码访问注册表的简单接口，然后用本地代码实现了这个接口。我们的接口只允许几个注册表操作，为了保持较小的代码规模，我们省略了其他重要的操作，如：添加、删除和枚举注册表键（添加剩余的这些注册表 API 函数是很容易的）。

即使使用我们提供的受限的子集，你也可以：

- 枚举某个键中存储的所有名字。
- 读出用某个名字存储的值。
- 设置用某个名字存储的值。

下面是封装注册表键的 Java 类：

```
public class Win32RegKey
{
   public Win32RegKey(int theRoot, String thePath) { . . . }
   public Enumeration names() { . . . }
   public native Object getValue(String name);
   public native void setValue(String name, Object value);

   public static final int HKEY_CLASSES_ROOT = 0x80000000;
   public static final int HKEY_CURRENT_USER = 0x80000001;
   public static final int HKEY_LOCAL_MACHINE = 0x80000002;
   . . .
}
```

names 方法返回与该键存放在一起的所有名字的一个枚举，你可以用你熟悉的 hasMoreElements/nextElement 方法获取它们。getValue 方法返回一个对象，该对象可以是字符串、Integer 对象或字节数组。setValue 方法的 value 参数也必须是上述三种类型之一。

12.10.3 以本地方法方式实现注册表访问函数

我们需要实现三个操作：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

- 获取某个键的值。
- 设置某个键的值。
- 迭代键的名字。

幸运的是，你基本上已经看到了所有必须的工具，如 Java 字符串和数组到 C 的字符串和数组的转换，还了解了如何在出错时抛出异常。

有两个问题使得这些本地方法比之前的例子更加复杂。getValue 和 setValue 方法处理的是 Object 类型，它可以是 String、Integer 或 byte[ ] 之一。枚举对象需要用来存放连续的对 hasMoreElements 和 nextElement 的调用之间的状态。

让我们先看一下 getValue 方法，该方法（程序清单 12-22 所示）经历了以下几个步骤：

1）打开注册表键。为了读取它们的值，注册表 API 要求这些键是开放的。

2）查询与名字关联的值的类型和大小。

3）把数据读到缓存。

4）如果类型是 REG_SZ(字符串)，调用 NewStringUTF，用该值来创建一个新的字符串。

5）如果类型是 REG_DWORD（32 位整数），调用 Integer 构造器。

6）如果类型是 REG_BINARY，调用 NewByteArray 来创建一个新的字节数组，并调用 SetByteArrayRegion，把值数据复制到该字节数组中。

7）如果不是以上类型或调用 API 函数时出现错误，那就抛出异常，并小心地释放到此为止所获得的所有资源。

8）关闭键，并返回创建的对象（String、Integer 或 byte[]）。

如你所见，这个例子很好地说明了怎样产生不同类型的 Java 对象。

在本地方法中，处理泛化的返回类型并不困难，jstring、jobject 或 jarray 引用都可以直接作为一个 jobject 返回。但是，setValue 方法接受的是一个对 Object 的引用，并且，为了把该 Object 保存为字符串、整数或字节数组，必须确定该 Object 的确切类型。我们可以通过查询 value 对象的类，找出对 java.lang.String、java.lang.Integer 和 byte[] 的引用，将其与 IsAssignableFrom 函数进行比较，从而确定它的确切类型。

如果 class1 和 class2 是两个类引用，那么调用：

```
(*env)->IsAssignableFrom(env, class1, class2)
```

当 class1 和 class2 是同一个类或 class1 是 class2 的子类时，返回 JNI_TRUE。在这两种情况下，class1 对象的引用都可以转型到 class2。例如，当：

```
(*env)->IsAssignableFrom(env, (*env)->GetObjectClass(env, value), (*env)->FindClass(env, "[B"))
```

为 true 时，那么我们就知道该值是一个字节数组。

下面是对 setValue 方法中的步骤的概述：

1）打开注册表键以便写入。

2）找出要写入的值的类型。

3）如果类型是 String，调用 GetStringUTFChars 获取一个指向这些字符的指针。

4）如果类型是 Integer，调用 intValue 方法获取该包装器对象中存储的整数。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

5）如果类型是 byte[]，调用 GetByteArrayElements 获取指向这些字节的指针。

6）把数据和长度传递给注册表。

7）关闭键。

8）如果类型是 String 或 byte[]，那么还要释放指向数据的指针。

最后，我们介绍枚举键的本地方法。这些方法属于 Win32RegKeyNameEnumeration 类（参见程序清单 12-21）。当枚举过程开始时，我们必须打开键。在枚举过程中，我们必须保持该键的句柄。也就是说，该键的句柄必须与枚举对象存放在一起。键的句柄是 DWORD 类型的，它是一个 32 位数，所以可以存放在一个 Java 的整数中。它被存放在枚举类的 hkey 域中，当枚举开始时，SetIntField 初始化该域，而后续的调用用 GetIntField 来读取其值。

在这个例子里，我们用枚举对象存放了另外三个数据项。当枚举一开始，我们可以从注册表中查询到名 / 值对的个数和最长名字的长度，我们需要这些信息，因此我们分配 C 字符数组以保存这些名字。这些值存放在枚举对象的 count 和 maxsize 域中。最后，index 域被初始化为 -1，表示枚举的开始。一旦其他实例域被初始化，index 域就被置为 0，在完成每个枚举步骤之后，都会进行递增。

让我们简要介绍一下支持枚举的本地方法。hasMoreElements 方法很简单：

1）获取 index 和 count 域。

2）如果 index 是— 1，调用 startNameEnumeration 函数打开键，查询数量和最大长度，初始化 hkey、count、maxsize 和 index 域。

3）如果 index 小于 count，则返回 JNI_TRUE，否则返回 JNI_FALSE。

nextElement 方法要复杂一些。

1）获取 index 和 count 域。

2）如果 index 是— 1，调用 startNameEnumeration 函数打开键，查询数量和最大长度，初始化 hkey、count、maxsize 和 index 域。

3）如果 index 等于 count，抛出一个 NoSuchElementException 异常。

4）从注册表中读入下一个名字。

5）递增 index。

6）如果 index 等于 count，则关闭键。

在编译之前，记得在 Win32RegKey 和 Win32RegKeyNameEnumeration 上都要运行 javah。微软编译器的完整命令行如下：

```
cl -I jdk\include -I jdk\include\win32 -LD Win32RegKey.c advapi32.lib -FeWin32RegKey.dll
```

Cygwin 系统上，请使用：

```
gcc -mno-cygwin -D __int64="long long" -I jdk\include -I jdk\include\win32
   -I c:\cygwin\usr\include\w32api -shared -Wl,--add-stdcall-alias -o Win32RegKey.dll
Win32RegKey.c
```

因为注册表 API 是针对 Windows 的，所以这个程序不能在其他操作系统上运行。

程序清单 12-23 给出了测试我们新的注册表函数的程序。我们在键中添加了三个名值对：

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

一个字符串、一个整数和一个字节数组。

```
HKEY_CURRENT_USER\Software\JavaSoft\Java Runtime Environment
```

然后，我们枚举该键的所有名字并获取它们的值。该程序应该打印如下信息：

```
Default user=Harry Hacker
Lucky number=13
Small primes=2 3 5 7 11 13
```

虽然在该键中添加这些名值对不会有什么危害，但是在运行该程序后，你可能还是想使用注册表编辑器去移除它们。

程序清单 12-21 win32reg/Win32RegKey.java

```
1  import java.util.*;
2
3  /**
4   * A Win32RegKey object can be used to get and set values of a registry key in the Windows registry.
5   * @version 1.00 1997-07-01
6   * @author Cay Horstmann
7   */
8  public class Win32RegKey
9  {
10    public static final int HKEY_CLASSES_ROOT = 0x80000000;
11    public static final int HKEY_CURRENT_USER = 0x80000001;
12    public static final int HKEY_LOCAL_MACHINE = 0x80000002;
13    public static final int HKEY_USERS = 0x80000003;
14    public static final int HKEY_CURRENT_CONFIG = 0x80000005;
15    public static final int HKEY_DYN_DATA = 0x80000006;
16
17    private int root;
18    private String path;
19
20    /**
21     * Gets the value of a registry entry.
22     * @param name the entry name
23     * @return the associated value
24     */
25    public native Object getValue(String name);
26
27    /**
28     * Sets the value of a registry entry.
29     * @param name the entry name
30     * @param value the new value
31     */
32    public native void setValue(String name, Object value);
33
34    /**
35     * Construct a registry key object.
36     * @param theRoot one of HKEY_CLASSES_ROOT, HKEY_CURRENT_USER, HKEY_LOCAL_MACHINE, HKEY_USERS,
37     * HKEY_CURRENT_CONFIG, HKEY_DYN_DATA
38     * @param thePath the registry key path
39     */
40    public Win32RegKey(int theRoot, String thePath)
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
41    {
42       root = theRoot;
43       path = thePath;
44    }
45
46    /**
47     * Enumerates all names of registry entries under the path that this object describes.
48     * @return an enumeration listing all entry names
49     */
50    public Enumeration<String> names()
51    {
52       return new Win32RegKeyNameEnumeration(root, path);
53    }
54    static
55    {
56       System.loadLibrary("Win32RegKey");
57    }
58 }
59
60 class Win32RegKeyNameEnumeration implements Enumeration<String>
61 {
62    public native String nextElement();
63    public native boolean hasMoreElements();
64    private int root;
65    private String path;
66    private int index = -1;
67    private int hkey = 0;
68    private int maxsize;
69    private int count;
70
71    Win32RegKeyNameEnumeration(int theRoot, String thePath)
72    {
73       root = theRoot;
74       path = thePath;
75    }
76 }
77
78 class Win32RegKeyException extends RuntimeException
79 {
80    public Win32RegKeyException()
81    {
82    }
83
84    public Win32RegKeyException(String why)
85    {
86       super(why);
87    }
88 }
```

程序清单 12-22 win32reg/Win32RegKey.c

```
1  /**
2     @version 1.00 1997-07-01
3     @author Cay Horstmann
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
4  */
5
6  #include "Win32RegKey.h"
7  #include "Win32RegKeyNameEnumeration.h"
8  #include <string.h>
9  #include <stdlib.h>
10 #include <windows.h>
11 JNIEXPORT jobject JNICALL Java_Win32RegKey_getValue(JNIEnv* env, jobject this_obj, jobject name)
12 {
13    const char* cname;
14    jstring path;
15    const char* cpath;
16    HKEY hkey;
17    DWORD type;
18    DWORD size;
19    jclass this_class;
20    jfieldID id_root;
21    jfieldID id_path;
22    HKEY root;
23    jobject ret;
24    char* cret;
25
26    /* get the class */
27    this_class = (*env)->GetObjectClass(env, this_obj);
28
29    /* get the field IDs */
30    id_root = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "root", "I");
31    id_path = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "path", "Ljava/lang/String;");
32
33    /* get the fields */
34    root = (HKEY) (*env)->GetIntField(env, this_obj, id_root);
35    path = (jstring)(*env)->GetObjectField(env, this_obj, id_path);
36    cpath = (*env)->GetStringUTFChars(env, path, NULL);
37
38    /* open the registry key */
39    if (RegOpenKeyEx(root, cpath, 0, KEY_READ, &hkey) != ERROR_SUCCESS)
40    {
41       (*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "Win32RegKeyException"),
42          "Open key failed");
43       (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, path, cpath);
44       return NULL;
45    }
46
47    (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, path, cpath);
48    cname = (*env)->GetStringUTFChars(env, name, NULL);
49
50    /* find the type and size of the value */
51    if (RegQueryValueEx(hkey, cname, NULL, &type, NULL, &size) != ERROR_SUCCESS)
52    {
53       (*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "Win32RegKeyException"),
54          "Query value key failed");
55       RegCloseKey(hkey);
56       (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, name, cname);
57       return NULL;
58    }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
59      /* get memory to hold the value */
60      cret = (char*)malloc(size);
61
62      /* read the value */
63      if (RegQueryValueEx(hkey, cname, NULL, &type, cret, &size) != ERROR_SUCCESS)
64      {
65         (*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "Win32RegKeyException"),
66            "Query value key failed");
67         free(cret);
68         RegCloseKey(hkey);
69         (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, name, cname);
70         return NULL;
71      }
72
73      /* depending on the type, store the value in a string,
74         integer or byte array */
75      if (type == REG_SZ)
76      {
77         ret = (*env)->NewStringUTF(env, cret);
78      }
79      else if (type == REG_DWORD)
80      {
81         jclass class_Integer = (*env)->FindClass(env, "java/lang/Integer");
82         /* get the method ID of the constructor */
83         jmethodID id_Integer = (*env)->GetMethodID(env, class_Integer, "<init>", "(I)V");
84         int value = *(int*) cret;
85         /* invoke the constructor */
86         ret = (*env)->NewObject(env, class_Integer, id_Integer, value);
87      }
88      else if (type == REG_BINARY)
89      {
90         ret = (*env)->NewByteArray(env, size);
91         (*env)->SetByteArrayRegion(env, (jarray) ret, 0, size, cret);
92      }
93      else
94      {
95         (*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "Win32RegKeyException"),
96            "Unsupported value type");
97         ret = NULL;
98      }
99
100     free(cret);
101     RegCloseKey(hkey);
102     (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, name, cname);
103
104     return ret;
105  }
106  JNIEXPORT void JNICALL Java_Win32RegKey_setValue(JNIEnv* env, jobject this_obj,
107     jstring name, jobject value)
108  {
109     const char* cname;
110     jstring path;
111     const char* cpath;
112     HKEY hkey;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
113    DWORD type;
114    DWORD size;
115    jclass this_class;
116    jclass class_value;
117    jclass class_Integer;
118    jfieldID id_root;
119    jfieldID id_path;
120    HKEY root;
121    const char* cvalue;
122    int ivalue;
123
124    /* get the class */
125    this_class = (*env)->GetObjectClass(env, this_obj);
126
127    /* get the field IDs */
128    id_root = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "root", "I");
129    id_path = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "path", "Ljava/lang/String;");
130
131    /* get the fields */
132    root = (HKEY)(*env)->GetIntField(env, this_obj, id_root);
133    path = (jstring)(*env)->GetObjectField(env, this_obj, id_path);
134    cpath = (*env)->GetStringUTFChars(env, path, NULL);
135
136    /* open the registry key */
137    if (RegOpenKeyEx(root, cpath, 0, KEY_WRITE, &hkey) != ERROR_SUCCESS)
138    {
139       (*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "Win32RegKeyException"),
140          "Open key failed");
141       (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, path, cpath);
142       return;
143    }
144
145    (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, path, cpath);
146    cname = (*env)->GetStringUTFChars(env, name, NULL);
147
148    class_value = (*env)->GetObjectClass(env, value);
149    class_Integer = (*env)->FindClass(env, "java/lang/Integer");
150    /* determine the type of the value object */
151    if ((*env)->IsAssignableFrom(env, class_value, (*env)->FindClass(env, "java/lang/String")))
152    {
153       /* it is a string--get a pointer to the characters */
154       cvalue = (*env)->GetStringUTFChars(env, (jstring) value, NULL);
155       type = REG_SZ;
156       size = (*env)->GetStringLength(env, (jstring) value) + 1;
157    }
158    else if ((*env)->IsAssignableFrom(env, class_value, class_Integer))
159    {
160       /* it is an integer--call intValue to get the value */
161       jmethodID id_intValue = (*env)->GetMethodID(env, class_Integer, "intValue", "()I");
162       ivalue = (*env)->CallIntMethod(env, value, id_intValue);
163       type = REG_DWORD;
164       cvalue = (char*)&ivalue;
165       size = 4;
166    }
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
167     else if ((*env)->IsAssignableFrom(env, class_value, (*env)->FindClass(env, "[B")))
168     {
169        /* it is a byte array--get a pointer to the bytes */
170        type = REG_BINARY;
171        cvalue = (char*)(*env)->GetByteArrayElements(env, (jarray) value, NULL);
172        size = (*env)->GetArrayLength(env, (jarray) value);
173     }
174     else
175     {
176        /* we don't know how to handle this type */
177        (*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "Win32RegKeyException"),
178           "Unsupported value type");
179        RegCloseKey(hkey);
180        (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, name, cname);
181        return;
182     }
183
184     /* set the value */
185     if (RegSetValueEx(hkey, cname, 0, type, cvalue, size) != ERROR_SUCCESS)
186     {
187        (*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "Win32RegKeyException"),
188           "Set value failed");
189     }
190
191     RegCloseKey(hkey);
192     (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, name, cname);
193
194     /* if the value was a string or byte array, release the pointer */
195     if (type == REG_SZ)
196     {
197        (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, (jstring) value, cvalue);
198     }
199     else if (type == REG_BINARY)
200     {
201        (*env)->ReleaseByteArrayElements(env, (jarray) value, (jbyte*) cvalue, 0);
202     }
203  }
204
205  /* helper function to start enumeration of names */
206  static int startNameEnumeration(JNIEnv* env, jobject this_obj, jclass this_class)
207  {
208     jfieldID id_index;
209     jfieldID id_count;
210     jfieldID id_root;
211     jfieldID id_path;
212     jfieldID id_hkey;
213     jfieldID id_maxsize;
214
215     HKEY root;
216     jstring path;
217     const char* cpath;
218     HKEY hkey;
219     DWORD maxsize = 0;
220     DWORD count = 0;
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
221
222    /* get the field IDs */
223    id_root = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "root", "I");
224    id_path = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "path", "Ljava/lang/String;");
225    id_hkey = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "hkey", "I");
226    id_maxsize = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "maxsize", "I");
227    id_index = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "index", "I");
228    id_count = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "count", "I");
229
230    /* get the field values */
231    root = (HKEY)(*env)->GetIntField(env, this_obj, id_root);
232    path = (jstring)(*env)->GetObjectField(env, this_obj, id_path);
233    cpath = (*env)->GetStringUTFChars(env, path, NULL);
234
235    /* open the registry key */
236    if (RegOpenKeyEx(root, cpath, 0, KEY_READ, &hkey) != ERROR_SUCCESS)
237    {
238       (*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "Win32RegKeyException"),
239          "Open key failed");
240       (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, path, cpath);
241       return -1;
242    }
243    (*env)->ReleaseStringUTFChars(env, path, cpath);
244    /* query count and max length of names */
245    if (RegQueryInfoKey(hkey, NULL, NULL, NULL, NULL, NULL, NULL, &count, &maxsize,
246          NULL, NULL, NULL) != ERROR_SUCCESS)
247    {
248       (*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "Win32RegKeyException"),
249          "Query info key failed");
250       RegCloseKey(hkey);
251       return -1;
252    }
253
254    /* set the field values */
255    (*env)->SetIntField(env, this_obj, id_hkey, (DWORD) hkey);
256    (*env)->SetIntField(env, this_obj, id_maxsize, maxsize + 1);
257    (*env)->SetIntField(env, this_obj, id_index, 0);
258    (*env)->SetIntField(env, this_obj, id_count, count);
259    return count;
260 }
261
262 JNIEXPORT jboolean JNICALL Java_Win32RegKeyNameEnumeration_hasMoreElements(JNIEnv* env,
263    jobject this_obj)
264 {  jclass this_class;
265    jfieldID id_index;
266    jfieldID id_count;
267    int index;
268    int count;
269    /* get the class */
270    this_class = (*env)->GetObjectClass(env, this_obj);
271
272    /* get the field IDs */
273    id_index = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "index", "I");
274    id_count = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "count", "I");
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
275
276     index = (*env)->GetIntField(env, this_obj, id_index);
277     if (index == -1) /* first time */
278     {
279        count = startNameEnumeration(env, this_obj, this_class);
280        index = 0;
281     }
282     else
283        count = (*env)->GetIntField(env, this_obj, id_count);
284     return index < count;
285 }
286
287 JNIEXPORT jobject JNICALL Java_Win32RegKeyNameEnumeration_nextElement(JNIEnv* env,
288     jobject this_obj)
289 {
290     jclass this_class;
291     jfieldID id_index;
292     jfieldID id_hkey;
293     jfieldID id_count;
294     jfieldID id_maxsize;
295
296     HKEY hkey;
297     int index;
298     int count;
299     DWORD maxsize;
300
301     char* cret;
302     jstring ret;
303
304     /* get the class */
305     this_class = (*env)->GetObjectClass(env, this_obj);
306
307     /* get the field IDs */
308     id_index = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "index", "I");
309     id_count = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "count", "I");
310     id_hkey = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "hkey", "I");
311     id_maxsize = (*env)->GetFieldID(env, this_class, "maxsize", "I");
312
313     index = (*env)->GetIntField(env, this_obj, id_index);
314     if (index == -1) /* first time */
315     {
316        count = startNameEnumeration(env, this_obj, this_class);
317        index = 0;
318     }
319     else
320        count = (*env)->GetIntField(env, this_obj, id_count);
321
322     if (index >= count) /* already at end */
323     {
324        (*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "java/util/NoSuchElementException"),
325           "past end of enumeration");
326        return NULL;
327     }
328
329     maxsize = (*env)->GetIntField(env, this_obj, id_maxsize);
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
330    hkey = (HKEY)(*env)->GetIntField(env, this_obj, id_hkey);
331    cret = (char*)malloc(maxsize);
332
333    /* find the next name */
334    if (RegEnumValue(hkey, index, cret, &maxsize, NULL, NULL, NULL, NULL) != ERROR_SUCCESS)
335    {
336       (*env)->ThrowNew(env, (*env)->FindClass(env, "Win32RegKeyException"),
337          "Enum value failed");
338       free(cret);
339       RegCloseKey(hkey);
340       (*env)->SetIntField(env, this_obj, id_index, count);
341       return NULL;
342    }
343
344    ret = (*env)->NewStringUTF(env, cret);
345    free(cret);
346
347    /* increment index */
348    index++;
349    (*env)->SetIntField(env, this_obj, id_index, index);
350
351    if (index == count) /* at end */
352    {
353       RegCloseKey(hkey);
354    }
355
356    return ret;
357 }
```

程序清单 12-23　win32reg/Win32RegKeyTest.java

```
1  import java.util.*;
2
3  /**
4     @version 1.02 2007-10-26
5     @author Cay Horstmann
6  */
7  public class Win32RegKeyTest
8  {
9     public static void main(String[] args)
10    {
11       Win32RegKey key = new Win32RegKey(
12          Win32RegKey.HKEY_CURRENT_USER, "Software\\JavaSoft\\Java Runtime Environment");
13
14       key.setValue("Default user", "Harry Hacker");
15       key.setValue("Lucky number", new Integer(13));
16       key.setValue("Small primes", new byte[] { 2, 3, 5, 7, 11 });
17
18       Enumeration<String> e = key.names();
19
20       while (e.hasMoreElements())
21       {
22          String name = e.nextElement();
23          System.out.print(name + "=");
24
```

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

```
25          Object value = key.getValue(name);
26          if (value instanceof byte[])
27             for (byte b : (byte[]) value) System.out.print((b & 0xFF) + " ");
28          else
29             System.out.print(value);
30
31          System.out.println();
32       }
33    }
34 }
```

API 类型质询函数

- `jboolean IsAssignableFrom(JNIEnv *env, jclass cl1, jclass cl2)`
  如果第一个类的对象可以赋给第二个类的对象，则返回 `JNI_TRUE`，否则返回 `JNI_FALSE`。这个函数可以测试：两个类是否相同，cl1 是否是 cl2 的子类，cl2 是否表示一个由 cl1 或它的一个超类实现的接口。
- `jclass GetSuperClass(JNIEnv *env, jclass cl)`
  返回某个类的超类。如果 cl 表示 `Object` 类或一个接口，则返回 NULL。

一路走来，大家已经学习了许多高级 API，现在，终于结束了。我们从每位 Java 程序员都应该了解的主题开始，即：流、XML、网络、数据库和国际化，又用了篇幅很长的三章阐述了图形和 GUI 编程，最后用非常技术性的几章结尾，即安全、远程方法、注解处理和本地方法。我们希望你能够真正享受这个旅程，掌握这些涉及领域广泛的 Java API，并能够将这些新知识应用到你的项目中。

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963

Java 核心技术 卷II

高级特性（原书第9版）

本书已全面更新，以反映Java SE 7的新特性。对于专业程序员来说，本书是必读经典，几乎涵盖了Java语言的所有高级特性，包含大量精选的示例代码并经过彻底的测试，示例清晰、深入浅出，生动展示了实际应用中的最佳实践，可帮助读者快速建立健壮的、优秀的应用程序。

本书详细介绍以下内容：

- 流、文件、正则表达式
- XML
- 网络
- 数据库编程
- JNDI/LDAP直接集成
- 国际化
- 高级Swing
- JavaBeans组件
- Web服务
- 高级平台安全技术
- 注解
- 分布式
- 本地方法

有关Java语言的基本概念请参阅《Java核心技术 卷 I 基础知识（原书第9版）》，其中包括Java语言的核心概念、语法、重要特性。

PEARSON
www.pearson.com

投稿热线：(010) 88379604
客服热线：(010) 88378991 88361066
购书热线：(010) 68326294 88379649 68995259

华章网站：www.hzbook.com
网上购书：www.china-pub.com
数字阅读：www.hzmedia.com.cn

上架指导：计算机/程序设计/Java
ISBN 978-7-111-44250-9
9 787111 442509 >
定价：139.00元

更多资料请关注我的新浪博客http://blog.sina.com.cn/u/3283485963