

PEARSON



FreeBSD

操作系统设计与实现

(第2版) 英文版

[美] Marshall Kirk McKusick George V.Neville-Neil Robert N.M.Watson 著

The Design and Implementation of the
FreeBSD Operating System(2nd Edition)

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



FreeBSD

操作系统设计与实现

(第2版) 英文版

[美] Marshall Kirk McKusick George V.Neville-Neil Robert N.M.Watson 著

The Design and Implementation of the
FreeBSD Operating System(2nd Edition)

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

FreeBSD操作系统设计与实现 : 第2版 : 英文 /
(美) 麦库西克 (McKusick, M. K.), (美) 加里-尼尔
(Neville-Neil, G. V.), (美) 沃森 (Watson, R. N. M.) 著
. — 北京 : 人民邮电出版社, 2016.3
ISBN 978-7-115-41349-9

I. ①F… II. ①麦… ②加… ③沃… III. ①UNIX操
作系统—英文 IV. ①TP316.81

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第019908号

版权声明

Original edition, entitled The Design and Implementation of the FreeBSD Operating System, 2E, by Marshall Kirk McKusick, George V. Neville-Neil, and Robert N. M. Watson published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2014.

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 Inc.

China edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS Copyright © 2016.

This edition is manufactured in the People's Republic of China, and is authorized for sale and distribution in the People's Republic of China exclusively (except Taiwan, Hong Kong SAR and Macau SAR).

本书封面贴有 Pearson Education 出版集团激光防伪标签, 无标签者不得销售。

-
- ◆ 著 [美] Marshall Kirk McKusick
George V. Neville-Neil Robert N.M. Watson
责任编辑 傅道坤
责任印制 张佳莹 焦志炜
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市中晟雅豪印务有限公司印刷
- ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 55
字数: 929 千字 2016 年 3 月第 1 版
印数: 1—2 000 册 2016 年 3 月河北第 1 次印刷
- 著作权合同登记号 图字: 01-2015-6358 号
-

定价: 118.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

内容提要

本书是迄今为止对 FreeBSD 操作系统的介绍最为全面、丰富和权威的学习资料。

全书分为 5 部分，总计 15 章。第 1 部分为概述性内容，对 FreeBSD 操作系统的历史发展、设计和内核服务进行了简单介绍。第 2 部分讲解了进程相关的内容，包括进程管理、安全和存储管理等。第 3 部分讲解了 I/O 系统相关的内容，包括 I/O 设备、快速文件系统、泽字节文件系统、网络文件系统等。第 4 部分讲解了进程间通信相关的内容，包括进程间通信、网络层协议和传输层协议等。第 5 部分讲解了系统操作相关的内容，主要涉及系统的启动和关闭。最后的术语表给出了本书涉及的一些常用术语及其解释。

本书既可以作为一本 FreeBSD 实践指南，又可作为深入研究当代可移植的开放源代码操作系统的参考书。本书适合 FreeBSD 操作系统技术支持人员、应用程序开发人员、系统管理员和系统程序员阅读，也可供对学习 FreeBSD 感兴趣的读者参考。

前言

本书遵循了 UNIX 系统 4.3BSD 和 4.4BSD 版本（由加州大学伯克利分享开发）设计与实现在早期的权威和完整的描述。最终的伯克利版本是在 1994 年发布的，此后有多个小组继续致力于 BSD 的发展。本书详细讲解了 FreeBSD 这个开发人员数量最多以及具有最广泛版本的系统。尽管 FreeBSD 版本在其基础系统中包含了近 1000 个实用程序，以及在其 Port Collection 中包含了近 25000 个可选实用程序，但是本书主要关注的则是 FreeBSD 的内核。

类 UNIX 系统

类 UNIX 系统包括传统的供应商系统（比如 Solaris 和 HP-UX）、基于 Linux 的分发版本（比如 Red Hat、Debian、Suse 和 Slackware）、基于 BSD 的分发版本（比如 FreeBSD、NetBSD、OpenBSD 和 Darwin）。他们在从智能手机到大型超级计算机在内的计算机上运行。大多数多处理器、图形和矢量处理器系统会选择类 UNIX 系统作为其操作系统，它们被广泛用于实现最初的分时操作的目的。作为在 Internet 上提供网络服务（从 FTP 到 WWW）的最常见平台，它们也是最容易移植的操作系统。它们的可移植性一方面得益于它们是使用 C 语言[Kernighan & Ritchie, 19989]实现的（C 语言本身也是一种广泛移植的语言），另一方面是得益于系统设计的很优雅。

自从 1969 年成立以来[Ritchie & Thompon, 1978]，UNIX 系统就以多个分支分分合合地发展。最初的开发人员在 AT&T 贝尔实验室先是借助

于第 9 版和第 10 版 UNIX，后是借助于 Plan 9（UNIX 的后继系统）推动着 UNIX 的发展。与此同时，在将 System V 与 SUN 公司基于 BSD 的 SunOS 合并产生 Solaris 系统之前，AT&T 将 System V 作为一个产品进行了授权。第 9 版的 UNIX、System V 和 Solaris 都受到了加州大学伯克利分校计算机系统研究组（CSRG）研发的伯克利软件发行版本（BSD）的强烈影响。尽管 Linux 操作系统依然是在独立于其他 UNIX 变种版本的情况下进行研发，但是它实现了 UNIX 接口。因此，在其他 UNIX 平台上运行的应用程序可以被轻易移植到 Linux 上运行。

伯克利软件发行版本

来自伯克利的发行版本是第一个引入了很多重要特性的 UNIX 系统，这些特性如下所示：

- 支持请求分页的虚拟内存；
- 硬件和 I/O 系统的自动配置；
- 快速和可恢复的文件系统；
- 基于套接字的进程间通信（IPC）原语；
- TCP/IP 的参考实现。

伯克利发行版本被很多厂商的 UNIX 系统借用了，而且许多其他厂商的开发团队也在内部使用伯克利发行版本。TCP/IP 网络协议簇在 4.2BSD 和 4.3BSD 中的实现，以及这两个系统的可用性，为 TCP/IP 网络协议簇成为世界标准立下了汗马功劳。甚至非 UNIX 厂商（比如微软）也在其 Winsock IPC 接口中采取了伯克利套接字的设计。

BSD 还对 POSIX（IEEE 1003.1 标准）操作系统接口标准以及相关标准具有重要影响。BSD 中的有些特性就被用到了 POSIX 上（比如可靠信号、作业控制、逐进程的多个访问组，以及目录操作例程）。

早期的 BSD 中包含了授权的 UNIX 代码，这就要求相关方必须拥有 AT&T 的源代码授权，才能获得和使用 BSD。在 1988 年，BSD 将其发行版本分为 AT&T 授权的代码和可自由重分发的代码。可自由重分发的代码是单独授权的，可以被任何人获取、使用和重分发。在 1994 年，来自伯克利的可自由重分发的最终版本 4.4BSD-Lite-2 包含了几乎整个内核，以及所有重要的库和实用程序。

在 1993 年，出现了 NetBSD 和 FreeBSD 两个小组，他们通过伯克利的自由重分发版本来构建系统，并为其提供支持和分发。NetBSD 小组强调的是可移植性，以及用最简单的方法将系统移植到近 60 个平台上，他

们决定让系统为嵌入式应用提供更多支持。FreeBSD 小组强调的则是对 PC 架构进行最大限度的支持, 以及系统的易安装性, 以涵盖尽可能广泛的用户。

在 1995 年, OpenBSD 小组从 NetBSD 小组中分离出来, 开发主打安全性的版本。在 2003 年, Dragonfly 小组从 FreeBSD 小组中分离出来, 开发这样一个版本: 使用一个轻量级机制来支持多处理。多年以来, 这些 BSD 版本之间一直存在良性的竞争, 相互之间也会借鉴想法和代码。

本书涵盖的内容

本书讲解的是 FreeBSD 11 内核的内部结构, 以及 FreeBSD 系统中使用的概念、数据结构和算法。本书从系统调用级别讲解了 FreeBSD, 从接口到内核, 再到硬件, 无所不包。内核包含了系统组件, 比如进程管理、安全、虚拟存储、I/O 系统、文件系统、socket IPC 机制和网络协议实施。系统调用级别之上的内容 (比如库、shell、命令、编程语言以及其他用户接口), 除非是与终端接口和系统启动有关, 否则不会在本书中出现。本书以 Organick 的 Multics 图书[Organick, 1975]中首次建立的组织结构为基础, 对现代的操作系统进行深入研究。

在与特定硬件相关的地方, 本书引用的是 Intel 32 位架构以及类似的 AMD 64 位架构。因为 FreeBSD 强调了在这些架构上的发展, 因此 FreeBSD 完全支持这些架构, 这也提供了方便的参考标准。

本书可供计算机专业人员使用

FreeBSD 被广泛用来支持世界上许多公司的核心基础设施。因为 FreeBSD 的体积不大, 因此在嵌入式应用程序中的应用也在增长。FreeBSD 的授权条款不要求对发生变更或功能增强的系统进行发布, 而 Linux 的授权条款则要求与内核相关的所有变更和增强必须以源码的形式提供, 而且成本还要最小。因此, 需要控制其知识产品分发的公司会使用 FreeBSD 来构建其产品。

本书可直接用于 FreeBSD 系统从业人员。技术和销售支持人员也可以从本书获悉 FreeBSD 系统的性能和限制; 应用程序开发人员也可以学到与系统高效交互的方式; 没有 FreeBSD 内核使用经验的系统管理员可以学到如何配置、维护和调优系统; 而系统程序员则可以学到如何扩展系统、增强系统的功能, 并与系统进行交互。

可以从本书中获益的读者有操作系统实施人员、系统程序员、UNIX

应用程序开发人员、管理员和对 FreeBSD 感兴趣的用戶。本书的定位介于 FreeBSD 的手册页和详细的代码之间,因此可以作为 FreeBSD 系统源码的学习手册。但是,本书既不是专门的 UNIX 编程手册,也不是用户教程。如果读者有 UNIX 相关系统(比如 Stevens[1992])和 C 编程语言(比如 Kernighan & Ritchie[1989])的使用经验,则对阅读本书更有帮助。FreeBSD Handbook 详细全面地介绍了 FreeBSD 的设置、操作和编程 [FreeBSD Mall, 2014; FreeBSD.org, 2014]。读者可通过 PC-BSD 分发 [Lavigne, 2010; PC-BSD.org, 2014] 找到旨在方便台式机、笔记本用户安装和使用的 FreeBSD 包。

本书可作为操作系统的课程使用

本书可作为操作系统课程的首选图书,来提供操作系统的背景知识。本书不适合作为操作系统的入门图书,因为读者会遇到存储管理、进程调度、I/O 系统等术语 [Silberschatz 等, 2012]。如果读者熟悉网络协议的概念 [Comer, 2000; Stallings, 2000; Tanenbaum, 2010], 则对理解本书后面的章节相当有帮助。

对于更高级的操作系统课程来说,建议结合一个 FreeBSD 系统来使用本书。学生们的作业可以包含变更或替换关键的系统组件,比如调度器、分页守护进程、文件系统、线程信号机制、各种网络层,以及 I/O 管理。这可以让学生在无需编译和重启系统的情况下,练习从运行的内核上载入、替换和卸载模块的能力。通过操作真实的操作系统,学生们可以直接量化与体验他们的更改带来的效果。FreeBSD 过去的 35 年以来,由于有来自同行的严格审视和对良好编码规范的坚持,相较于同等大小和年龄的大多数软件项目,FreeBSD 的内核被认为是更清洁,更模块化,因此也更容易理解和修改。可通过 www.teachbsd.com 下载示例课程。

本书在每章后面对提供了练习题。这些练习被分为三类,分别用 0 个、1 个、2 个星号来表示。不带星号的习题的答案可以在正文中找到。带有 1 个星号的习题则需要进行推理、批判性思考后才能得出答案。带有 2 个星号的问题则是一些主要的设计项目或者公开研究的问题。

本书组织结构

本书讨论了哲学和设计问题,以及系统真实实现的细节。一般来说,讨论始于系统调用级别,然后逐步下沉到内核。本数据还是用了大量的图、

表来阐释数据接口和控制流，并使用类似于 C 语言的伪代码来演示算法。书中的粗体字用来表示程序名和文件系统路径名。粗、斜体表示的是术语。斜体字表示的是程序调用的名字、变量、例程和结构名称。例程名（而非系统调用）通过在名字后紧跟圆括号的形式来表示（例如，`malloc()`是一个例程的名字，而 `argv` 是一个变量的名字）。

- **第 I 部分，概述。**包含 3 个介绍性章节，提供了完整操作系统和本书后续内容的背景介绍。第 1 章简单介绍了系统的历史发展，强调了系统的研究方向。第 2 章讲解了系统提供的服务，并概述了内核的内部组织结构。本章还讨论了系统在开发时所做的设计角色。第 2 章的 2.3 节到 2.15 节给出了相应章节的概述。第 3 章解释了系统调用是如何执行的，并详细讲解了内核提供的几个基本服务。
- **第 II 部分，进程。**第 4 章是后续章节的基础，它讲解了进程的结构，线程调度时使用的算法，系统为了保证对内核中的数据结构进行一致性访问而使用的同步机制。第 5 章讲解了内核中使用的安全框架，还讲解了控制进程来访问系统上的资源所使用的安全措施，以及进程之间相互访问所使用的安全措施。第 6 章详细讨论了虚拟存储管理系统。
- **第 III 部分，I/O 系统。**第 7 章讲解系统 I/O 接口，以及支持该接口的组件的结构。接下来的 4 章详细讲解了 I/O 系统的主要组成部分。第 8 章讲解了 Intel 和 AMD 系统的 I/O 结构，描述了如何管理 I/O 子系统，以及内核如何与所连设备进行映射并管理。第 9 章讲解了实现最初的本地文件系统的数据结构和算法（可以通过应用程序看到），以及本地文件系统如何与设备接口进行交互。第 10 章讲解了最近从 OpenSolaris 操作系统添加到 FreeBSD 中的文件系统。第 11 章从服务器和客户端角度解释了最新的 4.2 版本网络文件系统。
- **第 IV 部分，进程间通信。**第 12 章讲解了在相关或不相关进程之间提供通信的机制。第 13 章和第 14 章是紧密相关的，因为在第 13 章中，协议（比如 UDP、TCP 和 SCTP）使用的 facilities，还会在第 14 章讲解。
- **第 V 部分，系统操作。**第 15 章讲解了从内核初始化到用户登录时，系统在进程级别的初始化。

建议读者按照本书的章节顺序进行阅读，但是除了第 I 部分之外，其

他各部分中的章节相互独立,因此可以单独阅读。应该在学习完前 14 章之后再阅读第 15 章,但是学识丰富的读者在单独阅读第 15 章时,可能会发现它很有用。

在本书最后是一个术语表,给出了主要的术语的简要定义。每章都包含了一个“参考文献”小结,列出了所引用的相关资料。

获取 BSD

所有的 BSD 发行版本都可以通过网络或者可移动的媒介(比如 CD-ROM 或 DVD)获取到。与获取 FreeBSD 源代码和二级制的相关信息可以通过 <http://www.FreeBSD.org> 了解到。NetBSD 发行版本都已经编译过,可以在大多数工作站架构上运行。更多信息,请通过 <http://www.NetBSD.org> 联系 NetBSD 项目。OpenBSD 发行版本也都已经编译过,可以在各种工作站架构上运行,而且其安全性和可靠性也经过了广泛的审查。更多信息请访问 OpenBSD 项目的 Web 站点,地址为 <http://www.OpenBSD.org/>。

致谢

我们要特别感谢 Matt Ahrens (Delphix),他对 ZFS 文件系统的相关内容提供了宝贵的洞察力,并通过无数电子邮件来回答“ZFS 文件系统是怎么工作的”、“为什么要做出特定的设计决策”等问题。

还要感谢下面这些人,他们利用其专长审读了内核相关的领域: John Baldwin (FreeBSD 项目) 审读了锁定、调度和虚拟存储等内容; Alan Cox (莱斯大学) 审读了虚拟存储等内容; Jeffrey Roberson (EMC) 审读了 ULE 调度器等内容; Randall Stewart (Adara Networks) 审读了 SCTP 的实现等内容。

我们还要感谢下面这些人,他们阅读并评注了本书各章的早期草稿: Jonathan Anderson (纽芬兰纪念大学)、David Chisnall (剑桥大学)、Paul Dagnelie (Delphix)、Brooks Davis (SRI International)、Paweł Jakub Dawidek (Wheel Systems)、Peter Grehan (FreeBSD 项目)、Scott Long (Netflix)、Jake Luck、Rick Macklem (FreeBSD 项目)、Ilias Marinos (剑桥大学)、Roger Pau Monne' (Citrex)、Mark Robert Vaughan Murray、Edward Tomasz Napierała (FreeBSD 项目)、Peter G. Neumann (SRI International)、Rui Paolo、Luigi Rizzo (比萨大学,意大利)、Margo Seltzer (哈佛大学)、Keith Sklower (加州大学伯克利分校)、Lawrence Stewart

(斯威本科技大学)、Michael Tuexen (明斯特应用科学大学)、Bryan Venteicher (NetApp)、Erez Zadok (石溪大学)、Bjoern A. Zeeb (FreeBSD 项目)。

我们还要感谢已经认识 25 年的编辑 Perter Gordon (已经退休), 尽管我们的稿子拖了好多年, 但是他依然对我们的能力深信不疑。同样要感谢我们的新编辑 Debra Williams, 他见证了整个写作项目的完工, 并在我们交稿后加速了出版流程。感谢 Addison-Wesley 和 Pearson Education 的所有专业人员, 在他们的帮助下, 本书最终付梓: 项目编辑 John Fuller、生产编辑 Mary Kesel Wilson、封面设计 Chuti Parsertsith、文字编辑 Deborah Thompson 和校对编辑 Melisa Panagos。最后, 向 Jaap Akkerhuis 的贡献表示致谢, 他为 BSD 图书设计了 troff 宏。

本书使用了 James Clarks 实现的 pic、tbl、eqn 和 groff。本书的索引是使用 awk 脚本生成的, 该脚本来自 Jon Bentley 和 Brain Kernighan 编写的索引程序[Bentley & Kernighan, 1986]。本书的板式是使用 xfig 创作的。图的布局和未排满行的处理是使用 groff 宏处理的, 但是孤形的处理和偶数页面底部的处理则是手动进行的。

如果在本书中发现了印刷或者其他错误, 可以将邮件发送到 FreeBSDBook-bugs@McKusick.COM。

参考文献

Bentley & Kernighan, 1986.

J. Bentley & B. Kernighan, "Tools for Printing Indexes," Computing Science Technical Report 128, AT&T Bell Laboratories, Murray Hill, NJ, October 1986.

Comer, 2000.

D. Comer, *Internetworking with TCP/IP Volume 1, 4th ed.*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2000.

FreeBSD Mall, 2004.

FreeBSD Mall, *The FreeBSD Handbook*, available from <http://www.freebsd-mall.com>, March 2004.

FreeBSD.org, 2014.

FreeBSD.org, *The Online FreeBSD Handbook*, available from http://www.freebsd.org/doc/en_US.ISO8859-1/books/handbook, March 2014.

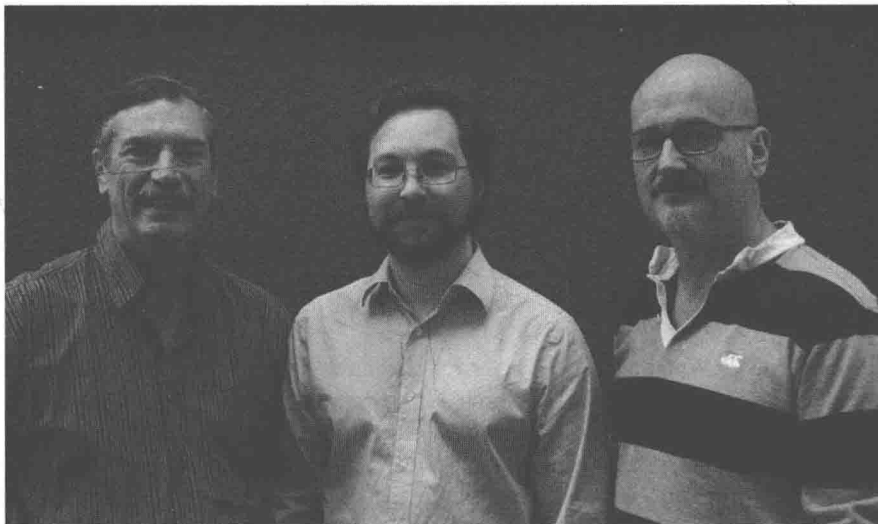
Kernighan & Ritchie, 1989.

B. W. Kernighan & D. M. Ritchie, *The C Programming Language*, 2nd ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989.

Lavigne, 2010.

- D. Lavigne, *The Definitive Guide to PC-BSD*, Apress / Springer-Verlag, March 2010.
- Organick, 1975.
E. I. Organick, *The Multics System: An Examination of Its Structure*, MIT Press, Cambridge, MA, 1975.
- PC-BSD.org, 2014.
PC-BSD.org, *The PC-BSD Users Handbook*, available from <http://wiki.pcbsd.org>, June 2014.
- Ritchie & Thompson, 1978.
D. M. Ritchie & K. Thompson, "The UNIX Time-Sharing System," *Bell System Technical Journal*, vol. 57, no. 6, Part 2, pp. 78–90, July–August 1978. The original version [*Comm. ACM vol. 7, no. 7*, pp. 365–375 (July 1974)] described the 6th edition; this citation describes the 7th edition.
- Silberschatz et al., 2012.
A. Silberschatz, P. Galvin, & G. Gagne, *Operating System Concepts*, 9th ed., John Wiley and Sons, Hoboken, NJ, 2012.
- Stallings, 2000.
R. Stallings, *Data and Computer Communications*, 6th ed., Prentice Hall, Hoboken, NJ, 2000.
- Stevens, 1992.
W. Stevens, *Advanced Programming in the UNIX Environment*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1992.
- Tanenbaum, 2010.
A. S. Tanenbaum, *Computer Networks*, 5th ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2010.

About the Authors



left to right

Marshall Kirk McKusick, Robert N.M. Watson, and George V. Neville-Neil

Marshall Kirk McKusick writes books and articles, consults, and teaches classes on UNIX- and BSD-related subjects. While at the University of California at Berkeley, he implemented the 4.2BSD fast filesystem and was the Research Computer Scientist at the Berkeley Computer Systems Research Group (CSRG), overseeing the development and release of 4.3BSD and 4.4BSD. His particular areas of interest are the virtual-memory system and the filesystem. He earned his undergraduate degree in electrical engineering from Cornell University and did his graduate work at the University of California at Berkeley, where he received master's degrees in computer science and business administration, and a doctoral degree in computer science. He has twice been president of the board of the Usenix Association, is currently a member of the FreeBSD Foundation Board of Directors, a member of the editorial board of ACM's *Queue* magazine, a senior member of the IEEE, and a member of the Usenix Association, ACM, and AAAS. In his spare time, he enjoys swimming, scuba diving, and wine collecting. The wine is stored in a specially constructed wine cellar (accessible from the Web at <http://www.McKusick.com/cgi-bin/readhouse>) in the basement of the house that he shares with Eric Allman, his partner of 35-and-some-odd years and husband since 2013.

George V. Neville-Neil hacks, writes, teaches, and consults in the areas of Security, Networking, and Operating Systems. Other areas of interest include embedded and real-time systems, network time protocols, and code spelunking. In 2007, he helped start the AsiaBSDCon series of conferences in Tokyo, Japan, and has served on the program committee every year since then. He is a member of the FreeBSD Foundation Board of Directors, and was a member of the FreeBSD Core Team for 4 years. Contributing broadly to open source, he is the lead developer on the Precision Time Protocol project (<http://ptpd.sf.net>) and the developer of the Packet Construction Set (<http://pcs.sf.net>). Since 2004, he has written a monthly column, "Kode Vicious," that appears both in ACM's *Queue* and *Communications of the ACM*. He serves on the editorial board of ACM's *Queue* magazine, is vice-chair of ACM's *Practitioner Board*, and is a member of the Usenix Association, ACM, IEEE, and AAAS. He earned his bachelor's degree in computer science at Northeastern University in Boston, Massachusetts. He is an avid bicyclist, hiker, and traveler who has lived in Amsterdam, The Netherlands, and Tokyo, Japan. He is currently based in Brooklyn, New York, where he lives with his husband, Kaz Senju.

Robert N.M. Watson is a University Lecturer in Systems, Security, and Architecture in the Security Research Group at the University of Cambridge Computer Laboratory. He supervises doctoral students and postdoctoral researchers in cross-layer research projects spanning computer architecture, compilers, program analysis, program transformation, operating systems, networking, and security. Dr. Watson is a member of the FreeBSD Foundation Board of Directors, was a member of the FreeBSD Core Team for 10 years, and has been a FreeBSD committer for 15 years. His open-source contributions include work on FreeBSD networking, security, and multiprocessing. Having grown up in Washington, D. C., he earned his undergraduate degree in Logic and Computation, with a double major in Computer Science, at Carnegie Mellon University in Pittsburgh, Pennsylvania, and then worked at a series of industrial research labs investigating computer security. He earned his doctoral degree at the University of Cambridge, where his graduate research was in extensible operating-system access control. Dr. Watson and his wife Dr. Leigh Denault have lived in Cambridge, England, for 10 years.

目录

Part I Overview	1
第 1 部分 概述	
Chapter 1 History and Goals	3
第 1 章 历史和目标	
1.1 History of the UNIX System / UNIX 系统的历史	3
Origins / 起源	3
Research UNIX / 研究 UNIX	4
AT&T UNIX System III and System V / AT&T UNIX System III 和 System V	5
Berkeley Software Distributions / 伯克利软件分发	6
UNIX in the World / 世界上的 UNIX	7
1.2 BSD and Other Systems / BSD 和其他系统	7
The Influence of the User Community / 用户社区的影响	8
1.3 The Transition of BSD to Open Source / BSD 向开源的过渡	9
Networking Release 2 / 网络发布 2	10
The Lawsuit / 诉讼	11
4.4BSD / 4.4BSD	13
4.4BSD-Lite Release 2 / 4.4BSD-Lite 版本 2	13
1.4 The FreeBSD Development Model / FreeBSD 开发模型	14
References / 参考文献	17

Chapter 2	Design Overview of FreeBSD	21
第 2 章	FreeBSD 设计概述	
2.1	FreeBSD Facilities and the Kernel / FreeBSD 组件与内核	21
	The Kernel / 内核	22
2.2	Kernel Organization / 内核组织	23
2.3	Kernel Services / 内核服务	26
2.4	Process Management / 进程管理	26
	Signals / 信号	28
	Process Groups and Sessions / 进程组和会话	29
2.5	Security / 安全	29
	Process Credentials / 进程凭证	31
	Privilege Model / 特权模式	31
	Discretionary Access Control / 自由访问控制	32
	Capability Model / 能力模型	32
	Jail Lightweight Virtualization / Jail 轻型虚拟化	32
	Mandatory Access Control / 强制访问控制	34
	Event Auditing / 事件审计	35
	Cryptography and Random-Number Generators / 加密和随机数生成器	35
2.6	Memory Management / 存储管理	36
	BSD Memory-Management Design Decisions / BSD 存储管理设计决策	36
	Memory Management Inside the Kernel / 内核中的存储管理	38
2.7	I/O System Overview / I/O 系统概述	39
	Descriptors and I/O / 描述符和 I/O	39
	Descriptor Management / 描述符管理	41
	Devices / 设备	42
	Socket IPC / 套接字 IPC	42
	Scatter-Gather I/O / 分散-收集 I/O	43
	Multiple Filesystem Support / 多文件系统支持	43
2.8	Devices / 设备	44
2.9	The Fast Filesystem / 快速文件系统	45
	Filestores / 文件存储	48
2.10	The Zettabyte Filesystem / 泽字节文件系统	49

2.11	The Network Filesystem / 网络文件系统	50
2.12	Interprocess Communication / 进程间通信	50
2.13	Network-Layer Protocols / 网络层协议	51
2.14	Transport-Layer Protocols / 传输层协议	52
2.15	System Startup and Shutdown / 系统启动与关闭	52
	Exercises / 练习	54
	References / 参考文献	54
Chapter 3 Kernel Services		57
第3章 内核服务		
3.1	Kernel Organization / 内核组织	57
	System Processes / 系统进程	57
	System Entry / 系统入口	58
	Run-Time Organization / 运行时管理	59
	Entry to the Kernel / 内核入口	60
	Return from the Kernel / 从内核返回	61
3.2	System Calls / 系统调用	62
	Result Handling / 返回处理机制	62
	Returning from a System Call / 从系统调用返回	63
3.3	Traps and Interrupts / 陷阱和中断	64
	I/O Device Interrupts / I/O 设备中断	64
	Software Interrupts / 软件中断	65
3.4	Clock Interrupts / 时钟中断	65
	Statistics and Process Scheduling / 统计和进程调度机制	66
	Timeouts / 超时	67
3.5	Memory-Management Services / 存储管理服务	69
3.6	Timing Services / 计时服务	73
	Real Time / 实时	73
	External Representation / 外部表示	73
	Adjustment of the Time / 时间调整	74
	Interval Time / 间隔时间	74
3.7	Resource Services / 资源服务	75
	Process Priorities / 进程优先级	75
	Resource Utilization / 资源利用	75
	Resource Limits / 资源限制	76