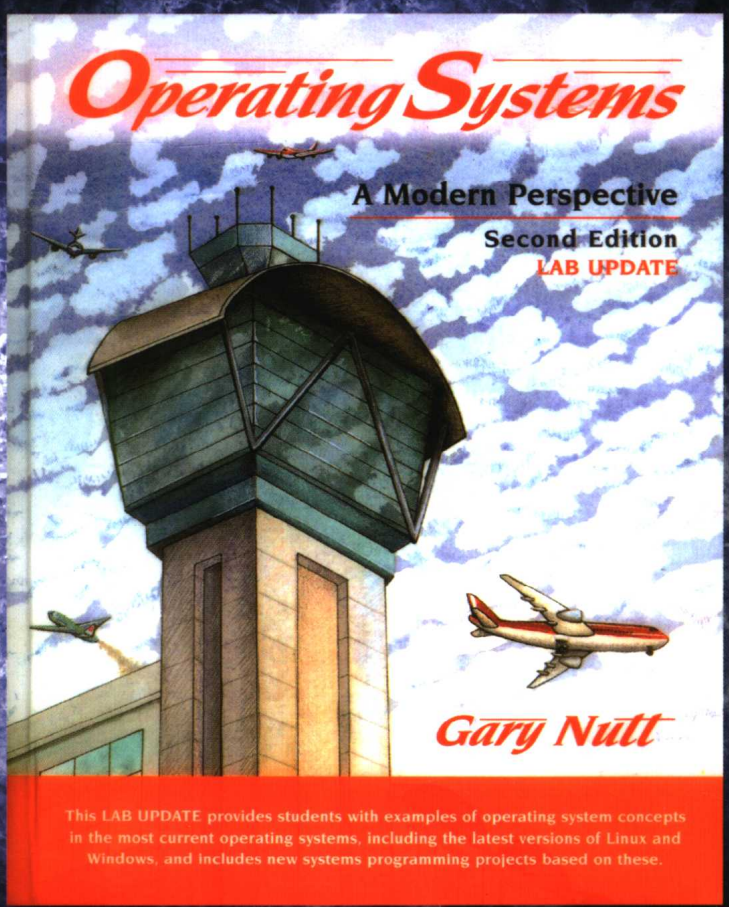
PEARSON Addison Wesley

计 算 机 科 学 丛 书

原书第2版
实验更新版

操作系统
现代观点

(美) Gary Nutt 著　孟祥山 晏益慧 译　罗宇 审校



Operating Systems
A Modern Perspective
Second Edition, Lab Update

机械工业出版社
China Machine Press

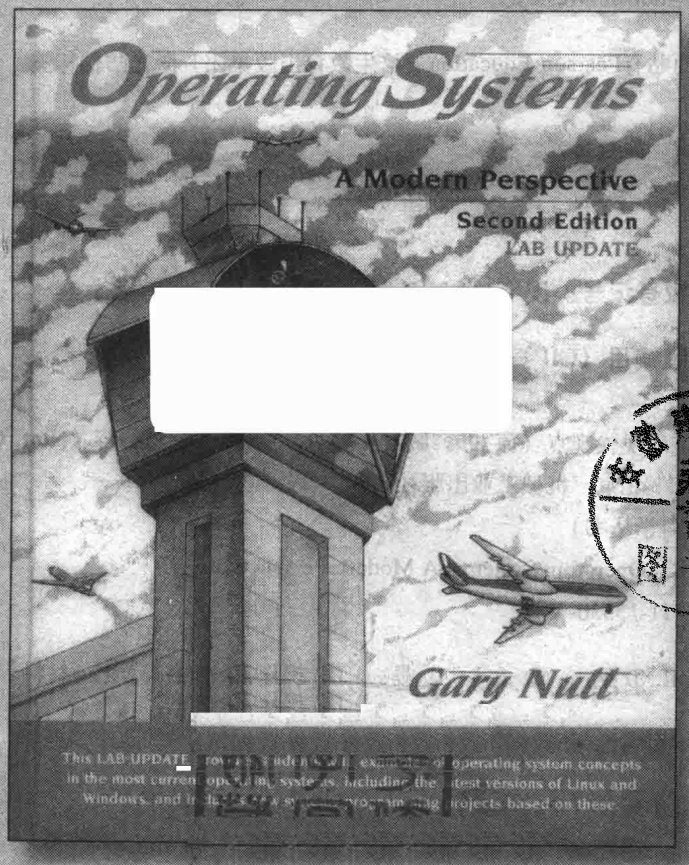
Pearson Education

计 算 机 科 学 丛 书

原书第2版
实验更新版

操作系统
现代观点

(美) Gary Nutt 著　孟祥山　晏益慧 译　罗宇 审校



藏书 图书馆

Operating Systems
A Modern Perspective
Second Edition, Lab Update

机械工业出版社
China Machine Press

本书通过各种实例来说明核心的操作系统概念，从而强调理论与实践之间的平衡。本书的特色在于对操作系统基本原理进行了完整的讨论，并补充有代码、算法和实现工具，并有实验练习来帮助加深全面理解。本书可适用于高等院校计算机专业教材，也可作为专业技术人员参考用书。

Simplified Chinese edition copyright © 2004 by Pearson Education Asia Limited and China Machine Press.

Original English language title: *Operating Systems: A Modern Perspective* (ISBN: 0-201-74196-2) by Gary J.Nutt, Copyright 2004.

All rights reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Addison-Wesley.

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

版权所有，侵权必究。

本书版权登记号：图字：01-2002-1884

图书在版编目（CIP）数据

操作系统：现代观点（原书第2版·实验更新版）/（美）纳特（Nutt, G.）著；孟祥山，晏益慧译. -北京：机械工业出版社，2004.2

（计算机科学丛书）

书名原文：Operating Systems: A Modern Perspective

ISBN 7-111-13530-X

I. 操… II. ① 纳… ② 孟… ③ 晏… III. 操作系统-高等学校-材料 IV. TP316

中国版本图书馆CIP数据核字（2004）第003062号

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：蒋 祎

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004年2月第1版第1次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 33.25印张

印 数：0 001- 4 000册

定 价：49.00元

凡购本书，如有倒页、脱页、缺页，由本社发行部调换

本社购书热线：（010）68326294

出版者的话

文艺复兴以降，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势；也正是这样的传统，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅擘划了研究的范畴，还揭橥了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短、从业人员较少的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章图文信息有限公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，华章公司就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过几年的不懈努力，我们与Prentice Hall，Addison-Wesley，McGraw-Hill，Morgan Kaufmann等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从它们现有的数百种教材中甄选出Tanenbaum，Stroustrup，Kernighan，Jim Gray等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及庋藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力襄助，国内的专家不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专诚为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍，为进一步推广与发展打下了坚实的基础。

随着学科建设的初步完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都步入一个新的阶段。为此，华章公司将加大引进教材的力度，在“华章教育”的总规划之下出版三个系列的计算机教材：除“计算机科学丛书”之外，对影印版的教材，则单独开辟出“经典原版书库”；同时，引进全美通行的教学辅导书“Schaum's Outlines”系列组成“全美经典学习指导系列”。为了保证这三套丛书的权威性，同时也为了更好地为学校和老师们服务，华章公司聘请了中国科学院、北京大学、清华大学、国防科技大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、中国科技大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、中国人民大学、北京航空航天大学、北京邮电大学、中山大学、解放军理工大学、郑州大学、湖北工学院、中国国家信息安全测评认证中心等国内重点大学和科研机构在计算机的各个领域的著名学者组成“专家指导委员会”，为我们提供选题意见和出版监督。

这三套丛书是响应教育部提出的使用外版教材的号召，为国内高校的计算机及相关专业

的教学度身订造的。其中许多教材均已为M. I. T.，Stanford，U.C. Berkeley，C. M. U. 等世界名牌大学所采用。不仅涵盖了程序设计、数据结构、操作系统、计算机体系结构、数据库、编译原理、软件工程、图形学、通信与网络、离散数学等国内大学计算机专业普遍开设的核心课程，而且各具特色——有的出自语言设计者之手、有的历经三十年而不衰、有的已被全世界的几百所高校采用。在这些圆熟通博的名师大作的指引之下，读者必将在计算机科学的宫殿中由登堂而入室。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑，这些因素使我们的图书有了质量的保证，但我们的目标是尽善尽美，而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。教材的出版只是我们的后续服务的起点。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正，我们的联系方法如下:

电子邮件: hzedu@hzbook.com
联系电话: (010) 68995264
联系地址: 北京市西城区百万庄南街1号
邮政编码: 100037

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

专家指导委员会

（按姓氏笔画顺序）

尤晋元	王　珊	冯博琴	史忠植	史美林
石教英	吕　建	孙玉芳	吴世忠	吴时霖
张立昂	李伟琴	李师贤	李建中	杨冬青
邵维忠	陆丽娜	陆鑫达	陈向群	周伯生
周立柱	周克定	周傲英	孟小峰	岳丽华
范　明	郑国梁	施伯乐	钟玉琢	唐世渭
袁崇义	高传善	梅　宏	程　旭	程时端
谢希仁	裘宗燕	戴　葵		

秘　书　组

武卫东　　温莉芳　　刘　江　　杨海玲

译 者 序

操作系统是计算机系统中的核心系统软件，它负责控制和管理整个系统的资源并组织用户协调使用这些资源，使计算机高效地工作。操作系统课程是计算机科学与技术专业的核心课程。随着计算机技术的发展以及各类嵌入式系统的广泛应用，其他相关专业也相继把操作系统作为一门重要的必修或选修课程。

国内外操作系统的教材很多，大部分操作系统教材偏重理论学习，虽然有针对实用操作系统的结构和实现分析，但也是停留在描述上。本书提供了对操作系统原理的全面讨论，并补充有解决问题的算法、代码和实现工具说明，特别提供了在当代实用操作系统UNIX或Windows上的实验练习以加强读者对操作系统的实践。本书在讲授内容排序上也很独到，把设备管理排到前面，这是一个有益的尝试。美中不足的是没有对多机操作系统技术的专门描述。

本书共分十八章，前四章为进入操作系统实质内容的学习打基础，第5章到第14章涉及操作系统各种资源管理、进程同步互斥及安全等基本内容，第15章到第17章描述了网络和分布式系统的概念与技术，最后给出了一些操作系统实例的结构描述。

本书由孟祥山、晏益慧翻译，罗宇对全文进行了审校。由于审译者水平有限，可能存在不尽人意的地方，希望广大专家读者提出宝贵意见。

译 者
国防科学与技术大学计算机学院
2003年11月

前　言

本书特色

本书提供了对操作系统原理和实现的综合描述:

- 分析练习（Analytic exercise）可鼓励大家思考有关操作系统的原理。
- 示例（In the Hangar）部分表现了基本原理在UNIX家族和Windows操作系统中是如何被实际运用的。
- 性能改善（Performance Tuning）部分解释了系统设计者们是如何利用基本原理获得更高的系统性能的。
- 实验（Laboratory exercise）部分通过使用Windows和UNIX，让学生获得亲身体验。每个实验练习都从陈述一个问题开始，随后有背景知识部分以及解决问题的过程部分。背景知识部分是为获得对问题的综合理解以及建立一个解决方案而展开的详细讨论。解决问题的过程部分为解答问题提供了专门的指导。在前面的实验练习中，背景知识和解决方案设计的讨论要比后面练习中的更为全面。这使学生在解决前面的练习过程中能得到大量的帮助，而后面的每个练习能够锻炼他们的设计技能。

致学生

操作系统是一个令人激动的软件领域，因为操作系统（OS）专家的设计对整个计算机的总体功能和性能都有着重要的影响。在首次学习操作系统时，理解所有操作系统的设计原理（principle）是很重要的，并且也要留意这些原理是如何在真正的操作系统中被实际运用的。本书的目标就是要提供一个操作系统原理的全面讨论，并补充有解决问题的算法、代码和实现工具，通过实验练习来帮助你对当代操作系统实践的理解。我已经试图通过在正文中讨论原理，并把大部分的实践材料放在补充讨论和实验练习中，从而把概念性内容与应用性内容区分开来。

问题的核心在于概念性的内容中。很多操作系统原理可以使用形式化的（数学的）术语或者在非形式化的讨论进行描述。非形式化的描述相对容易阅读，但形式化的描述更为准确。例如，目录的一种非形式化的讨论可能解释为:“它是一个项列表，同时有各个项的定义说明。”然而形式化的描述可能指明目录是“一种机制 f，将某项 x 映射到该项的定义 $f(x)$”。第一种解释是直观的，而第二种集中于目录的逻辑描述。第一种描述表明目录是一个列表或表的实现，而第二种描述可接纳的实现方式范围可以从表到列表，到相关联的存储器，到数据库，到网络服务器等。非形式化的定义说明有如一部辞典，但形式化的定义说明还适用于编译器符号表。我的目标是解释一般的操作系统原理，将使你对如何设计操作系统有一个深入的理解。实现该目标最好使用形式化的描述来支持，因为它们集中于概念的逻辑目的上，而不是如何实现概念的一个例子。我在前面的章节中，使用非形式化的或专门的叙述来描述操作系统的概念，但随着阅读的深入，同时会逐渐增加形式化的讨论的次数。在第7章中你将会看到，

关于调度的一些形式化的讨论与非形式化的讨论结合在一起，然后在第10章中关于死锁有了更多形式化的讨论，甚至在第12章虚拟存储器的讨论中又有了更多。概念的形式化的讨论中总是伴随有非形式化的讨论和示例。

操作系统是围绕着性能问题进行设计的。然而，性能的详细讨论往往会使概念模糊。在这种情形下，我决定放弃进一步分析和讨论性能方面的理论，而偏向于对性能问题的一般非形式化的解释。这将鼓励你开发在性能问题上的直觉，因而你可以在以后再正式地学习它们。如果关于性能的评价恰好符合于概念的描述，那么我也会把它们包括在概念的讨论之中。然而，在这种情况下，性能问题对于理解原理就增加了一层难度，因此我把这些讨论放入到一个单独的性能改善（Performance Tuning）部分中，使它们与概念性的描述分离开来。

如同我前面所提到的，使用真正操作系统代码进行实验，可以帮助你理解操作系统概念是如何在真正系统中实现的。同样我也提供了两种其他类型的资料，帮助你学习有关当前操作系统的实践：示例和实验练习。

- 示例（In the Hangar）中的例子解释了概念是如何在UNIX、Linux、Windows或者其他的操作系统中被使用或实现的。很多示例中都有代码，包括代码的意图是为了让你领会一个操作系统中是如何实现理论原则的。其中的少数例子中含有完整的程序，它们已经被编译和执行过。然而，大多数的例子只是算法或者是对C编程语言中所使用技术的简单描述。这些简略的描述中故意省略了实现细节，但并不影响对算法的理解。当代码是一个实际的实现时，代码的上下文中应该交待明白，否则总是假定它是一个算法或技术的描述。我已经使用伪语言进行了实验描述，但学生和审阅者经常宁愿使用C。请留意用C的描述并非就是完整的实现。
- 书中也包括有几个实验练习。每个练习中都提出一个问题，然后为你提供了解决问题所需要的全面的背景知识，以及帮助设计你的解决方案的一部分。这些练习使用了各种UNIX和Windows操作系统，将带给你有价值的实践经验。有一本关于Linux内部的配套书[Nutt, 2001]讲解UNIX系统的实现细节。如果使用Windows操作系统，也有一本关于Windows NT（也适应于Windows 2000）的Windows配套手册 [Nutt, 1999a]。

对操作系统的研究一直是计算机科学中最富有挑战性和令人激动的一部分。我希望本书使得操作系统的复杂结构等变得容易理解，并且避免使其中简单的内容让人厌烦。祝你在操作系统的学习中好运，并且希望你比我所想像的更喜欢它。

在第2版中的改变

本版采纳了第1版的读者提出的建设性批评意见。前一版中曾经将材料与原理相分离。我所收到的评论表明教师希望能将简单的例子与正文更好地结合起来。我已经去掉了第1版中所用的“In the Cockpit”中的例子，并且极大地减少了示例和性能改善部分中的例子数目。因为第1版中频繁的示例使得正文难以连续，因此省略了许多例子，在省略的例子中所出现的大多数内容都已经结合到正文中了。本书已经重新做了布局设计，因此保留在示例中的例子和性能改善部分中的讨论更容易与正文区别开来。

第2章和第6章的内容被重新组织并且进行了修订。第2章的意图是让学生集中于使用进程和资源，尤其是概念上的应用。第6章是进程管理设计讨论的基础。现在重新编写的章节比第1版更加集中。

第2版在内容上最有意义的改变是增加了实验练习。第1版中（以及其他概念性的操作系统教材）的一个缺点就是缺乏支持实验练习的资源。这常常迫使学生需要购买第二本书用于操作系统课程的实验部分。而第2版既包括有讲述操作系统概念的材料，又有说明操作系统实践的材料。

主题次序

在综合考虑了对第1版的反馈意见、我个人进行操作系统教学的经验以及从其他教师那里得到的信息之后，我制定了本书的书写次序。相信这种次序对于学习是合乎逻辑的和有益的，正在并将逐渐被大多数操作系统教师所接受。

每一章都是从内容概述开始的。你同样也可以查看一下每章后面的小结，来快速了解一下本章所讲述的内容。

第1章到第4章的内容组成了重要的引论，它是操作系统学习的基础。教师可以自己决定相对快速地复习一下这部分内容，或指定它作为课外的阅读材料，尤其是在这部分内容已经在预修课程中涉及到的情况下。然而，在从第5章开始真正深入学习操作系统的内容之前，理解这部分内容是十分关键的。

- 第1章说明了操作系统是如何迎合软件技术的。在早期的草稿中曾包括历史回顾这一部分，教师往往喜欢这样，但很多学生却觉得厌烦。所以我已经将它分散到各个部分中。
- 第2章显示出了独特性，其中考虑了如何使用一个操作系统，尤其是如何使用多进程。增加这一章是根据我的教学经验，对于计算机科学专业大三或大四的学生而言，他们可能已经编写了相当多的单线程代码，但极少编写过或者学习过多线程软件。这一章就为了解这些新内容提供了一个快捷的机会。
- 第3章描述了操作系统的基本组织结构，包括实现策略。
- 第4章为进一步学习操作系统完成了知识准备——计算机组织结构。对于已经修过了计算机组织结构这门课的学生来说，第4章的前半部分是进行回顾，后半部分描述了中断，着重强调了对于操作系统关键的方面。

第5章描述了设备管理，尤其是一般的技术、缓冲以及设备驱动程序。它试探性地完全就Linux设备驱动程序进行讨论。然而，此章的大部分还是集中从中断驱动I/O的意图的宏观角度以及一般组织结构展开讨论。对设备驱动程序的扩展讨论也是这样，其中有一个实际的Linux驱动程序例子可能略微缺乏普遍性。该章在考虑进程之前分析了设备，因为设备提供一种基本的物理并行例子，并且必须仔细地设计软件来控制并发运行。这也为进程管理提供了一个自然的引介。

第6章到第10章致力于讨论进程管理。它们从基本的任务、进程的组织结构以及资源管理器（第6章）开始，到调度（第7章）、同步（第8章和第9章）以及死锁（第10章）的讨论。

第11章涉及存储管理中的传统问题，而第12章讨论了采用虚拟存储器的存储管理器的当前方法。由于页式系统的普及性，大部分讨论都直接针对该技术。然而，依照存储技术的当前趋势，忽略段式将会是一个错误，因此该部分讨论中也涉及到了段式。不幸的是，健壮的段式系统的最好例子仍然是Multics系统（现在已经废弃不用了）。

第13章描述了文件管理。对比操作系统书中的习惯做法，文件管理部分显得有些少，这是因为它不像进程管理和存储管理那样难以理解。在实验练习中提供了一种详细观察文件管

理细节的手段。该部分讨论在第16章中又有所扩充，其中涉及到远程文件。

第14章是对保护机制和安全策略的一般性讨论。虽然技术大多数恰好与文件、存储器以及其他资源有着密切联系，但有可能认为它应该属于进程管理的讨论范围。在大家熟悉了进程、存储器以及文件管理器后，可能更容易理解保护和安全的必要性。

第15章到第17章介绍了支持分布式计算的技术。分布式计算是现代操作系统的一个主要方面，并且我强烈地感到在操作系统的所有介绍中都应该涵盖这个重要的问题。

致教师

操作系统仍然是一门必修的计算机科学课程。然而现行的操作系统教材并不令我满意。我期望书中含有更多的原理。同时，我感到如果学生未经广泛的实验练习，那么原理将是难以接受的。如果说第1版中所描述的操作系统原理是我感到必要的部分，那么现在这一版中所增加的明确支持实践成分的内容，对于理解操作系统是非常重要的。

本书的主要线索集中在操作系统的概念，通常使用了简要的示例来说明。“示例”和“性能改善”部分有更多扩展的例子和概念解释，通常是从实践角度对概念加以解释。如果你期望学生更好地理解操作系统的应用，那么你必须指定这些补充部分作为阅读材料。针对应用性内容有新的实验练习，它需要学生在一个UNIX并且（或者）Windows环境中来解决某个问题。这些练习的意图是让你使用单本书就可以教授概念性内容以及基本的实验。

很多书是从进程管理方面的内容开始的。在我的班上，我发现提供第1章到第4章中所描述的这类内容的背景信息是必要的，尤其是在讲授第2章时，因为在学生们学习这门课之前，几乎没有人曾经使用过fork和exec这些函数（或者在非UNIX系统中的类似命令）。第2章中的实验练习让学生了解了基本的并发概念。

我是从设备管理开始对操作系统的详细讨论的。虽然它遵循了操作系统的传统发展过程，但一开始你可能发现这种方法不常见。第4章对中断的讨论与第5章对设备管理的讨论存在着一种自然的连续性。这种方法为介绍执行的独立线程（在硬件和软件中）、并发以及同步提供了一个合理的基础。在学习完设备管理内容以后，会很自然地将这些思想应用于进程和资源管理、调度、同步以及死锁中。

存储管理也是重要的，并且是教师通常想尽可能快地涉及到的另一个主题。我选择把它放在进程管理之后，然后进入到文件管理中。我还编写了保护和安全的基本内容，它们被排在学生已经有机会理解进程和各种资源（一般资源、存储器以及文件）的概念之后。

任何当代操作系统必须能够（或者进化到）在分布式系统中运行。所有当前对于操作系统的研究都深深地受到了分布式操作系统的影响。在已经讨论了所有的传统主题之后，第15章到第17章中介绍了分布式操作系统。由于商业化系统和网络的特征，一个教师在操作系统课程中完全忽略这些主题将是玩忽职守的。在一个学期的课程中，我在这些内容上花费了两到三周的时间。

最后，考虑到所有内容之间的逻辑性，我尽可能地把这些材料组织在一起，因此它可以满足每个教师的需求。在我的课程中所采用的组织结构在本书中得到了反映。然而，根据个人意愿打乱内容的组织次序也不会有什么特别的害处。

今天，在因特网上ftp站点以及在万维网站点，有大量针对操作系统的可用信息。我希望你引导你的学生使用它们，因为此类站点内容更新频繁，我维护有一个网页，网址为：

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com

http://www.cs.colorado.edu/~nutt/osamp.html，其中保存有与操作系统相关信息的一个当前链接集合。如果你有某些资料与你的读者共享，那么请让我也知道（我的电子信箱为osamp@cs.colorado.edu），并且我将把它增加到我的网页中。期待您的提问、评论、意见以及建议（并且我将尽力接受你善意的批评 :-))。

关于实验环境

商业化操作系统只有少数被广泛应用。虽然研究这些操作系统是有价值的，但在课堂中使用它们进行实验有很多实际的障碍。首先，商业化操作系统被定义得非常复杂，因为它们必须对商业应用提供全部的支持。使用此类复杂软件进行实验是不切实际的，因为有时难以领会特殊问题是如何在软件内被处理的。对代码的很小改变都可能对整个操作系统的运行产生不可预测的影响。其次，操作系统软件的开发公司有时享有明确的专利权保护。结果是，公司可能不愿意提供操作系统源代码给任何希望研究和学习系统的用户。

在课堂中，我使用了两个方法来解决这个问题[Nutt, 1999b]:

- 课程要基于真正操作系统的外部视点。这基本是ACM/IEEE 1991 课程推荐的方法。
- 课程要基于某个“可管理的”操作系统的内部视点。

我已经与很多操作系统教师讨论过这个问题（包括在1999年2月在新奥尔良举行的操作系统设计与实现会议中，与鸡尾酒会的嘉宾讨论过这个问题）。在本科操作系统课程中，选择合适的实验部分是一个普遍的难题。然而，在OSDI会议上，到会者一致同意操作系统的外部视点应该被用于最初的操作系统课程中。

本书提供了研究Linux和Windows 2000的外部视点的材料。如果你想使用Windows 2000来进行外部视点的教学，配套的实验手册[Nutt, 1999a]为一个学期的课程提供了足够的练习。所有的实验练习都是让学生编写用户空间代码，从而可以对内核运行的方式获得专门的认识。在决定摒弃设备驱动程序练习后，我考虑采用“可崩溃的”实验设施。

虽然一般都认可在课程的最初阶段教授操作系统的内核是非常困难的，不过仍然需要尽可能早地开设关于操作系统内核的课程。如果你决定教授一门操作系统内核课程——作为最初的或第二门课程，那么你的选择是有限制的。如果你想研究一个真正的操作系统，那么就会选择Linux或者FreeBSD，或选其他教学系统中的一个。另一本配套实验手册[Nutt, 2001]为一个学期课程提供了足够的内核实现材料。

致谢

很多人对此书的编辑和精简工作给予了帮助。首先是那些在科罗拉多大学的学生们: Jason Casmira、Don Lindsay、Ann Root以及Sam Siewert都是主要的教学助手，他们设计了实验练习以及解决方案，并且帮助逐渐完善了本书。Scott Brandt关于内容的表达方式提供了批评与意见。Adam Griff花费了数个小时帮助我书写Linux系统部分。Scott Morris为我准备好Windows NT机器，并且提供了关于它如何运行的权威提示。

Addison-Wesley还安排了其他学院的学生检查手稿，他们是：蒙大拿州立大学的 Eric F. Stuckey、Shawn Lauzon、Dan Dartman以及Nick Tkach，以及现在在Berbee信息网络公司任职的Jeffery Ramin。有很多人花费了数小时来查看草稿，或者对组织方式和内容的改进提出建议：Divy Agrawal（在加利福尼亚大学圣巴巴拉分校）；Vladamir Akis（在洛杉矶的加利福

尼亚大学）；Kasi Anantha（圣迭戈州立大学）；Charles J. Antonelli（密歇根大学）；Lewis Barnett（Richmond大学）；Lubomir F. Bic（加利福尼亚大学欧文分校）；Paosheng Chang（朗讯技术学院）；Randy Chow（佛罗里达大学）；Wesley J. Chun，Carolyn J. Crouch（明尼苏达大学Duluth分校）；Peter G. Drexel（普利茅斯州立大学）；Joseph Faletti，Gary Harkin（蒙大拿州立大学）；Sallie Henry博士（弗吉尼亚技术学院）；Mark A. Holliday（Western Carolina大学）；Marty Humphrey（弗吉尼亚大学）；Kevin Jeffay（北卡罗来纳大学查珀尔希尔分校）；Phil Kearns（威廉姆和玛丽学院）；Qiang Li（圣克拉拉大学）；Darrell Long（加利福尼亚大学圣克鲁斯分校）；Junsheng Long、Michael Lutz（罗切斯特技术研究所）；Carol McNamee（萨克拉门托州立大学）；Donald Miller（亚利桑那州立大学）；Jim Mooney（弗吉尼亚大学）；Ethan V. Munson（威斯康星大学密尔沃基分校）；Deborah Nutt、Douglas Salane（John Jay学院）；Henning Schulzrinne（哥伦比亚大学）；C. S. (James) Wong（旧金山州立大学）；以及Salih Yurttas（德州A&M大学）。审阅第2版本的有Toby Berk（佛罗里达国际大学）；David Binger（Centre学院）；Richard Guy（加利福尼亚大学洛杉矶分校）；Zhiyuan Li（普渡大学）；John Noll（科罗拉多丹佛大学）；Kenneth A. Reek（罗切斯特技术研究所）；Joseph J. Pfeiffer, Jr.（新墨西哥州立大学）以及Irene Tseng（盖劳迪特大学）。

感谢以上诸位将宝贵的经验、见解与意见倾囊相赠!

最后，在帮助我出版这本书的过程中，Addison-Wesley的编辑组以及几位自由作家顾问也付出了无法估量的精力。在第1版中，Christine Kulke、Angela Buenning、Rebecca Johnson、Dusty Bernard、Laura Michaels、Pat Unubun、Dan Joraanstad以及Nate McFadden都提供了无法估量的帮助和指导。第1版的责任编辑Carter Shanklin为本书第1版内容的组织给出了正确指导。第2版的责任编辑Maité Suarez-Rivas促使在本版本中新增了实验练习，并将应用和概念性内容紧密地集成在一起。Maité和她的助手Lisa Hague、Molly Taylor以及Jason Miranda都通过不知疲倦地工作来努力改进第1版。第2版的所有制作成员，尤其是Karen Wernholm、Amy Rose以及Tracy Treeful都为第2版的面世付出了巨大努力。Helen Reebenacker为升级版本对作品进行了处理。

本书极大地受益于集体的努力。当然，任何可能存在的错误完全是我的责任。

Gary Nutt

美国科罗拉多州Boulder

目　录

试读结束：需要全本请在线购买： www.ertongbook.com