



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家精品课程主讲教材

高等学校计算机科学与技术系列教材

操作系统原理、设计及应用

刘乃琦 蒲晓蓉 主编

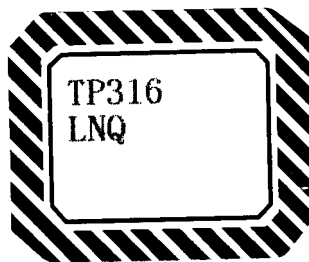


高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
国家精品课程主讲教材
高等学校计算机科学与技术系列教材

操作系统原理、设计及应用

刘乃琦 蒲晓蓉 主编
刘 丹 罗惠琼 邱元杰 编



高等教育出版社

内容提要

本书面向操作系统的原理及应用,按照计算机系统—软件系统—资源管理和并发(并行)处理的顺序,介绍计算机操作系统的基本概念、基本原理和基本应用技术。从资源管理的角度,详细介绍常规操作系统的结构及其运行原理,从多道程序和并发(并行)处理的角度,深入浅出地阐述事件驱动和任务(进程)调度的思路、过程及目的。

本书内容涵盖了操作系统的主要内容,包括系统与软件结构、事件处理与任务调度、存储分配与管理、设备与I/O处理、数据与文件系统以及操作系统的安全性等。

本书由浅入深,循序渐进,以教材方式组织内容,适合读者自学。此外,每章还配有习题与思考题,可作为计算机通信、计算机工程、软件工程、信息系统、信息安全等专业的本科教材,也可以作为广大计算机应用者和大专院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

操作系统原理、设计及应用 / 刘乃琦, 蒲晓蓉主编.

北京: 高等教育出版社, 2008.5

ISBN 978-7-04-023313-1

I. 操… II. ①刘… ②蒲… III. 操作系统—高等学校—教材 IV. TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 041514 号

策划编辑	刘 艳	责任编辑	彭立辉	封面设计	于文燕	责任绘图	朱 静
版式设计	马敬茹	责任校对	金 辉	责任印制	毛斯璐		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京嘉实印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 21.5
字 数 480 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 5 月第 1 版
印 次 2008 年 5 月第 1 次印刷
定 价 26.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 23313-00

序

计算机和通信技术的迅猛发展,不仅形成了融合度最高、潜力最大、增长最快的信息产业,而且成为推动全球经济快速增长和全面变革的关键因素。进入 21 世纪,我国的信息产业虽然已取得了长足的发展,但与发达国家相比,还有不小的差距。国家信息化的发展和信息产业国际竞争能力的提高,迫切需要高素质、创新型的计算机专业人才。

高素质计算机专业人才的培养离不开高质量的计算机教育。我们的专业虽然机会多,处于非常有利的条件,但是我们同样面临着一件事,就是从规模发展向质量提高的转变。怎么提高质量?专业素质的教育和应用素质的训练非常重要。尤其是我国高等教育进入大众化发展阶段,社会对计算机专业人才呈现出了多样化的需求。而与此同时,计算机学科的发展已极大地突破了原有的学科体系框架,形成了在“计算机科学与技术”之下向多个专业方向发展的新格局。在这种背景下,教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会编制了《高等学校计算机科学与技术专业发展战略研究报告暨专业规范(试行)》(以下简称“专业规范”)。专业规范按照“培养规格分类”的指导思想,提出了三种类型、四个方向,即科学型(计算机科学方向),工程型(计算机工程方向、软件工程方向),应用型(信息技术方向)的计算机专业发展建议,体现了社会对不同人才类型的需求,对于指导我国计算机教学改革与建设,规范计算机教学工作,促进计算机教学质量的提高都具有重要的意义。

高水平的教材是一流教育质量的重要保证。为了配合专业规范的试行,便于广大高校教师按照新的专业规范组织实施教学,高等教育出版社在大力支持专业规范研究与起草工作的同时,还邀请规范起草小组的有关专家成立“高等学校计算机科学与技术系列教材编审委员会”,组织规划了结合计算机专业规范、面向全国高等学校计算机专业本科生的“高等学校计算机科学与技术系列教材”。令人高兴的是,一批有创新、改革精神,且有丰富教学经验的高等学校教师投身到新体系计算机专业教材的编写中来,他们用自己创造性的思维、辛勤的汗水诠释专业规范的思想,把新的课程体系和教学内容生动地传达给师生,并进行着有意义的教学实践。

“高等学校计算机科学与技术系列教材”以专业规范和 CC2001—CC2005 有关教程为依据,以强化基础、突出实践、注重创新为原则,体现了学科课程体系和教学内容改革的新成果。此外,这一系列教材还配有丰富的教学辅助资源,并与现代教育技术手段相结合,充分发挥网络平台的作用,使教材更有利于广大教师和学生使用。目前,这一系列教材有不少选题已列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,希望这些教材的出版能够对新形势下我国高等学校计



算机专业课程改革与建设起到积极的推动作用，使我国高校的计算机专业教学质量再上一个台阶。

李书

中国科学院院士
2006—2010 年教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会主任
二〇〇七年十一月

前 言

操作系统自 20 世纪 80 年代诞生以来,已成为与计算机系统密不可分的部分,它蕴含的内容和功能也在不断地发展。每一个接触计算机的人,或者说每一个拥有智能信息终端的人,首先面对的就是操作系统。

操作系统是计算机的灵魂,是用户与计算机和系统软/硬件环境进行交互的界面,也是计算机使用者和开发工作者必须掌握的系统知识和技术。随着计算机技术和网络通信技术的迅速普及以及信息网络环境的建立,人们了解、掌握计算机知识,提高操作、应用和开发计算机应用系统的愿望越来越强烈。计算技术、存储技术、通信技术和网络技术的发展,促使了操作系统本身的发展。应用领域的需求变化和用户要求的不断深化也促使了操作系统结构和功能的变迁。学习、熟悉、使用和掌握操作系统已成为信息领域各个专业学生的必然要求,也成为广大 IT 行业从业者的基本要求。

本书的内容重点仍然基于操作系统的原理,编写思路的重点放在将操作系统作为一个大型的、复杂的软件系统来分析,从设计者的角度和对资源管理的角度讨论操作系统功能模块的层次、结构和程序实施。因此,章节重点仍然在处理器调度、存储器(内存和外存)管理、输入/输出与设备、数据与文件、系统安全性这几个重要方面。理论上主要以程序并发(并行)处理和智能化管理为主线,应用上主要在各个章节中以案例形式和思考题形式与当前的主流操作系统相结合,形成一种参照。并以相关的实验辅助本教材内容的实践和课程设计,与本书配套的实验教材将另行出版。

本书分为 6 章,第 1 章进行了整体性介绍,涉及的内容简单但知识面宽,先后介绍了计算机操作系统的概念、计算机技术和信息技术的发展、用户对操作系统的看法、学习和研究操作系统的原因、计算机操作系统的功能、操作系统的形成与发展、操作系统的分类、操作系统的结构与运行原理等。同时,给出在学习操作系统的过程中需要注意的问题、操作系统内容的重点和难点以及操作系统的学习基础等,使读者对操作系统有比较初步的认识。

第 2 章介绍操作系统中最重要的概念:进程与线程。本章遵循并发(并行)操作和处理的思路,从系统的多道程序概念引入,介绍了程序并发(并行)执行的概念和过程,详细讨论了进程的概念和实体、状态与转换、控制与调度、协调与通信以及进程管理中的安全性问题:死锁和抖动以及线程操作和实施的概念,这也是理解后续章节的基础。

第 3 章讨论了计算机系统中的数据存储和管理、系统存储器(内存)的配置、存储空间的地址问题和用户程序的装入、存储资源的利用和分配、常规系统中采用的三类存储器管理技术(即分区式管理技术、分页式管理技术和分段式管理技术)。同时,也介绍了内存扩充技术与虚

拟存储技术,使读者结合前一章节的内容理解计算资源和存储资源彼此的相关性和实施过程。

第4章介绍操作系统如何控制计算机系统拥有的各种设备(部件)以及如何通过各种接口与外界进行交互,即系统的输入/输出操作与设备的管理问题。本章讨论了设备与接口的特点、设备与接口的控制方式、设备的分配、数据传输和数据缓冲问题,也讨论了现代操作系统中内核的底层机制——设备驱动程序的问题,使读者了解操作系统是如何与外部交互的。

第5章讨论了操作系统的文件系统与文件管理。目前,文件系统已经成为本地计算机系统的一个重要数据库,现代文件系统的构成、安装与拆卸、安全访问和存储已经成为所有用户关心的问题。本章从文件的概念、结构与组织、存取方法、文件的管理机制到文件的操作使用都做了比较详细的讨论。

第6章是现代操作系统中必须考虑的重要问题之一——安全性问题。本章从两个概念引入,即操作系统安全和安全操作系统。首先,讨论安全性的含义,再结合安全的威胁源讨论操作系统的安全性、操作系统的安全机制和安全实施方法。对内存保护机制、文件保护机制、用户认证机制、访问控制机制、恶意程序防御机制都做了介绍,并对安全操作系统的概念进行了讨论。

本书按照教材的方式组织内容,每章都配有习题,另外,在本书的最后还列出了相关的参考文献和重要的操作系统网站,以便读者了解更详细的技术。为了配合本书教学和使用,与之配套的《计算机操作系统实验》也将随之推出,以便教师和学生进行参考并通过实践环节加深理解。

本书第1章和第6章由刘乃琦编写、第2章由蒲晓蓉编写、第3章由邱元杰编写、第4章由罗惠琼编写,第5章由刘丹编写,最后由刘乃琦统稿。在本书成稿过程中,承蒙电子科技大学刘心松教授、卢显良教授、微软高校合作部张高先生以及从事操作系统课程教学的其他老师给予的关注、支持,提出了许多宝贵意见,在此表示深深的感谢。

由于时间仓促,书中内容难免有不完善之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2007年9月

目 录

第 1 章 计算机操作系统概论 1	
1.1 操作系统的概念..... 1	
1.1.1 操作系统与计算机同在..... 1	
1.1.2 对操作系统的认识..... 4	
1.1.3 操作系统的功能..... 7	
1.1.4 操作系统的服务..... 9	
1.2 操作系统的学习方法..... 10	
1.2.1 学习和研究操作系统..... 10	
1.2.2 理解操作系统的特征..... 12	
1.2.3 理解操作系统的硬件关联..... 15	
1.3 操作系统的形成与发展..... 16	
1.3.1 操作系统发展的基础..... 16	
1.3.2 操作系统的进展与演变..... 18	
1.4 操作系统的分类..... 21	
1.4.1 分类的原则与观点..... 21	
1.4.2 单用户操作系统..... 22	
1.4.3 操作系统的体系结构..... 25	
1.5 当前主流操作系统简介..... 27	
1.5.1 Windows 系列操作系统..... 27	
1.5.2 UNIX 系列操作系统..... 28	
本章小结..... 29	
习题..... 29	
第 2 章 进程与并发控制 31	
2.1 并发与进程..... 31	
2.1.1 并发概述..... 31	
2.1.2 程序的顺序执行与并发执行..... 33	
2.1.3 进程及其运行环境..... 34	
2.2 进程的状态转换..... 36	
2.2.1 进程的执行轨迹..... 36	
2.2.2 两状态进程模型..... 37	
2.2.3 五状态进程模型..... 38	
2.2.4 进程的挂起状态..... 41	
2.3 操作系统对进程的控制..... 43	
2.3.1 操作系统内核..... 43	
2.3.2 操作系统控制结构..... 45	
2.3.3 进程的构成及进程的组织..... 46	
2.3.4 进程控制块 PCB..... 47	
2.3.5 PCB 实例解析..... 50	
2.3.6 操作系统内核级安全： 执行模式..... 53	
2.3.7 操作系统对进程的控制..... 55	
2.4 线程——另一种并发实体..... 58	
2.4.1 进程与线程..... 58	
2.4.2 多线程并发..... 59	
2.4.3 线程的类型..... 60	
2.4.4 多线程实例..... 62	
2.5 进程调度..... 63	
2.5.1 调度的目标、原则和方式..... 63	
2.5.2 调度的类型..... 66	
2.5.3 进程调度算法..... 67	
2.5.4 实时系统与实时任务调度..... 74	
2.5.5 进程调度实例..... 81	
2.6 进程并发控制：互斥与同步..... 83	
2.6.1 并发控制..... 83	
2.6.2 互斥与同步的解决策略..... 86	
2.6.3 互斥与同步解决方法之一： 软件方法..... 87	



2.6.4 互斥与同步解决方法之二: 硬件方法.....	92	3.2.1 单一连续分配.....	138
2.6.5 互斥与同步解决方法之三: 信号量方法.....	94	3.2.2 分区管理.....	138
2.6.6 互斥与同步解决方法之四: 管程.....	96	3.2.3 对换.....	144
2.7 经典进程互斥与同步问题之一: 生产者/消费者问题.....	98	3.2.4 离散分配方式.....	146
2.8 经典进程互斥与同步问题之二: 读者/写者问题.....	101	3.3 虚拟存储技术.....	157
2.9 互斥与同步解决方法之五: 消息传递.....	104	3.3.1 虚拟存储技术概述.....	157
2.9.1 进程通信的方式.....	104	3.3.2 请求分页存储管理方式.....	160
2.9.2 共享存储区方式.....	105	3.3.3 段页式虚拟存储技术.....	180
2.9.3 消息传递机制.....	105	本章小结.....	183
2.9.4 利用消息传递实现互斥.....	107	习题.....	184
2.9.5 利用消息传递解决生产者/ 消费者问题.....	108	第4章 设备与 I/O 管理.....	186
2.10 进程互斥与同步实例.....	109	4.1 概述.....	186
2.11 进程死锁.....	110	4.1.1 设备管理的作用.....	186
2.11.1 引起死锁的原因.....	113	4.1.2 I/O 设备的类型.....	186
2.11.2 解决死锁的方法.....	114	4.1.3 设备管理的层次结构.....	188
2.11.3 预防死锁.....	115	4.2 设备的硬件层次结构.....	188
2.11.4 避免死锁.....	116	4.2.1 主机与通道和控制器的连接.....	189
2.11.5 检测并解除死锁.....	120	4.2.2 控制器与通道.....	191
2.12 经典进程互斥与同步问题 之三: 哲学家进餐问题.....	122	4.2.3 输入/输出部件.....	193
本章小结.....	124	4.3 设备管理软件层次结构.....	194
习题.....	125	4.3.1 设备驱动程序.....	194
第3章 数据存储与管理.....	128	4.3.2 设备的 I/O 控制方式.....	196
3.1 概述.....	128	4.3.3 DMA 控制方式.....	205
3.1.1 存储系统的结构.....	128	4.3.4 设备驱动程序举例.....	207
3.1.2 程序的装入和链接.....	129	4.3.5 设备管理的结构.....	216
3.1.3 设计需求.....	134	4.4 提高设备管理性能的相关 技术.....	218
3.2 存储管理.....	138	4.4.1 缓冲技术.....	218
		4.4.2 SPOOLing 技术.....	222
		4.4.3 设备无关性.....	225
		4.5 设备分配及分配算法.....	226
		4.5.1 分配独占设备和算法.....	227
		4.5.2 分配共享设备和算法.....	227
		4.5.3 设备分配中的安全性.....	235
		4.6 I/O 设备的调用.....	235

4.6.1 应用编程接口.....	236	5.7 文件系统可靠性.....	282
4.6.2 驱动程序与操作系统 内核之间的接口.....	238	5.7.1 系统备份.....	282
4.6.3 驱动程序与 CPU 的交互.....	239	5.7.2 文件系统数据的一致性.....	283
本章小结.....	240	5.8 文件系统安全性.....	286
习题.....	241	5.8.1 系统级安全管理.....	286
第 5 章 文件系统原理与应用	242	5.8.2 用户级安全管理.....	287
5.1 概述.....	242	5.8.3 目录级安全管理.....	287
5.1.1 文件概念及类型.....	242	5.8.4 文件级安全管理.....	288
5.1.2 文件系统的设计目标、 功能及实现.....	245	5.9 文件系统接口.....	288
5.1.3 文件系统与数据库系统.....	247	5.9.1 接口概述.....	288
5.2 磁盘存储器的管理.....	249	5.9.2 基本接口功能.....	289
5.2.1 文件的组织与实现.....	249	本章小结.....	290
5.2.2 有结构文件的记录—— 块转换.....	255	习题.....	291
5.2.3 空闲磁盘空间的管理.....	257	第 6 章 操作系统安全	292
5.3 文件目录及文件控制块.....	260	6.1 操作系统安全性概念.....	292
5.3.1 文件目录.....	260	6.1.1 安全性的含义.....	292
5.3.2 文件控制块.....	264	6.1.2 安全的威胁源.....	293
5.3.3 按名存取文件的实现过程.....	264	6.1.3 操作系统的安全性.....	294
5.3.4 FAT 文件系统目录、文件 分配表及文件控制块的实现.....	266	6.1.4 操作系统的安全机制与 安全服务.....	295
5.3.5 Linux 文件系统目录、文件 分配表及文件控制块的实现.....	268	6.2 操作系统的安全机制实施.....	296
5.4 文件系统缓存管理.....	271	6.2.1 内存保护机制.....	296
5.4.1 文件缓存管理的概念.....	271	6.2.2 文件保护机制.....	299
5.4.2 缓存类型.....	271	6.2.3 用户认证机制.....	301
5.4.3 缓存一致性.....	272	6.2.4 访问控制机制.....	305
5.4.4 Linux VFS 的缓存管理.....	272	6.2.5 恶意程序防御机制.....	308
5.5 文件共享.....	275	6.3 安全操作系统.....	310
5.5.1 文件共享的控制.....	275	6.3.1 建立安全模型.....	312
5.5.2 文件共享的实现.....	276	6.3.2 安全操作系统设计.....	313
5.6 文件系统的开放性.....	279	6.3.3 系统安全可信度验证.....	317
5.6.1 概述.....	279	6.3.4 安全操作系统实施.....	320
5.6.2 物理文件系统的注册与注销.....	280	本章小结.....	326
		习题.....	326
		参考文献.....	328
		重要操作系统网站.....	329

计算机操作系统概论

随着计算机与网络技术的普及,计算机的应用越来越广泛,已涉及人们工作、生活的方方面面。人与计算机之间如何交互,计算机如何根据人的意愿去工作,如何管理和处理各种数据和资源,这些问题都是由一个复杂、庞大的计算机程序——操作系统来管理和实施的。

本章将介绍什么是操作系统,它是如何发展起来的,为用户提供什么样的服务,为计算机提供什么样的支持。

现代操作系统是从传统操作系统发展而来的,它一方面继承了传统操作系统的特点,另一方面又极大地扩展和发展了操作系统。与传统操作系统相比,现代操作系统已经今非昔比。操作系统作为一个软件,它随着现代软件的发展在变化,随着用户的新需求在变化,随着软件运行支撑的平台在变化。操作系统本身在结构、功能、机制、安全、界面等方面都发生了变化,而且还在继续发生变化。这些变化除了体现在系统结构的变化外,还体现在操作系统所提供的服务、效率、共享、管理和安全方面。

首先,现代操作系统树立了“服务”为主的策略,在为用户提供的服务方面更加主动,更加灵活,更加方便,可重用和重构的服务也更加具有个性化。其次,在效率方面体现了更加快速、高效地执行、更好地共享、更舒适的人机交互界面。此外,在管理和安全方面,支持组件化的设计和更安全的结构,管理维护更方便,提供了更可靠的运行,更可信的操作平台。

1.1 操作系统的概念

1.1.1 操作系统与计算机同在

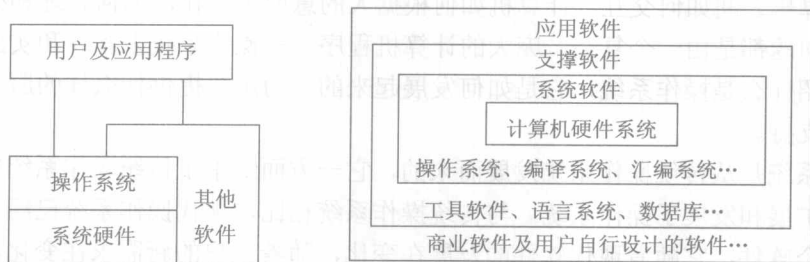
当世界进入信息社会,信息技术成为社会发展和经济发展的巨大推动力,以处理器为中心的计算和处理技术在各行各业得到了极其广泛的应用。处理器加速和扩展了人们的思维,存储器扩展了人们的记忆,I/O 和外部设备扩展了人们的四肢和感触,而软件则被称为计算机系统的灵魂。作为灵魂核心的操作系统,已经与现代计算机系统密不可分、融合为一体。哪里有计

算机，或者说哪里有处理器芯片和运算装置，哪里就有操作系统。

操作系统是计算机系统运行和工作必不可少的支撑软件，无论是巨型机、大型机，还是中、小型机，也无论是台式个人计算机、便携式微型机以及目前广泛采用的智能用户终端（手机、PDA 等）以及连接多台计算机的计算机网络，都离不开操作系统。

在传统操作系统教材中，人们曾用两个简单的图来表明操作系统在计算机系统的位置，表明它与系统硬件和软件的关系，如图 1-1 所示。

图 1-1 (a) 中，如果把计算机系统与软件的联系简单地分为 4 个部分，操作系统则是其中的一个重要部分，它与硬件和其他软件、应用软件的关系一目了然。这个简单结构，也就是传统的单机操作系统 DOS 的结构图。在图 1-1 (b) 中，则形象地说明了操作系统在计算机系统层次关系中的位置。



(a) 操作系统与系统部件的关系

(b) 操作系统的位置

图 1-1 操作系统在计算机系统的位置

这两幅示意图是操作系统位置的常规描述，它与计算机硬件、软件、应用系统以及计算机用户有千丝万缕的联系。一台没有任何软件配置和支持的计算机称为“裸机”，要让裸机接受用户发出的命令，执行相应的操作是非常困难的。操作系统在硬件之上建立了一个服务体系，为系统软件 and 用户应用软件提供了强大的支持，用户通过这个服务体系操作和使用计算机系统。

计算机的硬件包括组成计算机的集成芯片、电路板、电气连线、显示器、电源以及各种物理部件，但仅将这些部件连接起来并不能工作，还需要有直接控制部件和设备的微程序代码和基于硬件的机器级语言。这些机器级代码序列已经集成于处理器芯片中，或者固化于非易失性的存储器中，成为硬件系统的一部分。它们完成最底层的机器级操作，在机器中进行数据移动、数值计算、数据比较，并且将机器语言转换成一系列的操作步骤和电子信号，去控制系统部件或者输入/输出设备的操作。

在硬件之外就是操作系统，它是运行在计算机基本硬件系统上的最基本的系统软件。操作系统通过系统核心程序对计算机系统中主要的几类资源进行管理，例如处理机、存储器、输入/输出设备、数据与文档资源、用户作业等，并向用户提供若干服务。通过这些服务将所有对硬件的复杂操作隐藏起来，为用户提供一个透明的操作环境。

计算机软件主要分为两类，一类是系统软件，另一类是应用软件。系统软件主要管理计算

机系统本身的操作，而应用软件主要解决用户的问题。系统软件中最基本的就是操作系统，它为其系统软件和应用软件提供运行支持。位于操作系统之上的是另外一些系统软件，例如命令解释程序（或者称为外壳程序 SHELL）、编辑程序、编译程序、连接程序等，它们不是操作系统的一部分，但一般随着操作系统一起由计算机厂商提供，是系统开发中很重要和关键的一类软件。此外，系统实用程序、系统工具程序、系统调试程序也被认为是系统程序中的一部分，它们常采用套件的形式与操作系统一起提供。操作系统是以核心模式和超级管理模式运行的软件，它能防止用户对关键硬件和重要结构被有意无意地改动。而编译程序等运行于用户模式，可以随意替换和选择。

最外层是应用软件层，用户可以直接通过系统软件层与计算机进行交互，也可以建立各类应用软件和系统，通过它们来解决用户的问题。这些应用系统可以是用户自己开发的专用或公用程序，例如事务处理、工程计算、娱乐游戏、教学训练等程序，也通过操作系统提供的支持和服务来使用系统资源，完成所进行的操作。

用户领域的问题需要以应用软件和系统的方式来解决，操作系统从传统的操作界面和接口的作用、转到一个基础和支撑的角色，它与其他的一些软件部件和组件一道为应用系统提供了新的支撑，这样就建立了现代操作系统与应用系统的关系，这种关系如图 1-2 所示。

在现代的应用环境中，各类大型应用都会通过应用程序和应用系统实施，用户面对的是应用系统。为了弥补应用软件和系统（开发）平台之间的距离，软件开发者构建了应用体系、软件架构和应用模式。应用系统可以直接建立在操作系统之上，但用户又会面对多种异构型的开发语言、数据库、网络结构等。于是，为屏蔽操作系统和编程语言之间的异构性，人们又发展了支撑软件和中间件。而为了解决中间件的多样性和异构性，Web 技术又应运而生。

自然，用户的应用要求可以通过计算机语言编程实施，而最终由语言编译和解释后产生的程序代码又必须由操作系统调度、分配给处理器执行。这样，现代操作系统承担的软件支撑作用就更强。此外，由于软件固有的易损性（被篡改和恶意程序），操作系统面临安全的威胁。为了解决系统的安全问题，一方面是设计安全操作系统（注意，不是补丁式的操作系统），另一方面则是将操作系统的核心组件和核心服务“固化”于非易失存储部件中。因此，在现在的操作系统和硬件部件之间又出现了一种固化层，有人将其称为“固化操作系统”。其实，它早在 APPLE 公司的 MAC 操作系统中已经得到了体现，现在 Intel 公司的扩展固件接口（Extended Firmware Interface, EFI）结构中又一次得以更新，这个低阶的“操作系统”，具有操控基本硬

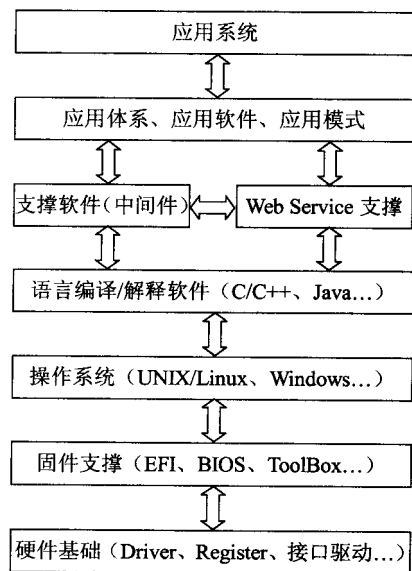


图 1-2 现代操作系统与应用系统的关系

件。为了解决系统的安全问题，一方面是设计安全操作系统（注意，不是补丁式的操作系统），另一方面则是将操作系统的核心组件和核心服务“固化”于非易失存储部件中。因此，在现在的操作系统和硬件部件之间又出现了一种固化层，有人将其称为“固化操作系统”。其实，它早在 APPLE 公司的 MAC 操作系统中已经得到了体现，现在 Intel 公司的扩展固件接口（Extended Firmware Interface, EFI）结构中又一次得以更新，这个低阶的“操作系统”，具有操控基本硬

件资源的能力。

1.1.2 对操作系统的认识

对操作系统的认识有两个方面，一是从外部即用户的观点来看操作系统，二是从内部即系统设计者和系统分析员的观点来看操作系统。这两种看法反映了操作系统的抽象性和具体性，不同的出发点对操作系统的认识和理解有不同的程度与结果，反映了从外部还是从内部来看操作系统的不同的观点。对于现代操作系统，目前仍然有以下4种基本观点。

1. 从外部来认识操作系统

从操作系统的外部来认识操作系统，长期以来有两种主要观点，它们表现了操作系统两种基本的服务功能，一种是虚拟机的观点，另一种是用户环境的观点。

(1) 虚拟机的观点

虚拟机的观点是基于编程人员的观点，也称为扩展机器的观点，它是虚拟存储概念的自然扩充。

计算机系统的硬件结构和机器级的操作包含了诸如指令集、存储器组织、总线结构和输入/输出部件等的操作与控制，这些最基本的操作也是最复杂且最难以由用户直接进行的操作。例如，用户要进行文件的读/写，而文件是以二进制代码的方式存放在磁盘、磁带等存储装置中的，这就需要有一种途径把用户的要求转换成对具体的硬件部件、电路信号、选择开关等的细微操作。用户自己不可能完成这些操作，但操作系统可以把用户的高级操作转换成一系列的低级操作，最终完成文件的读/写。所有的低级操作对用户来讲都是透明的，即无须用户关心，操作系统把硬件全部隐藏起来，给用户提供了一个友好的、易于操作的界面。此外，操作系统还要进行大量的系统事务处理，例如响应中断的发生、处理定时操作、管理存储器及其他低级操作等。这样，操作系统对用户来说好像是一个扩展了的机器，即一台虚拟的机器（Virtual Machine）。

操作系统虚拟机在逻辑功能上与裸机不同，但物理实体是一个。即操作系统在裸机上运行，系统和应用程序在操作系统上运行，用户通过操作系统对硬件进行操作。虚拟机的扩充包括系统功能和数量上的扩充。在功能上，操作系统提供了一批功能很强的系统调用，用户通过命令和程序使用这些系统调用。命令在用户级使用，系统调用在程序级使用，它们构成了虚拟机的高级指令系统，相当于扩展了裸机的基本指令系统。在数量上的扩展，主要是对单机操作系统引入了多道程序技术，让多个用户同时使用一台机器，逻辑上每个用户都感觉有一台属于自己的机器。而对多任务系统，则使每个进程都独占一台虚拟机，每个用户不但拥有逻辑内存，而且还拥有逻辑 I/O 设备、逻辑文件以及其他逻辑资源。虚拟机给用户一个完全的硬件特性概念，一个本质上完全不同于实际机器的机器概念。虚拟机的硬件资源同样也在逻辑上从其他用户那里分离出来，虚拟机与实际机器间的关系如图 1-3 所示。

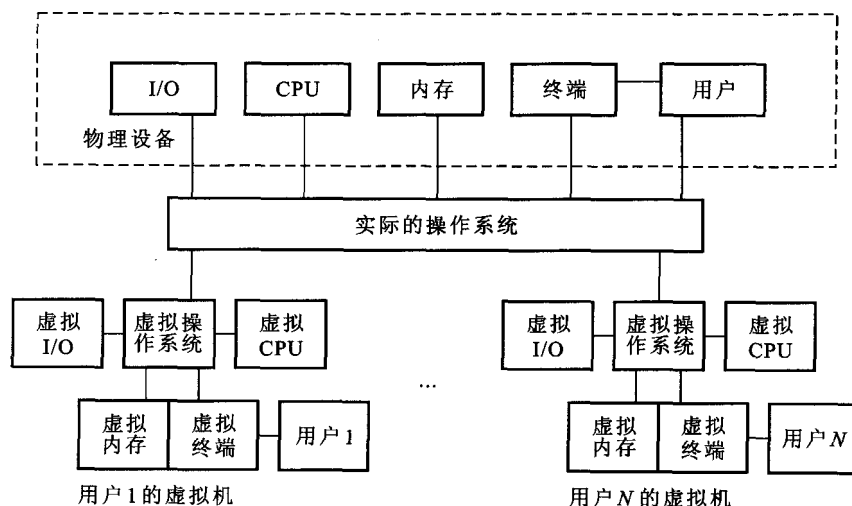


图 1-3 虚拟机（功能与数量扩充）

（2）用户环境的观点

从用户角度来看，操作系统是一个工作环境，是用户与计算机系统进行交互的界面。用户使用操作系统为他们提供的各种服务、功能接口、系统调用等来使用计算机系统及其各类系统资源，但不必知道各种系统资源的细节和控制过程。用户一般根据“最适用的才是最好的”观点来选择和使用操作系统，而操作系统的结构及其发展也适应应用领域需求的扩展。

操作系统界面问题目前成为系统的一个重要组成部分，用户和系统设计者都十分关注。这种界面已经从字符界面、菜单界面、窗口界面发展到目前的图形界面和多媒体界面，继而向 3D 界面进展。界面问题已经成为评价操作系统性能的一个重要因素，界面技术和支持工具在不断更新，原因是人们对操作系统的功能有了更进一步的认识。早期由于硬件资源昂贵，操作系统的重点放在提高硬件资源利用率上。而在硬件资源越来越丰富的今天，操作系统则更注重如何有效地为用户服务。

2. 从内部来认识操作系统

从内部来看操作系统主要可看到它的实体结构，即操作系统作为一个软件是如何组成的，如何在工作，如何对外提供服务。它主要分为资源管理的观点和任务组织的观点。

（1）资源管理的观点

资源管理的观点是目前对操作系统描述的主要观点。资源是指计算机系统为了进行数值计算和数据处理所需要的各种物质基础，通常分为系统硬件资源和软件资源。硬件资源是组成计算机和计算机操作所需的物理实体，它是直接能为人们所感知的资源，例如计算机主机、中央处理器 CPU、主存储器、输入/输出设备（显示器、磁盘、打印机）等。软件资源是依赖于一定的物理实体才能为人们所感知的一类资源，其中有程序、数据、文档等，它们必须通过物理实体，如显示器或者打印机等设备展示出来，才能为人们所看到。上述资源中的很大一部分是可

由计算机系统或者网络系统中的多个用户所共同享用的资源，如果多个用户都同时请求使用这些资源，就会发生冲突。而操作系统的工作就是当用户程序和其他应用程序争用这些资源时提供一种有序的和可控的分配，同时也完成了系统工作流程的控制。

在资源管理中，操作系统的任务是如何使系统资源得到充分合理的使用，解决用户作业因争夺资源而产生的矛盾。主要的功能如下：

① 监视资源：时刻保持系统资源分配的全局信息，了解系统资源的总数、已分配和未分配的资源情况、资源的增减和变动情况，通过系统中各类数据结构和表格记录资源的使用情况 and 环境状态。

② 分配资源：处理对资源的使用请求，调解请求中的冲突，确定资源分配策略。当多个进程或者多个用户竞争某个资源时，进行仲裁判决。同时，根据资源分配的条件、原则和环境，确定是否立即分配，或者暂缓分配。对可以分配的资源，记录相应的分配情况，更新记录分配信息的数据结构和表格的内容。

③ 回收资源：用户使用资源结束，提出释放请求，系统按照与分配过程相反的操作回收资源，更新相应的数据结构和表格的内容。

④ 保护资源：对系统共享资源要进行保护，防止它们被有意无意地破坏。在多用户系统中，对每一个用户的数据及其程序进行保护，防止彼此间的干扰和冲突。对系统或者网络中重要的、敏感的（保密的）信息资源也进行保护。同时，防止非授权的操作，防止来自系统内部或者外部的入侵。

上述描述带有一种抽象性，实际上，从系统程序员的角度来看，它就是一个复杂的管理程序。其组成如下：

管理程序模块+算法+数据结构+事件驱动

操作系统程序是集中了多种功能的程序的集合，这些程序的运行基于各种数据结构，例如表格、数组、记录、结构体、链表，也包括了对这些数据结构进行操作的算法实现。要完成资源管理，只使用单一的程序是不够的。

操作系统的运行机制是事件驱动（Event Driven），上述各个功能模块要统一地控制系统工作流程，执行系统资源的管理和分配，是通过系统最小工作单位进程或者线程来实现的。而代表进程存在、运行和工作的实体，则是存在于操作系统模块内部的各种数据结构。实际上，操作系统在工作过程中，不断地接收来自系统内部和外部的各种事件引起的中断，根据不同的情况和请求，进行宏观的作业调度和微观的进程调度，完成系统资源的监测、分配和回收，协调系统工作流程。在这些过程中，它将不断地填写、改动、更新各个与任务和进程有关的表格，建立新的数据记录，使这些数据随时随地记录和代表进程的各种不同的状态。因此，从软件运行的观点来看，操作系统的运行结构就是系统相关数据结构不断地反复、改动与更新。这些数据结构与表格的处理，是操作系统本身的开销，是操作系统设计过程中要考虑的一个重要问题。在操作系统中，选择合理的数据结构，可以减少系统本身的开销，提高系统的吞吐率。

要了解资源管理，必须首先了解什么是系统的资源。虽然本书仍然按照资源管理的观点来



讨论操作系统的各个功能模块，但读者必须注意了解如下几个问题，即管什么，管到什么程度，管理的方式如何，当管理的对象变了怎样办。因此，本书的讨论都是基于资源管理的。随着计算机网络的普及，系统资源（尤其是信息）逐渐从集中式向分布式、分散型转化，资源管理的模式也将随之变化。

（2）作业（任务）组织的观点

计算机系统要完成用户的各种请求，这些请求通过作业或者任务的方式提交给系统，它们各自都是一次独立的计算过程，操作系统则是在这众多的计算过程间切换处理器。操作系统是计算机系统工作流程的组织者，负责协调在系统中运行的各个任务的推进速度，提高系统的吞吐率。

由于系统中存在多道程序、程序间并发执行和资源共享，操作系统必须对用户作业和任务进行管理。要组织并控制系统工作的流程，需设置系统工作的基本单位，以这个基本单位为基础建立系统的数据结构、操作模式和管理程序。大多数操作系统引入了进程的概念，将其作为工作的基本单位。随着操作系统的发展，根据系统工作的层次和并发控制程度，在操作系统中引入了作业（Job）、任务（Task）、进程（Process）、线程（Thread）以及对象（Object）等概念，对它们的组织和管理是操作系统的重点。

操作系统的内部运行过程，也是进程的状态不断变迁的过程。当一个用户作业从外部提交给系统时，会等待调度，等待被装入内存；一旦作业被装入，就会根据不同情况创建若干任务或者进程，并等待处理器的分配；一旦进程获得处理器就开始运行，运行中的进程要么正常运行结束而退出，要么被某个事件中中断暂时停止，而转去运行另一个进程，直至所有进程全部终止。利用操作系统可在这些状态之间进行切换，不断地更新表格中的内容，完成进程的管理和调度。

对操作系统运行的理解，必须要与顺序程序执行进行区别。顺序程序模块的执行顺序是可知的，而操作系统的任何一个程序模块在什么时候运行是未知的，它需要由许多因素来决定。

综上所述，操作系统对计算机操作者和用户而言是一个用户环境、一个工作平台，是一个人与计算机进行交互式操作的界面。对系统设计者来说是一种强功能的系统资源管理程序，一种包含各种数据结构和算法的集成式软件系统。这两种提法概括了操作系统的作用、实体和效果，即：

- ① 操作系统的作用是控制系统工作流程和进行资源的分配管理。
- ② 操作系统的实体是程序和程序执行所需的数据结构及数据。
- ③ 操作系统的效果是方便用户，提供一个良好的人机操作环境。

总之，操作系统是计算机系统中最基本、最核心和最重要的软件系统。在本书中，主要从资源管理的观点来学习和讨论操作系统。

1.1.3 操作系统的功能

操作系统要控制工作流程，管理资源，又要为用户服务，因此这三项也就是操作系统的功