

新世纪计算机专业系列教材

# 操作系统 原理

何炎祥 等 编著

 科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

新世纪计算机专业系列教材

# 操作系统原理

何炎祥 等 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书全面系统地介绍了现代操作系统的基本概念、设计原理以及在构造过程中可能面临的种种问题及其解决方法,此外,还介绍了在设计操作系统过程中一些重要的新进展,如线程、实时系统、多处理器调度、进程迁移、分布计算模式、安全性等。为便于理解,还选择了三个有代表性的操作系统:Windows NT,UNIX 和 MVS 作为实例贯穿全书。

本书内容丰富,取材新颖,强调理论与实践的结合,既可作为大专院校计算机及相关专业的教科书,又可供计算机爱好者自学,还可作为有关工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

---

操作系统原理/何炎祥等编著. —北京:科学出版社,2004  
(新世纪计算机专业系列教材)  
ISBN 7-03-013108-8

I. 操... I. 何... III. 操作系统-教材 N. TP316

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 022242 号

---

策划编辑:陈晓萍/责任编辑:韩 洁  
责任印制:吕春眠/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2004年4月第一版 开本:787×1092 1/16  
2004年4月第一次印刷 印张:22 3/4  
印数:1—5 000 字数:513 000

定价:30.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

# 新世纪计算机专业系列教材 编委会

## 顾问编委

施伯乐教授	复旦大学
白英彩教授	上海交通大学

## 主 任

左孝凌教授	上海交通大学
-------	--------

## 编 委

刘 璟教授	南开大学
宋方敏教授	南京大学
何炎祥教授	武汉大学
余雪丽教授	太原理工大学
阮家栋教授	上海工程技术大学
顾训穰教授	上海大学
徐汀荣教授	苏州大学
曾 明教授	西安交通大学
曹元大教授	北京理工大学
曹文君教授	复旦大学
陶树平教授	同济大学
缪淮扣教授	上海大学
谢康林教授	上海交通大学

# 总 序

20年来,计算机学科的发展日新月异,促使现代科学在各个领域突飞猛进。目前,计算机科学技术已应用在实时控制、信息处理、通信传输、企事业管理等领域,成为人们工作、学习、生活必不可少的工具。计算机技术的发展瞬息万变,具有以下三方面特点:

(一)传统的工、理、文、医、商、农在计算机的应用方面都有着各自专业的需要,例如,经济、艺术、法律、管理、医学等各种学科都需要依赖于计算机技术的应用。除了各自领域的专业实践外,应用计算机已是各个专业提高效率、发挥潜能、促进发展的必不可少的手段。因此现在很难用传统的工、理、文、医、商、农等去界定学科的分类。

(二)计算机网络改变了计算机通信的时空距离。计算机应用的发展是与计算机网络的发展紧密相连的。从最初的局域网(LAN)到广域网(WAN),以至用一种新的方法将LAN和WAN互联起来,即成为网际网(Internetwork)。这种网际网的实验原型Internetwork,通常缩写为Internet。计算机网络将计算机互连起来,从而使计算机之间可以交换信息,而且这种信息交换可以在几分钟内就影响到世界各地。计算机网络的发展,带动了计算机学科在很多领域的拓展。

(三)现代计算机学科向综合性发展。计算技术发展伊始,每种学科均以软硬件分类,泾渭分明。但自网络发展以来,Internet软件中的两部分变得特别重要和特别具有开创性,即网际协议(Internet Protocol,简称IP)和传输控制协议(Transmission Control Protocol,简称TCP)。这些协议是必不可少的软件系统。但是在网络系统中,网络的互连必须依靠路由器、服务器、接口插座、调制解调器等硬件设施,所以计算机网络很难归结为软件或硬件的单一体系。

随着计算机技术的发展,计算机与通讯、视频、声音等密不可分;随着多媒体的发展和应用,计算机科学已经愈来愈成为与数字传输、视频、声、光、电等综合的学科。

尽管计算机技术的发展如此神速、新异,但像一切新学科的发展一样,计算机教育水平仍滞后于计算机技术的发展。为了适应计算机教学改革的需要,我们国内部分重点院校的教授、学者,在科学出版社的积极鼓励和支持下,成立了新世纪计算机专业教材编委会。自2000年10月以来,我们群策群力,多次探讨了当前教育与技术进展之间的差距,并且仔细研讨了美国ACM/IEEE-CS公布的*Computing Curricula 2001*的优点与不足,结合我国计算机教育的实际情况,提出了编著一套适用于计算机本科专业的励精图治的教材计划。这套教材的选题、定位乃至作者的遴选,都得到了国内很多著名教授和学者的认同,并且有很多选题都争取到了一些著名教授亲自参与编写。这套教材立意着重基础,反映导向,注重实践。

因此我们在基础课目方面,首先列选了数据库原理、操作系统、编译程序原理、智能基础等基础教程。这些基础课教材都由一些国内著名学者执笔,论述内容既注意打好扎实基础,又注意要反映最新导向,高屋建瓴,使读者迅速接近最新领域。

同时,为了反映导向,我们抓住网络课程作为计算机专业学生的应用基础,编写了一本实用性极强的《计算机网络教程》。这本教材的编著思想是以基础—理论—应用为主线,通信是基础,协议是核心,互连是重点,应用是目标。

其次,为了拓展学生的网络应用本领,我们还安排了电子商务、多媒体应用以及 Web 数据库技术三门应用课程。电子商务和多媒体应用是计算机应用中最为热门的课程,也是拓展性极广的计算机应用领域,应用前景极为广阔。

Web 数据库技术是一种随着互联网技术发展起来的应用技术。它涉及网络、HTTP 协议、Script 语言、动态网页开发平台、远程数据访问技术等各种网络应用技术。目前国内外还无适合教材,因此,编写 Web 数据库技术的教材,可以说是填补了应用领域的一个空白。

在研究美国公布的“计算 2001-CS 教程”中,我们仔细探讨了数据结构这一课程的变化。在“计算 1991 教程”中,数据结构内容明确放在算法与数据结构之中,而“2001-CS 教程”却无数据结构的课程名称,代之以程序设计基础(Programming Fundamentals)。文件中提到了基本数据结构和抽象数据类型以及面向对象的程序设计等内容。从这里可以看出,数据结构是以程序设计基础作为研究对象的。另外该教程把算法与复杂性作为一个单独课程列出,这一方面说明算法是一种问题求解的策略,另一方面也说明基本算法及复杂性的讨论对于程序设计是多么重要。

为此在这套丛书中我们安排了一个软件课程系列,即开设从语言、数据结构、算法到软件工程的课程。首先我们从面向对象的 C++ 语言入手,进一步讲解语言学概论。主要内容是分析语法结构,掌握语言构成规律,读懂语言文本。任何计算机语言均可触类旁通,这种从结构规律来学会应用的方法,就是以不变应万变,因为从根本上说,尽管计算机语言千变万化,但万变不离其宗。在搞通语言基础上,我们组编了数据结构,或者说是研究程序设计基础。然后是学习基本算法,也就是为了程序设计需要,而进行问题求解,即进行常用算法讨论。为了使开发软件遵循工程管理方法,软件工程的学习将是计算机专业学生规范软件开发的必不可少的训练课程。

我们筹组这套丛书时,希望每本教材都有创意,能引起共鸣,能被关注,能被采纳,能被推广。但是我们也注意到,由于各个学校情况不同,各人观点不同,理解角度也有所不同,所以对教材的选用和编著,不易一致认同。不过我们希望这套教材能够反映当前学校动向,在促进学以致用等方面有所促进、有所推动,更希望兄弟院校的教师、学者能够积极使用,参与讨论,以使本套丛书能够不断修改,日臻完善。

最后我要感谢科学出版社的领导对本套丛书的列选、报审、出版所给予的鼓励和支持。

左孝凌

2001 年 7 月 30 日

# 前 言

操作系统是计算机系统中十分重要的系统软件,也是计算机课程中必不可少的教学内容。本书主要阐述了操作系统的各种基本概念,设计操作系统的基本原理和典型技术,以及构造操作系统过程中可能面临的种种问题及其解决办法。其目的是为了尽可能清晰、全面地向读者展现现代操作系统的性质和特征。

计算机系统存在着极大多样性,包括个人计算机、工作站、小型机、大型机等;还有一些特殊的计算机系统,如实时系统等。计算机的多样性不仅表现在容量和机器速度的差异,而且应用程序和系统支持环境也不尽相同。另外,整个计算机系统以极快的速度发展着,不断有新的关键领域在操作系统中诞生,因此,我们的任务是极其艰巨的。在本书中,我们将结合当今操作系统的设计,以及操作系统的发展方向,着重讨论操作系统设计的基本原理。我们希望读者通过阅读本书能够深入理解现代操作系统的设计思想、关键结构,以及与操作系统相关的一些内容(硬件、系统程序、应用程序等)。

本书除阐述了操作系统的基本原理外,还介绍了在操作系统设计中一些非常重要的新进展,包括:

(1) 线程。进程是由两个独立的部分实现的,一个同资源的拥有有关,另一个同执行有关。这种区别就导致了在一些操作系统中逐渐发展出了一种新的结构——线程。

(2) 实时系统。近年来,实时计算被看作是计算机领域出现的一个重要分支,而操作系统是实时系统中最重要的组成构件。

(3) 多处理器调度。随着人们对线程及并行编程应用兴趣的不断增加,多处理器调度已成为人们专门研究和努力发展的领域。

(4) 分布式系统。随着价格低廉但功能强大的个人计算机和微型计算机越来越广泛应用,人们对分布式数据处理的兴趣越来越大。本书中,许多有关 OS 设计的讨论展现了分布环境的复杂性。

(5) 进程迁移。进程迁移就是将一个进程从一个机器移到另一个机器,它已成为分布式操作系统中的一个热门话题。人们对这个概念的兴趣源自对网络系统负载平衡实现方法的研究,而进程迁移概念的应用现已超出了这一领域。最近,一些研究人员感到进程迁移是不实际的,这种评价太悲观了。实际上,新的实现方法,包括一些商业产品的出现,使人们对这一领域的兴趣不断高涨。

(6) 安全性。安全性一直是操作系统设计所关注的问题。

本书的目的是使读者了解现代操作系统的设计原理与基本实现技术。因此,仅介绍纯粹的概念或理论是不够的。为了更好地理解概念、原理和方法并与实际设计相结合,我们选择了三个操作系统作为例子:

(1) Windows NT。一个单用户、多任务操作系统,运行在个人计算机、工作站和服务器的上。作为一种新型操作系统,Windows NT 采用了操作系统最新的技术。另外,Windows

NT 是第一个严格采用面向对象设计原理设计的重要操作系统。

(2) UNIX。一个多用户、多任务、分时交互式操作系统。UNIX 开始是为微型计算机设计的,现在,它已在从微型机到超级计算机的范围内得到广泛应用。

(3) MVS。IBM 大型计算机的顶级操作系统,而且 MVS 还是曾经出现过的操作系统中最复杂的一个。它提供了批处理和分时处理的功能。

选这三个操作系统作为例子是因为它们具有相关性、代表性和典型性。

本书由以下 11 章组成:

第 1 章操作系统概述。本章对本书的内容进行了概述。

第 2 章进程描述与控制。本章讨论了进程的概念,以及操作系统对进程进行控制的数据结构,还讨论了与进程相关的线程等内容。

第 3 章并发控制:互斥与同步。本章着重讨论在单一系统中并行处理的关键技术——互斥和同步机制。

第 4 章死锁处理。本章描述了死锁和饥饿的性质并讨论了解决它们的方法。

第 5 章内存管理。本章提出了多种内存管理方法,并讨论了支撑虚拟内存所需的硬件结构和操作系统用来管理虚拟内存的软件特性。

第 6 章处理机调度。本章讨论了各种不同的进程调度方法,包括实时调度策略。

第 7 章 I/O 管理和磁盘调度。本章论述了操作系统对输入/输出的控制,尤其是对系统性能影响较大的磁盘 I/O 的调度和控制。

第 8 章文件管理。本章对文件的管理进行了综述。

第 9 和第 10 章分布计算和分布式进程管理。这两章描述了分布式操作系统的一些关键设计领域,包括 Client/Server 结构,中间件技术,用于消息传递和远程过程调用的分布式通信机制、分布式进程迁移以及解决分布式互斥和死锁问题的基本原理与技术。

第 11 章安全性。本章简要讨论了与操作系统安全性相关的理论和方法。

本书全面讨论了操作系统相关的领域,概念清晰,内容丰富,取材新颖,强调理论与实践的结合,既可作为大专院校计算机及相关专业的教科书,又可供计算机爱好者自学,还可作为有关工程技术人员的参考书。

本书由何炎祥、石莉、张戈、宋志凯、黄浩和李超共同编写,何炎祥统编了全书。

本书的编写过程得到了左孝凌教授的关心和指导,正是左教授的大力支持和不断激励,才使本书得以同读者见面,在此特表谢意。

限于水平,书中难免有疏漏之处,敬请读者赐教。

何炎祥

2003 年 8 月于武昌珞珈山



# 目 录

<b>1 操作系统概述</b> .....	1
1.1 操作系统的目标和作用 .....	1
1.1.1 作为人机交互界面 .....	1
1.1.2 资源管理者 .....	2
1.1.3 推动操作系统发展的因素 .....	2
1.2 操作系统的演变 .....	3
1.2.1 串行处理 .....	3
1.2.2 简单批处理系统 .....	4
1.2.3 多道程序批处理系统 .....	6
1.2.4 分时系统 .....	9
1.3 主要成就 .....	11
1.3.1 进程 .....	11
1.3.2 存储器管理 .....	13
1.3.3 信息保护和安全性 .....	14
1.3.4 调度和资源管理 .....	15
1.3.5 系统结构 .....	16
1.4 操作系统举例 .....	18
1.4.1 Windows NT .....	18
1.4.2 UNIX System V .....	22
1.4.3 MVS .....	23
1.4.4 多媒体计算机及多媒体操作系统 .....	25
1.5 操作系统的主要研究课题 .....	28
习题 .....	29
<b>2 进程描述与控制</b> .....	30
2.1 进程状态 .....	30
2.1.1 两状态进程模型 .....	32
2.1.2 进程的产生和终止 .....	32
2.1.3 状态模型 .....	34
2.1.4 挂起的进程 .....	37
2.1.5 挂起的其他用途 .....	40
2.2 进程描述 .....	40

2.2.1	操作系统控制结构 .....	41
2.2.2	进程控制结构 .....	42
2.2.3	进程属性 .....	43
2.3	进程控制 .....	45
2.3.1	执行模式 .....	45
2.3.2	进程创建 .....	45
2.3.3	进程切换 .....	46
2.3.4	上下文切换 .....	46
2.3.5	操作系统的执行 .....	47
2.3.6	微核 .....	49
2.4	进程和线程 .....	49
2.4.1	单进程多线程 .....	49
2.4.2	其他安排 .....	50
2.4.3	多对多关系 .....	51
2.5	进程描述和控制举例 .....	51
2.5.1	UNIX SystemV .....	51
2.5.2	Windows NT .....	54
2.5.3	MVS .....	58
2.6	小结 .....	61
	习题 .....	61
<b>3</b>	<b>并发控制:互斥与同步</b> .....	<b>64</b>
3.1	并发原理 .....	64
3.1.1	与操作系统相关的问题 .....	67
3.1.2	进程间的相互作用 .....	67
3.1.3	进程间竞争资源 .....	68
3.1.4	进程通过共享合作 .....	69
3.1.5	进程通过通信合作 .....	70
3.1.6	互斥的要求 .....	70
3.2	互斥——软件方法 .....	70
3.2.1	Dekker 算法的初次尝试 .....	71
3.2.2	再次尝试 .....	71
3.2.3	第三次尝试 .....	72
3.2.4	第四次尝试 .....	73
3.2.5	一个正确的解决方法 .....	74
3.2.6	Peterson 算法 .....	74
3.3	互斥——硬件支持 .....	75
3.3.1	禁止中断 .....	75

3.3.2	特殊的机器指令	76
3.3.3	使用机器指令方法的特性	77
3.4	信号量	78
3.4.1	互斥	79
3.4.2	生产者/消费者问题	80
3.4.3	信号量的实现	84
3.4.4	理发师问题	84
3.4.5	一个不公平的理发店	85
3.4.6	一个公平的理发店	86
3.5	管程	88
3.6	消息传递	91
3.6.1	同步	91
3.6.2	寻址	92
3.6.3	消息格式	93
3.6.4	排队规则	93
3.6.5	互斥	93
3.7	读者/写者问题	95
3.7.1	读者优先	95
3.7.2	写者优先	96
3.8	小结	98
3.9	系统举例	99
3.9.1	UNIX System V	99
3.9.2	Windows NT	101
3.9.3	MVS	102
	习题	104
<b>4</b>	<b>死锁处理</b>	<b>106</b>
4.1	死锁的概念	106
4.1.1	可重用资源	106
4.1.2	消耗型资源	107
4.1.3	产生死锁的条件	108
4.2	死锁预防	109
4.2.1	互斥	109
4.2.2	占用并等待	109
4.2.3	非抢占	109
4.2.4	循环等待	109
4.3	死锁检测	110
4.4	死锁避免	110

4.4.1	避免启动新进程 .....	111
4.4.2	避免分配资源 .....	112
4.4.3	处理死锁的综合方法 .....	115
4.5	哲学家用餐问题 .....	115
4.6	小结 .....	117
	习题.....	117
<b>5</b>	<b>内存管理</b> .....	<b>119</b>
5.1	内存管理的要求 .....	119
5.1.1	重定位 .....	119
5.1.2	保护 .....	119
5.1.3	共享 .....	120
5.1.4	逻辑组织 .....	120
5.1.5	物理组织 .....	120
5.2	程序的加载 .....	121
5.2.1	固定分区 .....	121
5.2.2	分配算法 .....	122
5.2.3	动态分区 .....	123
5.2.4	配置算法 .....	125
5.2.5	替换算法 .....	126
5.2.6	重定位 .....	126
5.2.7	简单分页 .....	127
5.2.8	简单分段 .....	130
5.3	虚拟内存的硬件和控制结构 .....	131
5.3.1	局部性和虚拟内存 .....	133
5.3.2	分页 .....	133
5.3.3	页的大小 .....	138
5.3.4	分段 .....	140
5.3.5	段页组合式 .....	141
5.3.6	共享和保护 .....	141
5.4	操作系统软件 .....	143
5.4.1	装入策略 .....	144
5.4.2	分配策略 .....	144
5.4.3	替换策略 .....	145
5.4.4	常驻集管理 .....	150
5.4.5	清除策略 .....	154
5.4.6	加载控制 .....	155
5.5	内存管理举例 .....	157

5.5.1	System/370 和 MVS .....	157
5.5.2	Windows NT .....	160
5.5.3	UNIX System V .....	162
5.6	小结 .....	165
5.7	附录 .....	165
5.7.1	加载 .....	165
5.7.2	连接 .....	168
	习题 .....	170
<b>6</b>	<b>处理机调度 .....</b>	<b>172</b>
6.1	调度类型 .....	172
6.1.1	长程调度 .....	172
6.1.2	中程调度 .....	174
6.1.3	短程调度 .....	174
6.2	调度算法 .....	174
6.2.1	短程调度标准 .....	174
6.2.2	优先权的使用 .....	176
6.2.3	调度策略 .....	176
6.2.4	性能比较 .....	184
6.2.5	模拟模型 .....	186
6.2.6	公平分享调度 .....	187
6.3	多处理机调度 .....	188
6.3.1	粒度 .....	189
6.3.2	设计要点 .....	190
6.3.3	进程调度策略 .....	191
6.4	实时调度 .....	196
6.4.1	背景 .....	196
6.4.2	实时操作系统的特性 .....	196
6.4.3	实时调度 .....	198
6.4.4	期限调度 .....	199
6.4.5	单一比率调度 .....	201
6.5	系统举例 .....	204
6.5.1	UNIX System V .....	204
6.5.2	Windows NT .....	205
6.5.3	MVS .....	207
6.6	小结 .....	208
6.7	附录 响应时间 .....	209
	习题 .....	210

<b>7 I/O 管理和磁盘调度</b> .....	213
7.1 I/O 设备 .....	213
7.2 I/O 函数的组织 .....	214
7.2.1 I/O 函数的发展 .....	215
7.2.2 DMA .....	216
7.2.3 I/O 通道的性质 .....	217
7.3 操作系统设计问题 .....	218
7.3.1 设计目标 .....	218
7.3.2 I/O 函数的逻辑结构 .....	218
7.4 I/O 缓冲 .....	220
7.4.1 单缓冲 .....	220
7.4.2 双缓冲 .....	222
7.4.3 循环缓冲 .....	222
7.4.4 缓冲的用途 .....	222
7.5 磁盘调度 .....	222
7.5.1 磁盘性能参数 .....	222
7.5.2 寻道时间 .....	223
7.5.3 旋转延迟 .....	223
7.5.4 传输时间 .....	223
7.5.5 时间测定比较 .....	224
7.5.6 磁盘调度策略 .....	224
7.5.7 磁盘高速缓存 .....	228
7.6 系统举例 .....	230
7.6.1 UNIX System V .....	230
7.6.2 MVS .....	233
7.7 小结 .....	235
习题 .....	235
<b>8 文件管理</b> .....	237
8.1 概述 .....	237
8.1.1 文件 .....	237
8.1.2 文件管理系统 .....	238
8.2 文件结构和存取 .....	240
8.2.1 堆 .....	241
8.2.2 顺序文件 .....	242
8.2.3 索引顺序文件 .....	242
8.2.4 索引文件 .....	243
8.2.5 直接或快速文件 .....	243

8.3	文件目录 .....	244
8.3.1	内容 .....	244
8.3.2	结构 .....	245
8.3.3	命名 .....	246
8.4	文件共享 .....	247
8.4.1	访问权限 .....	248
8.4.2	同时访问 .....	248
8.5	记录分块 .....	248
8.6	辅存管理 .....	250
8.6.1	文件分配 .....	250
8.6.2	预先分配和动态分配 .....	250
8.6.3	空闲空间管理 .....	254
8.6.4	可靠性 .....	255
8.6.5	磁盘交叉存放 .....	256
8.7	系统举例——UNIX System V .....	257
8.7.1	信息节点 .....	257
8.7.2	文件分配 .....	258
8.8	小结 .....	259
	习题 .....	259
<b>9</b>	<b>分布计算 .....</b>	<b>261</b>
9.1	客户/服务器计算 .....	261
9.1.1	什么是客户/服务器计算 .....	262
9.1.2	客户/服务器应用 .....	263
9.1.3	中间件技术 .....	266
9.2	分布式消息传递 .....	269
9.3	远程过程调用 .....	270
9.3.1	参数传递 .....	271
9.3.2	参数表示 .....	271
9.4	小结 .....	271
	习题 .....	272
<b>10</b>	<b>分布式进程管理 .....</b>	<b>273</b>
10.1	进程迁移 .....	273
10.1.1	目的 .....	273
10.1.2	进程迁移机制 .....	273
10.1.3	迁移的协商 .....	276
10.1.4	驱逐 .....	277
10.1.5	抢占及非抢占进程的传送 .....	278

10.2	分布式全局状态	278
10.2.1	全局状态及分布式快照	278
10.2.2	分布式快照算法	280
10.3	分布式进程管理——互斥	281
10.3.1	分布式互斥	282
10.3.2	分布式系统的事件定序	283
10.3.3	分布式互斥算法	285
10.4	分布式死锁	289
10.4.1	资源分配中的死锁	290
10.4.2	死锁预防	290
10.4.3	死锁避免	291
10.4.4	死锁检测	292
10.4.5	消息通信中的死锁	295
10.5	小结	297
	习题	298
11	安全性	299
11.1	对安全性的威胁	300
11.1.1	威胁的类型	300
11.1.2	计算机系统资源	301
11.1.3	设计原则	303
11.2	保护	303
11.2.1	内存的保护	304
11.2.2	面向用户的存取控制	304
11.2.3	面向数据的存取控制	305
11.2.4	Windows NT 的保护机制	306
11.3	入侵者	309
11.3.1	攻击技术	310
11.3.2	口令的保护	311
11.3.3	攻击检测	314
11.4	病毒及其威胁	316
11.4.1	恶意程序	316
11.4.2	病毒的特性	319
11.4.3	病毒的类型	321
11.4.4	反病毒的方法	322
11.5	可靠系统	322
11.6	网络安全	324
11.6.1	安全性攻击的可能位置	324



11.6.2	加密装置的位置 .....	325
11.6.3	密钥的分配 .....	327
11.6.4	加入信息量 .....	328
11.7	小结 .....	329
11.8	附录 加密 .....	329
11.8.1	传统加密方法 .....	329
11.8.2	公开密钥加密方法 .....	331
	习题 .....	331
<b>附录</b>	<b>排队分析</b> .....	<b>333</b>
附录 1	为什么进行排队分析 .....	333
附录 2	排队模型 .....	334
附 2.1	单服务器模型 .....	334
附 2.2	多服务器模型 .....	336
附 2.3	基本排队关系 .....	336
附 2.4	假设 .....	336
附录 3	单服务器队列 .....	337
附录 4	多服务器队列 .....	338
附录 5	队列网 .....	339
附 5.1	信息流的分割和汇聚 .....	339
附 5.2	一前一后的队列 .....	340
附 5.3	Jackson 定理 .....	340
附 5.4	包交换网中的应用 .....	341
附录 6	其他排队模型 .....	341
<b>参考文献</b>	.....	<b>343</b>