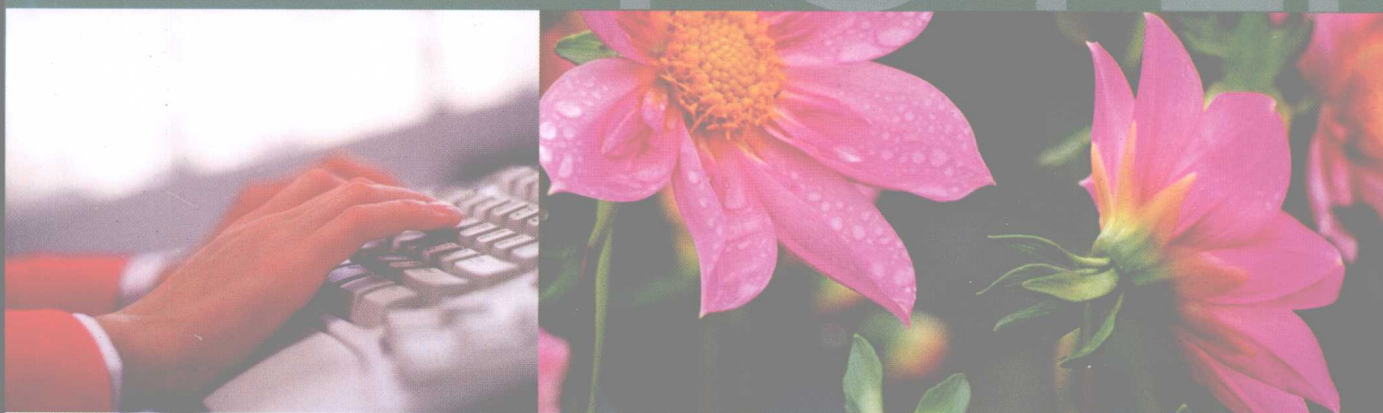


高等学校计算机系列规划教材



操作系统

(第2版)

风羽翬 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等学校计算机系列规划教材

操作系统

(第2版)

凤羽翬 主编

吴 韬 李成义 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书共 20 章。第 1~4 章介绍操作系统的基本概念、形成与发展,几种流行的操作系统和网络环境中的操作系统。第 5 章、第 6 章介绍操作系统的作业管理及批处理作业、交互型作业。第 7~10 章介绍程序和进程、互斥和同步、死锁及饿死、处理机调度。第 11~13 章介绍内存管理、文件系统和设备管理。第 14 章、第 15 章介绍进程通信和网络。第 16 章介绍分布式处理。第 17~19 章介绍权限、安全、备份与恢复。第 20 章介绍 12 个可供 Linux 操作系统上机实验的内容、具体操作步骤以及 3 个项目。

本书在积累了作者多年教学经验的基础上编写而成,裁减有度,可操作性强,并以 Linux 源程序案例和实验来印证相应理论。与本书配套的教学资源(包括课件、实验录屏、项目源代码等)可从华信教育资源网(www.huaxin.edu.cn)免费下载。

本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材,也可供 Linux 爱好者参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

操作系统 / 凤羽翠主编. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2009.4
(高等学校计算机系列规划教材)

ISBN 978-7-121-06508-8

I. 操… II. 凤… 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(2009)第 019046 号

策划编辑: 吕 迈

责任编辑: 张燕虹

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 26.5 字数: 678 千字

印 次: 2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 38.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

《操作系统》自 2004 年出版以来, 经过了 5 次印刷。在此感谢使用此书的老师、同学和其他读者, 谢谢你们的使用和提出的宝贵意见。在这几年中, 我也在使用本教材进行教学, 并在每一学年的教学中进行着不断的修改, 包括对原书中的一些错误进行修改, 同时也在逐步更新。借第 2 版的机会, 将这些修改和更新的内容一并答谢给读者。

在《操作系统》出版后的这几年里, 信息化浪潮层层推进。网络应用的日益普及、分布式应用水平的不断提高、计算机硬件的快速发展, 使服务器性能不断提高。人们的日常工作集中到对服务器、对网络设备的维护和优化上。因为 B/S (Browser/Server, 浏览器/服务器)、C/S (Client/Server, 客户机/服务器) 架构大多将业务逻辑集中到服务器上, 所以现在的开发也是针对服务器而言的。因此, 服务器的发展对计算机操作系统的要求日益苛刻。网络的另一个发展是各种移动终端设备, 它们被层出不穷地推出和升级, 并向智能化发展。这也刺激着移动操作系统的发展, 形成了另一道风景线。然而, 这些设备的硬件发展很快, 以至于其上的软件系统或者操作系统也逐渐向台式机操作系统靠拢, 如运行于 iPhone、iPod 上的操作系统与 Mac OS X 看齐。Motorola 的 Linux 操作系统、Google 的 Gphone 操作系统也取材于 Linux。这就意味着操作系统的发展仍维持着原有的格局。因此, 从工作的角度看, 面向服务器的应用是人们的工作重心。这一思想也贯穿于本书。

《操作系统 (第 2 版)》有较大变化, 具体变化如下所示。

(1) 对体系结构做了调整。采用 8 部分, 每部分由章构成的布局形式, 使得逻辑性更好。

(2) 删除了一些现在很少用到的内容, 如用户接口中的批量型作业的管理与调度, 增加了有现实意义的 Shell 编程。丰富了一些章节, 如第一部分, 以便学生对操作系统有一个全面的认识。增加了一些扩展性的内容, 如网络存储, 以丰富学生的视野。对于这些增加的内容, 教师在教学过程中可以灵活处理或裁减, 或交由学生自学。

(3) 增加了符合计算机操作系统角度的安全部分。这些内容体现在课文和实验中。

(4) 适当增加了网络存储、伙伴关系、RAID 等内容。这些内容在第 1 版中是作为补充材料放在有关网站上的。

(5) 增加了图片并调整了第 1 版中的图片。增加了一些珍贵的历史图片, 有利于学生直观地理解教材内容, 减少教材的生硬性。对第 1 版中的部分图片进行了更新。

(6) 加强服务器的概念。针对网络时代以服务器为主的实际情况, 从现代网络环境中服务器的视角编写, 使读者能够适应开发和应用以服务器为主的环境。

(7) 大幅度地增强了实验部分的内容, 使学生能够基本上适应实际工作的需要。

(8) 增加了项目 (Project) 的内容, 旨在让学生动手去亲身体会授课内容, 同时也让学生从开发的角度接触系统底层的开发, 以便引导学生向纵深发展。当然, 国外或国内一些大学也有针对某一虚拟机开发一个小型操作系统的项目, 但鉴于国内大多数学校的实情, 应偏

重于实际应用环节。我们提供了项目的有关源程序，供老师参考。

(9) 录制了教学环境设置、实验等的录屏，可方便地帮助老师掌握动手环节的内容。

本教材调整之后，可对其教学安排做调整。表 0.1 给出教学安排建议，具体安排应视各学校的实际情况进行调整。

表 0.1 教学安排建议

	54 学时	72 学时
授课	18 周×(2 节/周×1 小时/节) = 36 学时 第 1 周: 第 1 章、第 2 章 第 2 周: 第 3 章、第 4 章 第 3 周: 第 5 章 第 4 周: 第 6 章 第 5 周: 第 7 章 第 6 周: 第 8 章 第 7 周: 第 9 章 第 8 周: 第 10 章 第 9 周: 期中考 第 10 周: 第 11.1~11.6 节 第 11 周: 第 11.7~11.8 节 第 12 周: 第 11.9~11.20 节 第 13 周: 第 12.1~12.9 节 第 14 周: 第 12.10~12.12 节 第 15 周: 第 13.1~13.3 节 第 16 周: 第 13.4~13.9 节 第 17 周: 第 14 章 第 18 周: 第 15~19 章 (概念性简介)	18 周×(3 节/周×1 小时/节) = 54 学时 第 1 周: 第 1 章、第 2 章 第 2 周: 第 3 章、第 4 章 第 3 周: 第 5 章 第 4 周: 第 6 章 第 5 周: 第 7 章 第 6 周: 第 8 章 第 7 周: 第 9 章 第 8 周: 第 10 章 第 9 周: 期中考 第 10 周: 第 11.1~11.6 节 第 11 周: 第 11.7~11.8 节 第 12 周: 第 11.9~11.20 节 第 13 周: 第 12.1~12.9 节 第 14 周: 第 12.10~12.12 节 第 15 周: 第 13 章 第 16 周: 第 14 章 第 17 周: 第 15 章、第 16 章 第 18 周: 第 17~19 章
实验	9 周×(2 节/周×1 小时/节) = 18 学时 第 2 周: 实验 1、实验 2 第 4 周: 实验 3 第 6 周: 实验 4 第 8 周: 实验 5 第 10 周: 实验 9 第 12 周: 实验 6 第 14 周: 实验 7、实验 8 第 16 周: 实验 10 第 18 周: 实验 11 注: 实验 10、实验 12 是可选的	
项目	项目 1 安排在第 7 章之后讲解，项目 2 安排在第 14 章之后讲解，项目 3 安排在第 15 章之后讲解。如果为了完成项目 2，可将第 14 章移到第 7 章之后讲解	

本书由凤羽翬任主编，由吴韬、李成义编著。凤羽翬拟定了编写内容和大纲，编写了第 1~4 章、第 7~16 章和第 18 章第 18.8 节，并对本书进行统稿。吴韬编写了第 17~19 章。李成义修改、增补了第 5~6 章，修改增补了实验部分，录制了实验和环境配置录像。

云南大学和云南财经大学各年级的同学在我上课时给予了合作和提出了宝贵意见，不少读者通过 Internet 提出了修改建议，编者在此一并表示诚挚的感谢。限于时间与水平，书中难免有不妥之处，敬请批评指正。

作者邮箱：feng@ynufe.edu.cn 和 fengyu139@gmail.com。

编辑邮箱：lumai@phei.com.cn。

与本书配套的教学资源（包括课件、实验录屏、项目源代码等）可从华信教育资源网（www.huaxin.edu.cn）免费下载。

凤羽翬

目 录

第 1 章 操作系统的基本概念	1
1.1 定义	1
1.2 操作系统在计算机系统中的地位	1
1.3 操作系统的功能	2
1.3.1 用户接口	2
1.3.2 进程管理	2
1.3.3 存储器管理	3
1.3.4 设备管理	3
1.3.5 文件管理	3
1.3.6 网络功能	3
1.3.7 信息保护和安全功能	4
1.4 操作系统的主要性能指标	4
1.4.1 系统的可靠性、可维修性、可用性	4
1.4.2 系统吞吐量	4
1.4.3 系统响应时间	4
1.4.4 系统资源利用率	4
1.4.5 可维护性	4
1.4.6 可移植性	4
1.5 操作系统的特性	5
1.5.1 并发	5
1.5.2 共享	5
1.5.3 虚拟	5
习题	5
第 2 章 操作系统的形成与发展	6
2.1 手工操作时期	6
2.2 监控程序	7
2.3 多道批处理操作系统	8
2.4 分时操作系统	9
2.5 实时操作系统	9
2.6 个人操作系统	10
2.7 网络操作系统	11
2.8 分布式操作系统	12
2.9 嵌入式操作系统	13
2.9.1 概述	13
2.9.2 手机操作系统	13

2.9.3 其他嵌入式操作系统	15
2.10 现代操作系统的发展	16
2.10.1 微内核结构	16
2.10.2 多线程	16
2.10.3 对称多处理	16
2.10.4 面向对象	17
习题	17
第 3 章 几种流行的操作系统	18
3.1 UNIX	18
3.1.1 概述	18
3.1.2 历史	18
3.1.3 UNIX 的结构	21
3.1.4 UNIX 的主要应用版本	22
3.2 Linux	26
3.2.1 Linux 的诞生	26
3.2.2 Linux 特性综述	28
3.2.3 Linux 的发行版本	29
3.2.4 Linux 操作系统的结构	30
3.3 DOS、Windows	32
3.3.1 MS-DOS	32
3.3.2 Microsoft Windows	32
3.4 Mac OS	33
习题	34
第 4 章 网络环境中的操作系统	35
4.1 网络计算环境	35
4.2 服务器	36
4.3 服务器操作系统	39
习题	43
第 5 章 作业管理及批处理作业	44
5.1 操作系统接口概述	44
5.2 作业、作业步和作业流	45
5.3 作业管理的功能	46
5.4 作业的状态及其转换	46
5.5 批处理作业	47
5.5.1 程序接口	47
5.5.2 批量型作业的组织结构	49
5.5.3 作业控制	50
5.5.4 作业的输入与输出	50
5.5.5 作业调度	51
习题	53

第 6 章 交互型作业	55
6.1 交互型作业的特点	55
6.2 联机命令接口	56
6.3 Linux 系统中的联机命令	56
6.4 X Window	56
6.4.1 X Window 系统的安装与配置	56
6.4.2 桌面环境	57
6.4.3 X Window 编程	60
习题	60
第 7 章 程序和进程	61
7.1 并发进程	61
7.1.1 程序顺序执行及其特点	61
7.1.2 程序并发执行及其特点	62
7.2 进程的描述	65
7.2.1 进程的引入和定义	65
7.2.2 进程控制块 (PCB)	66
7.2.3 Linux 的进程控制块	68
7.3 进程的状态及其转换	74
7.3.1 进程的不同状态	74
7.3.2 状态转换模型	74
7.3.3 Linux 的进程状态	76
7.4 进程的控制	76
7.4.1 原语操作	77
7.4.2 Linux 中的进程控制 (编程实现)	81
7.5 线程	86
7.5.1 线程的引入	86
7.5.2 线程的概念	87
7.5.3 引入线程的优点	87
7.5.4 线程和进程的关系	88
7.5.5 线程的状态及其转换	88
7.5.6 Java 中线程的状态及其转换	89
7.5.7 用户级线程和内核级线程	90
习题	91
第 8 章 互斥和同步	93
8.1 进程间的相互作用	93
8.1.1 互斥	94
8.1.2 临界资源和临界区	94
8.1.3 互斥的解决方案	95
8.1.4 信号量和 P、V 操作	95
8.1.5 用 P、V 操作实现互斥	96

8.1.6	同步	97
8.1.7	用信号量实现进程同步	98
8.1.8	经典的进程同步和互斥问题	98
8.2	管程	102
8.2.1	管程的引出	102
8.2.2	管程的概念	102
8.2.3	用管程实现同步	103
	习题	105
第 9 章	死锁及饿死	111
9.1	死锁的形成	111
9.2	死锁的必要条件	112
9.3	死锁的预防	112
9.4	死锁的避免	113
9.5	死锁的检测	117
9.6	饿死的问题	118
	习题	118
第 10 章	处理机调度	121
10.1	概念	121
10.1.1	进程调度的概念	121
10.1.2	进程调度的功能	121
10.1.3	引起进程调度的原因	122
10.1.4	选择进程调度算法的因素	122
10.1.5	进程调度的性能评价	123
10.2	处理机调度的类型	124
10.2.1	长程调度	124
10.2.2	中程调度	124
10.2.3	短程调度	124
10.3	进程调度算法	125
10.3.1	先来先服务调度算法	125
10.3.2	优先级调度算法	125
10.3.3	时间片轮转调度算法	127
10.3.4	最短进程优先调度算法	127
10.3.5	多级反馈队列调度算法	127
10.4	多处理机调度	129
10.4.1	多处理机系统简介	129
10.4.2	多处理机操作系统	132
10.4.3	多处理机调度	134
10.5	Linux 的进程调度	136
10.5.1	Linux 进程调度的时机	137
10.5.2	进程的权值	137

10.5.3	进程调度的实现	138
10.5.4	进程调度的策略	138
	习题	139
第 11 章	内存管理	141
11.1	主存储器在计算机系统中的地位	141
11.2	存储器的物理组织	141
11.3	存储管理的研究内容	143
11.4	存储组织、管理及策略	144
11.5	地址重定位	145
11.5.1	用户程序的主要处理阶段	145
11.5.2	地址重定位	145
11.6	分区存储管理	146
11.6.1	单一分区	146
11.6.2	固定分区	146
11.6.3	可变分区 (Variable Partition)	148
11.6.4	空闲区的分配和回收	150
11.6.5	分区的保护	150
11.7	简单页式存储管理	151
11.7.1	分区存储组织存在的问题及解决思路	151
11.7.2	分页的方法	151
11.7.3	页式存储组织的实现	152
11.8	简单分段式存储管理	154
11.8.1	实现原理	154
11.8.2	逻辑地址的表示	155
11.8.3	段表	155
11.8.4	控制寄存器	155
11.8.5	管理过程	156
11.8.6	段式管理的特点	156
11.9	覆盖技术	156
11.10	交换 (Swapping) 技术	157
11.11	虚拟存储管理技术和局部性原理	157
11.12	虚拟页式存储管理技术	158
11.12.1	思路	158
11.12.2	扩充页表	158
11.12.3	缺页中断	158
11.12.4	置换算法	159
11.12.5	性能问题	160
11.12.6	页式管理的优缺点	161
11.13	虚拟分段式存储管理技术	161
11.14	段页式存储管理技术	161

11.15	伙伴系统	162
11.16	Linux 的内存管理实现机构	163
11.17	Linux 的分页	163
11.18	Linux 的地址映射机制	165
11.19	Linux 的存储管理	165
11.20	交换机制	166
	习题	167
第 12 章	文件系统	169
12.1	概述	169
12.2	文件系统的引入	169
12.3	文件系统的有关概念	170
12.4	文件的逻辑结构与存取方法	171
12.4.1	流式文件	171
12.4.2	记录式文件	171
12.5	文件的物理结构与存储设备的特点	172
12.5.1	文件存储设备	172
12.5.2	文件的物理结构	173
12.6	文件存储空间管理	175
12.6.1	位示图法	175
12.6.2	空闲区表	175
12.6.3	空闲块链	176
12.7	目录管理	176
12.7.1	文件目录的概念	177
12.7.2	文件目录结构	177
12.7.3	文件访问的实现	178
12.7.4	文件的连接	180
12.8	文件的保护和保密	180
12.9	文件的使用	181
12.10	Linux 文件系统概述	181
12.10.1	Linux 文件系统的特点	181
12.10.2	Linux 文件系统的结构	182
12.10.3	文件系统的注册	182
12.10.4	树型目录结构	183
12.10.5	文件系统的安装、卸载	184
12.11	Ext2 文件系统	186
12.11.1	Ext2 文件系统的磁盘布局	186
12.11.2	Ext2 文件系统的索引节点	188
12.11.3	Ext2 目录	190
12.11.4	文件查找	191
12.12	虚拟文件系统	192

12.12.1	VFS 的超级块	192
12.12.2	VFS 的索引节点	194
习题		196
第 13 章	设备管理	200
13.1	概述	200
13.1.1	外设的分类	200
13.1.2	设备管理的目标 and 功能	201
13.2	Linux 的设备管理结构	201
13.3	I/O 控制方式	202
13.3.1	设备控制器	202
13.3.2	循环测试 I/O 方式 (程序直接控制方式)	203
13.3.3	中断技术及 Linux 的中断管理	203
13.3.4	直接存储器访问 DMA	205
13.3.5	通道方式	206
13.4	缓冲技术	207
13.5	设备分配	207
13.5.1	设备分配用数据结构	207
13.5.2	设备分配策略	208
13.6	Linux 的设备管理	209
13.7	Linux 的设备驱动程序的框架	212
13.8	Linux 的块设备驱动程序	214
13.9	Linux 的字符设备驱动程序	215
习题		216
第 14 章	进程通信	217
14.1	进程通信的概念	217
14.2	最早的 IPC 方法: 信号与管道	218
14.2.1	信号	218
14.2.2	管道	220
14.3	System V 通信机制	225
14.3.1	消息队列	225
14.3.2	信号量	231
14.3.3	共享内存	236
习题		241
第 15 章	网络	243
15.1	概述	243
15.2	网络协议简介	243
15.3	Linux 网络的分层结构	244
15.4	Linux 的套接字及其缓冲区	245
15.4.1	套接字在网络中的地位	245
15.4.2	套接字的作用	246

15.4.3	Linux 套接字的层次	246
15.4.4	套接字通信数据结构	246
15.5	Linux 网络协议的实现	247
15.5.1	建立连接	247
15.5.2	撤销连接	247
15.5.3	数据发送	247
15.6	Linux 的网络设备接口	248
15.6.1	结构	248
15.6.2	设备注册	249
	习题	250
第 16 章	分布式处理	251
16.1	分布式操作系统	251
16.2	客户机/服务器计算	251
16.2.1	分布式环境的客户机/服务器模式	252
16.2.2	三(多)层浏览器/服务器结构	254
16.2.3	中间件	254
16.3	分布式进程通信	255
16.3.1	分布式消息传递	255
16.3.2	远过程调用	256
16.4	进程迁移	257
16.4.1	概念	257
16.4.2	进程迁移机制	257
16.5	分布式环境下的互斥及死锁	258
16.5.1	概念	258
16.5.2	逻辑钟	259
16.5.3	互斥算法	259
16.5.4	死锁	260
16.6	集群	260
16.6.1	概念	260
16.6.2	集群技术的分类	261
16.6.3	Beowulf 和 Linux 集群	262
	习题	262
第 17 章	权限	263
17.1	概述	263
17.2	权限的含义	263
17.3	授权	264
17.4	文件权限	264
17.5	文件权限的表示	265
17.6	文件权限的设置	267
	习题	269

第 18 章 安全	270
18.1 安全问题	270
18.2 安全评估	272
18.3 安全风险	275
18.4 身份验证	277
18.5 密码系统	278
18.6 入侵检测	280
18.6.1 入侵检测系统的分类	280
18.6.2 入侵检测系统的分析技术	281
18.6.3 入侵检测系统的设置	283
18.6.4 入侵检测系统的部署	283
18.7 安全策略	284
18.7.1 安全策略的内容	284
18.7.2 安全策略的类型	284
18.7.3 安全策略的制定	286
18.8 SELinux	287
18.8.1 传统 Linux 的缺点	287
18.8.2 SELinux 的主要改进	287
18.8.3 SELinux 的优点	288
18.8.4 SELinux 的主要结构	289
18.8.5 SELinux 的应用	289
习题	289
第 19 章 备份与恢复	290
19.1 备份策略	290
19.2 备份和恢复数据	291
19.3 备份系统的结构	292
19.4 磁带备份与恢复	293
19.4.1 磁带备份介质	293
19.4.2 备份内容	294
19.4.3 备份工具	294
19.5 磁盘备份与恢复	295
19.5.1 磁盘容错技术	295
19.5.2 第一级容错技术 (SFT-I)	296
19.5.3 第二级容错技术 (SFT-II)	296
19.5.4 廉价磁盘冗余阵列	297
19.5.5 备份与恢复	299
习题	300
第 20 章 操作系统实验指导	301
实验 1 Linux 操作入门	302
E1.1 Linux 的启动	302

E1.2	Linux 的登录	303
E1.3	退出	303
E1.4	关机	303
E1.5	虚拟终端	304
E1.6	超级用户与普通用户	304
E1.7	上机指导	305
E1.8	练习与思考	305
实验 2	Linux 的文件与目录管理	306
E2.1	Linux 目录结构	306
E2.2	文件和文件名	308
E2.3	目录和目录名	308
E2.4	文件和目录管理常用命令	308
E2.5	上机操作	310
实验 3	几个常用命令、重定向和管道	313
E3.1	几个常用命令	313
E3.2	重定向和管道	315
E3.3	上机指导	319
实验 4	vi 编辑器的使用和 Linux 环境下的编程	322
E4.1	vi 编辑器	322
E4.2	Linux 环境下的编程	325
E4.3	GCC 编译器的使用	325
E4.4	调试源程序	326
E4.5	运行自己开发的程序	327
E4.6	上机指导	327
实验 5	Linux 的进程管理	330
E5.1	几个进程相关主要命令	330
E5.2	作业控制	332
E5.3	观察系统动态的进程控制和进程调度的工具	333
E5.4	上机指导	334
实验 6	shell 脚本的编制	338
E6.1	shell 脚本的建立和执行	339
E6.2	上机指导	340
实验 7	Linux 文件系统	349
E7.1	Linux 树型目录结构	349
E7.2	Linux 的设备文件	350
E7.3	文件系统的挂装及卸载	350
E7.4	磁盘准备	351
E7.5	上机指导	352
实验 8	Ext2 文件系统的结构	355
E8.1	观察 Ext2 文件系统的主要数据结构源程序	355

E8.2 观察磁盘上的 Ext2 系统结构	355
E8.3 观察文件的 Ext2 结构	360
E8.4 观察目录的 Ext2 结构	361
E8.5 观察目录下的 Ext2 文件结构	363
E8.6 观察大文件的 Ext2 结构	364
E8.7 删除文件后的 Ext2 结构的变化	366
实验 9 用户与用户管理	367
E9.1 用户	367
E9.2 用户组	369
E9.3 上机指导	371
实验 10 配置和管理 Internet 服务	373
E10.1 Web 服务器的建立	373
E10.2 MySQL 数据库服务器安装和管理	378
实验 11 安全性设置	381
E11.1 引导安全	381
E11.2 文件安全	382
E11.3 修改权限	382
E11.4 网络安全	383
E11.5 用户口令安全	386
E11.6 内核安全	388
实验 12 Linux 安装和删除	389
E12.1 Red Hat Linux 的安装	389
E12.2 Linux 的删除	400
项目 1 进程创建	402
项目 2 进程间通信	403
项目 3 Socket 通信	404
附录 A 参考文献及参考网站	405