

///

高等学校教材·计算机科学与技术

可赠送课件

jsjc@tup.tsinghua.edu.cn

# 操作系统实验指导

## —— 基于Linux内核

徐虹 何嘉 张钟澍 编著



清华大学出版社

高等学校教材·计算机科学与技术

# 操作系统实验指导 ——基于Linux内核

徐 虹 何 嘉 张钟澍 编著

清华大学出版社  
北 京

## 内 容 简 介

“操作系统”是计算机及相关专业的必修课程,本教材所介绍的“基于 Linux 内核的操作系统实验体系”可引导学生与操作系统内核交互以理解其原理。整个实验体系构架在 Linux 内核的基础上,按系统基本构架、系统五大功能和系统与用户的接口三方面分为 7 个实验。

本书共有 9 章,从内容上分为两大部分。第一部分包括两章,介绍了 Linux 的基本机制和使用方法。第二部分是对 7 项实验的指导:进程管理实验、存储器管理实验、用户接口实验、模块编程实验、设备管理实验、文件系统实验和操作系统构成实验。这些实验很好地解决了配合操作系统课程教学来指导学生进行实践的问题。

本书所介绍的实验涵盖了操作系统所有重要的原理和机制,既可作为大专院校计算机及电子类各专业“操作系统”的实验教学课程教材,也可供相关专业的技术人员使用。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

### 图书在版编目(CIP)数据

操作系统实验指导:基于 Linux 内核/徐虹,何嘉,张钟澍编著. —北京:清华大学出版社,2004.11

(高等学校教材·计算机科学与技术)

ISBN 7-302-09840-9

I. 操… II. ①徐… ②何… ③张… III. Linux 操作系统—高等学校—教材 IV. TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 111912 号

出 版 者:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:闫红梅

文稿编辑:陶萃渊

封面设计:王 永

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:14 字数:337 千字

版 次:2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-09840-9/TP·6785

印 数:1~3000

定 价:19.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

# 清华大学出版社计算机教材

## 编审委员会成员

(按地区排序)

|          |         |          |         |
|----------|---------|----------|---------|
| 清华大学     | 周立柱 教授  | 北京大学     | 杨冬青 教授  |
|          | 覃 征 教授  |          | 陈 钟 教授  |
|          | 王建民 教授  |          | 陈立军 副教授 |
|          | 刘 强 副教授 | 中国人民大学   | 王 珊 教授  |
|          | 冯建华 副教授 |          | 孟小峰 教授  |
| 北京航空航天大学 | 马殿富 教授  |          | 陈 红 教授  |
|          | 吴超英 副教授 | 北京信息工程学院 | 孟庆昌 教授  |
|          | 姚淑珍 教授  | 石油大学(北京) | 陈 明 教授  |
| 北京交通大学   | 阮秋琦 教授  | 天津大学     | 艾德才 教授  |
| 北京科技大学   | 杨炳儒 教授  |          |         |
| 南开大学     | 吴功宜 教授  |          |         |
| 复旦大学     | 吴立德 教授  | 上海交通大学   | 傅育熙 教授  |
|          | 吴百锋 教授  |          | 蒋建伟 副教授 |
|          | 杨卫东 副教授 | 华东师范大学   | 杨宗源 教授  |
| 华东理工大学   | 邵志清 教授  |          | 应吉康 教授  |
| 东华大学     | 乐嘉锦 教授  | 上海第二工业大学 | 蒋川群 教授  |
| 浙江大学     | 吴朝晖 教授  | 南京大学     | 骆 斌 教授  |
|          | 李善平 教授  | 南京理工大学   | 张功萱 教授  |
| 南京航空航天大学 | 秦小麟 教授  | 苏州大学     | 龚声蓉 教授  |
| 南京邮电学院   | 朱秀昌 教授  |          |         |
| 江苏大学     | 宋余庆 教授  |          |         |
| 武汉大学     | 何炎祥 教授  | 华中科技大学   | 刘乐善 教授  |
| 中南财经政法大学 | 刘腾红 教授  |          | 朱定华 教授  |
| 武汉理工大学   | 李中年 教授  | 华中师范大学   | 魏开平 教授  |
|          |         |          | 王林平 副教授 |

国防科技大学

赵克佳 教授  
肖 侬 副教授

湖南大学

林亚平 教授  
邹北骥 教授

西安交通大学

沈钧毅 教授  
齐 勇 教授

长安大学

巨永峰 教授

西安邮电学院

陈莉君 副教授

哈尔滨工业大学

郭茂祖 教授

长春工程学院

沙胜贤 教授

山东大学

孟祥旭 教授  
郝兴伟 教授

中山大学

潘小轰 教授

福州大学

林世平 副教授

云南大学

刘惟一 教授

西南交通大学

杨 燕 副教授

中南大学

陈松乔 教授

西北大学

周明全 教授

西安石油学院

方 明 教授

吉林大学

何 桥 教授

徐一平 教授

毕 强 教授

山东科技大学

郑永果 教授

厦门大学

冯少荣 副教授

重庆邮电学院

王国胤 教授

# 出版说明

改革开放以来,特别是党的十五大以来,我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就,高等教育实现了历史性的跨越,已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上,高等教育规模取得如此快速的发展,创造了世界教育发展史上的奇迹。当前,教育工作既面临着千载难逢的良好机遇,同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾,是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月,教育部下发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》,提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月,教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件,指出“高等学校教学质量和教学改革工程”,是教育部正在制订的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分,精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一,教育部计划用五年时间(2003—2007年)建设1500门国家级精品课程,利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放,以实现优质教学资源共享,提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合新世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括以下三个系列:

(1) 高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算

机应用类教材。

(2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

清华大学出版社经过近二十年的努力，在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌，为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材经过二十多年的精雕细刻，形成了技术准确、内容严谨的独特风格，这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

**总策划 李家强**

**策 划 卢先和 丁 岭**

**清华大学出版社教材编审委员会**

E-mail: dingl@tup.tsinghua.edu.cn

luxh@tup.tsinghua.edu.cn

# 前 言

“操作系统”是计算机及相关专业的一门重要的专业课，是一门实践性很强的技术课程。掌握操作系统原理、熟悉操作系统的使用是各层次计算机软硬件开发人员必不可少的基本技能。然而，困扰“操作系统”教学的问题是讲授理论原理比较容易，而如何指导学生进行实践则相对较难。其结果导致学生不能深刻地理解操作系统的本质，因而也不能在实际中应用所学的“操作系统”理论知识及操作系统所提供的功能来解决实际问题。

目前，国内大专院校讲授“操作系统”课程时，实习环境大多在 DOS 或 UNIX 下练习一些操作系统的使用技巧（若是在 DOS 环境下，多是让学生练习 TSR 多任务程序的编写；若是在 UNIX 环境下，也仅是让学生实习 UNIX 的使用及 shell 命令）。这样的实习环境和效果，使学生既不能深刻理解操作系统的内部机制和体系结构，也不能利用现有的内核生成一个令自己满意的操作系统，更不清楚操作系统的资源管理的主要过程，也就不必说试图自己改变系统中的部分算法及资源分配方式了。

在如何解决这个问题上，美国人 A.S.Tanenbaum 是位先驱，由他编写的教学“操作系统”Minix 在很长一段时间里较好地解决了这一问题。然而，随着计算机系统的体系结构的变化，元器件以及相应软件的飞速发展，早年开发出的 Minix 在很多方面已经不能适应今天的“操作系统”教学的需要了。

在当今计算机科学相对发达的国度，人们也已认识到这方面的问题，他们开发出适合他们自己教学用的操作系统——OSP、BACI、NACHOS、TOYOS 等，其中 OSP、BACI 是基于裸机的操作实验系统，而 NACHOS、TOYOS 是基于模拟器的操作实验系统。但是，一个全新的、支持基于 Intel x86 计算机的操作系统教学实验系统至今仍很少。国内这方面的研究相对滞后，就已有的几本关于操作系统实验的书籍来看，一个突出的问题便是教学专用实验系统比较少。

本实验教材提出的教学实验体系的研制是“操作系统”课程教学的一场变革，它能够改变“操作系统”课堂教学因为没有实验环境只向学生讲解基本理论，从而造成理论与实践严重脱离的局面。该实验体系构架在 Linux 内核的基础上，按系统基本构架、系统五大功能和系统与用户的接口三方面分为 7 项实验：进程管理、存储器管理、用户接口、模块编程、设备管理、文件系统和操作系统构成实验。让学生通过该实验体系来学习理解操作系统的基本原理、内部机制和体系结构，亲自动手生成一个自己满意的操作系统，这对掌握操作系统的设计思想与实现方法是大有裨益的。

本书的第 1 章、第 2 章、第 5 章、第 6 章和第 7 章由徐虹编写，第 4 章和第 8 章由何嘉编写，第 3 章和第 9 章由张钟澍编写。全书由徐虹统稿。同时感谢薛筱宇和李代伟为实验系统所做的贡献。

本书及其实验系统可作为大专院校计算机及电子类各专业“操作系统”的实验教学课程的教材。作为操作系统实验课程的一个尝试，本教学实验系统难免有不够成熟之处，希望得到兄弟院校及同行的指正帮助，以便改进并对教材进行修订。

编 者

2004 年 8 月

# 目 录

## 第一部分 Linux 的基本机制和使用方法

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 第 1 章 Linux 概述 .....             | 1  |
| 1.1 Linux 操作系统简介 .....           | 1  |
| 1.1.1 Linux 操作系统的发展 .....        | 1  |
| 1.1.2 Linux 操作系统的特点 .....        | 2  |
| 1.1.3 目前流行的 Linux 版本 .....       | 3  |
| 1.1.4 基于 Linux 内核的操作系统实验体系 ..... | 4  |
| 1.2 Linux 进程管理 .....             | 8  |
| 1.2.1 描述进程的数据结构 .....            | 8  |
| 1.2.2 进程调度 .....                 | 10 |
| 1.2.3 创建进程 .....                 | 13 |
| 1.2.4 进程通信机制 .....               | 13 |
| 1.3 Linux 存储管理 .....             | 17 |
| 1.3.1 地址映射 .....                 | 17 |
| 1.3.2 内存空间的分配与回收 .....           | 19 |
| 1.3.3 Linux 的页面交换机制 .....        | 20 |
| 1.3.4 Linux 的高速缓冲机制 .....        | 25 |
| 1.4 Linux 设备管理 .....             | 26 |
| 1.4.1 Linux 设备管理结构 .....         | 26 |
| 1.4.2 I/O 控制方式 .....             | 27 |
| 1.4.3 Linux 设备驱动程序 .....         | 28 |
| 1.4.4 字符设备驱动程序 .....             | 30 |
| 1.4.5 块设备驱动程序 .....              | 33 |
| 1.5 Linux 文件系统 .....             | 37 |
| 1.5.1 Linux 文件系统概述 .....         | 37 |
| 1.5.2 虚拟文件系统 VFS .....           | 38 |
| 1.5.3 EXT2 文件系统 .....            | 40 |
| 1.5.4 Linux 的几个重要文件系统 .....      | 44 |
| 第 2 章 Linux 的使用 .....            | 45 |
| 2.1 安装 Red Hat Linux .....       | 45 |
| 2.2 Linux 文件系统结构 .....           | 46 |

|       |                           |     |
|-------|---------------------------|-----|
| 2.2.1 | Linux 目录结构 .....          | 46  |
| 2.2.2 | 目录功能简介 .....              | 47  |
| 2.2.3 | Linux 文件系统的装载和卸载 .....    | 48  |
| 2.3   | Linux 系统的基本操作 .....       | 50  |
| 2.3.1 | Linux 系统的启动与退出 .....      | 50  |
| 2.3.2 | Linux 系统对文件和目录的操作命令 ..... | 52  |
| 2.3.3 | 文档备份与压缩命令 .....           | 58  |
| 2.3.4 | 权限改变命令 .....              | 61  |
| 2.3.5 | Linux 与用户有关的命令 .....      | 63  |
| 2.3.6 | Linux 系统管理命令 .....        | 64  |
| 2.3.7 | Linux 磁盘管理命令 .....        | 65  |
| 2.3.8 | 进程管理命令 .....              | 68  |
| 2.3.9 | Linux 其他命令 .....          | 71  |
| 2.4   | vi 的使用 .....              | 73  |
| 2.4.1 | vi 的操作模式 .....            | 73  |
| 2.4.2 | vi 的进入与退出 .....           | 74  |
| 2.4.3 | vi 的常用命令 .....            | 74  |
| 2.5   | Linux 的编译器 gcc .....      | 78  |
| 2.6   | shell 程序设计 .....          | 79  |
| 2.6.1 | shell 程序的编写和执行 .....      | 79  |
| 2.6.2 | shell 基础 .....            | 80  |
| 2.6.3 | 程序设计 .....                | 84  |
| 2.6.4 | shell 程序的调试 .....         | 89  |
| 第 3 章 | 进程管理实验 .....              | 95  |
| 3.1   | 实验目的 .....                | 95  |
| 3.2   | 准备知识 .....                | 95  |
| 3.2.1 | 基本概念 .....                | 95  |
| 3.2.2 | 系统调用 .....                | 95  |
| 3.2.3 | 相关函数 .....                | 97  |
| 3.3   | 实验内容 .....                | 101 |
| 3.3.1 | 编制实现软中断通信的程序 .....        | 101 |
| 3.3.2 | 编制实现进程的管道通信的程序 .....      | 101 |
| 3.4   | 实验指导 .....                | 101 |
| 3.4.1 | 进程的软中断通信 .....            | 101 |
| 3.4.2 | 进程的管道通信 .....             | 104 |
| 第 4 章 | 存储器管理实验 .....             | 107 |
| 4.1   | 实验目的 .....                | 107 |

|              |                        |            |
|--------------|------------------------|------------|
| 4.2          | 准备知识 .....             | 107        |
| 4.3          | 实验内容 .....             | 107        |
| 4.4          | 实验指导 .....             | 108        |
| 4.4.1        | FIFO 页面置换算法 .....      | 108        |
| 4.4.2        | LRU 页面置换算法 .....       | 109        |
| 4.4.3        | NUR 页面置换算法 .....       | 110        |
| 4.4.4        | OPT 页面置换算法 .....       | 112        |
| 4.5          | 参考源程序代码 .....          | 113        |
| 4.6          | 程序运行 .....             | 118        |
| <b>第 5 章</b> | <b>用户接口实验 .....</b>    | <b>119</b> |
| 5.1          | 实验目的 .....             | 119        |
| 5.2          | 准备知识 .....             | 119        |
| 5.2.1        | 控制台命令接口 .....          | 119        |
| 5.2.2        | 添加系统调用 .....           | 120        |
| 5.3          | 实验内容 .....             | 122        |
| 5.3.1        | 控制台命令接口实验 .....        | 122        |
| 5.3.2        | 系统调用实验 .....           | 123        |
| 5.4          | 实验指导 .....             | 123        |
| 5.4.1        | 控制台命令接口实验指导 .....      | 123        |
| 5.4.2        | 系统调用实验指导 .....         | 124        |
| <b>第 6 章</b> | <b>模块编程实验 .....</b>    | <b>127</b> |
| 6.1          | 实验目的 .....             | 127        |
| 6.2          | 准备知识 .....             | 127        |
| 6.2.1        | 模块的组织结构 .....          | 128        |
| 6.2.2        | 模块的编译 .....            | 129        |
| 6.2.3        | 模块的加载 .....            | 129        |
| 6.2.4        | 模块的卸载 .....            | 130        |
| 6.2.5        | 模块链接到内核的示意图 .....      | 130        |
| 6.2.6        | 模块程序中管理模块的几个文件操作 ..... | 130        |
| 6.3          | 实验内容 .....             | 132        |
| 6.3.1        | 编写一个简单的内核模块 .....      | 132        |
| 6.3.2        | 模块加载前后的比较 .....        | 132        |
| 6.3.3        | 向模块中再添加一些新函数 .....     | 132        |
| 6.4          | 实验指导 .....             | 133        |
| 6.4.1        | 一个简单的内核模块 .....        | 133        |
| 6.4.2        | 模块加载前后的比较 .....        | 134        |
| 6.4.3        | 向模块中添加新函数 .....        | 135        |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 6.4.4 模块的测试 ..... | 136 |
|-------------------|-----|

## 第二部分 实验指导

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 第7章 设备管理实验 .....              | 138 |
| 7.1 实验目的 .....                | 138 |
| 7.2 准备知识 .....                | 138 |
| 7.2.1 设备驱动程序简介 .....          | 138 |
| 7.2.2 设备驱动程序与外界的接口 .....      | 140 |
| 7.2.3 设备驱动程序的组织结构 .....       | 140 |
| 7.2.4 设备驱动程序的代码 .....         | 141 |
| 7.3 实验内容 .....                | 144 |
| 7.3.1 字符类型设备的驱动程序 .....       | 144 |
| 7.3.2 块类型设备的驱动程序 .....        | 144 |
| 7.4 实验指导 .....                | 145 |
| 7.4.1 字符类型设备驱动程序 .....        | 145 |
| 7.4.2 块类型设备驱动程序 .....         | 151 |
| 7.5 参考源程序代码 .....             | 157 |
| 7.5.1 字符设备驱动程序 .....          | 157 |
| 7.5.2 块设备驱动程序 .....           | 162 |
| 第8章 文件系统实验 .....              | 165 |
| 8.1 实验目的 .....                | 165 |
| 8.2 准备知识 .....                | 165 |
| 8.2.1 外存管理 .....              | 165 |
| 8.2.2 目录管理 .....              | 166 |
| 8.2.3 文件系统的接口 .....           | 167 |
| 8.2.4 Linux 的 EXT2 文件系统 ..... | 167 |
| 8.2.5 可能用到的编程技术 .....         | 169 |
| 8.2.6 用内存模拟外存 .....           | 170 |
| 8.3 实验内容 .....                | 170 |
| 8.4 实验指导 .....                | 170 |
| 8.4.1 文件系统的数据结构 .....         | 170 |
| 8.4.2 程序设计思想 .....            | 172 |
| 8.4.3 几个重要的算法处理 .....         | 175 |
| 8.4.4 程序说明 .....              | 189 |
| 第9章 操作系统构成实验 .....            | 191 |
| 9.1 实验目的 .....                | 191 |

---

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 9.2 准备知识 .....                | 191 |
| 9.2.1 Linux 操作系统的启动流程 .....   | 191 |
| 9.2.2 开机载入程序——引导软件 LILO ..... | 192 |
| 9.2.3 Linux 根文件系统简介 .....     | 192 |
| 9.3 实验内容 .....                | 193 |
| 9.4 实验指导 .....                | 194 |
| 9.4.1 实验设计思想 .....            | 194 |
| 9.4.2 配置新内核 bzImage .....     | 195 |
| 9.4.3 制作启动盘(Boot 盘) .....     | 196 |
| 9.4.4 制作根文件系统盘 .....          | 198 |
| 9.4.5 系统整合 .....              | 203 |
| 9.4.6 系统测试 .....              | 203 |
| 参考文献 .....                    | 207 |

# 第一部分 Linux 的基本机制和 使用方法

## 第 1 章 Linux 概述

### 1.1 Linux操作系统简介

#### 1.1.1 Linux 操作系统的发展

Linux 操作系统核心最早是由 25 岁的芬兰大学生 Linus Torvalds 于 1991 年 8 月在芬兰赫尔辛基大学发布的, Linux 是 Linus 和 Minix 的混合称呼, 意为 Linus 编写的类似 Minix 的系统。Linux 发布在 Internet 上, 得到了积极的回应, 很快就有数百名程序员和爱好者通过 Internet 加入 Linux 的行列, 他们不断地对程序进行修改和完善, 经过几年的努力, Linux 终于在全球普及, 成为当今最为流行的操作系统之一。

Linux 最初是针对 Intel 架构的个人计算机开发的, 但现在不仅个人桌面版的用户极多, 在服务器领域也得到越来越多的应用, 例如 Sun 公司的 Sparc 工作站和 DEC 公司的 Alpha 工作站等。此外, 在嵌入式开发方面 Linux 更是具有其他操作系统无可比拟的优势。

Linux 的源代码是自由分发的, 是完全公开的, 也是完全免费的, 你可以很方便地从网上下载。Linux 与 Internet 同步发展壮大。Linux 的目标是 POSIX 兼容性。Linux 不仅涵盖了 UNIX 的所有特征, 而且融合了许多其他操作系统的功能, 这些特征包括: 真正的多任务、虚拟存储、快速的 TCP/IP 实现、共享库和多用户。Linux 运行在保护模式并且完全支持 32 位和 64 位多任务。它能运行主要的 UNIX 工具软件、应用程序和网络协议。Linux 还拥有完全免费的、遵从 X/Open 标准的 X Window 的实现。Linux 内核的版权归 Linus Torvalds 所有。这个版权受 GNU (Gnu is Not UNIX) 通用公共许可证 (General Public License, GPL) 的保护。你可以根据自己的需要对它进行必要的修改, 无偿地使用, 无约束地继续传播。

可以说 Linux 是一个高效和灵活的通用操作系统。采用 Linux 模块化的设计结构, 既能充分发挥不断提高了的硬件性能, 又能跨不同平台使用, 使得在 Linux 上开发的应用软件可以用很低的代价在不同的硬件平台上使用。Linux 操作系统也是一个多用户和多任务操作系统, 它能保证 CPU 时刻处于使用状态, 从而保持 CPU 的最大利用率。

现在 Linux 已经成为一个完整的类 UNIX 操作系统，它的核心版本在不断地更新，它有一个可爱的吉祥物——一只小企鹅(企鹅取自 Linus 家乡芬兰的吉祥物)，现在几乎每种版本的 Linux 都带有这个标志。

事实上 Linux 的确稳定并富有竞争力。许多大学与研究机构都使用 Linux 来完成他们的日常计算任务，很多中小型网站也在其服务器上运行 Linux，家庭的应用就更多了。Linux 主要用来浏览 Web，管理 Web 站点，撰写与发送 E-mail，以及玩游戏，它是一个具有专业水平的操作系统。

### 1.1.2 Linux 操作系统的特点

在使用方法上，Linux 与 UNIX 系统很相像，但 Linux 系统无论从结构上还是应用上都有其自身的特点。Linux 的内核特点是短小精悍，具有更高的灵活性和适应性。Linux 最大的特色在于源代码完全公开。所有的原始程序源码都可得到，包括整个核心及所有的驱动程序、发展工具及所有应用程序。在符合 GNU GPL (General Public License) 的原则下，任何人皆可自由取得、散布，甚至修改源代码。除此之外，与其他操作系统相比，Linux 还具有下列特色。

#### 1. Linux 是一个多用户、多任务的操作系统

在 Linux 系统中，多个用户可同时在相同计算机上操作(通过终端或虚拟控制台)。Linux 在 386/486/Pentium/Pentium Pro 上以保护模式运行，是真正的多任务操作系统，可同时执行多个进程，具有进程间内存地址保护，因此当某个进程出错时，不会波及整个系统。同时也提供了进程间的通信方式，使各进程能协同工作以满足用户的要求。

#### 2. 支持多种文件系统

Linux 能支持多种文件系统，如 Ext2FS、ISOFS、Minix、Xenix、FAT16、FAT32、NTFS 等十多种文件系统。而且它自己还有一个先进的文件系统，提供最多达 4TB 的文件存储空间，文件名可以长达 255 个字符。

#### 3. 符合 POSIX 1003.1 标准

POSIX 1003.1 标准定义了一个最小的 UNIX 操作系统接口，任何操作系统只有符合这一标准，才有可能运行 UNIX 程序。Linux 完全支持 POSIX 1003.1 标准，能运行 UNIX 上的丰富的应用程序。另外，为了使 UNIX System V 和 BSD 上的程序能直接在 Linux 上运行，Linux 还增加了部分 System V 和 BSD 的系统接口，使 Linux 成为一个完善的 UNIX 程序开发系统。

#### 4. 具有较好的可移植性

Linux 系统核心只有小于 10% 的源代码采用汇编语言编写，其余均是采用 C 语言编写，因此具备高度的可移植性。

#### 5. 支持多平台和多处理器

Linux 虽然最初是在 Intel x86 系列 CPU 上开发的，由于它不断地发展，因而可在许多

不同的 CPU 上执行。同时还支持多处理器的体系结构, 如 SMP。

## 6. 全面支持 TCP/IP 网络协议

Linux 具有较强的网络功能, 包含 ftp、telnet、NFS 等。同时支持 Appletalk 服务器、Netware 客户机及服务器、Lan Manager(SMB)客户机及服务器。其他支持的网络协议有: TCP、IPv4、IPX、DDP 和 AX.25 等。

### 1.1.3 目前流行的 Linux 版本

“内核”是 Linux 的关键, Linux 内核主要包括: 进程管理、存储管理、设备管理、文件系统、网络通信, 以及系统初始化(引导)等功能。内核拥有自己的版本号, 以版本 2.4.2 为例, 2 代表主版本号, 4 代表次版本号, 2 代表改动较小的末版本号。在版本号中, 次版本号为偶数的版本表明这是一个稳定的版本, 若为奇数一般是指加入了一些新的东西, 该内核只是开发过程中的一个快照, 相当短暂, 是一个测试版本。本书的实验系统就是基于 Linux 的 2.4.2 版本的内核实现的。

由于 Linux 本身只提供了操作系统的核心, 并没有提供给用户各种应用程序, 如编译器、系统管理工具、网络工具、Office 套件、多媒体、绘图软件等, 普通用户就无法在此平台上展开工作, 因此以 Linux Kernel 为核心再集成搭配各式各样的应用程序或工具组成一套完整的操作系统, 即称为 Linux 发行版。目前最流行的正式版本有下列几种。

#### 1. Red Hat

这是目前世界上最流行的 Linux 发行套件。Red Hat Linux (红帽 Linux) 是 Red Hat 公司发行的, 它安装简易、使用方便、功能强大, 特别是图形用户界面特别适合于初学者。Red Hat Linux 7.2 基于 Linux 2.4 内核, 是本书实验系统选用的版本。目前最新的版本是 Red Hat Linux 9.0 版。

#### 2. Caldera OpenLinux

Caldera OpenLinux 是最早关注简易安装方法的 Linux 正式版本之一, 同时, 它还在正式版本中集成了办公软件。现有最新版本是 Caldera OpenLinux 2.2。

#### 3. TurboLinux

TurboLinux 公司是以推出高性能服务器而著称的 Linux 厂商, 在美国有很大的影响。它在亚洲是占市场最大的商业版本, 在中国、日本和韩国都取得了巨大的成功。现在较流行的版本是 TurboLinux 6.0, 它是基于 Linux 2.2 内核。

#### 4. 红旗 Linux

国内最出名的 Linux 发行版本要数红旗了, 红旗 Linux 采用图形用户界面, 简洁实用的菜单结构, 类似 Windows 的界面和操作方式。最新的红旗 Linux 桌面版 4.0 加快了系统开机和启动的速度, 为用户集成了包括上网、图形图像处理、多媒体应用, 以及娱乐游戏等

完整实用的应用软件及配置工具；结合 Office 办公软件，能够直接对微软 Office 格式文档进行操作（例如中文编辑和打印等）。

### 1.1.4 基于 Linux 内核的操作系统实验体系

#### 1. 操作系统实验的现状

操作系统是运行于计算机硬件之上的第一层软件，是控制和管理计算机硬件和软件资源、合理地组织计算机工作流程以及方便用户的程序集合。操作系统原理是计算机专业的核心必修课程。在教学过程中，一直存在这样的问题：学生感觉知识抽象而零散，不能理解操作系统的内部机制和体系结构，动手能力较差，不能在实际应用中熟练运用在操作系统课程中所学的知识，更无法使用操作系统本身所提供的功能来解决实际问题。造成上述缺陷的原因在于：缺少一个既能体现操作系统原理的理论知识，又与一个实际的操作系统紧密联系的教学实验系统。

A.S.Tanenbaum 开发的 Minix 系统是最早的教学实验操作系统，它结构清晰、简单，操作方便，在一定程度上解决了这个矛盾。然而，随着计算机系统体系结构的不断变化，元器件以及相应软件的飞速发展，早年开发出的 Minix 在很多方面已经不能适应当今操作系统教学的需要。目前，也有一些实验操作系统不断面世，如 OSP、BACI、NACHOS 等。其中 OSP、BACI 是基于裸机的操作实验系统，而 NACHOS、TOYOS 是基于模拟器的操作实验系统。国内这方面的研究相对滞后，教学专用的实验系统较少，更多的是以某一个通用操作系统（多是 UNIX）为基础，设计几个可以在一定程度上反映操作系统工作机制的程序。现阶段该领域内存在的问题大致有以下几方面：

(1) 大型系统容易使实验者歧路亡羊，分不清主次。普通的 Linux，小的有一百多兆，大的有好几千兆，不过应用程序占据了其中绝大多数空间，而这些内容与操作系统原理的演示几乎无关，它们的存在容易混淆实验者对操作系统各个基本模块作用的清晰理解。

(2) 大型系统不易维护。操作系统实验涉及很多基本的系统调用等内核操作，实验者的一个错误操作（这种错误操作屡见不鲜）完全有可能造成系统崩溃，给系统维护带来沉重的负担。

(3) 简单的几个程序调试容易使实验目的不明确。这样会使实验者把精力放在对计算机语言的使用上，而不是对操作系统内部机制的理解上。

在教学的同时，我们也感到如果有一套好的操作系统实验辅助课程的配合，会大大提高教学质量。针对目前国内大学的操作系统教学在理论上取得了很好的成果但实验教学却还不够完善的情况，我们设计开发了“基于 Linux 内核的操作系统实验指导”，编写了本书。我们相信，这套实验有助于越来越多的 Linux 爱好者和学习者更加深入地理解操作系统内部的工作机制；有助于他们更好地掌握和使用操作系统解决实际问题；有助于老师进行教学指导，对操作系统课程有一定的促进作用。

#### 2. 选择 Linux 的原因

最开始选择开发对象的时候，有三个可供选择的操作系统：Microsoft 的 Windows 系列、