

普通高等教育“十一五”国家级规划教材



(高职高专教育)



网络操作系统应用

(*Linux*) (第二版)

柳 青 主 编
成秋华 副主编



高等教育出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(高职高专教育)

网络操作系统应用 (Linux)

(第二版)

柳青 主编

成秋华 副主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材（高职高专教育）。

本书以 Linux 为典型案例介绍操作系统的基础知识与应用技能，主要内容包括：操作系统概论，Linux 操作系统概述，进程管理，操作系统用户接口，存储管理，设备管理，文件管理，Linux 的网络功能与设置，用 Linux 建立 Internet 站点。本书以 Red Hat Enterprise Linux AS 4 为平台进行讲解，给出大量案例和习题，便于初学者学习和掌握操作系统的原理和使用方法。

本书可作为应用性、技能型人才培养的各类教育“操作系统”相关课程的教学用书，也可供各类培训、计算机从业人员和爱好者参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

网络操作系统应用：Linux / 柳青主编. —2 版. —北京：高等教育出版社，2007.8
ISBN 978-7-04-022286-9

I. 网… II. 柳… 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（2007）第 115385 号

策划编辑 冯 英 责任编辑 萧 潇 封面设计 张 楠 责任绘图 尹 莉
版式设计 王艳红 责任校对 刘 莉 责任印制 朱学忠

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京京科印刷有限公司		http://www.landaco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2003 年 7 月第 1 版
印 张	20.75		2007 年 8 月第 2 版
字 数	490 000	印 次	2007 年 8 月第 1 次印刷
		定 价	26.00 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 22286-00

第二版前言

操作系统是现代计算机系统中不可缺少的基本系统软件。操作系统管理和控制计算机系统的所有软、硬件资源，是计算机系统的灵魂和核心。操作系统还为用户提供使用计算机提供一个方便、灵活、安全可靠的工作环境。因此，操作系统是计算机专业的必修课，也是所有从事计算机工作的技术人员和用户必须掌握的计算机基本知识。

Linux 与 UNIX 兼容，是符合 POSIX 标准的功能强大的操作系统。Linux 可运行于多种硬件平台，支持多种系统软件和应用软件，具有多用户、多任务、虚拟存储器、虚拟文件系统等先进技术。Linux 是一个自由软件，其源代码是公开的，可以免费获得，开发模式也是开放和协作的。在个人计算机和工作站上使用 Linux，能有效地发挥硬件的功能，使个人计算机可以作为工作站和服务器使用。由于 Linux 的开放性，十分适合教学科研领域，可帮助学生低成本、高效率地学习和研究操作系统。Linux 继承了 UNIX 的主要特性，在 Internet 的应用中占有明显的优势，在教学科研领域中具有广阔的应用前景。

由于现代操作系统的快速发展，操作系统的内容变化很快，多数操作系统教材的内容已经陈旧，不少教材或偏重于理论而变成本科教材的压缩版，或偏重于实际操作而变成操作系统的培训教材，无法达到高职高专计算机专业教学的需求。根据对 IT 企业的调研，总结专业教学改革的实践经验，本书尝试将操作系统的基本原理与应用技术结合起来。基本原理部分介绍必须掌握的操作系统原理，并通过典型实例帮助学生掌握学习内容；应用部分结合实例介绍系统的操作、管理和网络应用，使教材具有高等职业教育的特点。

操作系统课程是计算机类专业的主干基础课程。为了使本书能正确反映当前计算机技术与网络技术的最新发展，体现国内外先进水平，更好地为我国的高技能型人才培养服务。我们在编写过程中广泛听取了教师、学生、企业管理人员、企业技术人员、相关职业资格认证专家等方面的意见。总体来说，本书的体系结构和内容组织较好地体现了新的教学设计思想；注重理论联系实际，融知识学习和能力培养为一体，而且相关专业技术知识都比较新颖，能够反映本学科技术的前沿。因此，本课程的教学对教师也提出了更高的要求。

本书第一版《网络操作系统应用》（普通高等教育“十五”国家级规划教材）出版以来，对操作系统课程的教学改革起到了积极的推动作用，并得到一致的好评。作者在总结第一版使用情况的基础上，对全书重新进行了编写，更新了软件版本。本次编写注重职业技能的培养，贯彻“以就业为导向”、“案例教学”、“理论联系实际”的思想，将专业教学的要求与职业资格认证考试的要求结合起来，力求使本书获得更大的社会效益。

本书第 1 章、第 3~7 章介绍操作系统的基础知识，并以 Linux 操作系统为案例介绍相关的应用知识与技能；第 2 章介绍 Linux 的基本概念、图形用户环境与 Linux Shell；第 8 章介绍 Linux 的网络功能与设置；第 9 章介绍 Internet 网站的建立，以一个案例介绍 Linux 下 Web 站点建立与管理等。本书既介绍了操作系统的基础知识，又介绍了 Linux 的实现原

第二版前言

理和网络应用,便于初学者学习、掌握操作系统的原理和使用方法。

本书力求讲述清楚了、浅显易懂、深入浅出,注重实际能力的培养,适应高职高专的特点。每章后给出小结与习题,帮助读者熟练掌握操作系统的基本知识和 Linux 操作系统的应用。除此之外,还编写了配套的《网络操作系统应用实验与实训》,以帮助读者熟练掌握操作系统的基本知识和 Linux 系统的应用。课程建议安排 54 学时,具体分配如下表所示。

学时分配表

授 课 内 容		学 时 分 配	
		讲 课	实 践
第 1 章	操作系统概论	4	
第 2 章	Linux 操作系统概述	6	2
第 3 章	进程管理	10	2
第 4 章	操作系统用户接口	4	2
第 5 章	存储管理	8	2
第 6 章	设备管理	6	
第 7 章	文件管理	6	2
第 8 章	Linux 的网络功能与设置	4	
第 9 章	用 Linux 建立 Internet 站点	4	
机动		2	
合计		54	10

说明:本课程应安排一周实训,集中完成第 8、9 章的实验。

本书可作为高等专科学校和高等职业技术学院计算机及相关专业操作系统课程的教材、非计算机专业操作系统选修课或 Linux 操作系统选修课教材,也可以作为操作系统或 Linux 操作系统培训教材。

本书由柳青任主编,成秋华任副主编,其中第 1、2、4、5 章由柳青编写,第 3、6、7 章由成秋华编写,第 8、9 章由陈立德编写,秦宗蓉参加了第 1~7 章部分内容的编写,全书由柳青修改和统稿。本书的编写得到了高等教育出版社的支持。本书是广州航海高等专科学校教学改革研究课题的资助项目,张翠、胡静等老师在教学中对本书的编写提出了许多宝贵意见,广东女子职业技术学院、广东省 Linux 公共服务技术支持中心(GDLC)对本书的编写给予了大力的支持,在此表示衷心的感谢。

杭州电子科技大学胡维华教授、广东工贸职业技术学院王宇川教授在百忙中为本书拨冗审阅,并提出许多修改意见和建议,对此表示衷心的感谢。

由于计算机技术的发展十分迅速,限于编者的经验和学识,书中难免有错误和不妥之处,望同行和读者批评指正。

编 者

2007 年 5 月

第一版前言

操作系统是现代计算机系统中不可缺少的基本系统软件。操作系统管理和控制着计算机系统中的所有软、硬件资源，是计算机系统的灵魂和核心。操作系统还为用户使用计算机提供一个方便、灵活、安全可靠的工作环境。因此，操作系统是计算机专业必修的主干课程，也是所有从事计算机工作的技术人员和用户必须掌握的计算机基本知识。

Linux 是符合 POSIX 标准的功能强大的操作系统。Linux 可运行于多种硬件平台，支持多种系统软件和应用软件，具有多用户、多任务、虚拟存储器、虚拟文件系统等特点。Linux 是一个自由软件，其源代码是公开的，开发模式也是开放和协作的，可以免费获得。在个人计算机和工作站上使用 Linux，能有效地发挥硬件的功能，使个人计算机可以作为工作站和服务器使用。由于 Linux 的开放性，十分适合教学科研领域，可帮助学生低成本、高效率地学习和研究操作系统。Linux 借鉴了 UNIX 的主要特性，在 Internet 的应用中占有明显的优势，在教学科研领域中具有广阔的应用前景。

本书第一章至第六章介绍了操作系统的基础知识以及 Linux 的实现原理，第七章至第九章介绍了 Linux 系统的使用，包括安装和配置、网络管理和应用等。教材中既介绍了操作系统的基础知识，又介绍了 Linux 的实现原理和使用方法，便于初学者学习和掌握操作系统的原理和使用方法。

本书力求讲述清楚明了、浅显易懂、深入浅出，注重实际能力的培养，适应高职高专的特点。除了每章后给出习题供读者练习外，还组织编写了配套的《网络操作系统应用实验与实训》，以帮助读者熟练掌握操作系统的基本知识和 Linux 系统的应用。

本书可作为高等专科学校和高等职业技术学院计算机相关专业操作系统课程的教材、非计算机专业操作系统或 Linux 操作系统选修课教材，也可以作为操作系统或 Linux 操作系统培训教材。

本书由柳青主编，秦宗蓉参加了第二、三、四、五、六章的编写，马晓明参加了第七、八章的编写，陈立德参加了第九章的编写，全书由柳青统稿和审定。

由于水平有限，时间比较仓促，书中难免有错误和不妥之处，望同行和读者批评指正。

编者

2003年1月

开始之前

操作系统是计算机系统的重要组成部分。操作系统管理和控制计算机系统中的所有软、硬件资源，是计算机系统的灵魂和核心。操作系统还为用户使用计算机提供一个方便、灵活、安全可靠的工作环境。因此，操作系统课程是计算机及相关专业教学的重要组成部分，也是所有从事计算机工作的技术人员和用户必须掌握的计算机基本知识。近年来，我国加大了应用 Linux 的力度，如广东省已成立“Linux 公共服务技术支持中心”，加大在全省推进 Linux 应用的力度，并且与职业技能鉴定部门联合推出了“Linux 管理员”与“Linux 高级管理员”的职业资格认证。

根据“网络操作系统应用”课程的特点，在学习过程中不仅要重视操作系统基本理论的理解，也要重视用网络操作系统（以 Linux 为案例）构建网络服务和网络应用等方面的应用。考虑到 Linux 操作系统是一个自由软件，具有源代码公开、开发模式开放等特点，在本课程的学习过程中，应尽可能通过参考书和网络了解当前技术最新发展动态，注意跟踪操作系统发展中的热点问题。

学习本课程时，学生需要具备“计算机组成原理”（或“微机原理与应用”）、“计算机网络技术基础”、“程序设计语言”等课程的相关基础知识。操作系统的概念较多，既要强调基本概念的学习，掌握操作系统的基本概念、名词和术语，又要充分理解操作系统在计算机系统中完成的功能，掌握 Linux 操作系统的基本应用技能。本课程是一门理论与实践结合紧密的课程，在学习过程中应注重理论联系实际，加强实践动手能力的培养。通过实验教学，掌握 Linux 操作系统的基本操作与网络应用。目前，Linux 操作系统的发展非常迅速，新的技术和软件版本不断出现，教学过程中应当尽可能紧跟技术的发展，使所学知识不落后于当前社会的实际应用。

通过本课程的学习，要求达到以下目标：

1. 了解操作系统的功能、发展和主要类型，掌握操作系统的基本概念、基本原理，并对 Linux 操作系统有较深的理解。
2. 以 Linux 为案例，掌握操作系统中进程管理、存储管理、设备管理、文件管理和用户接口的基本工作原理。
3. 掌握 Linux 操作系统的基本命令与基本操作。
4. 掌握在 Linux 系统中配置 WWW、DNS、FTP、HDCP、电子邮件、代理服务器等常用服务的基本方法。
5. 掌握用 Linux 建立 Web 站点的基本方法。

目 录

开始之前	I	2.3 Linux Shell	35
第 1 章 操作系统概论	1	2.3.1 认识 Shell	35
1.1 操作系统的概念	1	2.3.2 登录、注销与关机	36
1.1.1 计算机系统的组成	1	2.3.3 Shell 的基本语法	39
1.1.2 操作系统和计算机系统的 关系	3	2.3.4 Shell 程序设计基础	41
1.2 操作系统的发展与分类	3	2.4 Linux 的体系结构	44
1.2.1 操作系统的形成	3	2.4.1 Linux 内核	44
1.2.2 操作系统的发展	10	2.4.2 Linux 的体系结构	46
1.2.3 推动操作系统发展的动力	14	2.4.3 Linux 内核源代码的结构	46
1.2.4 操作系统的分类	15	2.5 本章小结	47
1.3 操作系统的功能与服务	15	习题	47
1.3.1 操作系统的主要功能	15	第 3 章 进程管理	49
1.3.2 操作系统的服务	18	3.1 进程的引入	49
1.4 操作系统的特征与性能指标	20	3.2 进程的基本概念	50
1.4.1 操作系统的特征	20	3.2.1 进程的定义和特征	50
1.4.2 操作系统性能指标	22	3.2.2 进程的状态及其转换	51
1.5 本章小结	22	3.2.3 进程控制块	54
习题	23	3.3 进程的控制与调度	55
第 2 章 Linux 操作系统概述	25	3.3.1 进程的控制	56
2.1 Linux 的基本概念	25	3.3.2 进程的调度	57
2.1.1 认识 Linux	25	3.4 进程的同步与进程通信	61
2.1.2 Linux 的特点	26	3.4.1 进程同步与互斥	61
2.1.3 Linux 的版本	28	3.4.2 进程通信	65
2.1.4 Linux 系统的安装	30	3.5 经典进程同步问题	69
2.2 Linux 系统的图形用户环境	32	3.5.1 生产者-消费者问题	69
2.2.1 X Window 简介	32	3.5.2 读者-写者问题	70
2.2.2 X Window 系统的安装、 配置和使用	33	3.6 死锁	73
2.2.3 GNOME 图形桌面环境	33	3.6.1 死锁的基本概念	73
2.2.4 KDE 图形桌面环境	34	3.6.2 产生死锁的原因和必要条件	73
		3.6.3 解决死锁的基本方法	74
		3.7 线程	78

3.7.1 线程的概念	78
3.7.2 线程的状态与类型	80
3.7.3 Linux 系统的线程	81
3.8 案例: Linux 的进程管理	81
案例 1 Linux 进程调度策略分析	81
案例 2 Linux 进程的优先级设置	83
案例 3 Linux 中的 init 进程	84
案例 4 Linux 进程的启动和终止	85
案例 5 Linux 中的守护进程	88
案例 6 系统信息命令	89
3.9 例题分析	91
3.10 本章小结	95
习题	96
第 4 章 操作系统用户接口	100
4.1 操作系统的接口	100
4.1.1 程序接口	100
4.1.2 命令接口	103
4.1.3 操作系统用户接口的发展	107
4.2 作业的基本概念	107
4.2.1 作业、作业步和作业流	107
4.2.2 作业的状态及其转换	108
4.3 案例: Linux 的用户接口	109
案例 1 Linux 常用命令	109
案例 2 Linux 用户和组的管理	115
案例 3 Linux 文件与目录的权限管理	118
案例 4 Linux 的系统调用	120
4.4 本章小结	121
习题	121
第 5 章 存储管理	122
5.1 存储管理的基本概念	122
5.1.1 存储管理的功能	122
5.1.2 存储器管理方式	123
5.1.3 地址重定位	123
5.2 连续分配方式	125
5.2.1 单一连续分配	125
5.2.2 分区存储管理	125
5.2.3 覆盖与交换	127
5.3 离散分配方式	128
5.3.1 页式存储管理	129
5.3.2 段式存储管理	131
5.3.3 段页式存储管理	132
5.4 虚拟存储器	133
5.4.1 请求页式存储管理	133
5.4.2 请求段式存储管理	135
5.5 案例: Linux 存储管理	136
案例 1 Linux 内存管理概况	136
案例 2 Linux 的虚拟存储管理技术	138
案例 3 Linux 的交换空间管理	144
案例 4 Linux 存储管理的重要数据结构	148
案例 5 有关 Linux 查看内存的操作	151
5.6 例题分析	153
5.7 本章小结	155
习题	156
第 6 章 设备管理	159
6.1 设备管理概述	159
6.1.1 设备分类	159
6.1.2 设备管理的任务和功能	160
6.2 输入/输出控制	161
6.2.1 设备控制器	161
6.2.2 输入/输出控制方式	162
6.3 中断技术	164
6.3.1 中断的基本概念	164
6.3.2 中断的分类与优先级	165
6.3.3 中断处理过程	166
6.4 缓冲技术	166
6.5 设备分配	168
6.5.1 设备管理所需要的数据结构	169
6.5.2 设备分配策略与分配算法	169

6.5.3 虚拟设备与 SPOOLing 技术	171	案例 2 逻辑文件系统——ext2	212
6.5.4 设备驱动程序	172	案例 3 加载 Windows 文件系统	213
6.5.5 Linux 系统中常用设备的使用	174	案例 4 Linux 文件系统的挂载和卸载	214
6.6 案例: Linux 设备管理	176	案例 5 Linux 中目录操作命令(部分)	216
案例 1 备份与恢复	176	7.7 例题分析	218
案例 2 制作 Linux 启动盘	178	7.8 本章小结	221
案例 3 配置打印机	180	习题	222
案例 4 Linux 中断的实现	183		
6.7 例题分析	184		
6.8 本章小结	187		
习题	188		
第 7 章 文件管理	190		
7.1 文件管理概述	190		
7.1.1 文件和文件系统	190		
7.1.2 文件分类	192		
7.1.3 Linux 中的虚拟文件系统	193		
7.1.4 Linux 对逻辑文件系统的管理	195		
7.2 文件结构、存储设备和存取方法	196		
7.2.1 文件的逻辑结构	197		
7.2.2 文件的物理结构	197		
7.2.3 文件的存取方式	200		
7.2.4 文件的存储设备	200		
7.3 文件存储空间的管理	205		
7.3.1 空闲文件目录	205		
7.3.2 空闲块链	205		
7.3.3 位示图	206		
7.4 文件目录管理	206		
7.4.1 文件控制块和文件目录的概念	206		
7.4.2 一级目录结构	207		
7.4.3 二级目录结构	207		
7.4.4 多级目录结构	208		
7.5 文件的使用	209		
7.6 案例: Linux 的文件管理	210		
案例 1 磁盘分区	210		
		第 8 章 Linux 的网络功能与设置	225
		8.1 Linux 的网络功能	225
		8.2 配置 NFS 服务器	226
		8.2.1 NFS 概述	226
		8.2.2 启动 RPC 服务	227
		8.2.3 安装 NFS 套件	228
		8.2.4 启动 NFS 服务器	229
		8.2.5 配置 NFS 服务器	229
		8.2.6 客户端设置	231
		8.3 建立 PPP 连接和配置 PPP 服务器	232
		8.3.1 服务器端的安装	232
		8.3.2 客户端的安装	234
		8.3.3 测试	235
		8.4 配置 DNS 服务器	235
		8.4.1 安装软件	236
		8.4.2 域名服务器的配置	236
		8.5 网络打印机的使用与设置	240
		8.5.1 在 Linux 下共享 Windows 打印机	240
		8.5.2 在 Windows 下共享 Linux 打印机	242
		8.6 本章小结	243
		习题	243
		第 9 章 用 Linux 建立 Internet 站点	244
		9.1 建立 Linux 站点	244

目录

9.1.1 Apache 服务器的设置与管理	244
9.1.2 在 Apache 服务器上运行 ASP 和 PHP 脚本	247
9.2 设置电子邮件服务器	253
9.2.1 电子邮件服务器概述	253
9.2.2 Sendmail 的安装	254
9.3 设置 FTP 服务器	260
9.3.1 FTP 服务器的安装	260
9.3.2 FTP 服务器的设置	261
9.3.3 基本设置	264
9.4 设置代理服务器	271
9.4.1 常见代理服务器软件介绍	271
9.4.2 Squid 的安装与配置	272
9.5 数据库服务器的安装与配置	274
9.5.1 常见数据库管理系统概述	274
9.5.2 MySQL 的安装与配置	275
9.5.3 PostgreSQL 数据库管理与配置	281
9.6 网络命令简介	286
9.7 案例: Linux 下 Web 站点建立与管理	290
9.7.1 平台介绍	290
9.7.2 软件包的获得及安装	290
9.7.3 Web 站点的配置	294
9.7.4 Web 站点的管理	295
9.7.5 MySQL 数据库的管理	298
9.7.6 利用 PHP 操作 MySQL	

数据库	300
9.8 本章小结	311
习题	311
附录 A Linux 常用命令	312
附录 B 文本编辑器 vi	314
B.1 进入和退出 vi	314
B.1.1 进入 vi	314
B.1.2 退出 vi	315
B.2 vi 的工作模式	315
B.2.1 命令行模式	315
B.2.2 文本输入模式	315
B.2.3 末行模式	315
B.3 命令模式下的编辑命令	316
B.3.1 命令模式切换到文本输入模式	316
B.3.2 光标移动	316
B.3.3 删除文本	317
B.3.4 粘贴和复制	317
B.3.5 搜索字符串	317
B.3.6 撤销和重复	317
B.4 末行模式下的命令	318
B.4.1 移动光标	318
B.4.2 文本读取或写入	318
B.4.3 Shell 切换	318
参考文献	319

第 1 章

操作系统概论

1946 年诞生的第一台计算机没有操作系统，甚至没有任何软件。但计算机发展到今天，已经离不开操作系统。从微型计算机到巨型计算机，计算机系统一般都配置了一种或多种操作系统。如果一台计算机没有操作系统，用户将无法使用计算机。

1.1 操作系统的概念

1.1.1 计算机系统的组成

一个完整的计算机系统，无论是大型机、小型机还是微型机，都由硬件系统和软件系统组成。硬件是软件建立与活动的基础，软件是对硬件功能的扩充。硬件与软件有机地结合在一起，相辅相成，推动了计算机技术飞速发展，并且在当今信息时代占据了举足轻重的地位。

计算机硬件系统一般由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备等部件组成。这些部件构成了计算机系统本身，是用户操作计算机的物质基础和工作环境。没有任何软件支持的计算机称为裸机，必须配置相应的软件才能应用。软件系统是指计算机系统所使用的各种程序的集合。从广义上讲，软件是指运行、维护、管理和应用计算机的所有程序和数据的总和。

按照在计算机系统中起的作用和需要的运行环境，计算机软件通常分为系统软件和应用软件。其中，系统软件用于计算机系统的控制、管理和维护，并为用户使用和其他程序的运行提供服务，包括操作系统、程序设计语言处理程序（汇编程序和编译程序等）、连接装配程序等；应用软件是为解决某一方面应用需要或某个特定问题而设计的程序，如财务软件、信息管理系统、游戏软件等，是应用范围很广的一类软件。随着计算机技术的发展，计算机硬件的功能越来越强，软件资源也日趋丰富。

计算机系统中硬件和软件是按层次结构组织的，如图 1-1 所示。

由图 1-1 可见，计算机的硬件、软件以及应用之间是一种层次结构的关系。裸机（硬件）在最里层，其外层是操作系统。操作系统提供资源管理功能和服务功能，把裸机改造成为功能更强、使用更方便的机器。各种实用程序和应用程序运行在操作系统之上，它们以操作系统作为支撑环境，向用户提供完成其进程所需的各种服务。

上述层次结构中，处于外层的软件必须事先以约定好的方式使用内层软件或硬件提供

的服务，通常把这种约定称为接口（Interface）。下面介绍各层次的作用。

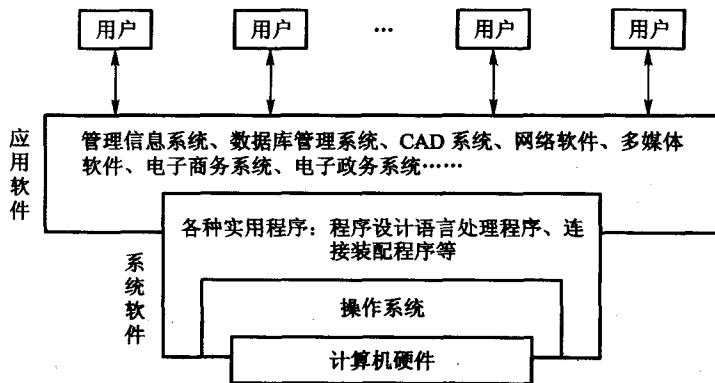


图 1-1 操作系统与硬件的关系示意图

(1) 计算机硬件

硬件层的对外界面由指令系统组成。操作系统及其外层软件通过执行指令访问和控制各种硬件资源。指令系统与硬件系统的组织结构密切相关。为了能使操作系统高效地运行，硬件系统的组织结构不断改进，指令系统也日益变得复杂和庞大。

现代的计算机硬件大都采用以主存为中心的结构，可使 CPU 和 I/O 设备并行工作。CPU 和各种 I/O 通道通过双端口的主存相互通信、交换信息。实际上，I/O 通道是一台专用的 I/O 处理器，可以执行由指令编写的通道程序，从而控制系统中的高速、中速和低速外部设备并行工作，使 CPU 摆脱了对各种外设的繁杂控制，以充分利用其高速度的特点集中进行计算。由于 I/O 通道可以使各种外设并行工作，大大提高了整个计算机系统的处理能力和各种资源的利用率。

计算机硬件通常称为裸机，即使硬件的功能很强，由于在裸机上运行的程序必须用机器语言编写，给用户使用带来困难，严重降低了工作效率和计算机的利用率。

(2) 操作系统

操作系统是为裸机配置的一种系统软件，用以建立用户与计算机之间的友好界面。操作系统是裸机上面的第一层软件，也是最基本的系统软件，是对硬件系统功能的首次扩充。操作系统密切地依赖于计算机硬件，直接管理系统中各种硬件和软件资源。操作系统的主要部分驻留在主存中，称为操作系统内核或核心。

操作系统的对外界面是系统调用。系统实用程序以及各种应用软件通过系统调用访问计算机系统的软、硬件资源。实际上，系统调用是由操作系统软件提供的、能访问系统核心的程序接口。

(3) 系统实用程序

系统实用程序与操作系统核心程序不同，这些程序通常驻留在磁盘上，仅当需要运行时才装入内存。实用程序的功能是为应用软件以及最终用户加工自己的程序或数据提供服务。此外，计算机系统的管理员还可利用实用程序对系统进行日常维护。实用程序是计算机系统的基本组成部分，通常由计算机系统的供应商提供，并随硬件及操作系统一起出售。

实用程序主要包括以下几种类型。

① 文本编辑程序：将用户编写的程序或用户提供的数据送到计算机外存储器中，形成可以长期保存的文件。通常有两类文本编辑程序：一种是行编辑程序，以行为单位进行编辑和修改，如 EDLIN (PC-DOS) 和 ed (UNIX)；另一种是全屏幕编辑程序，可以在全屏幕范围内进行编辑和修改，如 vi (UNIX)。有条件的情况下，建议使用全屏幕编辑程序。

② 连接装配程序：将浮动地址的目标程序装配成绝对地址的可执行程序，即从地址空间的逻辑地址向存储空间的物理地址的映射。在不同的系统中，常用的装配命令有 load、lind、ld、ln 等。

③ 查错调试程序：主要用于检查系统或用户的错误，常用的调试程序有 DEBUG 等。

④ 程序设计语言处理程序：一般由编译程序和汇编程序两部分组成。编译程序将高级语言源程序翻译为汇编语言程序或目标程序，汇编程序将汇编语言源程序翻译为目标程序。

(4) 应用程序

应用程序通常由计算机用户或软件公司编制，如管理信息系统、办公自动化系统、事务处理系统等。这些应用程序通常作为计算机系统的选件，用户根据需要选择购买。

1.1.2 操作系统和计算机系统的关系

操作系统 (Operating System, OS) 是计算机系统软件中最重要的组成部分，它控制和管理计算机系统资源，合理地组织计算机工作流程，为用户有效地使用计算机系统提供一个功能强大、使用方便和可扩展的工作环境。操作系统是计算机用户与计算机之间进行通信的接口，计算机用户通过操作系统与计算机资源打交道。

操作系统在计算机系统中占有特殊重要的位置，所有其他软件都建立在操作系统基础上，并得到其支持和服务；操作系统是支撑各种应用软件的平台。用户利用操作系统提供的命令和服务操纵和使用计算机。可见，操作系统实际上是一个计算机系统中硬件、软件资源的总指挥部。操作系统的性能决定了计算机系统的安全性和可靠性。若一台计算机没有操作系统，犹如一个人没有大脑思维一样，将一事无成。

1.2 操作系统的发展与分类

操作系统随着计算机技术及其应用的日益发展而逐渐发展和不断完善，其功能由弱到强，在计算机系统中的地位不断提高。如今，操作系统已成为计算机系统的核心软件，所有的计算机系统都必须配置操作系统。

操作系统的很多概念和理论都是在使用过程中发展并成熟的，但也有些技术随着操作系统的发展而被淘汰。了解操作系统的形成和发展过程，有助于深刻认识操作系统的概念和基本原理。

1.2.1 操作系统的形成

1. 手工操作阶段

早期计算机的运算速度慢，没有操作系统，甚至没有任何软件，用户直接用机器语言

或汇编语言编写程序，上机时独占系统资源。

上机基本采用手工操作方式：编好的程序或数据先经穿孔机送到纸带（或卡片）上，然后将纸带（或卡片）装入纸带输入机（或卡片输入机）等输入设备上；经手工启动输入设备，把程序和数据输入计算机内存，再通过控制台启动程序。若在程序运行过程中出现问题，可借助扳键和显示查找问题，并利用扳键进行修改，然后再次启动程序运行；程序运行完毕，打印机输出计算结果，用户取走纸带（或卡片）；然后才能让下一个用户上机操作。

手工操作方式的特点：

① 资源独占：一台计算机的全部硬件资源（如处理器、存储器、外设等）均由一个用户独占使用，不会出现资源被其他用户占用而引起的等待现象。

② 串行工作：用户与用户之间、程序与程序之间、操作与计算机运行、计算机各部件之间都是串行工作，系统资源的利用率十分低。

③ 人工干预：计算机在人的直接联机干预下工作，人工操作时，处理器空闲等待。

在手工操作阶段，计算机系统中没有任何管理软件，用户直接承担所有的运行管理和具体操作。由于作业由许多作业步组成，任何一步的错误都可能导致该作业从头开始。如何尽可能节省 CPU 的时间、提高 CPU 的利用率成为十分迫切的任务。

2. 早期批处理（Batch Processing）阶段

为了能通过程序完成计算机的使用、管理和操作，人们把计算机的输入/输出、运行控制、出错处理等编为程序，最初称为监督程序（Monitor），并连同用户程序一起送入计算机，通过执行监督程序管理计算机资源，指挥用户程序的运行，以摆脱人工干预。这种监督程序就是操作系统的雏形。

为了提高主机的使用效率，解决主机高速度和输入/输出设备低速度的矛盾，20 世纪 50 年代末到 60 年代初出现了批处理系统。所谓批处理，是把用户提交的作业分类，把一批作业编成一个作业执行序列，每一批作业由专门编制的监督程序自动依次处理。在这样的系统中，作业处理是成批进行的。

早期的批处理可分为两种方式：联机批处理和脱机批处理。

（1）联机批处理

将慢速的输入/输出（I/O）设备和主机直接相连，作业的执行过程如下：

- ① 用户提交作业，包括作业程序、数据、用作业控制语言编写的作业说明书；
- ② 将作业做成穿孔纸带或卡片；
- ③ 有选择地把若干作业合成一批，通过输入设备（纸带输入机或读卡机）存入磁带；
- ④ 若系统资源能满足该作业要求，监督程序读入一个作业；
- ⑤ 从磁带调入汇编程序或编译程序，将用户作业源程序翻译成目标代码；
- ⑥ 连接装配程序把编译后的目标代码以及所需的子程序装配成一个可执行程序；
- ⑦ 启动执行；
- ⑧ 执行完毕，输出计算结果；
- ⑨ 再读入一个作业，重复以上步骤；
- ⑩ 一批作业完成，返回第③步继续处理下一批作业。

这种联机批处理方式可使作业自动转接，减少了作业建立和人工操作时间。但在作业

的输入和执行结果的输出过程中，主机 CPU 仍处于停止等待状态，低速的输入/输出设备和高速主机之间仍处于串行工作，CPU 的时间存在很大的浪费。

(2) 脱机批处理

在主机与输入/输出设备之间增加专门与输入/输出设备打交道的卫星机，如图 1-2 所示。输入设备通过卫星机把作业输入到输入磁带，再送到主机；作业完成后，输出磁带通过卫星机将作业执行结果输出到输出设备。主机只需要与速度相对较快的磁带机发生关系，主机与卫星机可以并行工作，可以充分发挥主机的高速计算能力，大大提高了系统的处理能力。

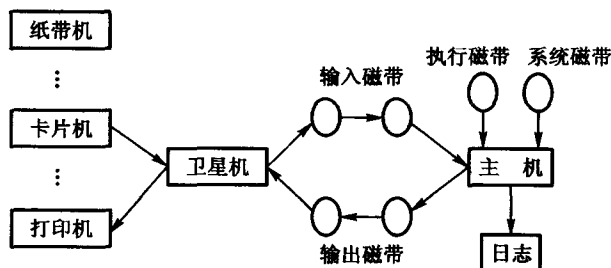


图 1-2 早期脱机批处理模型

监督程序负责管理作业的运行，即负责装入和运行各种系统处理程序，如汇编程序、编译程序、连接装配程序、程序库（如输入/输出标准程序等），完成作业的自动过渡。与此同时出现了程序覆盖等程序设计技术。

批处理实现了作业的自动过渡，提高了计算机系统的处理能力，但仍存在一些缺点，如磁带需人工拆装等。在批处理过程中，监督程序、系统程序和用户程序之间存在调用关系，任何一个环节出问题都将导致整个系统的停顿。此外，用户程序也有可能破坏监督程序和系统程序，这时，必须由操作员干预才能恢复。典型的批处理系统如 FORTRAN 监督系统（FORTRAN Monitor System, FMS）和 IBM/7094 机上的 IBM 监督系统（IBM 7094 Monitor System, IBSYS）等。

20 世纪 60 年代初，随着通道和中断技术的出现，使得主机和外设的连接方式发生了变化。借助通道和中断技术，输入/输出设备可在主机控制下完成批处理。

通道是一种专用处理部件，可以控制一台或多台输入/输出设备工作，负责输入/输出设备与主存之间的信息传输。通道启动后能与 CPU 并行操作，因而 CPU 和多种输入/输出设备也能并行操作。

在这种系统中，输入/输出由主机控制下的通道完成。用户程序的输入/输出工作由系统执行而不需要人工干预，并且由系统检查命令的合法性，以避免不合法的输入/输出命令造成对系统的影响，从而提高系统的安全性。系统实现了主机、通道和输入/输出设备的并行操作，提高了系统效率，方便用户对输入/输出设备的使用。

3. 多道批处理系统

在单道批处理系统中，每次只调用一个用户作业进入内存并运行。由于计算机系统对作业的处理是单通道顺序处理（按顺序一道一道处理作业），可能出现两种情况：以计算为主的作业，由于输入/输出数据量小，外部设备空闲；以输入/输出为主的作业，由于计算

量小, 主机空闲。因此, 计算机资源使用的效率仍然不高。在 20 世纪 60 年代中期引入了多道程序设计技术, 由此而形成了多道批处理系统, 使多道程序合理搭配, 交替运行, 充分利用资源, 提高效率。

(1) 多道批处理系统的特征

① 多道性: 内存中可同时存放多道作业, 并允许它们并发执行; 当某个作业占用处理器, 若由于某种原因暂时不用处理器, 则系统让第二个作业使用处理器, 从而有效地提高了资源利用率和系统吞吐率。

② 无交互性: 用户自己不能干预作业的运行, 一旦发现作业错误不能及时改正, 并延长开发软件时间, 适用于成熟的程序。

③ 无序性: 多个作业完成的先后顺序与它们进入内存的顺序之间并无严格的对应关系, 即先进入内存的作业可能较后甚至最后完成, 而后进入内存的作业又可能先完成。

(2) 多道批处理系统的主要优点

① 资源的利用率高: 由于系统中装入了多道程序, 使它们共享资源, 保持资源处于忙碌的状态, 从而使各种资源得以充分利用。

② 系统吞吐量大: 系统吞吐量指系统在单位时间内所完成的总工作量。多道批处理系统能提高系统吞吐量的原因: 处理器和其他资源保持“忙碌”状态; 仅当作业完成或运行不下去时才进行切换, 使系统开销小。

(3) 多道批处理系统的主要缺点

① 平均周转时间长: 作业的平均周转时间是指从作业进入系统开始, 直到完成并退出系统为止所经历的时间。在批处理系统中, 由于作业要排队依次进行处理, 因而作业的周转时间较长, 通常需要几个小时甚至几天。

② 无交互能力: 从用户把作业提交给系统直至作业完成, 用户都不能与自己的作业进行交互, 这对修改和调试程序都是极不方便的。

在多道批处理系统中, 由于多道程序的并发运行, 需要共享系统资源, 又要保证它们协调地工作, 系统管理变得很复杂。多道批处理系统需要解决一系列问题, 包括内存的分配和保护、处理器的调度和作业的合理搭配问题、I/O 设备的共享和方便使用问题、文件的存放和读写操作及安全性等问题, 处理这些问题正是操作系统所应具备的基本功能。

4. 分时操作系统

针对批处理系统的不足, 20 世纪 60 年代中期产生了分时系统, 显著提高了系统资源的利用率。分时系统是现代操作系统发展史上的里程碑。早期著名的分时操作系统是 1963 年美国麻省理工学院 (MIT) 研制的兼容分时系统 (Compatible Time-Sharing System, CTSS) 和 1965 年 MIT、贝尔实验室和通用电气公司在美国高级研究计划局 (Advanced Research Project Agency, ARPA) 的支持下联合开发的多路复用信息与计算系统 (Multiplexed Information and Computing System, MULTICS)。

分时系统 (Time-Sharing System, TSS) 是基于主从式多终端的计算机体系结构。如图 1-3 所示, 一台功能很强的主计算机 (Mainframe) 可以连接多个 (几十甚至上百个) 终端, 提供多个用户同时上机操作。每一个用户通过自己操作的终端, 把用户程序送入主计算机, 主计算机也通过终端向各用户反馈其程序运行的情况。主计算机采用时间分片的方式轮流