

高等院校教材

操作系统 原理与分析

曹 聪⁷ 范廉明⁴ 编著



科学出版社

www.sciencep.com

内 容 简 介

本教材从原理与分析两个方面对计算机操作系统进行深入浅出的介绍,同时也涉及操作系统的应用基础。本教材试图从应用到理论,从原理到剖析,建立一个完整立体的操作系统知识体系,使读者对操作系统工作和组成原理有一个理性的认识;书中还通过对 Linux 操作系统的扼要介绍,使读者对多用户操作系统的使用有一个感性的认识;而对于 Linux 操作系统完整详细的分析,则为掌握和开发操作系统打下了基础。鉴于计算机科学和技术的迅猛发展,单机操作系统很快将不再是现代操作系统的主流。为此,在书的最后一章,简单介绍了分布式操作系统,以适应未来操作系统发展的需要,也与国际操作系统同类课程的先进水平接轨。本教材各章附有习题与实验,书后给出了各章习题的解答,可帮助学生掌握并巩固所学知识。

为方便使用,本教材配有光盘,内容包括本书的教学课件和习题分析答案及部分实验参考代码,可供选用本教材的教师教学使用。

本教材可作为普通高等院校计算机专业及相关专业操作系统课程教材,可供大学二年级以上学生和教师使用。

图书在版编目(CIP)数据

操作系统原理与分析/曹聪,范廉明编著. —北京:科学出版社,2003.9

ISBN 7-03-011763-8

I. 操… II. ①曹… ②范… 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(2003)第 056058 号

责任编辑 杨 凯 刘晓融 责任制作 魏 谨

责任印制 刘士平 封面设计 李 力

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>

源海印刷有限责任公司 印刷

北京东方科图图文有限公司 制作

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

科学出版社发行 各地新华书店经销

2003 年 9 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2003 年 9 月第一次印刷 印张: 22 1/4

印数: 1—5 000 字数: 440 000

定 价: 30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

操作系统是信息科学、计算机软件的核心和基础学科,对它的掌握程度,决定着计算机学习者的发展水平及方向。操作系统与软硬件密切联系,其软件本身的优秀设计和经典思路是计算机科学知识的荟精集萃,会给计算机专业的人们以激浊扬清的思考。操作系统课程已成为计算机专业人士能力提高的必修之课;经典的操作系统研发思路也为计算机软件开发人员提供了不断创新的方法和钥匙。然而,操作系统也以其核心学科的性质具有相当的学习难度。主要原因有三:

1. 费解 没有一台计算机不安装操作系统,却不一定每位用户都知道操作系统具有哪些功能,这些功能又是如何实现的。学习者很难掌握操作系统这只黑匣子的内情,因而倍感费解。

2. 抽象 计算机专业课程都强调上机实习,而学习操作系统却难以实习,这与操作系统结构的复杂和涉及知识的广泛性密切相关。

3. 变异 诸多学科无法与计算机知识的更新速度同日而语,而操作系统的变异又处于计算机知识更新的首位。因此,由于操作系统教材内容变化快,所以操作系统自然成了高校难讲的重点课。

为了解决这些问题,本书作者集 20 多年操作系统教学经验,在广泛汲取国内外优秀教材特色和操作系统研究论著精粹的基础上进行编著。整个教材根据学生的理解能力和知识储备,在梳理整合中循序渐进、分散难点、详述重点,力求深入浅出、化难为易,使编著适合时代需求。其中,关于 Linux 系统分析部分,作者根据多年教学经验,反复分析 Linux 源代码的最新版本,推敲把握 Linux 的设计思想,力求分析准确、叙述明细详实,成为本书独树一帜的精妙之处。

本书从计算机操作系统原理和分析两个方面入手,建立一个完整立体的操作系统架构。为使读者对操作系统有一个理性的认识,对操作系统的工作原理和组成原理给予了擘肌分理的剖析以便读者学习和理解;为适合高校教学的需要,补充多用户操作系统使用的感性认识;对 Linux 系统的使用方法进行了简要介绍,并对 Linux 操作系统的内核做了详细的分析,这为掌握和开发操作系统打下了坚实的基础。另外,单机操作系统将很快不再是现代操作系统的主流,为适应未来操作系统的发展,完成传统向现代操作系统的过渡,整合操作系统的思路和发展趋势,与国际操作系统同类课程的先进水平进行接轨,在本书的最后一章,加入了分布式操作系统简介。我们希望通过本书赠给读者五个“一”:

一把钥匙 开启学习和应用操作系统大门的钥匙;

一种技能 适应变化迅速的操作系统发展的技能;

一种方法 学习和分析各种软件的方法;

一种能力 对操作系统认识和应用的能力,进而掌握操作系统分析和开发的能力;

一种创新 在认识、使用和分析一种操作系统基础上,培养对软件特别是操作系统的软件举一反三,进行开发的思维和创新的能力。

本书以普通高校计算机及相关专业本科、专科学生为主要对象,可作为普通高校、工科、师范类大学计算机专业、非计算机专业相关的本科、专科教材,也可作为自学参考书籍。针对本科教学与专科教学或非计算机专业教学的不同,本书仅将原理部分作为非计算机专业本科生或计算机专业专科生的主要教学内容,而将Linux系统分析部分留给计算机专业的本科学生。带“*”的章节为选学内容,第7章分布式操作系统则根据具体情况选学讲授。鉴于目前高校操作系统课时量分布不同,建议计算机专业本科教学课时量在80学时左右,其中有专门的系统分析课或实验课时的学校,可结合实验多讲一些Linux系统分析内容,或者在扼要介绍Linux系统分析内容的基础上将详细内容留给有兴趣的学生自学;专科课时量在60学时左右,Linux系统分析内容则作简单介绍。为方便学生的自学和知识巩固,每章书后都留有各类习题与实验,并在书后附有部分习题答案,以供读者参考。

为方便师生使用本书,本书配有教学光盘供选用本教材的教师在教学中使用。教师可直接使用光盘中的课件进行教学,以适应高校多媒体教学发展的需要;对学生该课件则可作为学习重点、课堂笔记。另外,光盘中还有习题分析、答案和实验指导,部分实验的源代码和演示文件是从00级学生的优秀实验中选出,供教学双方学习借鉴和自学参考,算作抛砖引玉。这也是作者在教材编写方面的一种创新。

教学光盘的获取可与出版社联系(sale@okbook.com.cn)。对选用本书作为教材的学校,出版社将免费提供教学光盘给教师使用。

本书第3、4、6章原理部分及第1、2、7章,由曹聪负责著述;第3、4、6章Linux系统分析部分及第5章,由范廉明负责著述;全书由两人共同统稿。林和、刘莉、樊建华、沈家立、矫桂娥、赵玲玲等也参加了本书的写作。另外,周村对全书进行了排版、画图和反复校对及相当一部分的录入工作,黄新录入了第7章。光盘的制作是以范廉明为主、曹聪为辅,同时樊建华为此也付出了极大的努力。

特别要感谢谭耀铭教授给予本书认真的指导和仔细的审阅,并提出了宝贵的建议。在此谨向谭教授致以衷心的感谢。

由于种种原因,本书在编写上,疏漏和错误在所难免。真诚希望读者和专家不吝赐教,我们将不胜感激。

作 者

目 录

第 1 章 操作系统引论

1.1	引 言	1
1.1.1	计算机和计算机系统	1
1.1.2	何谓操作系统	1
1.1.3	操作系统的地位、功能和构成	2
1.2	单机操作系统	3
1.2.1	批处理系统	4
1.2.2	分时系统	6
1.2.3	实时系统	6
1.2.4	基本操作系统的特征	7
1.3	微机操作系统	8
1.3.1	MS-DOS	8
1.3.2	Windows 操作系统	9
1.3.3	UNIX 操作系统	9
1.3.4	Linux 操作系统	10
1.4	多机操作系统	10
1.4.1	多处理机操作系统	11
1.4.2	网络操作系统	11
1.4.3	分布式操作系统	12
1.5	Linux 操作系统概述	13
1.5.1	Linux 的起源和历史	13
1.5.2	Linux 的特点	14
1.5.3	Linux 的基本结构	15
1.6	本章小结	17
	本章中的基本术语	18
	习题与实验	19

第 2 章 操作系统接口

2.1	操作系统与用户的接口	20
2.1.1	操作系统与用户的接口形式	20
2.1.2	程序级接口	21

2.1.3	作业控制语言	23
2.1.4	操作系统与用户接口的发展和功能	23
2.2	联机控制	24
2.2.1	键盘命令	24
2.2.2	菜单命令	25
2.2.3	窗口命令	25
2.2.4	图形命令	26
2.2.5	对话框和对话窗口	27
2.3	作业控制	28
2.3.1	作业的输入方式	28
2.3.2	作业的状态和状态转换	29
2.3.3	作业的组织运行	30
2.3.4	作业调度	31
2.4	Linux 的用户接口	34
2.4.1	Linux 的外壳 shell	34
2.4.2	X Window-Linux 的图形窗口界面	36
* 2.5	Linux 的使用操作简介	36
2.5.1	Linux 的登录和退出	37
2.5.2	shell 的常用命令	37
2.5.3	shell 编程	39
2.6	本章小结	44
	本章中的基本术语	45
	习题与实验	46

第 3 章 进程管理

3.1	中断技术	49
3.1.1	中断概念	49
3.1.2	中断向量和优先级	50
3.1.3	中断类型	51
3.1.4	中断过程	51
3.1.5	UNIX 的中断处理	52
3.1.6	中断处理程序的不同调用形式	53
3.2	程序的并发执行	54
3.2.1	资源与共享	54
3.2.2	程序的顺序执行	54
3.2.3	程序的并发执行	55

3.3 进程的概念	56
3.3.1 进程的定义和特征	56
3.3.2 进程状态及其转换	57
3.3.3 进程控制块	59
3.4 进程同步与进程通信	60
3.4.1 进程制约	60
3.4.2 临界区和临界资源	61
3.4.3 进程同步与互斥的概念	62
3.4.4 同步机构	62
3.4.5 进程互斥	64
3.4.6 进程同步	67
3.4.7 进程通信	70
3.5 进程控制	74
3.5.1 进程树和进程队列	74
3.5.2 进程控制原语	77
3.6 进程调度	80
3.6.1 进程调度综述	80
3.6.2 进程调度算法	81
3.7 死 锁	82
3.7.1 死锁及产生的原因和必要条件	82
3.7.2 解决死锁的基本方法	84
* 3.8 线 程	88
3.8.1 线程的概念	89
3.8.2 线程与进程的关系	89
3.8.3 线程的状态	90
3.8.4 线程类型	91
3.9 Linux 的进程管理	93
3.9.1 Linux 的进程	93
* 3.9.2 Linux 的进程控制块	94
3.9.3 Linux 的进程状态	103
3.9.4 Linux 的进程调度	105
3.9.5 Linux 的进程控制	108
* 3.9.6 Linux 的进程通信	111
3.10 本章小结	116
习题与实验	117

第4章 存储管理

- 4.1 概 述 120
 - 4.1.1 存储管理的目的和功能 121
 - 4.1.2 存储分配的方式和策略 121
 - 4.1.3 虚拟存储器的概念 122
 - 4.1.4 地址重定位技术 123
- 4.2 基本存储管理技术 125
 - 4.2.1 单一连续区分配 125
 - 4.2.2 固定分区管理 126
 - 4.2.3 可变分区管理 127
 - 4.2.4 可重定位分区和紧凑技术 132
 - 4.2.5 存储保护 133
 - 4.2.6 分区管理技术的优缺点分析 134
 - 4.2.7 交换技术 135
- 4.3 分页存储管理 136
 - 4.3.1 分页存储管理的基本思想 136
 - 4.3.2 简单分页存储管理 137
 - 4.3.3 简单分页存储管理的相关技术 138
 - 4.3.4 请求分页存储管理 139
 - 4.3.5 页面替换算法 140
 - 4.3.6 优缺点分析 146
- 4.4 段式存储管理 146
 - 4.4.1 基本原理 146
 - 4.4.2 段式管理的存储保护措施 147
 - 4.4.3 段式存储管理的优缺点分析 148
 - 4.4.4 段页式存储管理 149
- 4.5 Linux 的虚拟内存管理 151
 - 4.5.1 Linux 虚拟内存管理概述 151
 - 4.5.2 Linux 中的页目录和页面表 155
 - 4.5.3 物理内存页面的分配和回收 158
 - 4.5.4 内存映射 164
 - 4.5.5 请页机制 171
 - 4.5.6 缓冲机制 174
 - 4.5.7 交换机制 176
- 4.6 本章小结 185
- 本章中的基本术语 187

第 5 章 设备管理

- 5.1 设备管理概述 192**
 - 5.1.1 计算机系统的设备 192
 - 5.1.2 设备管理的基本功能 194
 - 5.1.3 I/O 设备的组成 195
- 5.2 I/O 控制方式 196**
 - 5.2.1 循环 I/O 测试方式 196
 - 5.2.2 程序中断控制方式 197
 - 5.2.3 直接存储器存取(DMA)方式 197
 - 5.2.4 通道的控制方式 199
- 5.3 缓冲技术和 SPOOLing 技术 202**
 - 5.3.1 缓冲技术(buffering)的引入 203
 - 5.3.2 缓冲区的种类 203
 - 5.3.3 SPOOLing 技术 204
- 5.4 I/O 软件 207**
 - 5.4.1 I/O 软件的目标与层次结构 207
 - 5.4.2 I/O 中断的处理 209
 - 5.4.3 设备驱动程序 210
 - 5.4.4 与设备无关的 I/O 软件 211
 - 5.4.5 用户空间的 I/O 软件 213
- 5.5 设备的分配 214**
 - 5.5.1 设备的分配的原则 214
 - 5.5.2 逻辑设备名与物理设备名 217
 - 5.5.3 独占设备的分配与释放 218
- 5.6 Linux 设备管理 219**
 - 5.6.1 Linux 设备管理概述 219
 - 5.6.2 设备驱动程序基础 221
 - * 5.6.3 设备中断的处理 227
 - 5.6.4 设备驱动程序框架 231
 - * 5.6.5 并口打印设备驱动程序 235
- 5.7 本章小结 238**
- 习题与实验 240**

第 6 章 文件系统

- 6.1 文件系统综述 242
 - 6.1.1 文件类型 242
 - 6.1.2 文件系统 244
- 6.2 文件和存取方法 244
 - 6.2.1 文件命名 244
 - 6.2.2 文件的逻辑结构 245
- 6.3 文件目录 245
 - 6.3.1 文件控制块 246
 - 6.3.2 文件目录结构 247
 - 6.3.3 路径名 250
 - 6.3.4 目录操作 250
- 6.4 文件的安全性和保护机制 251
 - 6.4.1 安全性 251
 - 6.4.2 安全性的设计原则 252
 - 6.4.3 保护机制 252
 - 6.4.4 存取权限的存取控制技术 254
- 6.5 文件的系统调用 255
 - 6.5.1 文件的基本操作 256
 - 6.5.2 文件的其他操作 257
- 6.6 文件存储器的管理 258
 - 6.6.1 文件存储器简介 258
 - 6.6.2 文件的物理组织和存储分配 258
 - 6.6.3 文件存储器中空闲存储空间的管理 261
- 6.7 Linux 文件系统概述 263
 - 6.7.1 虚拟文件系统 263
 - 6.7.2 文件的用户接口 264
- 6.8 Linux 文件系统的实现 266
 - 6.8.1 ext2 文件系统的逻辑结构与物理结构 267
 - * 6.8.2 ext2 文件系统存储空间管理 272
 - * 6.8.3 ext2 文件系统目录文件的实现 278
- 6.9 Linux 虚拟文件系统 280
 - 6.9.1 虚拟文件系统的作用 280
 - 6.9.2 VFS 的超级块和索引节点 281
 - 6.9.3 Linux 文件系统调用 290
- 6.10 本章小结 301

本章中的基本术语 302

习题与实验 303

第 7 章 分布式操作系统

- 7.1 分布式系统简介 305
 - 7.1.1 何谓分布式系统 305
 - 7.1.2 分布式系统的分类 305
 - 7.1.3 分布式操作系统 308
 - 7.1.4 分布式系统的特点和设计目标 310
- 7.2 分布式系统中的通信和同步 311
 - 7.2.1 分布式系统中的通信 312
 - 7.2.2 客户/服务器模型 312
 - 7.2.3 远程过程调用 314
- 7.3 分布式系统的同步问题 315
 - 7.3.1 时钟同步 315
 - 7.3.2 互斥问题 316
 - 7.3.3 选举算法 316
 - 7.3.4 死锁问题 317
- 7.4 分布式系统中的进程管理 317
 - 7.4.1 线 程 317
 - 7.4.2 系统模型 318
 - 7.4.3 处理器分配 319
- 7.5 分布式文件系统 319
 - 7.5.1 分布式文件系统的设计 320
- 7.6 本章小结 321

习题答案 322

参考文献 343

第 1 章 操作系统引论

读者用过计算机吧！那一定用过计算机上的操作系统。什么是操作系统，DOS、Windows、Linux...，可以说出一串具体的操作系统的名字。然而，操作系统究竟是什么，操作系统的功能是什么，它在计算机中处于什么地位，它是怎样构成的，它有哪些类型，每种类型又有什么特点，这些将是本章要介绍的内容。

在学习本章内容时，首先应将学过、用过的操作系统总结一下，有个感性的认识。再结合本章学习对照总结，将所学知识与感性认识联系起来，建立初步的整体认识。

1.1 引言

1.1.1 计算机和计算机系统

计算机系统是由硬件、软件两部分组成的一个集合组织。硬件是指包括中央处理器(CPU: Central Processing Unit)、主存储器(main memory)、外围设备(包括辅助存储器和各类输入/输出设备)等物理设备的集合(也称裸机)。软件是指程序及研制、使用、维护程序的所有资料数据等。没有硬件，软件无法运行，没有软件，硬件是一堆废物。软件又可分为系统软件和应用软件。系统软件是为方便用户使用计算机而编制的程序系统。例如操作系统、编译程序、汇编程序、编辑程序等。应用软件是使用计算机为解决特定问题而编制的程序和数据。这些软件包括开发商开发的标准应用软件，如数据库管理系统、图像处理软件系统以及 CAD、CAI 软件、软件工具等，以及用户自己为解决某一个问题利用各种软件(系统软件、应用软件)编写的程序等。计算机系统实际上就是由硬件系统和软件系统所组成的集合，简称为计算机。

1.1.2 何谓操作系统

计算机系统的硬件配置可以因为机器用途不同而各有千秋。但它必须包括 CPU、主存、输入和输出设备。要使其高效、高速运行，就要对 CPU 及主存资源充分利用。数据信息的安全、保密是计算机使用的必要前提。另外，为提高计算机的使用效率，允许多个用户同时使用计算机，从而导致许多用户程序竞争使用系统资源，诸如 CPU、主存、输入和输出设备等。为此，需要协调、分配这些资源，如确定

谁将占有资源,占有多长时间等。所有这些问题的解决构成了对计算机系统的管理、控制工程。这个管理控制工程是通过一个大型系统软件来实现的。这就是操作系统(OS:Operating System)。

操作系统是控制和管理计算机硬件和软件资源,合理组织计算机工作流程以及方便用户使用计算机的大型系统软件。

对操作系统的含义,我们还可以从以下几个不同的观点来进行阐述:

① 科普观点。操作系统是一个计算机系统的管理指挥机构或控制中心。它集现代管理技术和计算机科学技术于一身,来组织管理整个计算机系统,使计算机功能更强,使用更方便,充分体现着现代计算机领域的最新面貌。

② 功能观点。操作系统是计算机的资源管理系统,它负责对计算机的全部软硬件资源进行分配、控制、调度和回收。具有 CPU 管理功能,文件管理功能,设备管理功能,存储管理功能和用户接口功能。

③ 用户观点。操作系统是一个比裸机功能强、服务质量高、使用方便灵活的虚拟机,它实际上是用户与裸机间的一个界面,用户是通过它来认识和使用计算机的。没有操作系统,用户就无法掌握和使用各种现代信息科学技术,从而也不能使现代科学技术得到发展。

④ 管理者观点。操作系统是计算机工作流程得以自动高效运行的组织者,系统软硬件资源进行合理协调的管理者,从而成为信息管理技术和各种管理决策的集合,是提高计算机使用价值的强大机构。

⑤ 软件观点。操作系统是由程序和数据集合组成的大型系统软件。在信息技术高度发展的 21 世纪,操作系统在算法、模块和开发方法上博采众长,充分体现最优秀的设计思想、最杰出的算法和模块,以合理的、最新的技术实现,是软件的精华。

综上所述,犹如人的大脑一样,操作系统在计算机中处于举足轻重的地位。

1.1.3 操作系统的地位、功能和构成

1. 操作系统的地位

只有硬件组成的计算机称为裸机。一个裸机,配置再高,功能再强,也很难使用。因为在裸机上使用计算机,必须用机器指令编制程序,去控制机器上的部件。这种程序代码至少需成百上千条,用户不仅要用机器代码编写自己的应用程序,而且还要编写控制使用硬件的程序。这种人与计算机之间的鸿沟就由操作系统来填补和沟通起来。

操作系统是软件系统中最重要的、最基本的系统。它是配置在裸机上的第一层软件,是对硬件系统的第一次扩充。操作系统在计算机系统中占有特殊地位,其他所有系统软件都将依赖于操作系统的支持,取得它的服务。

2. 操作系统的功能

操作系统的功能主要体现在 CPU 管理、存储管理、设备管理、文件管理和用户

接口这五大部分。

CPU 是整个计算机系统的核心硬件资源,它的性能和使用情况对整个计算机系统的性能起着关键性作用。CPU 是较为昂贵的资源。有效利用和管理 CPU 资源是操作系统最主要的任务。

存储器(包括主存、辅存)是在计算机中运行作业所需的重要资源。如同人类赖以生存的资源是土地一样,存储器是作业的程序、数据,以及操作系统等系统软件驻留的空间。因此,对存储器资源不仅要进行分配、回收和提高其利用率,而且还要实施存储管理的保护。

设备是指计算机系统中除去 CPU 和主存以外的所有硬件,其种类繁多,控制复杂,相对 CPU 来说,运行速度又较慢。设备管理的任务就是充分利用各类设备资源,为用户和程序提供服务和控制设备操作。

文件是计算机中信息存放的主要形式,也是用户存放在计算机中最重要的资源。文件管理的主要目的是将文件长期、有效、有组织地存放在文件存储介质上,并向用户和程序提供方便的存取手段和共享方式。

操作系统的主要目的是方便用户使用计算机。操作系统内核通过系统调用向用户提供各种接口形式,方便用户使用。对于作业,操作系统提供两种控制方式供用户选用。用户接口是我们看到的操作系统,也称为用户界面。操作系统提供不同的用户界面形式,可以方便用户使用计算机。

3. 操作系统的构成

操作系统是直接和硬件相邻的第一层软件,由大量极其复杂的系统程序和众多的数据集合组合而成。在计算机的所有软件中,它起到了核心和控制的作用,其他软件的运行都要依赖它的支持。操作系统是在计算机系统中永久运行的超级软件。这个超级软件和其他大型软件一样,可分为若干层次,可以用一个层次式模型来描述操作系统。这个模型可分为三层。每一层又可以分为几部分,如图 1.1 所示。

其中,用户接口在最外层,是用户与计算机之间的桥梁,而控制和管理的软件集合是整个操作系统的核心部分,也称之为操作系统内核(kernel)。

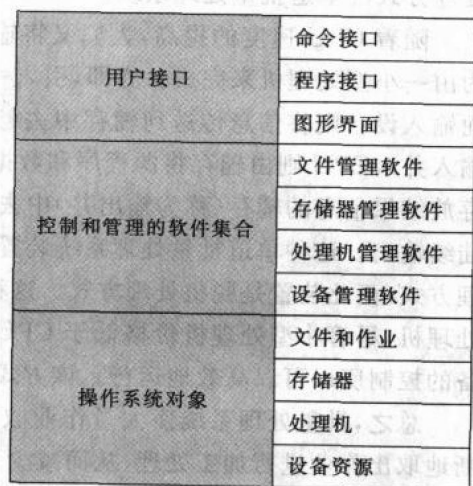


图 1.1 操作系统的层次模型

1.2 单机操作系统

在单机系统中,随着计算机的发展形成了不同类型的操作系统,概括起来有批

处理系统、分时系统和实时系统三大类。这三大类型的操作系统构成了单机操作系统的基础,也是基本的操作系统。它们的实现原理为现代操作系统的实现打下了基础。

1.2.1 批处理系统

1. 单道批量处理系统

所谓单道是指计算机主存中只存放一个作业,辅存中存放多个作业。计算机系统运行作业时,一个作业运行结束后,从辅存中再调入下一个作业进行处理。

早期的电子计算机,由于速度慢、容量小,用户只能手工编写所有指令,并对机器拥有全部使用权,因而并无操作系统。20世纪50年代初期,为了平顺作业之间的转接,减少在计算机系统上放置(建立时间)和取下(拆卸时间)作业所浪费的时间,人们开始关心并研究出最早的操作系统。

为协调由于硬件发展(运行速度提高、存储容量增大)而带来的严重的人机矛盾和机器利用率下降问题,人们改进操作方式。将作业由慢速输入设备输入到辅存上,继而再由辅存调入主存运行,并将其运行结果输出在辅存上,再分别由慢速输出设备输出。这种系统一次只能运行一个作业,所提高的机器效率完全来源于节省手工操作时间。为了对系统中的作业和计算机资源进行监督,又相应配置了监督程序(monitor),这就形成了操作系统的前身和核心。可以认为这是一种联机处理方式的单道批量处理系统。

随着CPU速度的提高,人们又将输入输出工作由原来完全依赖于CPU而改为由一小型处理机来完成。亦即,引入一卫星机专门用于对输入输出设备的控制。而输入设备则将信息传送到辅存中去(这种专门用于存放输入信息的辅存称之为输入井),CPU则由辅存将源程序和数据取入主存加工处理,其结果存入专门用于存放结果信息的辅存(称为输出井)中去。这些结果信息又由卫星机控制输出设备陆续输出。这种单道批量处理系统装置与前述的不同之处在于前述装置是联机处理方式,而此装置是脱机处理方式。这种方式使硬件成本提高了(因为增添了小型处理机,尽管小型处理机价格低于CPU),但由于CPU完全摆脱了对输入输出设备的控制所以可以高效地运行。该方式比联机处理方式的运行效率提高了很多。

总之,批量处理系统使大量作业收容存放在辅助存储器上,CPU可以源源不断地取出作业进行加工处理,从而减少了作业进入和退出计算机的操作时间。

单道批处理系统是操作系统的雏型,其特点是:

- ① 自动性。顺利情况下,磁带上的作业可一个接一个地运行,无需人工干预。
- ② 顺序性。按进入磁带的顺序进入主存。
- ③ 单道性。主存中仅存一个作业运行。

但是单道批量处理系统的缺点是一次仅能运行一个作业,这对于价格昂贵的计算机系统来说,只有一个部件工作,其余部件均处于闲等状态,资源利用率实在太低了。

2. 多道批处理系统

多道程序系统的引入,可以使 CPU、主存、各种外设资源得以充分利用。例如在单道程序系统中,运行用户程序时,外设就得空闲等待,而外设工作时,CPU 就得空闲等待。在多道程序系统中,情况就不一样了,例如三道程序情况下运行之例如图 1.2 所示。

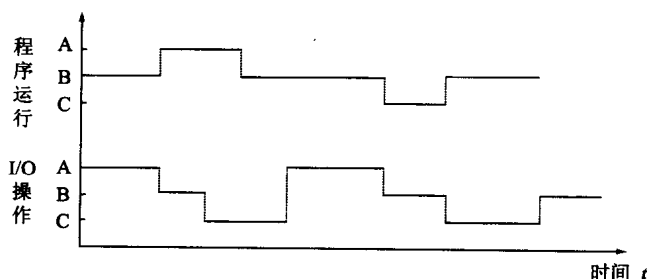


图 1.2 多道作业运行时 CPU 和外设利用情况

显然,无论是 CPU 还是外设,其利用都是比较充分的。这是因为多道程序的主要特点就是利用 CPU 的等待时间来运行其他作业,这就显著提高了 CPU 的利用率。同时,由于 CPU 与外设同时工作,所以在 CPU 运行一个作业时,外设也正在为其他作业进行输入输出操作,从而使外设利用率得以提高。

当然在多道程序系统中,必须对主存中的作业予以充分的信息保护,以防其他作业有意或无意的破坏,同时也要防止作业对系统程序的破坏。这就是多道程序系统中的第一个硬件支持——存储保护机构。多道程序系统的第二个硬件支持是地址转换机构。因为作业中的地址与主存中的实际地址可能不一样,况且主存地址会因运行情况而变动,这就需要对地址重新定位,进行地址转换。另外,还有一个硬件支持是中断机构。CPU 用大部分时间来高速运行作业,但外设工作情况也需进行必要的控制。这种控制是在得知外设工作完毕或暂停时进行的,而得知的消息则正是来源于中断机构。外设将工作结束的信息通过中断请求来告知 CPU, CPU 则对此中断请求进行处理,从而使 CPU 仅花很少时间就可得知并控制外设的工作。

多道程序系统宏观上是并行的,即多个作业“同时”在计算机系统中运行;但微观上是串行的,即在 CPU 上也是一个一个地运行(因只有一个 CPU)。这样,多道、宏观并行、微观串行就成为多道程序系统的特征。

多道批处理系统,就是在辅存中存有大量作业,并将这些作业按一定要求排成队列,从这些作业队列中,选出几个作业进入主存多道运行。当有作业运行完成退出系统时,就自动从作业队列中选取若干作业进入主存,从而使作业批量运行,而无需人工干预。

多道批处理系统具有如下特点:

- ① 充分利用资源。因为主存中存有多个作业,使各个资源都处于忙的状态,

从而提高了资源利用率。

② 系统吞吐量大。因为各种资源均处于忙状态和作业一个接一个地自动切换,使得中间切换时间少,从而提高了系统的处理能力,增大了系统吞吐量。

无论是单道批处理系统,还是多道批处理系统,都不具备用户与计算机系统的交互性。这对于那些已调试成功的对不同数据进行不同处理的系统来说,例如气象站的气象云图分析、工资报表的处理等等,是适合的;但对于大多数正在编写程序的程序员和初学者来说,太不方便了。

1.2.2 分时系统

并行操作技术是提高资源利用率的重要手段,而并行的微观效应则是分时。因此分时有三种类型:第一类是硬件设计技术中的分时,它包括 CPU 与通道分时使用主存、ROM(只读存储器)、数据通路等;通道之间分时使用 CPU、主存和通道的公用控制部分等;同一通道上输入输出设备分时使用主存、通道及公用控制器等。这是分时使用硬件。第二类是多道程序设计技术中的分时,它包括多道程序分时共享硬件资源和软件资源。第三类是分时系统设计技术中的分时,同一系统上的多个用户通过各自的终端设备,分时共用 CPU 的时间片以及其他软硬件资源,而彼此不感觉到其他用户的存在。

因此,在分时系统中,必须将 CPU 在一秒内分成若干等份,每一等份称为一个时间片(time slice),在多个终端共享同一台计算机的多个用户中,每个用户轮流使用一个时间片而使每个用户并不感到有别的用户存在。因为在他的“感觉”中,每当他使用计算机时,计算机在他的要求键入后,“立即”予以响应。其实,人的感觉往往是在 3 秒以内,相当于“一眨眼功夫”,因而每秒一个时间片,对人已感到“很快”了。这就是分时系统的一个基本特征,即及时性。

分时系统还具有同时性、独立性和交互性的基本特征。同时性是从宏观上看,多个用户同时工作,共享同一台计算机系统资源。独立性则是从用户角度说,每个用户各占一台终端而彼此并不感到有其他用户的存在,就像整个系统为他所独占。交互性体现于用户能与系统进行较广泛的人机对话,只要用户从键盘输入命令,请求系统为之服务,系统便立即予以响应,并将响应结果显示在显示屏上。

分时系统技术为现代操作系统的设计奠定了基础,也为网络时代的到来开辟了新路。

1.2.3 实时系统

实时系统是一种能在限定时间内对输入数据进行快速处理并做出响应的计算机处理系统。根据响应时间限定的严格程度,实时系统又可分为硬实时系统(也称实时控制系统)和软实时系统(也称实时处理系统)。

硬实时系统主要用于工业生产的过程控制、航天系统的跟踪及控制、武器的制导等。这类操作系统要求的响应速度快,一般为毫秒级甚至微秒级,工作要求极其