

第3章

章 计算机操作系统基础

计算机操作系统(computer operating system)是计算机软件系统的核心程序,是管理计算机系统所有硬件资源和软件资源的一组系统软件程序。硬件系统构成了计算机系统得以工作运行的物理环境与物质基础,而软件系统则是对硬件系统组成功能的分层扩充,是硬件系统能够识别并执行指令的集合,无论是巨型机、大型机、小型机,还是微型机、便携机等计算机系统都无一例外,是通过操作系统发挥强大的硬件系统功能,支持用户操作和使用。本章主要内容如下:

- 操作系统工作任务;
- 操作系统应用方式;
- 操作系统历程与发展;
- 操作系统分类;
- 操作系统管理功能;
- 操作系统基本特性;
- 常用操作系统特点与应用。

3.1 操作系统应用

操作系统是由一组完成特定任务的各种程序,及运行这些程序所需要的数据或数据库组成的系统软件程序。计算机系统由硬件系统和软件系统组成,硬件系统包括 CPU、存储器、显示器等物理设备,软件系统是计算机系统可以运行的各种程序文件和数据等,通常人们把只有硬件系统组成的机器实体设备称为“裸机”,裸机除了提供机器语言支持以外,并无任何协助用户解决问题的工具,用户直接使用计算机十分不便,甚至是不可能的,因此软件技术的发展必不可少,进而又促进硬件系统技术的不断发展,随之计算机系统智能化发展势不可挡。

计算机系统只有提高软件技术支持水平,才能充分发挥硬件系统不断发展的优越性能。可以说软件系统与硬件系统的发展是相辅相成、互相推动的,计算机软件技术的发展推动和促进了硬件技术更高需求的发展,另一方面如果没有操作系统的诞生与发展,也就不可能有计算机如此广泛地普及和应用。

操作系统的类型、功能和版本有很多,不同硬件系统平台,不同的机器配置安装的操作系统也可以是千差万别,但基于冯·诺依曼体系结构的核心工作原理是相似的,目前,操作系统为人们使用计算机系统提供人机操作界面可以分为两种方式,一种是行命令操作方式,一种是图形化界面使用方式,前者多用于专业系统维护、批处理等高效率工作,后者更多是为普通用户方便和直观地操作使用计算机系统而设计。

3.1.1 操作系统工作任务

操作系统(operating system, OS)是一组管理计算机系统所有硬件与软件资源的软件程序,是计算机系统工作运行的信息中心和指挥中心,是软件系统的基础与内核。

操作系统用于管理和调配计算机系统所有的硬件资源、软件资源和数据资源操作,使计算机系统所有资源最有效地发挥和利用,操作系统除了负责内存资源分配、CPU 优先级的使用、输入与输出控制、文件管理等基本事务外,还包括网络共享机制管理、系统安全控制等系统资源管理,控制系统程序运行流程,同时提供人机交流互动界面,为所有应用软件提供支持。操作系统是一组任务复杂而庞大的管理控制程序,一般分为处理机管理、作业管理、存储管理、设备管理、文件管理等 5 个方面。

现代计算机硬件系统一般有一个或几个 CPU 中央处理器、各种工作方式的内存、不同种类的磁盘、各种不同的输入输出设备等,结构非常复杂,要编写一个程序使用这些设备是一件非常困难的事。例如,如果要从磁盘读出一个字节的数据写入内存,若使用最基本的机器语言来完成,将需要十几个参数,包括要读取的地址、每条磁道的扇区数、物理记录格式、扇区间隙等。当操作结束时,控制器芯片还将返回二十多个状态信息,这要求程序员必须熟悉硬件底层的系统结构,需要专业人员才能完成,这种使用或开发效率非常低,不易被普通用户所接受。

因此人们很早就意识到必须找到某种方法将硬件的复杂性与使用者隔离开来,而采用的方法就是在没有任何软件支持的计算机“裸机”上加载一层软件来管理整个系统,同时给用户提供一个方便快捷和便于交流信息的程序设计接口界面,习惯上称为虚拟机(virtual machine)系统,这层功能扩充软件就是操作系统,在操作系统的基础上人们可以方便地使用磁盘、管理磁盘文件、提交打印输出等,还可以根据行业应用,开发各种应用软件系统,如文字处理系统,订票业务信息管理系统、人口信息资源管理系统、国有土地资源管理信息系统等。

计算机系统可以划分成系统硬件、操作系统、系统实用软件或应用软件和用户群体几个层次。操作系统各类用户与计算机系统的关系如图 3.1 所示。

最底层是计算机系统硬件,一台仅由硬件组成的计算机系统称为构成运行软件的基础,但不易使用;硬件之上的第一层软件是操作系统,是对硬件系统功能的第一次扩充,向下管理和控制系统硬件,向上为系统实用程序和应用软件提供良好的运行使用环境,其他系统软件是由一组系统实用程序组成的,为系统和应用软件提供底层服务。

例如,用户组装计算机时,将所需要的系统部件购买后组装在一起,这时的计算机是一组硬件系统实体,称为“裸机”,不易使用,然后选择安装操作系统,之后机器能够工作运

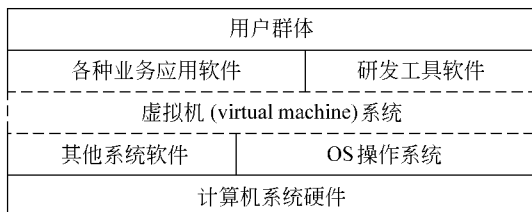


图 3.1 操作系统用户与计算机系统的关系

行,各种功能通过操作系统显现出来,便于操作使用,实际功能增强了,这台可以使用的功能“更强”的计算机系统称为“虚拟机”。系统应用软件和用于进一步开发系统的研发工具软件,如语言编译程序、汇编程序、调试程序等系统实用程序等,可以处理业务工作或支持各类应用软件的编制和维护等,系统实用软件运行于操作系统之上,需要操作系统环境的支持。各类用户是计算机系统的使用者和开发者。

计算机层次结构中,层次间表现为单向服务关系,即上层可以使用下层提供的系统服务,下层不能使用上层的服务。例如,操作系统通过接口向上层用户提供各种服务,而上层用户通过操作系统提供的接口来访问硬件。

操作系统是计算机硬件上的第一层软件,其他软件都是建立在操作系统之上的。因此,操作系统在计算机系统中占据一个非常重要的地位,它不仅是硬件和所有其他软件之间的接口,而且任何计算机都必须在硬件上安装相应的操作系统后,才能构成一个可运行的计算机系统,没有操作系统,任何应用软件都无法运行。

人们使用计算机是通过操作系统建立的虚拟机系统与硬件实体打交道,完成一般应用和系统研发等。软件系统分为系统软件和运行于系统软件之上的应用软件两大类,系统软件包括各种操作系统和其他例行系统程序,而应用软件则是可以为各类用户完成各种应用和开发工作各种系统应用程序或系统开发工具等。

实际上,目前软件种类有很多,从基本的系统装入程序、各种编辑开发软件、各种杀毒工具、网络浏览工具、数据库管理程序、用户程序等,到各种程序设计语言集成开发工具,集编辑、解释、调试、编译和运行为一体,包括操作系统本身除核心控制管理功能之外,还自带多种应用开发工具等,很多软件系统应用、管理和开发工具兼而有之,应用中并无严格划分,但计算机系统资源核心管理非 OS 操作系统莫属。

可以从人与机器两个角度观察操作系统的作用,首先从资源管理观点来看,操作系统为计算机系统资源的管理者,它好比计算机系统的管理者,管理着计算机中的各种资源;然后从用户使用计算机的角度来看,操作系统是用户和计算机硬件系统之间的接口,为用户提供良好的接口来使用计算机。

总之,计算机操作系统是加载到系统硬件上的第一层软件,是对硬件系统功能的首次扩充,主要完成以下两方面的工作。

1. 实现系统资源管理

操作系统应合理组织计算机的工作流程,合理管理和分配计算机软硬件资源,是整个

计算机系统资源的管理者。

计算机系统中通常包含各种各样的硬件资源和软件资源。人们通常把所有的硬件部件称为硬件资源,所有的程序和数据信息称为软件资源,使用计算机系统就要使用硬件资源和软件资源,而操作系统则是计算机系统资源的管理者和仲裁者,负责为运行的程序分配资源,对系统中的资源进行有效管理,使系统资源为用户很好地服务,保证系统中的资源得以有效地利用,使整个计算机系统能高效地运行。总之,操作系统就相当于计算机系统的“管家”,为用户管理好计算机的各种资源,并为用户提供良好的服务。

2. 建立人机互动桥梁

将硬件细节与用户隔离开来,同时提供快捷、方便、友好的统一界面。用户都是通过操作系统来使用计算机系统的。一个好的操作系统应为用户提供良好的界面,使用户能够方便、安全、可靠地操纵计算机硬件和运行自己的程序,而不必了解硬件和系统软件的细节就可方便地使用计算机。例如计算机系统安装好 Windows XP/Vista 操作系统后,用户可以在图形界面下用鼠标进行各种操作,而不用考虑计算机的硬件特性。

现代操作系统主要是围绕这两大方面进行开发与升级的。综上所述,可以将操作系统定义为,操作系统是管理和控制计算机系统硬件资源、软件资源、合理组织计算机的工作流程、控制程序进程、提供和改善人机交互界面,并为应用软件提供应用与开发支持的一组系统软件 and 数据的集合,是以方便用户使用计算机的一组程序,是计算机系统中最基本的系统软件。

操作系统是用户与计算机进行信息交换的桥梁和媒介,人们根据硬件系统选择配置适合的操作系统,才可以有效地发挥系统整体性能。由于运行于各种硬件环境上的操作系统的使用目的、管理范围不尽相通,各个厂商的操作系统有各种类型、各种不同的功能组合和不同的版本,各自的运行环境、管理机制、技术结构、技术支持、硬件环境支持等也并不完全一样,所以用户在使用计算机,尤其是计算机系统需要升级换代,或需要软件开发等,必须要了解操作系统的基本功能特性、系统基本构成、运行环境以及对应用软件和开发工具的支持等。

3.1.2 操作系统应用方式

用户通过操作系统使用计算机,为了方便不同用户使用或维护计算机系统,操作系统需要以方便易行的方式为用户提供一组有效使用操作系统的接口程序,该接口程序通常称为用户界面或用户接口,以便使用户可以通过操作系统提供的接口程序操作和使用计算机系统。

所有操作系统通常提供两种用户接口使用方式,即用户命令接口使用方式和程序接口使用方式,供不同的用户和不同应用选择使用。

1. 用户命令接口方式

一般操作系统都有一组完整的操作系统命令,命令接口方式通常是指用户使用操作

系统为用户提供的各种命令,直接通过输入设备输入命令,告诉操作系统执行用户需要执行操作的功能;命令接口又分为行命令接口方式和图形界面接口方式。

在行命令接口方式下,操作系统提供一组键盘操作命令以及行命令解释程序,用户通过键盘输入操作命令,回车后系统会立即执行该命令,完成指定的操作功能,然后再等待用户输入新的命令,执行新的任务,如常见的 Windows XP/Vista 操作系统系列、UNIX 操作系统、Linux 操作系统系列等,均提供了行命令接口,方便计算机系统管理与维护,包括磁盘管理与维护、磁盘文件管理与维护等。

在图形界面接口方式下,操作系统采用图形化的操作界面,通过各种图标将系统使用功能直观地表示出来,用户可通过鼠标或键盘操作图形化界面的菜单命令或对话框等,完成各种操作。此时用户不必记忆各种操作系统命令名及格式,就可以使用操作系统的操作命令,完成日常的计算机操作与应用。

现代操作系统均提供了这两种使用方式,如个人计算机使用广泛的 Windows XP/Vista 操作系统不仅提供了经典的图形界面操作方式,方便了广大用户的日常应用与操作,也提供了完整的行命令工作方式。例如复制大批文件的操作,在 Windows XP /Vista 操作系统环境中,可以使用鼠标操作,逐一正确选取要复制的源文件,确认后通过菜单命令选取复制,或直接使用鼠标拖动即可以完成磁盘文件复制的工作;同样的任务在 Windows XP /Vista 操作系统行命令(Command Prompt)方式下,使用 COPY 命令加上通配符“*”或“?”筛选,只需一条命令就可以毫无瑕疵完整地实现该操作功能。

2. 应用程序接口方式

应用程序接口方式是操作系统提供给用户用于系统扩展应用或开发系统,而编制程序时使用的。每一种操作系统还会提供一组系统调用,每一个系统调用可以完成特定的功能,计算机编程人员编写程序时,可在程序中直接使用系统调用,使操作系统完成某些特定功能和系统级服务。实际上,操作系统提供的系统调用抽象了许多硬件细节,许多繁杂的任务可以通过编写程序,以统一批处理方式进行处理,编程人员避开了许多具体的硬件细节,提高了程序的开发效率,也增加了系统程序的可移植性等。

3.2 操作系统历程与发展

操作系统使计算机有很好的适用性和通用性。人们通过事先编写的程序实现或完成计算机的各种功能,已部分代替人的脑力劳动和烦琐的事务性工作。现代计算机的特点是运算速度快,计算精确度高,可靠性好,记忆和逻辑判断能力强,存储容量大而且不易损失,具有多媒体以及网络功能等,均是在计算机硬件系统基础上通过操作系统来实现的。

3.2.1 操作系统历史

操作系统的发展与计算机的发展史紧密相关。现代计算机也称电子计算机或电脑,

是指一种能存储程序和数据、自动执行程序、快速而高效地自动完成对各种数字化信息处理的电子设备。

美国于1946年2月14日正式通过验收的电子数值积分计算机(electronic numerical integrator and calculator, ENIAC)宣告了人类第一台电子计算机的诞生。这台计算机需要功率150kW,用了18 000多只电子管,10 000多只电容器,70 000只电阻,1500多个继电器,占地160平方米,重30吨。

ENIAC问世具有划时代的意义,预示人类的科技史上计算机时代的到来。由于ENIAC使用了电子管和电子线路,运算速度大为提高,但是ENIAC不能存储程序,使用的是十进制数,而且要在机外用线路连接的方法编排程序。

人类第一台具有内部存储程序功能的计算机电子离散变量自动计算机(electronic discrete variable automatic computer, EDVAC)是根据美籍匈牙利人冯·诺依曼(Johon Von Neumann)的构想制造成功的,于1952年正式投入运行。

历史上计算机操作系统的产生与发展与计算机体系结构的发展存在非常密切的联系,实际上操作系统是伴随着计算机发展的换代历程而发展的:

第一代是电子管计算机时代(1945年~50年代末期),特征是手工操作,没有操作系统。

第二代是晶体管计算机时代(1955年~60年代中期),特征是批处理系统。

第三代是中、小规模集成电路时代(1965年~70年代初期),出现多道处理系统。

第四代是大规模和超大规模集成电路时代(1971年至现在),操作系统不断完善与发展。

操作系统的发展是与计算机发展紧密相关的,是随计算机软硬件技术发展而相互促进和推动的,各个阶段特点如下。

1. 手工操作管理方式

计算机手工操作管理方式是处于电子管时代(1945—1955)。在这一时期,计算机主要由大量的电子管构成,计算机的运算速度慢,每台计算机都必须由一个小组负责专门的编程、操作和维护。编程采用的全部是机器语言,甚至没有汇编语言,没有可以直接访问和存取存储介质,因而也没有操作系统。人们使用计算机时,必须先把程序、算题和数据一起穿成纸带或卡片,然后通过输入机把卡片读入计算机,在接下来的几小时里,该道算题便独占计算机运行,算出结果后,如果有错还要重复上面的工作,直到运行正确后再由输出机输出结果。如果还要计算另外的题目,还需要重复以上的工作过程。这种手工操作方式的效率显然是很低的。

2. 批处理系统管理方式

晶体管时代(1955—1965)计算机的特征是批处理系统操作模式。20世纪50年代后期发明的晶体管极大提高了计算机的运行速度和稳定性,此时手工操作方式的弱点更加突出。首先,手工操作不能进行复杂的控制,因而不能满足第二代计算机速度提高的使用需要。其次,手工操作的速度慢也很大程度上降低了计算机的效率。例如,在第一代计算

机上进行手工操作时算一道题要花 1 个小时,其控制操作费时 3 分钟,仅占 5%,而这个算题在第二代计算机只需 6 分钟,然而手工操作仍需 3 分钟,占了总时间的 50%,这就对计算机的控制和管理提出了要求。所以设计一种软件,用来控制程序的运行并管理硬件资源已是势在必行。在这种背景下,20 世纪 60 年代出现了现代操作系统的最初形式——批处理系统。批处理系统又分为联机批处理和脱机批处理两类。

1) 联机批处理系统

批处理系统主要由一个控制程序组成。该控制程序允许计算机的使用者(当时一般是专门的操作员)将一批不同的程序一次性地输入到计算机系统中,由它在运行时负责不同算题之间的自动过渡,这便大大节省了手工装卸程序的时间。其工作示意图如图 3.2 所示。

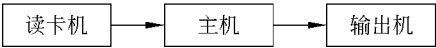


图 3.2 脱机处理系统

但是,联机批处理用处理机直接控制 I/O 输入输出设备,所以当 I/O 设备工作时,处理机只好处于等待的状态。它们之间速度的差异限制了计算机系统效率的提高。例如,一台速度为 1200 行/分的打印机打印一行需 50ms,而百万次的计算机在这段时间则大致可运行数万条指令。

2) 脱机批处理系统

在联机处理模式中,计算机系统的运行瓶颈是在于处理机与外设之间的速度差异,那么如果把输入输出工作交给一台相对便宜的专用设备完成,这样就能进一步发挥主机的效率,这就是脱机管理系统,如图 3.3 所示。

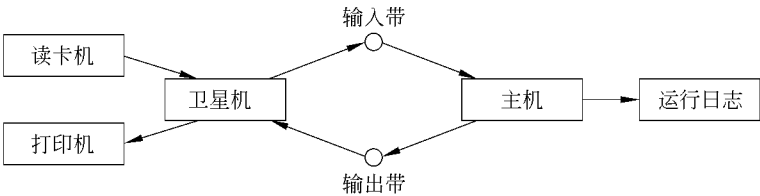


图 3.3 脱机批处理系统

在脱机批处理方式中,增加了一台负责与外部设备交换信息的计算机,人们称之为卫星机。在这样的系统中卫星机与主机分工明确,并行工作,使主机充分发挥了运行速度的优势,提高了效率。批处理系统虽然功能十分有限,但它首次出现了程序控制的设计理念,实现了作业间的自动过渡,使上机操作初步自动化。

3.2.2 操作系统技术

1965 年开始进入集成电路芯片的计算机时代,出现了多道处理系统技术,成为软件系统中最重要的一环,计算机软件技术和硬件技术相辅相成,快速发展,随后在操作系统的设计中逐渐引入了中断技术、通道技术和多道程序设计技术等,使操作系统的功能逐步增强。

1. 单道程序设计

早期的计算机在运行时一般都是独占系统资源,操作系统采用单道程序设计,只能算作系统管理程序,还不是真正意义上的共享、利用和管理整个系统资源的操作系统。单道程序设计系统在单位时间内独占资源,单道顺序地执行程序,即一个程序任务执行完成后,才允许启动另一程序任务,因而称之为单道程序系统。

在单道系统中,当前运行的程序作业,因等待 I/O 输入输出操作而暂停时,CPU 处理器也只能停下来等候,直至 I/O 输入输出操作完成后,CPU 继续执行作业进程如图 3.4 所示。

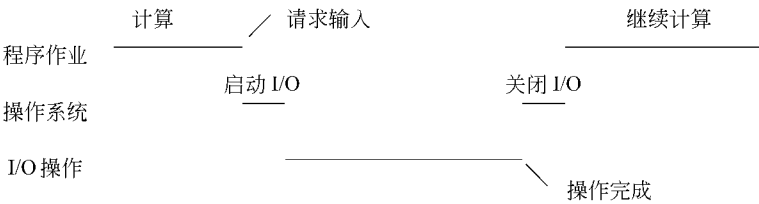


图 3.4 单道程序工作示例

这种由于 CPU 处理器等待 I/O 操作而产生的时间上的浪费,对于那些 I/O 操作需求相对较少的科学计算或工程计算问题上还表现得不是十分突出,但在大量商业数据处理运算过程中,这种 I/O 等待时间通常要占处理机总运行时间的 80%~90%。这时就特别需要采取某种措施来减少处理机的闲置时间。

到 20 世纪 60 年代,计算机硬件技术的重大进展是通道技术的引进和中断技术的发展。通道是专门用来控制输入和输出的一种处理器,称之为输入输出处理器,简称 I/O 处理器,相对主机 CPU 来说速度较慢,但价格便宜,可以和主机 CPU 配合并行工作,通道技术具有中断主机的能力,操作系统通过中断技术协调 CPU 处理器与 I/O 处理器的关系,即什么时候把输入输出工作交给 I/O 处理器完成,什么时候通过中断技术协调,把主要运算工作提交 CPU 处理器运行,这样多个用户程序可以同时调入内存,进入系统运行,于是出现了多道程序的概念。

2. 多道程序设计

多道程序设计技术是指在计算机内存中同时存放几道相互独立的程序,并使它们在操作系统的控制之下,在时间上相互穿插运行,以减少 CPU 处理器等待的时间。当某一道程序因某种需求,如上面所说的 I/O 操作,而不必占用 CPU 处理器继续运行时,操作系统便将另一道程序提交给 CPU 处理器投入运行,这样可以使处理器及各外部设备尽量处于忙碌状态,从而提高系统的使用效率,多道程序设计运行原理与过程示例,参见图 3.5。

当用户程序 P1 需要输入新的数据时,系统协助 P1 启动输入设备,并同时让程序 P2 投入运行,当程序 P2 需要进行输出操作时,再启动相应的输出设备进行工作。如果这时程序 P1 的输入尚未结束,也无其他用户程序需要提交计算,这时 CPU 处理机就处于空

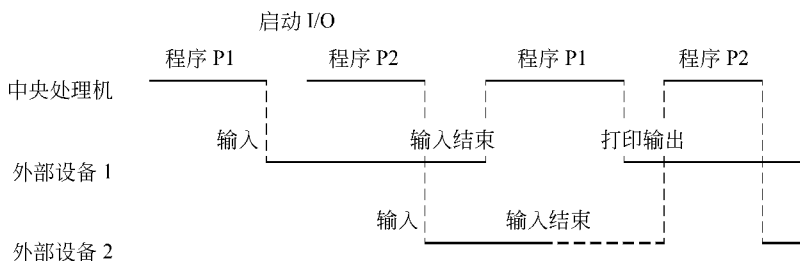


图 3.5 多道程序工作示例

闲的状态,直到程序 P1 在输入工作结束后重新执行。当程序 P2 的输出处理完成后,如果程序 P1 仍在执行,则程序 P2 继续等待,直到程序 P1 计算结束,CPU 处理机才转入执行程序 P2 的进程,这样,在多道系统中,CPU 中央处理器的使用效率就可以大为提高。

多道程序系统具有以下特点。

1) 多道程序同时运行

计算机内存中同时存放有几道相互独立的程序。

2) 宏观上并行

同时进入系统的几道程序都处于运行的过程中,即它们都先后开始了各自的运行,但都未运行完毕。

3) 微观上串行

宏观上同时运行的程序,在实际上是各道程序作业轮流使用 CPU 处理器。在任何一瞬间时刻,CPU 处理器中始终只能有一道程序作业进程在运行。

操作系统发展到这一阶段,为了满足不同的操作需要,在多道批处理系统技术的基础上又产生了分时操作系统和实时操作系统技术。

3. 分时操作系统

在早期的多道批处理系统中,作业总是成批地处理,计算结果也是成批地输出,而且在计算过程行中,程序员无法控制程序本身的运行。因此,即使是一个小小的编译错误也会浪费程序员大量的时间。计算机用户迫切希望对程序进行交互控制。这种需求促使了分时(time sharing)操作系统的产生。

分时操作系统实际上是多道程序的一种演变。在分时系统中,一台计算机接有多个终端,包括显示器、键盘等,每台终端可单独地为一名用户提供交互服务,CPU 处理机运算速度的提高使得每个用户在使用终端设备独立进行工作时,如同独享 CPU 处理机,而对于计算机来说,CPU 处理机则是分时地为不同的终端提供服务。所谓的“分时”,就是将处理机时间划分为一个一个很短的时间片(一般为几十毫秒),并按循环轮转的方式将时间片分配给每个终端使用,从而使每一个用户可同时与计算机系统进行交互处理。由于时间片的长度很短,一般在 1~2 秒内便可完成对用户的反应,因而给终端用户一种“独占计算机”系统的应用感觉。

综上所述,分时操作系统的技术特征为:

- (1) 同时性 若干个用户同时使用同一台计算机。
- (2) 独占性 用户之间互不干涉,独立操作。
- (3) 及时性 用户的输入可以得到及时的响应。
- (4) 交互性 用户可以通过人-机对话控制程序的运行过程。

UNIX 操作系统是当今最流行的一种多用户分时操作系统。历史上出现的较有代表性的分时系统还有 1965 年由 GE 公司开发的 MUTICS 和 IBM 公司研制的 TSS/360 等。

4. 实时操作系统

随着计算机在工业控制和信息处理领域中的应用,产生了实时系统。所谓的“实时”是指操作系统能够以足够快的速度及时对外部信息做出反映并进行处理,也就是在规定的时间内做出快速的响应。实时操作系统的响应时间比分时系统快得多,一般要求秒级、毫秒级甚至微秒级的响应时间。

实时系统按其适用场合的不同又分为两类。

1) 实时控制

实时控制主要应用于工业过程的实时控制和环境监督。该类操作系统负责收集各种外部数据,并按一定的算法或规程对信息进行分析处理,等到一个控制信息。该信息经过数/模转换,整理输出,对被控对象进行控制。达到实时处理的目的。

2) 实时信息处理

实时信息处理主要用于自动订票系统、情报检索系统等实时信息处理环境。该类操作系统允许用户通过终端设备向计算机提出某种要求,而计算机系统处理后通过终端回答用户。

实时操作系统的特点主要有以下几点:

- 系统对外部实时信号必须及时响应,能及时处理,响应时间要足够控制发出实时信号的特定环境。
- 实时系统要求有高可靠性和安全性,通常系统的效率则放在第二位。
- 实时系统的整体性要求很强,要求所有的联机设备和资源必须按一定的时间关系和逻辑关系协调工作。
- 实时系统交互能力比分时系统要弱,通常不允许用户修改已有的程序作业。

3.2.3 操作系统发展

如果说 20 世纪 50 至 60 年代是以主机和终端数据通信为特征的批处理系统;20 世纪 60 至 70 年代出现了分时操作系统;20 世纪 70 至 80 年代是计算机网络发展非常快的阶段,微型计算机和微型计算机组成的局域网应用发展和普及日益广泛;而进入 90 年代后,微型计算机普及更为广泛,局域网成为计算机网络结构中的一部分,计算机和计算机之间、计算机和网络之间、网络和网络之间的互联迅速发展,Internet 进入中国后,不仅在经济上、在人们的社会生活中起着越来越重要的作用,操作系统更是向着网络化、智能化