

第 1 章 操作系统的类型和功能

知识重点

操作系统定义;传统、现代操作系统发展历史;5 大类型特点(批处理、分时、实时、网络、网格);5 大管理功能的实现(作业、文件、存储、设备、进程);管理技术要素;UNIX、DOS、Windows、Linux;性能指标评价;单道与多道;并发与并行;共享与独享;同步与异步;操作系统安装、配置与设置。

1.1 什么是操作系统

从计算机用户的观点来看:

(1) 计算机操作系统是计算机技术和管理技术的结合。

(2) 计算机操作系统是方便用户、管理和控制计算机软硬件资源的系统软件(或程序集合)。

(3) 操作系统目前有 5 大类型(批处理、分时、实时、网络和分布式)和 5 大功能(作业管理、文件管理、存储管理、设备管理和进程管理)。

操作系统

操作系统有两方面的含义。首先,操作系统是人和计算机系统之间的交互界面。用户通过操作系统来控制 and 操纵计算机系统;软件编制人员在操作系统所提供的系统调用的基础上开发应用程序。在这个意义上,操作系统可视为建立在硬件机器基础上的一个虚拟机,在这一虚拟机上,硬件特征对用户而言是透明的。其次,操作系统是计算机系统内各种各样硬件资源的管理者。计算机系统中的硬件资源有处理器、存储器、计时器、磁盘、磁带、终端、网卡和打印机等。在运行的计算机系统中,操作系统的任务就是在各种各样请求硬件资源的任务之间,按照一定的约定,有条不紊地分配硬件资源。

常用的操作系统(operating system, OS)有 DOS、OS/2、Windows 系列、UNIX 或 Linux 系列、NetWare 等。以下从不同的角度来回答和说明计算机操作系统的定义和特点。

操作系统相当于计算机系统的“管家”。所谓“管家”就是方便主人管理家务的人。实际上,每一个人都有“操作系统”,你的头脑管理和控制着你的形体(硬件)和思维(软件)。而计算操作系统要管理的是计算机系统。学习过“计算机组成原理”或“微机原理”课程后,我们会知道,计算机系统是由两部分系统资源组成的,即硬件资源和软件资源。硬件资源包括中央处理单元(central processing unit, CPU)、存储器(memory、store、storage)和各种外围设备(peripheral devices)。软件资源包括系统软件(system software)和应用软件(application software),主要是指以各种文件形式储存的程序集合。那么对于操作系统这位“管家”而言,要管理的“家务”就是管理和控制计算机的软硬件资源,不仅要“看管”好软硬件资源,更

要控制调度好,最终目标是要为计算机用户服务好,其中还包含提供各种有用的文档、资料 and 手册。

操作系统是为计算机用户服务的,它的主人就是用户。所以,计算机操作系统是方便用户、管理和控制计算机软硬件资源的系统软件(或程序集合)。

1.1.1 操作系统在软件层次中的地位

从软件方面看,计算机软件分为系统软件和应用软件两大类。操作系统是最重要的大型系统软件之一。系统软件还包含实用程序和工具软件等服务程序的集合,因此,计算机操作系统是一种软件,属于系统软件。

系统软件用于计算机的管理、维护、控制和运行,并对运行的程序进行翻译、装入等服务工作。应用软件是指那些为了某一类应用需要而设计的程序,或用户为解决某个特定问题而编写的程序或程序系统。例如,航空订票系统和银行计算机管理系统都是应用软件。

系统软件本身又可分为 3 部分,即操作系统、语言处理系统和常用的例行服务程序。其中语言处理系统包括各种语言的编译程序、解释程序和汇编程序;常用的例行服务程序的种类很多,通常包括库管理程序、链接编辑程序等。软件内容见表 1-1。

表 1-1 软件内容

软件	系统软件	操作系统
		语言处理系统
		常用的例行服务程序
应用软件		

操作系统由系统程序员开发、研制和编写,并把它“灌制”在外部存储器(例如,硬磁盘、软磁盘或光盘上),在相应的计算机硬件“平台”上运行。所以操作系统不同于由用户编写的应用软件。

同时,操作系统虽属于系统软件,却又不同于其他系统软件。因为其他系统软件都受操作系统的管理和控制,并得到操作系统的支持和服务。所以对于任何一个现代通用计算机系统来说,可以没有其他软件,但决不可以没有操作系统。其次,操作系统的设计必须兼顾面对用户和软硬件资源两个方面。

从用户角度看,操作系统可以看成是计算机“裸机”(bare machine)的硬件扩充。因为有了操作系统,计算机就变成更为强大的一台虚拟计算机,像是硬件的扩充。裸机是计算机的物质基础。没有裸机这个硬件,软件也就失去了作用;而若只有硬件,没有配置相应的软件,计算机就不能发挥它潜在的能力,硬件也就没有了活力。有人这样说:没有软件的裸机是一具僵尸;而没有硬件的软件则是一个幽灵。如果我们给一个只有定点运算功能的裸机配上浮点运算的软件,则计算机就具有了浮点运算的功能。因此,一个裸机在每加上一套软件后,就变成了一个新的功能更强的机器,称为“虚拟机”。软件的作用就是将原来的机器改造成强功能的虚拟机。操作系统与软硬件之间的层次关系如图 1-1 所示。

由图 1-1 可见,操作系统是最贴近硬件的一层软件,所以说操作系统是硬件的扩充。

从人机交互方式来看,操作系统是用户与机器的接口(interface),具有友好方便的用户

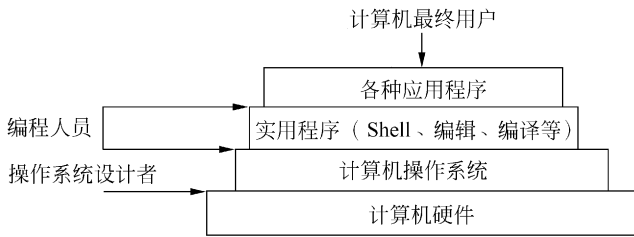


图 1-1 计算机系统层次关系示意图

接口界面。一般用户使用现代计算机，不一定要知道计算机内部原理是用二进制计数，以及内部数据是如何存放的。现在用户使用计算机，不必像最早时期那样，要用一大堆的“0”和“1”来输入二进制数据和控制计算机运行。因此，现代操作系统必须具有用户与计算机间友好方便的界面。对普通计算机用户而言，离开了操作系统几乎无法工作。每个人都有这样的经验，友好交往要见“面”，“远看身材近看脸”。因为呈现给用户的最直观的印象首先是显示器屏幕上一种界面。DOS 和 UNIX 操作系统的模样是命令提示符和闪动的光标，Windows 操作系统则是展示各种图标的“桌面”。面对着界面，便可以对操作系统这位“管家”发布各种命令了。

从管理者角度看，操作系统也是管理资源的程序扩充。而且与计算机用户的应用特点有关。例如，科学计算、数据处理和实时控制等。因此，从管理资源的角度来看，操作系统是所管理资源的程序扩充。操作系统所做的工作就是分门别类的管理，并详细记录资源的使用情况，再按一定策略对资源进行调度分配，为用户服务。不同的操作系统管理的策略和方法是不同的。

从计算机的系统结构看，操作系统是一种层次化、模块化结构的程序集合，属于有序分层法，核心内部有很多有用的程序模块，操作系统工作时按一定的策略进行模块的有序层次调用。由精明强干的核心管理机构——内核(kernel)进行集中管理和控制。

从本课程的知识体系结构 3 个层次来看，操作系统是计算机技术和管理技术的结合。在现代社会中，先进的管理技术和先进的科学技术是现代社会经济发展的两个车轮。管理的好坏主要表现在下列两方面：一是管理机构利用最少的资源投入，取得最大的、合乎需要的成果产出，即高效性；二是管理的具体方法和技巧，要适应环境条件的变化。例如，按“摩尔”定理所示，计算机虽然至今还是二进制式的原理，并没有新的突破，但由于大规模、超大规模集成电路技术的成熟发展，计算机的价格性能比，约以每 18 个月翻一番，或者说每 10 年以 100 倍的速度发展。新产品不断涌现，用户往往还没有完全应用好计算机的各项功能时，产品已被淘汰，所管理的计算机固定资产也很快贬值。

管理工作不同于作业工作，它是为作业工作提供服务的。但是，管理人员的管理内容必须与技术相结合。例如，公司的总经理、学校校长、医院院长和主任等，他们往往既是管理者，又是专业业务工作人员。

“哲学是自然知识和社会知识的概括和总结。哲学的根本问题是思维和存在、精神和物

质的关系问题”^①。有人把科学归纳为系统的知识。大多数搞技术工作的人学的是自然科学,但学一点哲学是很有用的,能增强综合解决问题的能力。管理学与数学、物理等自然科学相比还不是一门精确的科学,而是正在发展中的科学。目前,还不能为遇到问题的管理者提供解决一切问题的标准答案,但通过管理学的学习,可以掌握管理的一般原则和基本方法。因此,学习“计算机操作系统”这一门课程要注意与学习数、理、化课程不同的特点,往往在解决实际问题时“没有最好而只有更好”。

生活在现代社会中,人们都接触过不少管理系统的部分具体内容,但不少人并不一定清楚其中是如何管理的,是如何调度的;更不清楚管理者是如何安排日常具体工作和长远计划的。

管理工作的含义是管理者按一定的时间(事物往往是随时间动态变化的)和一定的空间(例如,不同地点)的时空观念调度所管辖下的人力、物力和财力。实际上,每一个成年人自己每时每刻都在调度自己的身体各个部分。计算机的操作系统实际也是一个人设计的自动管理者,在方便上机用户前提下,监督和控制计算机硬件软件资源的一种系统软件。目前流行的各种操作系统,都是一套完整独立的管理系统,其中应用了“堆栈”、“队列”、“表格”、“树形结构”、“图论”和“空间场”等数据结构方法进行的,使计算机资源得到充分利用。

可以从以下几种不同的角度,尽快熟悉一个操作系统:

用户的角度。从操作系统向用户提供服务的角度即从操作系统“由表及里”的外部特性来看,它提供了使用的语言,如命令语言、图形语言、菜单语言等。一般的操作系统向用户提供了命令一级、系统调用一级以及作业控制一级的服务。这些服务涉及设备控制、文件管理、进程的建立和撤销、内存管理等。此外,操作系统作为计算机硬件功能的扩充,为它的上一层(应用软件)提供了虚拟机环境。操作系统的用户界面已从第一代命令/程序接口和第二代图形接口,发展到第三代的虚拟现实环境。

资源管理的角度。从静态角度认识操作系统,它是计算机中各种软硬件资源的管理者。负责资源的登记、记录状况、分配、回收以及维护其完整性,并操纵其使用,同时向用户提供方便的使用界面。根据资源的分类可分成作业管理、文件管理、存储管理、设备管理和处理机管理等5个部分。这几个部分相对独立又互相关联,协调配合运行,共同完成用户的服务要求。

操作系统大量采用数据结构中的表格管理。例如,在 UNIX/Linux 中采用零进程的父子表格登记复制方法管理;在 Windows 中采用注册表管理,详细记录了各项工作过程,主要有3方面:

- (1) 详细记录操作系统设置及修改的内容,以便调整或增强系统性能;
- (2) 监视各项工作活动的变化内容,以便合理调度资源,及时为用户服务;
- (3) 清理或整理系统中的各项记录,以便进行适当的恢复或修复工作。

进程的角度。从运行的动态变化观点来熟悉操作系统。操作系统要通过“共享资源”(一物多用和充分利用)来提高资源的利用率,必然要引入并发(快速交替工作)及并行(同时工作)机制。在这个意义上,操作系统由若干个可以同时独立运行的基本分配和执行单元程序(即进程)和一个对它们进行管理、协调的系统核心组成。在系统核心的管理下,各个进程

^① 中国社会科学院语言研究所词典编辑室编. 现代汉语词典. 北京:商务印书馆,1979

此起彼伏地运行,完成用户的服务工作。在一般“操作系统”课程教学中,讲解的主要是“操作系统核心”。“核心”在计算机启动时首先调入主内存(或主存或内存)才能工作,直至关机,一直常驻在内存。

1.1.2 操作系统的设计观点

操作系统的设计,其程序实现一般都分成两个状态:用户态和核心态(系统态),在UNIX中有目态和管态。前者是面向用户(对象)的,而后者是面向计算机资源的管理和控制的。通过两种状态的传递和转换,在安全可靠的前提下,使CPU的“指令”逐个完成多个用户的多个任务。硬件保证用户态下运行的程序不得访问核心空间中的数据,从而保护了操作系统。系统调用的出现为用户编制程序提供了很多方便和可靠性保证。

服务用户和管理资源是操作系统的两大使命。但遗憾的是,这两者不一定统一。事实上,在资源的供给与用户的需求之间常常会发生矛盾。有限的资源如何为“苛刻”的用户服务?这便是计算机操作系统面临的主要问题,也是推动操作系统发展的巨大动力。

操作系统的设计观点包含用户观点和资源观点两方面。即一方面要面向用户服务,方便用户使用计算机;另一方面还要将计算机资源充分利用起来。

在管理工作中的最大“难点”是用户观点和资源观点往往不容易协调统一。例如,北京有一种小公共汽车(俗称“小巴”),从用户观点看,我坐上公共汽车,当然希望它马上就开,而从司机角度想,为了充分利用“汽车”资源,最好是坐满乘客后开,充分利用这“一趟”资源。因此,乘客与司机之间常常为此引起矛盾。其根源是“小巴”是共享资源,所以车站的调度人员(有点像计算机操作系统)就要协调两者之间的矛盾,尽量找到一个平衡点,既要使得乘客感到比较方便满意,又要使每辆小公共汽车得到充分的利用,坐上更多的乘客。因此,就产生了大公共汽车、小公共汽车、区间车、高峰临时加班车等调度。如果你有一辆私人汽车,坐上就开当然没有问题,但也要注意,开到马路上时,马路往往又成为“共享资源”,制约了你开车的速度。同样道理,用户总是希望计算机干活干得快一点,储存的东西多一点;但从资源方面看,CPU的速度总是有限的,内存的容量也是有限的。计算机的CPU、内存、显示器和打印机都属于共享资源,多个用户或一个用户在要求计算机完成众多任务时往往希望计算机“多快好省”,而资源有限的计算机难于满足用户的全面要求,这时,“方便用户”与“资源充分利用”常常是矛盾的。

在使用计算机时,如何选用和配置操作系统呢?对于一般的计算机,特别是个人计算机(personal computer,PC),俗称“电脑”,在选购电脑和选择安装操作系统时,建议用户不要盲目追求新潮,应该根据电脑的配置情况和购买电脑的用途来选择。

下面举例说明配置方案供大家参考。

市场上的电脑配件品种繁多,品质良莠不齐,价格也变动很大,给消费者在购买电脑时带来了很大的不便。从市场上看,电脑配置一般可以分为高、中、低3个档次。高低档价格大约差一倍。游戏玩家追求“爽”、“酷”,往往是高档机的顾客,因为速度最快,立体效果最好。高档机还适合作可视化科学计算和图像处理的科学研究选用。而对于一般学习计算机编程的人员或进行文字编辑或数据处理工作人员,选择中档甚至低档机也已足够。在选购电脑之后,根据用途先选择什么样的应用软件,然后选择和配置操作系统。目前DOS短小精悍,占内存少,但逐渐会被淘汰;Windows操作系统有图形界面操作,使用方便;在网络信

息服务方面,根据网络应用要求和规模,选用高档的计算机作为稳定可靠的网络服务器,一般应采用稳定性较好的 UNIX 和 Linux 操作系统。

1.2 操作系统的形成和 5 大类型

操作系统最早仅仅是管理计算机的硬件资源,特别是外部设备,是由**监控程序**发展而来。计算机以**批处理**方式进行工作,用户将一批作业或任务记录在输入介质上(最早开始使用打电报的穿孔纸带输入输出机和磁鼓),然后联机,通过手控作业控制命令启动计算机,一个一个地工作,只能以**串行**方式工作。随着硬件一代又一代“时空”的飞速发展,从电子管、晶体管、中小集成电路、大规模集成电路发展到超大规模集成电路,体积越来越小,特别是**CPU 速度**(“时间”)越来越快以及**存储器容量**(“空间”)越来越大,软件也紧随其后发展,要管理的内容越来越多,而 CPU 只有一个“脑袋”,那么有多个 CPU 同时工作又如何管理和控制呢?一开始只能采用循环的**询问**办法。

计算机系统结构的第一个重大突破是采用**中断**(interrupt)技术:主机内部有**硬中断**,特别是外部设备和**硬通道**对主机的中断;以及由软件引发控制的**软中断**。使 CPU 和外部设备之间以及外部设备与外部设备之间,特别是在有通道的情况下,有可能实现真正的**并行**处理工作。中断就是让计算机主机停止当前运行的程序(要“保留现场”,以便以后有机会回来时“恢复现场”正常工作),转向执行别的程序的过程(根据中断要求,转向相应的有关中断处理程序)。为了防止在处理一个事件过程中受别的事件打扰,系统必须设置**中断排队**和**屏蔽**机制,事件中断按优先数排队,在中断工作期间不允许别的事件进入正在工作的过程。但为了使操作系统在处理当前事件的同时能接收后面事件的中断,又必须要有**开放中断屏蔽**的功能。这就为**分时操作系统**和**实时操作系统**奠定了基础。分时系统按时间片(即每隔一段时间)轮流处理各种事件(又分为固定时间片和非固定时间片),实时系统的中断以外部事件或人为要求为主。

并行操作这一概念早已为人们熟悉,它是为提高资源利用率而实施的一种技术。即在同一个瞬间内,完成多种操作功能。其中 CPU 和通道、通道与通道以及通道与 I/O(输入和输出)3 种并行操作已成为现代计算系统的基本特征。这 3 种并行操作又按分时方式共享系统资源,并对应有 3 种分时:CPU 和通道分时使用内存、只读存储器和数据通路等;通道与通道分时使用 CPU、内存、通道的公用控制部分等;同一通道中的 I/O 又分时使用内存、通道等。以上是分时使用硬件,属于硬件设计中的技术。进一步是**多道程序**(在主存中同时存放多个程序段)的软件设计技术,即**分时共享硬件和软件资源**。

计算机系统另一个重大突破是采用新一代的编程实现,引入了**进程**(process)的编程概念,进程是资源(包括内存空间和代码段等)的分配单位,又是运行单位。

作为管理计算机系统的“管家”,计算机操作系统有不同的类型,分类是管理技术的首要工作。人们习惯上将操作系统分为 5 大类型,它们是:

- (1) 批处理操作系统(batch processing operating system);
- (2) 分时操作系统(time sharing operating system);
- (3) 实时操作系统(real time operating system);
- (4) 网络操作系统(network operating system);

(5) 分布式操作系统(distributed operating system)。

其中前 3 种操作系统类型是比较基本的,属于传统的操作系统类型,而后两种操作系统是随着计算机网络、分布式处理等新事物的出现而产生的,属于现代操作系统。在实际真正使用的商品操作系统中,往往是综合性的,即以某一种类型操作系统为主,兼有其他类型操作系统的功能。例如,美国 HP 公司的 HP-UX 操作系统,是 UNIX 操作系统的一种变种,必要时能控制实现实时操作系统的一些功能。有名的一种网络操作系统是 Sun 公司 UNIX 的变种,它具有先进的网络文件系统(network file system, NFS)。

1.2.1 计算机操作系统的形成

以上所述这 5 种类型的操作系统各有各的看家本领,各有各的应用领域。不过在进一步了解它们之前,先要回顾一下操作系统形成的历史。现今比较成熟的操作系统都是逐步形成的。

计算机操作系统的历史突出了“时空观”的特点,一方面跟随 CPU、内存、硬盘等硬件速度提高和容量扩大而飞速发展;另一方面随着用户的“无限”应用需求促使操作系统也不断发展。

第一代计算机(1945—1955 年):真空电子管和插件板

当时计算机处于电子管时代,根本没有操作系统。人们把这个时期称为“手工操作阶段”,顾名思义,人们当时使用的计算机大量需要人工控制,还没有“管家”来为他们服务。

第一代计算机时期,构成计算机的主要元件是电子管,运算速度慢(只有每秒几千次)。计算机由主机(运算控制部件、内存)、输入设备(例如,纸带输入机、卡片阅读机)、输出设备(如打印机)和控制台组成。

第一代计算机主要用作求解计算题,并采用手工操作方式。使用过程大致如下:首先用户直接用机器语言编制程序;然后把程序纸带(或卡片)装上输入机;启动输入机把程序和数据送入计算机;接着通过控制台开关启动程序运行。计算完毕,用户拿走打印结果,并卸下纸带(或卡片)。在这个过程中需要人工装纸带、人工控制程序运行、人工卸纸带,这些都是人工操作。这种由一道程序独占机器且有人工操作的情况,在计算机速度较慢时是允许的,因为计算所需时间相对较长,人工操作所占比例还不很大。

20 世纪 50 年代后期,计算机的运行速度有了很大的提高,从每秒几千次、几万次发展到每秒几十万次、上百万次。新的计算机竭力渴望摆脱人工的干预。

第二代计算机(1955—1965 年):晶体管 and 批处理系统

为了解决人机矛盾,提高自动化程度,人们研制了监督程序,由该程序自动依次处理一系列任务。于是进入了“单道批处理阶段”。该阶段又可具体地分成以下 3 个时期。

1. 联机批处理系统

所谓联机批处理系统,就是比以前手工时代多了一个监督程序。用户上机前,需向机器的操作员提交程序、数据和一个作业说明书,后者提供了用标识、用户想使用的编译程序以及所需的系统资源等基本信息。这些资料必须变成穿孔信息,例如,变成带孔的纸带或卡片。操作员把提交的一批作业装到输入设备上(如果输入设备是纸带输入机,则这一批作业在纸带上;若输入设备是读卡机,则该批作业在一叠卡片上),然后由监督程序控制送到磁带

上。之后,监督程序自动输入第一个作业的说明记录,若系统资源能满足其要求,则将该作业的程序、数据调入内存,并从磁带上输入所需要的编译程序。编译程序将用户源程序翻译成目标代码,然后由连接装配程序把编译后的目标代码及所需的子程序装配成一个可执行的程序,接着启动执行。计算完成后输出该作业的计算结果。一个作业处理完毕后,监督程序又可以自动地调下一个作业进行处理。重复上述过程,直到该批作业全部处理完毕。

有了监督程序帮忙,用户只要安排好一批任务,计算机便可顺序执行每一个任务,直到干完所有的任务为止。这样确实省了不少事。但联机批处理阶段,CPU 实际上代替了以前用户的工作。因为任务的输入输出是联机的,也就是说任务从输入机到磁带,由磁带调入内存,以致结果的输出打印都是由 CPU 直接控制的。现在的问题是,快捷的 CPU 与慢吞吞的输入输出设备之间形成了一对矛盾。日常生活中也有这样的例子:CPU 好比是医术高明的医生,在联机批处理系统中,有一批病人等待着 CPU 动手术,不过病房与手术间隔着很长的一段距离。联机的状况下,CPU 不得不亲自跑到病房将一个病人推到手术室,做完手术后还得亲自将病人推回病房,然后再推下一个病人。这样,很多宝贵的时间便浪费在路上了。

2. 脱机批处理系统

如何将高性能的 CPU 从繁琐小事中解放出来呢? 脱机批处理系统的解决方法就是给 CPU(“领导”)找一个“秘书”(卫星机,也叫外围计算机)。脱机批处理系统由主机和卫星机组成,如图 1-2 所示。

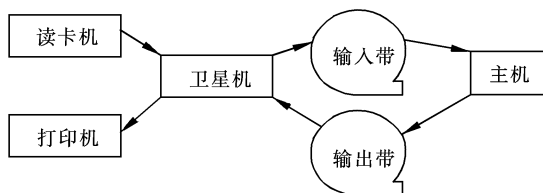


图 1-2 脱机批处理系统

卫星机不与主机直接连接,只与外部设备打交道。卫星机负责把输入机上的作业逐个传送到输入磁带上。当主机需要输入作业时,就把输入带与主机连上。主机从输入带调入作业逐个运行。计算完成后,输出结果到输出磁带上,再由卫星机负责把输出带上的信息打印输出。在这样的系统中,主机和卫星机可以并行操作,两者分工明确,可以充分发挥主机的高速计算能力。

“秘书”的任务就是专门负责输入输出工作。门口送来了一批任务文件,“秘书”将它们一个个捡起来,按顺序排号,码放在待处理文件中。同时“秘书”还要关注“领导”桌子上是否有处理完的文件,有的话就把它打印好送给门外等候答复的人们。有了“秘书”,“领导”的工作就简单多了,所要做的就是从桌上待处理文件中拿出一份,批阅完毕后放到桌子的另一边,大大提高了效率。

现在,CPU 与输入输出设备间的矛盾虽然因“秘书”(外围计算机)的出现得到了缓解,但是脱机批处理系统中存在着一大缺点是 CPU 与外围计算机之间的联系被完全隔离。“秘书”完全不了解哪些任务属于“领导”能够处理的,哪些任务不应该给“领导”处理。他只

会一股脑地将对方的所有任务从门口搬到“领导”的办公桌上。所以有时会出现很糟糕的情况：“秘书”拿给“领导”一份完全看不懂的文件，于是门内的“领导”（CPU）陷入不知所措的死循环，门外的用户只有干等。由此，出现了执行系统。

3. 执行系统

在执行系统中，用“医生-护士-紧急呼救器”的管理模式替代了脱机批处理系统中“领导-秘书”模式。护士的工作有点像通道技术。护士不同于机械的“秘书”，虽然有独立工作的能力，但要遵医嘱（受 CPU 的控制）办事。紧急呼救器指的是中断技术。计算机的外围设备被配置上紧急呼救器。医生（CPU）会经常发询问命令，外围设备若遇到无法解决的情况可发中断请求，直接与医生（CPU）进行联络。

20 世纪 60 年代初期，硬件获得了两方面的进展，一是通道的引入，二是中断技术的出现。这两项重大成果导致操作系统进入执行系统阶段。通道是一种专用处理部件，它能控制一台或多台外设工作，负责外部设备和储存之间的信息传输。它一旦被启动就能独立于 CPU 运行，这样可使 CPU 和通道并行操作，而且 CPU 和各种外部设备也能并行操作。所谓中断是指当主机接到外部信号（如设备完成信号）时，马上停止原来的工作，考虑去专门处理这一事件，处理完毕之后，主机又回到原来的断点继续工作。借助于通道、中断技术，输入输出工作可在主机控制下完成。这时，原有的监督程序的功能扩大了，它不仅负责调度作业自动地运行，而且还要提供输入输出控制功能（用户不直接使用启动外设的指令，它的输入输出请求必须通过系统去执行）。这个发展了的监督程序通常常驻在内存，称为执行系统。

执行系统实现的是联机操作，和早期批处理系统不同的是：输入输出是由在主机控制下的通道完成的，主机和通道、主机和外设之间都可以并行操作。在执行系统中，用户程序的输入输出工作委托给系统实现，由系统检查其命令的合法性，以避免由于不合法输入输出命令造成对系统的威胁，因此提高了系统的安全性。另外，由于引入了一些新的中断，例如，算术溢出和非法操作码中断等，克服了错误停机的弊病，而时钟中断可以解决用户程序中出现的死循环现象。

“护士-紧急呼救器”的引入，既可以解决 CPU 与外设间的速度矛盾，又使 CPU 能在必要时直接控制输入输出工作。所以这时的监督程序所要担负的任务也就多了一项，不但仍要负责 CPU 自动地执行一个个任务，而且还要控制输入输出。这个增强了功能的监督程序，就是执行系统。从没有操作系统，到监督程序，再到执行系统，操作系统的雏形已模糊可见了。

第三代计算机（1965—1980 年）：集成电路芯片和多道程序

在这一时期操作系统初步形成并完善，终于出现了 3 种最基本的操作系统类型：多道批处理操作系统、分时操作系统和实时操作系统。

第四代计算机（1980—1990 年）：大规模集成电路芯片和传统操作系统

这期间个人计算机已普及使用。操作系统也有了进一步发展，操作系统向方便用户使用的服务方向发展。网络操作系统和分布式操作系统也应运而生。

第五代计算机（1990—）：超大规模集成电路芯片、网络和分布式操作系统

第五代计算机的定义不完全一致，总的是以并行处理计算机和分布式操作系统为主。

以上的历史总结也可以在表 1-2 得到印证。

表 1-2 操作系统发展特点

年代	OS 发展阶段	硬 件	软 件	运行特点
1940— 1950 年	手工操作	CPU 速度低 内存小 外设少(几件)	没有 OS; 只有机器语言	人工干涉; 联机(用户独占)
1950— 1960 年	单道批处理 联机批处理 脱机批处理 执行系统阶段	CPU 速度提高至几 万次 内存提高至几十 KB 外设增加至几十件 增加卫星机 (硬)通道控制多台外 设与主机并行工作 (硬)中断机构请求暂 停主机工作	监 督 程 序 (supervi- sor); 执行程序常驻内存	人工选作业 “领导-秘书” “护士-紧急求救器-医 生”
1960— 1980 年	多道批处理 分时系统 实时系统	内存更大 CPU 更快 接多个终端	OS 有了雏形;多道 程序设计(内存装多 个作业交替执行) OS 完善,按时间片 输入输出设备排队 事件驱动	用户独占、多路、交互; 联机多用户使用
1980 年 至今	网络操作系统 分布式操作系统	硬件资源分布在不同 地理位置	浏览、搜索和应用	有网络地址

1.2.2 操作系统的 5 大类型

下面对 5 大操作系统的分类工作特点进行描述。

1. 批处理操作系统

从手工操作到早期批处理系统,再到执行系统有一个共同之处,就是每次只调一个用户程序进入主存让它运行,称为单道运行。这种情况好比医生(“计算机”)得一个病人一个病人地看病。即便如此,医生还是有空闲的时间。例如,医生有时需要量一下病人体温,等待测量体温的结果,这时对病人的诊断虽然还没结束,但医生却闲了下来。于是,人们考虑,能否进一步提高 CPU 的利用率呢?让医生在利用等待体温结果的空闲时间,开始接待下一个病人。这样,医生被充分“利用”。从表面上看就有两个病人在“同时”接受医生的治疗。这就引入了多道程序设计的概念,即在系统内(主存)同时存放并运行几道相互独立的程序。多道程序设计的基础是将运行过程进一步细化成几个小的步骤,从而实现宏观上的并行。但从微观上看,主存中的多道程序轮流地或分时地占用处理机,交替执行。

多道程序设计技术的实施环境被称为存储程序式的计算机(又称冯·诺依曼计算机)。