

计算机网络概述

本章主要介绍计算机网络的基本知识,包括常用概念的含义,网络的发展过程、功能、组成、分类,拓扑结构、网络传输介质。

1.1 计算机网络的功能

过去的 300 年中,每一个世纪都有一种技术占据主要的地位。18 世纪伴随着工业革命而来的是伟大的机械时代;19 世纪是蒸汽机时代;20 世纪的关键技术是信息的获取、存储、传送、处理和利用。计算机是 20 世纪人类最伟大的发明之一,它的产生标志着人类开始迈向一个崭新的信息社会。从工业革命到信息革命,一个根本的变革就是从劳动密集型社会转入到知识密集型社会。在 20 世纪的最后 10 年中,人们惊喜地发现:电话、电视及计算机正在迅速地融合;信息的获取、存储、传送和处理之间的孤岛现象随着计算机网络的发展而逐渐消失;曾经独立发展的电信网、电视网和计算机网将合而为一;新的信息产业正以强劲的势头迅速崛起。因此,在未来社会中,信息产业将成为社会经济中发展最快和最大的部门。为了提高信息社会的生产力,提供一种全社会的、经济的、快速的存取信息的手段是十分必要的,这种手段是由计算机网络来实现的。可以说计算机网络是计算机技术与通信技术两大现代技术结合的产物,它涉及到硬件、软件、网络体系结构、通信等方面的内容。

1.1.1 计算机网络的产生和发展

世界上第一台电子计算机的诞生在当时是很大的创举,但是任何人没有预测到 50 年后的今天,计算机在社会各个领域的应用是如此广泛,影响是如此深远。当 1969 年 12 月世界上第一个数据包交换计算机网络 ARPAnet 出现时,也不会有人预测到时隔 20 多年,计算机网络在现代信息社会中扮演了如此重要的角色。ARPAnet 网络已从最初的 4 个节点发展为横跨全世界 100 多个国家和地区、挂接有几万个网络、几百万台计算机、几亿用户的因特网(Internet)。Internet 是当前世界上最大的国际性计算机互联网络,而且还在发展之中。

纵观计算机网络的发展历史可以发现,它和其他事物的发展一样,也经历了从简单到复杂,从低级到高级的过程。在这一过程中,计算机技术与通信技术紧密结合,相互促进,共同发展,最终产生了计算机网络。它可以分为 4 代。

在计算机网络出现以前,信息的交换是通过磁盘进行的,如图 1-1 所示。

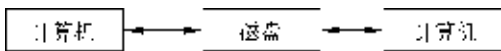


图 1-1 计算机通过磁盘交换信息

第 1 代网络,是以单台计算机为中心的远程联机系统,如图 1-2 所示,称之为“面向终端的计算机通信网络”,它是计算机技术与通信技术相结合而形成的计算机网络的雏形。如 1963 年美国使用的“全美飞机订票系统”,以一台计算机为网络的中心,将全国 2000 多台终端利用电话线连接起来,从而实现自动化订票任务。

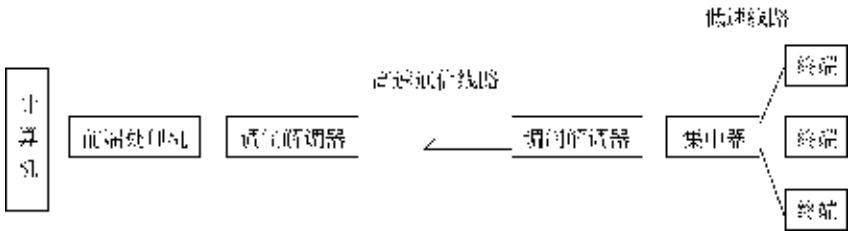


图 1-2 远程联机系统

第 2 代网络,是在计算机通信网的基础上,完成计算机网络体系结构和协议的研究,形成的计算机初期网络,如 20 世纪 60 年代后期到 20 世纪 70 年代初期由美国国防部高级研究计划局研制的 ARPAnet 就是这种网络,它将计算机网络分为资源子网和通信子网。这一代网络解决了网络内部设备互联的问题。

ARPAnet 是一个分组交换网,结构示意图如图 1-3 所示,IMP 负责通信处理和通信控制,包括报文分组、存储转发、信号收发,H 负责数据处理,TIP 将终端集中后连入主机。

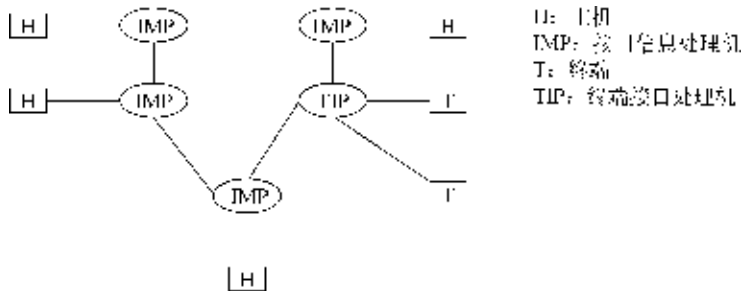


图 1-3 ARPAnet 结构示意图

第 3 代网络,称为开放式标准化计算机网络。它是在解决了计算机联网和网络互联标准的基础上,提出了开放系统互连参考模型及相应协议,大大促进了网络技术的标准化工作,为网络的普及奠定了良好的基础。所谓“开放式”是相对于只能符合独家网络厂商要求的封闭式体系而言的。在开放式网络环境下,所有计算机设备和通信设备只要遵循共同制定的国际标准,就可以实现不同产品在同一网络中顺利通信。目前,存在着两种占主导地位的网络体系结构,即国际标准化组织 ISO 提出的开放系统互连 OSI 体系结构和 TCP/IP(传输控制协议/网际协议)体系结构。

第4代网络,各种类型的网络全面互联,并向宽带化、高速化、智能化方向发展。目前,Internet的广泛应用、10Gbps高速网络的出现已经证明了这一点。在Internet环境下,不同类型、不同档次的计算机或者网络只要遵守TCP/IP协议都可以连进来相互通信,共享信息资源。

网络的发展必将导致计算机网络、通信网络、广播电视网络三网合一,网络安全、服务质量(QoS)、多媒体信息(特别是视频信息)的快速传送将成为网络性能的关键问题。计算机网络的发展既受到计算机科学技术和通信科学技术的支撑,又受到网络应用需求的推动。如今,计算机网络从体系结构到实用技术已逐步走向系统化、科学化和工程化。作为一门年轻的学科,它具有极强的理论性、综合性和依赖性,又具有自身特有的研究内容。它必须在一定的约束条件下研究如何合理、有效地管理和调度网络资源(如链路、带宽、信息等),提供适应不同应用需求的网络服务和拓展新的网络应用。

1.1.2 计算机网络的定义与功能

1. 网络的定义

网络是由某种传输介质如电线或电缆所连接的一组计算机和其他设备(比如打印机)。硬件、软件、传输介质和网络设计的变形多种多样。网络可以包括由家中或办公室中通过电缆所连接起来的两台计算机,也可以由全球成百上千台计算机组成,相互间通过电缆、电话线和卫星建立连接。除可以连接个人计算机之外,网络还可以连接主机、调制解调器、光盘驱动器、打印机、传真机和电话系统。各种设备之间可以通过铜线、光缆、无线电波、红外线或卫星进行通信。

计算机网络通常定义为:将地理位置不同并且具有独立功能的多个计算机系统通过通信线路和通信设备相互连接在一起,由网络操作系统网络协议软件进行管理,以实现资源共享和相互通信的系统。

“具有独立功能的计算机系统”是指入网的每一台计算机系统都有自己的软件和硬件系统,都能完成独立的工作,各个计算机系统之间没有控制和被控制的关系,网络中任一计算机系统只有在需要使用网络服务时才自愿登录上网进入网络工作环境。“通信线路和通信设备”是指通信媒体和相应的通信设备,通信媒体可以是同轴电缆、光纤、双绞线、微波等多种形式,一个地域范围较大的网络中可能使用多种不同的通信媒体。“网络操作系统和通信协议”是指每个入网计算机系统上的系统软件之上增加的,用来实现网络通信、资源管理、网络服务的专门软件。“资源”是指网络中共享的所有软硬件资源,包括程序、数据库、存储设备、打印机等。

可见,带有多个终端的多用户系统、多机系统都不是计算机网络,邮电通信系统的电报系统、电话系统、移动通信系统都属于通信系统,也不是计算机网络,但与计算机网络有非常密切的联系。而校园网、企业内部网、图书馆图书检索系统、超市收款系统、因特网都是计算机网络。

2. 网络的功能

网络提供的功能常被称为服务。网络提供的基本功能包括资源共享、数据通信和分布

式处理。具体包括以下几种。

(1) 文件和打印服务

文件服务指使用文件服务器提供数据文件、应用软件和磁盘空间共享的功能。文件服务是网络的最初应用,至今仍是网络的应用基础。如在一个中心位置存放共享的数据比把文件复制到磁盘上,然后通过磁盘传送文件的处理方式更容易更快捷。数据保存在中心位置也会更安全,原因是网络管理员可以很容易地实现数据备份,而不需依靠单个用户分别做备份。而且,使用文件服务器来运行多个用户需要的应用程序只需购买更少的应用程序拷贝,并且也会减少网络管理员的维护工作。

使用打印服务共享网络上的打印机能节省时间和资金。高质量的打印机价格很贵,但这种打印机可以同时为整个部门提供打印服务,因而使用网络打印服务则不必为每个员工购买一台打印机。只使用一台打印机,维护和管理工作会更少。

(2) 通信服务

借助于网络通信服务,远程用户通常通过电话线和调制解调器可以连接到网络。“远程用户”指在地理位置上与局域网服务器不同的计算机用户。在通常情况下,通信服务不能让网络用户连接到该网络之外的某台机器。Windows NT 和 NetWare 等网络操作系统都包含内置的通信服务。在 Windows NT 中,通信软件被称为远程访问服务器(RAS)。在 NetWare 中,通信软件被称为网络访问服务器(NAS)。两种通信软件都能保证用户拨号进入通信服务器,或者运行这些通信服务的服务器,然后登录到网络,利用各种网络功能,就好像登录到服务器环境中某台工作站一样。

商业公司和其他组织通常使用通信服务为远离局域网的员工提供局域网访问能力,如在家工作的员工,在旅途中的员工。一些组织和商业公司还可以使用通信服务来让其他组织的员工(比如软件或硬件供应商)帮助分析和解决网络问题。

(3) 邮件服务

邮件服务可以保证网络上的用户间电子邮件的保存和传送。用户借助于电子邮件可以实现组织内外的快捷方便的通信。邮件服务除提供发送、接收和存储电子邮件的功能外,还可以包含智能的电子邮件路由能力、提示、规划、文档管理和到其他邮件服务器的网关(网关是个硬件和软件的整体,能够在两种不同类型的网络间交换数据)。邮件服务可以运行在多种系统之上;邮件服务可以连接到 Internet,也可以隔离在组织内。常见的邮件服务软件有 Microsoft 公司的 Exchange Server, NetWare 的 GroupWise 等。

(4) Internet 服务

作为全球覆盖面最广的网络,Internet 已经成为生活和商业活动中不可或缺的工具。Internet 服务包括 WWW 服务和浏览器、文件传输功能、电子公告版系统 BBS、新闻组服务、网上聊天、网上视频点播、网上多人游戏 MUD、IP 电话等。

(5) 管理服务

网络管理的服务内容很多,主要包括以下几个方面。

- 流量监测和控制。该服务可以测定当前网络或某段网络的流量(即数据传送和处理活动),并且可以在某段网络超载时提醒管理员。一个网络段是从逻辑上区分的有别于局域网其他部分的一部分局域网,并且共享固定的流量容量。通常,网络规模越大,监测网络流量越重要。

- 负载均衡。在整个网络的范围内平均地分配处理活动,以使没有任何一台设备被击垮。对于那些很难预测提交给服务器的请求数量的网络来说(比如 Web 服务器),实现任务分布式处理更加重要。
- 硬件诊断和失效报警。当某网络组件发生故障时,系统自动诊断出来,并通过电子邮件或打印结果自动把突发情况通知网络管理员。
- 资产管理。收集和存储网络中软件和硬件资产(或资源)的数目和使用情况的计费数据。数据收集过程自动进行,每个网络客户端被在线地检测。过去,这些数据是手工记录得到,然后输入到电子表格的。
- 许可证跟踪。可决定网络中当前正在使用某单个应用程序的复制数,防止非法软件复制。
- 安全审计。可以决定当前正在使用何种安全措施,并且当安全受到侵害时及时通知网络管理员。
- 软件分发。指自动地把数据文件和程序从服务器传送到网络中的客户端。软件分发可以从服务器开始,也可以从客户机开始。如软件的升级、网上通知都可以在网络上实现。
- 地址管理。指集中管理整个局域网有限的网络地址。通常,在无需与客户机交互的情况下就可以完成该任务。
- 数据备份和数据恢复。指把关键数据文件复制(或备份)到安全的存储区域,当原来的文件丢失或被删除时,可以重新恢复(或检索)数据。通常数据备份是按照一定的规则进行的。备份和数据恢复服务集中地管理多个服务器上的数据备份,并且在需要时恢复文件和目录。

(6) 电子商务

贸易双方利用网络可以进行网上洽谈、网上订货、网上支付,免去大量的旅途时间和费用,对于个人用户,信用卡支付和手机支付是最常用的消费方式。

1.1.3 计算机网络的组成

1. 硬件和软件的组成

计算机网络由硬件和软件两部分组成。硬件部分包括计算机系统、终端、通信处理机、通信设备和通信线路。软件部分主要是指计算机系统和通信处理机上的网络运行控制软件,包括网络操作系统、通信协议、网络管理软件和应用软件。

(1) 计算机系统和终端

计算机系统和终端提供网络服务界面,在地理位置上相对集中的多个独立终端可以通过一个终端控制器连入网络,以减少通信线路,提高系统性能。一般将计算机系统称为主机节点,或称站点。

(2) 通信处理机

又称为通信控制器或前端处理机,是计算机网络中完成通信控制的专用计算机和通信处理设备。通信处理机完成通信处理和通信控制工作,包括信号的编码、编址、分组装配、发

送和接收信息、通信过程控制等工作,这些工作对用户是完全透明的,它使计算机系统不再担心通信问题而集中进行数据处理工作。

在广域网中,经常采用专门的计算机通道通信处理机,在局域网中,由于通信控制设备比较简单,所以没有专门的通信处理机,而采用网络适配器即网卡安装在计算机的扩展槽中,完成通信控制功能。在实际网络中,除了专门的通信控制器外,还有终端控制器、线路集中器、通信交换设备、网关、路由器、集线器等多种形式的通信控制设备,这些设备统称为通信节点。

(3) 通信线路和通信设备

通信线路是由连接网络节点的一种或者几种传输介质所构成的物理通路。通信设备的采用和通信线路有很大的关系,如果采用模拟线路,在线路两端须使用调制解调器(Modem),如果采用有线介质,在计算机与通信介质之间还须使用相应的介质连接部件。

(4) 网络操作系统(NOS)

任何一个网络在完成硬件连接之后,都需要继续安装网络操作系统软件才能形成一个可以运行的网络系统。网络操作系统是建立在单机操作系统之上的,它管理网络资源并实现资源共享。其主要功能包括如下几个方面。

- 管理网络用户,控制用户的网络的访问权限。
- 提供多种网络,对多种网络应用提供支持。
- 提供网络通信服务,支持网络协议。
- 进行系统管理,建立和控制网络进程,监视网络活动。

目前比较流行的网络操作系统有 UNIX、Windows NT Server、Windows 2000 Server、Windows 2003 Server、Linux 和 NetWare 等。

(5) 网络协议软件

协议是指双方制定的共同遵守的约定。计算机网络是由多种类型的计算机和终端通过通信线路连接起来的复合系统,这些计算机和终端等就是通常所说的计算机网络中的节点,节点之间需要不断地交换数据和控制信息。要做到信息的正确传输,就要求信息的内容、格式、传输顺序等有一整套的规则、标准和约定,这些为网络数据交换而制定的规则、约定与标准被称为网络协议(Protocol)。一个网络协议主要由以下 3 个要素组成。

- 语法。协议的语法规定了将若干个协议元素和数据组合在一起来表达一个更完整的内容时所应遵循的格式,即对所表达内容的数据结构形式的一种规定。例如,在传送一份数据报文时,可用适当的协议元素和数据,按下述格式来表达,如图 1-4 所示,其中 BCC 为校验码。

SOH	HEAD	STX	TEXT	ETX	BCC
-----	------	-----	------	-----	-----

图 1-4 通信协议的语法格式

- 语义。协议的语义是指对构成协议的协议元素含义的解释,不同类型的协议元素规定了通信双方所要表达的不同内容。例如,在基本型数据链路控制协议中,规定协议元素 SOH 的语义表示所传输报文的报头开始,而协议元素 ETX 的语义则表示正文结束。

- 同步。也称时序,用来规定事件的执行顺序。例如,在双方通信时,首先由源站发送一份数据报文,如果目标站收到的是正确的报文,就应遵循协议规则,利用协议元素 ACK 来回答对方,以使源站知道其所发出的报文已被正确接收,如果目标站收到的是一份错误的报文,就应遵循规则用 NAK 元素做出回答,以要求源站重发刚刚发过的报文,由此可见,网络协议实质上是实体间通信时所使用的一种语言。

通信协议由专门的国际组织来制定,如国际标准化组织 ISO 和国际电气电子工程师协会 IEEE,比较常见的网络通信协议有 TCP/IP 用于 Internet 网及 intranet 网,IPX/SPX 用于 NetWare 网络。

(6) 网络管理和网络应用软件

任何一个网络中都需要多种网络管理和网络应用软件,网络管理软件用于监控和管理网络的工作情况,网络应用软件为用户提供丰富的应用服务。

2. 资源子网和通信子网

通常从逻辑上可以将网络划分为两个部分:资源子网和通信子网,也可以说计算机网络是由通信子网和资源子网组成的,如图 1-5 所示。

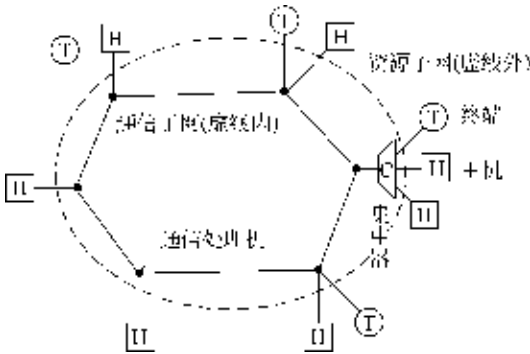


图 1-5 资源子网与通信子网

(1) 通信子网

网络中面向数据传输或者数据通信的部分资源集合,主要支持用户数据的传输。该子网包括传输线路、网络设备和网络控制中心等硬软件设施。邮电通信部门提供的网络一般都作为通信子网;企业网、校园网中除了服务器和计算机外的所有网络设备和网络线路构成的网络也可称为通信子网。通信子网与具体的应用无关。

(2) 资源子网

网络中面向数据处理的资源集合,主要支持用户的应用。资源子网由用户的主机资源组成,包括接入网络的用户主机,以及面向应用的外设(如终端)、软件和可共享的数据(如公共数据库)等。

1.1.4 计算机网络的分类

现在计算机网络被广泛地使用,已经出现了多种形式的计算机网络,根据网络的分类不

同,同一种网络,会有各种各样的说法,例如是局域网、总线网,或者是 Ethernet(以太网)及 NetWare 网等。因此,研究网络的分类有助于更好地理解计算机网络。计算机网络的分类方法很多,其中主要的方法有 3 种:根据网络所使用的传输技术、根据网络的覆盖范围与规模、按网络拓扑结构。

1. 根据网络传输技术进行分类

网络所采用的传输技术决定了网络的主要技术特点,因此根据网络所采用的传输技术对网络进行划分是一种很重要的方法。

在通信技术中,通信信道的类型有两类:广播通信信道与点到点通信信道。在广播通信信道中,多个节点共享 1 个通信信道、1 个节点广播信息,其他节点必须接收信息。而在点到点通信信道中,1 条通信信道只能连接 1 对节点,如果两个节点之间没有直接连接的线路,那么它们只能通过中间节点转接。显然,网络要通过通信信道完成数据传输任务,因此网络所采用的传输技术也只可能有两类,即广播(Broadcast)方式和点到点(Point-to-Point)方式。这样,相应的计算机网络也可以分为两类:点到点式网络(Point-to-Point Network)和广播式网络(Broadcast Network)。

(1) 点到点式网络

点到点式网络指网络中每两台主机、两台节点交换机之间或主机与节点交换机之间都存在一条物理信道,即每条物理线路连接一对计算机,机器(包括主机和节点交换机)沿某信道发送的数据确定无疑地只有信道另一端的唯一一台机器收到。假如两台计算机之间没有直接连接的线路,那么它们之间的分组传输就要通过中间节点的接收、存储、转发直至目的节点。由于连接多台计算机之间的线路结构可能是复杂的,因此从源节点到目的节点可能存在多条路由,决定分组从通信子网的源节点到达目的节点的路由需要有路由选择算法。采用分组存储转发是点到点式网络与广播式网络的重要区别之一。

在这种点到点的拓扑结构中,没有信道竞争,几乎不存在访问控制问题。点到点信道无疑可能浪费一些带宽,因为在长距离信道上一旦发生信道访问冲突,控制起来是相当困难,所以广域网都采用点到点信道,而用带宽来换取信道访问控制的简化。

(2) 广播式网络

在广播式网络中,所有联网计算机都共享一个公共通信信道。当一台计算机利用共享通信信道发送报文分组时,所有其他计算机都会接收到这个分组。由于发送的分组中带有目的地址与源地址,接收到该分组的计算机将检查目的地址是否与本节点的地址相同。如果被接收报文分组的目的地址与本节点地址相同,则接收该分组,否则丢弃。在广播式网络中,发送的报文分组的目的地址可以有单节点地址、多节点地址、广播地址 3 类。

在广播信道中,由于信道共享可能引起信道访问冲突,因此信道访问控制是要解决的关键问题。有关网络传输信道的合理分配问题在后续章节中有详细的讲解。

2. 根据网络的覆盖范围进行分类

按照计算机网络覆盖的地理范围对其进行分类,可以很好地反映不同类型网络的技术特征。由于网络覆盖的地理范围不同,所采用的传输技术也不相同,因而形成了不同的网络技术特点和网络服务功能。按覆盖地理范围的大小,可以把计算机网络分为广域网、城域网

和局域网。

(1) 广域网(Wide Area Network, WAN)

广域网的作用范围通常为几十到几千公里,现在采用了新技术和新设备,广域网的主干线路传输速率已可达 2.5Gbps。广域网又被称为远程网,是可在任何一个广阔的地理范围内进行数据、语音、图像信号传输的通信网,在广域网上一级连有数百、数千、数万台各种类型的计算机和网络,并提供广泛的网络服务。

广域网是从 20 世纪 60 年代开始发展的,其典型代表是美国国防部的 ARPANet 网,Internet 是最大的广域网。中国公网 CHINANET、国家公用信息通信网(又名金桥网)CHINAGBN、中国教育科研计算机网 CERNET 均是广域网。

(2) 局域网(Local Area Network, LAN)

局域网的覆盖范围较小,从几十米到几千米,通信距离一般小于 10km,传输速率在 0.1~1000Mbps,响应时间为百微秒级。局域网的特点是组建方便、使用灵活。

随着计算机技术、通信技术和电子集成技术的发展,现在的局域网可以覆盖几十公里的范围,传输速率可达几千 Mbps,例如 Ethernet 网络。

局域网按照采用的技术、应用范围和协议标准的不同,可以分为共享局域网和交换局域网。局域网发展迅速,应用日益广泛,是目前计算机网络中最活跃的分支。

(3) 城域网(Metropolitan Area Network, MAN)

城域网是介于广域网与局域网之间的一种高速网络,城域网设计的目标是满足几十公里范围内的大量企业、机关、公司的多个局域网互联的需求,以实现大量用户之间的数据、语音、图形与视频等多种信息的传输功能。

3. 按网络拓扑结构分类

网络中各个节点相互连接的方法和形式称网络拓扑。网络的拓扑结构形式较多,主要分为:总线型、星型、环型、树型、全互联型、格状型和不规则型。

按照网络的拓扑结构,可把网络分成:总线型网络、星型网络、环型网络、树型网络、网状型网络、混合型和不规则型网络。

4. 其他的网络分类方法

按网络控制方式的不同,可把计算机网络分为分布式和集中式两种网络。

按信息交换方式,计算机网络分为分组交换网、报文交换网、线路交换网和综合业务数字网等。

按网络环境的不同,可把计算机网络分成企业网、部门网和校园网等。

计算机网络还可按通信速率分为 3 类:低速网、中速网和高速网。低速网的数据传输速率在 300bps~1.4Mbps 之间,系统通常是借助调制解调器利用电话网来实现。中速网的数据传输速率在 1.5~45Mbps 之间,这种系统主要是传统的数字式公用数据网。高速网的数据传输速率在 50~1000Mbps 之间。信息高速公路的数据传输速率将会更高,目前的 ATM 网的传输速率可以达到 2.5Gbps。

按网络配置分类,这主要是对客户机/服务器模式的网络进行分类。在这类系统中,根据互联计算机在网络中的作用可分为服务器和工作站两类。于是,按配置的不同,可把网络

分为同类网、单服务器网和混合网,几乎所有这种客户机/服务器模式的网络都是这 3 种网络中的一种。网络中的服务器是指向其他计算机提供服务的计算机,工作站是接收服务器提供服务的计算机。

按照传输介质带宽分类,计算机网络分为基带网络和宽带网络。数据的原始数字信号所固有的频带(没有加以调制的)叫基本频带,或称基带。这种原始的数字信号称为基带信号。数字数据直接用基带信号在信道中传输,称为基带传输,其网络称为基带网络。基带信号占用的频带宽,往往独占通信线路,不利于信道的复用,且抗干扰能力差,容易发生衰减和畸变,不利于远距离传输。把调制的不同频率的多种信号在同一传输线路中传输称为宽带传输,这种网络称为宽带网。

按网络协议分类,可把计算机网络分为以太网(Ethernet)、令牌环网(Token Ring)、光纤分布式数据接口网络(FDDI)、X.25 分组交换网络、TCP/IP 网络、系统网络架构(System Network Architecture,SNA)网络、异步转移模式(ATM)网络等。Ethernet、Token Ring、FDDI、X.25、TCP/IP、SNA 等都是访问传输介质的方法或网络采用的协议。

按网络操作系统(网络软件)分类,可对网络进行分类,例如:Novell 公司的 NetWare 网络、3COM 公司的 3+Share 和 3+OPEN 网络、Microsoft 公司的 LAN Manager 网络和 Windows NT/2000/2003 网络、Banyan 公司的 VINES 网络、UNIX 网络、Linux 网络等。这种分类是以不同公司的网络操作系统为标志的。

1.2 计算机网络的拓扑结构与网络传输介质

1.2.1 计算机网络拓扑结构

网络拓扑结构是抛开网络电缆的物理连接来讨论网络系统的连接形式,是指网络连接线路所构成的几何图形,它能表示出网络服务器、工作站的网络配置和互相之间的连接。

网络拓扑结构按形状可分为 5 种类型,分别是:星型、环型、总线型、树型、总线/星型混合结构、网状拓扑结构。不同的传输介质所适应的拓扑结构如表 1-1 所示。

表 1-1 不同的传输介质所适应的拓扑结构的性能比较

媒 介	速率/Mbps	距离/m	标 准	拓 扑	安 装
无屏蔽双绞线(UTP)	4~16	100~200	Ethernet Token Ring	星型	易
	100	50	FDDI		
屏蔽双绞线(STP)	4~16	200~400	Token Ring	环型	中
	100	100	FDDI	星型	
同轴电缆	10	200(细) 500(粗)	Ethernet	总线	中
光导纤维	4~16	2000	Ethernet Token Ring	星型	较难
	100	2000	FDDI		

1. 星型拓扑结构

星型布局是以中央节点为中心与各节点连接而组成的,各节点与中央节点通过点与点

方式连接,中央节点执行集中式通信控制策略,因此中央节点相当复杂,负担也重。星型拓扑结构如图 1-6 所示。

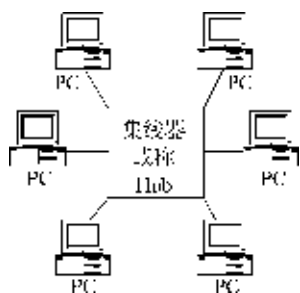


图 1-6 星型拓扑结构

以星型拓扑结构组网,其中任何两个站点要进行通信都必须经过中央节点控制。中央节点主要功能有:为需要通信的设备建立物理连接;为两台设备在通信过程中维持这一通路;在完成通信或不成功时,拆除通道。

在文件服务器/工作站(File Servers/Workstation)局域网模式中,中心点为文件服务器,存放共享资源。由于这种拓扑结构,中心点与多台工作站相连,为便于集中连线,目前多采用集线器(Hub)或者交换机。

Hub 具有信号再生转发功能,通常有 4 个、8 个、12 个、16 个、24 个端口等规格,每个端口相对独立。

星型拓扑结构特点:网络结构简单,便于管理,集中控制,组网容易;网络延迟时间短,误码率低;网络共享能力较差,通信线路利用率不高,中央节点负担过重,可同时连双绞线、同轴电缆及光纤等多种媒介。

2. 环型拓扑结构

环型网中各节点通过环路接口连在一条首尾相连的闭合环型通信线路中,环路上任何节点均可以请求发送信息。请求一旦被批准,便可以向环路发送信息。环型网中的数据可以是单向也可是双向传输。由于环线公用,一个节点发出的信息必须穿越环中所有的环路接口,信息流中目的地址与环上某节点地址相符时,信息被该节点的环路接口所接收,而后信息继续流向下一环路接口,一直流回到发送该信息的环路接口节点为止。环型拓扑结构如图 1-7 所示。

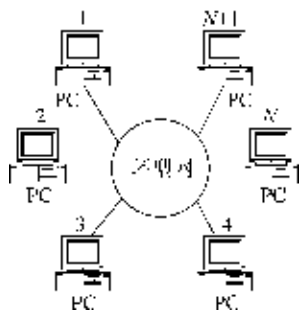


图 1-7 环型拓扑结构

环型网的特点是:信息在网络中沿固定方向流动,两个节点间仅有唯一的通路,大大简化了路径选择的控制;某个节点发生故障时,可以自动旁路,可靠性较高;由于信息是串行穿过多个节点环路接口,当节点过多时,影响传输效率,使网络响应时间变长,但当网络确定时,其延时固定,实时性强;由于环路封闭,故扩充不方便。

环型网也是微机局域网常用拓扑结构之一,适合信息处理系统和工厂自动化系统。1985 年 IBM 公司推出的令牌环型网(IBM Token Ring)是其典范。在 FDDI 得以应用推广后,这种结构进一步得到运用。

3. 总线拓扑结构

用一条称为总线的中央主电缆,将相互之间以线性方式连接的工作站连接起来的布局方式,称为总线型拓扑,如图 1-8 所示。在总线结构中,所有网上微机都通过相应的硬件接口直接连在总线上,任何一个节点的信息都可以沿着总线向两个方向传输扩散,并且能被总线中任何一个节点所接收。由于其信息向四周传播,类似于广播电台,故总线网络也被称为

广播式网络。总线有一定的负载能力,因此,总线长度有一定限制,一条总线也只能连接一定数量的节点。

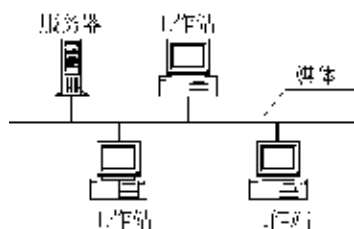


图 1-8 总线型拓扑结构

总线布局的特点是:结构简单灵活,非常便于扩充;可靠性高,网络响应速度快;设备量少,价格低,安装使用方便;共享资源能力强,极便于广播式工作,即一个节点发送所有节点都可接收。

在总线两端连接的器件称为端结器(末端阻抗匹配器或终止器)。主要与总线进行阻抗匹配,最大限度吸收传送端部的能量,避免信号反射回总线产生不必要的干扰。

总线型网络结构是目前使用最广泛的结构,也是最传统的一种主流网络结构,适合于信息管理系统、办公自动化系统领域的应用。

4. 树型拓扑结构

树型结构是总线型结构的扩展,它是在总线网上加上分支形成的,其传输介质可有多条分支,但不形成闭合回路,树型网是一种分层网,其结构可以对称,联系固定,具有一定容错能力,一般一个分支和节点的故障不影响另一个的工作,任何一个节点送出的信息都可以传遍整个传输介质,也是广播式网络。一般树型网上的链路相对具有一定的专用性,无须对原网做任何改动就可以扩充工作站。

5. 总线/星型拓扑结构

用一条或多条总线把多组设备连接起来,相连的每组设备呈星型分布。采用这种拓扑结构,用户很容易配置和重新配置网络设备。总线采用同轴电缆,星型配置可采用双绞线。总线/星型拓扑结构如图 1-9 所示。

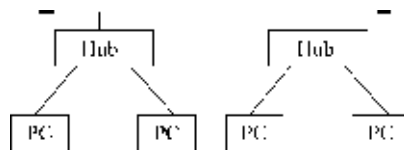


图 1-9 总线/星型拓扑结构

6. 网状拓扑结构

将多个子网或多个局域网连接起来构成网际拓扑结构。在一个子网中,集线器、中继器将多个设备连接起来,而桥接器、路由器及网关则将子网连接起来。根据组网硬件不同,主要有 3 种网际拓扑。

① 网状网。在一个大的区域内,用无线电通信链路连接一个大型网络时,网状网是最好的拓扑结构。通过路由器与路由器相连,可让网络选择一条最快的路径传送数据。

② 主干网。通过桥接器与路由器把不同的子网或 LAN 连接起来形成单个总线或环型拓扑结构,这种网通常采用光纤做主干线。

③ 星状相连网。利用一些叫做超级集线器的设备将网络连接起来,由于星型结构的特点,网络中任一处的故障都容易查找并修复。

应该指出,在实际组网中,拓扑结构不一定是单一的,通常是几种结构的混用。

1.2.2 网络传输介质

传输介质是网络中信息传输的媒体。传输介质是将原始比特流从一个机器传到另一个机器。传输介质的性能特性对传输速率、通信的距离、可连接的网络节点数目和数据传输的可靠性等均有很大的影响,必须根据不同的通信要求,合理地选择传输介质。

网络传输介质可以分为两大类,一类是有线传输介质,包括双绞线、同轴电缆和光导纤维等,一类是无线传输介质,包括微波、卫星、红外线等。

网络工程中常用的传输介质有双绞线、同轴电缆和光导纤维、微波、卫星等。

1. 同轴电缆

同轴电缆(Coaxial Cable)是网络中最常用的具有保护套的传输介质,具有高带宽、低误码率、性能价格比较高等特点,广泛用于 LAN。同轴电缆及组网实物图如图 1-10 所示。

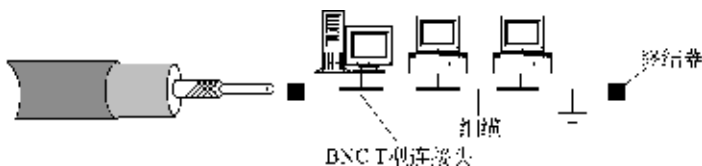


图 1-10 同轴电缆及组网实物图

同轴电缆共有 4 层,最内层是中心导体,从里往外依次为绝缘层、导体网和保护套。中心导体和导体网是它的两根导线。中心导体可以是单股线,也可是绞合线。同轴电缆分为以下两类。

- 基带同轴电缆。这种电缆的特征阻抗为 50Ω ,只用于传输数字信号,即直接把数字信号送到传输介质上,无需经过调制,故把这种电缆称为基带同轴电缆。基带同轴电缆在传输数字信号过程中,信号将占用整个信道,数字信号使用包括由 0 到该基带同轴电缆所能传输的最高频率,在同一时间内,基带同轴电缆仅能传送一路信号。当传输距离不超过 1km 时,传输速率可达到 50Mbps,误码率为 $10^{-7} \sim 10^{-11}$ 。
- 宽带同轴电缆。这是通常使用的电视电缆,其特征阻抗为 75Ω ,带宽可达 $300 \sim 400\text{MHz}$,既可传输模拟信号,也可传输数字信号,由于其频带特宽,可划分成若干个子频带,分别对应于若干个独立的信道。

对于有线电视,每 6MHz 的带宽作为一个电视信道。这些信号需要调制到各自不同的正弦载波频率上。当利用一个电视信道来传送音频信号时,可采用频分多路复用技术,在一条宽带同轴电缆上传输多路音频信号。

利用宽带同轴电缆构成的宽带 LAN,可以实现数字信号、语音信号、视频图像信号等综合信息的同时传输,其地理覆盖距离可达几千米。

宽带同轴电缆的性能比基带同轴电缆好,但需要附加信号处理设备,安装比较困难,适用于长途电话网、有线电视系统及宽带计算机网络。

常见的同轴电缆型号如下。

- RG-58A/U: 细同轴电缆,用于 10BASE2,阻抗为 50Ω 。它是计算机网络中最常见的同轴电缆线,在 Ethernet 标准中,常与 BNC 接头连接。
- RG-11: 粗同轴电缆,用于 10BASE5,阻抗为 50Ω 。它须配合收发器(Transceiver)使用。
- RG-59U: 电视电缆线,阻抗为 75Ω 。同轴电缆线,也可作为宽带的数据传输线,ARCnet 网络用的就是此类电缆线。

2. 双绞线

双绞线(Twisted Pair)是最普通,也是最便宜、最便于使用的传输介质,它是由两条相互绝缘的铜线像螺纹一样绕在一起形成的,长期以来一直在电话系统中用来传输模拟信号。计算机网络中通常将若干对双绞线(2 对或 4 对)捆成一条电缆,并以坚韧的护套包裹着,每对双绞线合并成一根通信线使用,以减小各对导线之间的电磁干扰。当传输距离不大时,双绞线可传输数字信号。

双绞线可分为以下两类。

(1) 屏蔽双绞线(STP)

在上述的一对铜线外面,再包上一层网状金属线,用作屏蔽,最外面再包上一层具有保护性的聚乙烯塑料。屏蔽双绞线是 IBM 公司推荐的。它可支持较远距离的数据传输,有较多的网络节点。与无屏蔽双绞线相比,其误码率有明显的下降,只为约 $10^{-6} \sim 10^{-8}$,但价格较贵。

有的屏蔽双绞线外面还环绕一圈金属屏蔽保护膜,可以减少环境中电磁波对传送的数据信号的干扰,但相对来讲价格更贵。

(2) 无屏蔽双绞线(UTP)

无屏蔽双绞线没有起屏蔽作用的网状导线,也没有金属保护膜,其最大优点是价格便宜,广泛应用于传输模拟信号的电话系统中。无屏蔽双绞线如图 1-11 所示。

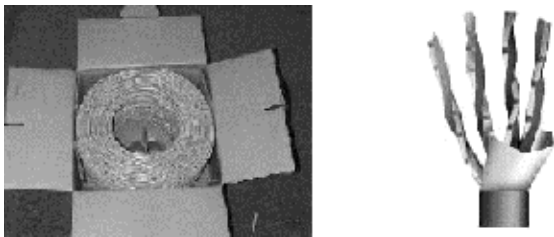


图 1-11 无屏蔽双绞线

此类双绞线对电磁干扰比较敏感,电气特性较差。它最大缺点是,绝缘性能不好,分布电容参数较大,信号衰减比较厉害,一般来说,传输速率不高,传输距离也很有限。

目前,对传输信号进行了特殊的处理后,可以在双绞线上实现 1Gbps 的传输速率,有了这种技术,以太网、令牌环网和 ARCnet 网均可以直接使用已经布好的电话线路。它除了少一层起屏蔽作用的网状导线外,其余均与屏蔽双绞线相同。3 类双绞线传输速率为 10Mbps 时的传输距离可达 150m; 5 类双绞线的质量高,可用于 100Mbps 的 LAN 中。

虽然无屏蔽双绞线的抗干扰能力较差,误码率高达 $10^{-5} \sim 10^{-6}$,但因其价格便宜,而且安装方便,能够弯曲,便于综合布线,既适用于点点连接又适用于多点连接,故广泛用于电话系统和计算机网络中。

对于 UTP 双绞线,在 1MHz 阻抗值时通常为 100Ω ,中心芯线 24AMG(直径为 0.5mm),每条双绞线最大传输距离为 100m。

由于网线布线大多涉及到建筑结构与内部装修,因此在布线完成后,如果想重新布线是非常困难的,所以在规划网络时,应该考虑到未来的需求,所以应采用 5 类和超 5 类的双绞线。

3. 光导纤维

光导纤维是用玻璃纤维作为传输介质的,与其他介质不同之处在于,信号是光信号而不是电信号。它利用了光的全反射原理把光从一地传输到另一地,其基本构成为芯层、包层,同时为了更好地使用它,还设计了吸收层及防护层。其中纤芯由玻璃或塑料制成,包层由玻璃制成,护套由塑料制成。根据光导纤维的芯层和包层的折射率的分布不同,光导纤维可分为单模光纤、多模光纤(所谓“模”就是指以一定的角度进入光纤的一束光线)。其中前者具有比后者更宽的频带和更小的传输损耗,可以传输更远的距离,但耦合连接更困难,价格更高。所以在中、短距离的数据传输网络和 LAN 中常用多模光纤。光导纤维实物图如图 1-12 所示。

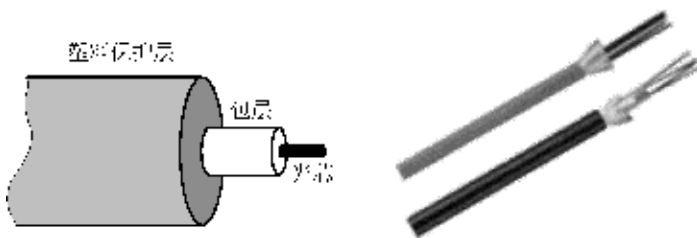


图 1-12 光导纤维实物图

多模光纤使用发光二极管(LED)作为发光设备,而单模光纤使用的则是激光二极管(LD)。多模光纤允许多束光线穿过光纤。因为不同光线进入光纤的角度不同,所以到达光纤末端的时间也不同,这就是通常所说的模色散。色散从一定程度上限制了多模光纤所能实现的带宽和传输距离。正是基于这种原因,多模光纤一般被用于同一办公楼或距离相对较近的区域内的网络连接。单模光纤只允许一束光线穿过光纤。因为只有一种模态,所以不会发生色散。使用单模光纤传递数据的质量更高,传输距离更长。单模光纤通常被用来连接不同办公楼之间或地理分散更广的网络。

光纤是新一代的传输介质,与铜质介质相比,光纤具有一些明显的优势。因为光纤不会向外界辐射电子信号,所以使用光纤介质的网络无论是在安全性、可靠性还是网络性能方面都有了很大的提高。光纤传输的带宽大大超出铜质线缆,而且光纤支持的最大连接距离达 2km 以上,是组建较大规模网络的必然选择。

光导纤维总的来说具有目前最高的频带宽度,质轻,误码率低,不受电磁干扰,保密性好,但作为较新的技术,其价格高、安装困难、技术复杂的缺点使得光导纤维主要应用于要求

传输速率高(超过 100Mbps)、抗干扰性和保密性较高的主干网中。对于计算机网络来说,光缆具有无可比拟的优势,也是目前和未来发展的方向。

光纤通信具有如下特点。

(1) 优点

传输速率高,目前实际可达到的传输速率为几十 Mbps 至几千 Mbps。抗电磁干扰能力强,重量轻,体积小,韧性好,安全保密性高。传输衰减极小,使用光纤传输时,可以达到在 6~8km 距离内不使用中继器的高速率的数据传输。

(2) 缺点

光纤通信多用于计算机网络的主干线上。光纤的最大问题是与其他传输介质相比,价格昂贵。光纤衔接和光纤分支均较困难,而且在分支时,信号能量损失很大。

4. 微波

微波是计算机网络中最早使用的无线信道类型,其频率范围为 1~20GHz,可传输模拟和数字信号。微波通信把微波作为载波信号,用被传输的模拟或数字信号来调制它。由于其频率高传输量大,而且能穿透电离层不返回地面,故只能使其沿地球表面进行视线传输,由于其传输损耗大,需要每隔几十千米安装中继。微波易受障碍物的影响,故最好安装在建筑物顶部,同时也存在保密和安全性问题。卫星信道是利用卫星作为中继的特殊的微波中

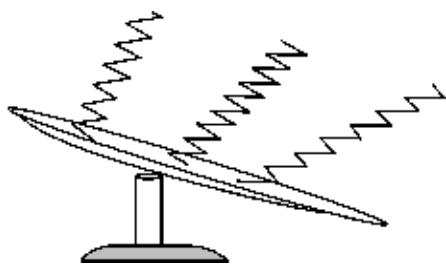


图 1-13 微波通信示意图

继长距离传输系统。利用多个卫星便可以实现全球性的通信,比如利用同步轨道卫星,则只需 3 个处于等边三角顶点处的同步卫星即可覆盖整个地球。而且尽管卫星发射的初期成本很高,但回收快,信道容量大(相当于 100 000 条音频电话线路),尤其是当传输距离很远时,租用一条卫星音频线路远比租用一条地面音频线路便宜。微波通信示意图如图 1-13 所示。

5. 传输介质的选择

选择传输介质时要考虑的因素很多,但首先应当确定主要因素,然后才选择合适的传输介质。应考虑的主要因素为:网络拓扑结构、网络连接方式、网络通信容量、系统传输时的可靠性要求、所传输的数据类型、环境因素及网络覆盖的地理范围及节点间距等。

本章习题

一、选择题

- 第 2 代计算机网络的主要特点是()。
 - 计算机-计算机网络
 - 以单机为中心的联机系统
 - 国际网络体系结构标准化
 - 各计算机制造厂商网络结构标准化
- 网络协议的 3 个要素:语法、语义和()。
 - 工作原理
 - 时序
 - 进程
 - 传输服务

3. 以下的网络分类方法中,分类方法有误的是()。
- A. 局域网/广域网 B. 对等网/城域网
- C. 环型网/星型网 D. 有线网/无线网
4. 传输介质是网络中收发双方之间的物理通路。下列传输介质中,具有很高的数据传输速率、信号传输衰减最小、抗干扰能力最强的是()。
- A. 电话线 B. 同轴电缆 C. 双绞线 D. 光缆
5. Internet 是一个非常重要的网络,()是因特网使用的最基本、最重要的协议。
- A. IPX/SPX 协议 B. NCP 协议
- C. TCP/IP 协议 D. NetBIOS 协议
6. 网络拓扑结构一般有星型结构、总线结构、环型结构、网状结构等,大型校园网属于()。
- A. 星型结构 B. 总线结构 C. 环型结构 D. 网状结构
7. 最早出现的计算机网络是()。
- A. ARPAnet B. Ethernet C. Windows NT D. Internet
8. 计算机网络有很多功能,最主要的是()。
- A. 电子邮件 B. 电子商务 C. WWW D. 资源共享
9. 下列各网络设备属于通信子网的是()。
- A. 客户机 B. 接口信息处理机
- C. 终端 D. 服务器
10. 下列设备属于资源子网的是()。
- A. 打印机 B. 集中器 C. 路由器 D. 交换机
11. 计算机网络中可以共享的资源包括()。
- A. 硬件、软件、数据、通信信道
- B. 主机、外设、软件、通信信道
- C. 硬件、程序、数据、通信信道
- D. 主机、程序、数据、通信信道

二、填空题

1. 计算机网络是现代_____技术和_____技术密切结合的产物。
2. 计算机网络的定义为_____。
3. 从逻辑上讲,一个计算机网络是由_____和_____构成的。
4. 计算机网络发展阶段经历了_____、_____和_____。
5. 在计算机网络中负责节点间的通信任务的那一部分称为_____。
6. 网络的发展趋势必将导致计算机网络、通信网络、_____网络三网合一,网络安全、_____、多媒体信息的快速传送将成为网络性能的关键问题。
7. 网络拓扑结构是指_____。网络常见的拓扑结构有_____、_____、_____、_____、_____。
8. 按地理分布范围为标准,计算机网络可分为_____、_____和_____ 3 种,Internet 属于_____。
9. 网络软件包括网络操作系统、_____、_____ 3 类。

10. 通信介质分为有线介质和无线介质两类,有线介质一般包括双绞线、____、光纤 3 种。

三、简答题

1. 计算机网络的发展划分为几个阶段? 每个阶段各有何特点?
2. 简述计算机网络的定义和构成。
3. 什么是资源子网? 什么是通信子网? 从所有权看,两者有什么区别?
4. 简述计算机网络的主要功能。
5. 简述计算机网络的常见分类。
6. 计算机网络的拓扑结构有哪几种? 不同拓扑结构的网络各有什么优缺点?
7. 选择网络传输介质通常要考虑哪些因素?
8. 了解你所在学校的校园网,画出简单的网络示意图。

数据通信基础知识

本章主要介绍了数据通信的基本原理,包括模拟传输与数字传输的基本原理、异步与同步通信的接口标准、常用数据编码及多路复用技术、信息交换技术、差错控制技术。

2.1 数据通信的理论基础

通信的目的是单双向传递信息,广义上来说,采用任何方法通过任何介质将信息从一地传送到另一地都可称为通信。数据通信是指在两点或多点之间以二进制形式进行信息传输与交换的过程。由于现在大多数信息传输与交换是在计算机之间或计算机与打印机等外围设备之间进行,数据通信有时也称为计算机通信。计算机网络涉及到数据通信与计算机科学两个领域,本章将讲述网络数据通信的一般工作原理,包括数据通信的基本概念、数据调制与编码、多路复用、异步与同步通信、数据传输介质和差错控制校验等。

2.1.1 数据通信的基本概念

1. 信息、数据和信号

信息是客观事物属性和相互联系特性的表征,它反映了客观事物的存在形式和运动状态。事物的运动状态、结构、温度、颜色等都是信息的不同表现形式;而人造通信系统中传送的文字、语音、图像、符号、数据等也是一些包含一定信息内容的不同信息形式。由于信息形式与信息内容的对立统一,有时也直接把它们看成一些不同的信息类型,简称文字信息、语音信息、图像信息和数据信息等。

数据一般可以理解为“信息的数字化形式”和“数字化信息的形式”。狭义的“数据”通常是指具有一定数据特性的信息,如统计数据、测量数据及计算机中二进制数据等。但在计算机网络系统中,数据通常被广义地理解为在网络中存储、处理和传输到二进制数字编码。语音信息、图像信息、文字信息以及从自然界直接采集的各个自然属性信息均可转化为二进制数字编码在计算机网络系统中存储、处理和传输。网络中的数据通信、数据处理和数据库通常就是指这种广义的数据。

信号简单地讲就是携带信息的传输介质。在通信系统中我们常常使用的电信号、电磁信号、光信号、载波信号、脉冲信号、调制信号等术语就是指携带某种信息的具有不同形式或

特性的传输介质。信号的频谱宽度就称为该信号带宽。

根据信号参量取值的不同,信号可分为数字信号和模拟信号,如图 2-1 所示,或称为离散信号和连续信号。例如计算机输出的脉冲信号是数字信号,普通电话机输出的信号就是频率和振幅连续改变的模拟信号。

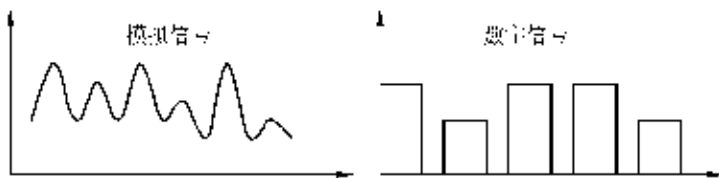


图 2-1 模拟信号与数字信号

2. 基本概念

(1) 信道

传输信息的必经之路称为“信道”。在计算机中有所谓物理信道和逻辑信道之分。物理信道是指用来传送信号或数据的物理通路,网络中两个节点之间的物理通路称为通信链路,物理信道由传输介质及有关设备组成。逻辑信道也是一种通路,但在信号收、发点之间并不存在一条物理上的传输介质,而是在物理信道基础上,由节点内部的边来实现。通常把逻辑信道称为“连接”。

(2) 码元

信号的编码单元简称码元,在数字通信中常常用时间间隔相同的符号来表示 1 位二进制数字,这样的时间间隔内的信号称为二进制码元,而这个间隔被称为码元长度。当码元长度是 1 个字节即 8 位时,码元是对网络中传送的二进制数字中每一位的通称,也常称作“位”或“比特(bit)”。例如 1010101,共有 7 个码元。

(3) 数据

数据可分为模拟数据与数字数据两种。模拟数据在时间上和幅度取值上都是连续的,其电平随时间连续变化。例如,语音是典型的模拟信号,其他由模拟传感器接收到的信号如温度、压力、流量等也是模拟信号。数字数据在时间上是离散的,在幅值上是经过量化的,它一般是由 0、1 的二进制代码组成的数字序列。在通信系统中,模拟数据表示的信号称做模拟信号,由数字数据表示的信号称做数字信号。二者是可以相互转化的。

(4) 调制解调器(Modem)

传统的电话通信信道是传输语音一级的模拟信道,无法直接传输计算机的数字信号。为了利用现有的模拟线路传输数字信号,必须将数字信号转化为模拟信号,这一过程称作调制(Modulation)。在另一端,接受到的模拟信号要还原成数字信号,这个过程称做解调(Demodulation)。通常由于数据的传输是双向的,因此,每端都需要调制和解调,这种设备叫调制解调器(Modem)。

(5) 数据传输速率

指通信线上传输信息的速度。有两种表示方法,即信号速率和调制速率。信号速率 S 指单位时间内所传送的二进制代码的有效位数,以比特每秒计,即 bps。调制速率 B 是脉冲信