

第 5 章 计算机网络

5.1 网络知识基础

5.1.1 计算机网络的形成和发展

计算机网络技术是计算机及其应用技术与通信技术密切结合的产物。计算机技术和通信技术相互渗透、相互影响,使计算机网络技术在理论上逐步发展,功能上逐步增强,应用上逐步广泛,不仅形成了较为完整的体系结构,而且已经成为各种先进技术发展的基础。计算机网络的发展经历了由简单到复杂、由低级到高级的发展过程,它萌芽于 20 世纪 60 年代,在 70—80 年代得到发展与完善,并在 90 年代以后不断壮大,成为当今社会不可缺少的重要工具。

计算机网络的发展和演变过程,大致上可分为以下三个阶段。

1. 面向终端的计算机网络系统

为了远程使用计算机,人们把远距离的多个终端通过通信线路与中心计算机相连,使用中心计算机系统的主机资源,该系统又称终端-计算机网络,是早期计算机网络的主要形式,如图 5-1 所示。具有代表性的单机系统是美国在 20 世纪 50 年代建立的半自动地面防空系统(Semi-Automatic Ground Environment, SAGE)。

随着应用的进一步发展,单终端系统表现出主机负担过重和线路利用率低的局限性,20 世纪 60 年代,出现了在中心计算机和通信线路之间设置通信控制处理机(Communication Control Processor, CCP),或叫前端处理机(Front End Processor, FEP),专门负责通信控制,此外,在低速终端较集中的地方设置集中器(Concentrator)。用低速线路将所有终端汇集到集中器,再通过高速通信线路与中心计算机相连,如图 5-2 所示。具有代表性的多终端系统是 20 世纪 60 年代初在美国建成的全国性航空公司飞机订票系统(SABRE),它用一台中心计算机连接遍布全国各地的 2000 多个售票终端。

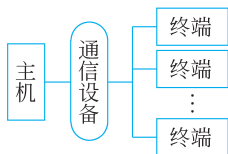


图 5-1 具有通信功能的终端-计算机网络

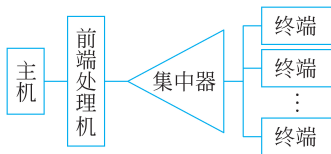


图 5-2 具有通信功能的多终端系统

2. 资源共享的计算机网络

该系统又称计算机-计算机网络,是 20 世纪 60 年代中期发展起来的,该系统是由若干台计算机相互连接起来的系统,即利用通信线路将多台计算机连接起来,实现计算机与计算机之间的通信,如图 5-3 所示。

具有代表性的计算机-计算机网络系统是美国国防部高级研究计划局(Advanced Research Project Agency, ARPA)研制的 ARPANET 网络。ARPANET 于 1969 年建成,是连接 4 台计算机的实验性网络,之后不断扩大规模,如今已退出历史舞台。ARPANET 是计算机网络发展史上的一个里程碑,标志着以资源共享为目的的现代计算机网络的诞生。

资源共享的计算机网络是真正意义上的计算机网络。该系统中,多台计算机通过通信子网构成了一个有机的整体,既分散又统一,从而使整个系统性能大大提高;原来单一主机的负载可以分散到全网的各个计算机上,使得网络系统的响应速度加快;而且在这种系统中,单机故障也不会导致整个网络系统的全面瘫痪。

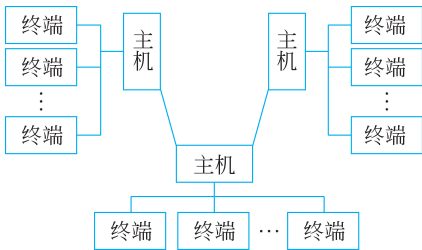


图 5-3 资源共享的计算机网络

3. 网络体系结构标准化以及 Internet 的高速发展

20 世纪 70 年代,为了适应计算机网络扩充和互连的需要,各网络研制部门开始致力于计算机系统互连以及计算机网络协议标准化的研究,以使不同的计算机系统、不同的网络系统能互连在一起。国际标准化组织于 1983 年颁布了“开放系统互连基本参考模型”,大大促进了计算机网络的规范化。

20 世纪 80 年代后期,由于 Internet 在美国获得迅速发展和巨大成功,世界各工业化国家以及一些发展中国家都纷纷加入 Internet 的行列,使 Internet 成为全球性的网络。

进入 20 世纪 90 年代,计算机网络的发展更加迅速,综合了其发展历史中各阶段的特点。目前计算机网络正在向综合化、智能化、高速化方向发展。

5.1.2 计算机网络的定义及功能

1. 计算机网络的定义

计算机网络就是利用通信设备和线路,将地理位置不同的、功能独立的多个计算机系统互连起来,以功能完善的网络软件实现网络中的资源共享和信息交换的系统。

2. 计算机网络的功能

计算机网络的功能主要体现在三方面:信息交换、资源共享、分布式信息处理。

(1) 信息交换。

信息交换功能是计算机网络的最基本功能,主要完成计算机网络中各结点之间的系统通信。

用户可以在网上浏览信息、查阅资料、发送和接收电子邮件、上传和下载文件、网上购物等。

(2) 资源共享。

资源共享功能包括共享软件、硬件资源。软件资源包括巨型数据库和其他数据信息等,硬件资源包括各种输入输出设备、大容量存储设备、巨型计算机等。

(3) 分布式信息处理。

分布式信息处理功能是针对较大型的综合问题,通过一定的算法将任务分交给不同的计算机完成,达到均衡利用网络资源,实现分布式处理的目的。

5.1.3 常见计算机网络设备

网络硬件设备是组成计算机网络系统的物质基础,不同的计算机网络系统,所使用的网络硬件设备差别很大。随着计算机技术和网络技术的发展,网络硬件设备日趋多样化,结构越来越复杂,功能越来越强大。网络硬件设备可以分为四类,分别是计算机设备、网络接口设备、传输介质和网络互连设备。

1. 计算机设备

网络中的计算机,根据作用不同,可分为服务器和网络工作站。

服务器的主要功能是通过网络操作系统控制和协调网络各工作站的运行,处理和响应各工作站同时发来的各种网络操作要求,提供网络服务。根据所提供服务的不同,可划分为文件服务器、计算服务器、打印服务器、数据库服务器、网站服务器和邮件服务器等。有时同一台计算机,可能身兼多种服务器的职责,如同时为文件服务器和打印服务器等。工作站是网络各用户的工作场所。当一台计算机连接到网络上,它就成为工作站,可以使用网络所提供的服务。

点对点技术(Peer To Peer, P2P)又称对等互联网络技术,是一种网络新技术,不把依赖都聚集在较少的几台服务器上。也就是说,在 P2P 技术中,没有固定的服务器或工作站,参与 P2P 通信的每一台计算机,都随时可以是服务器或工作站。P2P 技术通常应用于即时通信软件(如 QQ)、BT 下载软件、电驴、迅雷等。

2. 网络接口设备

网络接口设备是连接计算机设备与传输介质的设备。常用的网络接口设备有网络接口卡、调制解调器等。

(1) 网络接口卡(NIC -Network Interface Card)。

网络接口卡又称网络适配器(NIA-Network Interface Adapter),简称网卡,用于实现计算机和网络电缆之间的物理连接,为计算机之间相互通信提供一条物理通道,并通过这条通道进行高速数据传输。

不同类型的网络使用不同类型的网卡。常用的网络类型有以太网、令牌环网、FDDI(Fiber Distributed Data Interface, 光纤分布数据接口)网络、无线局域网等,因此相应的有以太网卡、令牌环网卡、FDDI 网卡、无线网卡等。

每个网络接口卡在出厂时,都会有一个全世界唯一的编号,以 48 位二进制数的形式记

录在其芯片中,称为 MAC(Media Access Control)地址。图 5-4 所示为较为常见的一种网络接口卡。

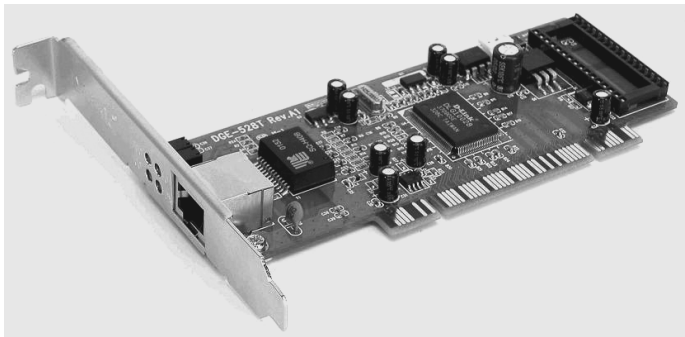


图 5-4 网络接口卡

(2) 调制解调器。

调制解调器,即 Modem,中国人按其发音,也通常称其为“猫”,是计算机与电话线之间进行信号转换的装置。它由调制器和解调器两部分组成,调制器是把计算机的数字信号调制成可在电话线上传输的模拟信号的装置,在接收端,解调器再把由电话线传来的模拟信号转换成计算机能接收的数字信号。通过调制解调器和电话线就可以实现计算机之间的数据通信。

目前调制解调器主要有三类:内置式、外置式和 PC 卡式。内置式是一块直接插在计算机主机箱内扩展槽中的电路板;外置式调制解调器是一台独立的设备,面板上有与 PC 机串口(RS-232)连接的接口和与电话线连接的接口;PC 卡式调制解调器是专门为笔记本电脑设计的,直接插在笔记本电脑的标准 PCMCIA 插槽中。图 5-5 所示为一种外置式的调制解调器。



图 5-5 调制解调器

随着网络技术的进步和普及,基于电话线的 ADSL 网络逐步退出历史舞台,光纤网络逐步走进千家万户。光纤到户的网络中,需要把光纤中的光信号与计算机能处理的数字信号相互转换,实现这种转换的设备,叫作“光调制解调器”,俗称“光猫”。

3. 传输介质

传输介质也称为传输媒体或者传输媒介。传输介质是通信网络中发送方与接收方之间传送信息的物理通道,传输介质的质量好坏直接影响数据传输的质量,如速率、数据丢失等。

常用的网络传输分为有线传输和无线传输两大类。有线传输介质主要有双绞线、同轴电缆和光缆,无线传输主要指微波及红外通信等。

(1) 双绞线(Twisted Pair)。

双绞线是综合布线工程中最常用的一种传输介质,是由若干对相互绝缘的铜导线按照一定的规则互相缠绕在一起而做成的。双绞线按其抗干扰能力可分为屏蔽双绞线 STP(Shielded TP)和非屏蔽双绞线 UTP(Unshielded TP)。

双绞线按其电气性能分为三类、四类、五类、超五类、六类、七类等类型。类型的数字越

大,带宽越高,价格也越贵。目前一般局域网中常用的是五类或超五类双绞线,六类双绞线也逐渐普及。双绞线的两端必须装上 RJ-45 连接器(俗称“网线头”“水晶头”等)才能与网卡、集线器或者交换机等设备连接。图 5-6 所示为超五类双绞线及水晶头。

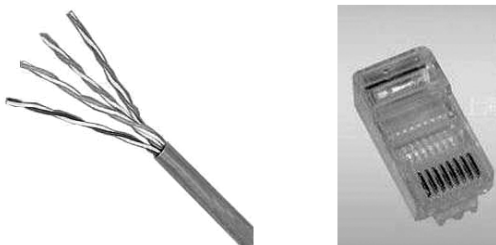


图 5-6 超五类双绞线及水晶头

(2) 同轴电缆(Coaxial)。

同轴电缆是指有两个同心导体,而导体和屏蔽层又共用同一轴心的电缆。最常见的同轴电缆由绝缘材料隔离的铜线导体组成,在里层绝缘材料的外部是另一层环形导体及其绝缘体,然后整个电缆由聚氯乙烯或特氟纶材料的护套包住。同轴电缆按其阻抗特性可分为两类:50 欧姆同轴电缆和 75 欧姆同轴电缆。有线电视的信号线就是一种同轴电缆。同轴电缆如图 5-7 所示。



图 5-7 同轴电缆

(3) 光缆(Fiber)。

即光纤电缆。光纤是新一代的传输介质,由单根玻璃光纤、紧靠光纤的包层以及塑料保护层组成。根据光纤的传播方式,光纤可分为多模光纤和单模光纤。

光缆与双绞线、同轴电缆相比,由于其利用光信号传输数据,具有通信容量大、传输损耗小、中继距离长、抗雷电和电磁干扰性能好、无串音干扰、保密性好、体积小、重量轻等优点。图 5-8 所示为一种光缆。

(4) 无线传输。

也可以利用无线传输方式传输计算机数据,主要有无线电波和红外线。

4. 网络互联设备

(1) 中继器(Repeater)。

每种传输介质都有最大的传输距离,超过这个距离,数据信号就会衰减到无法利用。中

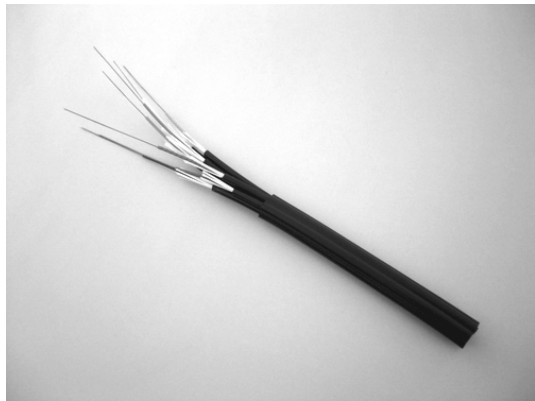


图 5-8 光缆

继器的作用是连接两个或多个网段,通过对数据信号的重新发送或者转发,对信号起中继放大作用,来扩大网络传输的距离。

(2) 集线器(Hub)。

集线器是一种特殊的中继器,是对网络进行集中管理的最小单元,它只是一个信号放大和中转的设备,不具备自动寻址能力和交换作用。集线器上的所有端口争用一个共享信道的带宽,并且采用广播的形式传输数据,即向所有端口传送数据。因此,随着网络结点数量的增加、数据传输量的增大,每结点的可用带宽将随之减小,容易形成数据堵塞。图 5-9 所示为一种集线器。

(3) 交换机(Switch)。

交换机又名交换式集线器,作用与集线器大体相同,但是与集线器又有本质的区别:交换机会“记住”哪个接口连接着哪个设备,设备间传输数据采用的是独享带宽,从而大幅提高了网络的传输速率。图 5-10 所示为一种交换机。



图 5-9 集线器



图 5-10 交换机

(4) 路由器(Router)。

路由器是一种连接多个网络或网段的网络设备,主要功能是进行路径选择。互联网中的许多子网络通过路由器连接在一起。当数据要从主机 A 发送到主机 B 时,需要途经的各个路由器为数据选择最优的路径。一个路由器通过保存在其中的路由表来记录它所能转发的相邻网络的相应路径。

路由器一般还集成了网关(Gateway)的功能。所谓网关,可以理解为一个网络的进出口、门户,是数据进出网络的必经之路。网络内部的数据要首先发送给网关,再由网关负责向网络外部转发;同样,网络外部的数据要发送给网络内部的设备,也需要先发送给网关,再由网关转发给目的设备。图 5-11 所示为一种小型路由器。



图 5-11 路由器

5.1.4 计算机网络的体系结构

计算机网络从无到有的发展历史过程中,各个厂家、各个组织机构都设计、采用了各自的计算机类型、通信线路类型、连接方式、同步方式、通信方式等,形成了各种各样的网络系统,当这些不同的网络系统之间要实现互连时,就必然存在诸多不便。要使不同的设备真正以协同方式进行通信是十分复杂的。要解决这个问题,势必涉及通信体系结构设计和各厂家共同遵守约定标准等问题,即计算机网络体系结构和协议问题。

1. 网络协议

网络协议即网络中传递、管理信息的一些规范。如同人与人之间相互交流是需要遵循一定的规矩一样,计算机之间的相互通信也需要共同遵守一定的规则,这些规则就称为网络协议。

一台计算机只有在遵守网络协议的前提下,才能在网络上与其他计算机进行正常的通信。网络协议通常被分为几个层次,每层完成自己单独的功能。通信双方只有在共同的层次间才能相互联系。常见的协议有 TCP/IP、IPX/SPX 协议、NetBIOS 协议等。在互联网上被广泛采用的是 TCP/IP,用户如果访问 Internet,则必须在操作系统的网络协议中添加 TCP/IP。

2. ISO/OSI 网络体系结构

1977 年 3 月,国际标准化组织 ISO 的技术委员会 TC97 成立了一个新的技术分委会 SC16,专门研究“开放系统互连”,并于 1983 年提出了开放系统互连(OSI)参考模型。

OSI 参考模型的 7 层网络体系结构如图 5-12 所示,从底层往上依次为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。其中物理层、数据链路层和网络层通常被称为媒体层(Media Level),属于计算机网络中的通信子网,主要用于创建两个网络设备间的物理连接,是计算机网络工程师研究的对象;传输层、会话层、表示层和应用层则被称为主机层,属于计算机网络中的资源子网,主要负责互操作性,是网络用户所面对的内容。

(1) 物理层。

物理层涉及通信在信道上传输的原始比特流。这里的设计主要是处理机械的、电气的和过程的接口,以及物理层下的物理传输介质等问题。物理层的主要功能是利用物理传输介质为数据链路层提供物理连接,关心的是如何可靠无误地通过电流、无线电波、光波等传输介质传送比特流信号。其中主要涉及进行数模/模数转换的调制/解调技术、数字信号处理技术等。

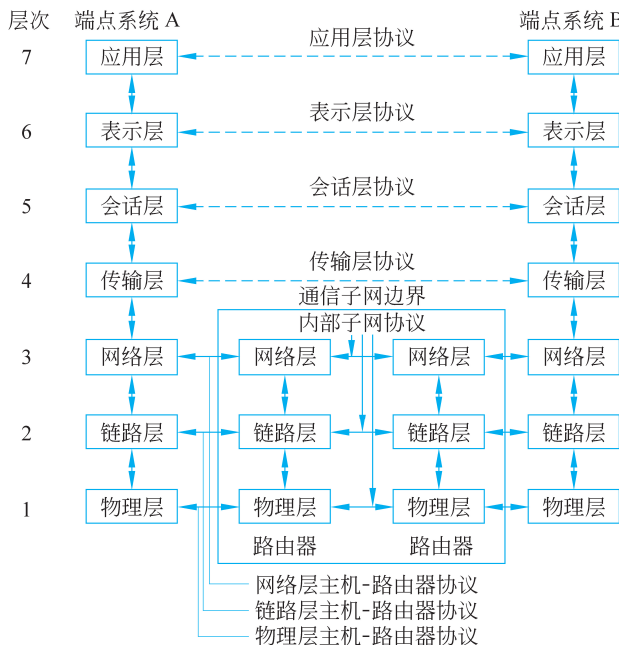


图 5-12 开放系统互连(OSI)参考模型

(2) 数据链路层。

数据链路层的主要任务是加强物理层传输原始比特的功能,实现网络中相邻两台主机之间以数据帧的形式传输数据,并通过检错和纠错机制保证传输数据的正确性,使之对网络层呈现为一条无错线路。数据链路层要解决的另一个问题是流量控制。通常流量控制和出错处理同时完成。如果线路能用于双向传输数据,数据链路层的软件还必须解决发送双方数据帧竞争线路的使用权问题。广播式网络在数据链路层还要处理共享信道访问的问题。数据链路层的通信通过主机的 MAC 地址来寻找主机。交换机工作在数据链路层。

(3) 网络层。

网络层关系到由若干台主机连接成的子网的运行控制,其中一个关键问题是确定分组(即数据包)从源端到不一定相邻的目的端如何选择路由,即确定数据包要从源端传输到目的端所要经过的路径。

如果在子网中同时出现过多的分组,它们将相互阻塞通路,形成瓶颈。此类拥塞控制也属于网络层的范围。网络层也要关心流量控制的问题。网络层还必须解决异种网络的互连问题。网络层的通信通过主机的 IP 地址来寻找主机。路由器工作在网络层。

(4) 传输层。

传输层的基本功能是从会话层接收数据,并且在必要时把它分成较小的单元,传递给网络层,并确保达到对方的各段信息正确无误,实现通信双方的进程之间的通信。传输层的目的在于在不可靠的网络层之上提供一个可靠的传输服务,它要解决传输双方建立连接、传输数据、释放连接的过程,也要关心错误控制和流量控制。传输层的通信通过进程对应的端口号来寻找主机上的进程。传输层使会话层不受硬件技术变化的影响。

(5) 会话层。

会话层允许不同机器上的用户建立会话关系。

会话层服务之一是管理对话。会话层允许信息同时双向传输,或任一时刻只能单向传输。

另一种会话服务是同步。会话层在数据流中插入检查点。每次网络崩溃后,仅需要重传最后一个检查点以后的数据。

(6) 表示层。

表示层以下的各层只关心可靠地传输比特流,而表示层关心的是所传输信息的语法和语义。表示层服务的一个典型例子是对数据编码。为了让采用不同表示方法的计算机之间能进行通信,交换中使用的数据结构可以用抽象的方式来定义,并且使用标准的编码方式。表示层管理这些抽象数据结构,并且在计算机内部表示法和网络的标准表示法之间进行转换。

(7) 应用层。

应用层是 OSI 模型的终端用户界面,包含大量用户普遍需要的协议。它的主要任务是显示接收到的信息,以及把用户的新数据发送到较低层。比较典型的协议包括 HTML、FTP 等。

3. Internet 网络体系结构

Internet 不是一个实际的物理网络或独立的计算机网络,它是世界上各种使用统一 TCP/IP 的网络的互连。Internet 已是一个在全球范围内急剧发展且占主导地位的计算机互连网络。

Internet 网络体系结构以 TCP/IP 为核心。其中 IP 用来给各种不同的通信子网或局域网提供一个统一的互连平台,TCP 则用来为应用程序提供端到端的通信和控制功能。

TCP/IP(Transfer Control Protocol/Internet Protocol)叫作传输控制协议/网际协议,这个协议是 Internet 国际互连网络的基础。

TCP/IP 是网络中使用的基本的通信协议。虽然从名字上看 TCP/IP 包括传输控制协议和网际协议两个协议,但 TCP/IP 实际上是一组协议,包括上百个各种功能的协议,如远程登录协议(Telnet)、文件传输协议(FTP)和简单邮件传输协议(SMTP)等。

(1) TCP/IP 的特点。

- 开放的协议标准,可以免费使用,并且独立于特定的计算机硬件与操作系统;
- 独立于特定的网络硬件,可以运行在局域网、广域网,更适用于互联网中;
- 统一的网络地址分配方案,使得整个 TCP/IP 设备在网中都具有唯一的地址;
- 标准化的高层协议,可以提供多种可靠的用户服务。

(2) TCP/IP 的作用。

TCP/IP 的基本传输单位是数据包(datagram)。TCP 负责把数据分成若干个数据包,并给每个数据包加上包头(就像给一封信加上信封),包头上有相应的编号,以保证在数据接收端能将数据还原为原来的格式。IP 在每个包头上再加上接收端主机地址,这样数据能找到自己要到的地方。如果传输过程中出现数据丢失、数据失真等情况,TCP 会自动要求数据重新传输,并重新组包。总之,IP 保证数据的传输,TCP 保证数据传输的质量。

TCP/IP 参考模型从下到上共分 4 层:主机至网络层、网络层、传输层和应用层。

5.1.5 网络的拓扑结构

计算机网络拓扑结构是网络的映像,它是有关电缆如何连接、结点和结点间如何相互作用的规划。网络的拓扑结构可以用物理或逻辑的观点来描述,物理拓扑和逻辑拓扑可以不相同,也可以相同。物理拓扑是指组成网络的各部分的几何分布,它不是网络图,只是用图形表述的网络外观形状和结构;逻辑拓扑描述了成对的可通信的网络端点间的可能连接,它描述了网络设备之间通信数据实际的流通结构,即哪些端点可以同其他端点通信,以及可通信的端点间是否有直接物理连接。无论是物理拓扑还是逻辑拓扑,局域网的拓扑结构都分为总线型结构、星状结构、环状结构、树状结构和网状结构等。

1. 总线型拓扑结构

总线型结构是指各工作站和服务器的均挂在一条总线上,如图 5-13 所示。各工作站地位平等,无中心结点控制。公用总线上的信息多以基带形式串行传递,其传递方向总是从发送信息的结点开始向两端扩散,如同广播电台发射的信息一样,因此又称广播式计算机网络。各结点在接收信息时都进行地址检查,看是否与自己的工作站地址相符,相符则接收网上的信息。

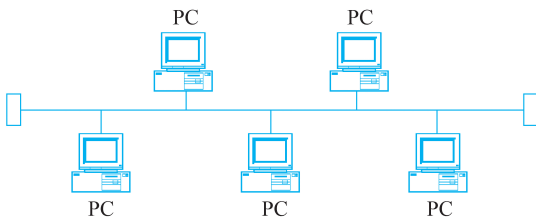


图 5-13 总线型拓扑结构

总线型结构的网络特点:结构简单,可扩充性好。当需要增加结点时,只需要在总线上增加一个分支接口便可与分支结点相连,当总线负载不允许时还可以扩充总线;使用的电缆少,且安装容易;使用的设备相对简单,可靠性高;但维护难,分支结点故障查找难。

2. 星状拓扑结构

星状结构是指各工作站以星状方式连接成网,网络有中央结点,其他结点(工作站、服务器)都与中央结点直接相连,如图 5-14 所示。这种结构以中央结点为中心,因此又称为集中式网络。物理上是星状结构的网络,其逻辑上可能是其他结构。

星状结构的特点:结构简单,便于管理;控制简单,便于建网;网络延迟时间较少,传输误差较低。但缺点也是明显的:成本高、可靠性较低、资源共享能力也较差。

3. 环状拓扑结构

环状结构由网络中若干结点通过点到点的链路首尾相连形成一个闭合的环,如图 5-15 所示。这种结构使公共传输电缆组成环状连接,数据在环路中沿着一个方向在各个结点间传输,信息从一个结点传到另一个结点。