

第 1 章 计算机网络概述

计算机网络是现代通信技术与计算机技术紧密结合的产物,它涉及通信和计算机两个领域。它的诞生使计算机体系结构发生了巨大变化,在当今社会发挥着非常重要的作用,对人类社会进步作出了巨大贡献。从某种意义上说,计算机网络的发展水平不仅反映了一个国家的计算机科学和通信技术的水平,而且成为衡量其国力及现代化程度的重要标志之一。

1.1 计算机网络的产生与发展

1.1.1 计算机网络的发展过程

计算机网络的发展过程其实就是通信技术与计算机技术相结合的过程。计算机网络的发展过程大致可分为面向终端的计算机网络、计算机-计算机网络、开放式标准化网络、以局域网及因特网为支撑环境的计算机网络系统 4 个阶段。它的发展促进了计算机技术、多媒体技术和通信技术的飞速发展。

(1) 面向终端的计算机网络

面向终端的计算机网络又称为远程联机系统,是第一代计算机网络,它产生于 20 世纪 50 年代。第一代计算机网络主要有两种模式:具有通信功能的单机系统和具有通信功能的多机系统。

① 具有通信功能的单机系统。该系统将一台计算机经通信线路与若干终端直接相连。美国于 20 世纪 50 年代建立的半自动地面防空系统 (Semi-Automatic Ground Environment, 简称 SAGE) 就属于这一类网络。它把远距离的雷达和其他测量控制设备的信息通过通信线路送到一台旋风型计算机上进行处理和控制在,首次实现了计算机技术与通信技术的结合。

② 具有通信功能的多机系统。该系统对具有通信功能的单机系统进行了改进。在主计算机的外围增加了一台计算机,专门用于处理终端的通信信息及控制通信线路,并能对用户的作业进行某些预处理操作,这台计算机被称为“前端处理机”或“通信控制处理机”。在终端设备较集中的地方,设置了一台集中器,终端通过低速线路首先汇集到集中器上,然后用高速线路将集中器连到主机上。由于前端处理机和集中器在当时一般选用小型机担任,因此这种结构被称为具有通信功能的多机系统。

在面向终端的计算机网络中,除了一台中心计算机外,其余终端都不具备自主处理功能,在系统中主要完成终端和中心计算机之间的数据通信。这种网络实际上属于面向终端的计算机通信网,是计算机-计算机网络的雏形。如图 1-1 所示。

(2) 计算机-计算机网络

计算机-计算机网络属于第二代计算机网络,是真正意义上的计算机网络。第二代计算机网络是在 20 世纪 60 年代中期发展起来的。这类网络是多台主计算机通过通信线路互联,为用户提供服务的系统,以达到资源共享或者联合起来完成某项任务的目的。这就是早期以

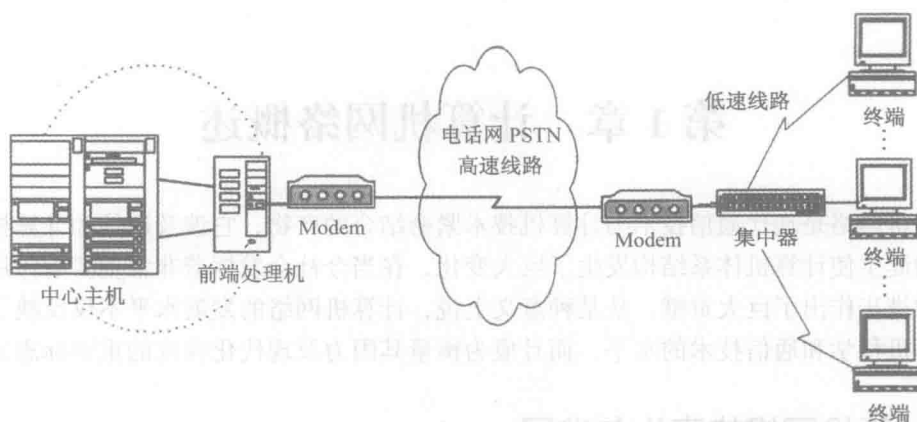


图 1-1 具有通信功能的多机系统

数据交换为主要目的的计算机网络，即计算机-计算机网络。第二代计算机网络和第一代网络的显著区别在于：它的多台主计算机都具有自主处理能力，它们之间不存在主从关系。第二代计算机网络的典型代表是美国国防部高级计划署（Advanced Research Projects Agency，简称 ARPA）网。ARPA 网的形成是计算机网络技术发展史上的重要里程碑，它是因特网（Internet）的前身，它对推动计算机网络的形成与发展具有深远意义。

计算机-计算机网络最主要的缺点是：第二代计算机网络大都是由研究单位、大学、应用部门或者计算机公司各自研制的，没有统一的网络体系结构；把不同的第二代计算机网络互联起来十分困难，难以实现更大范围内的信息交换与共享。因此计算机网络必然要向开放式标准化方向发展。如图 1-2 所示。

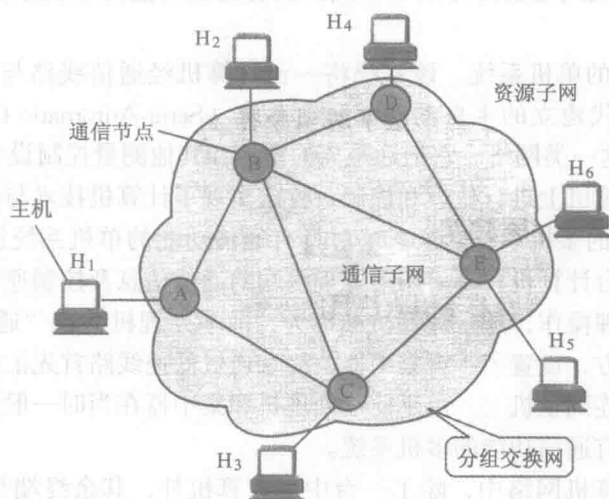


图 1-2 计算机-计算机网络

(3) 开放式标准化网络

开放式标准化网络属于第三代计算机网络，它具有统一的网络体系结构与协议。标准化不仅使不同的计算机网络能够方便地互联，而且带来大规模生产和降低成本等一系列好处。典型的开放式标准体系有国际标准化组织（International Organization for Standardization，简

称 ISO) 公布的开放系统互联参考模型 (Open System Interconnection Basic Reference Model, 简称 OSI/RM)。

为了使不同的计算机网络能够方便地互联, 一些大的计算机公司纷纷提出各自的网络体系结构与网络协议。1974 年, 美国 IBM 公司首先公布了世界上第一个计算机系统网络体系结构 (System Network Architecture, 简称 SNA)。

国际标准化组织成立专门委员会研究网络体系结构与网络协议国际化问题, 于 1984 年制定并正式颁布了 OSI/RM, 制定了一系列协议标准。这里的“开放”是指: 只要遵循该标准, 一个系统就可与位于世界上任何地方的也遵循同一标准的其他系统进行通信。该模型已经成为计算机网络体系结构的基础。

在 1969 年 ARPA 网的实验性阶段, 研究人员开始了 TCP/IP 协议雏形的研究。TCP/IP 协议的成功促进了 Internet 的发展。Internet 的发展又进一步扩大了 TCP/IP 协议的影响。TCP/IP 参考模型虽然不是某个国际官方组织制定的标准, 但由于被广泛采用, 已经成为事实上的国际标准或者工业标准。

(4) 以局域网及因特网为支撑环境的计算机网络系统

局域网诞生于 20 世纪 70 年代中期, 它继承了远程网的分组交换技术和计算机 I/O 总线结构技术。随着硬件价格的下降, 微机的应用越来越广泛, 单位或者部门拥有的微机数量越来越多, 因此需要将它们连接起来, 以达到资源共享和互相通信的目的。局域网简易、低成本、安全可靠的网络结构解决了通信和资源共享问题, 所以局域网技术得到了迅速发展。

局域网与远程网络的互联, 使局域网上每个用户都能够访问远方的主机, 这又反过来提出了如何使不同计算机、网络广泛互联的新课题, 这种广泛互联的需求促使了 Internet 的崛起。1998 年 Web 技术的出现, 使 Internet 得到普及。从此, 网络开始进入一个飞速发展的时期, 最终形成对当今社会发展起着至关重要作用的计算机网络。

1.1.2 计算机网络的发展方向

随着网络的增大与网络服务功能的增多, 计算机网络主要向高速化、智能化和综合化方向发展。

早期计算机网络中传输的主要是数字、文字和程序等数据, 随着应用的扩展, 人们提出了越来越多的图形、图像、声音和影像等多媒体信息在网络中传输的需求, 这不但要求网络有更高的数据传输速率, 或者说带宽, 而且人们对延迟时间 (实时性)、时间抖动 (等时性)、服务质量等方面都提出了更高的要求。三网融合甚至多网融合是一个重要的发展方向。

下一代通信网络将是以 IP 为中心, 融合各种通信技术, 可以支持多种业务与应用的融合网络。其主要目标是: 支持各种业务 (包括实时与非实时业务、单一业务与多媒体业务), 缩减服务投向市场的时间, 可与现有网络互通, 支持多种接入方式和多种接入终端, 支持广泛的移动性, 用户能够自由地接入不同的业务提供商, 并自由地选择他们所需要的业务, 确保现有网络的平滑演进及具有经济、可扩展的网络结构。

下一代通信网络的具体内容是: IP 技术的发展形成下一代因特网——IPv6 体系; 电路交换技术与 IP 技术融合形成下一代交换网——软交换体系 (Softswitch); 传统的传送网技术与 IP 技术融合形成下一代智能光传送网——ASTN/ASON; 移动电话交换网与 IP 技术融合形成下一代移动通信网——3G, 4G; 接入技术与 IP 技术融合形成下一代接入技术——支持多业务的宽带 IP 接入体系等。

下一代通信网络的基本特征是：采用开放分布式的网络架构体系，是业务驱动的网络，是基于统一协议的分组网络。它具备如下特点：IP 的世界（从网络服务层面看），光的世界（从传送层面看），无线的世界（从用户接入层面看）。

1.1.3 计算机网络实例简介

一个网络的基本组成部件为：服务器、客户机、网络连接设备、通信介质和网络软件等。

图 1-3 所示是某高等学校为本单位建设的高速信息网络，网络主干中心是千兆以太网的光纤局域网，连接各学院、系、图书馆等信息网，并接入 Internet。实现各级各类网络的互联互通，为学校的各级单位、教师、学生提供方便、快捷的信息与教学服务，从而有效地为科研、教学服务，提高了学校的整体水平。

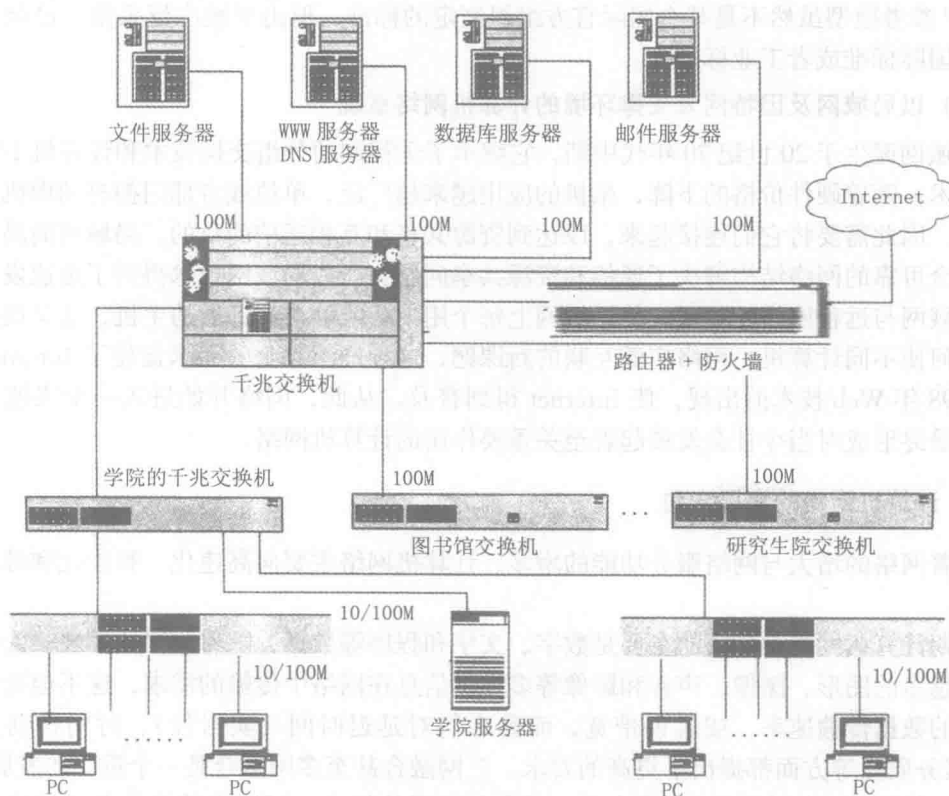


图 1-3 简单计算机网络实例

1.2 计算机网络的分类与组成

1.2.1 计算机网络的定义

由于计算机网络技术是不断发展变化的，所以计算机网络的精确定义并未统一。

计算机网络的最简单的定义是：一些互相连接的、自治的计算机的集合。若按照此定义，早期的面向终端的网络都不能算是计算机网络，而只能称为联机系统。

目前,较为公认的计算机网络的定义是:将分布在不同地点的具有独立功能的多个计算机系统通过通信设备和通信线路连接起来,在功能完善的网络软件的支持下,实现数据通信和资源共享的系统。

这个定义涉及以下几方面含义。

① 构成网络的计算机是自主工作的,且至少有两台。

② 网络内的计算机通过通信介质和互联设备连接在一起,通信技术为计算机之间的数据传递和交换提供了必要的手段。

③ 计算机之间利用通信手段进行数据交换,实现资源共享,这也是计算机网络的两个最主要功能。

④ 数据通信和资源共享必须在完善的网络协议和软件支持下才能实现。

基于计算机网络且更高级的系统是分布式计算机系统。分布式计算机系统在计算机网络基础上,为用户提供了透明的集成应用环境。用户可以调用网络中的任何资源或者进行远程的数据处理,而不必考虑这些资源或者数据的地理位置。对用户而言,这种分布式计算机系统好像只有一台计算机一样。但一般情况下,分布式计算机系统可以作为计算机网络的一个特例。

1.2.2 计算机网络的分类

计算机网络的分类方式很多,按照不同的分类原则,可以分成各种不同类型的计算机网络。

按照网络规模或覆盖范围大小,可以分为局域网(Local Area Network,简称LAN)、城域网(Metropolitan Area Network,简称MAN)和广域网(Wide Area Network,简称WAN);按照交换方式,可以分为线路网络、报文交换网络和分组交换网络;按照网络拓扑结构,可以分为总线型网络、环型网络、星型网络和树型网络;按照通信介质,可以分为双绞线网、同轴电缆网、光纤网和卫星网等;按照传输带宽,可以分为基带网和宽带网;按照使用范围,可以分为公用网和专用网;按照速率,可以分为高速网、中速网和低速网;按照通信传播方式,可以分为广播式和点到点式。

这里主要介绍根据计算机网络的覆盖范围和通信终端之间相隔的距离不同,将其分为局域网、城域网和广域网3类情况,各类网络的特征参数如表1-1所示。

表 1-1

各类网络的特征参数

网络分类	分布距离	计算机分布范围	传输速率范围
局域网	10m 左右	房间	4Mb/s~1Gb/s
	100m 左右	楼宇	
	1000m 左右	校园	
城域网	10km	城市	50kb/s~100Mb/s
广域网	100km 以上	国家或者全球	9.6kb/s~45Mb/s

(1) 局域网

局域网是指传输距离有限,传输速率较高,以共享网络资源为目的的网络系统。由于局域网投资规模较小,网络实现简单,所以新技术易于推广。局域网技术和广域网相比,发展迅速。局域网的特点如下。

① 分布范围有限,加入局域网中的计算机通常处在几千米的距离之内。通常它分布在一所学校、一个企业单位,为本单位使用。一般称为“园区网”或者“校园网”。

② 有较高的通信带宽,数据传输速率高。一般为 1Mb/s 以上,最高可达 1Gb/s。

③ 数据传输可靠,误码率低,误码率一般为 $10^{-6} \sim 10^{-4}$ 。

④ 通常采用同轴电缆或者双绞线作为传输介质,跨楼栋时使用光纤。

⑤ 通常网络归单一组织所拥有和使用。

(2) 城域网

城域网是规模介于局域网和广域网之间的一种较大范围的高速网络,一般覆盖邻近的多个单位和城市,从而为接入网络的企业、机关、公司及社会单位提供文字、声音和图像的集成服务。城域网规范由 IEEE 802.6 协议定义。

(3) 广域网

广域网又称远程网。它是指覆盖范围广、传输速率相对较低,以数据通信为目的的数据通信网。广域网最根本的特点如下。

① 分布范围广。

② 数据传输速率低,一般为每秒几十兆位以下。

③ 数据传输可靠性随着传输介质的不同而不同,误码率较高。

④ 广域网常常借用传统的公共传输网来实现。

⑤ 广域网可将一个集团公司、团体或者行业的各处、部门和子公司连接起来。

Internet 是世界上最大的网络,又称国际互联网,是一个跨越全球的计算机互连网络。它以开放的连接方式将各个国家、地区、机构分布在世界各个角落的各种局域网、城域网和广域网互联起来,组成全球最大的计算机通信网络。通常说的上网就是指上 Internet。

1.2.3 计算机网络系统组成

正如计算机系统由硬件系统和软件系统组成一样,计算机网络系统也是由硬件系统和软件系统组成的。在网络系统中,硬件对网络的选择起着决定性作用,而网络软件则是挖掘网络潜力的工具。

网络硬件是计算机网络系统的物质基础。要构成一个计算机网络系统,首先要将计算机及其附属硬件设备与网络中的其他计算机系统连接起来。网络硬件通常由服务器、客户机、网络接口卡、传输介质和网络互联设备等组成。

网络软件是实现网络功能不可缺少的组成部分。网络软件主要包括网络操作系统、网络通信协议和各种网络应用程序。

1.2.4 通信子网和资源子网

为了简化计算机网络的分析与设计,有利于网络硬件和软件配置,按照计算机网络系统的逻辑功能(结构),一个网络可以划分为通信子网和资源子网,如图 1-4 所示。

(1) 通信子网

通信子网主要负责全网的数据通信,为网络用户提供数据传输、转接、加工和交换等通信处理工作。它主要包括通信控制处理机(网络连接设备)、通信线路(即传输介质)、通信协议和控制软件等。

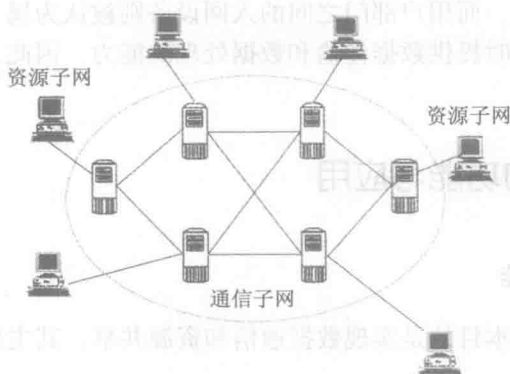


图 1-4 网络的组成

① 通信控制处理机。它的主要作用是控制本模块的终端设备之间的信息传送,以及对终端设备之间的通信线路进行控制管理。此外,它还是网络中各个模块之间的接口机,负责模块之间的信息传输控制。

通信控制处理机在计算机之间通过高速并行方式交换信息,一般宜采用小型机或者高档微机。需要指出的是:在局域网中,通常不专设通信控制处理机,而把这部分任务交给网卡来承担。

② 通信线路。它用于实现计算机网络中通信控制处理机之间及通信控制处理机与主机之间的连接,为实际传送比特流提供线路基础。计算机网络中使用的通信线路通常由双绞线、同轴电缆、光纤、无线电和微波等传输介质构成。

计算机网络中的通信线路可以分为物理线路和逻辑线路两类。物理线路是一条点到点的、中间没有任何交换节点的线路。在物理线路上,用于数据传输控制的硬件和软件口构成的线路为逻辑线路,逻辑线路是具备数据传输控制能力的物理线路。只有在物理线路的基础上,逻辑线路才能真正实现数据传输。而当采用多路复用技术时,一条物理线路可以形成多条逻辑线路。

(2) 资源子网

资源子网主要负责全网的信息处理,为网络用户提供网络服务和资源共享。它主要包括网络中的主机、终端、I/O 设备、各种软件资源和数据库等。

① 主机。主机(指主计算机系统)在计算机网络中负责数据处理和网络控制,包括各种类型的计算机,它是资源子网的主要组成单元。在局域网中,主机又被称为服务器。

② 终端。它是用户进行网络操作时使用的设备,其种类繁多,常用的有交互式终端、批处理终端、汉字终端、智能终端和虚拟终端等。

终端一般与通信控制处理机或者集中器相连,与通信控制处理机相连的一般为近程终端,通过集中器再与通信控制处理机相连的一般为远程终端。为了提高处理能力,主机本身应该尽量少接终端。在局域网中,终端又被称为工作站(客户机)。

将计算机网络分为通信子网和资源子网,符合网络体系结构的分层思想,便于对网络进行研究和设计。通信子网和资源子网可以单独规划、管理,从而使整个网络的设计与运行得以简化。需要指出的是,通信子网和资源子网是一种逻辑上的划分,它们可能使用相同设备或者不同的设备。如在广域网环境下,由电信部门组建的网络常被理解为通信子网,仅用于

支持用户之间的数据传输,而用户部门之间的入网设备则被认为属于资源子网的范畴;在局域网环境下,网络设备同时提供数据传输和数据处理的能力,因此只能从功能上对其中的软硬件部分进行这种划分。

1.3 计算机网络的功能与应用

1.3.1 计算机网络的功能

建立计算机网络的基本目的是实现数据通信和资源共享。其主要功能如下。

(1) 数据通信

数据通信即数据传输和交换,是计算机网络的最基本功能之一。从通信角度看,计算机网络其实是一种计算机通信系统,其本质上是数据通信的问题。

(2) 资源共享

资源共享是指上网用户能够部分或者全部地使用计算机网络资源,使计算机网络中的资源互通有无、分工协作,从而大大地提高各种资源的利用率。资源共享主要包括硬件、软件和数据资源,它是计算机网络最基本的功能之一。

(3) 其他功能

数据通信和资源共享是计算机网络最基本和最重要的功能,此外,计算机网络的功能还包括以下几个方面。

① 高可靠性和可用性。计算机网络是一个高度冗余容错的计算机系统。联网的计算机可以互为备份,一旦某台计算机发生故障,则另一台计算机可以替代它并继续工作。更重要的是,由于数据和信息资源存放在不同地方,因此可以防止由于故障而无法访问或者由于灾害造成数据被破坏。

② 协同工作和分布式处理。在计算机网络中,每个用户可以根据实际情况,合理地选择计算机网内的资源,以就近的原则快速地处理。对于较大型的综合问题,在网络操作系统的调度和管理下,网络中的多台计算机可以协同解决,从而达到均衡网络资源,实现分布式处理的目的。

1.3.2 计算机网络的应用

如今,从日常生活中的银行存取款、交电话费、信用卡支付、网上购物、QQ聊天,到高科技领域的全球卫星定位系统(Global Positioning System,简称GPS)、火箭发射等方面,人们已经越来越离不开计算机网络。计算机网络已经日益渗透到各行各业中,直接影响着人们的工作、学习、生活乃至思维方式。随着计算机网络技术的发展与成熟、Internet的迅速普及和各种网络应用需求的不断增加,计算机网络的应用范围也在不断扩大,而且越来越深入,例如,计算机网络技术已经被广泛地应用于工业自动控制、辅助决策、管理信息系统、远程教育、远程办公、数字图书馆全球情报检索与信息查询、电子商务、电视会议和视频点播等领域,并且取得了巨大的效益。

(1) 多媒体信息服务

包括WWW服务、联机会议、视频点播、远程教育和网上娱乐等。即采用多种媒体信

号进行信息交流，它是计算机网络技术与多媒体技术的结合。

(2) 通信服务

包括 E-mail、在线聊天 (QQ 和 MSN 等) 和 Iphone (IP 电话) 等服务，主要用于信息通信。其中，E-mail 以其方便快捷、功能丰富、价格便宜等优点而迅速成为广大用户最为钟爱的服务项目之一。

(3) 办公自动化系统

办公自动化系统可以将一个单位办公用的计算机和其他办公设备连接成网络。网络办公可以加快单位内部的信息流动，加强单位内、外部的联系与沟通，减少日常开销，提高工作效率。

(4) 网络管理信息系统

网络管理信息系统是建立在网络基础上的管理信息系统。管理信息系统是基于数据库的应用系统。分布式数据库主要用于网络系统，特别适合于网络管理信息系统。

(5) 网上交易

网上交易主要指电子数据交换和电子商务系统，包括金融系统的银行业务和期货证券业务，服务行业的订售票系统、在线交费和网上购物等。

1.4 网络拓扑结构

网络拓扑是指网络中通信线路和节点的几何形状，用以表示整个网络的结构外貌，反映各节点之间的结构关系。它影响着整个网络的设计、功能、可靠性和通信费用等重要方面，是计算机网络十分重要的要素。网络拓扑结构包括物理拓扑结构和逻辑拓扑结构两个方面。物理拓扑结构代表了网内节点的通信连接布局，逻辑拓扑结构则涉及网络的介质访问方法。常用的网络拓扑结构有总线型、星型、环型、树型以及混合型结构。

1.4.1 总线型拓扑结构

总线型拓扑结构 (如图 1-5 所示) 采用单根传输线作为传输介质，所有的站点 (包括工作站和文件服务器) 均通过相应的硬件接口直接连接到传输介质或者总线上，各工作站地位平等，无中心节点控制。

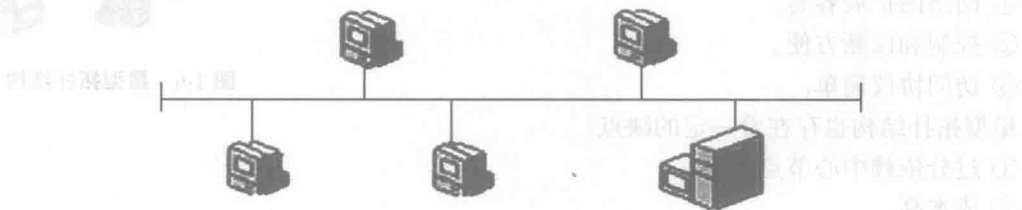


图 1-5 总线型拓扑结构

总线型拓扑结构的总线大都采用同轴电缆。总线上的信息以基带信号形式串行传送。某个站点发送报文 (把要发送的信息叫做报文)，其传送的方向总是从发送站点开始向两端扩散，如同广播电台发射的信息一样，又被称为广播式计算机网络，在总线网络上的所有站点

都能接收到这个报文,但并不是所有的都接收,而是每个站点都会把自己的地址与这个报文的目的地址相比较,只有与这个报文的目的地址相同的工作站才会接收报文。

在总线型拓扑结构中,由于各站点通过总线来传输信息,并且各站点对于总线的使用权是平等的,因此产生了如何合理分配信道问题,这种合理解决信道分配问题的控制方法叫做介质访问控制方式。总线型拓扑结构的介质访问控制方式被称为载波监听多路访问/冲突检测。

总线型拓扑结构主要有以下优点。

① 从硬件观点来看,总线型拓扑结构可靠性高。因为总线型拓扑结构简单,而且又是无源元件。

② 易于扩充,容易增加新的站点。如果要增加新站点,仅需在总线的相应接入点将工作站接入即可。

③ 使用电缆较少,且安装容易。

④ 使用的设备相对简单,可靠性高。

当然,总线型拓扑结构也存在一些缺点。

① 故障隔离困难。在星型拓扑结构中,一旦检查出哪个站点发生故障,只需要简单地拆除连接即可。而在总线型拓扑结构中,若某个站点发生故障,则需要将该站点从总线上拆除;若传输介质故障,则要切断和变换整段总线。

② 故障诊断困难。由于总线型拓扑结构的网络不是集中控制,故障检测需要在网络上各个站点进行。

1.4.2 星型拓扑结构

星型拓扑结构(如图1-6所示)是由中心节点和通过点对点链路连接到中心节点各站点组成的。星型拓扑结构的中心节点是主节点,它接收各分散站点的信息,再转发给相应的站点。目前,这种星型拓扑结构几乎是Ethernet双绞线网络专用的。这种星型拓扑结构的中心节点是由集线器或者交换机来承担的。

由于每个设备都用一根线路和中心节点相连,如果这根线路损坏,或者与之相连的工作站出现故障时,在星型拓扑结构中,不会对整个网络造成较大的影响,而仅会影响该工作站。

星型拓扑结构有以下优点。

① 网络的扩展容易。

② 控制和诊断方便。

③ 访问协议简单。

星型拓扑结构也存在着一定的缺点。

① 过分依赖中心节点。

② 成本高。

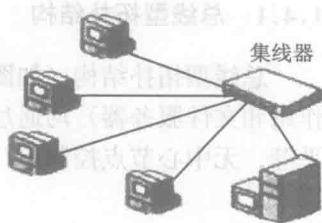


图1-6 星型拓扑结构

1.4.3 环型拓扑结构

环型拓扑结构(如图1-7所示)是由网络中若干中继器通过点到点的链路首尾相连形成一个闭合的环。

环型拓扑结构使用公共电缆形成环型连接。每个中继器与两条链路相连,由于环型拓扑

的数据在环路上沿着一个方向在各节点间传输,这样中继器能够接收一条链路上来的数据,并以同样的速率串行地把数据送到另一条链路上,而不在中继器中缓冲。每个站对环的使用权是平等的,所以它也存在着一个对于环型线路的“争用”和“冲突”的问题。在环路上发送和接收数据的过程大致如下:发送报文的工作站(简称发送站)将报文分成报文分组,每个报文分组包括一段数据再加上某些控制信息,控制信息中含有目的地址。发送站依次把每个报文分组送到环路上,然后通过其他中继器进行循环,每个中继器都对报文分组的目的地址进行判断,看其是否与本地工作站的地址相同,仅由地址相同的工作站接收该报文分组,并将分组复制下来,当该报文分组在环路上绕行一周重新回到发送站时,由发送站把这些分组从环路上摘除。由此可以看出,若环路上某一节点发生故障,则将不能正常地传送信息。



图 1-7 环型拓扑结构

环型拓扑结构有以下优点。

① 路由选择控制简单。因为信息流是沿着固定的一个方向流动的,两个站点之间仅有一条通路。

② 电缆长度短。环型拓扑结构所需电缆长度和总线型拓扑结构相似,但比星型拓扑结构短。

③ 适用于光纤。光纤传输速率高,而环型拓扑是单方向传输,十分适用于光纤这种传输介质。

环型拓扑结构的缺点如下。

① 节点故障会引起整个网络瘫痪。在环路上,数据传输是通过环上的每一个站点进行转发的,若环路上的一个站点出现故障,则该站点的中继器不能进行转发,相当于环在故障节点处断掉,造成整个网络都不能工作。

② 诊断故障困难。因为某一节点故障会使整个网络都不能工作,但具体确定是哪一个节点出现故障非常困难,需要对每个节点进行检测。

1.4.4 树型拓扑结构

树型拓扑结构(如图 1-8 所示)是由星型拓扑结构演变而来的,树型拓扑结构是星型拓扑的推广,而星型结构是树型结构的特例,形状像一棵倒置的树,顶端有一个带有分支的根,每个分支还可以延伸出子分支。

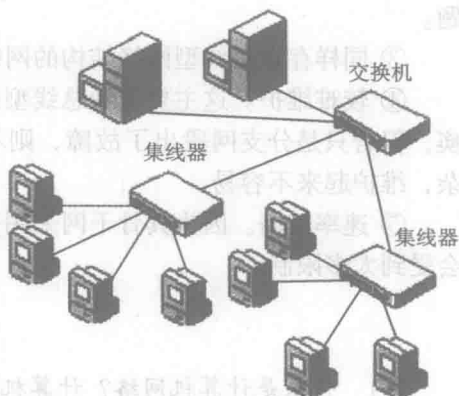


图 1-8 树型拓扑结构

树型拓扑结构是一种分层的结构,适用于分级管理和控制系统。这种拓扑结构与其他拓扑结构的主要区别在于其根的存在。当下面的分支节点发送数据时,根接收该信号,再重新广播发送到全网。这种结构不需要中继器。与星型拓扑结构相比,由于通信线路总长度短,所以它的成本低、易推广,但结构比星型拓扑结构复杂。

树型拓扑结构有以下优点。

① 易于扩展。从本质上看,这种结构可以延伸出很多分支和子分支,因此新的节点和新的分支易于加入网内。

② 故障隔离容易。如果某一分支的节点或者线路发生故障,很容易将这个分支和整个系统隔离开来。

1.4.5 混合型拓扑结构

混合型拓扑结构(如图 1-9 所示)是由前面所讲的星型拓扑结构和总线型拓扑结构的网络结合在一起的网路结构,这样的拓扑结构更能满足较大网络的拓展,解决星型网络在传输距离上的局限,同时解决了总线型网络在连接用户数量方面的限制。这种网络拓扑结构同时兼顾了星型网络与总线型网络的优点,又在一定程度上弥补了两者的缺点。

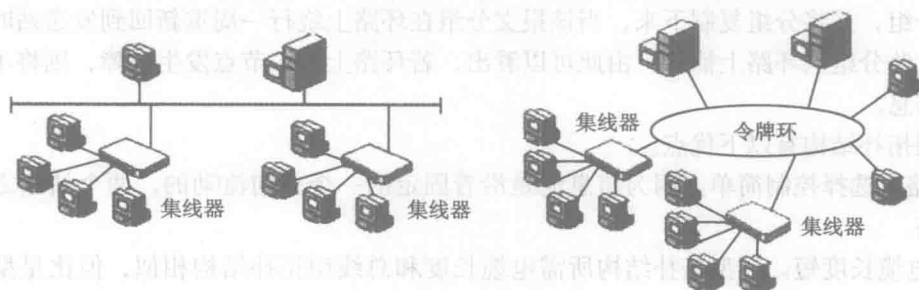


图 1-9 混合型拓扑结构

混合型拓扑结构有以下特点。

① 应用相当广泛。这主要是因为它解决了星型和总线型拓扑结构的不足,满足了大公司组网的实际需求。

② 扩展相当灵活。这主要是继承了星型拓扑结构的优点。但由于其仍然采用广播式的消息传送方式,所以在总线长度和节点数量上会受到限制,但在局域网中不存在太大的问题。

③ 同样存在总线型网络结构的网络速率会随着用户的增多而下降的缺点。

④ 较难维护。这主要受到总线型网络拓扑结构的制约,若总线断,则整个网络也将瘫痪,但若只是分支网段出了故障,则不影响整个网络的正常运作。另外,整个网络非常复杂,维护起来不容易。

⑤ 速率较高。因为其骨干网采用高速的同轴电缆或者光缆,所以整个网络在速率上不会受到太多限制。

习 题

1.1 什么是计算机网络? 计算机网络由哪几部分组成?

1.2 计算机网络的发展分为哪几个阶段? 每个阶段有什么特点?

1.3 第一代计算机网络主要的两种模式是什么?

1.4 Internet 的前身是什么?

1.5 简述计算机网络的发展趋势。

1.6 计算机网络的主要功能是什么?

1.7 计算机网络的主要应用在哪些方面?

- 1.8 常用计算机网络的拓扑结构有哪几种?各有什么特点?
- 1.9 通信子网与资源子网分别由哪些主要部分组成?其主要功能是什么?
- 1.10 早期的计算机网络中,哪些技术对日后的发展产生了深远的影响?
- 1.11 世界上第一个计算机网络体系结构是什么?由哪个公司提出的?
- 1.12 计算机网络是如何分类的?
- 1.13 试根据一个单位或公司的实际网络应用画出其网络拓扑结构,并标明网络中各种设备的名称。

第2章 网络通信基础

数据通信技术是计算机网络的基础,它将计算机与通信技术相结合,完成数据的编码、解码、传输和处理。因此,研究计算机网络首先要研究数据通信。

2.1 数据通信概述

数据通信即实现远程计算机、终端间的相互通信,以达到硬件、软件资源及数据处理、信息资源的共享。它是各种计算机网赖以生存的基础,是一种新的通信业务。随着计算机的应用普及到社会的各个领域,为了快速而优质地采集信息,高效而可靠地传输信息,大量而普遍地处理、存储和使用信息,计算机要实现远距离的联网和检索遍布在世界各地的数据库资源,就需要在各个计算机、工作站和局域网之间联网,数据通信业务由此应运而生。如电子数据互换、电子信箱和可视图文等都是由数据通信而产生的一些增值业务,数据通信在现代通信领域中正扮演着越来越重要的角色。

2.1.1 数据通信基本概念

(1) 模拟的和数字的

模拟的和数字的可能是数据通信中最常用的概念。所谓模拟的,就是连续变化的,在时间和幅度上取值是连续的;所谓数字的,就是不连续的,在时间上是离散的,在幅度上是经过量化的,取值仅允许为有限的一些固定值。

模拟的通常简称为“A”,数字的通常简称为“D”。

(2) 数据

数据是描述事物的形式,是传递或者携带信息的实体。数据分为模拟数据和数字数据两种。灯光的亮度、声音的强度和电压的大小等连续变化的都是模拟数据;整数和计算机内部的二进制等都是数字数据。

(3) 信息

信息是反映客观世界各种事物的特征和变化的、经过加工处理的、给予分析解释和明确意义,并影响人们决策行为的数据。简单地说,信息是数据的内容和解释。通信的目的是交换信息。表示信息的形式可以是数字、文字、声音、图形和图像等,数据是数字化的信息。

(4) 信号

信号是数据的电磁编码或者电子编码。数据只有变成信号,才能在信道上传输。信号分为模拟信号和数字信号两种。电话线上传输的按照声音的强弱幅度连续变化的电信号就是模拟信号。模拟信号的信号电平是连续变化的,其波形如图 2-1(a)所示。计算机产生的电信号是用两种不同的电平表示 0, 1 比特序列的电压脉冲信号,为数字信号,其波形如图 2-1(b)所示。

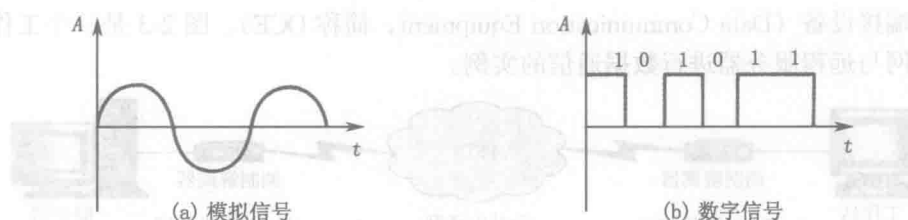


图 2-1 模拟信号与数字信号

(5) 信道

信道是传送信号的通路。用以传输模拟信号的信道叫做模拟信道，用以传输数字信号的信道叫做数字信道。需要指出的是：数字信号调制成模拟信号后也可在模拟信道中传输；而模拟信号数字化后（变成数字信号）也可在数字信道中传输。信道按传输介质又可分为有线信道和无线信道。

(6) 信源

通信过程中产生或发送信息的设备称为信源。

(7) 信宿

通信过程中接收信息的设备称为信宿。

2.1.2 数据通信系统

(1) 通信

通信是把信息从一个地方传送到另一个地方，是信息的传输与交换。

(2) 数据通信

数据通信是以传输数据为业务的通信，它分为模拟数据通信和数字数据通信两种。计算机网络中涉及的数据通信主要指数字数据通信。实现数据通信的系统称为数据通信系统。

(3) 数据通信系统的模型

对一个通信系统来说，它必须具备 3 个基本要素：信源、信道和信宿。在发送端，信源数据要经过变换器变成信号，才能在信道上传输；在接收端，信号要经过反变换器还原成数据，才能被信宿接收，如图 2-2 所示。



图 2-2 数据通信系统的模型

(4) 数据通信系统的一个实例

数据通信系统中的信源和信宿是各种类型的计算机和终端，称为数据终端设备（Data Terminal Equipment，简称 DTE）。作为信号转换的设备，通常被称为数据传输设备，也被

称为数据端接设备 (Data Communication Equipment, 简称 DCE)。图 2-3 是一个工作站通过公共电话网与远程服务器进行数据通信的实例。



图 2-3 数据通信系统的一个实例

2.1.3 数据通信的主要技术指标

(1) 数据传输速率

① 数据传输速率。是指每秒传输二进制信息的位数，单位为位/秒，记做 bps 或者 b/s。计算公式为

$$S = 1/T \log_2 N \quad (2-1)$$

式中， T ——一个数字脉冲信号的宽度（全宽码）或者重复周期（归零码），s；

N ——一个码元所取的离散值个数。

通常 $N = 2^K$ ， K 为二进制信息的位数， $K = \log_2 N$ 。

当 $N = 2$ 时， $S = 1/T$ ，表示数据传输速率等于码元脉冲的重复频率。

② 信号传输速率。是指单位时间内通过信道传输的码元数，单位为波特，记做 Baud。计算公式为

$$B = 1/T \quad (2-2)$$

式中， T ——信号码元的宽度，s。

信号传输速率也称为码元速率、调制速率或者波特率。

由式(2-1)和式(2-2)得

$$S = B \log_2 N$$

或者

$$B = S / \log_2 N$$

③ 比特率与波特率关系。

$$S = B \log_2 N$$

式中， N ——一个脉冲信号所表示的有效状态数。

当 $N = 2$ 时， $S = B$ 。

类似于用汽车把货物从甲地运往乙地。比特率对应货物从甲地上货到乙地卸货的速率。波特率对应汽车的速度， N 对应汽车的数量。

当 B 固定后， S 越大，信号传输效率越高，此时，要求 N 要大。

(2) 信道容量

① 信道容量的定义。它表示一个信道的最大数据传输速率，单位为位/秒 (b/s)。

信道容量与数据传输速率的区别是：前者表示信道的最大数据传输速率，是信道传输数据能力的极限；而后者是实际的数据传输速率。

② 离散的信道容量。奈奎斯特 (Nyquist) 无噪声下的码元速率极限值 B 与信道带宽 H 的关系为

$$B = 2H$$

奈奎斯特公式——无噪信道传输能力公式为

$$C = 2H \log_2 N$$

式中, H ——信道的带宽, 即信道传输上、下限频率的差值, Hz;

N ——一个码元所取的离散值个数。

③ 连续的信道容量。香农公式——带噪信道容量公式为

$$C = H \log_2 (1 + S/N)$$

式中, S ——信号功率;

N ——噪声功率;

S/N ——信噪比, 通常把信噪比表示成 $10\lg(S/N)$, dB。

(3) 误码率

误码率是指二进制数据位传输时出错的概率, 它是衡量数据通信系统在正常工作情况下传输可靠性的指标。在计算机网络中, 一般要求误码率低于 10^{-6} , 若误码率达不到这个指标, 则可以通过差错控制方法检错和纠错。

误码率公式为

$$P_e = N_e / N$$

式中, N_e ——其中出错的位数;

N ——传输的数据总数。

(4) 带宽与数据传输速率的关联

在模拟信道中, 使用带宽表示信道传输信息的能力。单位为 Hz, kHz, MHz 或者 GHz。

例如, 电话信道的带宽为 300~3400Hz。在数字信道中, 用数据传输速率表示信道的传输能力。单位为 b/s, kb/s, Mb/s 或者 Gb/s。

2.2 网络传输介质与网线制作

传输介质是网络中连接各个通信处理设备的物理媒体, 是构成信道的主要部分, 是网络通信的物质基础之一。传输介质既可以是有线的, 也可以是无线的。

传输介质的性能特点对传输速率、成本、抗干扰能力、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。因此, 必须根据不同的通信要求, 合理地选择传输介质。

2.2.1 双绞线

双绞线的英文名字叫 Twist-Pair, 它是综合布线工程中最常用的一种传输介质。双绞线采用了一对互相绝缘的金属导线互相绞合的方式来抵御一部分外界电磁波干扰。把两根绝缘的铜导线按照一定密度互相绞在一起, 可以降低信号干扰的程度, 每一根导线在传输中辐射的电波会被另一根导线上发出的电波抵消。“双绞线”的名字也是由此而来。双绞线一般由两根 22 号至 26 号绝缘铜导线相互缠绕而成, 实际使用时, 是把多对双绞线一起包在一个绝