

第 1 篇

计算机网络基础

- 第1章 计算机网络概述
 - 第2章 OSI参考模型与TCP/IP模型
 - 第3章 网络设备及其操作系统介绍
 - 第4章 网络设备操作基础
 - 第5章 网络设备文件管理
 - 第6章 网络设备基本调试
-
-

计算机网络概述

计算机网络已经广泛应用在我们的身边,正改变着人们工作和生活方式。

网络给社会带来的革新是深远的。传统各行各业之间信息的分隔局面,正在被信息化所革新,使得行业之间信息的共享、业务平台互通成为可能。另外,计算机软件已不再局限于过去的单机运行,形形色色的网络应用——如办公自动化系统、远程教学、应用于各行各业的管理软件等,无不与计算机网络发生着紧密的联系。

计算机网络的迅速普及和企业的IT化发展导致了社会对网络工程师的大量需求。企业越来越需要大量的专业人才为他们设计、架构、管理,并充分发挥计算机互联网络的作用。

对于初学者而言,首先建立对计算机网络的初步、轮廓性的认识是非常必要的。本章将会为学习后续章节的知识打下良好的基础;对于已经学习过相关知识的学员,通读本章,将能够对网络的基础知识进行快速的回顾。

1.1 本章目标

学习完本章,应该能够达到以下目标。

- (1) 掌握计算机网络的基本定义和基本功能。
- (2) 了解计算机网络的演进过程。
- (3) 掌握计算机网络中的基本概念。
- (4) 掌握计算机网络的类型和衡量计算机网络的性能指标。
- (5) 了解计算机网络的协议标准及标准化组织。

1.2 什么是计算机网络

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络,顾名思义是由计算机组成的网络系统,如图1-1所示。根据电气与电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)高级委员会坦尼鲍姆博士的定义:计算机网络是一组自治计算机互连的集合。自治是指每个计算机都有自主权,不受别人控制;互连则是指使用通信介质进行计算机连接,并达到相互通信的目的。这个定义过于专业化。通俗地讲,计算机网络就是把分布在不同地理区域的独立计算机和专门的外部设备利用通信线路连成一个规模大、功能强的网络系统,从而使众多的计算机可以方便地互相传递信息、共享信息资源。

由于IT业迅速发展,各种网络互连终端设备层出不穷,如计算机、打印机、无线应用协议(wireless application protocol, WAP)手机、PDA(personal digital assistant)网络电话等。在未来,也许一切设备都会连接到Internet。

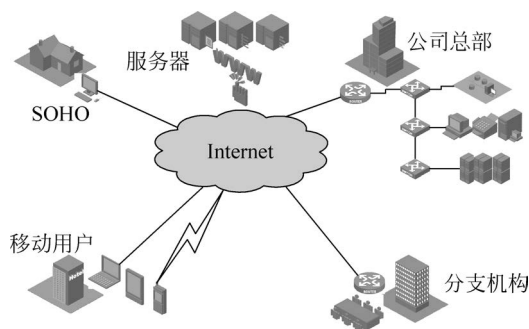


图 1-1 计算机网络

1.2.2 计算机网络的基本功能

归纳来说,计算机网络能为人们带来以下显而易见的益处。

1. 资源共享

资源分为软件资源和硬件资源。软件资源包括形式多种多样的数据,如数字信息、消息、声音、图像等;硬件资源包括各种设备,如打印机、fax、modem 等。网络的出现使资源共享变得简单,交流的双方可以跨越时空的障碍,随时随地传递信息、共享资源。

2. 分布式处理(distributed processing)与负载均衡(load balancing)

通过计算机网络,海量的处理任务可以分配到分散在全球各地的计算机上。例如,一个大型 ICP(Internet content provider)网络访问量相当之大,为了支持更多的用户访问其网站,在全世界多个地方部署了相同内容的万维网(world wide web, WWW)服务器;通过一定技术使不同地域的用户看到放置在离他最近的服务器上的相同页面,这样可以实现各服务器的负载均衡,并使通信距离缩短。

3. 综合信息服务

网络发展的趋势是应用日益多元化,即在一套系统上提供集成的信息服务,如图像、语音、数据等。在多元化发展的趋势下,新形式的网络应用不断涌现,如电子邮件(E-mail)、IP 电话、视频点播(video on demand, VOD)、网上交易(E-marketing)、视频会议(video conferencing)等。

目前广泛使用的 IP 电话,就是利用 IP 作为传输协议,通过网络技术将语音集成到 IP 网络上,实现在基于 IP 的网络上进行语音通信,极大地节省了长途电话费用,丰富了语音业务类型。同样,视频信息也可以集成到 IP 网络上传输,实现可视电话和视频会议等应用。

1.3 计算机网络的发展

计算机网络是计算机技术与通信技术两个领域的结合,一直以来它们紧密结合,相互促进、相互影响,共同推进了计算机网络的发展。在现代化通信技术诞生前的千百年里,人们一直通过面对面的交流、烟雾信号、官府驿站、飞鸽传书等有限的手段来交流信息。在科技发达的今天,借助 E-mail 传送信件的轻松便利,已经是古人不可思议的事实。

1837 年,美国的 Samuel F. B. Morse 和英国的 Charles Wheatstone、William Cooke 率先发明了电报。它可以利用一根导线传送字符信息,通过将每个字母规定成长短不同的电脉冲信号,并可以在导线的另一端解读文字信息。

1876 年, Alexander Graham Bell 进一步实现了通过导线传送声音的功能,成功构造了第

一个电话系统,通话质量非常出色,Bell 的助手可以清晰地听到消息:“Mr. Watson, come here.”电话系统由此得到广泛的应用和发展。至今电话系统已经覆盖了全世界,电话通信成为人们日常生活的一部分。

1945 年,世界上第一台电子计算机 ENIAC(电子数字计算机)诞生了,这在当时是个伟大的创举。它共由 18000 个真空管组成,体积极其庞大,需要数个房间才能容纳它,计算机的发展也由此开始。

1946 年晶体管研制获得成功(该发明者即是由此而获得了 1956 年度的诺贝尔物理奖的三位科学家——贝尔实验室的 John Bardeen、Walter Brattain 和 William Shockley)。由于采用晶体管取代了真空管,计算机的体积和价格降了下来,同时它的性能和智能水平也在不断提高,这为后来的计算机快速而广泛地普及做了历史的铺垫。

自 1946 第一台电子计算机诞生后,由于它价格昂贵,有近十年左右的时间,它只是为少数的研究机构所拥有,进行科学计算工作,计算机与通信并没有发生太多联系。人们有计算的需要,就到计算机机房去使用计算机,这导致了计算机的长时间空置,昂贵的计算机资源被严重浪费。为了处理更多的运算,批量地处理任务,人们开始考虑通过借助传统的电话线路,使用终端(如电传打字机、收发器等)远程访问计算机,由此而发展出计算机网络的雏形——主机互联形式。

1.3.1 主机互联

这种产生于 20 世纪 60 年代初期,基于主机(host)之间的低速串行(serial)连接的联机系统是计算机网络的最初雏形。在这种早期的网络中,终端借助电话线路访问计算机,由于计算机发送/接收的为数字信号,电话线传输的是模拟信号,这就要求在终端和主机间加入调制解调器(modem,俗称“猫”),进行数/模间的转换。

在这种联机系统中,计算机是网络的中心,同时也是控制者。这是一种非常原始的计算机网络,它的主要任务是通过远程终端与计算机的连接,提供应用程序执行、远程打印和数据服务等功能。

如图 1-2 所示,每个终端都必须使用调制解调器通过电话网进行连接。后来,随着远程终端的数量不断增加,通信的费用随之增加。为了降低电话通信的连接费用,人们通过在终端与调制解调器之间加一个集中器(concentrator),减少直接占用电话网连接线路的数量,所有的终端使用低速线路直接连到集中器,集中器再通过调制解调器与计算机相连,节省了占用通信线路的费用和连接每个终端的调制解调器的数量。

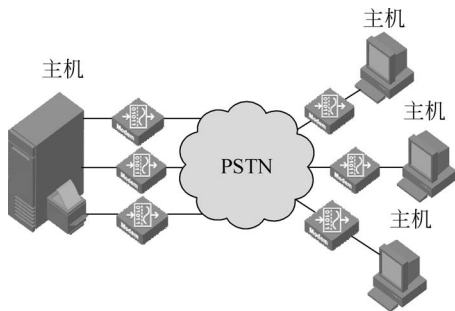


图 1-2 计算机与远程终端连接

在 20 世纪 60 年代,这种面向终端的计算机通信网络获得了很大的发展。IBM 的系统网络体系结构(systems network architecture,SNA)就是这种网络的典型例子。在这种网络中,SNA 网关提供终端到大型计算机的访问。SNA 是与 OSI 参考模型并行的一套网络总体架构。一直发展至今,目前我国的很多银行网络采用的就是 SNA 结构。

但是,电话通信网络并不适合于传送计算机或终端的数据。首先,用户所支付的通信线路费用是按占用线路的时间计算的,而在整个计费时间里,计算机的数据是突发式地和间歇性地出现在传输线路上。其次,由于计算机和各种终端的传送速率很不一样,在采用电话网进行数据的传输交换时,不同类型、不同规格、不同速率的终端很难互相进行通信。

因此应该采用一些措施来适应这种情况。例如,不是使终端与计算机直接相连,而是使数据经过一些缓冲器暂存一下,经适当变换处理后再进行发送或接收。此外,计算机通信还要求非常可靠和准确无误地传送每一个比特。这就需要采取有效的差错控制技术。由此可见,必须寻找出新的适合于计算机通信的技术。

1.3.2 局域网

20 世纪 70 年代,随着计算机体积、价格的下降,出现了以个人计算机为主的商业计算模式。商业计算的复杂性要求大量终端设备的资源共享和协同操作,导致了对本地大量计算机设备进行网络化连接的需求,局域网(local area network,LAN)由此产生了。

当今主流局域网技术——以太网(Ethernet)就是在此时期产生的。1973 年,Xerox 公司的 Robert Metcalfe 博士(以太网之父)提出并实现了最初的以太网。后来 DEC、Intel 和 Xerox 合作制定了一个产品标准,该标准最初以这三家公司名称的首字母命名,称作 DIX 以太网。其他流行的 LAN 技术还有 IBM 的令牌环技术等。

图 1-3 是一个局域网的简单示意图。局域网的出现,大大降低了商业用户高昂的成本。

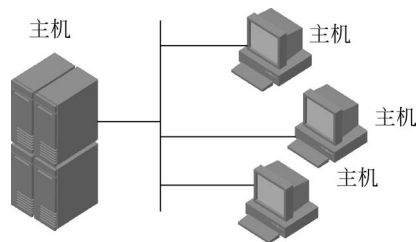


图 1-3 局域网

1.3.3 互联网

由于单一的局域网无法满足对网络的多样性要求,20 世纪 70 年代后期,广域网技术逐渐发展起来,以便将分布在不同地域的局域网互相连接起来。1983 年,ARPANET 采纳传输控制协议(transmission control protocol,TCP)和互联网协议(internet protocol,IP)作为其主要的协议簇,使大范围的网络互联成为可能。彼此分离的局域网被连接起来,形成了互联网(internet),如图 1-4 所示。

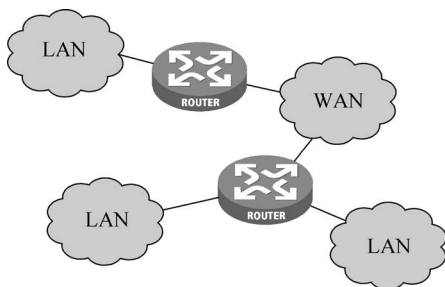


图 1-4 大范围网络互联

1.3.4 因特网

20 世纪 80—90 年代是网络互联发展时期。在这一时期, ARPANET 网络的规模不断扩大, 将全球无数的公司、校园、互联网服务供应商(internet service provider, ISP)和个人用户互联, 最终发展成今天延伸到全球每一个角落的因特网(Internet)。1990 年 ARPANET 正式被因特网取代, 退出了历史舞台。越来越多的机构、个人参与到因特网中, 使因特网获得了高速发展, 如图 1-5 所示。

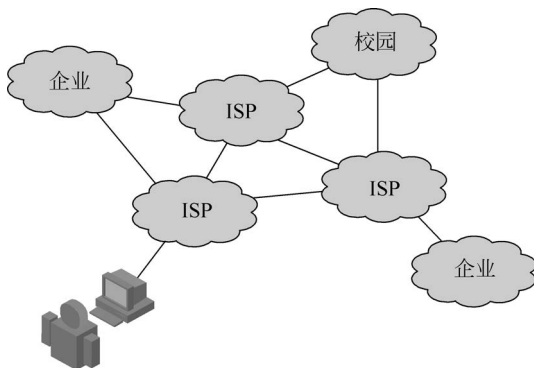


图 1-5 因特网

1.4 计算机网络中的基本概念

1.4.1 局域网、城域网和广域网

按计算机网络覆盖范围的大小, 可以将计算机网络分为局域网(local area network, LAN)、城域网(metropolitan area network, MAN)、广域网(wide area network, WAN)。

1. 局域网

局域网通常指几千米范围以内的, 可以通过某种介质互联的计算机、打印机、modem 或其他设备的集合。局域网连接的是小范围内的计算机, 系统覆盖半径从几米到几千米, 覆盖范围局限在房间、大楼或园区内。一个局域网通常为一个组织所有, 常用于连接公司办公室或企业内的个人计算机和工作站, 以便共享资源(如打印机、数据库等)和交换信息。传统局域网的传输速度为 10~100Mbps, 传输延迟低(几十微秒), 出错率低。而目前常见的局域网传输速度可达 1Gbps、2.5Gbps、10Gbps、25Gbps、40Gbps 甚至超过 100Gbps。局域网与其他网络的区

别主要体现在以下 3 个方面。

- (1) 网络所覆盖的物理范围。
- (2) 网络的拓扑结构。
- (3) 网络所使用的传输技术。

由于局域网分布范围极小,一方面容易管理与配置,另一方面容易构成简洁规整的拓扑结构,加上网络延迟小(一般在几十微秒以下)、数据传输速率高、传输可靠、拓扑结构灵活的优点,使之得到广泛的应用,成为实现有限区域内信息交换与共享的典型有效途径。

2. 城域网

城域网覆盖范围为中等规模,介于局域网和广域网之间,通常是在一个城市内的网络连接(距离为几十千米)。目前城域网建设主要采用 IP/MPLS 技术、SR/SRv6 技术或 Packet Over SDH 技术,宽带 IP 城域网是根据业务发展和竞争的需要而建设的城市范围内(可能包括所辖的县区等)的宽带多媒体通信网络,是宽带骨干网络(如中国电信 IP 骨干网络)在城市范围内的延伸。城域网作为本地公共信息服务平台的组成部分,负责承载各种多媒体业务,为用户提供各种接入方式,满足政府部门、企事业单位、个人用户对基于 IP 的各种多媒体业务的需求,因此,宽带 IP 城域网必须是可管理、可扩展的电信运营网络。

城域网划分为“城域网城域部分”和“城域网接入部分”。城域网城域部分为运营商网络,由运营商统一规划与建设,又可分为城域核心层和城域汇接层。城域核心层主要完成城域网内部信息的高速传送与交换,实现与其他网络的互联互通,而城域汇接层主要完成信息的汇聚与分发。

城域网接入部分可由运营商、企业、建筑商及物业管理部门建设,其不仅提供传统意义上的接入功能,还可能需要向用户提供本地业务。城域网接入部分又分为接入汇接层和用户接入层,接入汇接层完成信息的汇接与分发,实现用户管理,城域网接入部分的业务提供、计费等功能,而用户接入层为用户提供具体的接入手段。

3. 广域网

广域网在超过局域网的地理范围内运行,分布距离远,它通过光传输线路或者各种类型的串行连接以便在更大的地理区域内实现接入。广域网的发送介质主要是利用电话线或光纤,由 ISP 将企业间做连线,这些线是 ISP 业者预先埋在马路、湖底、海底的线路。通常企业网通过广域网线路接入当地 ISP,广域网可以提供全部时间或部分时间的连接。广域网本身往往不具备规则的拓扑结构。由于速度慢,延迟大,入网站点无法参与网络管理,所以,它要包含复杂的互联设备(如交换机、路由器)处理其中的管理工作,互联设备通过通信线路连接,构成网状结构(通信子网)。其中入网站点只负责数据的收发工作;广域网中的互联设备负责数据包的路由等重要管理工作。

1.4.2 网络的拓扑结构

网络拓扑(network topology)指的是计算机网络的物理布局。简单地讲,就是指将一组设备以什么样的结构连接起来,通常也称为拓扑结构。基本的网络拓扑模型主要有总线型拓扑、星型拓扑、树型拓扑、环型拓扑和网状拓扑,绝大部分网络都可以由这几种拓扑独立或混合构成,如图 1-6 所示。了解这些拓扑结构是设计网络和解决网络疑难问题的前提。

1. 总线型拓扑

总线型(bus)拓扑结构是将各个节点的设备用一根总线连接起来,所有的节点间通信都通

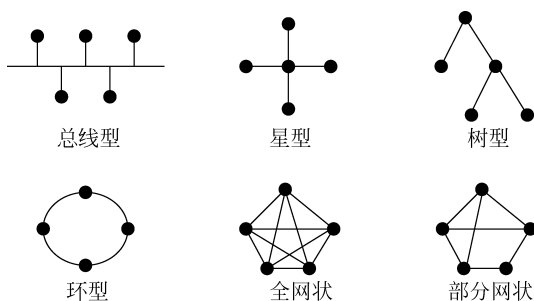


图 1-6 网络拓扑结构

过统一的总线完成。在早期的局域网中,这是一种应用很广的拓扑结构。其突出的特点是结构简单、成本低、安装使用方便,消耗的电缆长度短、便于维护。但它也具有固有的致命缺点——存在单点故障。总线如果发生故障,整个总线型网络都会瘫痪。由于共享总线带宽,当网络负载过重时,会导致总线型网络性能下降。为了克服这些问题,随后产生了星型的拓扑结构。

2. 星型拓扑

星型(star)拓扑结构是一种以中央节点(如交换机)为中心,把若干个外围节点连接起来的辐射式互连结构,中央节点对各设备间的通信和信息交换进行集中控制和管理。它的主要特点是系统的可靠性较高,当某一线路发生故障时,不会影响网络中的其他主机;扩充或删除设备较容易,将设备直接连接到中央节点即可;中央节点可以方便地控制和管理网络,并及时发现和系统故障。其缺点是需要的连接线缆比总线型拓扑结构多;且一旦中央节点发生故障,网络将不能工作。星型拓扑结构是在当前的局域网中使用较为广泛的一种拓扑结构,它已基本代替了早期局域网采用的总线型拓扑结构。

3. 树型拓扑

树型(tree)拓扑从总线拓扑演变而来,形状像一棵倒置的树,顶端是树根,树根以下带分支,每个分支还可再带子分支,树根接收各站点发送的数据,然后广播发送到全网。我国电话网络即采用树形结构。它的主要特点是结构比较简单,成本低。在网络中,任意两个节点之间不产生回路,每个链路都支持双向传输。网络中节点扩充方便灵活,寻找链路路经比较方便。但是缺点也很明显,在这种网络系统中,除叶节点及其相连的链路外,任何一个节点或链路产生的故障都会影响整个网络。

4. 环型拓扑

环型(ring)拓扑结构是将各节点通过一条首尾相连的通信线路连接起来的一个封闭的环型网。每一台设备只能和它的一个或两个相邻节点直接通信,如果需要与其他节点通信,信息必须依次经过两者之间的每一个设备。环型网络既可以是单向的,也可以是双向的。单向是指所有的传输都是同方向的,此时每个设备只能直接与一个邻近节点通信;双向是指数据能在两个方向上进行传输,此时设备可以直接与两个邻近节点直接通信。

环型拓扑的结构简单,系统中各工作站地位相等;建网容易,增加或减少节点时仅需简单的连接操作;能实现数据传送的实时控制,可预知网络的性能。在单环型拓扑中,任何一节点发生故障,就会导致环中的所有节点无法正常通信,在实际应用中一般采用多环结构,这样在单点发生故障时可以形成新的环型,继续正常工作。环型拓扑的另一个缺点是当一个节点要往另一个节点发送数据时,它们之间的所有节点都得参与传输,这样,比起总线拓扑来,更多的时间被花在替别的节点转发数据上。

5. 网状拓扑

网状(mesh)拓扑可分为全网状(full mesh)和部分网状(partial mesh)。全网状拓扑是指参与通信的任意两个节点之间均通过传输线直接相互连接,所以这是一种极端安全可靠的方案。由于不再需要竞争公用线路,通信变得非常简单,任意两台设备可以直接通信,而不用涉及其他设备。然而,对 N 个节点构建全网状拓扑需要 $N(N-1)/2$ 个连接,这使得在大量节点之间建立全网状拓扑的费用变得极其昂贵。而且,如果两台设备间通信流量很小,那么它们之间的线路利用率就很低,几乎肯定有很多连接得不到充分利用。由于全网状拓扑实现起来费用高、代价大、结构复杂、不易管理和维护,在局域网中很少采用。实际应用中常常采用部分网状拓扑替代全网状拓扑,即在重要节点之间采用全网状拓扑,对相对非重要的节点则省略一些连接。

1.4.3 电路交换与分组交换

电路交换(circuit switching)和分组交换(packet switching)是通信中的一对重要概念。

1. 电路交换

交换的概念最早来自电话系统。电话交换机采用的就是电路交换技术。通信网络中的电路交换与拨打电话的原理类似,当端节点要求发送数据时,交换机就在发送节点和接收节点之间创建一条独占的数据传输通道。这条通道既可能是一条物理线路,也可能是经过多路复用得到的逻辑通道。这条通道具备固定的带宽,由通信双方独占,一直到通信结束。除非两个节点断开连接,否则传输信道便一直处于服务状态。

电路交换的优点是传输延迟小,由于一旦建立了线路,便不再需要交换,因此保证了较低的延迟;其次一旦线路建立,便不会发生资源的抢占和冲突;电路交换能实现数据的透明传输(即传输通路对用户数据不进行任何修正或解释)、信息传输的吞吐量较大。

电路交换的缺点是所占带宽固定,网络资源利用率低。在电路交换系统中,物理线路的带宽是预先分配好的。对于已经预先分配好的线路,即使通信双方没有数据要交换,线路带宽也不能为其他用户所使用,从而造成带宽的浪费。此外,电路交换建立连接所需的时间比较长。电路交换本来是为打电话而设计的。每次需建立连接时,呼叫信号必须经过若干个交换机,得到各交换机的认可,并最终传到被呼叫方。在PSTN电话网中,这个过程常常需要10s甚至更长的时间(呼叫市内电话、国内长途和国际长途,需要的时间是不同的)。另外,比较重要的一点是,如果使用电路交换技术,网络中每台计算机都必须能建立到所有其他计算机的直接电路连接,而这在大规模网络中几乎是不可能实现的。

由于计算机通信具有频繁、快速、小量、流量峰谷差距大、同时对多点通信等特点,过长的电路建立时间和每个计算机固定电路带宽是不合适的,因此电路交换并不适用于大规模计算机网络中的终端直接通信。

2. 分组交换

分组交换技术将需要传输的信息划分为具有一定长度的分组(packet,也称为包),以分组为单位进行存储转发。每个分组都载有接收方地址和发送方地址的标识,便于在网络中寻址;网络中的传送设备则根据这些地址进行分组转发,使信息最终传递到目的节点。

由于采用动态复用的技术来传送各个分组,虽然任意时刻线路总是被某个分组独占,但线路的带宽在统计上得到复用,从而提高了线路的利用率。

分组交换能够保证任何用户都不能长时间独占某传输线路,因而它可以较充分地利用信