

第 1 章 概论

进入 20 世纪 90 年代以后,以因特网为代表的计算机通信与网络技术得到了飞速的发展,改变了人们生活的方式,引起了从社会、经济、工业生产、传媒等多方面的变革,它们的重要特征就是数字化、网络化和信息化,它们的技术基础是通信技术与计算机技术的融合,而计算机网络就是这些信息交流共享的载体。

计算机网络技术始于 20 世纪 50 年代中期,它的诞生和发展的动力是人们对信息交换和资源共享的需求。计算机网络中的数据通信是个复杂的过程,需要解决信息从发送端到接收端的一系列问题,包括信息的生成、表示、处理、传输、保密等过程,这些也是本教材所要讨论的问题。

本章主要介绍计算机网络的发展过程、基本概念、计算机通信协议与网络体系结构、国际标准化组织等内容,特别是网络体系结构的层次模型是进行网络互连的理论模型。通过本章的学习,要掌握计算机网络的基本概念和计算机网络体系结构与参考模型,特别是计算机网络的分层协议,了解国际标准化工作与相关组织。

1.1 计算机通信与网络发展过程

1946 年,世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国诞生,随着计算机性能与应用需求的不断发展,计算机技术与通信技术的融合使计算机通信与网络经历了从简单到复杂、从低级到高级、从地区到全球的发展过程。从为解决远程计算信息的收集和处理而形成的连机系统开始,发展到以资源共享为目的而互连起来的计算机群,使之渗透到社会生活的各个领域。

1. 1. 1 主要发展过程

从网络的发展过程来看,可大致划分为四个阶段:

第一阶段:面向终端的计算机网络。这个阶段主要从 20 世纪 50 年代中期到 60 年代中期,这种网络实际上就是以单个计算机为中心的远程连机系统,在地理上分散的终端不具备自主计算与处理功能,它们通过通信线路连接到中心计算机上,实现对中心计算机资源的访问和使用。这样的系统除了一台中心计算机外,其余的终端设备都没有自主处理的功能,所以,严格讲还不能算一个计算机网络。但现在为了更明确地区别于后来发展的多个计算机互连的计算机网络,故称为面向终端的计算机网络。随着连接的终端数目的增多,为了使承担数据处理的中心计算机减轻负载,在通信线路和中心计算机之间设置了一个前端处理机(FEP, Front End Processor),专门负责与终端之间的通信控制,出现了数据处理和通信控制分工,从而更好地发挥中心计算机的数据处理能力。另外,在终端较集中的地区,设置集中器和多路复用器,它首先通过低速线路将附近群集的终端连至集中器或复用器,然后通过高速通信

线路、调制解调器与远程中心计算机的前端处理机相连。因此，这种系统的特点是系统由主机和终端构成 所有数据处理和通信处理都是由主机完成。

第二阶段：多个计算机互连的计算机网络。这个阶段主要从 20 世纪 60 年代中期到 70 年代末，在第一阶段的基础上，发展形成了若干个计算机互连的系统，开创了从计算机到计算机通信的时代。第二阶段的典型代表是 ARPA 网（ARPANET），它标志着我们目前常称的计算机网络的兴起。20 世纪 60 年代后期，由美国国防部高级研究计划局 ARPA（目前称为 DARPA，Defense Advanced Research Projects Agency）提供经费，由计算机公司和大学共同研制了 ARPANET，其主要目标是借助于通信系统，使网内各计算机系统间能够相互共享资源。在随后的几年里 ARPANET 已经扩展到连接数百台计算机，地理上不仅跨越美国本土，而且通过卫星链路连接夏威夷和欧洲的节点。

ARPANET 的研制对计算机通信与网络的发展起到了重要的推动作用，它在概念、结构和网络设计等方面的研究为后继的计算机通信与网络打下了基础。此阶段的计算机网络的特点是实现了计算机与计算机的互连与通信，实现了计算机资源的共享。但缺点是没有形成统一的互连标准，使网络在规模与应用等方面受到了限制。

第三阶段：面向标准化的计算机网络。这个阶段主要从 20 世纪 80 年代开始到 90 年代初期，是开放式标准化的计算机网络阶段。国际标准化组织（International Standards Organization, ISO）于 1984 年正式颁布了一个称为开放式系统互连基本参考模型（Open System Interconnection Basic Reference Model, OSI-RM）的国际标准 ISO7498，该模型按层次结构划分为七个子层，OSI-RM 模型目前已被国际社会普遍接受，是公认的计算机网络系统结构的基础。

20 世纪 80 年代中期，以 OSI-RM 模型为基础，ISO 以及当时的国际电话电报咨询委员会 CCITT 等为各个层次开发了一系列的协议标准，组成了庞大的 OSI 基本标准集，CCITT 是联合国国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）下属的一个组织，目前已经撤销，更名为电信标准化部（Telecommunications Standardization Sector, ITU-TSS），也称为 ITU-T。CCITT 颁布的建议在数据通信与网络方面最著名的就是 X 系列建议，如在公用数据网中广泛采用的 X.25、X.3、X.28、X.29 和 X.75 等。

在此阶段，发展形成了多种局域网。并以 ARPANET 为基础，形成了基于 TCP/IP 协议族的因特网（Internet）。即任何一台计算机只要遵循 TCP/IP 协议族标准，并有一个合法的 IP 地址，就可以接入到 Internet。TCP 和 IP 是 Internet 所采用的协议族中最核心的两个，分别称为传输控制协议（Transmission Control Protocol, TCP）和互连网协议（Internet Protocol, IP）。它们尽管不是某个国际官方组织制定的标准，但由于被广泛采用，已成为事实上的标准。基于 TCP/IP 协议族的因特网是当今计算机网络互连的基础。

第四阶段：面向全球互连的计算机网络。这个阶段主要从 20 世纪 90 年代中期开始。1993 年美国发布了名为“国家信息基础设施行动计划”（National Information Infrastructure, NII）的文件，其核心是构建国家信息高速公路，即建设一个覆盖全美的高速宽带通信与计算机网络。此计划的实施在全世界引起了巨大的反响，许多国家和地区纷纷效仿，制定各自

的建设计划,我国也在这个阶段快速推进了国家信息网络的建设。所有这一切在全球范围内极大地推动了计算机网络及其应用的发展,使计算机网络进入了一个新的发展阶段。

这一时期在计算机通信与网络技术方面以高速率、高服务质量、高可靠性等为指标,出现了高速以太网、VPN、无线网络、P2P 网络、NGN 等技术,计算机网络的发展与应用渗透入了人们生活的各个方面,进入一个多层次的发展阶段。

1. 1. 2 我国的网络发展现状

我国的信息网络与计算机网络的大规模发展始于上世纪 90 年代初。1993 年底国家有关部门决定兴建“金桥”、“金卡”、“金关”工程,简称“三金”工程。“金桥”工程是以卫星综合数字网为基础,以光纤、微波、无线移动等方式,形成空地一体的网络结构。可传输数据、语音、图像等,以电子邮件、电子数据交换(Electronic Data Interexchange, EDI)为信息交换平台,为各类信息的流通提供物理通道。“金卡”工程即电子货币工程。它的目标是用 10 年多的时间,在 3 亿城市人口推广普及金融交易卡和信用卡。“金关”工程是用 EDI 实现国际贸易信息化,进一步与国际贸易接轨。

目前在公用数据通信网建设方面,电信部门建立了中国公用分组交换数据网(ChinaPAC)、中国公用数字数据网(ChinaDDN)和中国公用帧中继网(ChinaFRN)等数字通信网络,形成了我国的公用数据通信网。ChinaPAC 由国家骨干网和各省(市、区)的省内网组成。目前骨干网之间覆盖所有省会城市,省内网覆盖到有业务要求的所有城市和发达乡镇。通过和电话网的互连,ChinaPAC 可以覆盖到电话网通达到的所有地区。ChinaPAC 设有一级交换中心和二级交换中心,一级交换中心之间采用不完全网状结构,一级交换中心到所属二级交换中心之间采用星状结构。ChinaDDN 由于协议简单,速率较高,这几年在我国得到迅速发展。1994 年开始组建 ChinaDDN 一级干线网。目前一级干线网已通达所有省会城市,各省、直辖市、自治区都在积极建设经营 DDN 网,至 1996 年底,ChinaDDN 已经覆盖到 2100 个县以上城市,发达地区已覆盖到乡镇,端口总数达 18 万个。ChinaFRN 是我国第一个将向公众提供服务的宽带数据通信网络,ChinaFRN 主要提供 64K 以上的中高速数据通信服务。

在因特网(Internet)建设方面,中国的发展历史分为三个阶段。

第一阶段从 1986 至 1994 年。这个阶段主要是通过中科院高能物理研究所的网络线路,实现了与欧洲及北美地区的 E-mail 通信。中国科技界从 1986 年开始使用 Internet。1990 年开始,国内的北京市计算机应用研究所、中科院高能物理研究所、电子部华北计算所、电子部石家庄第 54 研究所等科研单位,先后将自己的计算机以 X.28 或 X.25 与 ChinaPAC 相连接。同时,利用欧洲和北美国家的计算机作为网关,在 X.25 网与 Internet 之间进行转接,使得中国的 ChinaPAC 科技用户可以与 Internet 用户进行 E-mail 通信。

第二阶段从 1994-1995 年。这一阶段是教育科研网发展阶段。北京中关村地区及清华、北大组成 NCFC 网(The National Computing and Networking Facility of China),于 1994 年 4 月

开通了国际 Internet 的 64kb/s 专线连接，同时还设中国最高域名(CN)服务器。中国真正加入到国际 Internet 行列。此后又建成了中国教育和科研网(CERNET)。

CERNET 是中国国家计委批准立项、国家教委主持建设和管理的全国性教育和科研网络，目的是要把全国大部分高等学校连接起来，推动这些学校校园网的建设和信息资源的交流，并与现有的国际学术计算机网互连。

第三阶段是 1995 年以后，该阶段开始了商业应用阶段。1995 年 5 月邮电部开通了中国公用 Internet 网即 ChinaNET。1996 年 9 月电子部的 ChinaGBN 开通。根据“2008 年中国互联网络发展状况统计报告”，目前有 8 个主要网络（见表 1-1）。

表 1-1 国内主要网络运行情况

	国际出口带宽数（Mbps）
中国公用计算机互联网（ChinaNET）	230,225
宽带中国 Chian169 网	211,137
中国科技网（CSTNET）	9,010
中国教育和科研计算机网（CERNET）	9,932
中国移动互联网（CMNET）	27,860
中国联通互联网（UNINET）	4,319
中国铁通互联网（CRNET）	1,244
中国国际经济贸易互联网（CIETNET）	2

中国网络用户规模继续呈现持续快速发展的趋势。截至 2008 年 6 月底，中国网民数量达到 2.53 亿人，其规模已跃居世界第一位，中国互联网络信息中心(CNNIC)负责管理和运行中国顶级域名 CN。

1.2 计算机网络基本概念

在后面的学习中将涉及到一些计算机网络的概念，尽管有一些概念目前还没有严格的定义，但本书将力图从不同的角度解释这些概念。

1. 2. 1 计算机网络的定义

通信技术与计算机技术的结合促进了计算机通信与网络的发展，计算机通信与计算机网络既有密切的联系，又有各自的侧重点。只要是介入与计算机相互通信的系统就是一个计算机通信系统，从前面计算机通信与网络的发展过程来看，计算机通信侧重于计算机与计算机之间的通信，涉及到两者之间的数据处理、传输与交换，它可能根本就没有计算机网络的概念，因为它们之间在有些情况下就没有形成一个网络，而是一个从一端到另一端的通信系统。而计算机网络强调的是在网络范围内的计算机资源的共享，是构建在计算机通信的基础之上。所以，对计算机网络必须具有互连和共享的功能，主要涉及到三个方面的问题。

(1) 两台或两台以上的计算机相互连接起来才能构成网络，达到资源共享的目的。

(2) 两台或两台以上的计算机连接，互相通信交换信息，需要有一条通道。这条通道的连接是物理的，由硬件实现，这就是连接介质（有时称为信息传输介质）。它们可以是双绞线、同轴电缆或光纤等“有线”介质；也可以是激光、微波或卫星等“无线”介质。

(3) 计算机之间要通信交换信息，彼此就需要有某些约定和规则，这就是协议。

因此，我们可以把计算机网络定义为：把分布在不同地点且具有独立功能的多个计算机，通过通信设备和线路连接起来，在功能完善的网络软件运行环境下，以实现网络中资源共享为目标的系统。

必须指出的计算机网络与分布式系统有着明显的不同。计算机网络是把分布在不同地点且具有独立功能的多个计算机，通过通信设备和线路连接起来，实现资源的共享；分布式系统是在分布式计算机操作系统或应用系统的支持下，进行分布式数据处理和各计算机之间的并行工作，分布式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。所以，分布式系统和计算机网络之间的区别主要在软件系统。

1. 2. 2 计算机网络的组成

根据定义可以把一个计算机网络概括为一个由通信子网和终端系统组成的通信系统（如图 1-1 所示）。

(1) 终端系统

终端系统由计算机、终端控制器和计算机上所能提供共享的软件资源和数据源（如数据库和应用程序）构成，在有些教材中也将这部分称为资源子网。计算机通过一条高速多路复用线或一条通信链路连接到通信子网的节点上。终端用户通常是通过终端控制器访问网络，终端控制器能对一组终端提供控制。

(2) 通信子网

通信子网是由用作信息交换的网络节点和通信线路组成的独立的数据通信系统，它承担全网的数据传输、转接、加工和变换等通信处理工作。网络节点提供双重作用：一方面作终端系统的接口，同时也可作为对其他网络节点的存储转发节点。作为网络接口节点，接口功能是按指定用户的特定要求而编制的。由于存储转发节点提供了交换功能，故报文可在网络中传送到目的节点。它同时又与网络的其余部分合作，以避免拥塞并提供网络资源的有效利用。

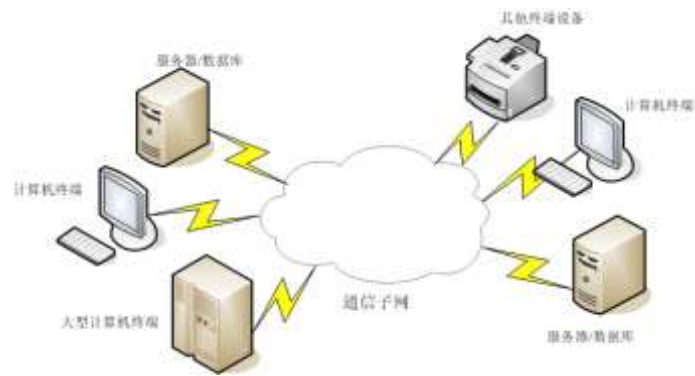


图 1-1 计算机网络的组成

1. 3 网络的类型及其特征

根据不同的分类方法，计算机网络的分类结果就不同。常见的分类方法主要从网络的拓扑结构、网络的覆盖范围、网络的通信方式、网络的功能等方面进行。主要介绍根据网络的拓扑结构和网络的覆盖范围的分类方法。

1. 3. 1 根据网络拓扑结构分类

网络的拓扑（Topology）结构是指网络中各节点的互连构形，也就是连接布线的方式。网络拓扑结构主要有五种：星型、树型、总线型、环型和网络型，如图 1-2 所示。

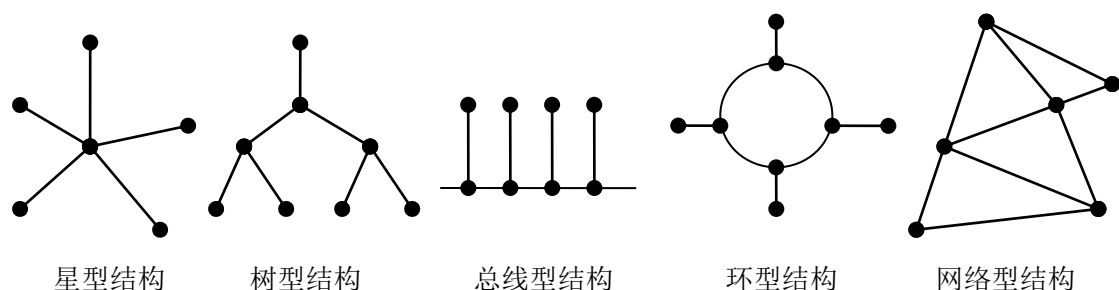


图 1-2 计算机网络的拓扑分类

星型结构的特点是存在一个中心节点，其他计算机与中心节点互连，系统的连通性与中心节点的可靠性有很大的关系；树型结构的特点是从根节点到叶子节点呈现层次性；总线型结构的特点是存在一条主干线，所有的计算机连接到主干线上；环型结构的网络存在一个环形的总线，节点到节点间存在两条通路；网络型是一种不规则的连接，其特点是一个节点到另一个节点之间可能存在多条连接。目前的因特网拓扑结构是在基于网络型结构的基础上，与其它结构构成的混合型。

1. 3. 2 根据网络覆盖的范围分类

根据网络覆盖的地理范围可以将计算机网络分为个人局域网、局域网、城域网、广域网和因特网。

(1) 个人区域网 (Personal Area Network, PAN)

个人区域网是在个人工作区内把个人使用的电子设备,如便携式计算机和打印机等,采用无线技术连接起来的网络,作用范围在 10m 左右。

(2) 局域网 (Local Area Network, LAN)

局域网覆盖的范围往往是地理位置上的某个区域,如某一企业或学校等,一般把计算机和服务器通过高速通信线路连接起来,其传输速率在 10Mb/s 以上。把校园或企业内部的多个局域网互连起来,就构成了校园网或企业网。目前局域网主要有以太网 (Ethernet) 和无线局域网 (Wireless Local Area Network; WLAN) 等。

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

城域网一般来说是在一个城市,但不在同一地理小区范围内的计算机互联。这种网络的连接距离可以达到 10-100 公里,MAN 与 LAN 相比,扩展的距离更长,连接的计算机数量更多,在地理范围上可以说是 LAN 网络的延伸。在一个大型城市或都市地区,一个 MAN 网络通常连接着多个 LAN 网。如连接政府机构的 LAN、医院的 LAN、电信的 LAN、公司企业的 LAN 等等。

(4) 广域网 (Wide Area Network, WAN)

这种网络也称为远程网,所覆盖的范围比 MAN 更广,它一般是在不同城市之间的 LAN 或者 MAN 网络互联,地理范围可从几百公里到几千公里。因为距离较远,信号衰减比较严重,所以这种网络一般是要租用专线,通过 IMP (接口信息处理) 协议和传输介质连接起来,构成网络。前面提到的 ChinaNET, ChinaPAC, 和 ChinaDDN 网都属广域网范畴。

(5) 因特网 (Internet)

因特网为英文单词“Internet”的谐音,又称为“互连网”。人们几乎每天都要与因特网打交道,目前无论从地理范围,还是从网络规模来讲它都是最大的一种网络,这种网络的最大的特点就是不定性,整个网络的拓扑时刻随着网络的接入在不断的变化。当一台计算机连接到因特网上的时,该计算机就成了因特网的一部分,一旦断开与因特网连接时,此计算机就不属于因特网了。

从覆盖的范围来说,因特网也是一种广域网,但由于其应用层的多样化、终端接入形式的多样化和网络拓扑覆盖的不确定性,这里单独列出。

1. 3. 3 根据网络传输媒介分类

根据网络传输的介质不同,又可以将计算机网络分为有线网络和无线网络。无线网络已成为当今人们关注的热点,通过无线网络技术,可以构造一个覆盖全球的网络,由于其在接入与组网方面的便利性,可以使人们在任何地点接入网络,以获取各种信息资源,为利用移动设备接入网络提供了手段。如用个人数字助理 (Personal Digital Assistant, PDA) 或笔记本电脑等进行网页的浏览、网上电子商务等等。互联网的出现改变了人们传统的工作与生活方式,而无线网络的应用将进一步推动这种改变。

无线网络与有线网络的最大不同是传输介质不同。无线通信是利用电磁波在空中传播实现信息的交换。为了区分不同的信号，采用不同的频率进行信号的传输。无线通信中的频率国际上由 ITU-R 主管，在国内由国家工业和信息化部指定专业无线频率委员会统一管理。不同的行业使用的无线信号被规定在不同的频率范围，以保证相互之间不发生冲突。由于要传输的信号往往是低频率信号，需要进行调制处理，把低频率信号附着到指定的频率上再进行发送。

与有线网络类似，可以按无线网络覆盖的范围大小，将无线网络划分为：无线个域网、无线局域网、无线城域网和无线广域网。

（1）无线个域网

无线个域网（Wireless Personal Area Network, WPAN）的通信范围通常在 10-100m 左右，蓝牙（Bluetooth）技术、ZigBee 技术和新近提出的超宽带(Ultra Wide Band, UWB)技术是目前主要的无线个域网技术。

蓝牙技术运行于 2.4GHz 频带上，可以将计算机以无线方式组成网络，同时还可以将数码相机、扫描仪、打印机等设备连接到计算机上，构成一个个人办公网络。蓝牙具有低功耗、低代价等特点。

ZigBee 技术也可以用于构建无线个域网，它已经被标准化，标准编号为 802.15.4。ZigBee 的射频标准及工作频率包括全球的 2.4GHz、美洲的 902 到 928MHz 和欧洲的 868MHz。

UWB 技术不仅频带宽、传输耗电量低，而且可采用的频率范围相当宽，目前 IEEE 正在制定其 UWB 物理层规范 IEEE802.15.3a，UWB 技术提供的数据传输率更高，是未来发展的方向之一。

（2）无线局域网

无线局域网（Wireless Local Area Network, WLAN）的覆盖范围更广泛，它的标准编号为 IEEE 802.11。802.11b，是第一个成功实现商业化的无线局域网技术，它运行于 2.4GHz 频段上，能提供 11Mbps 数据速率。802.11a 和 802.11g 分别运行于 5GHz 频段与 2.4GHz 频段上，它们可以提供 54Mbps 数据速率，802.11n 协议为双频工作模式(包含 2.4GHz 和 5GHz 两个工作频段)，这样保障了与以往的 802.11a、b、g 标准的兼容，802.11n 能提供 108Mbps 数据速率。

（3）无线城域网

无线城域网（Wireless Metro Area Network, WMAN）是以 IEEE 802.16 标准为基础、可以覆盖城市或郊区等较大范围的无线网络。目前比较成熟的标准有 IEEE 802.16d 和 IEEE 802.16e。802.16d 标准在 50km 范围内的最高数据速率可达 70Mbps。802.16e 标准可以支持移动终端设备在 120km/h 速度下以 70Mbps 数据率接入。

（4）无线广域网

无线广域网（Wireless Wide Area Network, WWAN）是移动电话和数据业务所使用的数

字移动通信网络，可以覆盖相当广泛的范围，甚至全球，一般由电信运营商进行维护。目前数字移动通信网络主要采用 GSM 和 CDMA 技术，分别被称为 2 代和 2.5 代移动通信系统，它们最大只能提供 100kbps 的数据率。第 3 代移动通信技术可选用 TD-SCDMA、WCDMA、CDMA2000 三种标准，将支持更高数据率的接入。