

第一部分 计算机网络原理

第 1 章 计算机网络概论



本章主要介绍计算机网络的基础知识。通过本章的学习，读者应掌握以下内容：

- 计算机网络的产生与发展
- 计算机网络的定义和组成
- 计算机网络的功能和应用
- 计算机网络的分类和拓扑结构

1.1 计算机网络的产生与发展

现代计算机网络系统的发展，经历了从简单到复杂、从单一到综合的历程，通过对信息的采集、处理、存储、传输和控制利用等各种先进技术的融合，计算机网络技术不断推陈出新，给社会、经济、生活带来日新月异的变化。计算机网络绝不是各种信息技术的简单堆积，而是一种通过系统集成和系统融合而形成的、具有新性质和新功能的新系统。计算机网络的应用和系统性能的发展实际上是 20 世纪以来各种先进信息技术发展的融合和集中体现，已成为网络时代中一切信息技术的龙头与核心。

1.1.1 计算机网络的产生

计算机网络是计算机技术和通信技术相结合、相互渗透而形成的一门新兴学科。计算机技术与通信技术的相结合主要体现在两个方面：一方面，通信网络为计算机之间的数据传递和交换提供了必要的手段；另一方面，数字计算机技术的发展渗透到通信技术中，又提高了通信网络的各种性能。与当年计算机的普及一样，计算机网络已在各个领域得到广泛应用，“网络就是计算机”的观念也已深入人心，计算机网络技术的研究和应用已相对成熟，以计算机网络为基础的信息处理逐渐成为信息工业的发展主流。

在计算机发展早期，一般都是通过单机系统来采集、处理和发送信息，而随着计算机应用领域和使用规模的不断扩大，信息容量飞速增长，信息内容快速更新，单机系统已远远不能满足用户的要求。如何利用计算机以及通信技术来实现对信息的快速处理和资源的高度共享成为亟待解决的问题，这就是网络产生的背景。

1969 年美国国防部研究计划局（ARPA）主持研制的 ARPANET 计算机网络投入运行。在那之后，世界各地计算机网络的建设和发展如雨后春笋般迅速发展起来。进入 20 世纪 90 年代以后，

微机局域网更是成为办公自动化和各种信息管理系统的必备工作环境。不同地区、不同国家的计算机网络之间相互联接，规模逐渐扩大，最终形成了覆盖全球的国际互联网络。随着计算机网络应用规模的扩大和深入，它已经成为一门独立的学科和研究方向。

虽然计算机网络仅有短短 40 余年的发展历史，但它的发展速度很快。计算机网络的产生和演变过程经历了从简单到复杂、从低级到高级、从单机系统到多机系统的发展过程，可概括为三个阶段：具有远程通信功能的单机系统为第一阶段，这一阶段已具备了计算机网络的雏形；具有远程通信功能的多机系统为第二阶段，这一阶段的计算机网络属于面向终端的计算机通信网；以资源共享为目的的“计算机—计算机”网络为第三阶段，这一阶段的计算机网络才是真正意义上的计算机网络。

1. 具有远程通信功能的单机系统

20 世纪 50 年代初期，计算机与通信没有任何联系。当时的计算机体积庞大、性能低下、价格昂贵，一般集中在高等院校和科研单位的计算中心，主要用于科学计算，由专门的技术人员在特殊的环境下进行操作与管理，一般人接触不到。当时，人们在需要用计算机时，只能亲自携带程序和数据，到机房交给计算机操作员，等待几小时甚至几十小时之后，再去机房取回运行结果。如果程序有错，修改后再次重复这一过程。这种方法即所谓的批处理方式。批处理方式需要用户（特别是远程用户）在时间、精力上付出很大的代价。

为满足离计算中心距离较远或异地用户的需要，在经费缺乏又不可能拥有计算机的情况下，可借助于当时已经成熟的通信技术与已有的通信设备和通信线路，在计算机内部增加具有远程通信功能的部件，使异地用户能在远程终端上联机操作，包括输入数据、命令远程计算机进行处理等，并把处理结果经通信线路送回远程终端。于是，20 世纪 50 年代后期，随着分时系统的出现，产生了具有远程通信功能的单机系统，如图 1-1 所示。其基本思想是在计算机内增加一个通信装置，使主机具备通信功能。将远程用户的输入输出装置通过通信线路与计算机的通信装置相连。这样，用户就可以在远程终端上键入自己的程序和数据，再由主机进行处理，处理结果通过主机的通信装置，经由通信线路返回给用户终端。

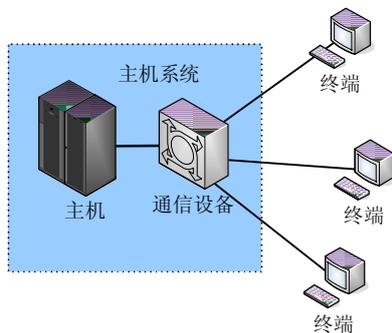


图 1-1 具有远程通信功能的单机系统

这种系统称为具有远程通信功能的单机系统，又可称为“终端—计算机”网络，是早期计算机网络的主要形式。在该系统中，终端设备与计算机之间的连接可以采用多种方式。最初采用专线“点—点”的方式，每个终端都独占一条线路，这种方式的主要缺点是线路的利用率很低。随着计算机应用的不断发展，要求与主机系统相连的终端越来越多，这个缺点也就越明

显，从而发展到利用电话网实现终端与主机系统的连接。

2. 具有远程通信功能的多机系统

具有远程通信功能的单机系统减少了远程用户在来往路途上的时间，就当时的情况来讲，这是一大创举，它大大提高了计算机系统的工作效率和服务能力。但随着进一步的发展，又出现了新的问题，主要表现在两个方面：第一，主机的负担过重，当时计算机的性能还比较低，由于主机所连接远程终端数量的增加，主机既要进行数据处理，又要承担通信控制任务，使得主机不堪重负，繁重的通信控制任务大大降低了主机处理数据的速度，对昂贵的主机资源来讲显然是一种浪费；第二，当时的每个远程终端多用专线与主机相连，数据传输速度不高，线路的利用率较低，特别是在终端速率较低时更是如此。具有远程通信功能的多机系统弥补了以上不足。

为了解决第一个问题，出现了前端处理机（Front End Processor, FEP）。在主机前设置一台通信处理机，专门负责与终端的通信工作。其功能还能够增强，可以协助主机对信息进行预处理，让主机的时间全部花在数据处理上。这样就显著地提高了主机进行数据处理的效率。

为了解决第二个问题，降低通信线路的建设费用，提高线路的利用率，可在用户终端较集中的区域设置线路集中器。大量终端先通过低速线路连到集中器上，集中器按照某种策略分别响应各个终端，并把终端送来的信息按一定格式汇集起来，再通过高速传输线路一起送给前端处理机，如图 1-2 所示。

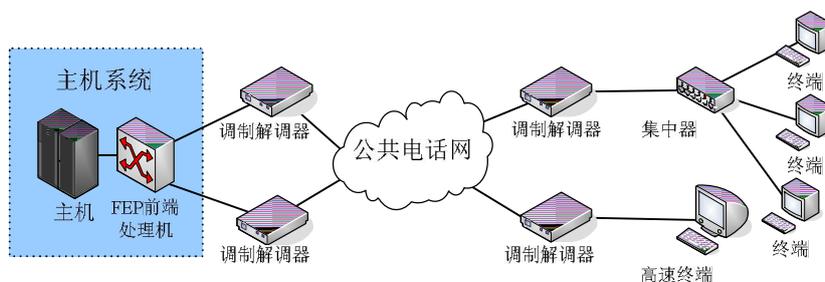


图 1-2 具有远程通信功能的多机系统

前端处理机和集中器通常由小型机或微型机组成，因此这种联机系统不再是单纯的单机系统，而演变为多机互联系统，或者称为面向终端的计算机通信网。

20 世纪 60 年代初期，这种面向终端的计算机通信网（即多机互联系统，如图 1-2 所示）得到很大发展，有一些至今仍在发挥作用。在专用的计算机通信网中，最著名的是美国半自动地面防空系统 SAGE 与美国飞机订票系统 SABRE I。SAGE 系统首先使用了人机交互的显示器，研制了由小型计算机承担的前端处理机，制定了 1600bps（比特/秒）数据线路的技术规范，并使用了高可靠性的路由选择方法。在商用网络中，比较著名的有美国通用电气公司的信息服务网络（GE Information Services），它是世界上最大的商用数据处理分时网络之一，于 1968 年投入运行，拥有 16 个中央集中器、75 个远程集中器，地理范围从美国向外延伸到加拿大、欧洲、澳大利亚和日本。由于地域范围很大，可以利用时差达到资源的充分利用。SAGE 系统及其分时计算机系统的研究，对数据通信技术的发展起到了重要的推动作用，同时也为网络技术的发展奠定了基础。

3. 具有统一体系结构及国际化标准协议的计算机网络

多机系统为计算机应用开拓了新的领域，同时也向计算机技术提出了新的需求，即计算机系统之间的通信。这样的要求在当时主要来自军事、科学研究机构及一些大型企业，这些部门通常都拥有不止一台主机，分布在区域较广的不同地区，主机系统之间经常需要交换数据，进行各种业务往来。假如，一个主机系统的用户希望使用其他主机的硬件、软件及数据资源，或者与别的主机系统的用户共同完成某项任务，即所谓的资源共享。利用通信线路把多个前端处理机连接起来，与主机一起就构成了计算机网络。前端处理机负责网络中各主机间的通信控制和数据传输任务；主机负责对数据以及用户的各种服务请求进行处理。因此，将分布在不同地理位置上的、具有独立功能的计算机及其外部设备，通过通信线路和设备连接起来，形成按照某种规则（通信协议）进行信息交换以实现资源共享的系统就是计算机网络。

网络的规模在不断地扩大，同时为了共享更多的资源，不同的网络也需要互相连接起来，于是网络的开放性和标准化被提上议事日程。20世纪70年代后期，国际标准化组织（ISO）开始制定一系列国际标准。1981年ISO正式提出“开放系统互连参考模型”（OSI/RM）的国际标准，从而正式确立了计算机网络的体系结构。“计算机—计算机”网络可以用图1-3进行描述。

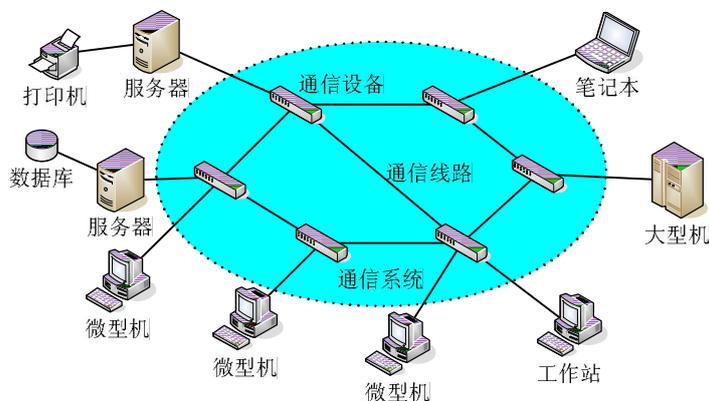


图 1-3 “计算机—计算机”网络

1.1.2 计算机网络的发展

这里所要讲的计算机网络的发展是指现代计算机网络的发展，它包括：广域网、局域网和国际互联网的发展。

1. 广域网的发展

广域网是指利用远程通信线路组建的计算机网络。广域网覆盖面大，通常跨越多个地区、整个国家乃至跨洋过海连接。这种网络称为广域计算机网络，简称广域网（Wide Area Network, WAN）。

ARPANET 的出现标志着以资源共享为目的的现代计算机网络的诞生，也是广域网发展的开始。随后的几年间，许多国家、公司都纷纷发展自己的计算机网络。各大计算机公司除了宣布建立各自网络的同时，也公布了各自的网络体系结构，并承诺为用户提供服务。最著名的网络体系结构有：IBM公司于1974年公布的“系统网络体系结构SNA”、DEC公司于1975年公布的“分布式网络体系结构DNA”等。由于各大公司不断推出按照不同体系结构设计的网

络，从很大程度上推进了计算机网络的发展。

发展初期的网络一般为某一机构组建的专用网。专用网的优点是针对性强、保密性好；缺点是资源重复配置，造成了浪费，系统过于封闭，使资源很难在大范围内共享。

随着计算机应用的深入发展，一些小规模的机构甚至个人也有联网需求，这促使许多国家开始组建公用数据网。早期的公用数据网采用的是模拟通信电话网，进而发展成为新型的数字通信公用数据网。典型的公用数据网有美国的 TELENET、日本的 DDX、加拿大的 DATAPAC 等；我国也于 1993 年和 1996 年分别开通了公用数据网 CHINAPAC 和 CHINADDN。

2. 局域网的发展

局域网是指分布于一个部门、一个校园或一栋楼内等局部区域的计算机网络。局域网的发展是微处理器和微型计算机迅速发展的产物。进入 20 世纪 80 年代以后，随着微处理器产品技术的成熟和成本的不断下降，微型计算机像潮水般地涌向社会。一个单位或部门拥有的计算机数量越来越多，共享资源和互联通信的需求促使了局域网的诞生和发展。典型局域网有 Ethernet 和 Token-Ring 等。

3. 互联网的发展

虽然局域网已成为机构内部使用的典型结构，但它的局限性也很明显。越来越多的机构需要建立国内乃至国际范围的办公自动化系统，这就要求某地局域网上的用户与远地的局域网或广域网上的用户进行通信，互联网因此孕育而生。简单地说，互联网是一个由各种不同类型的、独立运行和管理的计算机网络组成的世界范围的巨大计算机网络。组成互联网的计算机网络包括小规模的局域网(LAN)、城市规模的区域网(MAN)以及大规模的广域网(WAN)等。这些网络通过普通电话线、高速率专用线路、卫星、微波和光缆等线路把不同国家的大学、公司、科研部门以及军事和政府等组织的网络连接起来。

讲到网络互联，不能不提到 Internet。Internet 是目前世界上最负盛名，也是规模最大的计算机互联网，它所遵循的网络体系结构 TCP/IP 已是事实上的国际标准。下面先简单介绍一下 Internet 的发展历程，至于更详细的介绍，将在后面的章节展开。

ARPANET 开创了网络的一个新纪元，自它推出之日起，用户对它一直青睐有加。到 1983 年，ARPANET 已连接了 300 多台主计算机。1984 年，ARPANET 分解成两个网络：一个仍叫 ARPANET，主要用于民用和科研；另一个称为 MILNET，主要由军方使用。后来 ARPANET 成为 Internet 的主干网。

美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)认识到 Internet 对科技教育的潜在推动作用，从 1985 年起，围绕其 6 个超级计算机中心开始建设计算机网络，并于 1986 年建成了基于 TCP/IP 的国家科学基金网 NSFNET，随后逐渐建立了主干网、地区网和校园网三级计算机网络，几乎覆盖了全美所有的大学和科研机构。NSFNET 和 ARPANET 相连，并逐步替代 ARPANET 成为 Internet 的主干网，而 ARPANET 的实验任务到此已经完成，于 1990 年正式停止使用。

1991 年，由于认识到 Internet 要更具生命力，就应该扩大其使用范围，而不仅仅局限于大学和科研机构。于是世界上的许多公司纷纷接入 Internet，使 Internet 上的通信量急剧上升，每日传送的分组量达 10 亿个之巨，Internet 的容量再次告急。鉴于这种状况，美国政府决定将 Internet 的主干网交由私营公司管理，并对接入 Internet 的用户开始收费。随后，IBM、MERIT 和 MCI 等公司联合成立了 ANS (Advanced Networks and Services) 公司。ANS 公司于 1993

年建造了一个速率为 45Mbps 的主干网 ANSNET，以取代速率只有 1.544Mbps 的 NSFNET。1996 年主干网速率已提升到 155Mbps，目前，Internet 的一些主干网速率已提升到 10GMbps，实验线路速率已超过 100Gbps。

Internet 已成为世界上规模最大、影响最深、增长速度最快的计算机网络，没有人能够准确地说出 Internet 究竟有多大，因为每年、每月、每天、每小时甚至每分钟都有新的计算机接入、新的用户上网。

1.1.3 计算机网络系统的发展趋势

必须用系统的观点来分析计算机网络才能够站在一个较高的层次来认识网络系统的体系结构以及网络工程技术中的许多重要问题，把握计算机网络系统的发展趋势。

1. 开放性

计算机网络系统开放性的体现，是基于统一网络通信体系结构协议标准的互联网结构，而统一网络分层体系结构标准是互联异种机的基本条件。Internet 之所以能风靡全球，正是因为它所依据的 TCP/IP 协议已经成为事实上的国际标准。标准化始终是发展计算机网络开放性的一项基本措施，除了网络通信协议的标准，还有许多其他有关标准，如应用系统编程接口 API 标准、数据库接口标准、计算机操作系统接口标准、应用系统与用户使用的接口标准等，也都与计算机网络系统更大范围的开放性有关。这种全球开放性必然引起网络系统容量需求的极大增长，进而推动计算机网络系统向广域、宽带、高速、大容量方向发展。未来的计算机网络将是不断融入各种新信息技术，进一步面向全球开放的广域、宽带、高速网络。

2. 一体化

“一体化”是一个系统优化的概念，其基本含义是：从系统整体性出发，对系统进行重新设计、构建，以达到进一步增强系统功能、提高系统性能、降低系统成本和方便系统使用的目的。计算机网络发展初期是由计算机之间通过通信系统互联而实现的，但从系统观点看，已不是简单的叠加，而是一个具有新质的并将不断发展变化的大系统。随着计算机网络应用范围的不断扩大和对网络功能、性能要求的不断提高，网络中的许多成分将根据系统整体优化的要求重新分工、重新组合。目前计算机网络系统的这种一体化发展方向正沿着两条不同的基本路径展开：一是重新安排网络系统内部元素的分工协同关系，例如客户/服务器结构、各种专用浏览器、瘦客户机、网络计算机等，服务器面向网络共享的服务，将更专门化、更高效，如各种 Web、DNS、计算服务器、文件服务器、数据库服务器、邮件服务器、打印服务器等。网络中的通信功能从计算机节点中分离出来形成各种专用的网络互联通信设备，如各种路由器、桥接器、集线器、交换机等，这也是网络一体化分工协作的体现；二是基于虚拟技术，通过硬件的重新组织和软件的重新包装所构成的各种网络虚拟系统和各种透明节点的分布式应用服务，如分布式文件系统、分布式数据库系统、分布式超文本查询系统等，用户看到的是一个虚拟的文件系统、数据库系统和信息查询系统，而看不到网络内部结构和操作细节，进而网络的各种具体应用系统，如办公自动化系统、银行自动汇兑系统、自动售票系统、指挥自动控制系统、生产过程自动化系统等，实际上都是更高层次的网络虚拟系统。将来的网络将是网络内部进一步优化分工，而网络外部用户可以更方便、更透明地使用网络。

3. 多媒体网络

多媒体技术实质上是对多种形式的信息（如文字、语音、图像、视频等）进行综合采集、

传输、处理、存储和控制利用的技术,包括人们对客观世界最基本的从感性认识上升到理性认识的处理过程,也可以说是一种“多媒体信息”的采集处理过程。多媒体技术与计算机网络的融合是必然的趋势。目前,手写输入、语音声控输入、数码相机、IC卡、扫描仪等各种多媒体信息采集技术以及大容量光盘、面向对象数据库、超媒体查询等多媒体存储技术和 MMX 芯片、TTS 语音合成、虚拟现实技术、智能机器人等多媒体处理控制技术的蓬勃发展,为多媒体计算机网络的形成和发展提供了有力的技术支持。电信网、电视网和计算机网的“三网合一”,也在更高层次上体现了多媒体计算机网络系统的发展趋势。光纤到户、信息家电、家庭布线网络、VOD 视频点播、IP 电话、5A 智能大厦等技术正在迅猛发展,今后的计算机网络是融合包括电信、电视等更广泛功能,渗入到千千万万家庭的多媒体计算机网络。

4. 高效、安全的网络管理

对于计算机网络这样一个复杂的系统,如果没有有效的管理方法、管理体制和管理系统的支撑与配合,很难使它维持正常的运行,保证其功能和性能的实现。计算机网络管理的基本任务包括系统配置管理、故障管理、性能管理、安全管理和计费管理等几个主要方面。网络管理系统已成为计算机网络系统中不可分割的一部分。当前网络管理应着眼于网络系统整体功能和性能的管理,趋于采用适应大系统特点的集中与分布相结合的管理体制。在当前网络全球化发展的趋势下,有各种危害网络安全的因素,如病毒、黑客、垃圾邮件、信息泄漏、端口攻击等,甚至威胁到网络系统的生存。因此,网络系统的高效管理,特别是网络系统的安全管理显得尤为重要。今后的计算机网络应该是更加高效管理和更加安全可靠的网络。

5. 智能化网络

人工智能技术在传统计算机的基础上进一步模拟人脑思维活动能力,包括对信息进行分析、归纳、推理、学习等更高级的信息处理能力,在现代社会信息化的过程中,人工智能技术与计算机网络技术的结合与融合构成了具有更多思维能力的智能计算机网络,也是综合信息技术的必然发展趋势。当前,基于计算机网络系统的分布式智能决策支持系统、分布式专家系统、分布式知识库系统、分布智能代理技术、分布智能控制系统、智能网络管理等技术的发展也都明显地体现了这种智能网络的发展趋向。今后的计算机网络将是人工智能技术和计算机网络技术更进一步融合的网络系统,它将使社会信息网络更加有序化,更加智能化。

1.1.4 我国计算机网络的发展

我国从 20 世纪 50 年代就开始进行了计算机技术领域的研究,60 年来取得了飞速的发展。随着计算机技术的发展,计算机网络技术在我国也得到了相应的发展。我国较早着手建设计算机远程网的是铁道部,在 1980 年即开始进行计算机联网实验。当时的几个节点是北京、上海、济南铁路局及其所属分局,节点交换机采用的是 PDP-11,网络体系结构为 DNA,铁道部计算机网络是专用计算机网络,其目的是建立一个在上述地区内铁路指挥和调度服务的运输管理系统,开启了我国计算机网络的研究和应用。

1. 我国公用网的初步建立

(1) 中国公用分组交换数据网(CHINAPAC)。1989 年 11 月我国第一个公用分组交换网 CNPAC(后改为 CHINAPAC)通过试运行和验收,达到了开通业务的条件,一开始有 3 个分组节点(北京、上海、广州)和 8 个集中器。1993 年,由 10 个节点城市组成的国家主干网和各省、地、县的本地子网组成了覆盖全国的 CHINAPAC,覆盖范围达两千多个市、县、镇,

端口容量达 13 万个, 每个节点的吞吐量达 3200Pkt/s~6400Pkt/s (分组/秒), 用户的通信速率最高可达 64kbps, 在北京、上海设有国际出入口。

(2) 中国数字数据网 (CHINADDN)。它是我国的高速信息国道。在 20 世纪 90 年代, 受 Internet 发展的刺激和鼓舞, 中国数字数据网 CHINADDN 发展很快, 它是利用光纤 (包括数字微波和卫星) 数字电路传输和数字交叉复用节点组成的数字数据传输网, 具有传输质量高、延迟小、可靠性高、一线可多用等优点, 用户可选用的传输带宽范围宽, 通信速率可根据需要选择, 电路可自动迂回。CHINADDN 采用三级网络结构, 一级为全国骨干网, 二级为省内网, 三级为本地网。

2. 我国“三金”工程的建立

在建设“信息高速公路”的世界浪潮中, 我国的一批信息技术专家根据国情提出了中国的“高速信息网计划”。由原电子工业部倡议, 国务院直接组织的“三金”工程于 1993 年下半年开始启动。

“三金”工程指“金桥”、“金卡”和“金关”工程。“金桥”工程就是要建设我国社会经济信息平台, 即建设国家公用经济信息网。这个网是以光纤、卫星、微波、程控、无线移动等多种方式, 与邮电部系统数据网互为备用, 并与各部委和各省市的信息数据专用网互联互通。

“金桥”工程是“三金”工程的基础。“金卡”工程是指电子货币工程, 是银行信用卡支付系统工程。它是金融电子化和商业流通现代化的重要组成部分, 将与银行、内贸等部门紧密配合实施。“金关”工程是指国家对外经济贸易信息网工程, 主要推广电子数据交换 (EDI), 实现无纸贸易。“金桥”工程所建的国家公用经济信息网将首先与金融网连通, 满足对外经济、贸易、海关和银行现代化的要求, 为商业、旅游、气象、国家安全、科技信息检索等信息系统建设提供通道, 进而用信息网把各部委、各省市以及一些大中型企业连接起来。

3. 我国 Internet 的建立

20 世纪 90 年代兴起的“信息高速公路”和因特网的发展促进了我国全国范围的互联网的发展, 开始构建全国范围的公用计算机网络。目前, 我国有可以与因特网互联的 8 个全国范围的主要互联网, 它们是: 中国公用计算机互联网 CHINANET、中国教育和科研计算机网 CERNET、中国科学技术网 CSTNET、中国网通公用互联网 CNCNET、中国联通互联网 UNINET、宽带中国网 CHINA169、中国国际经济贸易互联网 CIETNET 和中国移动互联网 CMNET。

CHINANET 始建于 1995 年, 该网是 Internet 在中国的延伸, 是中国 Internet 骨干网, 由中国电信负责运营, CHINANET 由核心层、用户接入层和网管中心三个层次构成, 全国各地的用户可通过电话网 (PSTN)、分组网 (CHINAPAC)、数字数据网 (CHINADDN)、电子信箱 (CHINAMAIL) 等方式入网。其主干网由各直辖市和各省会城市的网络节点构成; 接入网则由各省、自治区内建设的网络节点构成。CHINANET 在北京、上海和广州分别设有国际出口线路与因特网互联。

CERNET 始建于 1994 年, 目的是将各研究所和有关大学通过 CERNET 连接起来, 为科研人员提供电子邮件 (E-mail) 工具、WWW 以及各种信息检索等服务, 以便加强与国外研究院所之间的合作与交流, 缩短我国在科研领域与发达国家之间的差距。它是一个包括主干网、地区网和校园网组成的三级结构网络, CERNET 网络中心设在清华大学。

CSTNET 是中国科学院负责建设和管理的网络, 是我国最早与因特网相连的互联网。

CHINAGBN 是为国民经济信息化服务的网络工程，即金桥工程，由吉通通信有限责任公司负责，CHINAGBN 是一个利用卫星网和光纤网的“天地合一网”，为“金”字工程（金税、金桥、金关……）服务。

UNINET 是成立于 1994 年 7 月 19 日的中国联通数据网。它采用 ATM+IP 组网模式，以 ATM 信元交换为核心，是一个具有电信级安全可靠保证的运营网络。中国联通利用宽带数据网的网络优势，向社会开放虚拟专网（VPN）、公用计算机互联网（CNUNINET）、数据承载、IP 电话/传真等多种业务。

CNC 是在国务院、信息产业部的直接领导和大力支持下，由中国科学院、广播电影电视总局、铁道部、上海市人民政府四方股东共同投资组建的新一代电信运营企业。中国网络通信有限公司承担建设与运营的“中国高速互联网络示范工程”——“中国网通公用互联网（CNCNET）”是新一代开放的 IP Over DWDM 全光纤电信网络。与传统电信网络不同，它以基于分组交换的数据通信为基础，提供语音、图像、传真、数据等全方位的基于 IP 技术的高品质电信服务。

随着我国宽带基础服务覆盖率持续扩大，带动了宽带用户规模的增长。截至 2012 年 6 月底，我国网民规模已经达到 5.38 亿人，互联网普及率为 39.9%。引人注目的是，手机网民规模达到 3.88 亿，手机首次超越台式电脑成为第一大上网终端。

2012 年 6 月，中国互联网络信息中心（CNNIC）公布了“中国互联网络发展状况统计报告”。调查结果显示，截至 2012 年底，我国国际线路的总容量达到 1548811Mbps。最近几年的国际出口带宽发展如图 1-4 所示，主要骨干网络国际出口带宽分布情况如表 1-1 所示。



图 1-4 我国国际出口带宽的增长情况

表 1-1 主要骨干网络国际出口带宽数

主要骨干网络	国际出口带宽数 (Mbps)
中国电信	842598
中国联通	477867
中国移动	198129
中国科技网	18600
中国教育和科研计算机网	11615
中国国际经济贸易互联网	2
合计	1548811

1.2 计算机网络的定义和组成

1.2.1 计算机网络的定义

计算机网络的定义随网络技术的更新可从不同的角度给以描述，目前人们已公认的有关计算机网络的定义是：计算机网络是将地理位置不同且有独立功能的多个计算机系统利用通信设备和线路互相连接起来，并以功能完善的网络软件（包括网络通信协议、网络操作系统等）实现网络资源共享的系统。

在上述的定义中，有以下特点：

- (1) 计算机的数量是“多个”，而不是单一的。
- (2) 计算机是能够独立工作的系统。任何一台计算机都不能干预其他计算机的工作，例如启动、关闭等。任意两台计算机之间没有主从关系。
- (3) 计算机可以处在异地。每台计算机所处的地理位置对所有的用户是完全透明的。
- (4) 处在异地的多台计算机由通信设备和通信线路进行连接，从而使各自具备独立功能的计算机系统成为一个整体。
- (5) 在连接起来的系统中必须有完善的通信协议、信息交换技术、网络操作系统等软件对这个连接在一起的硬件系统进行统一的管理，从而使其具备数据通信、远程信息处理、资源共享的功能。

定义中涉及的“资源”应该包括硬件资源（CPU、大容量的磁盘、光盘、打印机等）和软件资源（语言编译器、文本编辑器、各种软件工具、应用程序等）。

1.2.2 计算机网络的基本组成

从系统角度上看，计算机网络由硬件系统和软件系统组成。

1. 计算机网络硬件系统

计算机网络硬件系统包括：主计算机、终端、集中器、前端处理机、通信处理机、通信控制器、线路控制器等。

2. 计算机网络软件系统

计算机网络软件系统是实现网络功能不可缺少的环境，通常包括：

- (1) 网络操作系统：是最主要的网络软件，负责管理网络中的各种软硬件资源。
- (2) 网络通信软件：实现网络中节点间的通信。
- (3) 网络协议和协议软件：通过协议程序实现网络协议功能。
- (4) 网络管理软件：用来对网络资源进行管理和维护。
- (5) 网络应用软件：为用户提供服务，解决某方面的实际应用问题。

1.2.3 通信子网与资源子网

计算机网络从逻辑结构上可以分成两部分：资源子网和通信子网。前者负责数据处理，向网络用户提供各种网络资源及网络服务；后者是负责数据转发的内层通信子网。二者在功能上各负其责，通过一系列计算机网络协议将二者紧密地结合在一起，共同完成计算机网络工作。

用户资源子网专门负责全网的信息处理任务，以实现最大限度地共享全网资源的目标。用户资源子网包括主机及其他信息资源设备。

通信子网是计算机网络中负责数据通信的部分，传输介质可以是架空明线、双绞线、同轴电缆、光纤等有线通信线路，也可以是微波、通信卫星等无线通信线路。一般终端与主计算机、终端与节点计算机及集中器之间采用低速通信线路；各计算机之间，包括主计算机与通信处理机及集中器之间采用高速通信线路。节点计算机和高速通信线路组成独立的数据通信系统，承担全网络的数据传输、交换、加工和变换等通信处理工作，即将一台主计算机的输出信息传送给另一台主计算机。

1.3 计算机网络的功能和应用

1.3.1 计算机网络的功能

虽然不同类型的计算机网络各自有不同的功能，但其共同的主要功能可以归纳为以下几个方面：

(1) 通信功能。

通信功能是计算机网络最基本的功能，并且通信功能还是计算机网络其他各种功能的基础。所以通信功能是计算机网络最重要的功能。

现代社会信息量激增，信息交换也日益增多，例如仅每年需要传递的信件就有几万吨，而计算机网络则为分散在世界各地的用户提供了强有力的通信手段。目前，IP 电话、网上寻呼、网络即时通信和 E-mail 已成为人们重要的通信手段。通过计算机网络，用户可以十分方便、快捷地在全球范围内传递电子邮件 (E-mail)，发布新闻消息，传输和查询文字资料、图形、图像和语音信息。

计算机网络还为各国的科学家和工程师们提供了一个网络环境，在此基础上可以建立一种新型的合作方式：协同工作。异地的科学家和工程师们能够通过计算机网络同时进行相同的课题研究并分担研究工作的各个部分。

网络通信功能极大地缩短了通信的时间和距离，使得生活、工作在不同地方的人们可以很方便地进行交流与合作，真正实现了“海内存知己，天涯若比邻”。

(2) 资源共享。

计算机资源主要指计算机硬件资源、软件资源和数据资源，所以计算机网络中的资源共享包括硬件资源共享、软件资源共享和数据资源共享。

- 硬件资源共享。共享的硬件资源包括超大型存储器、打印机、高速处理器、大容量磁盘和昂贵的巨型计算机、专用外部设备等。硬件资源共享，可使网络中各单位的、各区域的资源互通有无，避免硬件设备的重复购置，提高了设备的利用率，降低了系统成本。
- 软件资源共享。层出不穷的计算机软件是网络上的宝贵财富，而其中不少软件是免费的。共享的软件资源包括各种语言处理程序、服务程序和众多的网络软件，例如办公管理软件、电子课件和联机考试软件等。软件共享可以避免软件研究上的重复劳动。
- 数据资源共享。共享的数据资源包括各种大型数据库、数据文件和多媒体信息等。

例如电子图书库、电子档案库、学生成绩库、科技动态信息、视频点播 (VOD)、网上教学、网上书店、网上购物、网上订票、网上电视直播、网上证券交易、各类新闻等, 通过网络正逐渐走进普通百姓的生活、学习和工作当中。数据共享避免了大量的重复劳动, 不仅可以达到高效、经济和少出差错的目的, 而且数据的共享存储也便于集中管理, 减少运行成本。

总之, 通过资源共享, 提高了系统资源利用率, 使系统的整体性能价格比得到了提高。

(3) 提高系统的可靠性。

在一个系统中, 当某台计算机、某个部件或某个程序出现故障时, 必须通过替换资源的办法来维持系统的继续运行, 以避免系统瘫痪。而在计算机网络中, 各台计算机可彼此互为后备机, 每一种资源 (尤其是程序和数据) 都可以在两台或多台计算机上进行备份。这样当某台计算机、某个部件或某个程序出现故障时, 其任务就可以由其他计算机或其他备份的资源所代替, 避免了系统瘫痪, 提高了系统的可靠性。

对在军事、银行业、航空和其他许多应用中出现硬件故障后仍能继续工作的能力具有极其重要的意义。

(4) 网络分布式处理与均衡负载。

网络分布式处理, 是指把同一任务分配到分布于网络中不同地理位置的节点机上协同完成。通常, 对于复杂的、综合性的大型任务, 可以采用合适的算法将任务分散到网络中不同的计算机上去执行。在同一网络内的各台计算机可通过协同操作和并行处理来提高整个系统的处理能力, 共同完成仅依靠单台计算机难以完成的复杂的、综合性的大型任务。另外, 当网络中某台计算机、某个部件负担过重时, 通过网络操作系统的合理调度可将其任务的一部分转交给其他较为空闲的计算机或资源去完成; 对于地理跨度大的远程网, 还可以利用时差来解决日夜负载的不均衡现象。例如, 美国的银行晚上停止营业后, 可以将资源通过网络转借给正是白天的东南亚的某国银行, 东南亚的某国银行就可在白天利用这些资源, 到晚上再归还给美国的银行。这样不仅提高了资源的利用率, 还达到了均衡使用网络资源, 实现网络分布式处理的目的。这种协同计算机网络支持下的分布式系统是应用研究的一个重要方向。

(5) 分散数据的综合处理。

网络系统还可以有效地将分散在网络各计算机中的数据资料信息收集起来, 从而达到对分散的数据资料进行综合分析处理, 并把正确的分析结果反馈给各相关用户的目的。

例如, 军事指挥系统中的计算机网络, 可以快速有效地将遍布在十分辽阔地域范围内的各计算机中任何可疑的目标信息收集起来, 迅速地对目标信息进行综合分析处理, 及时地向相关部门发出警报, 从而为军事最高决策机构采取有效措施提供正确可靠的情报依据。

1.3.2 计算机网络的应用

计算机网络自 20 世纪 60 年代末诞生以来, 仅几十年时间, 就以异常迅猛的速度发展起来, 并在工业、农业、商业、交通运输、文化教育、国防军事、科学研究等领域获得了越来越广泛的应用。

工厂企业可以利用网络实现生产过程的自动监督、控制和管理; 交通运输行业可以利用网络进行运营的自动化管理和调度优化; 教育科研部门不仅可以利用网络的通信功能和资源共享功能进行情报检索、科技协作和学术交流, 还可以进行远程教育; 国防军事上可以利用网络

实现军事情报的快速收集、跟踪、控制与指挥；电子商务、电子政务的出现和发展，使得计算机网络在商业和行政管理等方面也展现出了广阔的应用前景。

总之，计算机网络作为信息收集、存储、传输、处理和利用的整体系统，将在信息化社会中得到更加广泛的应用。随着网络技术的不断发展，各种网络应用层出不穷，并将逐渐深入到社会的各个领域及人们的日常生活当中，极大地改变着人们的工作、学习、生活乃至思维方式。

可以毫不夸张地说，在未来，谁拥有“信息资源”，谁能有效地利用“信息资源”，谁就能在各种竞争中占据主导地位。

1.4 计算机网络的分类

从不同的角度分析计算机网络，按不同的标准对计算机网络进行分类，更有利于全面地了解计算机网络的特性。

1.4.1 计算机网络的不同分类

- (1) 按网络的拓扑结构分类，有星型网、环型网、总线网、树型网、网状网和混合网。
- (2) 按网络的交换方式分类，有电路交换网、信息交换网、分组交换网、帧交换网、信元交换网（即 ATM 网）。
- (3) 按传输介质分类，有细缆网、双绞线网、光纤网、卫星网、无线网。
- (4) 按使用单位或性质分类，有企业网、校园网、政府网、教育科研网。
- (5) 按应用性质分类，有证券业务网、新闻综合业务网、多媒体公用信息网。
- (6) 按网络操作系统分类，有 NetWare 网、Windows NT 网、LAN Manager 网。
- (7) 按生产厂家分类，有 Novell 网、IBM Token-Ring 网、3Com Ethernet 网。
- (8) 按网络的控制方式分类，有集中式网络、分布式网络。
- (9) 按网络协议分类，有 TCP/IP 网、X.25 网、ATM 网、FDDI 网。
- (10) 按网络的传输带宽分类，有窄带网、宽带网。
- (11) 按普及程度分类，有专用网络、公众网络。

但上述这些分类标准只给出了网络某一方面的特征，并不能反映网络技术的本质。最常用且最重要的分类方法有两种，即根据网络的传输技术和网络的覆盖范围分类。

1.4.2 根据网络的传输技术进行分类

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分类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，多个节点共享一个通信信道，一个节点广播信息，其他节点则接收信息。而在点到点通信信道中，一条通信线路只能连接一对节点，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，所采用的传输技术也只能有两类，即广播（Broadcast）方式与点到点（Point-to-Point）方式。这样，相应的计算机网络也可以分为两类：广播式网络和点到点式网络。

1. 广播式网络 (Broadcast Networks)

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, 所有其他的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, 否则丢弃该分组。

显然, 在广播式网络中, 发送的报文分组的目的地址可以有 3 类: 单一节点地址、多节点地址和广播地址。

2. 点到点式网络 (Point-to-Point Networks)

与广播式网络相反, 在点到点式网络中, 每条物理线路连接一对计算机。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、存储和转发, 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。分组从通信子网的源节点到达目的节点的路由需要由路由选择算法决定。采用分组存储转发与路由选择是点到点式网络与广播式网络的重要区别之一。

1.4.3 根据网络的覆盖范围进行分类

计算机网络按照其覆盖的地理范围进行分类, 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, 它们所采用的传输技术也就不同, 因而形成了不同的网络技术特点与网络服务功能。

按覆盖的地理范围进行分类, 计算机网络可以分为以下 3 类:

(1) 局域网 (Local Area Network, LAN): 局域网用于将有限范围内 (如一个实验室、一幢大楼、一个校园) 的各种计算机、终端与外部设备互连成网。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与交换局域网。局域网技术发展迅速, 应用日益广泛, 是计算机网络中最活跃的领域之一。

(2) 城域网 (Metropolitan Area Network, MAN): 城市地区网络常简称为城域网。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要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连的需求, 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) 广域网 (Wide Area Network, WAN): 广域网也称为远程网。它所覆盖的地理范围可以从几十公里到几千公里。广域网覆盖一个国家、地区或横跨几个洲, 形成国际性的远程网络。广域网的通信子网主要使用分组交换技术。广域网的通信子网可以利用公用分组交换网、卫星通信网和无线分组交换网, 它将分布在不同地区的计算机系统互联起来, 达到资源共享的目的。

1.5 计算机网络的拓扑结构

1.5.1 计算机网络拓扑结构的概念

计算机网络设计的第一步就是要解决在给定计算机的位置及保证一定的网络响应时间、吞吐量和可靠性的条件下, 通过选择适当的线路、线路容量、连接方式, 使整个网络的结构合

理，成本低廉。为了应付复杂的网络结构设计，人们引入了网络拓扑的概念。

拓扑学是几何学的一个分支，它是从图论演变过来的。拓扑学首先把实体抽象成与其大小、形状无关的点，将连接实体的线路抽象成线，进而研究点、线、面之间的关系。计算机网络拓扑通过网络节点与通信线路之间的几何关系表示网络结构，反映出网络中各实体间的结构关系。拓扑设计是建设计算机网络的首步，也是实现各种网络协议的基础，它对网络性能、系统可靠性与通信费用都有重大影响。计算机网络拓扑主要是指通信子网的拓扑构型。

1.5.2 网络拓扑结构的分类和特点

网络拓扑根据通信子网中通信信道的类型可以分为两类：点到点线路通信子网的拓扑和广播信道通信子网的拓扑。

在采用点到点线路的通信子网中，每条物理线路连接一对节点。采用点到点线路的通信子网的基本拓扑构型有 4 类：星型、环型、树型和网状型，如图 1-5 所示。

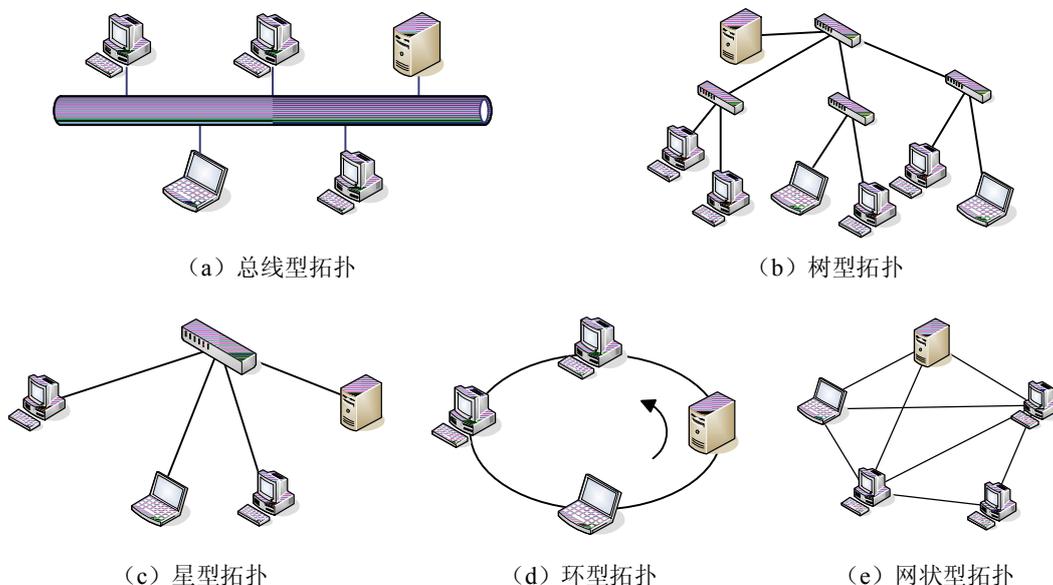


图 1-5 计算机网络拓扑结构

在采用广播信道的通信子网中，一条公共的通信信道被多个网络节点共享。采用广播信道的通信子网的基本拓扑构型主要有 4 种：总线型、树型、环型和无线通信与卫星通信型。

下面简单介绍各种拓扑结构的特点。

(1) 星型拓扑的主要特点。在星型拓扑构型中，节点通过点到点通信线路与中心节点连接。中心节点控制全网的通信，任何两节点之间的通信都要通过中心节点。星型拓扑构型结构简单，易于实现，便于管理，但是网络的中心节点也是全网可靠性的瓶颈，中心节点的故障可能造成全网瘫痪。

(2) 环型拓扑的主要特点。在环型拓扑构型中，节点通过点到点通信线路连接成闭合环路，环中数据将沿一个方向逐站传送。环型拓扑结构简单，传输延时确定，但是环中每个节点与连接节点之间的通信线路都可能成为网络可靠性的瓶颈。环中任何一个节点出现线路故障，

都可能造成网络瘫痪。为保证环的正常工作,需要较复杂的环维护处理程序。环节点的加入和撤出过程都比较复杂。

(3) 树型拓扑的主要特点。树型拓扑构型可以看成是星型拓扑的扩展。在树型拓扑构型中,节点按层次进行连接,信息交换主要在上、下节点之间进行,相邻及同层节点之间一般不进行数据交换或数据交换量小。树型拓扑网络适用于汇集信息的应用要求。

(4) 网状型拓扑的主要特点。网状拓扑构型又称为无规则型。在网状拓扑构型中,节点之间的连接是任意的,没有规律。网状拓扑的主要优点是系统可靠性高,但结构复杂,必须采用路由选择算法与流量控制方法。目前实际存在与使用的广域网基本上都是采用网状拓扑构型。



习题一

一、选择题

- 在_____构型中,节点通过点到点通信线路与中心节点连接。
A. 环型拓扑 B. 网状拓扑 C. 树型拓扑 D. 星型拓扑
- 以下_____不是实现网络功能所不可缺少的软件环境。
A. 网络操作系统 B. 网络通信软件
C. 网络协议和协议软件 D. 办公软件
- 通信控制设备用来为用户提供入网手段,包括_____。
A. 集中器 B. 信号变换器 C. 多路复用器 D. 终端

二、填空题

- 计算机网络由负责信息传递的_____和负责信息处理的_____组成。
- 计算机网络的功能主要有:通信功能、_____、提高系统的可靠性、网络分布式处理与均衡负载。
- 计算机网络的演变和发展可概括为_____、_____和_____三个阶段。

三、简答题

- 计算机网络的发展可划分为几个阶段?请指出每个阶段的主要特点。
- 什么是计算机网络?
- 局域网、城域网与广域网的主要特征是什么?
- 计算机网络可从哪几个方面进行分类?
- 常见的计算机网络拓扑有哪几种?各有什么特点?