HZ BOOKS
华章教育

高等院校计算机教材系列

计算机网络

Computer Network

张杰 甘勇 黄道颖 李健勇 等编著

机械工业出版社
China Machine Press

高等院校计算机教材系列

计算机网络

Computer Networks

张杰 甘勇 黄道颖 李健勇 等编著

机械工业出版社
China Machine Press

本书共9章。第1、2章介绍计算机网络的发展与应用，主要功能、分类、网络体系结构、网络参考模型以及网络标准化组织的有关知识。第3章介绍数据通信的基础知识。第4、5章讲解数据链路层基本技术基础以及基本协议原理，各种底层网络技术，涉及各种局域网和高速局域网技术。第6、7章论述网络层原理、互联技术及其相关协议，涉及网络互联、TCP/IP参考模型、IP协议族、IP路由以及TCP和UDP协议、套接字编程接口等内容。第8章讲解网络应用程序相互作用模式以及各种具体的网络应用。第9章讨论了网络安全基本原理与技术等内容。

本书力求结构严谨、层次分明、叙述准确、内容新颖。本书可供高等院校计算机专业、电子信息以及通信专业高年级本科生和低年级硕士研究生作为计算机网络课程的教材使用，同时也可供计算机网络设计人员、开发人员以及管理人员作为技术参考书使用。

图书在版编目（CIP）数据

计算机网络 / 张杰等编著. —北京：机械工业出版社，2010.8

（高等院校计算机教材系列）

ISBN 978-7-111-31137-9

Ⅰ.计… Ⅱ.张… Ⅲ.计算机网络-高等学校-教材 Ⅳ.TP393

中国版本图书馆CIP数据核字（2010）第122976号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037）

责任编辑：张少波

北京市荣盛彩色印刷有限公司印刷

2010年9月第1版第1次印刷

184mm × 260mm · 16.75印张

标准书号：ISBN 978-7-111-31137-9

定价：29.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：（010）88378991；88361066

购书热线：（010）68326294；88379649；68995259

投稿热线：（010）88379604

读者信箱：hzjsj@hzbook.com

前　言

随着计算机网络技术的迅速发展和应用，计算机网络已成为当今最热门的学科之一。从计算机网络诞生至今的几十年里，计算机网络技术已经取得了飞跃发展。现在，计算机网络（尤其是Internet技术）不但在改变着人们的生活、学习、工作乃至思维方式，也对科学、政治、经济甚至整个社会产生巨大的影响，国家的经济建设和发展、安全和高效的管理等都将越来越依赖于计算机网络。

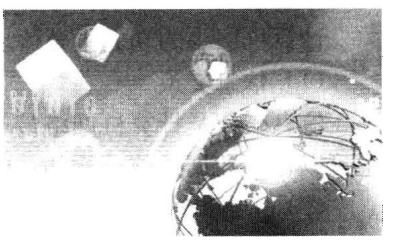
本书重点阐述目前计算机网络采用的比较成熟的思想、结构和方法，突出基本原理与基本技术，力求做到深入浅出、通俗易懂。在内容选择上，一方面以ISO/OSI参考模型为背景介绍计算机网络的体系结构、基本概念、原理和设计方法；另一方面以TCP/IP协议族为线索详细讨论各种常用的网络互联协议和网络应用协议。考虑到读者可能缺乏数据通信的有关知识，将简要介绍数据通信的基础知识。另外，本书在内容的编排上，依据现有考试大纲涵盖了计算机科学与技术专业硕士研究生入学考试统考中的网络课程的知识点，可以作为研究生入学考试的参考书。

本书共9章。第1、2章介绍计算机网络的发展与应用、主要功能、分类、网络体系结构、网络参考模型以及网络标准化组织的有关知识。第3章介绍数据通信知识，涉及数据通信基本概念和基础理论、传输介质、多路复用技术、数据交换技术、调制解调技术以及物理层接口技术等内容。第4、5章讨论数据链路层基本技术基础以及基本协议原理，各种底层网络技术，涉及各种局域网和高速局域网技术。第6、7章讨论网络层和传输层的原理、互联技术及其相关协议，涉及网络互联、TCP/IP参考模型、IP协议族、IP路由以及TCP和UDP协议、套接字编程接口等内容。第8章讨论网络应用程序相互作用模式以及各种具体的网络应用，涉及域名系统、文件传输和访问、电子邮件、万维网技术。第9章讨论了网络安全基本原理与技术等内容。

本书由郑州轻工业学院张杰、甘勇主编，黄道颖、李健勇副主编。第1章由张杰、甘勇编写，第2章由吴强编写，第3章由梁文静编写，第4章由张杰编写，第5章由李健勇编写，第6章由李建春、张杰编写，第7章由李学桥、黄道颖编写，第8章由李建春编写，第9章由张静编写。张杰、甘勇、李健勇、黄道颖负责本书的统稿和组织工作。在本书的编写和出版过程中，得到了郑州轻工业学院教务处和机械工业出版社的大力支持，在此由衷地向他们表示感谢！

由于计算机网络技术发展非常迅速，涉及的知识面广，加之作者水平有限，书中难免存在错漏之处，欢迎广大读者批评指正。

目　录



第1章 绪 论

计算机技术与通信技术的结合、发展，使单台大型计算机所完成的任务可以被大量分散但又互联的计算机共同协作完成，这就是早期的“计算机网络”。进入20世纪90年代以后，以因特网（Internet）为代表的计算机网络得到了飞速的发展，已成为仅次于全球电话网的世界第二大网络，并有望成为融合电话网络、电视网络的世界第一大“终极信息网络”。现代人们的生活、工作、学习以及交往都已离不开因特网。本章将简要地介绍计算机网络的概念、类别和性能。

本章知识点：

- 计算机网络的概念、组成和功能
- 计算机网络与互联网的发展历史
- 计算机网络的分类、标准化及相关组织

1.1 计算机网络的定义与功能

1.1.1 计算机网络的定义与组成

现在，计算机网络的精确定义并未统一。可以将“网络”简单地定义为：以交换共享信息为目的的多台自治计算机的互联集合。自治计算机是指网络中计算机之间不存在主从关系，各自是一个独立的工作系统；互联是指两台计算机通过通信介质连接在一起，互相交换信息。也可以将计算机网络的组成和功能定义的具体一些，即计算机网络是指将地理位置不同的多台自治计算机系统及其外部设备，通过通信介质互联，在网络操作系统、网络管理软件及网络通信协议的管理和协调下，实现资源共享和信息传递的系统。最简单的计算机网络就只有两台计算机和连接它们的一条通信线路，即两个结点和一条链路。

从形式上看，计算机网络与分布式计算机系统有相同之处，但二者并不相同。分布式计算机系统最主要的特点是整个系统中的各计算机对用户都是“透明的”。对用户来说，分布式计算机系统就好像只有一个计算机一样，用户通过键入命令就可以运行程序，但用户并不知道是哪一个计算机在为他运行程序，而是由操作系统为用户选择一个最合适的计算机来运行其程序，并将运行的结果传送到合适的地方。计算机网络主要解决的是计算机主机之间的互联通信问题，用户首先要登录到欲运行程序的计算机上，然后将命令请求通过计算机网络传送到该计算机上去运行，最后根据用户的命令将结果传送回原计算机。

由此可见，计算机网络并不等同于分布式计算机系统，二者的区别主要是软件的不同。

一般说来，分布式计算机系统是构建在计算机网络基础之上的系统。当然，也有一些分布式计算机系统从本质上讲就不是计算机网络（例如，分布式多CPU并行计算机系统等）。

1.1.2 计算机网络的功能

计算机网络的功能主要体现在以下几个方面：

（1）信息交换

信息交换是计算机网络最基本的功能，主要完成计算机网络中各个节点之间的系统通信，也可以称为数据通信。例如：电子邮件、发布新闻消息、电子贸易、远程电子教育等。

（2）资源共享

资源是指构成计算机网络系统的所有要素，包括硬件资源、软件资源和数据资源，其中共享数据资源最为重要。例如：计算处理能力、大容量磁盘、高速打印机、绘图仪、通信线路、数据库、文件和其他计算机上的有关信息。网络上的计算机可以共享整个网络的资源。

（3）分布式处理

一项复杂的任务可以划分成许多部分，由网络内各计算机分别协作并执行完成相关部分，使整个系统的性能大为增强。

（4）集中管理

计算机网络技术的发展和应用，已使得现代办公、经营管理的模式发生了很大的变化。目前，已经有了许多MIS系统、OA系统等，通过这些系统可以实现日常工作的集中管理，提高工作效率，增加经济效益。

（5）远程传输

在计算机网络中，分布在世界各地的用户可以互相传输数据信息，互相交流，协同工作。

（6）负载均衡

负载均衡是指工作被均匀地分配给网络上的各台计算机。网络控制中心负责分配和检测，当某台计算机负载过重时，系统会自动转移部分工作到负载较轻的计算机中去处理。

1.1.3 计算机网络与互联网的发展历史

1. 分组交换网络的产生

现代计算机网络实际上是20世纪60年代美苏冷战时期的产物。在60年代初，美国国防部领导的高级研究计划署（Advanced Research Project Agency，ARPA）提出要研制一种创新型的、能够适应现代战争的、生存性很强的网络，其目的是应对来自苏联的核进攻威胁。当时传统的基于电路交换（circuit switching）的电话网虽然已经四通八达，但在核战争期间，一旦正在通信的某电话电路中有一个交换机或有一条链路被炸毁，则该电路整个通信就要中断。如要立即改用其他迂回电路通信，则必须重新拨号建立连接。这将要延误十几秒钟的时间，但这就可能造成不可挽回的重大损失。

根据当时美国军方提出的需求，这种新型的网络必须满足以下的一些基本要求：

1) 和传统的电信网不同，这种新型的网络不是为了打电话，而是用于计算机之间的数据传送。

2) 新型的网络能够连接不同类型的计算机，即不局限于单一类型的计算机。

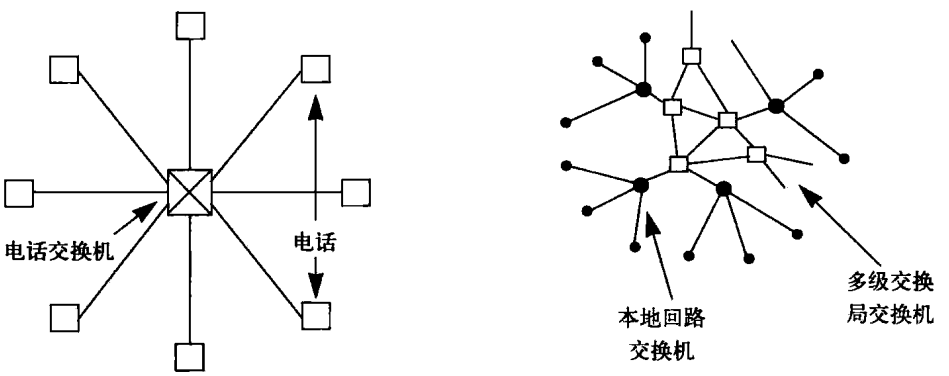
3) 所有的网络结点都同等重要，是对等的。因为网络必须经受得起敌人的核打击，将所有的结点设计成同等重要的，就可以大大提高网络的生存性。

4) 计算机在进行通信时，必须有冗余的多条通信路径供选择。当网络中的某一个结点或

链路被破坏时，冗余的路径选择功能能够使正在进行的通信自动地找到合适的路由，使通信维持畅通。

5) 网络的结构应当尽可能地简单，但能够非常可靠地传送数据。

根据以上要求，人们首先想到能否借鉴电话系统中所采用的电路交换思想来组建这种新型网络。如图1-1所示，在电话系统中每一部电话都连接到交换机上，而交换机使用“交换开关”的方法临时为通话的双方电话机搭起一条通信电路，让电话用户彼此之间可以很方便地通信。一百多年来，电话交换机虽然经过多次更新换代，但交换的方式一直都是电路交换。当电话机的数量增多时，就要使用很多彼此连接起来的交换机来完成全网的交换任务。用这样的方法，就构成了覆盖全世界的电信网。



a) 电话通过交换机连接　　b) 由多级交换机连接组成的多层次电信网

图1-1　借鉴电话系统中的方法组建网络

电路交换是面向连接的传输方式，即它的信息传送必须经过“建立连接－通信－释放连接”三个步骤。在使用电路交换打电话之前，必须先拨号建立连接。当拨号的信令（控制信号协议）通过许多交换机到达被叫用户所连接的交换机时，该交换机就向用户的电话机振铃。在被叫用户摘机时，便产生摘机信令，并被传送回到主叫用户所连接的交换机后，呼叫即完成。这时，从主叫端到被叫端就建立了一条电路连接（物理通路）。此后主叫和被叫双方才能互相通话。通话完毕任何一方挂机后，挂机信令告诉这些交换机，使交换机释放刚才使用的这条物理通路。

虽然电路交换技术成熟，很适合于电话系统，但是，使用电路交换来传送计算机数据时，传输效率却往往很低。因为计算机数据往往是突发式地发送和传输，线路上真正用来传送数据的时间往往不到对线路占用总时间的10%甚至1%，在绝大部分时间里，已被用户计算机占用的通信线路是空闲的。因此，电路交换并不适合于计算机网络的通信。

1964年8月，巴兰（Baran）在美国兰德（Rand）公司“论分布式通信”的研究报告中提出了“存储转发”的概念。1966年，英国国家物理实验室（National Physics Laboratory，NPL）的戴维斯（David）首次提出了“分组”（packet）的概念。1969年12月，ARPA的计算机分组交换网ARPANET投入运行。ARPANET连接了美国加州大学洛杉矶分校、加州大学圣巴巴拉分校、斯坦福大学和犹他大学四个结点的计算机。ARPANET的成功，标志着计算机网络的发展进入了分组交换网时期。

分组交换网采用“存储－转发技术”。通常将欲发送的整个数据块称为报文（message）。在发送报文之前，将较大的报文划分成一个个小的等长数据段，并在每一个数据段前面加上

由控制信息组成的首部（header），就构成了分组（packet），又称为“包”，分组的首部被称为“包头”，如图1-2所示。

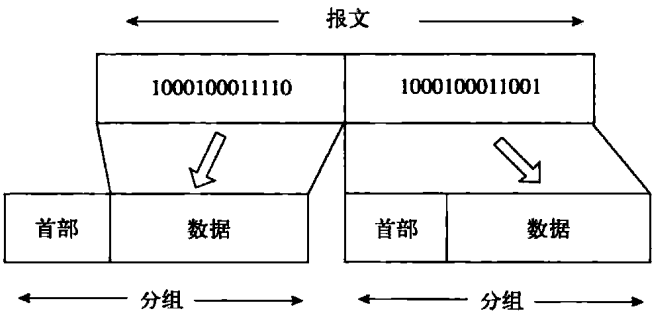


图1-2 分组交换网中的分组

分组是计算机网络中传送的数据单元。在一个分组中，“首部”非常重要，它包含了诸如目的地址和源地址等重要控制信息，利用这些地址信息，每一个分组可以在分组交换网中独立地选择路由，到达目的地。分组交换在传送数据的前后不必建立连接和释放连接。这样就减少了开销，提高了数据的传输效率。这种不先建立连接而随时可发送数据的传输方式，被称为无连接（connectionless）传输方式。分组交换也可以使用面向连接的方式（如X.25、帧中继、ATM等广域网）。

分组交换网由若干个结点交换机（node switch）和连接这些交换机的链路组成，如图1-3所示。圆圈表示的是结点交换机，它是网络的核心连接设备，完成对主机发送过来的分组（数据包）的转发。Host1～Host6都是一些联网的计算机，在计算机网络中常被称为主机（host）。

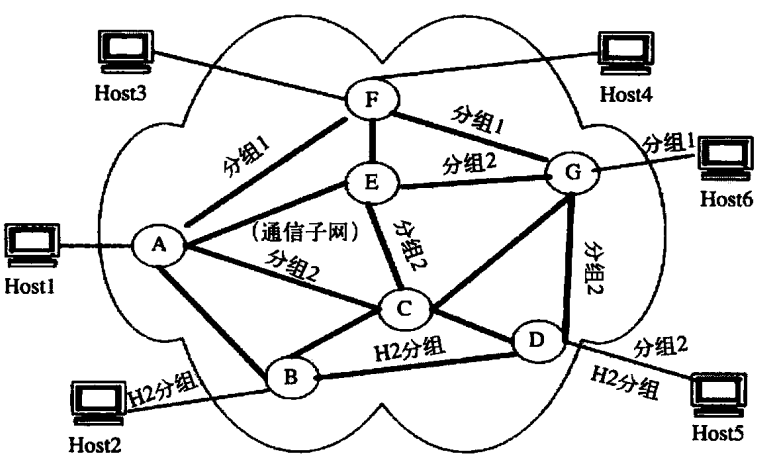


图1-3 分组交换网示意图

结点交换机处理分组的过程是：将收到的分组先放入缓存，再查找转发表，找出到某个目的地址应从哪个端口转发，然后由交换机将该分组传递给适当的端口转发出去。例如：假定图1-3的主机Host1向主机Host6发送数据。主机Host1先将分组逐个地发往与它直接相连的结点交换机A。此时，除链路Host1－A外，网内其他通信链路并不被目前通信的双方所占用。结点交换机A将主机Host1发来的分组（如分组1）放入缓存。假定从结点交换机A的转发表中查出应将该分组送到该结点交换机的端口1。于是分组就经链路A－F到达结点交换机F。当分

组正在链路A－F传送时，该分组并不占用网络其他部分的资源。结点交换机F继续按上述方式查找转发表，假定查出应从其端口2进行转发。于是分组又经结点交换机F的端口2向结点交换机G转发。当分组到达结点交换机G时，交换机G就将分组直接交给主机Host6。

在分组传送过程中，结点交换机可以根据通信量的大小选择转发路径，例如在Host1发送某一个分组（如分组2，目的地为Host5）的传送过程中，如果链路A－F的通信量太大，那么结点交换机A可以将分组2的转发端口改为端口3，分组就沿另一个路径到达结点交换机C，分组2沿C→E→G→D送到主机Host5。

在传送过程中，结点交换机采用“存储－转发技术”，暂时存储的是分组，不是整个报文。另外，一个分组交换网中的多个主机可以同时通信（如图1-3中的Host1与Host5、Host2与Host5之间的分组通信），而一个主机中的多个进程也可以各自与不同主机中的不同进程进行通信，保证了较高的交换速率。当分组交换网中的某些结点或链路突然被破坏时，在各结点交换机中运行的路由选择协议（routing protocol）能够自动找到其他路径转发分组，保证了数据传送的高可靠性。

综上所述，采用存储转发的分组交换，实质上是采用了在数据通信的过程中断续(或动态)分配传输带宽的策略。这对传送突发式的计算机数据非常合适，使得通信线路的利用率大大提高了。为了提高分组交换网的可靠性，常采用网状拓扑结构，使得当发生网络拥塞或少数结点、链路出现故障时，可灵活地改变路由而不致引起通信的中断或全网的瘫痪。

无连接的分组交换网络具有以下的特点：

1) 一台主机无论何时都可以发送分组，而在面向连接的网络中，发送第一个数据分组之前需要建立连接。

2) 当一台主机发送一个分组时，主机并不知道网络是否可以转发该分组或目的主机是否可以接收。

3) 每个分组的转发都是独立的，即使是同一个报文的不同分组，到达目的地可能走的是完全不同的路径。

4) 当一台交换机或一段链路出现故障时，能够找到可替换的路径，对用户通信不会产生影响。

表1-1归纳了电路交换网络与分组交换网络的主要区别。

表1-1 电路交换网络与分组交换网络的对比

对比的方面	电路交换网络	分组交换网络
基本设计思路	可靠通信应当由网络来保证	可靠通信应当由用户主机来保证
连接的建立	必须有	不需要
目的站地址	仅在连接建立阶段使用，每个分组使用短的虚电路号	每个分组都有目的站的全地址
路由选择	在虚电路建立时进行，所有分组均按同一路由	每个分组独立选择路由
当结点出故障时	所有通过出故障的结点的虚电路均不能工作	出故障的结点可能会丢失分组，一些路由可能会发生变化
分组的顺序	总是按发送顺序到达目的站	到达目的站时不一定按发送顺序
端到端的差错处理和流量控制	由电路交换网负责	由用户主机负责

分组交换网是以分组交换网为中心，主机在网络的边缘，见图1-3。将分组交换网称为通

信子网，将用户主机的集合称为资源子网。但是应当注意的是，在后面重点要讲述的TCP／IP协议族中需要使用“子网划分”技术中的“子网”的概念，和上述“通信子网”、“资源子网”中的子网的概念是完全不同的，通过上下文意思是可以将二者很好地区分开来的。

2. 因特网时代

20世纪80年代末期，因特网开始飞速发展。现在，因特网已发展成为世界上最大的国际性计算机互联网。因特网基础结构的演进大体上经历了三个阶段。

第一阶段：从单个网络ARPANET向互联网发展的过程。1969年，美国国防部创建的第一个分组交换网ARPANET最初只是一个单个分组交换网（并不是一个互联网）。所有要连接在ARPANET上的主机都直接与就近的结点交换机相连。由于其规模增长很快，到了70年代中期，人们认识到不可能仅用一个单独的网络来满足所有的通信问题，于是ARPA开始研究多种网络互联的技术，这就导致后来互联网的出现。1983年TCP／IP协议成为ARPANET上的标准协议，同年，ARPANET分解成两个网络，即ARPANET和MILNET。ARPANET是进行实验研究用的科研网，MILNET是军用的计算机网络。在1983—1984年间因特网Internet就形成了，由于其实验任务已经完成，1990年ARPANET正式宣布被关闭。

第二阶段：其主要特点是建成了三级结构的因特网。ARPANET的发展使美国国家科学基金会NSF（National Science Foundation）认识到计算机网络对科学研究的重要性，从1985年起，NSF就围绕六个大型计算机中心建设计算机网络。1986年，NSF建立了国家科学基金网NSFNET。它是一个三级计算机网络，分为主干网、地区网和校园网，如图1-4所示。这种三级计算机网络覆盖了全美国主要的大学和研究所。1991年，NSF和美国的其他政府机构开始认识到，必须扩大因特网使用范围，不会仅限于大学和研究机构。世界上的许多公司纷纷接入到因特网，使网络上的通信量急剧增大，每日传送的分组数达10亿个之多，因特网的容量已满足不了需要。于是美国政府决定将因特网的主干网转交给私人公司来经营，并开始对接入因特网的单位收费。1992年，因特网上的主机超过1百万台。1993年，因特网主干网的速率提高到45Mb/s（T3速率）。不久，三级结构因特网（由美国政府资助的）又演进到现在第三阶段的多级结构因特网（由许多公司经营的）。因此，现在的因特网并不是由某个单个组织所拥有的。

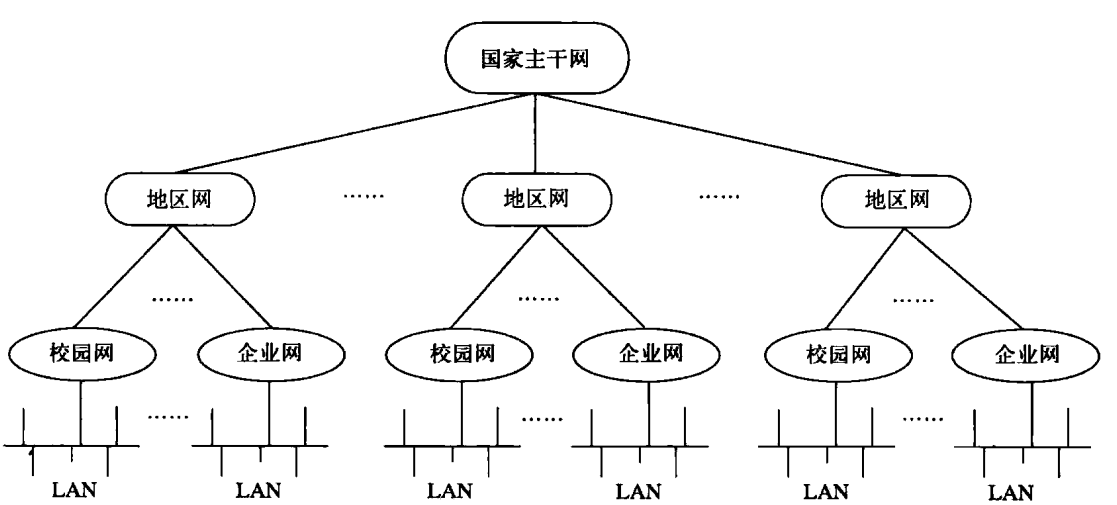


图1-4 三级结构的因特网

第三阶段：多级结构因特网。从1993年开始，由美国政府资助的NSFNET逐渐被若干个商用的因特网主干网替代。这种主干网也叫做服务提供者网络（service provider network）。任何人只要向因特网服务提供者（Internet Service Provider，ISP）交纳规定的费用，就可通过该ISP接入到因特网。考虑到因特网商用化后可能会出现很多的ISP，为了使不同ISP经营的网络都能够互通，在1994年开始创建了4个网络接入点（Network Access Point，NAP），分别由4个电信公司经营。所谓网络接入点NAP就是用来交换因特网上流量的结点。在NAP中安装有性能很好的交换设施（例如，使用ATM交换技术）。到本世纪初，美国的NAP的数量已达到十几个。

这样，从1994年到现在，因特网逐渐演变成多级结构网络，如图1-5所示。NAP是最高级的接入点。它主要是向不同的ISP提供交换设施，使它们能够互相通信。NAP又称为对等点。今天的因特网已经很难对其网络结构给出很细致的描述；但大致上可将因特网分为以下五个接入级。第一级是网络接入点NAP，第二级是由多个公司经营的国家主干网，第三级是地区ISP（商用的、国家的），第四级是本地ISP，第五级是校园网、企业或家庭PC机上网用户。

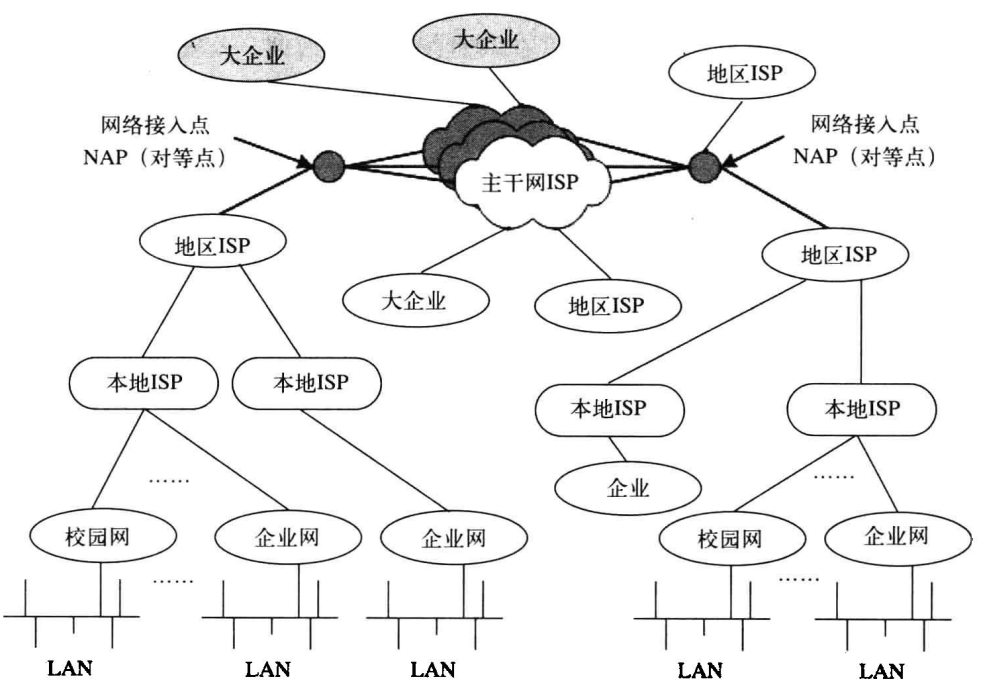


图1-5　多级结构因特网

因特网已经成为世界上规模最大和增长速率最快的计算机网络，没有人能够准确说出因特网究竟有多大。由欧洲原子核研究组织CERN开发的万维网WWW（World Wide Web）被广泛使用在因特网上，大大方便了广大非网络专业人员对网络的使用，成为因特网的这种指数级增长的主要驱动力，万维网的站点数目也急剧增长。

由于因特网存在着技术上和功能上的不足，加上用户数量猛增，使得现有的因特网不堪重负。因此1996年美国的一些研究机构和34所大学提出研制和建造新一代因特网的设想，并宣布在今后5年内用5亿美元的联邦资金实施“下一代因特网计划”，即“NGI计划”（Next

Generation Internet)。

NGI计划要实现的一个目标是：开发下一代网络结构，以比现有的因特网高100倍的速率连接至少100个研究机构，以比现有的因特网高1000倍的速率连接10个类似的网点。其端到端的传输速率要超过100Mb/s至10Gb/s。另一个目标是使用更加先进的网络服务技术和开发许多带有革命性的应用，如远程医疗、远程教育、有关能源和地球系统的研究、高性能的全球通信、环境监测和预报、紧急情况处理等。NGI计划将使用超高速全光网络，能实现更快速的交换和路由选择，同时具有为一些实时（real time）应用保留带宽的能力。在整个因特网的管理和保证信息的可靠性和安全性方面也会有很大的改进。

3. 计算机网络在我国的发展

下面简单介绍一下计算机网络在我国的发展情况。

铁道部在1980年即开始进行广域的计算机联网实验，因此最早着手建设专用广域网的是铁道部。1989年11月，我国第一个公用分组交换网CNPAC建成运行。CNPAC分组交换网由3个分组结点交换机、8个集中器和1个双机组成的网络管理中心所组成。1993年9月建成新的中国公用分组交换网，并改称为CHINAPAC，由国家主干网和各省、区、市的省内网组成。在北京、上海设有国际出入口。在20世纪80年代后期，公安、银行、军队以及其他一些部门也相继建立了各自的专用计算机广域网。这对迅速传递重要的数据信息起着重要的作用。

除了上述的广域网外，从20世纪80年代起，国内的许多单位都陆续安装了大量的局域网。局域网的价格便宜，其所有权和使用权都属于本单位，因此便于开发、管理和维护。局域网的发展很快，对各行各业的管理现代化和办公自动化已起了积极的作用。

这里应当特别提到的是1994年4月20日我国用64kb/s专线正式联入因特网。从此，我国被国际上正式承认为接入因特网的国家。同年5月中国科学院高能物理研究所设立了我国的第一个万维网服务器。9月份，中国公用计算机互联网CHINANET正式启动。到目前为止，我国陆续建造了基于因特网技术的并可以和因特网互联的9个全国范围的公用计算机网络。即，

- 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
- 中国联通互联网UNLNET
- 中国网通公用互联网CNCNET
- 中国国际经济贸易互联网CIETNET
- 中国移动互联网CMNET
- 中国长城互联网CGWNET
- 中国卫星集团互联网CSNET（建设中）

此外，还有一个中国高速互连研究示范网NSFnet，是中国科学院、北京大学、清华大学、国防科技大学、解放军信息工程大学等单位在北京中关村地区建造的为研究因特网新技术的高速网络。

表1-2是中国互联网络信息中心公布的我国最近几年来因特网的发展情况。

表1-2 我国因特网的发展情况

统计时间	上网计算机数/万	上网用户数/万	cn下注册的域名数	WWW站点数	国际线路总容量/(Mb/s)
1997.10	29.9	62	4066	1500	25.408
1999.1	74.7	210	18 396	5300	143.256
2000.1	350	890	48 695	15 153	351
2001.1	892	2250	122 099	265 405	2799
2002.1	1254	3370	127 319	277 100	7597.5
2003.1	2083	5910	179 544	371 600	9380
2005.12	4950	11 100	2 592 410	694 200	136 106

1.2 计算机网络的分类与性能

1.2.1 计算机网络的分类

可以从网络的交换功能、作用范围、网络操作系统、协议、使用者等不同的角度对计算机网络进行分类。

从网络的交换功能对网络分类。常用的交换方法有：电路交换、分组交换和混合交换。混合交换是在一个数据网中同时采用电路交换和分组交换。相对应的网络也分为电路交换网络、分组交换网络和混合交换网络。

从网络的作用范围分类，可以分为：广域网（Wide Area Network，WAN）、局域网（Local Area Network，LAN）、城域网（Metropolitan Area Network，MAN）、接入网（Access Network，AN）和互联网（internetworking）。广域网的作用范围通常为几十到几千千米，有时也称为远程网（Long Haul Network）。广域网最初只是为使物理上广泛分布的计算机能够进行简单的数据传输。局域网地理上局限在较小的范围（如1千米左右）。城域网的作用范围在广域网和局域网之间，例如作用范围是一个城市。接入网又称为本地接入网或居民接入网，它也是近年来由于用户对高速上网需求的增加而出现的一种网络技术。多个网络相互联接构成的集合称为互联网。

从网络操作系统的角度分类，可以分为：Windows网络、NetWare网络、UNIX网络、混合网络等。现在，大型网络的多数都可以看作是混合网络，它们运行不同生产商开发的网络操作系统、软件、使用多种协议，甚至可以将域和工作组概念结合在一起。

从网络协议的角度分类，可以分为：TCP/IP网络、IPX/SPX网络和NetBEUI网络等。TCP/IP是速度最慢、最难配置的可运行在局域网的协议，但是它的使用最为广泛。Internet分组交换/顺序分组交换IPX/SPX（Internet Package Exchange/Sequenced Packet Exchange，IPX/SPX）协议栈作为Novell的局域网协议。使用Microsoft操作系统的小型简单的LAN可以用NetBEUI协议通信。

从网络的使用者进行分类，可以划分为公用网和专用网。公用网（public network）是指国家的电信公司（国有或私有）出资建造的大型网络，也称为公众网。专用网（private network）是某个部门为本单位的特殊业务工作的需要而建造的网络。例如，军队、铁路、电力等系统均有本系统的专用网。

公用网和专用网都可以传送多种业务。如传送的是计算机数据，则分别是公用计算机网络和专用计算机网络。

1.2.2 计算机网络的性能指标

影响计算机网络性能的因素有很多，如传输距离、传输线路、传输技术、带宽等。对网络用户而言，主要是所获得的网络速度。计算机网络的主要性能指标一般是指带宽、吞吐量和时延。

1. 带宽和吞吐量

带宽（bandwidth）本来是指某个信号具有的频带宽度，即在通信线路上传输模拟信号时，将通信线路允许通过的信号频带范围称为线路的带宽。带宽的单位为赫（或千赫、兆赫等）。

在计算机网络中，通信线路上传输的是数字信号，数字信道传送数字信号的速率称为数据率或比特率，带宽是指每秒钟所能传送的比特数，单位是比特每秒（bps、b/s或bit/s）。

吞吐量（throughout）是指一组特定的数据在特定的时间段经过特定的路径所传输的信息量的实际测量值。由于诸多原因使得吞吐量常常是远小于所用介质本身可以提供的最大数字带宽。

2. 时延

时延（delay 或latency）是指一个报文或分组从网络（或链路）的一端传送到另一端所需的时间。一般时延是由发送时延、传播时延、处理时延组成。

发送时延是结点在发送数据时使数据块从结点进入传输介质所需要的时间，计算公式是：

$$\text{发送时延} = \frac{\text{数据块长度}}{\text{信道带宽}}$$

信道带宽就是数据在信道上的发送速率，也常被称为数据在信道上的传输效率。

传播时延是电磁波在信道上传播一定的距离而需要花费的时间。传播时延的公式是：

$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度}}{\text{电磁波在信道上的传播速率}}$$

电磁波在自由空间的传播速率是光速。电磁波在网络传输媒体中的传播速率比在自由空间要略低一些。

处理时延是指数据在交换结点为存储转发而进行一些必要的处理所花费的时间。

数据在网络传输过程中经历的总时延是以上三种时延之和：

$$\text{总时延} = \text{传播时延} + \text{发送时延} + \text{处理时延}$$

1.3 计算机网络标准化及相关组织

标准是包含推动某一特定产品或服务应如何被设计或实施的技术规范或其他严谨标准的文档化协议，计算机网络标准可以使不同的计算机进行通信。标准可分为两大类：既成事实的标准和合法的标准。既成事实的标准是那些没有正式计划，仅仅是出现了的标准，如TCP/IP。合法的标准是由一些权威标准化组织采纳的正式的、合法的标准。权威标准化组织通常分为两类：根据国家政府间的协议而建立的，和自愿的、非协议组织。在计算机网络标准领域，以下几个组织做出了较大的贡献。

国际电信联盟ITU（International Telecommunication Union）的工作是标准化国际电信。ITU有三个主要部门：无线通信部门（ITU-R）、电信标准化部门（ITU-T）、开发部门（ITU-D）。ITU-R负责分配无线频率。ITU-T处理电话和通信系统。1953—1993年，ITU-T被称为