

计算机 网络与通信

韩杰 编著

人民邮电出版社
www.pptph.com.cn

计算机网络与通信

韩 杰 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络与通信/韩杰编著. - 北京:人民邮电出版社,2002.2

ISBN 7-115-10025-X

I. 计... II. 韩... III. ①计算机网络-高等学校-教材②计算机通信-高等学校-教材
IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 002490 号

内 容 提 要

本书为高等院校计算机网络与通信课程教材。全书共 9 章,贯穿“网络硬件—体系结构—网络软件—网络应用与实现”的主线,系统性地介绍了计算机网络的基本概念、数据通信技术、计算机网络的体系结构、网络设备、因特网、内部网、外部网与虚拟专用网、网络规划设计与实现及电子商务等。

本书适合于从事计算机网络与通信应用人员阅读使用,也可作为远程教学和自考学生的参考书。

计算机网络与通信

◆ 编 著 韩 杰
责任编辑 潘春燕

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@pptph.com.cn
网址 <http://www.pptph.com.cn>
读者热线:010-67180876
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳隆昌印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/16
印张:15.25
字数:370 千字
印数:1-6 000 册

2002 年 2 月第 1 版
2002 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-10025-X/TP·2720

定价:21.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

45260/08

编者的话

目前, 计算机网络技术迅速发展, 新技术新应用层出不穷, 传统的计算机网络通信教材大多侧重于网络通信理论, 对实际应用的指导比较欠缺, 尤其是与当前的计算机网络技术的应用脱节, 已不利于应用性人才的培养。

为此, 我们组织了一批在计算机网络领域有丰富的教学和实际应用经验的教师和专家, 编写了这本集计算机网络技术与通信基础理论与实际应用指导于一体的《计算机网络与通信》教材。

本书在编写过程中力图突出先进性、系统性和实用性, 它有三个主要特点:

1. 系统理论与实际应用相结合, 可作为本科、大专及其他专业人才的计算机网络与通信技术的教材。
2. 侧重于计算机网络的设计、实现和应用, 尤其适用于应用性人才的培养, 也可作为相关工作人员的计算机网络与通信实用技术的参考书。
3. 可与远程教育学院的网络在线导学课件相配套, 适合于以远程教学和以网络为辅助教学手段的自考学生使用。

美国加州大学伯克利分校的吴玫和德国斯图加特大学的肖康为本书的编写提供了大量的参考资料, 并对本书部分章节进行了审阅和修正; 英远电子有限公司为本书的编写提供了大量的设计/应用案例和参考资料, 在此深表谢意。

由于时间和水平所限, 错误和不当之处在所难免, 敬请读者批评指正。

编者
2002年1月

目 录

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 第 1 章 计算机网络综述 | 1 |
| 1.1 什么是计算机网络 | 1 |
| 1.2 计算机网络的功能 | 7 |
| 1.3 计算机网络的应用 | 8 |
| 1.4 网络通信技术概述 | 9 |
| 习题与思考题 | 12 |
| 第 2 章 数据通信技术 | 14 |
| 2.1 传输介质 | 14 |
| 2.2 数据传输 | 26 |
| 2.3 交换技术 | 35 |
| 习题与思考题 | 39 |
| 第 3 章 计算机网络的体系结构 | 40 |
| 3.1 网络的拓扑结构 | 40 |
| 3.2 协议分层 | 42 |
| 3.3 OSI 网络模型 | 45 |
| 3.4 层间服务 | 62 |
| 3.5 Internet 协议模型 | 64 |
| 习题与思考题 | 75 |
| 第 4 章 网络设备 | 77 |
| 4.1 网络设备概述 | 77 |
| 4.2 网络适配器 (Network Adapter) | 79 |
| 4.3 网络收发器与网络转换设备 | 81 |
| 4.4 中继器 | 82 |
| 4.5 网桥 | 84 |
| 4.6 路由器 | 92 |
| 4.7 网络交换机 | 99 |
| 4.8 网关 | 107 |
| 习题与思考题 | 108 |
| 第 5 章 网络软件 | 110 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| 5.1 网络操作系统 | 110 |
| 5.2 UNIX | 111 |
| 5.3 NetWare 网络操作系统 | 115 |
| 5.4 Windows NT 网络操作系统 | 119 |
| 5.5 网络管理 | 123 |
| 习题与思考题 | 140 |
| 第 6 章 因特网 | 141 |
| 6.1 Internet 概述 | 141 |
| 6.2 Internet 的通信协议与基本概念 | 146 |
| 6.3 Internet 提供的服务 | 157 |
| 习题与思考题 | 160 |
| 第 7 章 内部网、外部网与虚拟专用网 | 161 |
| 7.1 内部网 | 161 |
| 7.2 外部网 | 167 |
| 7.3 虚拟专用网 VPN | 171 |
| 习题与思考题 | 179 |
| 第 8 章 网络规划、设计和实现 | 181 |
| 8.1 概述 | 181 |
| 8.2 Windows NT 的网络规划 | 187 |
| 8.3 Intranet 的设计与实现 | 192 |
| 8.4 网络应用实例 | 193 |
| 习题与思考题 | 204 |
| 第 9 章 电子商务 | 205 |
| 9.1 电子商务概述 | 205 |
| 9.2 电子商务的功能与应用特性 | 209 |
| 9.3 电子商务的体系结构 | 212 |
| 9.4 电子商务系统的框架结构与实现 | 219 |
| 9.5 电子商务安全 | 226 |
| 9.6 电子商务的设计实例 | 232 |
| 习题与思考题 | 237 |

第 1 章 计算机网络综述

近年来，计算机网络在现代信息社会中扮演着越来越重要的角色，它突破了距离和时间的限制，可以让人们轻轻松松地进行全球范围的电子信息通信。它就像是在计算机与计算机之间架起的一条条高速公路，使得各种信息在上面快速传递，这种信息高速公路网遍及世界各地，使得信息无所不在。它给人们提供了一种跨越民族、国家和地域的交际方式，已渗透到人类生活的各个领域。

1.1 什么是计算机网络

要给计算机网络下一个严格的定义是非常困难的，因为它的发展相当迅速，很难限定它的范围。计算机网络的发展基本上可以说是自由的，国外有关人士称它是一个没有国家、没有法律、没有警察、没有领袖的空间，有人称之为“赛柏空间 (cyberspace)”，即受计算机控制的空间。

在本节中，我们将通过计算机网络的演变与发展来了解什么是计算机网络。

1.1.1 计算机网络的起源

计算机网络出现的历史虽然不长，但发展很快，它随着计算机技术、通信技术和计算机网络应用的发展，经历了一个从简单到复杂、从小到大的演变过程。计算机网络的演变与发展可以归纳为四个阶段：第一个阶段是面向终端的计算机网络；第二个阶段是计算机-计算机的简单网络；第三个阶段是开放式标准化的、易于普及和应用的网络；第四个阶段是计算机网络的高速化发展阶段。

1946 年，世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国诞生时，计算机和通信之间并没有什么关系，更谈不上计算机网络。早期的计算机系统是庞大而高度集中的，且价格极其昂贵，所有的设备安装在单独的大房间中。开始时，一台计算机只能供一个用户使用。后来，为了使计算机这个昂贵的资源得到更多的有效使用，产生了批处理和分时技术。一台计算机虽然可同时为多个用户服务，但若不和数据通信相结合，分时系统所连接的多个终端都必须紧挨着中心计算机室，所有用户必须到集中在一起的终端室去上机。20 世纪 50 年代中期，美国半自动地面环境 (Semi-Automatic Ground Environment, SAGE)，防空系统开始进行计算机技术和通信技术相结合的尝试，将远距离的雷达和其他测量控制设备的信息通过通信线路汇集到一台 IBM 计算机里进行集中的处理和控制在。接着，许多系统都将地理上分散的多个终

端通过通信线路连接到一台中心计算机上，这些地理上分散的多个终端，称之为远程终端。这样一来，用户可以在自己办公室内的远程终端上键入程序，通过通信线路送入中心计算机，分时访问和使用其资源来进行处理和运算，处理和运算结果再通过通信线路送回到用户的终端上显示或打印出来。由此就出现了第一代的计算机网络，即面向终端的计算机网络。

第一代计算机网络实际上是以单个计算机为中心的远程联机系统。这样的系统中除了一台中心计算机外，其余的终端都不具备自主处理的功能。在面向终端的计算机网络系统中，主要存在的是终端和中心计算机间的通信，不存在各计算机间的资源共享或信息交流。虽然历史上也曾称它为计算机网络，但实际上，它只不过是一个多用户计算机系统。20 世纪 60 年代初期美国航空公司投入使用的飞机票预订系统 SABRE，是由一台中心计算机和全美范围内 2000 多个终端组成的远程联机飞机票预订系统，就是这种远程联机系统及其应用的一个代表。

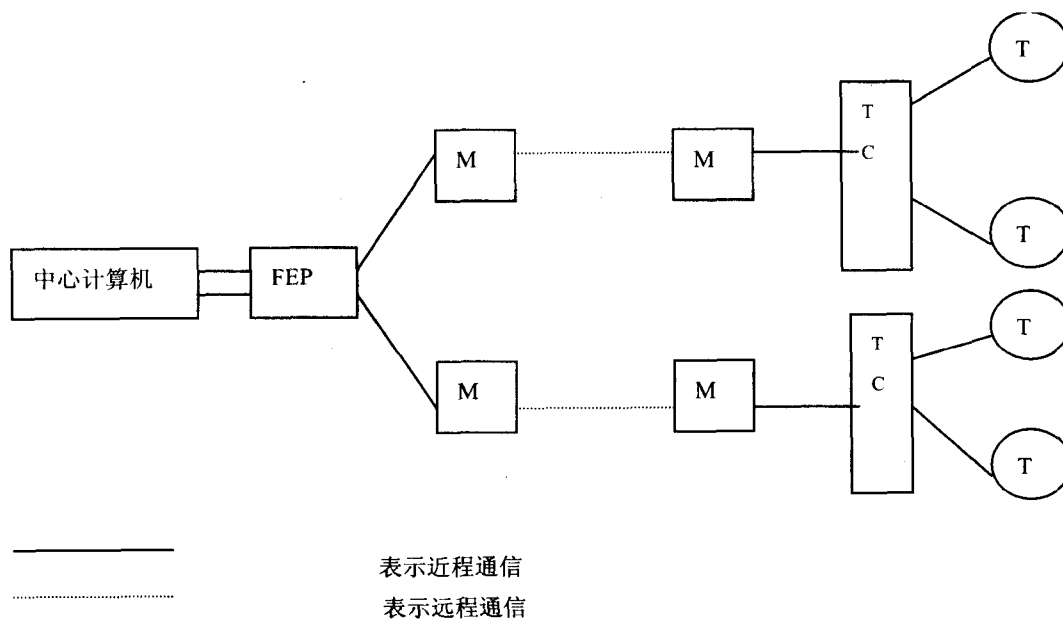


图 1-1 典型的远程联机系统的结构

在远程联机系统中，随着所连远程终端个数的增多，中心计算机要承担的与各远程终端间通信的任务也必然加重，这使得以处理数据为主要任务的中心计算机增加了许多额外的费用来支持远程通信，使得中心计算机实际工作效率下降。由此出现了数据处理的分工，即在中心计算机前面增设一个前端处理机（Front End Processor,）来完成通信的工作，而让中心计算机专门进行数据计算和数据处理，这样可显著地提高整个计算机的工作效率。但若每台远程终端都用了一条专用通信线路与中心计算机连接，则线路的利用率将很低，且随着终端个数的不断增多，线路费用将达到难以负担的程度。因而，后来通常在终端比较集中的地点设置终端控制器（Terminal Controller, TC）。它首先通过低速线路将附近各终端连接起来，再通过高速通信线路与远程中心计算机的前端机相连。它可利用一些终端的空闲时间来传送其他处于工作状态的终端的数据，这样提高了远程线路的利用率，降低了通信费用。

前端机和终端控制器也可以采用比较便宜的小型计算机或微型计算机。这样的远程联机系统已经具备了计算机和计算机间通信的雏形。

图 1-1 给出了典型的远程联机系统的结构。图中的 M 代表调制解调器 (Modem)，是利用模拟通信线路远程传输数字信号所必须附加的设备；T 代表终端 (Terminal)；TC 代表终端控制器；FEP 代表前端处理机。

1.1.2 计算机-计算机网络

第二代计算机网络是多台主计算机通过通信线路互连起来而为用户提供服务的，即计算机-计算机网络，它是 20 世纪 60 年代后期开始兴起的，它和以单台计算机为中心的远程联机系统的显著区别在于：这里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。这样的多台主计算机互连的网络才真正具备我们目前常称的计算机网络的特点和特征。

在这种计算机-计算机网络的系统中，终端和中心计算机间的通信已发展到计算机和计算机间的通信，单台中心计算机为所有用户需求服务的模式被大量分散而又互连在一起的多台主计算机共同完成的模式所替代。第二代计算机网络的典型代表是 ARPA 网 (ARPANet)。

ARPA 网是 60 年代后期美国国防部高级研究计划局 Defense Advanced Research Projects Agency，目前称为 DARPA，以前称为 ARPA) 提供经费给美国许多大学和公司，以促进多台主计算机互连网络的研究，并最终导致一个实验性的四节点网络。当初，ARPA 网只连结 4 台主机，从军事要求上它是置于美国国防部高级机密保护之下，从技术上它还不具备向外推广的条件。ARPA 网后来扩展到连接数百万台计算机，从欧洲到夏威夷，地理范围跨越了半个地球。目前我们有关计算机网络的许多知识都与 ARPA 网的研究结果有关。ARPA 网中提出的一些概念和术语至今仍被引用。

与 ARPA 网互连的运行用户应用程序的主计算机称为主机 (Host)。但主机之间并不是通过直接的通信线路，而是通过称为接口报文处理机 (Inter-face Message Processor, IMP) 的装置转接后互连的，如图 1-2 所示。

当某台主机上的用户要访问网络上异地另一台主机时，主机首先将信息送至本地直接与其相连的 IMP，通过通信线路沿着适当路径的 IMP，并送入与其直接相连的目标主机。例如，图 1-2 中主机 H2 上的某个用户要将信息送往主机 H1，则首先将该信息送至 IMP2，然后沿图中粗黑线指出的路径，中间经 IMP5 和 IMP4 转接，最终传送到目标 IMP1，再送入主机 H1。转接是这样进行的，IMP2 将主机 H2 送来的信息接收并存储起来，在 IMP2 和 IMP5 之间的通信线路空闲时，将其传送至 IMP5，IMP5 也是将该信息接收并存储起来，直至 IMP4 和 IMP5 之间的通信线路空闲时，再将它转发到 IMP4，……。这种方式类似于邮政信件的传送方式，称为存储转发 (store and forward)。就远程通信而言，目前通信线路仍然是个较昂贵的资源。采用存储转发方式的优点在于通信线路不为某对通信节点所独占，因而大大提高了通信线路的有效利用率。比如说，上述例子中，当从主机 H2 送往 H1 的信息仍在 IMP2 和 IMP4 间的通信线路上传输时，IMP3 和 IMP4 间的通信线路就可被由 H3 经 IMP3，IMP5 和 IMP4 送往 H5 的另外的信息传输所使用。而一旦从主机 H2 送往 H1 的信息已为 IMP5 接收并存储后，IMP2 和 IMP5 之间的通信线路又可为其他的，比如说 H4 和 H2 之间的信息传输服务。

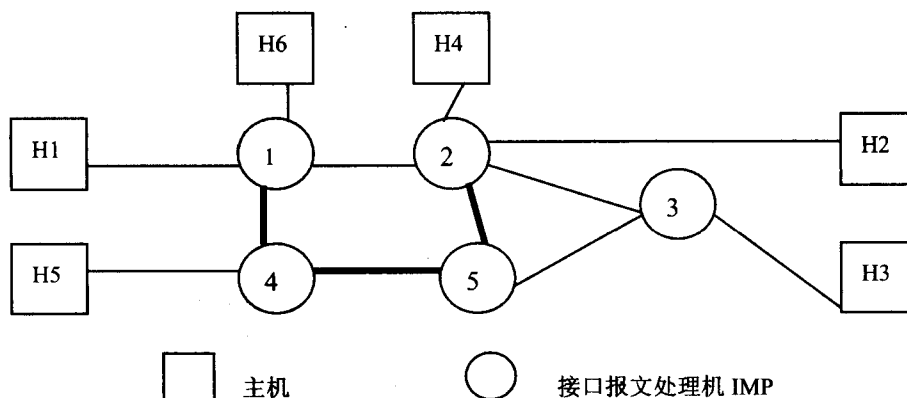


图 1-2 ARPANET 原理图

图 1-2 中 IMP 和它们之间互连的通信线路一起负责完成主机之间的数据通信任务，构成了通信子网 (communication subnet)。与通信子网互连的主机负责运行用户应用程序，向网络用户提供可供共享的软硬件资源，它们组成了资源子网。这是一种两级子网的结构。ARPANET 中存储转发的信息基本单位叫做分组 (packet)。以存储转发方式传输分组的通信子网则又被称作为分组交换网 (packet switching network)。IMP 是 ARPANET 中使用的术语，在其他网络或文献中也称为分组交换节点 (packet switch node)。IMP 或分组交换节点通常是由小型计算机或微型计算机组成的，为了和资源子网中的主机相区别，也被称作为节点机，或简称节点。

两台计算机通信时对传送信息内容的理解、信息表示形式以及各种情况下的应答信号都必须遵循一个共同的约定，此约定称为协议 (protocol)。在 ARPANET 中将协议按功能分成了若干层次。如何分层以及各层中具体采用的协议的总和，称为网络的体系结构 (architecture)。体系结构是个抽象的概念，其具体实现是通过特定的硬件和软件来完成的。

比较图 1-1 和图 1-2 可见，作为第一代计算机网络的远程联机系统和第二代计算机网络的差别之一是：前者以被各终端共享的单台计算机为中心；而后者以通信子网为中心，用户共享的资源子网则在通信子网的外围。

以 ARPANET 以及英国国家物理实验室 NPL 的分组交换网为先驱，在 70 年代第二代计算机网络得到了迅猛的发展。其中有些是试验性的网络，如 IBM 沃森研究中心、卡内基-梅隆大学和普林斯顿大学合作开发的 TSS 网以及加利福尼亚大学欧文分校研制的 DCS 网等；有些是个别用户为特定目的 (如资源共享) 而自行研制和使用的网络，如加利福尼亚大学劳伦斯原子能研究所建立的 DCTOPUS 网以及法国信息与自动化研究所负责发展的 CYCLADES 网等；有些是由用户联营为一定范围内应用而建立的网络，如国际气象监测网 (World Weather Watch Network, WWWN) 等；有些是公用分组交换数据网，如美国的 TELNET、加拿大的 DATAPAC 和欧共体的 EURONET 等；有些是商用的提供增值通信服务的网络，如美国 Tymshare 公司的 TYMNET 和通用电气公司的 GE 信息服务网等。在这段时期内，各大计算机公司都陆续推出自己的网络体系结构，以及实现这些网络体系结构的软硬件产品，IBM 公司的 SNA (System Network Architecture) 和原 DEC 公司的 DNA (Digital Network Architecture) 就是两个最著名的例子。凡是按 SNA 组建的网络都可称为 SNA 网，而凡是按 DNA 组建的

网络可称为 DNA 网或 DECNET。

但第二代计算机网络仍有不少弊病，适应不了信息社会日益发展的需要。其中最主要的缺点是，第二代计算机网络大都由研究单位、大学、应用部门或计算机公司各自研制，它们各自为政，因而没有统一的网络体系结构。若要实现更大范围内的信息交换与共享，把不同的第二代计算机网络互连起来是十分困难甚至是不可行的。比如说，只要增购一些网络产品把一台 IBM 公司的计算机接入一个 SNA 网是不困难的，但要把一台 HP 公司生产的计算机接入 SNA 网就不是一件容易的事情。同样，要把一台 IBM 公司生产的计算机接入 DECNET 也不容易，要把多种不同的计算机和网络互连在一起就更难了。因而，计算机网络必然要向更新的一代发展。

1.1.3 开放式标准化的网络

第三代计算机网络是开放式标准化的网络，它具有统一的网络体系结构、遵循国际标准化协议。标准化将使得不同的计算机能方便地互连在一起。标准化还将带来大规模生产、产品集成化和成本降低等一系列的好处。

20 世纪 70 年代后期人们开始认识到第二代计算机网络的问题。国际标准化组织 (International Standards Organization, ISO) 下属的计算机与信息处理标准化技术委员会 (Technical Committee) TC97 成立了一个专门研究此问题的分委员会 (Sub-Committee)。经过若干年卓有成效的工作，ISO 制定并在 1984 年正式颁布了一个称为开放系统互连基本参考模型 (Open System Interconnection Basic Reference Model, 简称 OSI/RM) 的国际标准 ISO7498。这里“开放系统”是相对于第二代计算机网络中如 SNA 和 DNA 等只能和同种计算机互连的每个厂商各自封闭的系统而言的，它是可以和任何其他系统（当然要遵循同样的国际标准）相互通信和开放的系统。该模型分为七个层次，有时也被称为 OSI 七层模型。OSI 模型目前已被国际社会所普遍接受，并被认为是计算机网络体系结构的基础。

20 世纪 80 年代中期，以 OSI 模型为参照，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，组成了一个庞大的 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，目前已被撤销，改组更名为 ITU-TSS (Telecommunication Standardization Sector, 译为电信标准化部)，或简称为 ITU-T。由 CCITT 制定的标准都称为建议 (recommendation)，虽然现在已没有 CCITT 了，但有些资料习惯上许多时候仍将其称为 CCITT 建议。在本书后面，凡是原 CCITT 时期制定并发布的建议，我们称为原 CCITT 建议。最著名的原 CCITT 建议是在公用数据网中广泛采用的 X.25、X.3、X.28、X.29 和 X.75 等五个建议。

遵循公开标准组建的网络通常都是开放的。遵守上述原 CCITT X 系列建议组建的公用分组交换数据网是开放式标准化网络的一个典型例子。许多国家都有自己的公用分组交换数据网，如美国的 TELENET、加拿大的 DATAPAC、法国的 TRANSPAC、德国的 DATEX-P、日本的 DDX-P 以及我国已于 1989 年开通并正式对外提供服务的 CHINAPAC 等。虽然这些网络内部的结构、采用的信道及设备不尽相同，但它们向外部用户提供的界面是相同的，互连的界面也是相同的，因而也易于互连与互通，使更大范围、更大规模的数据交换和共享成为可能。

另一个开放式标准化网络的著名例子就是因特网 (Internet, 也称国际互联网)，它是在

原 ARPANet 基础上经过改造而逐步发展起来的,它是对任何计算机开放的,只要遵循 TCP/IP 协议的标准,并申请到 IP 地址就都可以通过信道接入 Internet。这里 TCP 和 IP 是 Internet 所采用的一套协议中最核心的两个,分别称为传输控制协议(Transmission Control Protocol, TCP)和网际协议或互连网协议 IP(Internet Protocol, IP)。它们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,已成为事实上的国际标准。

1.1.4 计算机网络的高速化发展

近年来,随着信息高速公路计划的提出与实施,Internet 在地域、用户、功能和应用等多方面的不断拓展,以及 Internet 技术越来越广泛的应用,计算机的发展已进入了以网络为中心的新时代。现在,任何一台计算机都必须以某种形式连网,以共享信息或协同工作,否则就无法充分发挥其效能。

计算机网络本身的发展也进入了一个高速化发展的新阶段。当前计算机网络的发展在许多方面都是引人注目和令人惊叹的。

首先,是计算机网络向高速化、宽带化发展。早期以太网(Ethernet)的数据传输速率只有 10 Mbit/s,目前速率已达 100Mbit/s 的以太网已相当普及,而速率达 Gbit/s(即 1000Mbit/s)的产品亦已面世。从远距离的网络来看,早期如前所述按照原 CCITT X 建议组建的公用分组交换数据网的数据传输速率只有 64kbit/s,后来采用了帧中继(Frame Relay)技术已可提高至 2Mbit/s,近年来出现的异步传输模式 ATM(Asynchronous Transfer Mode)又可达到 155Mbit/s、622Mbit/s 甚至 2.5Gbit/s 的数据速率,更新的波分多路复用(Wave Division Multiplexing, WDM)技术已开始被应用,将可达到数十 Gbit/s,甚至更高的数据传输速率。

其次,计算机网络向多媒体方向发展。早期计算机网络中传输的主要是数字、文字和程序等数据,但随着应用的扩展,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,而且对延迟时间(实时性)、时间抖动(等时性)和服务质量等方面都提出了更高的要求。目前,电话、有线电视和数据等都有各自不同的网络,随着多媒体网络的建立和日趋成熟,电视网、通信网和计算机网络的三网融合甚至多网融合已成为一个重要的研究课题和发展方向。

在三网融合甚至多网融合的未来网络中,处于核心的是能传输各种多媒体信息的高速宽带主干网(Backbone),外连许多汇接点(Point Of Presence, POP)。端用户(User)可以通过电话线、电视电缆、无线信道等不同的传输媒体以及由各种形式技术组成的不同接入网(Access Network),由汇接点集中后连入主干网。由于因特网的巨大影响及成功运行,在整个网络中核心的协议将采用 Internet 的网际协议 IP,通过它把下面各种各样的通信子网络互连在一起,并向上支持多种多媒体应用。目前网络覆盖的地理范围不断扩大,向全球延伸,并逐步深入到每个单位、每个办公室以至于每个家庭。有人描述的未来通信和网络的目标是实现 5W 的个人通信,即任何人(whoever)在任何时间(whenever)、任何地方(wherever)都可以和任何一个其他人(whomever)通过网络进行通信,以传送任何信息(whatever)。

1.1.5 计算机网络的定义

通过对计算机网络的产生和发展过程的回顾,我们对什么是计算机网络的框架已经有一个比较全面的认识。概括来说,计算机网络是计算机技术、通信技术和网络技术相互渗透、

相互促进的产物。它是由通过通信手段将若干个各自具有自主功能的计算机相互连接在一起以进行信息交换、资源共享或协同工作的通信设施和计算机组成的复合系统。由此可见计算机网络有三个要素：其一是若干个各自具有自主功能的计算机；其二是通过通信手段相互连接；其三，计算机相互连接在一起的目的是进行信息交换、资源共享或协同工作。

从概念上，可以将计算机网络分为通信子网和终端计算机/终端智能设备两部分，如图 1-3 所示，其中 T 表示计算机/终端智能设备，智能设备是指具有自主信息处理能力的设备。通信子网负责终端计算机/终端智能设备之间的数据通信，即信息的传输。通信子网覆盖的地理范围可能只是一栋楼、一个房间，也可能是远距离的——覆盖一个城市，甚至全球。通信子网中除了包括传输信息的物理介质外，还包括网络适配器、中继器、路由器、交换机、网桥与网关等各种通信设备。通过通信子网相互连接在一起的终端计算机/终端智能设备则运行各种应用程序，对信息进行处理。终端计算机/终端智能设备是计算机网络中信息流动的源与宿，向网络用户提供可共享的硬件、软件和信息资源。

将计算机网络划分为通信子网和终端计算机两部分，使得这两部分可以被单独规划和管理，从而简化计算机网络的设计与运行。

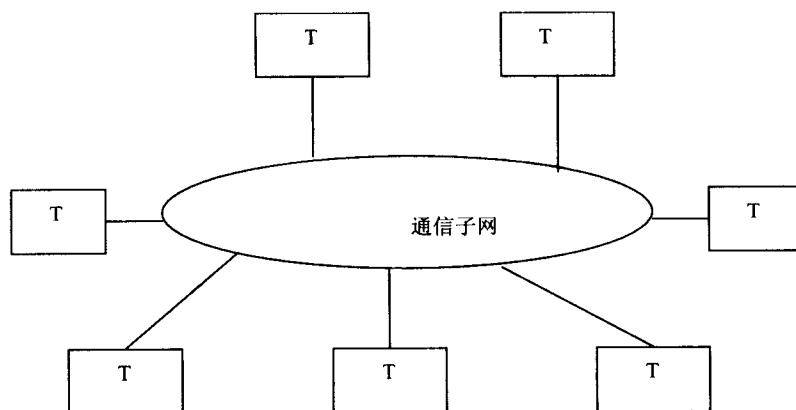


图 1-3 计算机网络的构成

1.2 计算机网络的功能

计算机网络的功能可归纳为信息交换、资源共享和协同工作等。这些功能本身也是相辅相成的，下面，我们将分别介绍。

计算机网络最早就是为了消除地理距离的限制、共享资源而发展起来的。在第一代面向终端的计算机网络中，多个终端（包括远程终端）通过通信线路共享中心计算机的 CPU 资源。在第二代计算机网络中，网络中的所有主机都可成为网络用户共享的资源。共享的资源可以是硬件，如具有高速处理能力的计算机、打印机、绘图仪及大容量的外部存储器等。共享的资源也可以是软件或数据，以避免软件的重复购买和数据的重叠存储，更有利于数据、信息资源的集中管理和共享。如通过 Internet 可以检索许多联机数据库，包括某图书馆的藏书目录、股票实时信息、新闻在线和电子期刊等。

计算机网络为分布在全球各地的网络用户提供了强有力的异地信息交换手段，它跨越民族、国家和地域的限制，使全球的人们能互相快速联系，这是任何一种传统通信方式都无法比拟的。通过计算机网络发送电子邮件(E-mail)和发布新闻消息已经得到了普遍的应用。电子邮件已经成为 Internet 上最重要的应用功能，电子邮件(E-mail)地址已成为许多人名片上的一项必备内容。电子邮件的使用方法就像我们平时收发信件一样，非常简便并且快捷。只要知道对方的 E-mail 地址，就可以很容易地将信发送给对方。接收信件也同样简单，在看到有邮件寄到的时候，可以很轻松地进行阅读。电子邮件最大的优点是，接收电子邮件不需要即时与 Internet 连接。它有点像留言电话，您可以在自己方便的时候处理记录下来的信息，这些信息存放在收件箱内，收件箱会自动接收发送来的邮件并保存它们。电子邮件的使用，大大地提高了工作效率，极大地缩短了过去靠信件来往所需的时间，大幅度地降低了异地人际通信的费用。

计算机支持下的协同工作 CSCW(Computer Supported Cooperative Work)是计算机网络的另一重要应用。计算机网络中的各个主机，在计算机网络操作系统的合理调度和管理下协同工作，完成靠单个计算机无法完成的大型复杂任务。

另外，计算机网络中拥有可替代的资源提高了整个系统的可靠性，并可安全地实现文档资料的备份。例如：计算机网络中某台计算机的文件被偶然破坏掉后，在计算机网络中的其他计算机中仍可找到该文件的备份供使用。又如，计算机网络中某台计算机失效了，但计算机网络中的其他计算机可承担起它的处理任务，从而保证系统不会崩溃，这对于银行、证券和通信等可靠性要求极高的实时系统是至关重要的。

1.3 计算机网络的应用

由于计算机网络具有上述如此巨大的功能，使得其在文化教育、科学研究、工厂企业、商业、国防、交通运输及通信等各个领域得到越来越广泛的应用，并为这些领域带来巨大的工作效率和经济利益。

工厂企业可利用计算机网络来实现生产过程的实时监控、过程控制、企业管理和辅助决策；交通运输可利用计算机网络来实现道路、交通的实时监控、运行管理和车辆调度；通信部门可利用计算机网络提供世界范围内的快速而廉价的电子邮件、传真和 IP 电话服务，并利用计算机网络来实现通信设备的实时监控、电信网络管理和用户管理；教育科研部门可利用计算机网络来实现情报检索、计算机辅助教育和计算机辅助设计、科技协助及远程教育；政府机构可利用计算机网络来实现普查、统计、政府决策/文件发布及社区服务等；国防系统可利用计算机网络对信息/数据进行快速而准确的分析和预测，并利用计算机网络来实现战争或军事演习的实时监控、跟踪和协同指挥；商业服务系统可利用计算机网络来实现制造商、商店、银行和顾客间的自动电子销售转账服务或广泛意义下的电子商务，并利用计算机网络来实现物流管理和控制。

计算机网络的这些广泛的应用，已为这些领域带来巨大的经济效益和社会效益。例如铁路运输部门几乎在全国各地都实现了联网售票，各售票点都能实时了解各车次的订票状况，可以实现异地订票而不致于发生冲突，这大大地方便了人们的出游和远行，同时也极大地提

高了铁路运输部门的市场竞争能力。铁路运输部门还可以通过计算机网络及时了解客流、计算盈亏、掌握营业情况以调整车次的增减及调整各车次的车厢个数。又如政府上网，一方面民众可以通过计算机网络及时了解政府的政务信息、政策法规和规章制度；另一方面政府可以通过计算机网络及时了解民众的反馈意见。

“电子商务”最近几年逐渐成为计算机网络的应用热点，在各种媒体和 IT 行业的积极推动下，政府、企业、银行、个人也越来越多地卷入其中。电子商务英文为 e-business 或 e-commerce，虽然严格的区分还没有出现，但是实际上 e-business 与 e-commerce 还是有些区别的，e-commerce 侧重商务活动中的交易或贸易行为，e-business 含义更广泛，包括商务活动的各个方面。电子商务是随着因特网的快速发展而发展起来的，并出现了一些成功的案例，例如 Amazon 网上书店、安全第一网络银行等。虽然电子商务的概念近几年在国内外才逐渐被人们所熟悉，但是它的发展并不是这些年才开始的，实际上电子数据交换 (EDI)、电子定单系统 (EOS)、电子资金转移 (EFT)、电话银行和网上炒股等都属于电子商务的范畴，并且已经运作得很好。

现在，计算机网络正在以我们无法预测的速度飞速地发展着，它总有更多的空间容纳更多的用户，计算机网络雄厚的技术基础也使它能几乎永无穷尽地扩充和发展，相信会有许多新的用户走到计算机网络中来，因此，网上的资源和应用必会日新月异。

1.4 网络通信技术概述

计算机网络是计算机技术、通信技术和网络技术相互渗透、相互促进的产物。网络通信技术是计算机技术、通信技术密切结合而形成的较新、较前沿的技术领域，它不但是计算机领域发展的主流技术之一，也是通信技术的一个重要应用部分。由于网络通信技术所涉及的技术范畴比较广泛，本教材的内容和组织结构尽可能从先进性、系统性和实用性的角度出发，在侧重于系统性和实用性的同时，及时地反映出计算机网络通信技术领域的最新进展。

为了更好地帮助我们系统地理解计算机通信技术，我们可以把运行在网络上的协议、网络操作系统和网络管理软件看作计算机网络的“大脑”，而网络上传输的数据则看作计算机网络的“血液”，传输介质则可看作计算机网络的“血管”，它遍布整个计算机网络。

在构造计算机网络时，我们首先遇到的问题就是“血液”怎样在“血管”中传输。因此，我们在第 2 章中，首先介绍信息在计算机和计算机网络中是如何表达、编码和组织的，并介绍了奇偶校验码、恒比码、群计数、海明码和循环冗余检验码 (CRC 码) 等几种最为常用的纠错编码方法和纠错码；在数据传输一节中，我们对并行传输与串行传输、数据传输的同步及通信方式等最基本的数据传输技术进行了简要介绍；然后，我们对计算机网络的“血管”——传输介质进行了分类和介绍；最后，介绍了在交换网中常用的三种交换技术：电路交换、报文交换和分组交换 (又称为包交换)。从而使大家对数据通信技术有一个框架式的掌握和了解，以有助于在今后的实际工作中，在构造计算机网络的基础通信环境时，合理而有效地选择传输介质和技术。

网络上的协议、网络操作系统和网络管理软件是计算机网络的“大脑”，它们控制和管理着计算机网络的运行。另外，计算机网络中各节点的互连方法和方式也是构造计算机网络时

所要考虑的问题，我们称之为网络的拓扑结构。

计算机网络中不同系统的两实体间只有在能通信的基础上，才有可能相互交换信息、共享网络资源。一般来说，实体是能发送和接收信息的任何东西。可以指用户应用程序、文件传送包、数据库管理系统、电子邮件设备和终端等。两实体间若要能通信，就必须能够相互理解，共同遵守有关实体的某种互相都能接受的规则。我们把这些规则的集合，称为协议。因此协议可被定义为两实体间控制数据交换的规则集合。简单说，协议就是通信双方的约定。为简化问题、减少协议设计的复杂性，计算机网络的体系结构按层或级的方式来组织。如何分层，以及各层中具体采用的协议的总和，称为网络的体系结构（architecture）。也就是说，在计算机网络的体系结构中，协议也是分层次的。

为了使现有的计算机入网方便，更为了实现异构机和异构网的网际互连，以达到信息交换、资源共享和协同工作的目的，推动计算机网络向更统一、更大规模、更高阶段发展，需要对计算机网络的体系结构实现标准化，为此国际标准化组织 ISO 制定了标准化开放式的计算机网络层次结构模型 OSI。OSI 由物理层、数据链路层、网络层、运输层、会话层、表示层和应用层等从下到上的七个层次构成。体系结构是个抽象的概念，其具体实现是通过特定的硬件和软件来完成的。

在第 3 章中，首先介绍计算机网络的拓扑结构，即计算机网络中各节点的互连方法和方式，给出三种标准的拓扑结构及其变种；然后，对计算机网络的协议分层和标准化开放式的计算机网络层次结构模型 OSI 进行了分层介绍，并介绍了实现各层功能的关键技术；在层间服务一节中，我们对实现层间服务的原语、原语的功能及原语间的关系进行了详述；最后，描述了目前应用最为广泛的 Internet 协议参考模型。

网络设备与网络通信介质共同构成计算机网络的硬件基础设施。第 4 章根据标准化开放式的计算机网络层次结构模型 OSI 的七个层次对网络设备进行了归纳和分类。并分别介绍网络适配器、网络收发器与网络转换设备、中继器、路由器、交换机、网桥与网关等常用的重要网络设备的工作原理、产品特性、使用方法及选择原则。

网络操作系统和网络管理软件是控制和管理计算机网络运行的重要组成部分。一个计算机网络系统建成并投入运行以后，人们总是期望它安全可靠、稳定和高效地运行。因此，保持计算机网络系统的正常运行，使之有效地服务于人们就必须对建成后的计算机网络系统进行良好的操作和有效的管理。网络操作系统是网络和网络用户之间的接口，它除了支持一般操作系统的功能外，还要根据相应的计算机网络的体系结构实现各层协议软件，用以支持数据传输功能、各种网络服务和网络管理功能。国际标准化组织（ISO）在制定网络管理标准体系中定义了网络管理的性能管理、故障管理、安全管理、计费管理和配置管理等五个管理功能域。第 5 章首先对 UNIX、NetWare 和 Windows NT 这三个目前最流行的、用户增长速度最快、应用最广泛的网络操作系统的基本组成、相关技术和操作应用进行了详细介绍。然后，详细论述了网络管理系统的五个管理功能域、网络管理流程及网络管理工具软件。

Internet 是由位于世界各地的成千上万的计算机相互连接在一起形成的可以相互通信的计算机网络系统，是全球最大的、最有影响的计算机信息资源网。它就像是在计算机与计算机之间架起的一条条高速公路，各种信息在上面快速传递，这种高速公路网遍及世界各地，形成了像蜘蛛网一样的网状结构，使得信息无所不在。Internet 也是面向全球开放的信息资源网络，它给人们提供了一种跨越民族、国家和地域的交际方式，已渗透到人类生活的各个领

域。

建立在 TCP/IP 标准协议基础上的 Internet, 能把遍布全世界的各种型号计算机有效地连接起来, 它最初仅局限于学术交流, 在网上进行文件传输、电子邮件、远程上机以及电子公告和新闻发布等, 后来又发展到信息资源的共享和电子出版。各种分散的多媒体信息, 只要按标准的 HTML 格式组织, 都可通过 Web 网连接起来, 用户只需要借助单一的浏览工具, 在相应的主页上, 查找到所需的各种信息资源, 而不用关心它们究竟存放在什么地方或哪台机器上。这场新的 Internet 革命, 冲击着人们生活的每一个环节, 从此以后, 人类将无法离开网络, 计算机应用进入了以网络为中心的新时代。

通过第 6 章的学习, 你将了解和掌握 Internet 的通信协议与关键技术、Internet 提供的服务及其应用。

Internet 革命同样也冲击着企业的计算机应用, 人们发现 TCP/IP、HTML 和 Web 等技术, 也可以用于企业内部信息网的建设, 如这几年兴起的 Intranet。由于采用了 Internet 上早已流行和成熟的标准技术, 使得企业内涉及多种平台的网络应用开发变得十分简便, 人们不必再拘泥于传统的客户/服务器开发技术。况且用户端现在只需要一个统一的浏览器软件即可, 使开发投资和培训费用都大大降低。因此, 这几年它的推广速率比 Internet 有过之无不及, 现在全世界几乎 80% 的 Web 服务器, 都与企业内部网 Intranet 应用有关, 可以说 Intranet 已成为当前企业计算机网络应用的最新热点。

Intranet 按字面直译, 就是“内部网”的意思, 为与 Internet 对应, 也有人翻译成“内联网”, 表示这是一组在特定机构范围内使用的互联网络, 这个机构的范围, 可大到一个跨国企业集团, 小到一个部门或小组, 它们在地理位置上也不一定是集中的或只限定在一定地域内, 所谓“内部”, 只是针对这个机构职能而言的一个逻辑概念。

Intranet 通常是指一组沿用标准 Internet 协议 (如 TCP/IP 和 HTTP 等) 的内部网络, 它采用客户/服务器结构, 服务器一端是一组 Web 服务器, 用来存放可在内部网上共享的信息 (以 HTML 标准格式存放) 和应用, 客户端则是装备浏览器的微机工作站。使用时, 用户通过浏览器, 以 HTTP 协议提出存取请求, Web 服务器将结果回送到原始客户, 并显示出来。

在一个典型的 Intranet 应用中, 内部网上常可包含多个 Web 服务器, 有些大型国际企业集团的内部网, 常会有多到数百个 Web 服务器和数千个客户站。这些服务器有的是关系企业全局的信息和应用, 有的则是仅跟某一部门相关, 这种分布分散的组织方式, 不仅有利于降低问题的复杂度, 也更便于今后开发和日后的维护管理。

由于内部网采用标准的 Internet 协议, 所以有些本属内部使用的 Web, 也很容易根据应用需要, 随时方便地发布到公共的 Internet 上, 例如一个快递公司, 把原属内部跟踪邮件使用的应用系统, 扩展到 Internet 网上, 就为客户提供了一项新的网上自动查询服务, 不仅大大方便了客户, 也减少了客户查询部工作, 显著节省了内部开销。

当各企业认识到 Internet 可以起到既便宜又方便地取代公司已建的广域网的作用时, Intranet 就应运而生。它使远地的用户通过 Internet 链路合法访问存储在总公司服务器中有分级限制的公司信息。这种 Internet 的功能现在又提升到新高度, 一家公司的职员被赋予特权, 可以访问另一家公司的信息库, 这就是外部网 (Extranet)。

Extranet 已成为各公司为外部合作伙伴开放其 Intranet 的一种方法。建立在开放的、公共的 Internet 标准上的 Intranet, 能使各单位快速使用内部应用程序, 而无须采用高成本的专线