

# 计算机网络 基础教程

张立云 邵武军 张红雨 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

# 计算机网络基础教程

张立云 邵武军 张红雨 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书根据作者长期从事计算机网络设计、建设与教学的经验,讲述了计算机网络的基本知识、工作原理和基本技术。全书共分8章,主要内容包括:计算机网络基本概念、网络中的数据通信基础、计算机网络协议、计算机网络体系结构及OSI参考模型、局域网与广域网的基本概念和技术、计算机网络互连的基本原理和方法、网间互联协议TCP/IP、全球最大的互联网Internet的基本知识及其应用和各类常用网络操作系统的功能及配置等。书中重点讲解了计算机网络的基本知识并着重介绍了局域网技术(包括:传统局域网、交换式局域网以及近几年发展的最新局域网技术)和网络互连的基本概念、基本原理、路径选择、网络互连设备及其协议(TCP/IP协议簇)。为了加深对本书内容的理解,在本书每一章的开头有本章内容的简单介绍,在每章的结尾有本章内容的小结,并附有习题。

本书内容丰富、全面、实用,取材新颖,既重视基本概念和基本原理的阐述,又力求反映计算机网络的最新发展。本书内容结合实际,书中列举了大量实际的网络案例,使读者既学习了计算机网络的基本知识,也能学到一些设计、组建计算机网络的实际本领,对实际工作有一定的指导意义。本书可作为高校高等继续教育计算机专业或其他相关专业的计算机网络课教材,也可以作为从事计算机网络工作的广大科技人员及有关高等院校师生的学习参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,翻版必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算机网络基础教程/张立云等编著. - 北京:电子工业出版社,2000.8

ISBN 7-5053-5881-2

I. 计… II. 张… III. 计算机网络 IV. TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第04308号

书 名: 计算机网络基础教程

编 著 者: 张立云 邵武军 张红雨

责任编辑: 陈晓明

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京民族印刷厂

装 订 者: 三河市双峰装订厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张:15.5 字数:396千字

版 次: 2000年8月第1版 2000年8月第1次印刷

书 号: ISBN 7-5053-5881-2  
G·541

印 数: 8000册 定价: 19.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换;

若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

5720/04

## 前 言

计算机网络是计算机技术和通信技术紧密结合的产物。从它诞生到现在仅有 30 多年的历史,其网络技术的发展令人瞩目,从 20 世纪 70 年代开始建立的远程网,80 年代迅速兴起的局域网,到 90 年代先进的、能够提供足够带宽的交换式网络技术的产生、普及与应用,以及 ATM、千兆以太网、全光网等高速网络技术的诞生与发展;从仅有 4 个节点的远程网到覆盖全国乃至全世界的大型互联网。计算机网络的发展速度比迅速发展的、早已司空见惯的电话、传真及电视等通信技术还要快。在我国,计算机网络也正在迅猛地发展。据 CNNIC1999 年的统计,在短短的 6 年中,我国连入全世界规模最大、覆盖范围最广的国际互联网 Internet 的计算机数已达 146 万台,上网人数已有 400 万人,建立的网站已接近 1 万个。计算机网络已广泛应用于科研、教育、军事、医疗卫生、管理、生产、商业、社会服务、文化娱乐、体育甚至家庭生活等各个领域。计算机网络正在从根本上改变着人类的工作方式、生活方式和思维方式。现在计算机网络已成为现代信息社会不可缺少的、重要的基础设施和衡量一个国家综合国力的重要标志。专家们预言 21 世纪将是信息化、网络化的新世纪。

计算机网络技术不仅复杂,而且发展十分神速,新知识、新技术、新标准、新产品不断涌现,令人目不暇接。为使我国尽快实现信息化、网络化,赶上发达国家,培养一批既有计算机网络理论知识又熟悉计算机网络最新技术,而且具有实际工作能力的计算机网络技术人员是当务之急,为此我们编写了这本教材。本书紧密结合计算机网络新技术的发展,力求内容最新,涵盖面全,理论结合实际,学了就能用。

本书的作者们都亲自参加中国教育科研网 CERNET、中关村地区教育科研示范网 NCFC 和北京大学校园网等重大网络工程建设及计算机网络课程的教授。作者们为广大的计算机专业的学生和教员、计算机网络技术人员以及从事各种行业的工作人员提供了一本从理论到实践,全面、系统地讲解计算机网络的教材,从书中读者能系统地了解局域网、广域网和网络互连的最新技术。

全书共分 8 章,书中讲解了计算机网络的基本概念和基本原理,介绍了最新局域网技术、广域网技术、网络互连技术、著名的网间互联协议 TCP/IP,并具体介绍了国际互联网 Internet。在本书的最后一章还以 Windows NT、Windows 95 和 Unix 等网络操作系统为例,说明了安装和配置网络的具体操作。

第 1 章和第 4、5 章由张立云编写,第 2、3 章和第 8 章由邵武军编写,第 6 章和第 7 章的第 3~4 小节由张红雨编写,第 7 章其余部分由滕小玲编写。本书在编写过程中得到许多同事和朋友的关心与帮助,在此深表谢意。

由于时间仓促和水平所限,书中难免有遗漏之处,敬请专家和读者指正。

编 者

2000 年 2 月于北京大学

# 目 录

<b>第 1 章 计算机网络概论</b> .....	(1)
1.1 计算机网络的定义与基本组成 .....	(1)
1.1.1 计算机网络的定义 .....	(1)
1.1.2 计算机网络的基本组成 .....	(2)
1.2 计算机网络的产生与发展 .....	(3)
1.2.1 面向终端的计算机通信网络 .....	(4)
1.2.2 以共享资源为目的的计算机网络 .....	(5)
1.2.3 广域网(WAN)的发展 .....	(6)
1.2.4 个人计算机与局域网(LAN) .....	(7)
1.2.5 标准化网络 .....	(7)
1.2.6 互联网 .....	(7)
1.3 计算机网络的功能与应用 .....	(8)
1.3.1 计算机网络的功能 .....	(8)
1.3.2 计算机网络的应用 .....	(9)
1.4 计算机网络的拓扑结构 .....	(9)
1.4.1 总线型结构 .....	(10)
1.4.2 环型结构 .....	(10)
1.4.3 星型结构 .....	(11)
1.4.4 树型结构 .....	(11)
1.4.5 网状结构 .....	(11)
1.4.6 混合型结构 .....	(12)
1.5 计算机网络的分类 .....	(12)
1.5.1 按网络覆盖的地理范围分类 .....	(13)
1.5.2 按网络的拓扑结构分类 .....	(14)
1.5.3 按网络协议分类 .....	(14)
1.5.4 按使用的传输介质分类 .....	(14)
1.5.5 按使用的网络操作系统分类 .....	(14)
1.5.6 按传输技术分类 .....	(14)
小结 .....	(15)
习题 .....	(15)
<b>第 2 章 计算机网络体系结构与协议</b> .....	(16)
2.1 网络体系结构中的几个概念 .....	(16)
2.1.1 协议 .....	(16)
2.1.2 协议分层 .....	(17)
2.1.3 其他相关概念 .....	(19)
2.2 OSI 参考模型 .....	(21)
2.2.1 OSI 参考模型概述 .....	(21)

2.2.2	物理层	(22)
2.2.3	数据链路层	(23)
2.2.4	网络层	(24)
2.2.5	传输层	(25)
2.2.6	会话层,表示层和应用层	(25)
2.2.7	OSI 参考模型中的数据传输	(26)
2.3	TCP/IP 参考模型	(27)
2.3.1	网络接口层	(28)
2.3.2	互连层	(28)
2.3.3	传输层	(28)
2.3.4	应用层	(29)
2.4	OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型比较	(29)
2.4.1	OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的对照关系	(29)
2.4.2	OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型比较	(30)
	小结	(30)
	习题	(31)
<b>第 3 章</b>	<b>数据通信基础</b>	<b>(33)</b>
3.1	数据通信的基本概念	(33)
3.1.1	通信系统和数据通信系统	(33)
3.1.2	信道与信道最大传输速率	(35)
3.1.3	数据通信方式	(39)
3.1.4	数据通信的主要技术指标	(41)
3.2	传输介质	(43)
3.2.1	双绞线	(43)
3.2.2	同轴电缆	(43)
3.2.3	光缆	(44)
3.2.4	无线传输介质	(45)
3.2.5	几种传输介质的比较	(46)
3.3	数据传输技术	(47)
3.3.1	数据编码技术	(47)
3.3.2	本地回路	(51)
3.3.3	多路复用技术	(55)
3.3.4	交换技术	(60)
3.3.5	几种数据通信服务	(63)
	小结	(67)
	习题	(67)
<b>第 4 章</b>	<b>局域网技术</b>	<b>(69)</b>
4.1	局域网概述	(69)
4.1.1	局域网的产生和发展	(69)
4.1.2	局域网的特点	(70)
4.1.3	局域网的基本组成	(71)
4.2	局域网体系结构与 IEEE802 标准	(77)
4.2.1	局域网参考模型	(78)
4.2.2	IEEE802 局域网标准	(79)

4.2.3	CSMA/CD .....	(82)
4.2.4	令牌环(Token Ring) .....	(83)
4.3	以太网(Ethernet) .....	(84)
4.3.1	以太网的技术特性 .....	(85)
4.3.2	IEEE802.3以太网的体系结构 .....	(86)
4.3.3	10Mb/s以太网 .....	(87)
4.4	快速以太网(Fast Ethernet) .....	(93)
4.4.1	IEEE802.3u快速以太网 .....	(93)
4.4.2	100VG-AnyLAN .....	(96)
4.5	光纤分布式数据接口(FDDI) .....	(96)
4.5.1	FDDI的双环结构 .....	(96)
4.5.2	FDDI标准 .....	(97)
4.5.3	FDDI的站点及其物理连接 .....	(99)
4.6	交换式以太网(Switching Ethernet) .....	(99)
4.6.1	交换式局域网的特点 .....	(100)
4.6.2	局域网交换机(LAN Switch) .....	(101)
4.6.3	虚拟网(VLAN) .....	(101)
4.6.4	快速交换以太网应用实例 .....	(103)
4.7	千兆以太网(Gigabit Ethernet) .....	(104)
4.7.1	千兆以太网的技术特点 .....	(104)
4.7.2	IEEE802.3z千兆以太网标准 .....	(105)
4.7.3	IEEE802.3ab千兆以太网标准 .....	(106)
4.7.4	千兆以太网应用实例 .....	(106)
4.8	异步传输模式(ATM) .....	(106)
4.8.1	ATM的特点 .....	(107)
4.8.2	ATM的基本技术 .....	(107)
4.8.3	ATM的体系结构 .....	(109)
4.8.4	局域网仿真(LANE) .....	(110)
小结	.....	(114)
习题	.....	(114)
<b>第5章</b>	<b>网络互连</b> .....	<b>(116)</b>
5.1	计算机网络互连概述 .....	(116)
5.1.1	计算机网络互连的型式 .....	(116)
5.1.2	网络互连的基本要求 .....	(118)
5.2	网络互连设备 .....	(119)
5.2.1	中继器(Repeater) .....	(119)
5.2.2	网桥(Bridge) .....	(121)
5.2.3	路由器(Router) .....	(124)
5.2.4	网关(Gateway) .....	(127)
5.3	路由选择算法与路由协议 .....	(128)
5.3.1	路由选择算法 .....	(129)
5.3.2	路由协议(Routing Protocol) .....	(130)
5.4	广域网技术 .....	(133)
5.4.1	广域网参考模型 .....	(133)

5.4.2	广域网的标准协议	(133)
5.4.3	广域网连接方法	(135)
小结		(142)
习题		(143)
<b>第6章</b>	<b>网络互联协议 TCP/IP</b>	<b>(144)</b>
6.1	简介	(144)
6.2	Internet 地址	(146)
6.2.1	IP 地址的分类和表示	(146)
6.2.2	子网和掩码	(147)
6.2.3	特殊的 IP 地址	(148)
6.3	地址解析协议/反向地址解析协议	(150)
6.3.1	地址解析协议(ARP)	(150)
6.3.2	反向地址解析协议(RARP)	(151)
6.4	网间互连协议 IP	(152)
6.4.1	IP 数据包的格式	(152)
6.4.2	IP 数据包的转发过程	(155)
6.4.3	IP 路由表	(156)
6.4.4	IP 数据包的封装、分段与重组	(159)
6.5	Internet 的控制数据包协议 ICMP	(160)
6.5.1	简介	(160)
6.5.2	ICMP 协议	(161)
6.5.3	ICMP 数据包的传输	(162)
6.6	UDP 协议	(163)
6.6.1	协议端口	(164)
6.6.2	UDP 数据包的格式	(164)
6.6.3	伪包头与校验和	(164)
6.7	TCP 协议	(165)
6.7.1	TCP 协议功能概述	(165)
6.7.2	TCP 连接管理	(166)
6.7.3	端口、连接和套接字	(168)
6.7.4	TCP 数据包格式	(170)
6.7.5	TCP 传输中的流量控制	(172)
6.7.6	TCP 协议有限状态机	(173)
小结		(175)
习题		(175)
<b>第7章</b>	<b>Internet 及应用</b>	<b>(177)</b>
7.1	Internet 概述	(177)
7.1.1	什么是 Internet	(177)
7.1.2	Internet 的产生与发展	(178)
7.1.3	Internet 在中国的发展	(179)
7.1.4	Internet 的管理	(180)
7.1.5	Internet 的主要功能	(181)
7.2	Internet 上的信息服务	(183)
7.2.1	客户/服务器模式	(183)



7.2.2	DNS 域名服务 .....	(184)
7.2.3	文件传输 FTP .....	(187)
7.2.4	远程登录 Telnet .....	(188)
7.2.5	电子邮件 Email .....	(189)
7.2.6	网络新闻 USENET .....	(193)
7.2.7	电子公告牌 BBS .....	(195)
7.2.8	万维网 WWW .....	(196)
7.3	Internet 网络管理及简单网管协议 SNMP .....	(201)
7.3.1	什么是网络管理 .....	(201)
7.3.2	Internet 网管的体系结构模型 .....	(202)
7.3.3	网络管理信息的集合 MIB .....	(204)
7.3.4	管理信息的结构 SMI 及 ASN.1 表达方式 .....	(206)
7.3.5	简单网络管理协议 SNMP .....	(206)
7.4	Internet 网络安全和防火墙 .....	(208)
7.4.1	什么是 Internet 安全 .....	(208)
7.4.2	信息加密原理 .....	(209)
7.4.3	应用网关与代理服务器 .....	(211)
7.4.4	典型的 Internet 防火墙 .....	(213)
	小结 .....	(214)
	习题 .....	(214)
<b>第 8 章</b>	<b>网络实践 .....</b>	<b>(216)</b>
8.1	Windows NT .....	(216)
8.1.1	Windows NT 简介 .....	(216)
8.1.2	Windows NT 的网络安装和配置 .....	(218)
8.2	Windows 95 与 Windows 98 .....	(221)
8.2.1	实验简介 .....	(221)
8.2.2	安装与配置网卡 .....	(221)
8.2.3	安装与配置 TCP/IP 软件 .....	(223)
8.2.4	安装与配置拨号上网软件 .....	(224)
8.3	UNIX 网络配置 .....	(228)
8.3.1	实验简介 .....	(228)
8.3.2	基本网络配置 .....	(228)
8.3.3	故障诊断 .....	(232)
8.3.4	高级网络管理 .....	(233)
	小结 .....	(236)
	<b>主要参考文献 .....</b>	<b>(237)</b>

# 第 1 章 计算机网络概论

计算机网络是利用通信线路和通信设备，把地理上分散的、并具有独立功能的多个计算机系统互相连接，按照网络协议进行数据通信，由功能完善的网络软件，实现资源共享的计算机系统的集合。它是计算机技术与通信技术相结合的产物。

计算机网络是 20 世纪最伟大的科技成就之一。它的出现给整个世界的各行各业，特别是通信事业带来了崭新的面貌，促进了经济腾飞，促进了整个社会的发展，根本改变了人们的工作与生活方式，改变了人们的思想意识和思维方法。通过计算机网络，人们可以在任何时间、任何地点、以任何方式进行自己的工作、科学研究、学习、娱乐和相互交流。现在计算机网络与 Internet 已成为信息革命、信息技术的代名词。

计算机网络让地球变小了，使世界变成了一个大家庭。人们在交流信息时没有了距离的概念，访问远程资源，就像访问本地资源一样，可以不受时间与地理空间的限制。

近半个世纪，人们已清楚地看到，信息作为客观世界三大基本要素之一，显得越来越重要。在信息社会里，信息甚至比物质和能源更重要。而信息的收集、生产、传递、存储、检索和使用都离不开计算机网络。网络是一个国家综合实力的重要标志之一。为此，许多国家都提出了建立“信息高速公路”的计划，并把它作为基本国策。计算机网络将无处不在，它正在成为信息化社会的基础。没有计算机网络就不会有信息社会，21 世纪将是网络世纪。

本章主要介绍计算机网络的基本概念，主要内容包括：什么是计算机网络、计算机网络的产生与发展、计算机网络的基本组成、计算机网络的逻辑结构、计算机网络的拓扑结构和计算机网络的分类以及计算机网络的功能与应用等有关计算机网络的基础知识，读者通过本章的学习能够对计算机网络有一个基本概念，为全书的学习打下良好的基础。

## 1.1 计算机网络的定义与基本组成

什么是计算机网络和怎么组建计算机网络，计算机网络有哪几个基本组成部分是本章首先要讲述的问题。

### 1.1.1 计算机网络的定义

简单地说，把若干“元件”连接在一起，便构成一个网络。被连接的“元件”不同，所构成的网络也不同。例如：连接电话交换机就构成电话交换网络，连接发电系统就构成输电、配电网络等等。“网络”主要包含连接对象（即元件）、连接介质、连接的控制机制（如约定、协议、软件）和连接的方式与结构四个方面。本书定界在计算机网络。

计算机网络连接的对象是各种类型的计算机（如：大型计算机、工作站、微型计算机等）或其他数据终端设备（如：各种计算机外部设备、终端服务器等）。计算机网络的连接

介质是通信线路（如：光缆、同轴电缆、双绞线、微波、卫星等）和通信设备（各种类型的网络设备、Modem 等），其控制机制是各层的网络协议和各类网络软件。所以计算机网络是利用通信线路和通信设备，把地理上分散的、并具有独立功能的多个计算机系统互相连接，按照网络协议进行数据通信，由功能完善的网络软件，实现资源共享的计算机系统的集合。它是指以实现远程通信和资源共享为目的，大量分散但又互联的计算机的集合。互联的含义是两台计算机能互相通信。

1970 年美国信息学会对计算机网络的定义是计算机网络是把地理位置上分散的以能够相互共享资源（硬件，软件，信息）的方式而连接起来，并且各自具有独立功能的计算机系统之集合。

总之，计算机网络的本质是把两台以上具有独立功能的计算机互联起来，以达到资源共享和远程通信的目的。从用户的角度看，计算机网络是一个透明的数据传输机构。

### 1.1.2 计算机网络的基本组成

计算机网络是一个非常复杂的系统。网络的组成，根据应用范围、目的、规模、结构以及采用的技术不同而不尽相同。但计算机网络都必须包括硬件和软件两大部分，网络硬件提供的是数据处理、数据传输和通信通道的物质基础，而网络软件是真正控制数据通信的，软件的各种网络功能须依赖于硬件去完成，二者缺一不可。

计算机网络的基本组成主要包括如下四部分，常称为计算机网络四大要素。

#### 1. 计算机系统

计算机网络的第一个要素是至少两台具有独立功能的计算机系统，它是计算机网络的一个重要组成部分，是计算机网络不可缺少的硬件元素。计算机网络连接的计算机可以是巨型机、大型机、小型机、工作站或微机，以及笔记本电脑或其他数据终端设备（如：终端服务器）。

计算机系统是网络的基本模块，是被连接的对像。它的主要作用是负责数据信息的收集、处理、存储与传播和提供共享资源。在网络上可共享的资源包括硬件资源（如：巨型计算机、高性能外围设备、大容量磁盘等）、软件资源（如：各种软件系统、应用程序、数据库系统等）和信息资源。

#### 2. 通信线路和通信设备

计算机网络的硬件部分除了计算机外，还要有用于连接这些计算机的通信线路和通信设备即数据通信系统。其中，通信线路指的是传输介质及其介质连接部件，包括：光缆、同轴电缆、双绞线等。通信设备指网络连接设备、网络互连设备，包括：网卡、集线器（HUB）、中继器（Repeater）、交换机（Switch）、网桥(Bridge)和路由器(Router)以及 Modem 等其他的通信设备。使用通信线路和通信设备将计算机互联起来，在计算机之间建立一条物理通道，以便传输数据分组。通信线路和通信设备负责控制数据的发出、传送、接收或转发，包括信号转换、路径选择、编码与解码、差错校验、通信控制管理等，以便完成信息交换。通信线路和通信设备是连接计算机系统的桥梁，是数据传输的通道。这就像修高速公路，只有有了宽阔的公路，才能跑很多汽车。

### 3. 网络协议

协议是指通信双方必须共同遵守的约定和通信规则。它是通信双方关于通信如何进行所达成的一致。比如：用什么样的格式表达、组织和传输数据、如何校验和纠正信息传输的错误，以及传输信息的时序组织与控制机制等。现代网络都是层次结构，协议规定了分层原则、层间关系、执行信息传递过程的方向、分解与重组等约定。在网络上通信的双方必须遵守相同的协议，才能正确地交流信息，就像人们谈话要说同一种语言一样，如果谈话时使用不同的语言，就会造成相互谁都听不懂谁在说什么的问题，那么他们将无法进行交流。因此，协议在计算机网络中是至关重要的。

一般说来，协议的实现是由软件和硬件分别或配合完成的，有的部分由连网设备来承担。

### 4. 网络软件

网络软件是一种在网络环境下使用和运行或者控制和管理网络工作的计算机软件。根据软件的功能，计算机网络软件可分为网络系统软件和网络应用软件两大类型。

(1)网络系统软件。网络系统软件是控制和管理网络运行、提供网络通信、分配和管理共享资源的网络软件，它包括网络操作系统、网络协议软件、通信控制软件和管理软件等。

网络操作系统（NOS-Network Operating System）是指能够对局域网范围内的资源进行统一调度和管理的程序。它是计算机网络软件的核心程序，是网络软件系统的基础。

网络协议软件（如：TCP/IP 协议软件）是实现各种网络协议的软件，它是网络软件中最重要最核心的部分，任何网络软件都要通过协议软件才能发生作用。

(2)网络应用软件。网络应用软件是指为某一个应用目的而开发的网络软件（如：远程教学软件、电子图书馆软件、Internet 信息服务软件等）。网络应用软件为用户提供访问网络的手段及网络服务，资源共享和信息的传输。

## 1.2 计算机网络的产生与发展

在过去的 300 年中，每个世纪都有一种主流技术。18 世纪是伟大的机械时代，19 世纪是蒸汽机时代，而 20 世纪则是信息时代、网络时代，是计算机网络大普及、大发展的时代。

众所周知，18 世纪和 19 世纪发明了电报和电话。电报、电话很快成为人们所喜爱的通信手段，并被人们广泛地应用于日常的工作与生活。而 1946 年世界上第一台计算机（ENIAC）的研制成功及其迅速地普及与发展，使人类开始走向信息时代。计算机技术与通信技术在发展中相互渗透，而且相互结合的越来越紧密。通信技术为多台计算机之间进行数据传输、信息交流和资源共享提供必要的手段和传输通道。计算机技术应用于通信技术的各个领域，可以大大提高通信系统的性能。正像有些专家所描述的那样：现在几乎没有无通信的计算机，也几乎没有无计算机的通信。计算机技术与通信技术的相互渗透和密切结合就产生了计算机网络。计算机网络是随着计算机技术和通信技术的发展而不断发展的，而计算机网络的发展速度是异常迅猛的，它已成为计算机领域中发展最快的技术之一。计算机网络的发展动力是需求牵引、技术驱动、市场刺激、条件保证。

计算机网络经过了由简单到复杂逐步发展的过程，我们回顾它的发展历史，大致有如下几个发展阶段和重大事件。

### 1.2.1 面向终端的计算机通信网络

早期的计算机数量很少，价格昂贵，而且是高度集中的，一台计算机只能提供一个用户使用。后来，随着计算机软、硬件的发展，出现了高速大容量存储器系统，并开发了多道程序和分时操作系统，使计算机能够同时处理多个任务，而且通过终端允许多个用户同时访问这一台计算机，同时存取信息。为了提高资源的利用率，又通过通信功能，使分布在不同办公室，甚至不同地理位置的本地终端或者是远程终端都能通过公共电话网及相应的通信设备与一台计算机相连，登录到计算机上，使用该计算机系统，让远程用户同样可以方便地使用计算机。这就有了通信与计算机的结合，这种具有通信功能的单机系统[如图 1-1(a)]或多机系统[如图 1-1(b)]就被称为第一代计算机网络——面向终端的计算机通信网，也是计算机网络的初级阶段。严格地讲，这不能算是网络，但它将计算机技术与通信技术结合了，可以让用户以终端方式与远程主机进行通信了，所以我们视它为计算机网络的雏形。

这里的单机系统是一台主机与一个或多个终端连接，在每个终端和主机之间都有一条专用的通信线路，这种系统的线路利用率比较低。为了提高通信线路的利用率和减轻主机的负担，在具有通信功能的多机系统中使用了集中器和前端机（front end）。集中器用于连接多个终端，让多台终端共用同一条通信线路与主机通信。前端机放在主机的前端，承担通信处理功能，以减轻主机的负担。

面向终端的计算机通信网络的主要特点是：

(1)是终端到计算机的连接，而不是计算机到计算机的连接。终端是一个可以连接到一台单独的计算机主机的装置，用户在终端上操作可以与主机上的进程通信，终端的重要用途就是在分时系统中使用，使多个用户同时使用一台主机；

(2)主机负担过重。在面向终端的计算机通信网络中，多个终端共同使用一台主计算机，主计算机既要处理通信功能又要处理作业，它的负担过重。

面向终端的计算机通信网络的典型实例是美国在 20 世纪 50 年代中期建立的半自动地面防空系统（SAGE）。该系统将远距离雷达等设备收集到的数据，通过通信线路传送给一台中央计算机（一台 IBM 主机），由主机进行处理，并将处理结果再通过通信线路传送给远程终端去控制导弹的制导。这个系统共连接了 1000 多个终端。

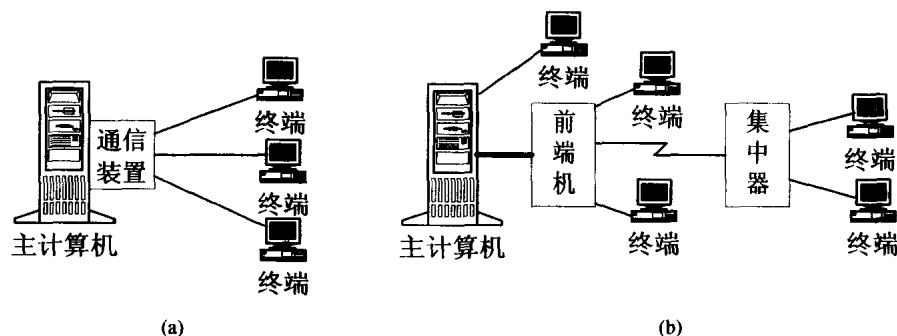


图 1-1 具有通信功能的单机系统

20 世纪 60 年代美国建立的航空公司飞机订票系统 (SABRE-1)，由一台主机连接美国各地区 2000 多台终端，也是这种方式的典型实例。

### 1.2.2 以共享资源为目的的计算机网络

在网络的第一阶段中，主机价格昂贵且功能有限，网络不可能有很大发展。但是，到了 20 世纪 60 年代，随着计算机性能的提高和价格的下降，许多单位和机构已有能力购买计算机，他们在不同的地方分别配置了许多台具有独立功能的计算机系统，信息的处理不再采用集中式模式，而是由分散在不同地理位置的计算机互联起来共同完成，共同提供服务，以实现资源共享和交换信息。满足人们既能有效地使用本地机资源，也能共享远程系统的软、硬件和信息资源以及共同完成某项工程的要求。这种以共享资源为目的而将多台独立的计算机系统通过某种通信手段互连而成的网络就是第二阶段的计算机网络。这种网络中的计算机彼此独立，又相互连接，在各计算机之间没有主从关系。

随着计算机技术、通信技术和计算机网络技术的发展和网络结构的不断完善，为了更好地利用主机资源，提高主计算机的处理速度，计算机网络出现了从逻辑功能上将数据处理、资源共享与数据通信处理分开的趋势。这种计算机网络从逻辑上被划分为通信子网和资源子网，如图 1-2。

资源子网提供访问网络和数据处理以及管理和分配共享资源的能力。它能够为用户提供访问网络的操作台和共享资源与信息。资源子网由计算机系统、终端服务器、终端或其他数据终端设备所构成，它成为整个网络的外层。

通信子网提供网络的通信功能，专门负责计算机间通信的控制与处理，为资源子网提供信息传输服务。通信子网是由通信线路和诸如路由器一类的通信处理机 (CCP-Communication Control Processor) 组成。CCP 是提供网络通信的控制与处理功能的专门处理机。利用通信线路把分布在不同物理位置的通信处理机连接起来就构成了通信子网。通信子网成为整个网络的内层。如果没有通信子网整个网络将无法工作，而如果没有资源子网计算机网络也将失去它存在的意义。因此，只有二者的密切结合才能构成一个统一的、功能完整的计算机网络。这种以通信子网为中心的二级结构的网络，如图 1-2 所示，通常称为第二代计算机网络。这种网络的典型代表是美国的 ARPANET。

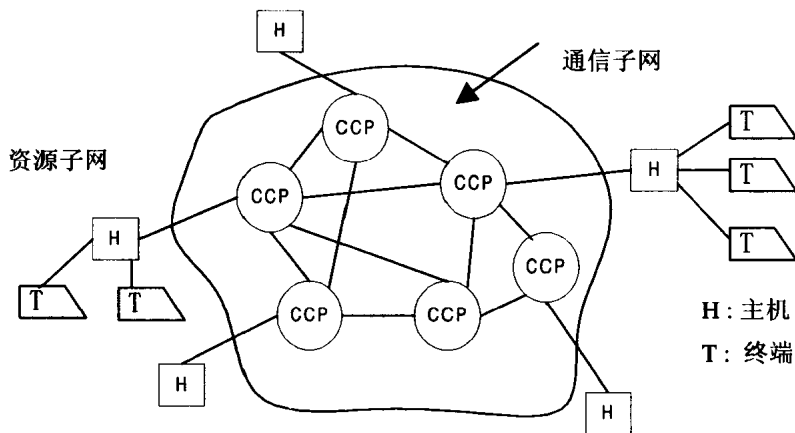


图 1-2 计算机网络的逻辑结构

20 世纪 60 年代后期，美国国防部高级研究计划局 DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) 提供经费资助，由美国许多大学和公司合作，共同研究这种新型的计算机网络，并于 1969 年 12 月建成一个具有四个节点的实验性网络，同时投入运行和使用，它就是著名的 ARPANET。ARPANET 是第一个计算机网络，它为网络技术的发展做出了突出的贡献。ARPA 网采用分组交换技术，在 ARPANET 中，把运行应用程序的主计算机称为主机，把负责通信处理的 CCP 称为接口报文处理机 IMP(Interface Message Processor)。ARPANET 发展很快，特别是在 20 世纪 80 年代，它采用了开放式网间互联协议 TCP/IP 以后，发展得更是迅速，至今 ARPANET 仍然存在，其规模已扩展到几百台计算机，网络覆盖范围也已扩大到夏威夷和欧洲。事实上，ARPANET 是 Internet 的雏形，是 Internet 初期的主干网。

ARPANET 是计算机网络发展的一个里程碑，它标志着以资源共享为目的的现代计算机网络的诞生。它对计算机网络的发展，无论在理论方面还是在技术方面，影响都很大，许多现代网络的名词概念都来源于此。主要有：

- (1)层次化体系结构；
- (2)通信子网与资源子网的概念；
- (3)提出并实现了分组交换的数据交换方式；
- (4)提出了比 ISO 的 OSI/RM 早，且先进的安全方面的协议内容等。

### 1.2.3 广域网 (WAN) 的发展

ARPANET 是第一个分组交换网，它的出现标志着以资源共享为目的的计算机网络的诞生，广域网的发展也是从 ARPANET 的诞生开始的。这一时期美国许多计算机公司开始大力发展计算机网络，纷纷推出自己的产品和结构。如 1974 年 IBM 推出“系统网络体系结构 SNA”，1975 年 DEC 公司提出“分布式网络体系结构 DNA”。

当时，网络应用也正在向各行各业甚至于个人普及和发展。发展网络的需求十分迫切。这就促进了计算机网络的发展，使许多国家加强了基础设施的建设，开始建设公用数据网。早期的公用数据网是采用模拟的公用交换电话网，通过调制解调器 (Modem)，将计算机的数字信号调制为模拟信号，经交换电话网传送给另一端的 Modem，经 Modem 的解调再将模拟信号恢复为数字信号被计算机接收，以完成通信，这种技术传输速率比较低。后来又发展为公用数据网，典型的公用数据网有：美国的 Telenet，日本的 DDX，加拿大的 DATAPAC。我国于 1993、1996 年也开通了公用数据网 CHINAPAC 和提供数字专线服务的 CHINADDN。这些都为广域网的发展打下了基础。公用数据网在 20 世纪 70~80 年代得到了很大的发展，并且随着计算机网络技术和网络应用的需求，目前广域网又开发了诸如帧中继 (Frame Relay)、综合业务数据网 (ISDN)、交换多兆位数据服务 (SMDS) 等公用数据网。这些公用数据网的诞生与发展极大地促进了广域网的发展。当前，由于光纤介质的不断普及，直接在光纤介质上传输数据和波分多路复用的技术 (WDM) 业已开始投入使用。这使得广域网的发展开始了一个新的里程碑，大大提高了广域网的数据传输速率。

## 1.2.4 个人计算机与局域网 (LAN)

早期的计算机网络大多为广域网，局域网的出现与发展是在 20 世纪 70 年代出现了微型计算机 (PC) 以后。20 世纪 80 年代，由于 PC 机性能不断地提高，价格不断地降低，计算机从“专家”群里走入“大众”之中，应用从科学计算走入事务处理，使得 PC 机大量地进入各行各业的办公室，甚至到家庭。这时，个人计算机得到了蓬勃发展。由于个人计算机的大量涌现和广泛分布，基于信息交换和资源共享的需求越来越迫切，人们要求在一栋楼或一个部门内的计算机互联，于是局域网 LAN (Local Area Network) 应运而生。以太网一经问世就得到了迅速的发展和广泛的应用。因此，微型计算机的出现和广泛应用对于局域网的产生与发展具有重要的促进作用。关于局域网，我们将在第 4 章中详细介绍。

## 1.2.5 标准化网络

第二代计算机网络大多是由研究部门、大学或计算机公司自行开发研制的，他们没有统一的体系结构和标准，各个厂家生产的计算机产品和网络产品无论从技术还是从结构上看都有很大的差异，从而造成不同厂家生产的计算机及网络产品很难实现互联，这给用户的使用带来极大的不便，同时也约束了计算机网络的发展。这个时期各个计算机网络公司都纷纷研究开发自己的计算机网络体系结构和协议，如：IBM 公司于 1974 年公布了“系统网络体系结构 SNA”，DEC 于 1975 年公布了“分布式网络体系结构 DNA”等。这种发展形势对网络的继续发展极为不利，于是统一网络的标准提到了议事日程上来。

1977 年 ISO 为适应网络标准化的发展趋势，专门在计算机与信息处理标准化技术委员会 (TC97) 下，成立了一个新的分委员会 SC16。该委员会在研究分析已有的网络结构经验的基础上，开始研究“开放系统互联”问题。ISO 于 1984 年公布了“开放系统互联基本参考模型”的正式文件，即著名的国际标准 ISO7498，通常称它为 OSI 参考模型 OSI/RM(Open System Interconnection /Reference Model)。

OSI/RM 已被国际社会广泛地认可。它对推动计算机网络的理论与技术的发展，对统一网络体系结构和协议起到了积极的作用。从此，计算机网络进入了标准化网络阶段，有的称之为第三代网络。

## 1.2.6 互联网

如前所述，全世界出现了不计其数的局域网，广域网，如何将它们连接起来，以便达到扩大网络规模和实现更大范围资源共享的目的，又提出了把局域网互联起来的迫切需要。Internet 的出现正好解决了这个问题。Internet 称为“网际网”、“国际互联网”或“因特网”，是全球规模最大，覆盖面积最广的互联网。Internet 自产生以来就呈爆炸式的发展，我们回顾一下 Internet 的发展，有下述一些技术与事件是使 Internet 更加普及和更加迅速发展的重要因素。

(1)1986 年 ARPANet 正式分成两部分：美国国家基金会资助的 NSFNet 和军方支持的 MILNet 军事网。由于美国国家基金会的支持，许多地区和院校的网络开始使用 TCP/IP 协议和 NSFNet 连接，Internet 的名字作为使用 TCP/IP 协议连接的各个网络的总称被正式采用。



(2)1986年, Cisco公司的多协议路由器,为Internet上异构网的互联提供了条件,为网络产品的开发与发展提供了基础。

(3)1989年,日内瓦欧洲粒子物理实验室开发成功的万维网WWW(World Wide Web),为在Internet上交换超文本的多媒体信息奠定了基础。

(4)1990年开始,电子邮件(E-mail)、FTP、新闻组(News)等Internet信息服务受到人们的欢迎和普遍应用。TCP/IP协议在UNIX系统中的实现,更进一步推动了这一发展。TCP/IP协议是Internet之所以如此成功的重要因素之一。

(5)1993年,美国伊利诺依大学国家超级计算中心成功地开发了浏览工具Mosaic,进而发展成为浏览器Netscape,后来又出现微软公司的IE(Internet Explorer)。这些浏览器与Web服务器相结合,形成了Internet上的信息收集、存储、加工、传播网,更加推动了Internet的发展。

(6)20世纪90年代交换式网络技术、ATM和千兆以太网技术的问世与应用更促进了Internet的发展。

(7)Java技术、瘦客户机、掌上电脑(HPC)以及Internet2、NGI(Next Generation Internet)和Internet3等的研究与开发更加快了Internet的发展进程。

(8)Internet的商业化运做。

在Internet发展中,特别是Web技术的出现,使得全球计算机网络有了奇迹般的发展,其应用渗透到了各个领域,包括生活的各个领域,如:电子购物,电子出版,网上教学,数字图书馆等。现在是计算机网络无所不在(各种生产设备、工具,包括日常家电、移动电话等用品中)、无行不有(电子购物、企业管理与制造、娱乐、教育、医疗、军事、图书馆、旅游等行业)、无时无地不用(全球,每天24小时)的时代,因此,有人说21世纪是“网络计算机时代”。“没有计算机网络就没有信息社会”,是十分恰当的。

以上我们着重从网络发展过程中所发生的重大事件,分析了计算机网络的发展过程。

## 1.3 计算机网络的功能与应用

### 1.3.1 计算机网络的功能

计算机网络具有如下一些功能,其中最主要的功能是资源共享和通信功能。

#### 1. 共享硬件

计算机网络允许网络上的用户共享网络上各种不同类型的硬件设备,可共享的硬件资源有:巨型计算机、专用的高性能计算机、大容量磁盘,高性能打印机,高精度图形设备,通信线路、通信设备等。共享硬件的好处是节约开支,用户可以通过网络访问各种不同类型的设备。

#### 2. 共享软件

现在已经有许多专供网上使用的软件,如数据库管理系统,各种Internet信息服务软件等。共享软件允许多个用户同时使用,并能保持数据的完整性和一致性。特别是客户机/服