

21世纪高校计算机类教材

计 算 机 网 络

(第二版)

编著 曾家智 李毅超 韩 蒙

审校 董 豹

Computer

Network



电子科技大学出版社

★21 世纪高校计算机类教材★

计 算 机 网 络

(第二版)

编著 曾家智 李毅超 韩 蒙
审校 董 豹

电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以 TCP/IP 为线索展开计算机网络的基础部分, 然后论述其它网络协议, 最后介绍当前网络的最新技术。本书的特点是: 博采众家之长, 以清晰的思路, 流畅的语言, 深入浅出地讲解基本原理, 将网络的严密性和可读性有机地结合在一起。我们的目标是使本书像初等数学那样符合学习逻辑而浅显易懂。本书对《计算机网络》(第一版) 进行了全面修改和补充, 增加了最新的知识点。

本书配有紧扣主题的习题供读者练习使用。为了配合教学, 我们已经并且将继续在电子科技大学网页的“教师社区互动教学”栏目上发表其课件, 欢迎广大读者浏览和下载。

本书适合用作高等学校计算机专业、通信专业和相关专业的研究生教材以及高年级本科生参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络 / 曾家智, 李毅超, 韩蒙编著. —2 版.
成都: 电子科技大学出版社, 2004.3
ISBN 7-81065-880-8

I. 计... II. ①曾...②李... ③韩 III. 计算机
网络 IV. TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 011666 号

21 世纪高校计算机类教材

计算机网络 (第二版)

编著 曾家智 李毅超 韩 蒙
审校 董 豹

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市建设北路二段四号)
责任编辑: 徐守铭
发 行: 电子科技大学出版社
印 刷: 电子科技大学出版社印刷厂
开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张 23 字数 550 千字
版 次: 2004 年 3 月第二版
印 次: 2004 年 3 月第一次印刷
书 号: ISBN 7-81065-880-8/TP·585
印 数: 1-4000 册
定 价: 30.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 邮购本书请与本社发行科联系。电话: (028)83201495 邮编: 610054。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前言

信息技术是当今世界高科技的一个标志性的领域。人们普遍地认为，它的出现和蓬勃发展正在引发第二次产业革命，促成信息时代的到来。

信息技术这个名称涵盖了若干个已有的与信息相关的科技领域。这些领域都在高速发展，而且彼此支持、渗透，互相融合。其中有两个领域的高速发展和融合以其对社会的深远影响特别引人注目，这就是计算机技术与通信技术。

一个半世纪以前先后出现的电报和电话开启了现代通信技术的先河，从而空前地提高了信息传递的速度和效率；而半个多世纪以前出现的计算机技术，更开拓了各种信息处理的广阔疆界。初期，这两大技术领域还是各自相对独立地发展着，犹如两条各自奔流的大河。最近二十年间，这两个领域紧密结合，互相渗透，互相促进，像两股洪流交汇。在这两股洪流交汇点上诞生了本书所要介绍的这门新学科——计算机网络。

计算机网络的问世，开始只是促使计算机学科发生了脱胎换骨的变革。“网络就是计算机”、“以网络为中心的计算”这些崭新的思想逐渐成为现实，这是不以人们意志为转移的。就连比尔·盖茨这样目光如炬的 IT 巨擘也未能充分认识到，微软公司当局是在它的技术雇员的推动下，直到 1994 年才开始掉转船头，以其主力面向互联网开发它的新产品的。

现在，计算机网络（尤其是互联网）已成为全社会、全世界关心的主题。大量涌现的有关它的学术论文不但出自信息技术界，而且还出自经济学、社会学、心理学、教育学以及政治学界。有关计算机网络的议题，频频地出现在世界各国领袖高峰会议的日程表上。1994 年，美国总统克林顿提出了建设国家信息基础设施，即信息高速公路的计划。我国成立了以邹家华为首的国务院信息化领导小组。世界各国纷纷提出了自己的兴建国家信息基础设施的计划。计算机网络催生了电子商务，从而使经济活动的方式发生了（并且正在继续发生着）深刻的变化，经济活动的速度空前地加快了。计算机网络催生了电子政务，使国家机关的工作方式发生了深刻的变化，效率得到空前提高。计算机网络已经深入到国家各个领域，国家的经济竞争力在很大程度上取决于它们对于这一深刻变革的适应能力。

从技术的层面来说，随着通信用户终端的智能化和多媒体化，传统的电信网络已经，并且正在发展成为真正意义上的计算机网络。同时，远隔重洋的计算机用户们运行着同一个计算机应用进程的工作方式已成为日常的典型情况。现在，一个缺乏必要的计算机修养的通信工程师和一个缺乏必要的通信知识的计算机专家同样地处于职业竞争的不利地位。在大学的信息技术的有关专业的教学计划里，计算机网络虽然还并未一致地规定为必修课，但是，鉴于对它的重要性的普遍认识，很高的选修率使它已经成为事实上的必修课。

国内外计算机网络教材浩如烟海。其中 S.Tanenbaum 和谢希仁教授的书博大精深，叙述清晰，语言流畅；E.Comer 和曾华荣博士的书，深入、准确、翔实，几乎可以找到任何技术细节。本书所列参考文献都有其独到之处。我们力图博采众家之长，在基本原理、严密性和可读性方面狠下工夫，并且融入了作者多年来从事计算机网络的教学经验和科研成果。诚所谓十年一剑，辛劳成书。我们的目标是使本书像初等数学那样符合学习逻辑和浅显易懂。笔者深知，这实在不是一件容易的事情。本书在这方面是否，以及在多大程度上达到了上述目标，还有待广大读者的评价。

《计算机网络》（第一版）出版以后，我们经过了十余次的教学实践，在广泛征求读者和研究生意见的基础上，做了二十余次的修改和增删，充实内容，出版了该书，即《计算机网络》（第二版）。

本书配有紧扣主题的习题供读者练习使用。为了配合教学，我们已经并且将继续在电子科技大学网页的“教师社区互动教学”栏目上发表其课件。欢迎读者浏览和下载。

本书由曾家智老师编写第一章到第七章，韩蒙老师编写第八章以及其它章的拥塞控制和 IPV6 等内容，李毅超老师编写第九章。

董豹教授在百忙中审校本书，提出了许多宝贵意见并改写了某些内容，大有点石成金之感。罗易老师和易发胜老师为本书编制并试做了大量习题和例题。在此表示深深的感谢。研究生程莉丽、余玲飞、魏正曦、徐梦茗、范华伟、刘杰燕、王晓敏、刘明、任刚、任枫华和蒋毅名、王爱军老师等对本书进行了大量的校对、复核和计算机作图工作，为保证本书的质量做出了贡献。对他（她）们表示由衷的谢意。感谢研究生院和计算机学院领导把计算机网络课作为本院研究生的第一门主干课进行建设，致使大量的人力和物力投入到计算机网络课的教材、习题、课件和实验建设。还要感谢电子科技大学的计算机网络专家的鼓励，把本书评为本校“九五”特色教材。

此外，我们还曾就本书的一些内容与兄弟院校的专家曾华荣博士和董豹教授等进行过多次饶有兴趣的讨论。从这些讨论中我们获益良多，在此一并致谢。还特别要感谢中国计算机学会和四川省计算机学会的两个网络与信息系统专业委员会专家的指导和鼓励，某些新观点是首先在这些学会上经过激烈而深入的讨论，然后才写入本书的，例如网际互联。

由于我们水平有限，错误在所难免。欢迎广大读者批评指正。

编 著 者
2003 年 12 月于成都

目 录

第一章 概 述

§ 1.1 计算机网络的发展	(1)
§ 1.2 计算机网络的定义	(1)
§ 1.3 广域网 WAN 和局域网 LAN	(2)
§ 1.4 局域网的举例	(2)
§ 1.5 广域网举例	(3)
§ 1.6 网络操作系统 NOS (Network Operating System)	(4)
§ 1.7 网络体系结构	(5)
§ 1.8 OSI 参考模型	(6)
§ 1.8.1 物理层	(6)
§ 1.8.2 数据链路层	(7)
§ 1.8.3 网络层	(7)
§ 1.8.4 传输层	(7)
§ 1.8.5 会话层	(8)
§ 1.8.6 表示层	(8)
§ 1.8.7 应用层	(8)
§ 1.9 OSI 分层结构的数据传送	(9)
§ 1.10 OSI 层间接口	(10)
§ 1.11 OSI 的服务原语	(11)
§ 1.12 TCP/IP 参考模型和 TCP/IP 协议栈	(11)
习题	(13)

第二章 物 理 层

§ 2.1 数据通信基础	(14)
§ 2.1.1 信息量	(14)
§ 2.1.2 通信模型	(15)
§ 2.1.3 耐奎斯特 (H.Nyquist) 定理	(16)
§ 2.1.4 香农 (Shannon) 定理	(16)
§ 2.2 网络介质	(17)
§ 2.2.1 同轴电缆	(17)
§ 2.2.2 双绞线	(17)
§ 2.2.3 光纤	(18)
§ 2.2.4 “无线介质”	(20)
§ 2.3 利用现有的模拟传输系统作为网络通道	(21)
§ 2.4 网络信号的数字传输系统	(22)

§ 2.5 物理接口	(24)
§ 2.5.1 RS-232-D	(24)
§ 2.5.2 RS-449 接口标准	(26)
§ 2.5.3 V.35	(27)
§ 2.5.4 G.703	(28)
§ 2.6 网卡	(29)
§ 2.7 物理层互联设备	(29)
习题	(30)

第三章 介质访问控制 (MAC) 子层

§ 3.1 介质的静态分配	(32)
§ 3.2 介质动态分配的数学基础	(33)
§ 3.3 介质动态分配的基本协议	(36)
§ 3.3.1 ALOHA 类协议	(37)
§ 3.3.2 载波侦听多路访问 CSMA 类协议	(39)
§ 3.3.3 无冲突协议	(40)
§ 3.3.4 有限竞争协议	(42)
§ 3.4 IEEE 标准协议	(45)
§ 3.4.1 IEEE 802.3 协议和以太网	(45)
§ 3.4.2 IEEE 802.4 协议	(48)
§ 3.4.3 IEEE 802.5 协议	(52)
§ 3.4.4 IEEE802.3/以太网、IEEE802.4 和 IEEE802.5 的比较	(55)
§ 3.5 快速以太网和超高速以太网	(56)
§ 3.5.1 快速以太网 IEEE802.3u	(56)
§ 3.5.2 100VG-AnyLAN	(58)
§ 3.5.3 超高速 Gbps 以太网	(59)
§ 3.6 FDDI/CDDI	(60)
§ 3.7 卫星网	(62)
§ 3.7.1 SPADE 系统	(62)
§ 3.7.2 ISBN 系统	(63)
§ 3.8 地面无线网络	(65)
§ 3.8.1 夏威夷大学的 ALOHA 系统	(66)
§ 3.8.2 无线局域网标准 IEEE802.11	(67)
§ 3.8.3 码分多址 CDMA	(68)
习题	(70)

第四章 数据链路层

§ 4.1 成帧和拆帧	(72)
§ 4.1.1 字符计数法	(72)

§ 4.1.2	带字符填充的首尾界符法	(72)
§ 4.1.3	带位填充的首尾标志法	(73)
§ 4.1.4	物理编码违例法	(73)
§ 4.1.5	特定编码法	(73)
§ 4.2	检错和纠错	(73)
§ 4.2.1	信道出错的原因	(73)
§ 4.2.2	检错纠错的基本原理	(74)
§ 4.2.3	汉明码	(75)
§ 4.2.4	用汉明码纠多位错	(76)
§ 4.2.5	循环冗余校验码(CRC)	(77)
§ 4.3	基本数据链路层协议	(80)
§ 4.4	滑动窗口协议	(82)
§ 4.4.1	滑动窗口协议的概念	(83)
§ 4.4.2	一位滑动窗口协议	(84)
§ 4.4.3	回退 n 帧法	(86)
§ 4.4.4	选择性重发	(87)
§ 4.5	协议的描述和验证	(88)
§ 4.5.1	有限状态机(Finite State Machine)	(88)
§ 4.5.2	Petri 网	(90)
§ 4.6	数据链路层标准协议	(92)
§ 4.6.1	高级数据链路控制(HDLC)系列协议	(92)
§ 4.6.2	IEEE 802.2 和子网访问协议 SNAP	(95)
§ 4.6.3	SLIP 协议和 PPP 协议	(96)
习题		(98)

第五章 网 络 层

§ 5.1	网络层为传输层提供的服务	(100)
§ 5.2	子网的内部结构	(101)
§ 5.2.1	虚电路结构	(101)
§ 5.2.2	数据报子网结构	(102)
§ 5.2.3	虚电路子网和数据报子网的比较	(102)
§ 5.2.4	子网内部结构和所提供服务的关系	(103)
§ 5.3	路由选择	(103)
§ 5.3.1	最佳原理和信源树	(104)
§ 5.3.2	最佳递交和路由表	(106)
§ 5.3.3	向量距离(V-D)法	(107)
§ 5.3.4	链路状态(L-S)法	(108)
§ 5.3.5	扩散法	(109)
§ 5.3.6	广播路由选择	(109)

§ 5.4 拥塞控制	(110)
§ 5.4.1 描述拥塞的模型	(110)
§ 5.4.2 拥塞控制的基本原理	(111)
§ 5.4.3 TCP/IP 各有关层进行的拥塞控制	(112)
§ 5.4.4 TCP/IP 实时通信标准中的拥塞控制	(113)
§ 5.4.5 ATM 的拥塞控制——通信量整形	(114)
§ 5.5 IP 地址	(115)
§ 5.5.1 IP 地址的分类	(116)
§ 5.5.2 子网、超网和掩码 (mask)	(117)
§ 5.5.3 Internet 上的多点播送	(118)
§ 5.5.4 地址解析协议 ARP (Address Resolution Protocol)	(119)
§ 5.5.5 逆向地址解析协议 RARP	(120)
§ 5.6 IP 分组 (数据报) 格式	(121)
§ 5.7 差错与控制报文协议 ICMP	(123)
§ 5.8 互联网的结构和路由选择	(124)
§ 5.8.1 互联网的基本结构	(124)
§ 5.8.2 外部网关协议 EGP	(125)
§ 5.8.3 边界网关协议 BGP	(127)
§ 5.8.4 选径信息协议 RIP	(128)
§ 5.8.5 开放式最短路径优先协议 OSPF	(129)
§ 5.9 网际互联	(130)
§ 5.9.1 同协议互联	(131)
§ 5.9.2 协议转换互联	(135)
§ 5.9.3 隧道互联	(136)
§ 5.10 多协议路由器	(137)
§ 5.11 第三层交换机	(138)
§ 5.12 虚拟网 (Virtual LAN, VLAN)	(139)
§ 5.13 宽带 IP 网和三网合一	(140)
习题	(142)

第六章 传 输 层

§ 6.1 传输层的服务质量	(144)
§ 6.2 传输层地址	(145)
§ 6.3 伯克利套接字 (Berkeley Sockets)	(145)
§ 6.3.1 套接字和套接字描述符	(145)
§ 6.3.2 传输层服务原语和套接字系统调用	(146)
§ 6.3.3 套接字编程实例	(149)
§ 6.4 传输控制协议 TCP (Transmission Control Protocol)	(158)
§ 6.5 传输层的连接管理	(161)
§ 6.5.1 三次握手建立连接	(161)

§ 6.5.2 三次握手释放连接·····	(162)
§ 6.5.3 TCP 连接管理的有限状态机·····	(164)
§ 6.5.4 糊涂窗口综合症及其避免策略·····	(167)
§ 6.5.5 TCP 的重传机制·····	(168)
§ 6.6 用户数据报协议 UDP·····	(170)
§ 6.7 TCP/IP 实时通信标准·····	(170)
习题·····	(172)

第七章 应用层

§ 7.1 网络安全技术·····	(173)
§ 7.1.1 网络加密、解密原理·····	(173)
§ 7.1.2 加密、解密标准·····	(174)
§ 7.1.3 数字鉴别 (Authentication)·····	(177)
§ 7.1.4 数字签名·····	(178)
§ 7.1.5 密钥分配·····	(181)
§ 7.2 域名系统 (Domain Name System)·····	(184)
§ 7.2.1 域名空间·····	(184)
§ 7.2.2 域名解析·····	(185)
§ 7.2.3 资源记录·····	(186)
§ 7.2.4 域 (Domain) 和区 (Zone)·····	(187)
§ 7.3 简单网络管理协议 SNMP·····	(188)
§ 7.3.1 网络管理功能·····	(188)
§ 7.3.2 SNMP 网管模型·····	(189)
§ 7.3.3 网管站和网管代理信息交换方式·····	(190)
§ 7.3.4 网络管理的发展趋势·····	(190)
§ 7.3.5 被管信息的标准·····	(191)
§ 7.4 远程登录·····	(198)
§ 7.5 电子函件 (E-mail)·····	(202)
§ 7.5.1 电子函件服务系统的组成和功能·····	(202)
§ 7.5.2 电子函件的格式·····	(204)
§ 7.5.3 SMTP 协议·····	(204)
§ 7.5.4 通用互联网函件扩充标准 MIME·····	(205)
§ 7.5.5 电子函件的安全技术·····	(209)
§ 7.6 文件传输 FTP (File Transfer Protocol)·····	(210)
§ 7.6.1 FTP 客户/服务器模型·····	(210)
§ 7.6.2 TCP 端口号码的分配·····	(211)
§ 7.6.3 FTP 的传输格式·····	(211)
§ 7.6.4 FTP 命令·····	(212)
§ 7.6.5 FTP 屏幕信息和报文格式·····	(213)

§ 7.6.6 简单文件传输协议 TFTP	(214)
§ 7.7 万维网 WWW (World Wide Web)	(215)
§ 7.7.1 概述	(215)
§ 7.7.2 WWW 的基本概念	(216)
§ 7.7.3 统一资源定位符 URL	(217)
§ 7.7.4 通过超链接指向新页的过程	(217)
§ 7.7.5 超文本传输协议 HTTP	(218)
§ 7.7.6 超文本标识语言 HTML	(220)
§ 7.7.7 表单 (FORM) 和公共网关接口 (CGI)	(224)
§ 7.7.8 Java	(227)
习题	(229)

第八章 其它网络

§ 8.1 ATM 简介	(232)
§ 8.1.1 ATM 的基本概念:	(233)
§ 8.1.2 ATM 的交换工作原理	(236)
§ 8.1.3 ATM 的信元	(236)
§ 8.1.4 ATM 的协议参考模型	(239)
§ 8.1.5 服务类型和服务质量	(243)
§ 8.2 ATM 与 IP 结合	(245)
§ 8.2.1 IP/以太网与 ATM 的区别	(246)
§ 8.2.2 IP/以太网的通信技术	(247)
§ 8.2.3 覆盖模型的分类	(248)
§ 8.2.4 CIPoA 的标准结构	(248)
§ 8.2.5 CIPoA 概要	(249)
§ 8.2.6 CIPoA 的通信规程	(250)
§ 8.2.7 向 ATM ARP 服务器登录地址 (初始化) 规程	(250)
§ 8.2.8 ATM 封装 IP 分组的方式	(251)
§ 8.2.9 ATM ARP 和 In ATM ARP 的报文格式	(251)
§ 8.2.10 CIPoA 的缺点	(253)
§ 8.3 X.25 协议	(253)
§ 8.3.1 X.25 协议层次	(253)
§ 8.3.2 X.25 协议结构	(254)
§ 8.3.3 分组层	(255)
§ 8.3.4 呼叫建立和清除	(259)
§ 8.3.5 流量控制	(261)
§ 8.3.6 重置和重新启动过程	(262)
§ 8.4 帧中继	(263)
§ 8.4.1 典型的拓扑结构	(265)

§ 8.4.2 帧中继的协议结构·····	(266)
§ 8.4.3 帧中继的帧格式·····	(266)
§ 8.4.4 帧中继的连接·····	(268)
§ 8.4.5 帧中继的数据传送·····	(268)
§ 8.4.6 拥塞问题·····	(270)
§ 8.4.7 数据链路连接标识符·····	(271)
§ 8.5 IBM 的系统网络体系结构 SNA ·····	(272)

第九章 宽带 IP 网络新技术

§ 9.1 宽带 IP 的传输技术·····	(277)
§ 9.1.1 传统路由技术及其局限性·····	(277)
§ 9.1.2 基于 ATM 的 IP 传输 (IP over ATM) ·····	(278)
§ 9.1.3 基于 SDH 的 IP 传输 (IP over SDH) ·····	(288)
§ 9.1.4 基于 WDM 的 IP 传输 (IP over WDM) ·····	(296)
§ 9.1.5 各种宽带 IP 传输技术的比较 ·····	(302)
§ 9.2 宽带 IP 的接入技术·····	(302)
§ 9.2.1 xDSL 技术及应用 ·····	(303)
§ 9.2.2 Cable Modem 技术及应用·····	(309)
§ 9.2.3 以太网接入·····	(313)
§ 9.2.4 卫星宽带 IP 接入 ·····	(317)
§ 9.2.5 地面移动和固定无线宽带 IP 接入 ·····	(318)
§ 9.3 万兆以太网技术 (10 Gigabit Ethernet) ·····	(325)
§ 9.3.1 万兆以太网的出现及标准制定·····	(325)
§ 9.3.2 万兆以太网的优缺点·····	(326)
§ 9.3.3 万兆以太网技术的应用·····	(329)
§ 9.3.4 万兆以太网的工作原理·····	(331)
§ 9.3.5 小结·····	(333)
§ 9.4 下一代网际网层协议——IPv6·····	(334)
§ 9.4.1 IPv6 概述·····	(334)
§ 9.4.2 IPv6 的寻址·····	(346)
§ 9.4.3 IPv4 向 IPv6 的过渡 ·····	(353)
§ 9.4.4 IPv6 技术的发展现状·····	(355)
参考文献·····	(356)

第一章 概 述

如果说 18 世纪是机械时代, 19 世纪是蒸汽机时代, 人类用机器来代替手, 那么 20 世纪则是计算机时代, 人类开始用机器来代替脑, 而 21 世纪将是信息时代, 或者说是网络的时代。

§ 1.1 计算机网络的发展

计算机是当前发展最快的学科, 而计算机网络则是这个学科中发展得最快的分支。

以太网在不到 10 年的期间, 其容量(最大信息传输率)从 10Mbps、100Mbps 发展到 1000Mbps, 2004 年将增加三个数量级发展到 10000Mbps。Internet (互联网) 从 1980 年正式建立以来, 用户已超过 1 亿。根据 2003 年 6 月 30 日的统计, 我国 Internet 用户已发展到 6800 万, 上网计算机总数已发展到 2572 万台。

在中国, 建立了多个覆盖全国的网络。例如, 中国公用计算机互联网 ChinaNet、中国教育科研网 CerNet、中国科技网 CstNet、中国金桥网 ChinaGBN 和中国联通互联网 UniNet, 等等。

当前, 各个国家机关、企业、学校、商场和公司等各种单位均在建网, 甚至庙宇也在建网。

早在 10 年前, SUN 公司就指出: “网络就是计算机”。后来, IBM 公司提出“以网络为中心的计算机”。

日本提出的第五代计算机之所以失败, 是因为它没有突出计算机网络; 美国提出的“信息高速公路”之所以成功, 关键在于它抓住了计算机网络。

§ 1.2 计算机网络的定义

定义: 两台以上具有独立操作系统的计算机通过某些介质连接成的相互共享软硬件资源的集合体叫做计算机网络。

现在, 我们来进行必要的说明。

1. 必须具有独立的操作系统。在早期的多用户计算机中, 主机连接终端(包括远程终端), 客户通过终端使用主机。但我们不能认为它是一个网络系统, 因为终端不具备独立的操作系统。

2. 介质可以是双绞线、粗电缆、细电缆或光纤，也可以是无无线电波。
3. 共享资源。两台 PC 机相互传送数据是数据通信，不是网络。必须共享磁盘、打印机、通信手段、公共信息数据库和软件等资源，才能称为网络。

§ 1.3 广域网 WAN 和局域网 LAN

计算机网络是多个计算机相互连接的集合体，既然是相互连接，必然有个距离问题。按网络覆盖的距离范围可分为：广域网 WAN 和局域网 LAN。

局域网 是几公里范围内的网络。例如校园网在 1~2 公里范围内；小单位网络，在一幢楼或一层楼甚至在一间办公室内。

广域网是几公里以上范围的网络，例如城域网在 10~30 公里范围内；国域网在几十到几百甚至上千公里范围内；世界网，例如互联网分布于全世界。狭义的广域网指通信公司营运的网络，这些网络的范围也是很大的。

过去，局域网和广域网不仅范围大小不同，而且采用的技术也不同。例如局域网采用以太网、TCP/IP 协议栈或 SPX/IPX 协议栈等等。而广域网则采用 X.25、帧中继和 ISDN，等等。

随着技术的发展，第三层交换和“宽带”IP 网的出现，以太网和 TCP/IP 协议也可用于城域网，甚至国域网。例如网通公司在全国范围内建立的“宽带”IP 网。这样广域网和局域网的区别将仅仅在于距离，并且随着互联网的发展，所有局域网几乎都和互联网相连，这样的“局域网”已经不是原来意义上的局域网。

§ 1.4 局域网的举例

Novell 网曾经占据过世界局域网市场份额的 70%，它采用 Netware 网络操作系统。初期采用 SPX/IPX 协议，后来又加上了 TCP/IP 协议，其典型结构如图 1-1 所示。它由服务器和工作站构成。

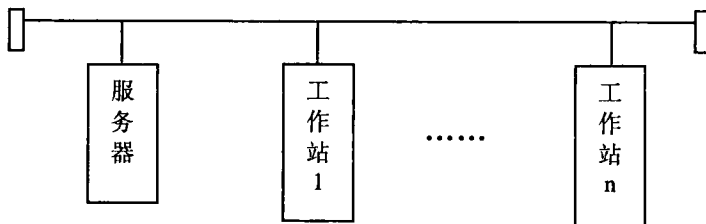


图 1-1 局域网示意图

服务器是服务的提供者，可以是一台计算机，也可以仅仅是计算机中的软件模块。常

见的服务器有：

- 文件服务器：提供大容量磁盘的文件系统供工作站使用，接受其存取请求并进行文件管理。
- 打印服务器：提供打印服务，将工作站的打印任务存入队列，轮到该任务时打印。
- 数据库服务器：提供数据记录的按名查询、删除、增加和修改等功能。
- Internet 服务器：包含 Web、DNS 和 E-mail 等服务器。网络操作系统 NetWare 主要运行在服务器上。

工作站又叫做客户机（Clients），它是共享网络资源的计算机。任何一台工作站上的用户使用网上资源（服务器上的文件系统，打印机和 Web 等）时都将觉得他在独占使用。Novell 网的每一个工作站都运行自己的操作系统，例如 DOS，Windows 和 OS/2 等，并运行一个网络操作系统 NetWare 的外壳。NT 网的工作站则仅仅运行 NT 客户端和 Windows 95 等操作系统。

§ 1.5 广域网举例

ARPANET 是美国国防部高级计划局 DARPA（Defense Advanced Research Projects Agency）建立的最早最有影响的广域网，从夏威夷到瑞典，跨越了半个地球。它采用 UNIX 操作系统和 TCP/IP 协议。后来用同样的技术又建立了军用网络 MIL 网，并延伸到欧洲，称为 MI 网。它还包含两个卫星网 SATNET 和 WINDEBAND。

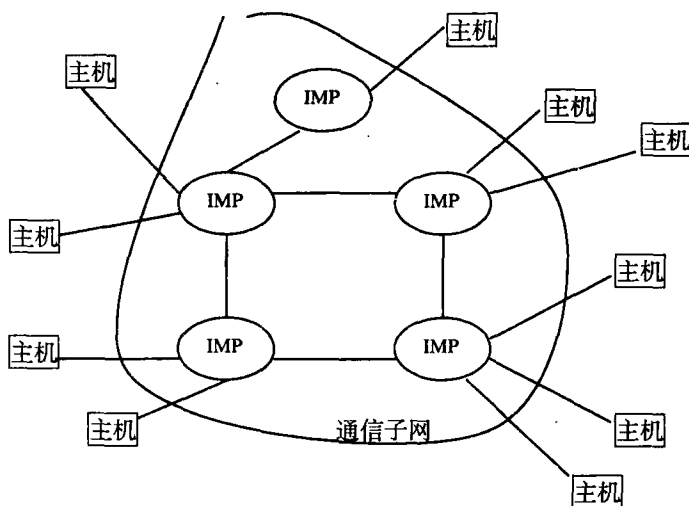


图 1-2 ARPANET 的结构

ARPANET 分为资源子网和通信子网，其结构如图 1-2 所示。其中主机（HOST）称为末端系统或资源子网，它由大、中、小和微型计算机构成。

通信子网由接口信息处理机（IMP）和传输线构成。IMP 的功能是转接主机的通信数据，常由专用计算机构成。

这种结构将纯通信部分（通信子网）和主机（资源子网）分开。这样，对后来的网络产生了深远的影响。

1980 年以上述网络为主干网，构成了互联网（Internet）。随着 UNIX 和 TCP/IP 的发展，许多网络都连接在互联网上。

互联网的结构如图 1-3 所示。

从 ARPANET 到 Internet 的发展过程中，通信子网演变为公用数据网 X.25、DDN 或帧中继等网络（图 1-3 未画出，实际上各园区网常常通过这些网络再和互联网相连），主机（资源子网）演变为各园区网（后来又演变为内联网 Intranet），IMP 演变为路由器。

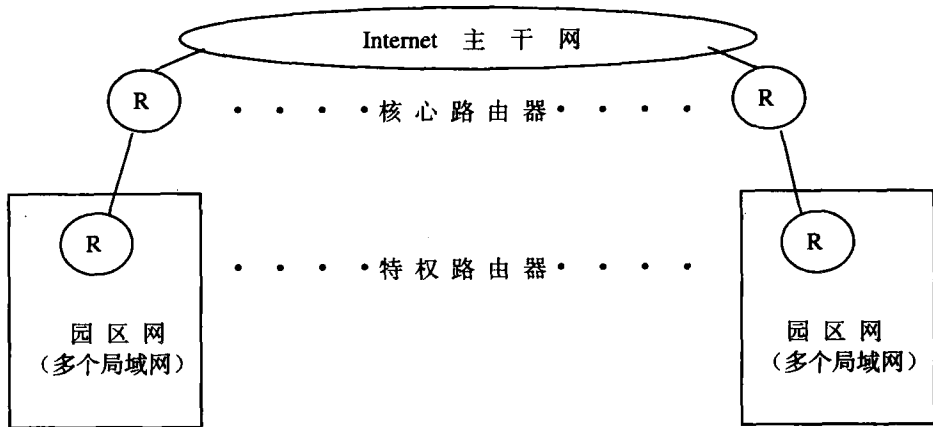


图 1-3 Internet 的结构

§ 1.6 网络操作系统 NOS (Network Operating System)

我们知道计算机操作系统的作用是管理计算机全机资源，其中包括：

- 本地文件系统；
- 内存；
- I/O 设备；
- 应用程序加载运用；
- 本地进程间 CPU 的调度。

类似地，网络操作系统 NOS 的作用是管理计算机网络全网资源，包括：

- 供其它网上主机访问的远程文件系统；
- 共享应用程序的加载和运行；
- 共享网上内存；
- 共享 I/O 设备；
- 网络上进程间的 CPU 调度。

NOS 的特点在于它必须支持某种网络协议。例如 TCP/IP 和 SPX/IPX，等等。

常见的网络操作系统有：

1. Netware 支持 SPX/IPX 协议，后来也支持 TCP/IP 协议。它由 Novell 公司开发；用于微机局域网。

2. Windows NT 支持 TCP/IP 等协议，由微软公司推出。其服务器程序可运行于 PC 服务器和 ALPHA 小型机等。客户机运行 NT 客户机程序和 Windows 95 等。用于中小型网络。

3. UNIX 最早支持 TCP/IP，现在有了支持大、中、小和微型计算机的各种版本，可用于大型网络。UNIX 算不算网络操作系统目前尚有争论。肯定论者认为若不算 NOS，那么在这种网络中就没有 NOS 了。否定论者认为，不能认为支持 TCP/IP 就算 NOS。例如开放型的 VMS 操作系统，也支持 TCP/IP，但人们并不把它称为 NOS。实际上 UNIX 推出最早，应用最广泛，但按上述 NOS 管理功能而言，它并不属于完全意义上的 NOS。

§ 1.7 网络体系结构

计算机网络设计要解决如下问题：

- 传输介质如何连接；
- 介质如何传输数据；
- 传输多少数据；
- 如何传给接收者；
- 各实体如何建立联系；
- 不同机器上的进程怎样相互通信；
- 如何保证数据正确传送。

由于计算机网络的硬件、软件非常复杂，必须采用结构化方式进行设计。

模块化就是将问题域（Problem Domain）分解为易于理解的较小的问题域。分解可以重复进行，直到满意的易理解的程度，其结果是得到一组功能模块。对层次结构而言，功能模块就是层，按分层结构来组织。不同的网络具有不同的层数，各层的名字、功能和内容均不相同。其共同点是都要分层，每一层都向它的上一层提供一定的服务，而把实现服务的细节隐藏在内部。

为了叙述方便，我们采用标准文本的缩写：(N) 层表示第 N 层。

层次结构的特点如下：

- (N) 层中的实体（硬、软件的集合）定义自身功能时，只直接使用 (N-1) 层（下层）提供的服务；
- (N) 层将以下各层功能总和附加上自己的功能为 (N+1) 层提供更强功能的服务，即“增值”服务，并将功能的实现细节屏蔽起来。最底层只提供服务，最高层接受服务并向网络用户提供服务。中间层即 (N) 层既要为 (N+1) 层提供服务，也要接受 (N-1) 层提供的服务，同时，也可以向应用（用户）直接提供服务。

层次结构优点如下：

- 便于抽象。每一层都抽象成黑匣子，内部结构不可见。这就使人们可以集中考虑总