

高等学校规划教材

计算机 网络及应用

马海英



化学工业出版社

高等学校规划教材

计算机网络及应用

马海英



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是一本计算机网络的基础教材。全书共分为 10 章, 内容包括: 计算机网络的概论、计算机网络的基本原理、网络通信技术、计算机网络设备、计算机网络互连、网络操作系统、Internet、计算机网络安全与管理、计算机网络系统集成等。

本书结构清晰、内容丰富、概念准确、贴近现实技术。本书可作为高等学校的教材, 并可以作为培训教材, 同时也可以满足从事计算机网络建设与应用的各类人员学习网络应用与 Internet 技术的需要。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机网络及应用/马海英. —北京: 化学工业出版社, 2007. 8

高等学校规划教材

ISBN 978-7-122-00941-8

I. 计… II. 马… 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 (2007) 第 117529 号

责任编辑: 唐旭华

文字编辑: 陈 元

责任校对: 周梦华

装帧设计: 潘 峰

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 486 千字 2007 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 29.80 元

版权所有 违者必究

前 言

20 世纪人类的发明创造中,意义最为深远的就是计算机技术、通信技术以及它们相结合的计算机网络技术。计算机网络是当今计算机科学与工程中迅速发展的新兴技术之一,也是计算机应用中一个空前活跃的领域。目前 Internet 技术发展迅速,全球性信息高速公路建设的浪潮正在兴起,网络技术已经广泛应用于各行各业。电子商务、电子政务、远程教学、远程医疗、通信、军事、科学研究、网络制造,数字社区这些建立在计算机网络基础上的虚拟社会,从根本上改变了人们的时空观念和生活方式。计算机网络已经成为影响一个国家与地区政治、经济、科学与文化发展的重要因素之一,已经引起了全社会的广泛关注。我国信息技术与信息产业的发展,需要大量掌握计算机网络与通信技术的人才,因此网络技术已经成为广大学生必须学习的一门重要课程。

全书共分为 10 章。第 1 章计算机网络的概述内容包括计算机网络的历史、现状和发展、计算机网络概念、计算机网络的主要功能、计算机网络分类等内容。第 2 章计算机网络的基本原理内容包括计算机网络体系结构、数据通信基础、传输介质、多路复用技术、数据交换技术、流量控制及各种协议等。第 3 章网络通信技术内容包括局域网、以太网、FDDI 网络、帧中继技术、ATM 技术、虚拟局域网、无线局域网等。第 4 章计算机网络设备内容包括对服务器、交换机、路由器等常用网络设备的介绍。第 5 章计算机网络互连主要介绍网络互联的类型及使用的设备。第 6 章网络操作系统主要介绍网络操作系统的概述及常用的流行网络操作系统的功能和特点。第 7 章 Internet 主要介绍 Internet 的特点,组织运行管理、电子邮件、域名、接入技术等相关知识。第 8 章 Intranet 与 Extranet 主要介绍了 Intranet 与 Extranet 的概念,特点、功能和应用。第 9 章计算机网络安全与管理主要介绍了防火墙技术、加密技术、数字签名、SNMP 等知识。第 10 章计算机网络系统集成主要介绍了网络系统集成的概念、网络系统集成的目标方法和内容、网络规划与设计等内容。

本书在编写过程中注意保持教学内容的系统性,注重计算机网络基础知识与实际应用技能的结合。在本书的编写过程中,参阅了近年来的新的文献资料,力求能反映网络的最新发展成果。希望本书对读者掌握计算机网络应用技术有一定的帮助。

本书内容已制作成用于多媒体教学的电子课件,并将免费提供给采用本书作为教材的相关院校使用。如有需要可联系:txh@cip.com.cn。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者
2007 年 6 月

目 录

1 计算机网络概论	1
1.1 计算机网络的历史、现状和发展	1
1.1.1 计算机网络的历史	1
1.1.2 现代网络结构的特点	3
1.1.3 计算机网络的发展趋势	4
1.2 计算机网络概念	8
1.3 计算机网络的主要功能	8
1.4 计算机网络分类	9
1.4.1 按拓扑结构分类	9
1.4.2 按网络控制方式分类	11
1.4.3 按网络作用范围分类	11
1.4.4 其他分类方式	12
思考题	12
2 计算机网络基本原理	13
2.1 计算机网络体系结构	13
2.1.1 层次结构	13
2.1.2 网络协议	13
2.1.3 接口与服务的概念	14
2.1.4 ISO/OSI 参考模型	14
2.1.5 TCP/IP 体系结构	18
2.1.6 TCP/IP 与 OSI/RM 的比较	19
2.2 数据通信基础	20
2.2.1 数字信号与模拟信号	20
2.2.2 通信系统模型	21
2.2.3 数据传输方式	21
2.2.4 串行通信与并行通信	23
2.2.5 数据通信方式	23
2.2.6 信道及其传输特性	24
2.3 传输介质	26
2.3.1 双绞线	26
2.3.2 同轴电缆	27
2.3.3 光缆	28
2.3.4 自由空间	29
2.4 多路复用技术	31
2.4.1 频分多路复用 FDM 技术	31
2.4.2 时分多路复用 TDM 技术	32
2.4.3 光波分多路复用 WDM 技术	32
2.5 数据交换技术	34
2.5.1 线路交换	34
2.5.2 报文交换	35
2.5.3 分组交换	35
2.6 流量控制	37
2.6.1 流量控制概述	37
2.6.2 滑动窗口协议	38
2.7 高级数据链路控制协议 HDLC	40
2.7.1 数据链路连接管理方式	40
2.7.2 HDLC 配置和数据传输工作 方式	40
2.7.3 HDLC 帧格式	41
2.8 网络层协议	42
2.8.1 路由选择	42
2.8.2 IP 技术	44
2.9 IPv6	48
2.9.1 IPv6 的特点	48
2.9.2 IPv6 地址空间分配	49
2.9.3 IPv6 地址类型	49
2.9.4 特殊 IPv6 地址	51
2.9.5 IPv6 地址表示法	51
2.9.6 我国现有 IPv6 总数和分配	52
2.9.7 从 IPv4 到 IPv6 的演进	52
2.9.8 IPv6 现有实验网络	52
2.10 运输层协议	53
2.10.1 UDP 协议	53
2.10.2 TCP 协议	53
2.11 客户机/服务器计算模式	57
2.11.1 客户机/服务器计算模式的 概念	57
2.11.2 客户机/服务器应用方式	58
思考题	59
3 典型网络通信技术	60
3.1 局域网	60
3.1.1 局域网的特点	60
3.1.2 局域网的分类	60
3.1.3 局域网的组成	61
3.1.4 局域网介质访问控制方式	61
3.2 以太网	64
3.2.1 10Base5	65
3.2.2 10Base2	65
3.2.3 10Base-T	65
3.2.4 10Base-F	66

3.2.5	100Mbps 以太网	66	4.5.3	交换机与集线器的区别	117
3.2.6	1000Mbps 以太网	67	4.5.4	交换机的工作原理	117
3.2.7	万兆以太网	68	4.5.5	交换机的分类	120
3.3	FDDI 网络	70	4.6	路由器	126
3.3.1	FDDI 的拓扑结构	70	4.6.1	路由器概述	126
3.3.2	FDDI 的工作原理	70	4.6.2	路由器的主要功能	127
3.3.3	FDDI 的特点	71	4.6.3	路由器和交换机的区别	127
3.3.4	FDDI 的应用环境	71	4.6.4	路由器的发展过程及趋势	128
3.4	帧中继技术	71	4.6.5	路由器的工作原理	129
3.4.1	帧中继技术简介	72	4.6.6	路由器的分类	131
3.4.2	帧中继的优点	73	4.7	防火墙	132
3.4.3	帧中继的应用	73	4.7.1	防火墙概念	133
3.5	ATM 技术	74	4.7.2	防火墙的基本特征	133
3.5.1	ATM 产生的背景	74	4.7.3	防火墙的主要功能	134
3.5.2	ATM 的基本原理	75	4.7.4	防火墙的分类	135
3.6	虚拟局域网	76	4.8	计算机网络组成实例	136
3.6.1	虚拟网络的基本概念	76	4.8.1	某省劳动和社会保障网络中心组网实例	136
3.6.2	虚拟局域网的实现技术	76	4.8.2	会议中心的无线组网实例	137
3.6.3	虚拟网络的优点	78		思考题	138
3.7	无线局域网	79	5 计算机网络互连		139
3.7.1	无线局域网标准	79	5.1	网络互连概述	139
3.7.2	无线局域网的主要类型	81	5.1.1	网络互连的必要性	139
3.7.3	无线网络接入设备	83	5.1.2	网络互连的基本原理	139
3.7.4	无线局域网的配置方式	83	5.1.3	网络互连的类型	141
3.7.5	个人局域网	83	5.1.4	网络互连的方式	141
3.7.6	无线局域网的应用	85	5.2	网络互连设备	142
3.7.7	无线局域网的发展趋势	86	5.2.1	中继器	142
	思考题	86	5.2.2	网桥	143
4 计算机网络设备		88	5.2.3	网关	144
4.1	服务器	88	5.2.4	网络互连设备的比较	146
4.1.1	服务器的性能特点	89		思考题	146
4.1.2	服务器的主要外观特点	90	6 网络操作系统		147
4.1.3	服务器的分类	92	6.1	操作系统及网络操作系统概述	147
4.2	调制解调器	99	6.1.1	操作系统概述	147
4.2.1	调制解调器概述	99	6.1.2	网络操作系统概述	150
4.2.2	调制解调器分类	99	6.2	Windows 系列操作系统	153
4.2.3	传输协议	102	6.2.1	Windows 系列操作系统的发展与演变	153
4.3	网卡	102	6.2.2	Windows NT 操作系统	154
4.3.1	网卡的作用	102	6.2.3	Windows 2000 操作系统	157
4.3.2	网卡的分类	104	6.3	Unix 操作系统	160
4.4	集线器	110	6.3.1	Unix 操作系统的发展	160
4.4.1	集线器概述	110	6.3.2	Unix 操作系统组成和特点	160
4.4.2	集线器的缺点	111	6.3.3	Unix 操作系统的网络操作	162
4.4.3	集线器的分类	111	6.4	Linux 操作系统	163
4.5	交换机	115	6.4.1	Linux 操作系统的发展	163
4.5.1	交换机概述	115			
4.5.2	交换机的特点	116			

6.4.2	Linux 操作系统的特点和组成	163	7.8.9	无线接入	211
6.5	NetWare 操作系统	164	7.8.10	电力线接入	213
6.5.1	NetWare 操作系统的发展	164	7.9	网络连接测试	213
6.5.2	NetWare 操作系统的组成	164	7.10	网络存储	213
6.5.3	NetWare 操作系统的特点	165	7.10.1	SAS 和 NAS	214
6.5.4	IntranetWare 操作系统	166	7.10.2	SAN 存储结构	215
	思考题	167		思考题	216
7	互联网	168	8	Intranet 与 Extranet	217
7.1	Internet 概述	168	8.1	Intranet 概述	217
7.1.1	Internet 概念	168	8.1.1	Intranet 的概念及发展	217
7.1.2	Internet 组成部分	168	8.1.2	Intranet 使用的主要技术	218
7.1.3	Internet 主要功能	168	8.1.3	Intranet 的特点	218
7.1.4	Internet 逻辑结构	169	8.1.4	Intranet 功能与服务	219
7.1.5	Internet 的特点	169	8.2	Intranet 体系结构与组成	220
7.2	Internet 发展历程	169	8.2.1	Intranet 体系结构	220
7.3	我国 Internet 发展	171	8.2.2	Intranet 网络组成	221
7.3.1	发展历程	171	8.3	Intranet 中基于 Web 的数据库应用	222
7.3.2	目前发展情况	174	8.3.1	Web 数据库应用的三层体系结构	222
7.4	Internet 工作模式	177	8.3.2	数据库与 Web 的交互	223
7.4.1	C/S 模式运作过程	177	8.4	Extranet	227
7.4.2	B/S 模式	177	8.4.1	Extranet 概述	227
7.4.3	C/S 模式与 B/S 模式的比较	178	8.4.2	Internet 与 Intranet 及 Extranet 的比较	229
7.5	Internet 基本文件形式	178		思考题	230
7.5.1	RFC 及 RFC 编辑器	178	9	计算机网络安全与管理	231
7.5.2	RFC 处理过程	179	9.1	网络安全概述	231
7.5.3	RFC 分类	180	9.1.1	网络安全	231
7.6	Internet 的组织和运营管理	180	9.1.2	网络安全策略	233
7.6.1	Internet 管理者	180	9.1.3	网络安全措施	233
7.6.2	我国 Internet 管理者	181	9.2	计算机网络安全问题	235
7.7	Internet 提供的服务	181	9.2.1	计算机网络遭受的威胁	235
7.7.1	域名系统	181	9.2.2	漏洞	237
7.7.2	文件传输协议	184	9.3	防火墙的基本技术	238
7.7.3	远程登录 TELNET	186	9.3.1	包过滤 (packet filtering) 技术	238
7.7.4	电子邮件	186	9.3.2	代理服务 (proxy) 技术	239
7.7.5	超文本传输协议	190	9.3.3	监测技术	239
7.7.6	搜索引擎	194	9.3.4	防火墙的配置和体系结构	240
7.7.7	多媒体网络应用	197	9.4	数据加密与隐藏技术	241
7.7.8	Internet 其他服务	198	9.4.1	加密/解密算法和密钥	242
7.8	Internet 接入技术	199	9.4.2	密码体制	242
7.8.1	Internet 骨干网	199	9.4.3	数字签名	245
7.8.2	Internet 接入网	201	9.4.4	密钥分配	246
7.8.3	电话拨号接入	203	9.4.5	数据隐藏技术	247
7.8.4	专线接入	204	9.5	数字证书、数字认证与公钥基础设施	247
7.8.5	ISDN 接入	204			
7.8.6	xDSL 接入	205			
7.8.7	HFC 接入	207			
7.8.8	光纤接入	210			

9.5.1	数字证书	247	9.10.6	公共管理信息服务/公共管理信息 协议 (CMIS/CMIP)	272
9.5.2	数字认证	250	9.10.7	公共管理信息服务与协议 (CMOT)	272
9.5.3	公钥基础设施	250	9.10.8	局域网个人管理协议 (LMMP)	273
9.6	反病毒技术	252	9.10.9	电信管理网络 (TMN)	273
9.6.1	病毒概述	252	9.11	计算机网络安全法律与道德 规范	273
9.6.2	常用反病毒技术	254		思考题	274
9.6.3	网络病毒及其防治	256	10	网络系统集成、规划与设计	276
9.7	检测技术	256	10.1	网络系统集成	276
9.7.1	检测技术概述	256	10.2	网络系统集成的目标方法和内容	276
9.7.2	入侵检测技术	257	10.2.1	目标	277
9.7.3	漏洞扫描技术	258	10.2.2	方法	277
9.7.4	入侵检测和漏洞扫描系统模型	259	10.2.3	内容	278
9.7.5	检测产品的部署	260	10.3	网络规划与设计	278
9.7.6	入侵检测系统的新发展	261	10.3.1	网络系统规划及设计的一般步骤与 原则	278
9.8	无线局域网安全技术	262	10.3.2	需求分析及系统目标	279
9.8.1	无线局域网的安全问题	262	10.3.3	网络规划方案	281
9.8.2	无线局域网安全技术	263	10.3.4	网络系统性能的保证与评价	284
9.9	其他安全技术	266	10.4	网络系统设计范例介绍	286
9.9.1	IC卡技术	266		思考题	288
9.9.2	面像识别技术	267		参考文献	289
9.9.3	网络欺骗技术	268			
9.10	网络管理	269			
9.10.1	网络管理概述	269			
9.10.2	网络管理的定义和目标	270			
9.10.3	网络管理的基本功能	270			
9.10.4	网络管理模型	271			
9.10.5	简单网络管理协议 (SNMP)	271			

1 计算机网络概论

本章学习目的

计算机网络是计算机技术与通信技术紧密结合的产物，网络技术对信息产业的发展有着深远的影响。通过本章的学习，能够了解计算机网络的形成和发展、计算机网络的发展趋势，掌握计算机网络的概念、计算机网络的拓扑结构、计算机网络的分类及计算机网络体系结构的基本知识。

1.1 计算机网络的历史、现状和发展

从 20 世纪 60 年代开始发展起来的计算机网络技术，随着计算机和通信技术的飞速发展而进入了一个崭新的时代。信息技术的迅猛发展，特别是当今新一轮计算机发展热潮的到来，使得计算机网络技术面临新的机遇和挑战，同时也将促进网络技术的进一步发展。

1.1.1 计算机网络的历史

任何一种新技术的出现都必须具备两个条件，即强烈的社会需求和先期技术的成熟。计算机网络技术的形成与发展也证实了这条规律。计算机网络从 20 世纪 60 年代诞生到现在，经历了几代的发展，经历了从简单到复杂，从低级到高级的发展过程。在这一过程中，计算机技术和通信技术紧密结合、相互促进，最终产生了计算机网络。

(1) 第一代计算机网络

1946 年世界上第一台电子数字计算机 ENIAC 在美国诞生，在当时计算机技术与通信技术并没有直接的联系。到了 1954 年，出现了一种被称为收发器的终端，使用收发器终端首次实现了将穿孔卡片上的数据通过电话线路发送到远程的计算机。此后电传打字机也可以作为远程终端和计算机互连，用户可以在电传打字机上输入程序，传送给计算机，而计算机计算出来的结果也可以传送到电传打字机上打印出来。这样计算机网络的基本原型就这样诞生了。由于当初计算机是为批处理而设计的，因此当计算机与远程终端相连时，必须在计算机上加一个接口，并且这个接口对于计算机原有的软件、硬件影响要小，这样就出现了线路控制器。

随着连接的终端数增加，为了减轻中心计算机的负担，在通信线路和中心计算机之间设置了一个前端处理机 FEP (front end processor) 或通信控制器 CCU (communication control unit)，专门负责与终端之间的通信控制，出现了数据处理与通信控制的分工，以便更好地发挥中心计算机的处理能力。另外，在终端较集中的地区，设置集线器和多路复用器，通过低速线路将附近群集的终端连至集线器和复用器，然后通过高速线路、调制解调器与远程计算机的前端机相连，构成如图 1-1 所示的远程联机系统。

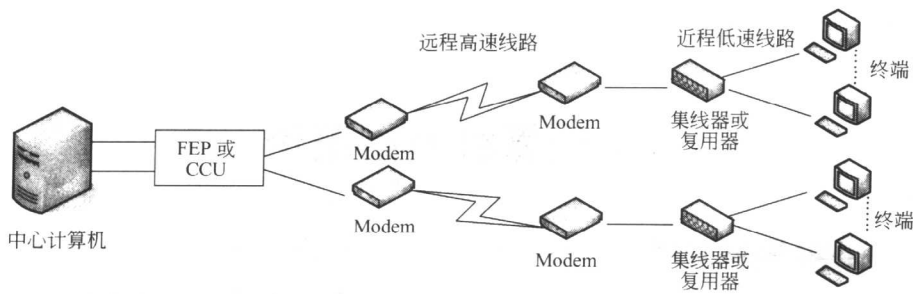


图 1-1 单计算机为中心的远程联机系统结构示意图

这样的通信网就构成了第一代计算机网络。第一代网络中，计算机是网络的控制中心，终端围绕中心分布在各处。因此第一代计算机网络是一台计算机与多个终端相连，用户是通过终端命令以交互的方式使用计算机系统，从而将一台计算机的资源分散到每个用户。这种面向终端的计算机网络有两个严重的缺点：首先如果计算机的负荷较重，会导致系统响应时间过长，其次单机系统可靠性低，一旦计算机发生故障，将导致整个网络系统的瘫痪。

(2) 第二代计算机网络

为了克服第一代网络的缺点，提高网络的可靠、可用性，人们开始研究将多台计算机互连的方法。在这项研究中人们借鉴了电话系统中所采用的线路交换的思想。1964 年巴兰在论分布式通信的研究报告中提到了存储转发的概念。1962~1965 年美国国防部高级研究计划署（简称 ARPA）和英国的国家物理实验室都对新型的计算机网络进行了研究。英国的戴维斯于 1966 年首次提出了分组的概念。到了 1969 年 12 月计算机分组交换网也就是著名的 ARPANET 投入运行。ARPANET 最初连接了美国加州大学洛杉矶分校等四个节点，现在 ARPANET 已经发展成为横跨全世界一百多个国家和地区拥有几亿用户的因特网。ARPANET 的成功运行使得计算机网络的概念发生了根本性的变化。第一代网络是以单个主机为中心的星形网，而 ARPANET 是以通信子网为中心，主机和终端都处于网络边缘，由主机和终端构成了用户资源子网，用户不仅可以共享通信子网，而且还可以共享用户资源子网的丰富的软硬件资源（如图 1-2 所示）。ARPANET 被称为第二代计算机网络。

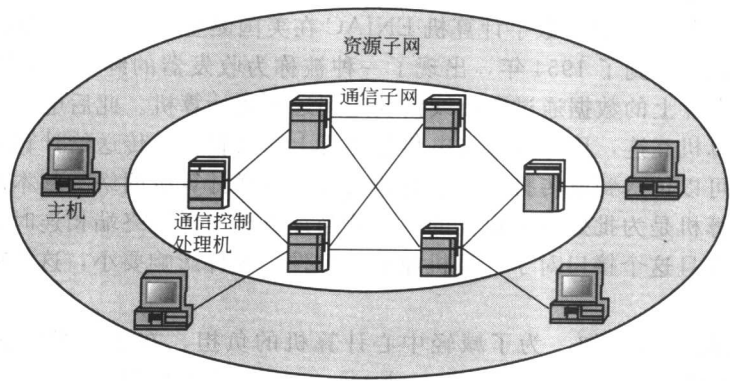


图 1-2 通信子网和资源子网的网络结构示意图

通信子网由通信控制处理机（CCP）、通信线路与其他通信设备组成，负责完成网络数据传输、转发等通信处理任务。

通信控制处理机在网络拓扑结构中被称为网络节点。它一方面作为与资源子网的主机及终端连接的接口，将主机和终端连入网内；另一方面它又作为通信子网中的分组存储转发节

点,完成分组的接收、校验、存储、转发等功能,实现将源主机报文准确发送到目的主机的作用。目前通信控制处理机一般为路由器和交换机。

通信线路为通信控制处理机与通信控制处理机、通信控制处理机与主机之间提供通信信道。计算机网络采用了多种通信线路,如电话线、双绞线、同轴电缆、光纤电缆、无线通信信道、微波与卫星通信信道等。

资源子网由主机系统、终端、终端控制器、连网外设、各种软件资源与信息资源组成。资源子网实现全网的面向应用的数据处理和网络资源共享,它由各种硬件和软件组成。

① 主机系统(host) 它是资源子网的主要组成单元,装有本地操作系统、网络操作系统、数据库、用户应用系统等软件。它通过高速通信线路与通信子网的通信控制处理机相连接。普通用户终端通过主机系统连入网内。早期的主机系统主要是指大型机、中型机与小型机。

② 终端 它是用户访问网络的界面。终端可以是简单的输入、输出终端,也可以是带有微处理器的智能终端。智能终端除具有输入、输出信息的功能外,本身具有存储与处理信息的能力。终端可以通过主机系统连入网内,也可以通过终端设备控制器、报文分组组装与拆卸装置或通信控制处理机连入网内。

第二代计算机网络的优点是:首先多台计算机通过通信子网构成一个有机整体,既分散又统一,从而使整个系统性能大大提高,使网络响应速度加快,因为单一主机的负载分散到全网各个机器上。其次单机故障不会使整个网络瘫痪。

(3) 第三代网络

第二代计算机网络出现以后,各大计算机公司都陆续推出了自己的网络体系结构,以及实现这些网络体系结构的软件硬件产品。1974年IBM公司提出的SNA(system network architecture)和1975年DEC公司推出的DNA(digital network architecture)就是两个著名的例子。但这些网络也存在不少弊端,主要问题是各厂家提供的网络产品实现互连十分困难。这种自成体系的系统称为“封闭”系统。因此,人们迫切希望建立一系列的国际标准,渴望得到一个“开放”系统,这正是推动计算机网络走向国际化的一个重要因素。

国际化标准组织ISO于1977年设立专门的机构研究上述问题,并于不久以后提出一个使各种计算机能够互连的标准框架——开放式系统互连参考模型(简称OSI模型)。模型分为七个层次,有时也被称为ISO七层模型。从此网络产品有了统一的标准,同时也促进了企业的竞争,尤其为计算机网络向国际化方向发展提供了重要依据。OSI模型的出现标志着网络发展到第三代。OSI模型出现后,网络发展一直走着标准化道路,最大的成就就是Internet的飞速发展。

(4) 第四代网络

进入20世纪90年代,随着计算机网络技术的迅猛发展,特别是1993年美国宣布建立国家信息基础设施NII(national information infrastructure)后,全世界许多国家都纷纷制定和建立本国的NII,从而极大地推动了计算机网络技术的发展,使计算机网络的发展进入一个崭新的阶段,这就是计算机网络互连与高速网络阶段。

目前,全球以Internet为核心的高速计算机互联网络已经形成,Internet已经成为人类最重要的、最大的知识宝库。网络互连和高速计算机网络被称为第四代计算机网络,如图1-3所示。

1.1.2 现代网络结构的特点

在现代的广域网结构中,随着使用主机系统用户的减少,资源子网的概念已经有了变化。目前,通信子网由交换设备与通信线路组成,它负责完成网络中数据传输与转发任务。

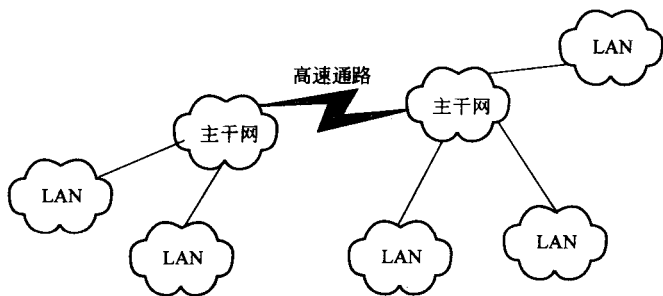


图 1-3 网络互联与高速网络结构示意图

交换设备主要是路由器与交换机。随着微型计算机的广泛应用，连入局域网的微型计算机数目日益增多，它们一般通过路由器将局域网与广域网相连接，前面图 1-3 表示目前常见的计算机网络的结构示意图。

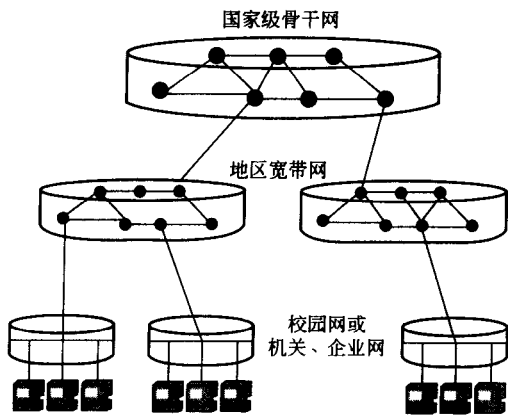


图 1-4 层次型网络组成

另外，从组网的层次角度看网络的组成结构，也不一定再是一种简单的平面结构，而可能变成一种分层的立体结构。图 1-4 所示的是一个典型的三层网络结构，最上层称为核心层，中间层称为分布层，最下层称为访问层，为最终用户接入网络提供接口。

1.1.3 计算机网络的发展趋势

人们常用 C&C (computer and communication) 来描述计算机网络，但从系统的观点看，这还远远不够。

固然计算机和通信系统是计算机网络中非常重要的基本要素，但计算机网络并不是计算机和通信系统的简单结合，也不是计算机或通信系统的简单扩展或延伸，而是融合了信息采集、存储、传输、处理和利用等一切先进信息技术，是具有新功能的新系统。因此，对于现代计算机网络的研究和分析，应该特别强调“计算机网络是系统”的观点，站在更高的高度来重新认识计算机网络结构、性能及网络工程技术和网络实际应用中的重要问题，便于把握计算机网络的发展趋势。

(1) 计算机网络的支撑技术

从系统的观点看，计算机网络是由单个节点和连接这些节点的链路所组成。单个节点主要是连入网内的计算机以及负责通信功能的节点交换机、路由器，这些设备的物理组成主要是集成电路，而集成电路的一个重要支撑就是微电子技术。网络的另一个组成部分就是通信链路，负责所有节点间的通信，通信链路的一个重要支撑就是光电子技术。为了对计算机网络的发展有所把握，首先要对计算机网络的两个重要的支撑技术，即微电子技术和光电子技术做深入探讨。

微电子技术的发展是信息产业发展的基础，也是驱动信息革命的基础。其发展速度是惊人的，可用摩尔定理来预测，微电子芯片的计算功能每 18 个月提高一倍。这一发展趋势到 2010 年趋于成熟，那时芯片最多可包含 10^{10} 个元件，理论上的物理极限是每个芯片可包含 10^{11} 个元件。对于典型的传统逻辑电路，每个芯片可包含的元件数少于 $10^8 \sim 10^9$ 个。每个芯片的实际元件数可能因经济上的限制而低于物理上的极限值。自 1980 年以来，微处理器的速度一直以每 5 年 10 倍的速度增长。PC 的处理能力在 2000 年达 10^3 MIPS (million in-

structions per second), 预测在 2011 年可达 10^5 MIPS。Metcalf 定理用于预测网络性能的增长, 该定理预测网络性能的增长是连到网上 PC 的能力的平方。这表示网络带宽的增长率是每年 3 倍。不久的将来会出现每秒 10^{15} 位的网络频宽需求。

驱动信息革命的另一个支撑技术是光电子技术。光电子技术是一个较为庞大的领域, 可应用于信息处理的各个环节, 这里讨论的是在信息传输中的光电子技术——光纤通信。评价光纤传输发展的标准是传输的比特率和信号的需要再生前可传输的距离的乘积, 在过去 10 年间, 该性能每年翻一番, 这种增长速度可望持续 10~15 年。第一代光纤传输使用 $0.8\mu\text{m}$ 波长的激光器, 传输速率可达 280Mbps。第二代使用 $1.3\mu\text{m}$ 波长的激光器和单模光纤, 传输速率可达 560Mbps。第三代使用单频 $1.5\mu\text{m}$ 波长的激光器和单模光纤。目前使用的第四代采用光放大器, 数据传输速率可达 10~20Gbps。随着光放大器的引入给光纤传输带来了突破性的进展。采用波分复用技术对于传输容量的提高有很大影响。一个 40Gbps 的系统能在同一光纤中传送 16 种波长, 每一波长的传输速率为 2.5Gbps。因为允许所有波长同时放大, 光放大器能提供很大的容量。在单一光纤上传输 100Gbps 含 40 种波长的商用系统已在 2000 年实现, 可同时传送 100 万个话音和 1500 个电视信道。

(2) 计算机网络的关键技术

前文我们从系统物理组成的角度分析了计算机网络的发展趋势, 下面我们再从系统的层次结构对计算机网络做一分析。计算机网络架构的发展方向将是 IP 技术+光网络, 光网络将会演进为全光网络。从网络的服务层面上看将是一个 IP 的世界; 从传送层面上看将是一个光的世界; 从接入层面上看将是一个有线和无线多元化的世界。为此, 目前比较关键的技术主要有软交换技术、IPv6 技术、光交换与智能光网络技术、宽带接入技术、3G 以上的移动通信系统技术等。

① 软交换技术 为了把服务控制功能和网络资源控制功能与传送功能完全分开, 需要应用软交换技术。根据新的网络功能模型分层, 计算机网络将分为接入与运输层、媒体层、控制层、业务/应用层 (也叫网络服务层) 四层, 从而可对各种功能作不同程度的集成。

通过软交换技术能把网络的功能层分离开, 并通过各种接口规约 (规程公约的简称), 使业务提供者可以非常灵活地将业务传送和控制规约结合, 实现业务融合与业务转移, 非常适用于不同网络并存互通的需要, 也适用于从话音网向数据网和多业务多媒体网演进。引入软交换技术的切入点随运营商的侧重点而异, 通常从经济效果比较突出的长途局和汇接局开始, 然后再进入端局和接入网。

② IPv6 技术 未来的计算机网络是基于 IPv6 技术的网络。现有的 IPv4 技术在地址空间方面有很大的局限性, 已成为网络发展的最大障碍。此外, IPv4 在服务质量、传送速度、安全性、支持移动性与多播等方面也有局限性, 这些局限性妨碍着网络的发展, 使许多服务与应用难以开展。

③ 光交换与智能光网络技术 尽管波分复用光纤通信系统有巨大的传输容量, 但它只提供了原始带宽, 还需要有灵活的光网络节点以实现更加有效与更加灵活的组网能力。当前组网技术正从具有上下光路复用 (OADM) 和光交叉连接 (OXC) 功能的光联网向由光交换机构成的智能光网络发展; 从环形网向网状网发展; 从光-电-光交换向全光交换发展。即在光联网中引入自动波长配置功能, 也就是自动交换光网络 (ASON), 使静态的光联网走向动态的光联网。

④ 宽带接入技术 计算机网络必须要有宽带接入技术的支持, 各种宽带服务与应用才有可能开展。因为只有接入网的带宽瓶颈被打开, 核心网和城域网的容量潜力才能真正发挥。尽管当前宽带接入技术有很多种, 但只要不是和光纤或光结合的技术, 就是过渡的技

术,而不是下一代网络应用的技术。目前光纤到户(FTTH)的成本已下降至每户100~200美元,即将为多数用户接受。因此有两个新技术要介绍,一个是基于以太网无源光网络(EPON)的光纤到户技术,一个是自由空间光系统(FSO)。

EPON是把全部数据都装在以太网帧内传送网络。EPON的基本做法是在G.983(ITU-T G.983系列标准)的基础上,设法保留物理层PON,而用以太网代替ATM作为数据链路层,构成一个可以提供更大带、更低成本和更多更好业务能力纳新的结合体。现今95%的局域网都是以太网,故将以太网技术用于对IP数据最佳的接入网是非常合乎逻辑的。由EPON支持纳光纤到户,现正在异军突起,它能支持千兆比特的数据并且不久成本会降到与DSL和HFC网相当。

FSO技术是通过大气而不是光纤传送光信号,它是光纤通信与无线电通信的结合。FSO技术能提供接近光纤通信的速率,例如可达到1Gbps,它既在无线接入带宽上有了明显的突破,又不需要在稀有资源无线电频率上有很大的投资,因为不要许可证。FSO和光纤线路比较,系统不仅安装简便,时间少得很多,而且成本也低很多,大概是光纤到大楼成本(100000~300000美元)的1/10~1/3。FSO现已在企业和居民区得到应用。但是和固定无线接入一样,易受环境因素干扰,尤其是雨和雾的衰落影响。

⑤ 3G以上的移动通信系统技术 3G系统比现用的2G和2.5G系统传输容量更大、灵活性更高。它以多媒体业务为基础,已形成世界家族式的标准,并将引入新的商业模式,当前正处于大规模商用的关键时刻。3G以上包括后3G、4G乃至5G系统将更是以宽带多媒体业务为基础,使用更高更宽的频带,传输容量会更上一层楼。它们在不同网络间无缝的连接,提供令消费者满意的服务。网络可以自行组织,终端可以重新配置和随身携带,是一个包括卫星通信在内的端到端的IP系统,可与其他技术共享一个IP核心网。它们都是构成下一代移动互联网的基础设施。

(3) 计算机网络研究热点

在以上技术的带动下,计算机通信网将是一个包括地下的光缆、地面的微波和蜂窝移动通信,地面以上数百至数千公里的低轨道卫星通信,1万公里左右的中轨道卫星通信,以及3.6万公里高的静止轨道通信卫星系统组成的一个混合系统。在这样一个复杂的系统的支持下,并由人们实际需求的推动,以下五个方面将成为计算机网络发展的热点。

① 下一代Web研究 下一代的Web研究涉及4个重要方向:语义互联网、Web服务、Web数据管理和网格。语义互联网是对当前Web的一种扩展,其目标是通过使用本体和标准化语言,如XML、RDF和DAML,使Web资源的内容能被机器理解,为用户提供智能索引、基于语义内容检索和知识管理等服务。Web服务的目标是基于现有的Web标准,如XML、SOAP、WSDL和UDDI,为用户提供开发配置、交互和管理全球分布的电子资源的开放平台。Web数据管理是建立在广义数据库理解的基础上,在Web环境下,对复杂信息的有效组织与集成,方便而准确的信息查询与发布。从技术上讲,Web数据管理融合了WWW技术、数据库技术、信息检索技术、移动计算技术、多媒体技术以及数据挖掘技术,是一门综合性很强的新兴研究领域。网络计算初期主要集中在高性能科学计算领域,提升计算能力,并不关心资源的语义,故不能有效的管理知识,目前网格已从计算网络发展成为面向服务的网格,语义就成为提供有效服务的主要依据。

② 网络计算 网络已经渗透到我们工作和生活中的每个角落,Internet将遍布世界的大型和小型网络连接在一起,使它日益成为企事业单位和个人日常活动不可缺少的工具。Internet上汇集了大量的数据资源、软件资源和计算资源,各种数字化设备和控制系统共同构成了生产、传播和使用知识的重要载体。信息处理也已步入网络计算(network computing)

的时代。

目前,网络计算还处于发展阶段。网络计算有四种典型的形式:企业计算、网格计算(grid computer)、对等计算 P2P (peer to peer computing) 和分布式计算 (ubiquitous computing)。其中 P2P 与分布式已成为当今计算机网络发展的两大主流。通过分布式,将分布在世界各地的计算机联系起来;通过 P2P 又使通过分布式联系起来的计算机可以方便的相互访问,这样就充分利用了所有的计算资源。并且网络计算的主要实现技术也已从底层的套接字(socket)、远程过程调用(RPC),发展到如今的中间件(middleware)技术。

③ 业务综合化 所谓业务综合化,是指计算机网络不仅可以提供数据通信和数据处理业务,而且还可提供声音、图形、图像等通信和处理业务。业务综合化要求网络支持所有的不同类型和不同速率的业务,如:话音、传真等窄带业务,广播电视、高清晰度电视等分配型宽带业务,可视电话、交互式电视、视频会议等交互型宽带业务,高速数据传输等突发型宽带业务等。为了满足这些要求,计算机网络需要有很高的速度和很宽的频带。例如:一幅 640×480 中分辨率的彩色图像的数据量为 7.37Mb/帧 ;即使每秒传输一帧这样的图像,则网络传输率要大于 7.37Mbps 方可,假如要求实现图像的动态实时传输,网络传输速率还应增加到十倍。

业务综合化带来了是多媒体网络,一般认为凡能实现多媒体通信和多媒体资源共享的计算机网络,都可称为多媒体计算机网络。它可以是局域网、城域网或广域网。多媒体通信是指在一次通信过程中所交换的信息媒体不只一种,而是多种信息媒体的综合体。所以,多媒体通信技术是指对多媒体信息进行表示、存贮、检索和传输的技术。它可以使计算机的交互性、通信的分布性、电视的真实性融为一体。

④ 移动通信 便携式智能终端(PCS)可以使用无线技术,在任何地方以各种速率与网络保持联络。用户利用 PCS 进行个人通信,可在任何地方接收到发给自己的呼叫。PCS 系统可以支持语音、数据和报文等各种业务。PCS 网络和无线技术将改进人们的移动通信水平,成为未来信息高速公路的重要组成部分。

随着增加频谱、采用数字调制、改进编码技术和建立微小区和宏小区等措施,在未来十年里,无线系统的容量将增加到 1000 倍以上。系统的容量通过动态信道分配技术能得到进一步的生长。利用自适应无线技术,将由电子信息组成的无线电波信号发送到接收方,并将其他的干扰波束清除,从而可降低干扰,提高系统的容量和质量。

第一代无线业务分为两类:一类是蜂窝/PCS 广域网,提供语音业务,工作在窄带,服务区被分为宏小区;第二类是无线局域网,工作于更高的带宽,提供本地的数据业务。新一代的无线业务将包括新的移动通信系统和宽带信道速率($64\text{Kbps} \sim 2\text{Mbps}$)在微小区之间进行的固定无线接入业务。使用可控无线固定天线业务可以在同样的频带内提供更高的带宽。

⑤ 网络安全与管理 当前网络与信息的安全受到严重的威胁,一方面是由于 Internet 的开放性和安全性不足,另一方面是由于众多的攻击手段的出现,诸如病毒、陷门、隐通道、拒绝服务、侦听、欺骗、口令攻击、路由攻击、中继攻击、会话窃取攻击等。以破坏系统为目标的系统犯罪,以窃取、篡改信息,传播非法信息为目标的信息犯罪,对国家的政治、军事、经济、文化都会造成严重的损害。为了保证网络系统的安全,需要完整的安全保障体系和完善的网络管理机制,使其具有保护功能、检测手段、攻击的反应以及事故恢复功能。

计算机网络从 20 世纪 60 年代末 70 年代初的实验性网络研究,经过 70 年代中后期的集中式、闭关网络应用,到 80 年代中后期的局部开放应用,一直发展到 90 年代的开放式大规模

模推广，其速度发展之快、影响之大，是任何学科不能与之相匹敌的。计算机网络的应用从科研、教育到工业，如今已渗透到社会的各个领域，它对于其他学科的发展具有支撑作用。目前，关于下一代计算机网络（NGN）的研究已全面展开，计算机网络正面临着新一轮的理论研究和技术开发的热潮，我们相信 21 世纪计算机网络向着开放、集成、高性能和智能化的发展，必将成为人们生活不可缺少的一部分。

1.2 计算机网络概念

在计算机网络发展过程的不同阶段中，人们对计算机网络提出了不同的定义。不同的定义反映着当时网络技术的发展水平以及人们对网络的认识程度。这些定义可以分为三类：广义的观点、资源共享的观点与用户透明性的观点。从强调信息传输的广义观点出发，计算机网络定义为：以计算机之间传输信息为目的而连接起来，实现远程信息处理或进一步达到资源共享的系统。从强调资源共享的观点出发，又可以定义为：以能够相互共享资源（硬件、软件和数据）的方式连接起来，并且各自具备独立功能的计算机系统之集合体。这一定义是 ARPANET 诞生不久后提出的。从用户透明性的角度出发，又可定义为：由一个网络操作系统自动管理用户任务所需的资源，而使整个网络就像一个对用户透明的计算机大系统。上面三个定义从不同角度对计算机网络进行了描述。

资源共享的观点的定义符合目前计算机网络的基本特征，这主要表现在下述方面。

① 计算机网络建立的主要目的是实现计算机资源的共享 计算机资源主要是指计算机硬件、软件与数据。网络用户不但可以使用本地计算机资源，而且可以通过网络访问联网的远程计算机资源，还可以调用网中几台不同的计算机共同完成某项任务。

② 互连的计算机是分布在不同地理位置上的多台独立的“自治计算机”互联的计算机之间没有明确的主从关系。每台计算机既可以联网工作，也可以脱网独立工作。联网计算机可以为本地用户提供服务，也可以为远程网络用户提供服务。

③ 联网计算机之间的通信必须遵循共同的网络协议 计算机网络由多台计算机互连而成，网络中的计算机之间需要不断地交换数据。要保证网络中的计算机能有条不紊地交换数据，就必须要求网络中的每台计算机在交换数据的过程中要遵守事先约定好的通行规则。

1.3 计算机网络的主要功能

计算机网络主要有四项功能：

① 数据传送 这是计算机网络的基本功能，正是这一功能才能实现计算机与终端、计算机与计算机之间传送各种信息，并对地理位置分散的单位进行集中管理与控制。

② 资源共享 资源共享是指共享计算机系统的硬件、软件和数据，是计算机网络最有吸引力的功能。例如，少数地区设置的数据库可供全网使用；某些地区设计的专用软件可供其他处调用；一些特殊功能的计算机或外部设备面向全网，没有这些设备的地区也可利用这些资源完成特殊的任务。因此，计算机网络的引入大大提高了整个系统的数据处理能力，降低平均处理费用。

③ 计算机的可靠性和可用性得到提高 可靠性的提高体现在网络中计算机彼此互为备用。一台计算机出现故障，可将任务交由其他计算机完成，不会出现单机在无后备情况下机器故障导致全系统瘫痪的现象。可用性是指当网络中某台计算机负担过重时，可将新任务转交网络中较空闲的计算机来完成，通过计算机网络均衡各台计算机的负担，避免产生忙闲不

均的现象,从而提高了每台计算机的可用性。

④ 容易进行分布式处理 一般地讲,网络中的用户可根据具体情况合理地选择网内资源,就近快速处理。但对较大的综合性问题,当一台计算机不能完成处理任务时,可按一定的算法将任务交给不同的计算机分工协作完成,达到均衡地使用网络资源进行分布处理的目的。所以利用网络技术,能够将多台计算机连成具有高性能的计算机系统。使用这种系统解决大型复杂的问题,其费用比采用高性能的大中型计算机低得多。

可见,计算机网络大大扩展了计算机系统的功能,增大了应有范围,提高了可靠性,给用户应用提供了方便性与灵活性,降低了系统费用,提高了系统的性能价格比。计算机网络不仅传输计算机数据,也可以实现数据、语音、图像、图形等综合传输,构成综合服务数字网络,为社会提供更广泛的应用服务。

1.4 计算机网络分类

计算机网络可以从不同的角度进行分类。

1.4.1 按拓扑结构分类

计算机网络节点的地理分布和互连关系上的几何排序(几何构形)称为计算机网络的拓扑结构。计算机网络的拓扑结构按系统的传输方式可分为两大类:点到点的传输结构和广播式的传输结构。点到点传输结构是指一对一的传输结构,非直接相连的节点间的通信必须通过其他中间节点进行转发。广播式传输结构则用一个公共的通道把各个节点连接起来,任何一个节点向网络发送信息时,所有节点均可以接收到,是一种一对多的传输结构。下面介绍几种具体的拓扑结构。

(1) 星形网络

星形拓扑是以中央节点为中心与各节点连接组成的,多节点与中央节点通过点到点的方式连接。拓扑结构如图 1-5 所示,中央节点执行集中式控制策略,因此中央节点相当复杂,负担比其他各节点重得多。

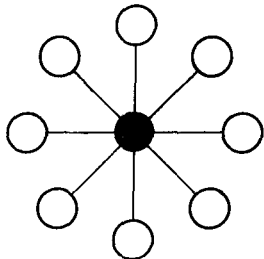


图 1-5 星形网络拓扑结构

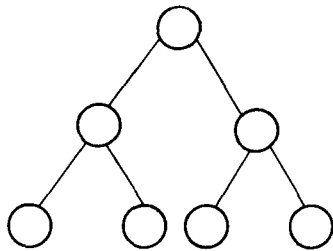


图 1-6 树形网络拓扑结构

星形网络的特点是:网络结构简单、便于管理,控制简单、建网容易,网络延迟时间较短、误码率较低,网络共享能力较差,通信线路利用率不高,中央节点负荷太重。

(2) 树形网络

在实际建造一个大型网络时,往往是采用多级星形网络,将多级星形网络按层次方式排列即形成树形网络,其拓扑结构如图 1-6 所示。我国电话网络即采用树形结构,其由五级星形网构成。著名的因特网(Internet)从整体上看也是采用树形结构。

树形网络的主要特点是结构比较简单、成本低。在网络中,任意两个节点之间不产生回路,每个链路都支持双向传输。网络中节点扩充方便灵活,寻找链路路径比较方便。但在这