



普通高等教育“十二五”规划教材

计算机网络

曹晓军 主 编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

计算机网络

主 编 曹晓军

副主编 杨春林 王绍军 陈双飞

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书根据作者多年计算机网络教学和科研的经验编写而成,兼顾研究生入学考试大纲中对计算机网络部分的要求和实用两个方面。全书以参考模型为主线,逻辑结构体系完整、主线清晰,主要包括概述、物理层、数据链路层、介质访问控制子层、网络层、传输层、应用层、网络安全与网络管理技术等内容。本书力求在讲述基本原理的基础上,突出应用,特别是 TCP/IP 体系结构及 Internet 的应用。

本书可用作计算机及相关专业的计算机网络课程教材,也可供有兴趣的读者参考。

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/曹晓军主编. —北京:科学出版社,2012

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-035235-4

I. 计… II. ①曹… III. ①计算机网络-高等学校-教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 174107 号

责任编辑:相 凌 / 责任校对:钟 洋

责任印制:阎 磊 / 封面设计:华路天然工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 8 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012 年 8 月第 1 次印刷 印张:22 3/4

字数:572 000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着 Internet 技术的迅速发展,全球性信息高速公路建设的浪潮已广泛兴起。计算机网络正在不断改变着人们的工作和生活方式,网络与通信技术已成为影响一个国家与地区经济、科学和文化发展的重要因素之一。伴随社会信息化、分布式数据处理、资源共享等应用的发展,计算机网络已广泛应用于办公自动化、企业管理与生产过程控制、金融与商业电子化、军事、科研、教育信息服务、医疗卫生等领域。“计算机网络”已经成为计算机及相关专业大学生学习的一门重要课程,也是从事计算机应用与信息技术研究、开发人员应该掌握的重要知识。

计算机网络涉及计算机技术与通信技术两个学科。经过 40 多年的发展,计算机网络已形成了自身比较完善的体系。为了适应计算机网络课程教学的要求,作者根据多年教学与科研实践经验编写了本书,希望为广大读者提供一本既能保持教学的系统性,又能反映当前计算机网络发展新成果的教材。

全书共 8 章。第 1 章介绍计算机网络的定义、分类、拓扑结构及体系结构等基本概念,是全书的基础。第 2 章讨论物理层的基本概念,介绍有关数据通信的重要概念和理论基础、信道复用技术及数据交换技术。第 3 章讨论数据链路层的基本概念和服务功能,以及典型的数据链路层协议。第 4 章介绍访问控制子层,对共享介质局域网、交换式局域网、高速局域网及无线局域网的工作原理与组网方法进行系统的讨论。第 5 章介绍如何将分组从源端沿着网络路径传递到目标端。第 6 章讨论传输层的基本功能及其协议机制,并且介绍 TCP/IP 体系结构中的传输层协议 TCP 和 UDP。第 7 章介绍常用的应用层协议,如 DNS、电子邮件、文件传输和万维网等。第 8 章从网络安全与网络管理技术两个方面讨论如何提供一个可靠、稳定、符合用户需求的网络应用环境。为了帮助读者检查学习效果,每章后附有习题。本书还有配套的电子课件可提供。

本书在编写过程中注意保持了教学内容的系统性,同时注重突出 Internet 技术及应用,并加入了高速网络技术、网络安全与网络管理等新内容,力求反映网络的最新发展成果。在写作中,作者力求做到层次清楚,语言简洁流畅,内容丰富,既便于读者循序渐进地系统学习,又能使读者了解到网络技术的最新发展,希望本书对读者掌握网络应用技术有一定的帮助。

本书的第 1、8 章由曹晓军执笔完成;第 2、5 章由陈双飞执笔完成;第 3、4 章由杨春林执笔完成;第 6、7 章由王绍军执笔完成;全书由曹晓军统稿。

限于作者水平,书中难免有错误和不足之处,敬请读者批评指正。

作 者

2012 年 6 月 1 日

目 录

前言

第 1 章 概述	1
1.1 计算机网络的发展	1
1.1.1 计算机远程通信网	1
1.1.2 计算机网络的形成	2
1.1.3 网络体系结构与协议标准化的研究	3
1.1.4 Internet 的应用与高速网络技术发展	4
1.1.5 宽带网络与无线网络的发展	5
1.2 计算机网络的概念与分类	7
1.2.1 计算机网络的概念	7
1.2.2 计算机网络的分类	8
1.3 计算机网络的结构	13
1.3.1 计算机网络的组成	13
1.3.2 计算机网络的典型结构	13
1.3.3 现代网络结构的特点	15
1.4 计算机网络的拓扑结构	16
1.4.1 计算机网络拓扑的定义	16
1.4.2 计算机网络拓扑的分类	16
1.5 网络体系结构的基本概念	17
1.5.1 网络协议的概念	17
1.5.2 网络体系结构	18
1.6 参考模型	21
1.6.1 OSI 参考模型	21
1.6.2 OSI 参考模型各层的功能	24
1.6.3 TCP/IP 参考模型	26
1.6.4 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型的评价	27
1.6.5 局域网体系结构	27
1.6.6 一种建议的参考模型	28
1.7 典型网络举例	28
1.7.1 Internet	28
1.7.2 面向连接的网络: X.25、帧中继和 ATM	32
1.7.3 以太网	34
1.7.4 无线 LAN: 802.11	35
1.8 网络标准化组织	36

1.8.1 电信领域中最有影响的组织	37
1.8.2 国际标准领域中最有影响的组织	37
1.8.3 Internet 标准领域中最有影响的组织	38
小结	39
习题	40
第2章 物理层	42
2.1 物理层的基本概念	42
2.1.1 物理层的基本概念	42
2.1.2 物理层的基本服务功能	43
2.1.3 物理层向数据链路层提供的服务	43
2.2 数据通信基础	43
2.2.1 数据通信的基本概念	43
2.2.2 数据通信的理论基础	47
2.3 传输介质与物理设备	50
2.3.1 传输介质的特性	50
2.3.2 有线介质	51
2.3.3 无线介质	55
2.3.4 物理设备	59
2.4 数据编码技术	60
2.4.1 数据编码类型	60
2.4.2 模拟数据编码方法	61
2.4.3 数字数据编码方法	62
2.4.4 脉冲编码调制方法	65
2.5 多路复用	68
2.5.1 多路复用的概念与分类	68
2.5.2 频分多路复用	69
2.5.3 时分多路复用	69
2.5.4 波分多路复用	70
2.5.5 码分多路复用	72
2.6 数据交换	74
2.6.1 数据交换的分类	74
2.6.2 电路交换	74
2.6.3 报文交换	75
2.6.4 数据报分组交换	76
2.6.5 虚电路分组交换	77
小结	79
习题	79
第3章 数据链路层	81
3.1 数据链路层的基本概念	81

3.1.1 物理线路与数据链路	82
3.1.2 数据链路层向网络层提供的服务	83
3.1.3 数据链路层的主要功能	84
3.2 错误检测和纠正	87
3.2.1 差错产生的原因和差错类型	87
3.2.2 误码率的定义	88
3.2.3 差错控制编码	88
3.2.4 差错控制机制	91
3.3 数据链路层协议示例	96
3.3.1 数据链路层协议的分类	96
3.3.2 HDLC——高级数据链路控制	99
3.3.3 Internet 中的数据链路层	102
小结	104
习题	104
第4章 介质访问控制子层	106
4.1 局域网的基本概念	106
4.1.1 IEEE 802 参考模型	106
4.1.2 局域网拓扑结构类型与特点	108
4.1.3 LAN 的信道分配问题	111
4.2 多路访问协议	111
4.2.1 ALOHA	112
4.2.2 载波检测多路访问协议	112
4.2.3 无冲突的协议	114
4.2.4 有限竞争协议	114
4.2.5 无线 LAN 协议	115
4.3 以太网	117
4.3.1 以太网电缆	117
4.3.2 以太网物理地址	119
4.3.3 以太网帧结构	119
4.3.4 CSMA/CD 协议	120
4.3.5 交换式以太网	122
4.3.6 快速以太网	122
4.3.7 千兆以太网	123
4.3.8 万兆以太网	125
4.4 无线 LAN	125
4.4.1 802.11 协议栈	125
4.4.2 802.11 物理层	126
4.4.3 802.11 MAC 子层协议	128
4.4.4 802.11 帧结构	129

4.5 数据链路层交换	131
4.5.1 网桥的基本工作原理	131
4.5.2 本地网桥与远程网桥	132
4.5.3 局域网交换机	133
4.5.4 虚拟局域网	136
小结	139
习题	140
第5章 网络层	142
5.1 网络层设计要点	142
5.1.1 存储转发分组交换	142
5.1.2 向传输层提供的服务	143
5.1.3 无连接服务的实现	143
5.1.4 面向连接服务的实现	144
5.2 路由算法	147
5.2.1 路由算法的评价	147
5.2.2 扩散法	149
5.2.3 最短路径路由	150
5.2.4 距离矢量路由	151
5.2.5 链路状态路由	154
5.2.6 分级路由	158
5.2.7 广播路由与多播路由	159
5.3 拥塞控制算法	162
5.3.1 拥塞控制的基本原理	163
5.3.2 虚电路子网中的拥塞控制	164
5.3.3 数据报子网中的拥塞控制	165
5.3.4 负载丢弃	166
5.4 服务质量	167
5.4.1 需求	167
5.4.2 获得好的服务质量所使用的技术	168
5.5 网络互联	169
5.5.1 网络互联的基本概念	170
5.5.2 虚电路网络互联	170
5.5.3 数据报网络互联	171
5.5.4 隧道技术	172
5.6 Internet 上的网络层	173
5.6.1 IP 协议	174
5.6.2 IP 地址	176
5.6.3 ICMP	182
5.6.4 内部网关路由协议 RIP 与 OSPF	186

5.6.5 外部网关路由协议 BGP	191
5.6.6 Internet 多播与 IGMP	193
5.6.7 移动 IP	193
5.6.8 IPv6	195
5.7 路由器及第三层交换	202
5.7.1 路由器的基本功能	202
5.7.2 路由器的基本工作原理	203
5.7.3 第三层交换技术	204
小结	206
习题	206
第 6 章 传输层	208
6.1 传输层的基本功能	208
6.1.1 传输层端到端通信的概念	208
6.1.2 传输层向上层提供的服务	209
6.1.3 传输服务原语	212
6.1.4 传输服务应用举例	213
6.2 传输协议的要素	219
6.2.1 编址	220
6.2.2 连接管理	221
6.2.3 流量控制和缓冲	224
6.2.4 多路复用	228
6.2.5 崩溃恢复	228
6.3 Internet 传输协议——UDP	230
6.3.1 UDP 介绍	230
6.3.2 远程过程调用	232
6.3.3 实时传输协议	237
6.4 Internet 传输协议——TCP	244
6.4.1 TCP 介绍	244
6.4.2 TCP 数据段的格式	245
6.4.3 TCP 连接管理	247
6.4.4 TCP 传输策略	251
6.4.5 TCP 拥塞控制	253
6.4.6 TCP 计时器管理	254
小结	256
习题	257
第 7 章 应用层	259
7.1 DNS——域名系统	259
7.1.1 DNS 名字空间	260
7.1.2 资源记录	263

7.1.3 名字服务器	264
7.2 电子邮件	269
7.2.1 电子邮件系统的组成结构	269
7.2.2 电子邮件工作过程	271
7.2.3 电子邮件格式与 MIME	273
7.2.4 SMTP 协议	277
7.2.5 POP3 协议	280
7.2.6 IMAP 协议	282
7.3 FTP 服务	282
7.3.1 FTP 的概念	282
7.3.2 FTP 服务的工作过程	283
7.3.3 匿名 FTP 服务	287
7.3.4 FTP 客户程序	288
7.4 WWW 服务	288
7.4.1 WWW 服务的基本概念	289
7.4.2 超文本、超媒体与超文本标记语言	290
7.4.3 URL 与信息定位	297
7.4.4 HTTP 协议	299
7.4.5 WWW 基本工作过程与协议层次	305
7.5 其他网络应用介绍	314
7.5.1 新闻与公告类服务	314
7.5.2 播客服务	316
7.5.3 博客服务	317
7.5.4 网络即时通信服务	319
7.5.5 网络电视服务	320
小结	320
习题	320
第 8 章 网络安全与网络管理技术	323
8.1 网络安全	323
8.1.1 网络安全的基本概念与标准	323
8.1.2 密码算法与密码体制	327
8.1.3 报文鉴别技术	332
8.1.4 数字签名技术	333
8.1.5 身份认证技术	334
8.1.6 防火墙技术	335
8.1.7 入侵检测技术	336
8.1.8 网络备份与恢复技术	337
8.1.9 网络防病毒技术	338
8.1.10 Internet 安全体系结构	340

8.2 网络管理技术	342
8.2.1 网络管理的基本概念	342
8.2.2 OSI 管理功能域	343
8.2.3 简单网络管理协议	344
小结	347
习题	347
参考文献	349

第 1 章 概 述

随着计算机网络技术的发展,特别是因特网(Internet)的飞速发展与全球普及,计算机网络已渗透到政治、经济、军事、科技、生活等人类活动的一切领域,对社会发展、经济结构以及人们日常生活方式产生着深刻的影响。本章在介绍计算机网络的产生和发展的基础上,介绍计算机网络的定义、计算机网络的分类、网络拓扑结构以及网络体系结构等基本概念,最后给出 OSI、TCP/IP 和局域网等三种计算机网络的参考模型,以及常见计算机网络举例。

1.1 计算机网络的发展

虽然计算机网络出现的历史不长,但其发展经历了一个从简单到复杂的演变过程。第一台电子数字计算机 ENIAC 诞生时,计算机和通信并没有什么关系,1954 年终端器诞生后,人们才逐渐把终端与计算机连接起来,几十年来计算机网络得到了快速的发展。纵观计算机网络的形成与发展历史,大致可以将它划分为四个阶段。

第一阶段(始于 20 世纪 50 年代初):以单个计算机为中心的远程联机系统,构成面向终端的计算机通信网;

第二阶段(始于 20 世纪 60 年代末):多台主机通过通信线路互连,形成资源共享的计算机网络;

第三阶段(始于 20 世纪 70 年代末):形成具有统一的网络体系结构、遵循标准化协议的计算机网络;

第四阶段(始于 20 世纪 90 年代):计算机网络向互联、高速方向发展,这一阶段宽带网络与无线网络技术得到了快速的发展。

1.1.1 计算机远程通信网

20 世纪 50 年代中后期,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,从而出现了计算机网络的雏形。它是以单个计算机为中心的远程联机系统,如图 1-1 所示。其典型应用是美国航空公司与 IBM 在 20 世纪 50 年代初开始联合研究,并于 20 世纪 60 年代投入使用的飞机订票系统 SABRE-I。该系统由一台计算机和美国范围内 2000 个终端组成。

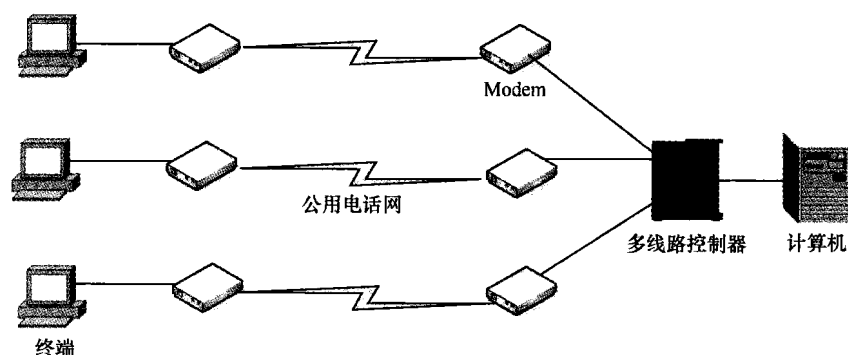


图 1-1 以单个计算机为中心的远程联机系统

随着远程终端的增多,为了提高通信线路的利用率并减轻主机负担,使用了多点通信线路、终端集中器、前端处理机(Front-End Processor, FEP),即多机系统,如图 1-2 所示。这些技术对以后计算机网络的发展有着深刻影响,以多点线路连接的终端和主机间的通信建立过程,可以用主机对各终端轮询或者由各终端连接成雏菊链的形式实现。考虑到远程通信的特殊情况,对传输的信息要按照一定的通信规程进行特别处理。

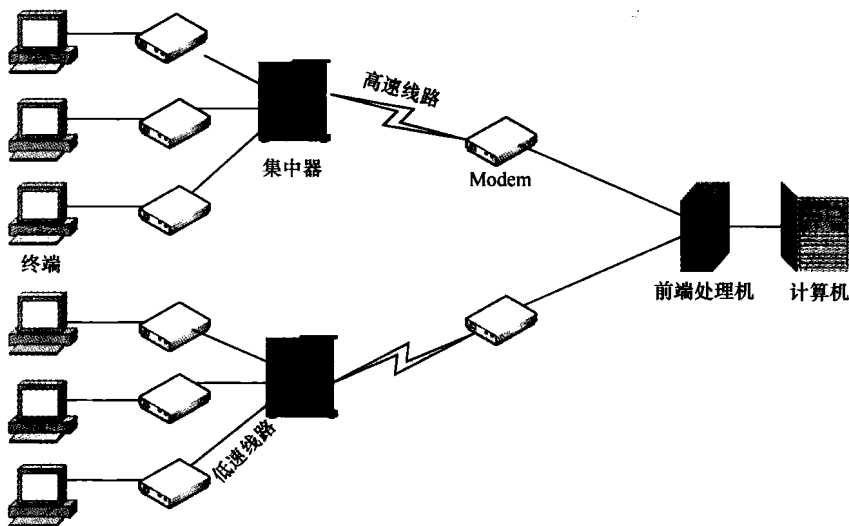


图 1-2 多机联机终端系统

当时对计算机网络的定义是“以传输信息为目的而连接起来,以实现远程信息的处理或进一步达到资源共享的计算机系统”,应该说,这样的计算机系统具备了通信网络的雏形。

1.1.2 计算机网络的形成

随着计算机应用的发展,20 世纪 60 年代后期出现了多台计算机互联的需求。人们希望将分布在不同地点的计算机通过通信线路互联成为计算机和计算机的网络。网络用户可以使用本地计算机的软件、硬件与数据资源,也可以使用联网的其他地方的计算机软件、硬件与数据资源,以达到计算机资源共享的目的。

这一阶段的典型代表是美国国防部高级研究计划局(Advanced Research Projects Agency, ARPA)的 ARPANET(通常称为 ARPA 网)。1969 年美国国防部高级研究计划局提出将多个大学、公司和研究所的多台计算机互联的课题。从 1969 年的 4 个结点,到 1973 年 ARPANET 发展到 40 个结点,而到 1983 年已经达到 100 多个结点。ARPANET 通过有线、无线和卫星通信线路覆盖了从美国本土到欧洲的广阔地域。其主要特点是资源共享、分散控制、分组交换、分层的网络协议以及采用专门的通信控制处理机等,这些特点被认为是现代计算机网络的一般特征。ARPANET 是计算机网络技术发展的重要里程碑,它对发展计算机网络技术的主要贡献表现在以下几个方面。

- (1) 完成了对计算机网络定义、分类与子课题研究内容的描述。
- (2) 提出了资源子网、通信子网的两级网络结构的概念。
- (3) 研究了报文分组交换的数据交换方法。
- (4) 采用了层次结构的网络体系结构模型与协议体系。

(5) 促进了 TCP/IP 协议的发展。

(6) 为 Internet 的形成与发展奠定了基础。

在 20 世纪 70 年代中期,通信领域出现了由邮电部门或通信公司统一组建和管理的公用分组网,即公用数据网(Public Data Network,PDN),公用分组交换网的组建为计算机网络发展提供了良好的外部通信条件,它可以为更多的用户提供数据通信服务。早期的公用数据网采用模拟通信的电话交换网,新型的公用数据网则采用数字传输技术与分组交换方法。典型代表有美国的 TELENET、加拿大的 DATAPAC、法国的 TRANSPAC、英国的 PSS、日本 DDX 等。

此时,计算机网络已经可以分成资源子网与通信子网来组建。其典型结构如图 1-3 所示,其中,CCP(Communication Control Processor)为通信控制处理机。这时的网络是简单互联的,和现在的因特网有所不同。

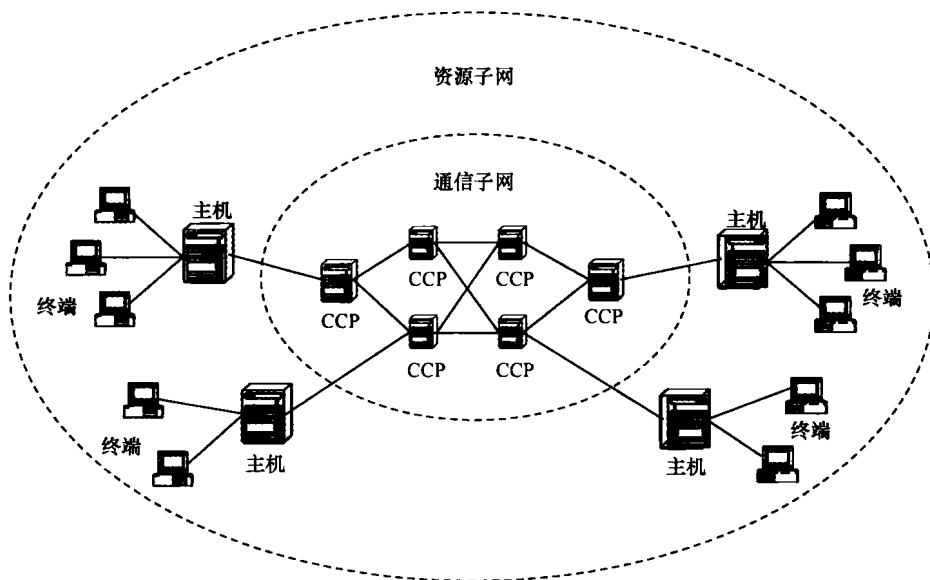


图 1-3 简单计算机网络示意图

1.1.3 网络体系结构与协议标准化的研究

在计算机网络技术、网络产品及网络应用不断发展的同时,计算机网络逐步成为一个全新的单独的行业,研究和制定计算机网络的体系结构与协议的标准以指导该行业的发展成为 20 世纪 70 年代后期的紧迫任务。一些大的计算机公司在开展计算机网络研究与产品开发的同时,纷纷提出了各种网络体系结构与网络协议,例如:IBM 公司于 1974 年推出了系统网络体系结构(System Network Architecture,SNA),为用户提供了能够互连的成套通信产品;1975 年,DEC 公司宣布了自己的数字网络体系结构(Digital Network Architecture,DNA);1976 年,UNIVAC 公司宣布了自己的分布式通信体系结构(Distributed Communication Architecture,DCA)。这些研究成果为网络理论体系的形成提供了很多重要的经验,许多网络系统在经过修改与充实后仍在使用。由于不同公司网络体系结构与协议标准不同,这些网络技术标准只是在一个公司范围内有效,遵从某种标准的、能够互连的网络通信产品,只是同一公司生产的同构型设备。为了避免不统一的标准对计算机网络自身的发展和应用的制约,网络体系

结构与网络协议必须走国际化、标准化道路。1977年,国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)的 TC97 信息处理系统技术委员会 SC16 分技术委员会开始着手研究和制定网络通信标准,以实现网络体系结构的国际化。1984年 ISO 正式颁布了一个称为“开放系统互连基本参考模型”的国际标准 ISO 7498,简称 OSI/RM(Open Systems Interconnection Reference Model),即著名的 OSI 七层模型。ISO/OSI 参考模型与协议的研究成果对推动网络体系结构理论的发展起了很大的作用。

在 ISO/OSI 参考模型与协议的研究不断取得成果的同时, TCP/IP 协议与体系结构也得到了快速的发展。在 1969 年 ARPANET 的实验性阶段,研究人员就开始了 TCP/IP 协议的研究。1983 年 1 月, ARPANET 向 TCP/IP 的转换结束。随着 Internet 的高速发展, TCP/IP 协议与体系结构已经成为业内公认的标准。

局域网是继广域网之后网络研究与应用的又一个热点。如果说广域网扩大了信息社会中资源共享的范围,那么局域网则进一步增强了信息社会中资源共享的深度。广域网技术与微型机的广泛应用推动了局域网技术应用的的发展。20 世纪 70 年代是大型计算机占主导地位的时期,数据通信主要解决主机与终端的通信,以及大型机与大型机构成的网络之间的通信问题,通信链路通常使用低速和异步传输模式。20 世纪 80 年代微处理机的出现带来了计算机技术的重大变革,同时也改变了传统的数据通信的面貌,随着个人计算机技术的发展和广泛应用,用户共享数据、软件与硬件系统的愿望日益强烈。这种社会需求导致局域网技术出现了突破性的进展。20 世纪 80 年代,在局域网技术领域,采用以太网(ethernet)、令牌总线(token bus)、令牌环(token ring)的局域网产品形成三足鼎立之势,并且形成了相应的国际标准,采用光纤作为传输介质的光纤分布式数据接口(Fiber Distributed Data Interface, FDDI)产品在高速与主干网应用方面起了重要的作用。

20 世纪 90 年代,局域网技术在传输介质、网络操作系统与客户机/服务器计算模式等方面取得了重要进展。Ethernet 网络中,用非屏蔽双绞线实现了 10Mb/s 的数据传输,并在此基础上形成了网络结构化布线技术,使局域网在办公自动化环境中得到更广泛的应用。网络操作系统 NetWare、Windows NT Server、IBM LAN Server 及 UNIX 的应用,使局域网技术进入成熟阶段;客户机/服务器计算模式的应用,使网络服务功能达到更高水平;而 TCP/IP 协议的广泛应用,使网络互联技术发展到一个崭新的阶段。

随着网络的广泛应用与规模的不断增长,网络管理问题日益突出,这就导致网络管理技术、协议标准与产品研究、开发工作的发展,简单网络管理协议 SNMP 也是在这种背景下出现的。

1.1.4 Internet 的应用与高速网络技术发展

目前,计算机网络的发展正处于这个阶段。这一阶段 Internet 被广泛应用,局域网技术不断成熟,高速网络技术迅速发展。

1986 年,美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)建立了自己的计算机通信网络。NSFNet 将美国各地的科研人员连接到分布在美国不同地区的超级计算机中心,并将按地区划分的计算机广域网与超级计算机中心相连(实际上它是一个三级计算机网络,分为主干网、地区网和校园网,覆盖了美国主要的大学和研究所)。

随着 NSFNet 的建设和开放,网络结点数和用户数量迅速增长。以 Internet 为基础的网络互联也迅速向全球发展,许多国家纷纷接入 Internet,使网络通信量急剧增大。

Internet 的迅猛发展始于 20 世纪 90 年代。由欧洲粒子物理研究所(CERN)开发的万维网 WWW 被广泛使用在 Internet 上,大大方便了广大非网络专业人员对网络的使用,成为 Internet 发展呈指数级增长的主要驱动力。

1992 年,Internet 上的主机超过 100 万台。1993 年,Internet 主干网的速率提高到 45Mb/s。到 1996 年,速率为 155Mb/s 的主干网建成。1999 年,MCI 和 WorldCom 公司将美国的 Internet 主干网速率提高到 2.5Gb/s。到 1999 年底,在 Internet 上注册的主机已超过 1000 万台。

在 Internet 飞速发展与广泛应用的同时,高速网络也在迅速发展。高速网络技术发展主要表现在:高速局域网、交换局域网与虚拟网络、宽带综合业务数据网(B-ISDN)和异步传输模式(ATM)、基于光纤通信技术的宽带局域网与宽带接入网技术等。

20 世纪 90 年代,世界经济进入了一个全新的发展阶段,经济的发展推动着信息产业的发展,信息技术与网络的应用已成为衡量 21 世纪综合国力与企业竞争力的重要标准。人们开始认识到信息技术的应用与信息产业的发展将会对各国经济的发展产生重要的作用,许多国家开始制定各自的信息高速公路的建设计划。1993 年 9 月美国公布了国家信息基础设施(National Information Infrastructure,NII)建设计划,NII 被形象地称为信息高速公路。美国政府又分别于 1996 年和 1997 年开始研究发展更加快速可靠的 Internet 2 和下一代 Internet(Next Generation Internet)。美国建设信息高速公路的计划触动了世界各国,很多国家开始制定各自的信息高速公路建设计划。建设信息高速公路的目的是为了满足人们在未来随时随地对信息交换的需要,在此基础上提出了个人通信与个人通信网的概念,它将最终实现全球有线网、无线网的互联,邮电通信网与电视通信网的互联,固定通信与移动通信的结合。在现有公用电话交换网(PSTN)、公共数据网(PDN)、广播电视网、宽带综合业务数据网(B-ISDN)的基础上,利用无线通信、蜂窝移动电话、卫星移动通信、有线电视网等通信手段,最终实现“任何人在任何地方、在任何时间、使用任意一种通信方式、实现任何业务的通信”。

1.1.5 宽带网络与无线网络的发展

随着计算机技术和通信技术的发展,信息传输的手段发生了极大的变化。人们对各种业务的需求也越来越高,要求业务的种类越来越多样化,如语音、数据、图像等各种业务,这使多媒体业务的需求迅速上升。为满足上述业务迅速上升的需求,就要求网络向宽带化、智能化、综合化方向发展,宽带网络应运而生。

宽带网络可分为宽带骨干网和宽带接入网两个部分。

1. 宽带骨干网

骨干网又称为核心交换网,电信业一般将传输速率达到 2Gb/s 的骨干网称作宽带网。较早出现的宽带骨干网的分组交换技术有 X.25、帧中继,到后来的 IP、ATM 以及 MPLS 技术。经过几十年的发展,目前,IP 技术成为主流的宽带网络技术,未来将朝着以光互联网技术为主流技术的超宽带信息网络方向发展。

帧中继(Frame Relay,FR),是一种面向连接的快速分组交换技术。是 20 世纪 80 年代初发展起来的一种数据通信技术,它是从 X.25 分组通信技术演变而来的。由于传输技术的发展,数据传输误码率大大降低,分组通信的差错恢复机制显得过于繁琐,帧中继将分组通信的三层协议简化为两层,即在 OSI 第二层以简化的方式传送数据,仅完成物理层和链路层的核心功能,网络不进行纠错、重发、流量控制等,而将这些功能留给智能终端去处理,从而大大缩

短了处理时间,提高了效率。

异步传输模式(Asynchronous Transfer Mode, ATM)是一种快速分组交换技术,ITU-T 推荐其为宽带综合业务数据网 B-ISDN 的信息传输模式。该技术能够提供远高于传统数据网的交换速度,由于良好的拥塞控制机制和优先级区分,ATM 能够提供对话音、图像等实时业务的 QoS 保证。

多协议标签交换(Multiprotocol Label Switching, MPLS)结合了传统 IP 和 ATM 技术,具有实现简单,交换速度快和支持流量工程和业务的服务等级等优点。它引入了基于标签的机制,把选路和转发分开,由标签来规定一个分组通过网络的路径,数据传输通过标签交换路径(LSP)完成。MPLS 网络由标签交换路由器(LSR)、标签边缘路由器(LER)组成。MPLS 不依赖于特定的数据链路层协议,可支持多种物理和链路层技术(IP/ATM、以太网、PPP、帧中继、光传输等)。

光互联网及交换技术,密集波分复用技术(DWDM)、吉比特(Gigabit)以太网与太比特(Terabit)级交换机/路由器的出现使得建立高效、大容量、高带宽的光纤网络成为可能。为了使得网络结构更具扩展性、灵活性和动态性,面向 Internet 业务的下一代光网络,已由 IP-over-SONET/SDH 向 IP-over-(D)WDM 网络发展,IP-over-(D)WDM 将成为下一代光互联网的首选结构。实现 IP-over-(D)WDM 的交换技术方案有三种:光电路交换/波长路由(Optical Circuit Switching)、光分组/信元交换(Optical Packet Switching)和光突发交换(Optical Burst Switching)。其中光突发交换(OBS)结合了电路交换和分组交换的优点,同时又克服二者的不足,被认为是下一代全光互联网理想的交换模式。

2. 宽带接入网

接入网技术可根据所使用的传输介质的不同分为光纤接入、铜线接入、光纤同轴电缆混合接入。

铜线宽带接入技术也就是 xDSL 技术,主要包括高比特率的用户数字环路(HDSL)、非对称用户数字环路(ADSL)和甚高比特率的用户数字环路(VDSL)。HDSL 利用现有铜线用户线中的两对或三对双绞线来提供全双工的 1.5/2Mb/s 数字连接能力。ADSL 在一对铜线上提供上行速率 512K~1Mb/s,下行速率 1~8Mb/s,有效传输距离在 3~5km 范围以内。VDSL 是 xDSL 技术中最快的一种,在一对铜质双绞电话线上,下行速率为 13~52Mb/s,上行速率为 1.5~2.3Mb/s。总的说来,xDSL 技术允许多种格式的数据、话音和视频信号通过铜线从局端传给远端用户,可以支持高速 Internet/Intranet 访问、在线业务、视频点播、电视信号传送、交互式娱乐等。其主要优点是能在现有 90%铜线资源上传输高速业务,解决光纤不能完全取代铜线“最后一公里”的问题。

光纤接入网又称光纤用户环路(FITL),由于采用光纤作为传输介质,具有传输距离远,带宽大,维护费用低等特点,是有线宽带接入技术的理想方案,代表了宽带接入网的发展方向。按照到接入端的距离,FITL 可分为光纤到路边(VITC)、光纤到大楼(FTTB)、以及光纤到户(FTTH)等几种形式。

光纤同轴混合接入(Hybrid Fiber Coaxial, HFC)采用光纤到服务区,而在进入用户的“最后一公里”采用同轴电缆。它融数字与模拟传输为一体,集光电功能于一身,同时提供高质量和较多频道的传统模拟广播电视节目、较好性能价格比的电话服务、高速数据传输服务和多种信息增值服务,以及交互式数字视频应用。