

高等学校规划教材

工程应用型院校计算机系列教材

安徽省高等学校“十二五”省级规划教材

总主编 胡学钢



计算机网络

JISUANJI WANGLUO

主编 周鸣争



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社

计 算 机 网 络

总 主 编 胡学钢

主 编 周鸣争

副 主 编 朱 程 刘 斌 侯加兵

编写人员 (以姓氏笔画为序)

朱 程 蚌埠学院

刘 斌 安徽科技学院

陈振伟 皖西学院

周鸣争 安徽工程大学

侯加兵 巢湖学院

樊郁徽 淮南师范学院



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/周鸣争主编. —合肥:安徽大学出版社,2014.5

工程应用型院校计算机系列教材/胡学钢总主编

ISBN 978-7-5664-0696-5

I. ①计… II. ①周… 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(2013)第 318748 号

计算机网络

胡学钢 总主编
周鸣争 主 编

出版发行: 北京师范大学出版集团
安 徽 大 学 出 版 社
(安徽省合肥市肥西路3号 邮编 230039)
www.bnupg.com.cn
www.ahupress.com.cn

经 销: 全国新华书店
印 刷: 安徽省人民印刷有限公司
开 本: 184mm×260mm
印 张: 17
字 数: 421 千字
版 次: 2014 年 5 月第 1 版
印 次: 2014 年 5 月第 1 次印刷
定 价: 34.00 元
ISBN 978-7-5664-0696-5

策划编辑:李 梅 蒋 芳
责任编辑:蒋 芳
责任校对:程中业

装帧设计:李 军 金伶俐
美术编辑:李 军
责任印制:赵明炎

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话:0551—65106311

外埠邮购电话:0551—65107716

本书如有印装质量问题,请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话:0551—65106311

编写说明

计算机科学与技术的迅速发展,促进了许多相关学科领域以及应用分支的发展,同时也带动了各种技术和方法、系统与环境、产品以及思维方式等的发展,由此而进一步激发了对各种不同类型人才的需求。按照教育部计算机科学与技术专业教学指导委员会的研究报告来分,学校培养的人才类型可以分为科学型、工程型和应用型三类,其中科学型人才重在基础理论、技术和方法等的创新;工程型人才以开发实现预定功能要求的系统为主要目标;应用型人才以系统集成为主要途径实现特定功能的需求。

虽然这些不同类型人才的培养有许多共同之处,但是因不同类型人才的就业岗位所需要的责任意识、专业知识能力与素质、人文素养、治学态度、国际化程度等方面存在一定的差异,因而培养目标、培养模式等方面也存在不同。对大多数高校来说,很难兼顾各类人才的培养。因此,合理定位培养目标是确保教学目标和人才培养质量的关键。

由于当前社会领域从事工程开发和应用的岗位数量远远超过从事科学人才的数量,结合当前绝大多数高校的办学现状,安徽省高等学校计算机教育研究会在和多所高校专业负责人以及来自企业的专家反复研究和论证的基础上,确定了以培养工程应用型人才为主的安徽省高等学校计算机类专业的培养目标,并组织研讨组共同探索相关问题,共同建设相关教学资源,共享研究和建设成果,为全面推动安徽省高等学校计算机教育教学水平做出积极的贡献。北京师范大学出版集团安徽大学出版社积极支持安徽省高等学校计算机教育研究会的工作,成立了编委会,组织策划并出版了全套工程应用型计算机系列教材。

为了做好教材的出版工作,编委会在许多方面都采取了积极的措施:

编委会组成的多元化:编委会不仅有来自高校的教育领域的资深教师和专家,而且还有从事工程开发、应用技术的资深专家,从而为教材内容的重组提供更为有力的支持。

教学资源建设的针对性:教材以及教学资源建设的目标就是要突出体现“学以致用”的原则,减少“学不好,用不上”的空泛内容,增加其应用案例,尤其是增设涵盖更多知识点和应用能力的系统性、综合性的案例,以培养学生系统解决问题的能力,进而激发其学习兴趣。

建设过程的规范性:编委会对整体的框架建设、对每本教材和资源的建设都采取汇报、交流和研讨的方式,以听取多方意见和建议;每本书的编写组也都进行反复的讨论和修订,努力提高教材和教学资源的质量。

如果我们的工作能对安徽省高等学校计算机类专业人才的培养做出贡献,那将是我们的荣幸。真诚欢迎有共同志向的高校、企业专家提出宝贵意见和建议,更期待你们参与我们的工作。

胡学钢

2013年8月10日于合肥

编委会名单

主 任 胡学钢(合肥工业大学)

委 员 (以姓氏笔画为序)

王 浩(合肥工业大学)

王一宾(安庆师范学院)

叶明全(皖南医学院)

孙 力(安徽农业大学)

刘仁金(皖西学院)

朱昌杰(淮北师范大学)

沈 杰(合肥炜煌电子有限公司)

李 鸿(宿州学院)

陈 磊(淮南师范学院)

张先宜(合肥工业大学)

陈桂林(滁州学院)

张润梅(安徽建筑大学)

张燕平(安徽大学)

金庆江(合肥文康科技有限公司)

周国祥(合肥工业大学)

周鸣争(安徽工程大学)

宗 瑜(皖西学院)

郑尚志(巢湖学院)

钟志水(铜陵学院)

姚志峰(蓝盾信息安全技术股份有限公司)

郭有强(蚌埠学院)

黄 勇(安徽科技学院)

黄海生(池州学院)

潘地林(安徽理工大学)

前言

计算机网络是当今计算机科学与技术学科中发展最为迅速的技术之一,也是计算机应用中的一个空前活跃的领域。在 ACM 和 IEEE CC2005 以及我国《中国计算机科学与技术学科教程》(简称 CCC2002)中,都已将“计算机网络”列为专业核心课程。计算机网络已成为广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专业人员应该掌握的重要知识。本书正是在借鉴 IEEE2005 课程体系和 CCC2002 基本要求的基础上,遵循优化结构、精选内容、突出重点和提高质量的原则,结合计算机网络技术的最新进展和作者多年从事计算机网络课程教学的经验以及“计算机网络”精品课程建设的实践,基于 Internet 协议体系确定了其组织与结构。希望为广大读者提供一本既能保持知识的系统性,又能反映当前网络技术发展的最新成果,层次清晰、循序渐进、理论联系实际、易于学习的教科书。

本书共分 9 章,第 1 章讨论了计算机网络的基本概念,介绍了计算机网络的体系结构及协议,对 OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型进行了分析与比较。第 2 章在介绍数据通信基础知识的基础上,对物理层基本概念和主要协议进行了讨论,对常用的宽带接入技术进行了介绍。第 3 章讨论了基于点对点链路的数据链路层的基本概念和 HDLC、PPP 等协议。第 4 章讨论了介质访问控制方法,同时介绍了无线局域网和虚拟局域网技术。第 5 章对网络层的基本概念、路由选择、IP 协议、路由器进行了系统的讨论,在此基础上介绍了 IPv6、IP 多播路由、移动 IP、VPN 和 NAT 技术。第 6 章在介绍运输层的功能和提供服务的基础上,对 TCP、UDP 协议以及套接字编程方法进行了系统的讨论。第 7 章讨论了应用层的基本概念和 Internet 应用层常用的 DNS、WWW、FTP、SMTP 协议。第 8 章讨论了网络安全的基本问题,介绍了加密与认证、防火墙与访问控制、网络攻击与防攻击技术,并对网络管理进行了系统讨论。第 9 章对计算机网络新技术进行了讨论,介绍了 Ad Hoc 网络基本概念和关键技术,物联网的体系结构和典型协议以及 P2P 网络技术。

本书由周鸣争担任主编,朱程、刘斌、侯加兵担任副主编。第 1、3 章由朱程编写,第 2、5 章由樊郁徽编写,第 4 章由陈振伟编写,第 6、9 章由刘斌编写,第 7、8 章由侯加兵编写。全书由周鸣争负责统稿和定稿工作。

在本书的编写过程中得到了有关专家热心的指导与无私的帮助,编者在此表示衷心的感谢。此外,本书编写时还参考了大量文献资料,在此向这些文献资料的作者深表谢意。

由于编者学术水平有限,书中难免有不当和欠妥之处,敬请各位专家、读者批评指正。

编者

2013 年 7 月

内容简介

全书共分 9 章,比较全面系统地介绍了计算机网络体系结构、物理层、数据链路层、局域网、网络层、运输层、应用层、网络安全与网络管理、新型网络技术等内容。每章均附有习题,便于读者巩固所学内容。

本书层次清晰,内容全面系统,图文并茂,注重理论与实践的结合。在突出基本原理和基本概念阐述的同时,力图反映出计算机网络的一些新发展。本书可以作为高等院校计算机专业以及电子信息类专业本科生或研究生教材,也可供从事计算机网络应用与信息技术的工程人员参考。

目 录

第 1 章 计算机网络概述	1
1.1 计算机网络的发展过程	1
1.1.1 早期的计算机网络	2
1.1.2 现代计算机网络的形成	2
1.1.3 局域网的产生和发展	3
1.1.4 计算机网络体系结构的形成	3
1.1.5 Internet 时代	4
1.2 计算机网络的定义和分类	6
1.2.1 计算机网络的定义	7
1.2.2 计算机网络的分类	7
1.2.3 局域网、城域网和广域网	7
1.3 计算机网络的组成、拓扑结构和功能	8
1.3.1 计算机网络的组成	8
1.3.2 计算机网络的拓扑结构	9
1.3.3 计算机网络的功能	12
1.4 计算机网络的体系结构	12
1.4.1 开放系统互连参考模型(OSI/RM)	13
1.4.2 TCP/IP 模型	15
1.4.3 OSI/RM 和 TCP/IP 模型的区别	16
1.4.4 网络体系结构中的重要概念	17
习题 1	18
第 2 章 物理层	20
2.1 物理层的基本概念	20
2.1.1 数据通信的基本概念	22
2.1.2 数据通信系统的模型	25
2.1.3 基带传输技术	26
2.1.4 频带传输技术	27
2.2 数据通信及编码技术	27
2.2.1 数据、信号与信道	27
2.2.2 数据传输介质	28
2.2.3 数据编码技术	31

2.3	多路复用技术	34
2.3.1	频分多路复用	34
2.3.2	波分多路复用	35
2.3.3	时分多路复用	36
2.3.4	码分多路复用	36
2.4	数据交换技术	37
2.4.1	线路交换方式	37
2.4.2	存储转发方式	38
2.4.3	数据报方式	38
2.4.4	虚电路方式	39
2.5	常见的物理层标准、设备与组件	39
2.5.1	常见的物理层标准	39
2.5.2	常见的物理层设备	43
2.5.3	常见的物理层组件	44
2.6	常用的宽带接入技术	47
2.6.1	xDSL 技术	47
2.6.2	光纤同轴混合网	49
2.6.3	FTTx 技术	52
2.6.4	无线宽带接入技术	53
	习题 2	56
第 3 章	数据链路层	59
3.1	数据链路层概述	59
3.1.1	数据链路层的基本概念	59
3.1.2	数据链路层的功能	59
3.1.3	数据链路层的服务	60
3.2	帧与成帧	61
3.2.1	帧的基本格式	61
3.2.2	成帧与拆帧	61
3.2.3	帧的定界	62
3.3	差错检测和纠错方法	63
3.3.1	差错产生的原因	63
3.3.2	奇偶校验码	63
3.3.3	海明码	64
3.3.4	循环冗余校验码	65
3.4	数据链路协议	66
3.4.1	滑动窗口	67
3.4.2	反馈重传	67

3.5	数据链路层协议实例	71
3.5.1	高级数据链路控制协议 HDLC	71
3.5.2	PPP 协议	74
3.6	数据链路层的设备与组件	75
3.6.1	网桥	75
3.6.2	交换机	76
3.7	异步传输方式 ATM	77
	习题 3	80
第 4 章	局域网	82
4.1	局域网概述	82
4.1.1	局域网的定义和特点	82
4.1.2	局域网的拓扑结构	82
4.2	IEEE 802 标准	84
4.2.1	IEEE 802 标准概述	84
4.2.2	局域网的体系结构	84
4.3	介质访问控制	84
4.3.1	CSMA/CD	84
4.3.2	CSMA/CA	86
4.3.3	令牌环访问控制	87
4.4	典型局域网技术	88
4.4.1	10Mbps 以太网	88
4.4.2	快速以太网	89
4.4.3	千兆以太网	90
4.4.4	万兆以太网	91
4.5	令牌环网与 FDDI 技术	93
4.5.1	令牌环网	93
4.5.2	FDDI 技术	94
4.6	局域网组网设备	96
4.6.1	服务器与工作站	96
4.6.2	网卡	96
4.6.3	网桥与交换机	97
4.7	无线局域网	98
4.7.1	无线局域网标准	98
4.7.2	无线局域网设备	98
4.7.3	IEEE 802.11X 协议	100
4.8	虚拟局域网	101
4.8.1	虚拟局域网简介	101
4.8.2	虚拟局域网的实现技术	101
	习题 4	103

第 5 章 网络层	104
5.1 概述	104
5.1.1 网络层的基本概念	104
5.1.2 网络服务模型	106
5.1.3 数据报服务	106
5.1.4 虚电路服务	107
5.2 IP 协议	109
5.2.1 IPv4 编址	109
5.2.2 子网的划分和子网掩码	112
5.2.3 数据报格式	114
5.2.4 互联控制报文协议(ICMP)	116
5.2.5 ARP 与 RARP	119
5.3 路由选择	121
5.3.1 路由选择的原理	121
5.3.2 链路状态路由算法	122
5.3.3 距离向量路由算法	123
5.3.4 RIP 协议和 OSPF 协议	124
5.3.5 BGP 协议	127
5.4 路由器	128
5.4.1 路由器的基本结构和功能	128
5.4.2 路由器的工作原理	129
5.4.3 第三层交换	130
5.5 IPv6 与下一代网络	130
5.5.1 IPv6 的概述	131
5.5.2 IPv6 的数据报格式	131
5.5.3 IPv4 到 IPv6 的过渡	133
5.5.4 下一代互联网的主要特征	134
5.6 IP 多播路由选择	135
5.6.1 多播的基本概念	135
5.6.2 IGMP	136
5.6.3 因特网中的多播路由选择	137
5.7 移动 IP	138
5.7.1 网络层中的移动性	138
5.7.2 移动 IP 协议	139
5.8 虚拟专用网(VPN)和网络地址转换(NAT)	142
5.8.1 虚拟专用网(VPN)	142
5.8.2 网络地址转换(NAT)	143
习题 5	145

第 6 章 运输层	148
6.1 运输层的基本功能与服务	148
6.1.1 运输层概述	148
6.1.2 运输层的功能	149
6.1.3 TCP/IP 体系中的运输层	150
6.2 运输控制协议 TCP	151
6.2.1 TCP 报文格式	152
6.2.2 端口和套接字	155
6.2.3 TCP 连接的实现	156
6.2.4 TCP 可靠数据传输的实现	158
6.3 用户数据报协议 UDP	164
6.3.1 UDP 概述	164
6.3.2 UDP 用户数据报格式	165
6.4 套接字编程	166
6.4.1 TCP 套接字编程	168
6.4.2 UDP 套接字编程	168
习题 6	169
第 7 章 应用层	172
7.1 应用层概述	172
7.1.1 应用层协议	172
7.1.2 因特网中提供的服务	173
7.2 DNS	176
7.2.1 DNS 简介	176
7.2.2 域名服务器的层次结构	177
7.2.3 DNS 记录	179
7.3 万维网	180
7.3.1 统一资源定位符(URL)	182
7.3.2 超文本传输协议	183
7.3.3 HTTP 报文结构	184
7.3.4 超文本标记语言	185
7.4 浏览器	187
7.5 文件传输	188
7.5.1 文件传输的概念	188
7.5.2 文件传输服务的工作过程	189
7.5.3 简单文件传输协议	191

7.6	电子邮件服务	191
7.6.1	简单邮件传输协议(SMTP)	193
7.6.2	电子邮件的消息格式	195
7.6.3	邮件读取协议 POP 和 IMAP	195
7.7	动态主机配置协议 DHCP	197
7.7.1	DHCP 的概念	197
7.7.2	DHCP 的基本术语	197
7.7.3	DHCP 的工作	198
7.7.4	配置 DHCP 服务器	200
	习题 7	202
第 8 章	计算机网络安全和网络管理	204
8.1	网络安全简介	204
8.2	数据加密技术	211
8.2.1	基本概念	211
8.2.2	数字签名技术	215
8.2.3	密钥分配	216
8.3	防火墙访问控制技术	217
8.3.1	防火墙简介	217
8.3.2	包过滤技术	218
8.3.3	代理服务	218
8.3.4	防火墙的体系结构	218
8.4	网络攻击和防攻击的策略	220
8.4.1	网络攻击	221
8.4.2	分组嗅探 sniffer	223
8.4.3	拒绝服务攻击	223
8.4.4	分布式拒绝服务攻击	225
8.4.5	防攻击的策略	225
8.5	因特网使用的安全技术	226
8.5.1	网络层安全协议	226
8.5.2	传输层安全协议	228
8.5.3	应用层安全协议	229
8.6	网络管理	230
8.6.1	网络管理简介	230
8.6.2	管理信息结构	232
8.6.3	管理信息库 MIB	234
8.6.4	SNMP 协议	235
	习题 8	240

第 9 章 新型网络技术	241
9.1 Ad Hoc 网络	241
9.1.1 Ad Hoc 网络的基本概念	241
9.1.2 Ad Hoc 网络的关键技术	243
9.2 物联网	246
9.2.1 物联网概述	246
9.2.2 物联网的体系结构	247
9.2.3 物联网的关键技术	248
9.3 P2P 网络技术	254
9.3.1 P2P 概述	254
9.3.2 P2P 系统结构	254
9.3.3 P2P 技术的典型应用	256
习题 9	257
参考文献	258

第 1 章 计算机网络概述

本章目标

- 了解计算机网络的发展过程
- 掌握计算机网络的定义和分类方法
- 掌握计算机网络的结构和功能的概念
- 掌握网络体系结构及协议的概念
- 了解因特网的历史和发展

计算机网络(Computer Network)是计算机技术与通信技术相结合的产物,它的出现对人类的进步做出了巨大的贡献,它的发展适应了社会对资源共享和信息传递日益增长的需求。随着计算机网络技术的飞速发展,特别是近年来 Internet 在全球范围的迅速普及,计算机网络已经深入到人类的政治、经济、军事、科技、生活等各个领域,并对社会发展、经济结构以及人们的日常生活方式产生了深刻的影响与冲击。随着计算机技术的不断发展,硬件制造与软件制造、传统经济与信息技术相结合,计算机网络将成为推动 21 世纪经济和社会发展的强大动力。计算机网络技术的迅速发展和广泛应用必将进一步推动社会的发展进程,对社会信息化与经济发展产生重要的影响。

1.1 计算机网络的发展过程

世界上第一台电子数字计算机于 1946 年诞生,称为电子数字积分器和计算器(Electronic Numerical Integrator And Calculator, ENIAC),由 18000 个真空管组成,占地面积 170m²,重量达 28t。1971 年问世的第一块集成电路处理器 4004,集成了 2300 个晶体管,而可以放在手心里的奔腾 4 芯片,已经集成了 4200 个晶体管。随着大规模集成电路的发展,计算机的体积越来越小,处理能力越来越高,价格越来越低。计算机技术的发展日新月异。

通信技术是一门发展更早的技术。1838 年莫尔斯发明了有线电报,开创了通信技术时代;1876 年贝尔发明了电话;1896 年马可尼发明了无线电报;1927 年 AT&T 启动了跨越大西洋的电话业务;1966 年研究人员首次使用光纤传输电话信号。

20 世纪 50 年代中期,人们开始进行计算机技术与通信技术相结合的尝试,一些系统通过电话线路将多个远程终端连接到一台中心计算机上,共享其资源,形成了计算机网络的雏形。短短几十年,计算机网络得到了飞速的发展,人类已经构建了覆盖全球的 Internet,铺设了四通八达的信息高速公路。

1.1.1 早期的计算机网络

20 世纪 50 年代中期,美国麻省理工学院林肯实验室为美国空军设计的半自动化地面防空系统 SAGE,将远距离的雷达和其他检测装置的信号通过通信线路送入一台 IBM 计算机系统,连接了 1000 多台终端,被认为是世界上最早的计算机网络。接着,一些系统通过通信线路将多个终端连接到一台中心计算机上,用户可以在远离中心机房的办公室分时使用中心计算机的资源。当时的通信线路主要是电话系统,通过调制解调器进行模拟信号和数字信号的转换。1964 年问世的美国航空公司的飞机票预订系统 SABER,由一台中心计算机连接了全美范围的 2000 多个终端组成,被认为是世界上第一个商用的早期计算机网络系统。

早期的计算机网络是计算机和电话通信系统相结合的产物,连接到中心计算机的终端并没有自主处理能力,按照现代计算机网络的定义,还不能算真正的计算机网络,它实际上是以单台计算机为中心的远程联机系统,但它提供了计算机通信的许多基本技术,成为以后发展起来的计算机网络的雏形。

关键概念:早期的计算机网络是以单台计算机为中心的远程联机系统。

1.1.2 现代计算机网络的形成

随着计算机应用的发展,网络用户希望将分布在不同地点的计算机通过通信线路互相连接使之成为计算机网络。这样用户不仅可以使使用本地计算机的资源,还可以通过连网使用其他计算机的硬件、软件和数据资源,从而达到计算机资源共享的目的。

现代计算机网络是 20 世纪 60 年代美苏冷战时期的产物。多台具有自主处理能力的计算机通过通信线路连接起来,使用分组交换方式进行通信。美国国防部高级研究计划署(Defense Advanced Research Projects Agency,DARPA),资助一些大学和公司进行计算机网络的研究,设计了一个 4 节点的实验性网络 ARPANET,并于 1969 年成功地投入运行。后来 ARPANET 不断地发展壮大,演变成了今天的因特网。ARPANET 是计算机网络发展史上一个辉煌的里程碑,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的定义、分类与子课题研究的描述。
- ②提出了“资源子网”、“通信子网”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。

关键概念:现代计算机网络是具有自主处理能力、使用分组交换方式通信的计算机互联。

资源子网由网络中的所有主机、终端、终端控制器、外部设备(如网络打印机、磁盘阵列等)和各种软件资源组成,负责全网的数据处理和向网络用户(工作站或终端)提供网络资源和服务。通信子网由各种通信设备和线路组成,承担资源子网的数据传输、转接和变换等通

信工作。以通信子网为中心的计算机互联网络的典型结构如图 1-1 所示。

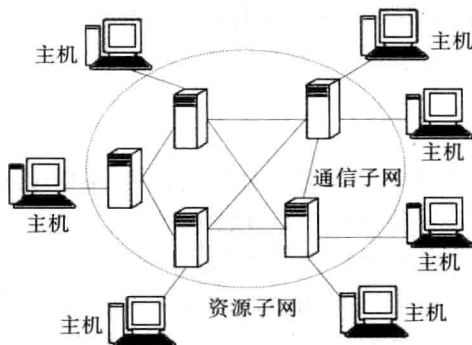


图 1-1 计算机互联网络的典型结构

1.1.3 局域网的产生和发展

局域网(Local Area Networks, LAN)是计算机网络发展中的一个重要分支。LAN 发展始于 20 世纪 70 年代。1972 年,美国加州大学研制了 Newhall Loop 网;1974 年,英国剑桥大学计算机实验室建立了剑桥环(Cambridge Ring);1975 年,Xerox 公司 Palo Alto 研究中心研制了第一个总线结构的实验性以太网(Ethernet)。20 世纪 80 年代,多种类型的 LAN 纷纷出现,并投入了市场。

超大规模集成电路(Very Large Scale Integration, VLSI)技术的发展大大促进了微型计算机技术的发展,推动了微型机局域网的发展,其中以 Microsoft Windows NT/2000 和 Novell 公司的 NetWare PC-LAN 最为著名。

LAN 技术发展最迅速的是以太网,它历经 30 年的发展,其速度已由原来的 10Mbit/s 提高到 10Gbit/s。以太网是 LAN 的主流网络,保持了支配性的市场地位。

1.1.4 计算机网络体系结构的形成

由于大量出现的计算机网络是由各研究单位自行研制开发使用的,没有一个统一的网络体系结构。如果要在大范围把这些网络互联起来,实现信息交换和资源共享,有着很大的困难,人们认识到必须使计算机网络的体系结构标准化。20 世纪 70 年代,一些大的计算机公司纷纷提出了各种网络体系结构与网络协议。1974 年,IBM 公司首先提出了系统网络体系结构(System Network Architecture, SNA)标准。1975 年,DEC 公司也公布了数字网络体系结构(Digital Network Architecture, DNA)标准。

1977 年,国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)下属的计算机与信息处理标准化技术委员会成立了一个分委员会,专门研究计算机网络体系结构的标准化问题,经过多年艰苦的努力,制定出了称为“开放系统互连参考模型”(Open System Interconnection / Reference Model, OSI/RM)的国际标准 ISO 7498。OSI/RM 分为七层,每层都规定了相应的协议标准,形成了 OSI 七层体系结构,简称“OSI”。

由于 OSI/RM 参考模型所规范的网络体系结构在实现上的复杂性,以及 ARPANET 与 UNIX 系统的迅速发展,传输控制协议/网际协议(Transmission Control Protocol/Internet