

高等学校计算机专业教材

GAODENG XUOXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI

计算机网络教程

● 黄燕 主编 黄燕 邹仁明 吴平 编著

GAODENG XUOXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI
GAODENG XUOXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI
GAODENG XUOXIAO JISUANJI ZHUANYE JIAOCAI

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高等学校计算机专业教材

计算机网络教程

黄燕 主编

黄燕 邹仁明 吴平 编著

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络教程/黄燕主编;黄燕,邹仁明,吴平编著. —北京:人民邮电出版社,2004.4
高等学校计算机专业教材
ISBN 7-115-11914-7

I. 计... II. ①黄... ②黄... ③邹... ④吴... 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 (2004) 第 027529 号

内容提要

本书以计算机网络及 Internet 为背景,系统地介绍计算机网络的发展,网络通信原理, TCP/IP 体系结构,局域网、广域网互连技术以及 Internet 应用。

全书共 12 章。第 1 章概述计算机网络发展及通信交换技术;第 2 章介绍数据通信基本原理;第 3 章系统介绍 TCP/IP 网络体系结构及重要协议工作原理;第 4 章、第 5 章分别从原理及互连技术方面介绍局域网技术;第 6 章详细介绍各种广域网技术;第 7 章重点介绍广域网的核心技术——路由交换技术及网关;第 8 章和第 9 章分别介绍网络管理及网络安全;第 10 章从应用角度介绍 Internet 各种服务,详细介绍如何用 Windows 2000 Server 系统配置 DNS 服务器、DHCP 服务器、WWW 及 FTP 服务器;第 11 章介绍网络工程的基本规则;最后第 12 章展望未来 Internet 的技术、服务和挑战。

本书可作为高等院校计算机专业及相关专业本科生或研究生的计算机网络课程教材,也可供从事计算机网络技术及其应用工作的专业技术人员学习参考。

高等学校计算机专业教材

计算机网络教程

◆ 主 编 黄 燕

编 著 黄 燕 邹仁明 吴 平

责任编辑 赵鹏飞

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129259

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 27

字数: 647 千字

2004 年 4 月第 1 版

印数: 1—5 000 册

2004 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11914-7/TP · 3746

定价: 34.00 元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

进入 21 世纪,网络把人们带进了一个日新月异的信息时代。E-mail、WWW 服务器、网络电话、IPTV、视频点播及电子商务等各种网络应用不断涌现,推动各行各业发生着巨大的变革。网络和 Internet 已成为人们工作、生活及通信交流不可缺少的重要组成部分。

本书共 12 章,以 TCP/IP 协议族为主线,重点阐述各协议的工作原理,从应用出发,系统介绍局域网工作原理、网络互连设备(网卡、集线器、网桥、交换机、路由器、网关)、互连技术以及吉比特以太网,还介绍了各种广域网技术,如电话网、帧中继、ISDN、ATM、SONET、xDSL,并突出介绍广域网的核心技术——路由交换技术。针对 Internet 的应用,详细介绍如何用 Windows 2000 Server 系统配置 DNS 服务器、DHCP 服务器、WWW 及 FTP 服务器,以及网络管理、网络安全、网络工程等。为了便于学生学习,每章后附有若干习题。

本书由黄燕组织编写,并撰写了书中的第 2~6 章和第 10、12 章,邹仁明老师编写了第 7、8、9 章,吴平老师编写了第 1 和 11 章。本教材注重理论联系实际,对一些成熟的网络基本原理进行了详细的介绍,参考学时为 70~90 学时。

在本书的编写过程中,北京林业大学、北京联合大学等高校的老师对本书大纲提出了宝贵的意见;在全书的编写及校对过程中,张日俊博士、王立慧女士提出了许多很好的建议。在此一并向他们表示感谢。

网络技术的飞速发展,使得新技术不断涌现,如何在有限的篇幅中将重要的网络知识阐述清楚,对新技术、新标准如何取舍是编写教材的难处。由于作者水平有限,书中难免存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

作者的电子邮件地址:hy2002rr@vip.sina.com

黄燕

2004 年 1 月于北京

目 录

第 1 章 引论	1
1.1 计算机通信网络的发展简史	1
1.2 通信网络概述	3
1.2.1 电话网	3
1.2.2 有线电视网	3
1.2.3 卫星通信网	4
1.2.4 移动通信网	5
1.2.5 计算机网络	5
1.3 交换技术	5
1.3.1 电路交换(Circuit Switch)	6
1.3.2 报文交换(Datagram Switch)与分组交换 (packed Switch)	6
1.3.3 三种交换技术的比较	6
1.4 Internet 的热点及最新描述	8
习题	9
第 2 章 数据通信原理	10
2.1 数据通信模型	10
2.2 传输概念	11
2.2.1 时域概念	11
2.2.2 频域概念	12
2.2.3 信道、带宽、传输延迟	13
2.2.4 信道容量 (Capacity)、Shannon 定理及 Nyquist 原理	13
2.3 数据传输、调制与编码	14
2.3.1 模拟数据在模拟信道上传输、调制与编码	14
2.3.2 数字数据在模拟信道上传输、调制与编码	15
2.3.3 模拟数据在数字信道上传输与编码	16
2.3.4 数字数据在数字信道上传输、调制与编码	16
2.4 包、帧的概念	17
2.4.1 包的概念	17
2.4.2 物理帧 (frame)	18
2.5 多路复用	19

2.5.1	频分多路复用 (Frequency division multiplexing, FDM)	19
2.5.2	时分多路复用 (Time division multiplexing, TDM)	20
2.5.3	波分多路复用 (Wave division multiplexing, WDM)	20
2.5.4	码分复用 (Code Division Multiplexing, CDM)	21
2.6	差错检测	22
2.6.1	检错法	22
2.6.2	纠错法	23
2.7	异步传输和同步传输	24
2.7.1	异步通信与同步通信	24
2.7.2	全双工、半双工和单工异步通信	24
2.7.3	异步通信接口——RS-232C 接口	24
2.8	传输介质	27
2.8.1	基带和宽带传输	27
2.8.2	双绞线	28
2.8.3	同轴电缆	29
2.8.4	光缆	30
2.8.5	无线电波	32
2.8.6	地球同步卫星	32
2.8.7	低地球轨道卫星	33
2.8.8	红外线	33
2.9	调制解调器 Modem	33
	习题	35
第 3 章	网络体系结构及协议数	36
3.1	网络体系结构	36
3.1.1	网络协议的定义	36
3.1.2	OSI 开放系统互连参考模型	37
3.2	TCP / IP 体系结构	40
3.2.1	TCP / IP 分层模型	41
3.2.2	网络传输的服务模式	41
3.3	IP 地址	44
3.3.1	什么是 IP 和网络	44
3.3.2	用户地址、网络层地址与物理地址	45
3.3.3	IP 地址结构	46
3.3.4	子网掩码	48
3.3.5	无类域间路由 CIDR (超网 supernet)	49

3.3.6	特殊 IP 地址	51
3.3.7	路由器与 IP 地址分配原则	52
3.3.8	Internet 域名系统	53
3.4	IP 协议	55
3.4.1	IP 的功能	55
3.4.2	IP 包格式	55
3.4.3	IP 数据包的转发	58
3.4.4	屏蔽码域和数据包转发	59
3.4.5	数据包传输与帧封装	60
3.5	IPv6——Internet 地址空间的扩展	62
3.5.1	IPv6 的起因	62
3.5.2	IPv6 的特点	63
3.5.3	IPv6 数据包格式	64
3.5.4	IPv6 的优先级分类	65
3.5.5	扩展头	66
3.5.6	多 IP 地址主机	67
3.5.7	分段、重组和路径 (MTU)	68
3.5.8	多重头部的目的	68
3.5.9	IPv6 编址	69
3.5.10	IPv4 到 IPv6 的平稳过渡	70
3.6	差错控制协议 (ICMP)	73
3.6.1	ICMP 报文分类	73
3.6.2	ICMP 差错报文	74
3.6.3	ICMP 控制报文	76
3.6.4	请求/应答报文	77
3.6.5	ICMP 报文传送	78
3.7	地址解析协议 (address resolution protocol, ARP)	80
3.7.1	地址解析	80
3.7.2	查表法地址解析	81
3.7.3	相近形式计算地址解析	82
3.7.4	消息交换法地址解析	83
3.7.5	地址解析协议 (ARP)	84
3.7.6	反向地址解析协议 (RARP)	85
3.8	可靠的数据流传输协议 (TCP)	85
3.8.1	TCP 协议功能概述	85
3.8.2	接口和套接字	86
3.8.3	TCP 包头	88

3.8.4	TCP 做什么.....	90
3.8.5	拥塞避免算法.....	92
3.8.6	快速重传与快速恢复算法.....	93
3.8.7	TCP 连接管理——三次握手.....	93
3.9	用户数据包协议 (UDP).....	94
3.9.1	UDP 协议功能.....	94
3.9.2	UDP 报文格式.....	95
3.9.3	UDP 的协议分层与封装.....	96
3.9.4	UDP 用于广播和多播.....	96
3.9.5	UDP 的复用、分解与端囑.....	97
3.10	IGMP: Internet 组管理协议.....	98
3.10.1	引言.....	98
3.10.2	IGMP 协议——加入一个多播组.....	99
3.10.3	IGMP 报告和查询.....	99
3.10.4	实现细节.....	100
3.10.5	生存时间字段.....	100
3.11	TCP/IP 小结.....	101
	习题.....	101

第 4 章 局域网技术 103

4.1	局域网概述.....	103
4.1.1	点对点通信.....	103
4.1.2	共享通信信道.....	104
4.1.3	局域网特性.....	104
4.2	局域网拓扑结构.....	105
4.2.1	总线型.....	106
4.2.2	环形.....	106
4.2.3	星形.....	107
4.2.4	混合局域网拓扑结构.....	108
4.2.5	企业主干网的拓扑结构.....	110
4.3	以太网 (Ethernet).....	113
4.3.1	以太网访问控制方式——CSMA/CD.....	113
4.3.2	802.3 局域网的组成.....	114
4.3.3	以太网帧类型.....	117
4.3.4	理解帧类型的目的.....	119
4.3.5	交换式 802.3 以太网.....	119

4.3.6 以太网设计考虑	121
4.4 标记环网	122
4.4.1 IEEE 802.5 令牌环网的控制方式	122
4.4.2 令牌环 MAC 帧格式	122
4.4.3 令牌环的维护	124
4.4.4 环网实例——FDDI	125
4.5 星形网络实例——ATM	126
4.6 无线局域网	126
4.6.1 无线局域网概述	126
4.6.2 无线局域网中的 CSMA/CA	128
习题	129
第 5 章 局域网互连	130
5.1 网络接口卡 (NIC)	130
5.1.1 网络接口卡概述	130
5.1.2 网络接口卡类型	132
5.1.3 网络接口卡的安装与配置	133
5.2 中继器或转发器 (Repeater)	135
5.3 集线器 (HUB)	135
5.3.1 集线器的功能	135
5.3.2 独立式集线器	137
5.3.3 堆叠式集线器	138
5.3.4 模块式集线器	138
5.3.5 智能型集线器	139
5.3.6 安装集线器	139
5.3.7 选用适当的集线器	140
5.4 网桥	141
5.5 交换机 (Switch)	143
5.5.1 快捷交换模式 (cut-through switching)	143
5.5.2 存储转发交换模式 (Store-and-Forward Switching)	143
5.5.3 用交换机组建虚拟局域网	144
5.6 路由器	145
5.7 网关 (Gateway)	148
5.8 局域网连接	149
5.8.1 多路复用连接	149

5.8.2	双绞线以太网	149
5.8.3	双绞线连接的学问	151
5.8.4	桥接网络布线	154
5.8.5	大楼间桥接布线	154
5.8.6	远程桥接	155
5.8.7	交换式网络连接	156
5.8.8	交换机与集线器的结合	157
5.9	对等网的组建	157
5.9.1	对等网介绍	157
5.9.2	一个对等网的应用实例	158
5.9.3	系统硬件的安装	159
5.9.4	系统软件的安装	159
5.10	服务器网络的组建	166
5.10.1	客户/服务器网络	166
5.10.2	服务器类型	167
5.10.3	服务器网络软硬件的安装及调试	168
5.11	局域网方案设计	168
5.11.1	完全 10Mbit/s 共享型——小型简单办公网络结构	168
5.11.2	10/100Mbit/s 交换/共享结合型——中型单纯办公网络	168
5.11.3	10/100Mbit/s 纯交换型——中型科研、设计、金融网络	169
5.11.4	ATM 主干型局域网——小型科研、设计园区网络	170
5.11.5	多 ATM 主干设备型——大型科研、设计园区网络	171
5.11.6	Internet/Intranet 网络解决案例	172
5.12	适应未来需要的可选 LAN 方案	176
5.12.1	快速以太网	177
5.12.2	IEEE802.3u 标准	177
5.12.3	IEEE802.12 标准	178
5.12.4	吉比特以太网	179
	习题	180
第 6 章	广域网技术	184
6.1	广域网概述	184
6.1.1	广域网的本质	184
6.1.2	广域网 T1/T3 服务	185
6.2	广域网拓扑结构	187
6.2.1	端到端的连接	187

6.2.2	环形.....	188
6.2.3	星形.....	188
6.2.4	网状.....	189
6.2.5	分层.....	189
6.3	电话网.....	190
6.3.1	公共交换电话网.....	190
6.3.2	计算机交换分机.....	191
6.3.3	PSTN 的传输特性.....	193
6.4	点到点通信.....	195
6.4.1	SLIP.....	195
6.4.2	PPP.....	195
6.4.3	PPP 应用举例.....	197
6.5	帧中继.....	198
6.5.1	帧中继基本原理.....	198
6.5.2	帧中继网络组成和用户接入.....	200
6.5.3	帧中继的交换和虚拟连接.....	201
6.5.4	帧中继业务应用.....	201
6.6	综合业务数字网 (ISDN).....	202
6.6.1	ISDN 概述.....	202
6.6.2	ISDN 协议参考模型.....	205
6.6.3	宽带 B-ISDN.....	207
6.6.4	ISDN 的业务功能.....	207
6.7	SMDS.....	208
6.7.1	SMDS 概述.....	208
6.7.2	SMDS 分层通信和信元结构.....	209
6.8	ATM (Asynchronism Transmission Mode).....	210
6.8.1	ATM 网络概述.....	210
6.8.2	ATM 的特点.....	211
6.8.3	ATM 分层通信——参考模型.....	212
6.8.4	ATM 信元结构.....	215
6.8.5	ATM 固定长度的小信元的好处.....	217
6.8.6	ATM 如何工作.....	219
6.8.7	ATM 虚拟电路.....	219
6.8.8	ATM 传输特征.....	220
6.8.9	ATM 设计考虑.....	221
6.8.10	ATM 拓扑结构.....	223

6.9	ATM 主干网及应用	224
6.9.1	局域网仿真 (LANE)	225
6.9.2	ATM 上的经典 IP	226
6.9.3	ATM 上的多协议	227
6.9.4	虚拟 LAN	227
6.9.5	ATM 与帧中继	228
6.9.6	SMDS 和 ATM	228
6.9.7	ATM 解决方案	229
6.10	SONET	232
6.10.1	通信介质和特性	233
6.10.2	SONET 网络拓扑和故障恢复	233
6.10.3	SONET 分层和 OSI 模型	235
6.10.4	适应未来需要的 SONET 方案	235
6.10.5	ATM 和 SONET 的现状	236
6.11	xDSL	237
6.11.1	xDSL 基础	237
6.11.2	DSL 服务类型	238
6.11.3	xDSL 工作原理	240
6.11.4	xDSL 的应用范围	242
6.12	无线通信网	245
6.12.1	无线通信技术	245
6.12.2	码分多址 (CDMA)	248
6.12.3	无线接入技术	249
6.12.4	LMDS 本地多点业务分配系统	251
6.12.5	无线接入技术的应用和发展	252
6.12.6	移动 IP 技术简介	253
	习题	257
第 7 章	广域网路由技术	259
7.1	路由器与路由选择	259
7.1.1	路由器	259
7.1.2	路由选择	260
7.1.3	静态路由与动态路由	264
7.2	网关	268
7.2.1	网关、桥和路由器	269
7.2.2	内部网关协议和外部网关协议	270

7.3 内部网关协议.....	272
7.3.1 RIP 协议与向量—距离算法.....	272
7.3.2 OSPF 协议与链路—状态算法.....	276
7.4 边界网关协议 (BGP4)	280
7.5 路由的配置.....	282
7.5.1 静态路由的配置方法.....	282
7.5.2 动态路由的配置方法.....	291
7.5.3 配置路由后的测试.....	295
习题	296
第 8 章 网络管理.....	297
8.1 网络管理的意义.....	297
8.2 网管的概念和内容.....	298
8.2.1 网络管理的职能.....	298
8.2.2 网络管理资源的表示.....	300
8.3 网管协议及网管系统的组成.....	302
8.3.1 网管协议.....	302
8.3.2 网管系统的组成.....	303
8.3.3 网管系统 (NMS) 的工作机制.....	303
8.3.4 简单网络管理协议 (SNMP) 的操作命令.....	304
8.4 网络管理新技术.....	304
8.4.1 RMON 技术 (远程网络监控)	304
8.4.2 基于 Web 的网络管理技术.....	305
习题	305
第 9 章 网络安全.....	306
9.1 网络安全的基本概念.....	306
9.1.1 网络提供的安全服务.....	306
9.1.2 网络安全分层理论.....	307
9.2 数据加密和数字签名.....	309
9.2.1 数据加密.....	309
9.2.2 数字签名.....	311
9.3 保证网络安全的几种具体措施.....	313
9.3.1 包过滤.....	313

9.3.2	防火墙	313
9.3.3	入侵检测系统	314
9.4	构建自己的防火墙	314
9.4.1	防火墙规划	314
9.4.2	防火墙的安放位置	315
9.4.3	数据包过滤网关	316
9.4.4	应用级网关	317
9.4.5	电路级网关	317
9.4.6	隧道技术的是与非	318
9.4.7	防火墙不能做什么	320
9.5	黑客的防范与网络安全	320
9.5.1	黑客攻击网站的几种方式	320
9.5.2	网络安全措施	323
习题		325
第 10 章	Internet 与 Intranet 信息服务	326
10.1	Internet 应用	326
10.1.1	Internet 应用层协议	326
10.1.2	Internet 标准的开发过程	326
10.1.3	Internet 应用层服务简介	328
10.2	Windows 2000Server 服务器的安装与配置	329
10.2.1	Windows 2000 Server 服务器的安装	329
10.2.2	配置 Windows 2000 Server	333
10.2.3	DNS 服务器的配置	337
10.2.4	DHCP 服务器的配置	344
10.3	不同规模单位的路由设置	347
10.3.1	NAT 网络地址转换协议	347
10.3.2	小规模单位的路由设置	349
10.3.3	小规模单位的路由设置——工作站端的设置	354
10.3.4	小规模单位的路由设置——专线连接	356
10.4	Internet Information Service (IIS)	358
10.4.1	Microsoft IIS 5 的主要特性	358
10.4.2	配置 WWW 服务器	359
10.4.3	配置 FTP 服务器	369
10.4.4	安装配置 mail 服务器	372
10.5	Windows 98/2000/XP 客户端应用	374

10.5.1 WWW 浏览、信息查询 (Internet Explorer 浏览器的使用)	374
10.5.2 Email 电子邮件的使用	377
10.5.3 小心电子邮件病毒	379
10.5.4 用好电子邮件的技巧与建议	380
10.5.5 FTP 文件传输与远程文件访问	381
10.5.6 Telnet 远程登录及 BBS 的使用	385
习题	390
第 11 章 网络工程	391
11.1 综合布线系统	391
11.1.1 工作区子系统	392
11.1.2 水平干线子系统	392
11.1.3 管理间子系统	393
11.1.4 垂直干线子系统	393
11.1.5 楼宇 (建筑群) 子系统	394
11.1.6 设备间子系统	394
11.2 综合布线系统的优点	394
11.3 综合布线系统标准	395
11.3.1 综合布线系统标准	395
11.3.2 综合布线标准要点	395
11.4 综合布线系统的设计等级	396
11.4.1 基本型综合布线系统	396
11.4.2 增强型综合布线系统	397
11.4.3 综合型综合布线系统	397
11.4.4 综合布线系统的设计要点	397
11.5 超 5 类布线系统	398
11.6 6 类线的有关问题	399
11.6.1 6 类标准草案简介	400
11.6.2 6 类布线大势所趋	401
11.6.3 布线标准	401
11.7 线槽规格和品种以及线缆的敷设	402
习题	406
第 12 章 未来 Internet 的技术、服务和挑战	407
12.1 未来的连网需求	407

12.1.1	Internet	407
12.1.2	电子邮件、电子商务和多媒体	408
12.1.3	客户机/服务器应用	409
12.1.4	电子数据交换	410
12.1.5	Internet 和 Extranet	410
12.1.6	网上教育	411
12.2	卫星 WAN	411
12.3	未来的挑战	412
12.3.1	服务质量	412
12.3.2	LAN 所面临的挑战	412
12.3.3	WAN 所面临的挑战	413
	习题	414

第 1 章 引论

本章要点：作为本书的开始，将简要介绍计算机通信网络的发展历史及通信网络所涉及的范围和交换技术，并点评 Internet 的发展热点。

1.1 计算机通信网络的发展简史

计算机通信网络是计算机技术与通信网络共同发展的结果。在讲到计算机通信网络的发展之前，我们有必要先回顾一下计算机技术的发展历程。

计算机技术的发展可以分为四个阶段。

第一台计算机 ENIAC 诞生于 1946 年，一直到 20 世纪 60 年代，这是计算机技术发展的第一阶段。计算机的工作是通过打孔机在卡片上打孔或录音磁带来编码的，而计算结果则以“列表”形式传送并在折叠式记录纸上打孔输出。这一阶段主要用于数据处理机。

到了 20 世纪 70 年代，计算（机）技术发展进入到第二阶段，这时计算机服务已被许多用户共享，分时技术使很多用户分担一台计算机的费用，因此数据处理费用降低，计算机变得容易使用。

进入 20 世纪 80 年代，计算机成为个人桌上的工具，微型化技术使制造商能够把许多电路集成在一个芯片上，超大规模集成电路技术标志着计算机技术步入第三个发展阶段，同期在高级计算机技术方面也取了显著的进步。

第四个发展阶段，也就是直到现在，这一阶段有两个可识别的特点：（1）个人计算机体积上的缩小使它便于携带和移动。（2）计算机开放式系统以及用户应用（例如，客户/服务器技术）对计算机网络互连的依赖性更强。在多处理器技术方面的革新也使得高级计算机的速度和性能在很大程度上比以前更快更强。

计算机技术发展的四个阶段可概括在表 1-1 中。

表 1-1 计算机技术发展的四个阶段

	批处理	分时技术	桌面系统	网络化
年代	20 世纪 60 年代	20 世纪 70 年代	20 世纪 80 年代	20 世纪 90 年代
安置	计算机房	终端室	桌面上	移动式
采用的技术	中等规模集成电路	大规模集成电路	甚大规模集成电路	超大规模集成电路
网络体系结构	无	集中式	集中式/分布式 LAN、WAN	集中式/分布式 LAN、WAN、无线式

随着计算机技术的发展，使用计算机的数目迅速增加，连网变得很重要。当很少使用批量处理时，人们对协调它们的操作并不感兴趣，然而对于分时处理，如果没有网络就不可想象。专用线和拨号线必须把大量的终端与主机、联合式大型计算机，或分散式小型计算机连接起来。在桌面个人计算机时代，局域网把个人计算机互连起来并且使用一个共用的服务器，提供给人们公用的文件共享、高质量的打印和方便的 Web 及电子邮件交流。目前，在计算机