

21世纪高等学校计算机专业实用规划教材

计算机网络技术



王 群 主编



清华大学出版社



21世纪高等学校计算机**专业**实用规划教材

计算机网络技术

王 群 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

为进一步适应高等院校对提高人才培养质量的需要,参照《中国计算机科学与技术学科教程 2002》中拟定的“网络及其计算(NC)”的知识要点,以及教育部考试中心和中国学位与研究生教育学会工科工作委员会制订的《2009 年全国硕士研究生入学统一考试计算机科学与技术学科联考计算机学科专业基础综合考试大纲》中“计算机网络”部分的规定,同时借鉴近年来国外计算机科学技术领域的教育成果,结合计算机网络技术的应用现状和发展趋势,精心编写了本书。

本书仍然坚持作者以往的写作风格,采用大量的图表和实例,通过简洁、明快的语言描述,较为全面系统地介绍了计算机网络的基本概念、原理及应用。主要内容包括计算机网络基础知识、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、无线网络、IPv6 和网络安全。

本书在内容安排上力求体现计算机网络的自身特性,强调对体系结构和协议的理解与应用,并符合教学要求;在写作中力求概念讲解清晰、明了,原理阐述清楚、简洁,应用实例设计新颖、实用,以增强本书的实用性和可读性。

本书可以作为普通高校计算机专业、通信专业及电子信息类专业本科生核心课程的教材,同时可以作为通信专业和电子信息类专业研究生的教材,也可供从事计算机网络设计、建设、管理和应用的技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络技术/王群主编. —北京:清华大学出版社,2012.1

(21 世纪高等学校计算机专业实用规划教材)

ISBN 978-7-302-26061-5

I. ①计… II. ①王… 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(2011)第 131793 号

责任编辑:魏江江 薛 阳

责任校对:李建庄

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市人民文学印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:24.75 字 数:619 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版 印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00 元

产品编号:036527-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学

周立柱 教授

覃 征 教授

王建民 教授

冯建华 教授

刘 强 副教授

北京大学

杨冬青 教授

陈 钟 教授

陈立军 副教授

北京航空航天大学

马殿富 教授

吴超英 副教授

姚淑珍 教授

中国人民大学

王 珊 教授

孟小峰 教授

陈 红 教授

北京师范大学

周明全 教授

北京交通大学

阮秋琦 教授

赵 宏 副教授

北京信息工程学院

孟庆昌 教授

北京科技大学

杨炳儒 教授

石油大学

陈 明 教授

天津大学

艾德才 教授

复旦大学

吴立德 教授

吴百锋 教授

杨卫东 副教授

同济大学

苗夺谦 教授

徐 安 教授

华东理工大学

邵志清 教授

华东师范大学

杨宗源 教授

应吉康 教授

上海大学

陆 铭 副教授

东华大学

乐嘉锦 教授

浙江大学	孙 莉 副教授
	吴朝晖 教授
扬州大学	李善平 教授
南京大学	李 云 教授
	骆 斌 教授
南京航空航天大学	黄 强 副教授
	黄志球 教授
南京理工大学	秦小麟 教授
南京邮电学院	张功萱 教授
苏州大学	朱秀昌 教授
	王宜怀 教授
江苏大学	陈建明 副教授
武汉大学	鲍可进 教授
华中科技大学	何炎祥 教授
中南财经政法大学	刘乐善 教授
华中师范大学	刘腾红 教授
	叶俊民 教授
	郑世珏 教授
江汉大学	陈 利 教授
国防科技大学	颜 彬 教授
	赵克佳 教授
中南大学	邹北骥 教授
湖南大学	刘卫国 教授
西安交通大学	林亚平 教授
	沈钧毅 教授
长安大学	齐 勇 教授
哈尔滨工业大学	巨永锋 教授
吉林大学	郭茂祖 教授
	徐一平 教授
山东大学	毕 强 教授
	孟祥旭 教授
中山大学	郝兴伟 教授
厦门大学	潘小轰 教授
厦门大学嘉庚学院	冯少荣 教授
云南大学	张思民 教授
电子科技大学	刘惟一 教授
	刘乃琦 教授
成都理工大学	罗 蕾 教授
	蔡 淮 教授
西南交通大学	于 春 副教授
	曾华荣 教授

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

本系列教材立足于计算机专业课程领域,以专业基础课为主、专业课为辅,横向满足高校多层次教学的需要。在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点。

(1) 反映计算机学科的最新发展,总结近年来计算机专业教学的最新成果。内容先进,充分吸收国外先进成果和理念。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,融合先进的教学思想、方法和手段,体现科学性、先进性和系统性,强调对学生实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材把重点放在公共基础课和专业基础课的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现教学质量和教学改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本,合理配套。专业基础课和专业课教材配套,同一门课程有针对不同层次、面向不同应用的多本具有各自内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材、教学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家,择优选用。在制定教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教

材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主题。书稿完成后要认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平教材编写梯队才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21世纪高等学校计算机专业实用规划教材

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前 言

20 世纪末,Internet(因特网)因为 Web 技术的应用而取得了极大的成功,迅速成长为一个遍及全球的数据通信网络,并逐步向语音、视频等应用领域延伸,给传统的电信等业务带来了冲击。一方面,无论从功能设计、容量、组网方式,还是信息交换与管理方式等方面,以语音、视频为主的传统的信息交换和传输技术都已经无法适应以突发性和非对称性为主要特点的新型数据业务发展的需要,建立以数据业务为主导的新型网络基础设施成为历史的必然。另一方面,传统的数据、语音、视频等每一种应用都是由一个相互隔离的基础网络来承载,这种应用局面无论是对普通用户还是运营商,都增加了应用和建设与管理成本,而且造成大量公共资源的浪费。随着技术条件的成熟和应用矛盾的加深,网络基础设施的整合和应用方式的融合已是大势所趋,建立一个以 IP 技术为核心的多业务智能网络是技术和产业发展的必然结果。

正是基于当前网络的应用现状和发展趋势,本书内容以 TCP/IP 体系为基础,重点对网络体系结构和应用协议进行介绍,使读者较为全面地学习和掌握 IP 技术的基础知识、基本原理和主要应用。同时,参照了《中国计算机科学与技术学科教程 2002》中拟定的“网络及其计算(NC)”的知识要点,以及教育部考试中心和中国学位与研究生教育学会工科工作委员会制订的《2009 年全国硕士研究生入学统一考试计算机科学与技术学科联考计算机学科专业基础综合考试大纲》中“计算机网络”部分的规定,并借鉴了 ACM(Association of Computing Machinery,美国计算机协会)、IEEE/CS(Institute of Electrical and Electronics Engineers-Computer Society,国际电子与电气工程师学会-计算机协会)等国际教育机构在计算机科学和教育中取得的成果。

本书的主要内容包括计算机网络基础知识、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、无线网络、IPv6 和网络安全。其中,本书开头通过一章的内容介绍了计算机网络的基本概念,尤其对计算机网络的分层原理进行了分析,重点对 TCP/IP 体系结构组成进行了介绍。随后,以 TCP/IP 体系结构为基础,分别对各层的功能和主要协议进行了较为全面的详细介绍,通过对这部分内容的学习,强化读者的理论基础。在此基础上,考虑到目前计算机网络技术的应用特点,本书通过两章的内容分别对无线网络和 IPv6 进行了较为全面的介绍,同时在各章节中加入了大量对新技术的介绍,如 QinQ、MAC in MAC 等以提高读者的计算机网络应用技能。最后,用一章的内容,介绍了网络安全的一些基础知识和基本应用。

本书的写作过程经历了较长的时间,期间得到了作者家人及很多同事的支持和帮助,我的学生杜玮珂、鲍媛媛、李立吾、卢伟奇、曾宪楠等承担了本书 PPT 文档及文字的校对工作,借此机会向他们表示衷心的感谢!由于作者水平所限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正,作者的 E-mail 为 wqga@yeah.net。

王 群

2011 年 11 月于南京

目 录

第 1 章 计算机网络技术概述	1
1.1 计算机网络是信息社会的基石	1
1.1.1 信息化与信息社会.....	1
1.1.2 计算机网络在全球信息化中的作用.....	2
1.2 计算机网络的概念	3
1.2.1 计算机网络的定义.....	3
1.2.2 计算机网络的分类.....	4
1.2.3 计算机网络的拓扑结构.....	5
1.3 计算机网络的数据交换方式	7
1.3.1 电路交换.....	7
1.3.2 报文交换.....	8
1.3.3 分组交换.....	9
1.3.4 电路交换、报文交换及分组交换的比较.....	10
1.4 计算机网络体系结构.....	12
1.4.1 计算机网络体系结构与层次模型的定义	12
1.4.2 协议、实体、接口与服务的概念	13
1.4.3 常见计算机网络体系结构及比较	15
1.4.4 TCP/IP 体系结构	17
1.5 Internet	20
1.5.1 Internet 的概念	20
1.5.2 Internet 的产生和发展	21
1.5.3 Internet 的组织与管理	22
1.5.4 Internet 2	23
习题	24
第 2 章 物理层	26
2.1 物理层概述.....	26
2.1.1 物理层的概念	26
2.1.2 物理层的特性	27
2.2 数据通信基础.....	28

2.2.1	数据通信模型	28
2.2.2	信息、数据、信号和信道	29
2.2.3	数据电路与数据链路	30
2.3	信道特性	31
2.3.1	带宽与速率	31
2.3.2	误码率	33
2.3.3	信道延迟	33
2.3.4	失真	33
2.4	传输介质	34
2.4.1	电磁波的频谱及在通信系统中的应用	34
2.4.2	有导向传输介质	35
2.4.3	无导向传输介质	39
2.5	数据传输方式	41
2.5.1	并行传输与串行传输	41
2.5.2	同步传输与异步传输	42
2.5.3	单工、半双工和全双工通信	43
2.6	信道复用技术	44
2.6.1	频分复用	44
2.6.2	时分复用	45
2.6.3	波分复用	46
2.7	远程数字传输技术	47
2.7.1	脉码调制(PCM)	47
2.7.2	同步数字体系/同步光纤网络(SDH/SONET)	49
2.8	接入网技术	52
2.8.1	ADSL 接入技术	52
2.8.2	光纤同轴电缆混合网(HFC)接入技术	54
2.8.3	光纤接入技术	57
	习题	60
第3章	数据链路层	62
3.1	数据链路层概述	62
3.1.1	成帧	62
3.1.2	数据链路层的主要功能	63
3.2	差错控制技术	64
3.2.1	差错产生的主要原因	64
3.2.2	差错控制机制	65
3.2.3	循环冗余校验码(CRC)	65
3.3	流量控制技术	68
3.3.1	停止等待协议	69

3.3.2	连续 ARQ 协议和滑动窗口	71
3.3.3	选择重传 ARQ 协议	74
3.4	面向字符型的数据链路层协议 BSC	74
3.4.1	BSC 的帧格式	74
3.4.2	BSC 协议的工作过程	75
3.5	面向比特型的数据链路层协议 HDLC	76
3.5.1	HDLC 概述	76
3.5.2	HDLC 的帧格式	78
3.5.3	HDLC 的帧类型	79
3.6	Internet 中的数据链路层协议 PPP	80
3.6.1	PPP 概述	80
3.6.2	PPP 的工作过程	82
3.6.3	PPP 的帧格式	83
3.6.4	PPPoE	84
	习题	86
第 4 章	介质访问控制子层	87
4.1	介质访问控制子层概述	87
4.1.1	将数据链路层分为 MAC 子层和 LLC 子层的原因	87
4.1.2	LLC 子层的功能被弱化	89
4.2	局域网的介质访问控制(MAC)子层	90
4.2.1	影响局域网性能的主要因素	90
4.2.2	局域网网卡	91
4.2.3	曼彻斯特编码和差分曼彻斯特编码	92
4.2.4	CSMA/CD 协议	94
4.2.5	局域网 MAC 子层的物理地址	96
4.3	以太网技术	99
4.3.1	以太网的 MAC 帧结构	99
4.3.2	以太网	101
4.3.3	快速以太网	102
4.3.4	千兆以太网	104
4.3.5	万兆以太网	105
4.4	交换式以太网	105
4.4.1	共享式以太网与交换式以太网的比较	106
4.4.2	以太网网桥	107
4.4.3	以太网交换机	110
4.5	以太网中的标签技术及应用	112
4.5.1	VLAN 技术	113
4.5.2	QinQ 技术	120

4.5.3	MAC in MAC 技术	125
习题	126
第 5 章	网络层	128
5.1	网络层概述	128
5.1.1	网络层的概念	128
5.1.2	网络层提供的服务	129
5.1.3	网络互联及互联网络的概念	130
5.2	IP 地址及管理	132
5.2.1	IP 地址与 MAC 地址之间的关系	132
5.2.2	IP 地址的组成	133
5.2.3	标准 IP 地址的分类	134
5.2.4	掩码的概念和确定方法	136
5.2.5	几种特殊的 IP 地址	138
5.2.6	子网划分实例介绍	139
5.2.7	可变长子网掩码(VLSM)	141
5.2.8	无类别域间路由(CIDR)	142
5.3	IP 数据报的格式	143
5.3.1	IP 数据报的头部格式	143
5.3.2	IP 数据报的大小与网络 MTU	145
5.3.3	互联网中分组的转发过程	147
5.4	地址解析协议(ARP)和反向地址解析协议(RARP)	149
5.4.1	地址解析协议(ARP)	149
5.4.2	反向地址解析协议(RARP)	151
5.5	网际控制报文协议(ICMP)	152
5.5.1	ICMP 的工作原理	152
5.5.2	ICMP 的差错控制功能及应用	153
5.6	路由选择协议	156
5.6.1	路由选择协议概述	156
5.6.2	路由信息协议(RIP)	158
5.6.3	开放最短路径优先(OSPF)协议	161
5.6.4	边界网关协议(BGP)	165
5.7	IP 组播与网际组管理协议(IGMP)	168
5.7.1	IP 组播的基本概念	168
5.7.2	D 类 IP 地址与以太网组播地址之间的映射关系	170
5.7.3	网际组管理协议(IGMP)	171
5.7.4	组播路由选择协议	172
5.8	网络地址转换(NAT)	173
5.8.1	NAT 的概念	173

5.8.2 NAT 的地址翻译类型	174
5.8.3 NAT 技术的特点	177
5.9 路由器和三层交换机	178
5.9.1 路由器的结构	178
5.9.2 三层交换技术	180
习题	182
第 6 章 传输层	184
6.1 传输层概述	184
6.1.1 进程之间的通信	184
6.1.2 传输层的协议	185
6.1.3 进程命名与寻址	186
6.1.4 多重协议识别	189
6.1.5 端到端通信	190
6.2 用户数据报协议(UDP)	191
6.2.1 UDP 概述	191
6.2.2 UDP 队列	192
6.2.3 UDP 用户数据报结构	193
6.3 传输控制协议(TCP)	195
6.3.1 TCP 概述	195
6.3.2 TCP 报文段的格式	196
6.3.3 TCP 的传输连接管理	198
6.3.4 TCP 可靠传输的实现方法	202
6.3.5 TCP 流量控制	207
6.3.6 TCP 拥塞控制	208
6.3.7 TCP 差错控制	211
习题	212
第 7 章 应用层	214
7.1 应用层概述	214
7.1.1 应用进程之间的相互作用模式	214
7.1.2 系统调用	215
7.2 域名系统(DNS)	218
7.2.1 主机名与 IP 地址之间的映射关系	218
7.2.2 DNS 的组成	219
7.2.3 DNS 服务器	221
7.2.4 DNS 的解析过程	222
7.2.5 地址转换	223
7.3 文件传输协议(FTP)	225

7.3.1	FTP 概述	225
7.3.2	FTP 的工作原理	226
7.3.3	简单文件传输协议(TFTP)	228
7.4	远程登录(Telnet)	228
7.4.1	Telnet 概述	228
7.4.2	Telnet 的工作原理	229
7.5	动态主机配置协议(DHCP)	231
7.5.1	DHCP 概述	231
7.5.2	DHCP 的工作原理	231
7.5.3	DHCP 中继代理	233
7.5.4	DHCP 地址的分配类型	234
7.6	万维网(WWW)	234
7.6.1	WWW 概述	234
7.6.2	统一资源定位符(URL)	236
7.6.3	超文本传输协议(HTTP)	236
7.6.4	Cookies	242
7.6.5	WWW 页面	244
7.6.6	WWW 浏览器	247
7.6.7	WWW 搜索引擎	249
7.7	电子邮件	252
7.7.1	电子邮件系统概述	252
7.7.2	发送电子邮件的协议——SMTP	254
7.7.3	接收电子邮件的协议——POP3 和 IMAP	255
7.7.4	多用途因特网邮件扩充(MIME)	257
7.7.5	基于 Web 的电子邮件——WebMail	260
7.8	简单网络管理协议(SNMP)	261
7.8.1	SNMP 概述	261
7.8.2	管理信息库(MIB)	263
7.8.3	管理信息结构(SMI)	265
7.8.4	简单网络管理协议(SNMP)	266
7.8.5	SNMP 的工作机制	267
7.8.6	SNMP 的报文格式	268
	习题	270
第 8 章 无线网络		272
8.1	无线通信基本原理	272
8.1.1	电磁波的产生与传输	272
8.1.2	无线通信	273
8.1.3	用电磁波传输数据	274

8.2	无线通信技术概述	275
8.2.1	无线蜂窝系统	275
8.2.2	无线数据通信系统	276
8.3	无线局域网	280
8.3.1	无线局域网概述	280
8.3.2	无线局域网的拓扑结构	281
8.3.3	无线局域网的协议结构	283
8.3.4	无线局域网的 MAC 子层协议	283
8.3.5	无线局域网的帧结构	287
8.3.6	无线局域网的物理层	289
8.3.7	无线局域网的关联操作	292
8.3.8	无线局域网的信道定义	295
	习题	295
第9章	IPv6	297
9.1	IPv6 概述	297
9.1.1	IPv6 的产生与发展	297
9.1.2	IPv6 的新特性	298
9.2	IPv6 基础知识	300
9.2.1	IPv6 编址	300
9.2.2	IPv6 的地址分类	302
9.2.3	IPv6 数据报	307
9.2.4	ICMPv6	312
9.3	邻居发现(ND)协议	315
9.3.1	邻居发现协议概述	315
9.3.2	邻居发现协议的报文格式	315
9.3.3	IPv6 地址解析	316
9.3.4	无状态地址自动配置	319
9.3.5	路由器重定向	322
9.4	DHCPv6 协议	324
9.4.1	DHCPv6 概述	324
9.4.2	DHCPv6 的工作过程	325
9.4.3	DHCPv6 中继代理	326
9.5	IPv6 中的 DNS 协议	327
9.6	IPv6 路由协议	328
9.6.1	IPv6 路由协议概述	328
9.6.2	RIPng	329
9.6.3	OSPFv3	331
9.6.4	BGP4+	336

9.7 IPv6 过渡技术	337
9.7.1 IPv6 过渡技术概述	337
9.7.2 利用 IPv4 网络互联 IPv6 网络	339
9.7.3 IPv6 网络与 IPv4 网络之间的互联互通	345
习题	351
第 10 章 网络安全	353
10.1 信息与网络安全	353
10.1.1 信息安全与网络安全的概念	353
10.1.2 信息安全与网络安全之间的关系	354
10.2 网络安全威胁与控制	355
10.2.1 网络安全威胁的主要类型	355
10.2.2 网络安全控制措施	357
10.3 防火墙技术	359
10.3.1 包过滤防火墙	359
10.3.2 代理防火墙	360
10.3.3 状态检测防火墙	361
10.3.4 分布式防火墙	362
10.4 数据加密技术及应用	363
10.4.1 数据加密的概念	363
10.4.2 对称加密	364
10.4.3 非对称加密	366
10.4.4 数字签名	367
10.4.5 报文鉴别	368
10.4.6 密钥的管理	370
10.5 其他网络安全技术介绍	371
10.5.1 公开密钥基础设施(PKI)体系结构	371
10.5.2 授权管理基础设施(PMI)体系结构	372
10.5.3 安全电子交易(SET)协议	372
10.5.4 安全套接层(SSL)协议	373
10.5.5 网络层安全协议栈 IPSec	373
10.5.6 虚拟专用网(VPN)	374
习题	376
参考文献	377