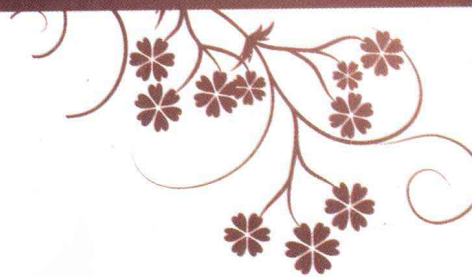


21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



现代计算机网络

吴辰文 主编
王铁君 李晓军 王建强 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 电子信息



现代计算机网络

吴辰文 主编
王铁君 李晓军 王建强 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

计算机信息技术特别是网络技术在近些年发展极为迅速,为了能使读者更清晰地学习和理解网络技术,掌握网络技术发展的最新动态和热点问题,本书对网络通信的基本知识和概念、计算机网络体系结构特别是 TCP/IP 协议进行了系统的讨论,对局域网技术、城域网技术、广域网技术、网络互联技术、接入网技术和无线网络技术进行了比较系统和全面的介绍,对网络管理技术、网络安全技术和网络性能测试与评价技术进行了介绍。

本书结构严谨、层次分明、概念清晰、叙述准确,易于学习和理解,可作为高等院校计算机专业、电子信息以及通信专业高年级本科生和低年级硕士研究生教材,也可供计算机网络设计人员、开发人员以及网络管理人员作为技术参考书使用。

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

现代计算机网络/吴辰文主编. —北京:清华大学出版社,2011.10

(21 世纪高等学校规划教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-25168-2

I. ①现… II. ①吴… 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 055375 号

责任编辑:郑寅堃 柴文强

责任校对:李建庄

责任印制:李红英

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:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:30.75 字 数:769 千字

版 次:2011 年 10 月第 1 版 印 次:2011 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00 元

编审委员会成员

东南大学
南京大学
南京航空航天大学
解放军理工大学

上海大学
上海交通大学

华中科技大学

华中师范大学
武汉理工大学

宁波大学
天津大学

中国科学技术大学

苏州大学
山东大学
山东科技大学
东北师范大学
沈阳工业学院
长春大学
吉林大学
湖南大学
长沙理工大学
华南理工大学

王志功	教授
王新龙	教授
王成华	教授
邓元庆	教授
刘景夏	副教授
方 勇	教授
朱 杰	教授
何 晨	教授
严国萍	教授
朱定华	教授
吴彦文	教授
刘复华	教授
李中年	教授
蒋刚毅	教授
王成山	教授
郭维廉	教授
王煦法	教授
郭从良	教授
徐佩霞	教授
赵鹤鸣	教授
刘志军	教授
郑永果	教授
朱守正	教授
张秉权	教授
张丽英	教授
林 君	教授
何怡刚	教授
曾喆昭	教授
冯久超	教授

西南交通大学

冯全源 教授

金炜东 教授

重庆工学院

余成波 教授

重庆通信学院

曾凡鑫 教授

重庆大学

曾孝平 教授

重庆邮电学院

谢显中 教授

张德民 教授

西安电子科技大学

彭启琮 教授

樊昌信 教授

西北工业大学

何明一 教授

集美大学

迟 岩 教授

云南大学

刘惟一 教授

东华大学

方建安 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、教学内容和教学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。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

- (1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。
- (6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。
- (7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。
- (8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人: 魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn



前言

随着电子信息技术的迅速发展和应用,网络技术已成为当今最热门的学科之一。从计算机网络诞生至今的几十年里,网络技术已经取得了飞跃式的发展。21 世纪的一个重要特征就是数字化、网络化和信息化,而支持这“三化”的基础平台就是覆盖世界各个角落的计算机网络。

计算机网络是计算机技术和通信技术相互渗透、密切结合而形成的一个学科。为了学习的系统性和知识的连贯性,本书首先介绍了数据通信的基本概念和原理,给出了网络体系结构,说明了 OSI 七层参考模型、TCP/IP 四层模型与折中的五层参考模型之间的关系。然后依据网络技术发展的主线,依次介绍了广域网技术、局域网技术和城域网技术。在局域网技术中,重点介绍了目前最为流行的以太网技术,特别是目前应用较为普遍的以太网技术中的三层交换技术、VLAN 技术等。最后,介绍了接入网技术、无线网络技术、网络管理技术和网络安全技术。对于目前不太流行的网络技术如令牌环网技术等则做了删减,使得本书重点突出,紧跟网络技术发展的潮流。另外,在本书内容的编排上,依据现有考试大纲涵盖了计算机科学与技术专业硕士研究生入学考试统考中的网络课程的知识点,可以作为研究生入学考试的参考书。

本书共 12 章。第 1 章介绍了网络的形成与发展、网络的定义与分类、网络体系结构和网络技术的发展状况。第 2 章介绍了数据通信知识,涉及数据通信的基本概念和基本理论、数据调制和编码、传输介质、多路复用技术和数据交换技术。第 3 章介绍了广域网技术,包括广域网的演变与发展、广域网的结构和参考模型、广域网的数据链路层、广域网的连接类型和广域网的基础网络等。第 4 章介绍了局域网和城域网,包括局域网参考模型与协议标准、以太网、高速以太网、虚拟局域网和无线局域网。第 5 章介绍了网络互联技术,包括网际协议 IPv4、路由选择算法与路由协议、路由器与第三层交换技术、IP 多播与 IGMP 协议、IPv6 技术和移动 IP 技术等。第 6 章传输层介绍了两个主要的传输层协议 TCP 和 UDP,另外,还介绍了无线 TCP 协议。第 7 章介绍了网络服务和应用层协议,包括域名系统 DNS、电子邮件系统、WWW 协议与服务、文件传输协议 FTP、动态主机配置协议 DHCP、远程登录协议 Telnet、无线应用协议 WAP 和 P2P 应用协议。第 8 章则专门介绍了无线网络的一些新技术,包括无线自组织网络 Ad hoc、无线传感器网络和无线网格网络技术。第 9 章介绍了接入网技术,包括接入网体系结构和几种基本的接入网类型。第 10 章介绍了网络管理技术。第 11 章介绍了网络安全技术。第 12 章介绍了网络测试技术及其性能评价。

本书由兰州交通大学吴辰文主编,西北民族大学王铁君、兰州交通大学李晓军和王建强编著。第 1、2、3 章由李晓军编写,第 4、5、11 章由王建强编写,第 6、7、8 章由王铁君编写,其余章节由吴辰文编写并进行了统稿。在本书的编写过程中,得到了兰州交通大学电信学院和清华大学出版社的大力支持,在此表示由衷的感谢。

由于网络技术发展非常迅速,涉及的知识面广,加之作者水平有限,书中难免存在错误与不妥之处,恳请读者批评指正。

吴辰文

2011年8月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 计算机网络的形成与发展	1
1.1.1 计算机网络发展阶段的划分	1
1.1.2 因特网的发展	3
1.1.3 计算机网络在我国的发展	7
1.2 计算机网络的定义、分类及性能指标	7
1.2.1 计算机网络的定义	7
1.2.2 计算机网络的分类	8
1.2.3 计算机网络的性能指标	11
1.3 计算机网络的体系结构	14
1.3.1 网络体系结构的基本概念	14
1.3.2 网络体系结构的研究方法	15
1.3.3 几种常见参考模型	16
1.4 计算机网络的发展动向	20
1.4.1 网络并行计算技术研究	20
1.4.2 存储区域网络的研究	22
1.4.3 光网络技术的研究	24
1.4.4 无线网络技术的研究	25
1.4.5 网络安全技术研究	28
第 2 章 数据通信基础	30
2.1 数据通信的基本概念	30
2.1.1 信息、数据和信号	30
2.1.2 信道的基本概念	30
2.1.3 数据通信系统模型	32
2.2 数据调制和编码	33
2.2.1 数字数据编码为数字信号	33
2.2.2 数字数据调制为模拟信号	34
2.2.3 模拟数据编码为数字信号	36
2.2.4 模拟数据调制为模拟信号	37
2.3 传输介质	38
2.3.1 导向传输介质	39

2.3.2 非导向传输介质	42
2.4 多路复用技术	45
2.4.1 频分多路复用	45
2.4.2 时分多路复用	46
2.4.3 波分多路复用	48
2.5 数据交换技术	49
2.5.1 电路交换	49
2.5.2 分组交换	51
第3章 广域网技术	55
3.1 广域网的演变与发展	55
3.1.1 广域网技术的特点	55
3.1.2 广域网研究的技术思路	56
3.2 广域网结构与参考模型	57
3.2.1 广域网组成	57
3.2.2 广域网参考模型	58
3.2.3 广域网的物理层	59
3.3 广域网的数据链路层	62
3.3.1 数据链路层的基本概念	62
3.3.2 HDLC 协议	64
3.3.3 PPP 协议	73
3.3.4 HDLC 与 PPP 协议的区别	76
3.4 广域网的连接类型	77
3.4.1 WAN 的交换方式	77
3.4.2 WAN 的连接类型	78
3.5 广域通信网的基础网络	79
3.5.1 公共电话交换网	79
3.5.2 公用数据网(X.25)	81
3.5.3 帧中继网(FR)	83
3.5.4 综合业务数字网(ISDN)	84
3.5.5 异步传输模式(ATM)	87
3.5.6 数字数据网(DDN)	88
3.5.7 同步光纤网(SONET)和同步数字体系(SDH)	89
第4章 局域网和城域网	94
4.1 局域网参考模型与协议标准	94
4.1.1 局域网参考模型	94
4.1.2 IEEE 802 协议标准	95
4.2 以太网	96

4.2.1	ALOHA 协议	96
4.2.2	CSMA/CD 协议	99
4.2.3	以太网的性能	103
4.2.4	以太网的 MAC 子层	105
4.2.5	以太网在地域连接范围的扩展	108
4.3	高速以太网	116
4.3.1	快速以太网	116
4.3.2	千兆以太网	117
4.3.3	万兆以太网	118
4.3.4	10 万兆以太网/4 万兆以太网	121
4.4	虚拟局域网	122
4.4.1	虚拟局域网的基本概念	122
4.4.2	VLAN 的分类	123
4.4.3	干道和 VTP	124
4.4.4	VLAN 的优点	126
4.5	无线局域网	127
4.5.1	无线局域网的组成	127
4.5.2	802.11 局域网的物理层	128
4.5.3	802.11 局域网的 MAC 层协议	129
4.5.4	802.11 局域网的 MAC 帧	135
第 5 章	网络互联技术	138
5.1	网络互联的基本概念	138
5.2	网际协议 IPv4	139
5.2.1	IP 地址	140
5.2.2	地址解析协议	146
5.2.3	IPv4 数据报	150
5.2.4	ICMP 协议	152
5.3	路由选择算法与路由协议	155
5.3.1	路由信息协议(RIP)	157
5.3.2	开放最短路径优先协议(OSPF)	160
5.3.3	外部网关协议	163
5.4	路由器与第三层交换技术	165
5.4.1	路由器的构成	166
5.4.2	路由器的分类	167
5.4.3	第三层交换	168
5.5	IP 多播与 IGMP 协议	171
5.5.1	IP 多播的基本概念	171
5.5.2	以太网物理多播	173

5.5.3	Internet 组管理协议	174
5.6	IPv6 技术	175
5.6.1	IPv6 概述	175
5.6.2	IPv6 分组	177
5.6.3	IPv6 地址	179
5.6.4	IPv4 到 IPv6 的过渡	182
5.6.5	IPv6 的应用	184
5.7	移动 IP 技术	185
5.7.1	移动 IP 概述	185
5.7.2	移动 IPv4	186
5.7.3	移动 IPv6	189
第 6 章	传输层	192
6.1	传输层的服务和规范	192
6.1.1	进程通信	192
6.1.2	传输层协议	194
6.1.3	传输层的基本功能	195
6.2	用户数据报协议(UDP)	196
6.2.1	UDP 的主要特点	196
6.2.2	UDP 数据报的格式	197
6.2.3	UDP 的基本工作过程	199
6.3	传输控制协议(TCP)	201
6.3.1	TCP 协议的特点	202
6.3.2	TCP 报文段格式	202
6.3.3	TCP 的连接管理	205
6.3.4	TCP 的流量控制	210
6.3.5	TCP 的差错控制	213
6.3.6	TCP 的拥塞控制	216
6.3.7	无线 TCP	219
第 7 章	网络服务和应用层协议	223
7.1	域名系统 DNS	223
7.1.1	DNS 基础	223
7.1.2	Internet 的域名结构	224
7.1.3	域名服务器	225
7.1.4	域名解析	227
7.1.5	DNS 报文	228
7.2	电子邮件系统	229
7.2.1	电子邮件系统概述	229

7.2.2	SMTP 协议	231
7.2.3	邮件读取协议: POP3 和 IMAP4	235
7.2.4	电子邮件的格式	236
7.2.5	基于 WWW 的电子邮件	237
7.3	WWW 协议与服务	237
7.3.1	WWW 概述	237
7.3.2	WWW 的体系结构	238
7.3.3	统一资源定位符(URL)	239
7.3.4	万维网文档	240
7.3.5	HTTP 协议	242
7.3.6	搜索引擎	248
7.4	文件传输协议(FTP)	250
7.4.1	FTP 概述	250
7.4.2	FTP 的工作原理	250
7.4.3	匿名 FTP 服务	251
7.4.4	FTP 的使用	252
7.4.5	简单文件传输协议(TFTP)	253
7.5	动态主机配置协议(DHCP)	253
7.5.1	DHCP 的产生背景	253
7.5.2	DHCP 的报文格式	254
7.5.3	工作过程	255
7.6	远程登录协议(Telnet)	257
7.6.1	Telnet 的基本概念	257
7.6.2	Telnet 的工作原理	258
7.6.3	Telnet 的使用	259
7.7	无线应用协议(WAP)	259
7.7.1	WAP 概述	259
7.7.2	WAP 协议栈	260
7.7.3	WAP 2.0 采用的新标准和技术	261
7.8	P2P 应用协议	263
7.8.1	P2P 概述	263
7.8.2	P2P 的应用	265
第 8 章	无线网络新技术	266
8.1	无线网络的发展历程	266
8.1.1	无线数据网络	266
8.1.2	无线自组织网络	268
8.1.3	无线 Mesh 网络	269
8.1.4	无线传感器网络	270

8.2	无线自组织网络 Ad hoc	276
8.2.1	无线自组织网络 Ad hoc 的信道分配技术	276
8.2.2	无线自组织网络 Ad hoc 的路由协议	280
8.2.3	无线自组织网络的 QoS 技术	286
8.2.4	无线自组织网络中的多播与广播技术	293
8.2.5	无线 Ad hoc 网络的安全技术	296
8.3	无线传感器网络	301
8.3.1	无线传感器网络的组成	301
8.3.2	无线传感器网络的体系结构	302
8.3.3	无线传感器网络的关键技术	305
8.4	无线网格网络技术	331
8.4.1	无线网格网络概述	331
8.4.2	无线网格网络结构	333
8.4.3	无线网格网络的关键技术	334
第 9 章	接入网技术	339
9.1	接入网的基本概念	339
9.1.1	接入网技术发展的背景	339
9.1.2	接入服务的界定	340
9.1.3	接入技术与“数字会聚”及“三网融合”	340
9.2	接入网体系结构	341
9.2.1	接入网的定义	341
9.2.2	接入网的地位	341
9.3	接入技术的基本类型	342
9.3.1	接入技术的分类	342
9.3.2	拨号接入技术	343
9.3.3	xDSL 体系结构	345
9.3.4	ADSL 技术	348
9.3.5	光纤接入技术	349
9.3.6	宽带无线接入技术与 IEEE 802.16 标准	357
第 10 章	网络管理技术	362
10.1	网络管理的功能域	362
10.1.1	配置管理	362
10.1.2	性能管理	363
10.1.3	故障管理	363
10.1.4	安全管理	363
10.1.5	记账管理	364
10.2	网络管理模型	364

10.2.1	管理站(Manager)	365
10.2.2	管理代理(Agent)	365
10.2.3	管理信息库(Management Information Base, MIB)	365
10.2.4	网络管理协议(CMIP 或 SNMP)	366
10.3	网络管理协议	366
10.3.1	CMIP/CMIS	366
10.3.2	SNMP 简单网络管理协议	366
10.4	SNMP 协议的工作原理	368
10.4.1	管理信息库 MIB	368
10.4.2	管理信息结构 SMI	370
10.4.3	SNMP 工作模式	370
10.4.4	SNMP 的协议数据单元	371
10.5	SNMP 协议的新版本	372
10.5.1	SNMPv2 协议	372
10.5.2	SNMPv3	373
10.6	网络管理新技术	373
10.6.1	RMON 技术	373
10.6.2	基于 Web 的网络管理技术	374
第 11 章	网络安全与可靠性	375
11.1	网络安全概述	375
11.1.1	网络安全的基本概念	375
11.1.2	网络安全问题的根源	376
11.1.3	网络安全体系结构	377
11.1.4	网络安全的评估标准	380
11.2	密码学	384
11.2.1	密码学简介	384
11.2.2	对称密码体制	384
11.2.3	公钥密码体制	388
11.2.4	数字签名和数字信封	391
11.2.5	公钥基础设施	395
11.3	网络安全应用技术	399
11.3.1	认证的应用	399
11.3.2	电子邮件安全	404
11.3.3	IP 安全	406
11.3.4	Web 安全	409
11.3.5	VPN 技术	417
11.4	网络安全防护技术	420
11.4.1	防火墙技术	420

11.4.2	入侵检测技术	424
11.4.3	恶意代码防范技术	432
11.4.4	计算机取证技术	434
第 12 章 网络系统测试及其性能评价		437
12.1	网络测试及分析的基本理论	437
12.1.1	网络生命周期	437
12.1.2	影响网络性能的主要因素	441
12.1.3	计算机网络系统测试的模式	444
12.1.4	网络系统的测试范围划分和测试标准	446
12.1.5	网络生命周期的测试任务	448
12.1.6	网络系统性能评价方法	450
12.2	网络端到端的性能测试技术	450
12.2.1	路由协议	451
12.2.2	IP QoS 性能	451
12.2.3	IP 网络性能测试工具	452
12.3	网络系统综合测试技术	453
12.3.1	测试工具	453
12.3.2	网络系统层各特征参数的测试方法	454
12.3.3	网络系统综合性能测试的其他工具	458
12.3.4	常用工具特点比较	463
12.4	网络系统性能评价	463
12.4.1	模拟模型(仿真)技术方法	464
12.4.2	网络仿真	464
12.4.3	利用 OPNET 仿真器对网络性能进行仿真	467
12.4.4	利用 NS-2 仿真器对网络性能进行仿真	468
12.5	网络断层扫描技术	470
参考文献		473