

普通高校本科计算机专业特色教材精选·网络与通信

计 算 机 网 络

沈鑫剡 编著

清华大学出版社



TP393/614

2008

普通高校本科计算机专业特色教材精选·网络与通信

计算机网络

沈鑫剡 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书共 14 章,是一本真正以 TCP/IP 体系结构为基础讨论各种传输网络之间的互联,及 Internet 端到端数据传输机制的教材。书中详细、透彻地讨论了交换式以太网原理,VLAN 划分、三层交换等局域网关键技术,无线局域网工作机制及数据安全传输过程,主流 Internet 接入网和主干网技术,IPv6 及基于 IPv6 网络的数据传输过程,IPv6 和 IPv4 的互联技术,网络安全技术,对提高 Internet 主干网性能起关键作用的 MPLS 技术和目前 Internet 的重要应用之一:VOIP 系统的设计原理。本教材不是将这些技术单独作为一个个知识点进行介绍,而是在具体网络环境下深入讨论这些技术之间的相互关系和作用过程,将 Internet 作为一个有机整体介绍给读者。

本教材在具体网络环境下深入讨论网络的基本原理、算法、协议及各协议间的相互作用过程,既有理论总结,又有应用实例,为读者提供透彻、完整的网络知识。同时,着重对当前主流网络技术及应用展开详细、深入的讨论,解决课程内容和实际应用脱节的问题,使读者能够学以致用。

本教材以通俗易懂、循序渐进的方式叙述网络知识,并通过大量的例子来加深读者对网络知识的理解,内容组织严谨、叙述方法新颖,是一本理想的针对高等院校计算机专业本科生的计算机网络教材,也可作为计算机专业研究生的计算机网络教材,对从事计算机网络工作的工程技术人员,也是一本非常好的参考书。

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/沈鑫刻编著. —北京:清华大学出版社,2008.6
(普通高校本科计算机专业特色教材精选·网络与通信)
ISBN 978-7-302-16961-1

I. 计… II. 沈… 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(2008)第 012806 号

责任编辑:袁勤勇 李 晔

责任校对:时翠兰

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

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

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:35.75

字 数:806 千字

版 次:2008 年 6 月第 1 版

印 次:2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:48.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:026840-01

出版说明

INTRODUCTION

在我国高等教育逐步实现大众化后,越来越多的高等学校将会面向国民经济发展的第一线,为行业、企业培养各级各类高级应用型专门人才。为此,教育部已经启动了“高等学校教学质量和教学改革工程”,强调要以信息技术为手段,深化教学改革和人才培养模式改革。如何根据社会的实际需要,根据各行各业的具体人才需求,培养具有显著特色的人才,是我们共同面临的重大问题。具体地说,培养具有一定专业特色的和特定能力强的计算机专业应用型人才则是计算机教育要解决的问题。

为了适应 21 世纪人才培养的需要,培养具有特色的计算机人才,急需一批适合各种人才培养特点的计算机专业教材。目前,一些高校在计算机专业教学和教材改革方面已经做了大量工作,许多教师在计算机专业教学和科研方面已经积累了许多宝贵经验。将他们的教研成果转化为教材的形式,向全国其他学校推广,对于深化我国高等学校的教学改革是一件十分有意义的事。

清华大学出版社在大量调查研究的基础上,决定组织编写一套“普通高校本科计算机专业特色教材精选”。本套教材是针对当前高等教育改革的新形势,以社会对人才的需求为导向,主要以培养应用型计算机人才为目标,立足课程改革和教材创新,广泛吸纳全国各地的高等院校计算机优秀教师参与编写,从中精选出版确实反映计算机专业教学方向的特色教材,供普通高等院校计算机专业学生使用。

本套教材具有以下特点。

1. 编写目的明确

本套教材是在深入研究各地各学校办学特色的基础上,面向普通高校的计算机专业学生编写的。学生通过本套教材,主要学习计算机科学与技术专业的基本理论和基本知识,接受利用计算机解决实际问题的基本训练,培养研究和开发计算机系统,特别是应用系统的基本能力。

2. 理论知识与实践训练相结合

根据计算学科的三个学科形态及其关系,本套教材力求突出学科的理论与实践紧密结合的特征,结合实例讲解理论,使理论来源于实践,又进一步指导实践。学生通过实践深化对理论的理解,更重要的是使学生学会理论方法的实际运用。在编写教材时突出实用性,并做到通俗易懂,易教易学,使学生不仅知其然,知其所以然,还要会其如何然。

3. 注意培养学生的动手能力

每种教材都增加了能力训练部分的内容,学生通过学习和练习,能比较熟练地应用计算机知识解决实际问题。既注重培养学生分析问题的能力,也注重培养学生解决问题的能力,以适应新经济时代对人才的需要,满足就业要求。

4. 注重教材的立体化配套

大多数教材都将陆续配套教师用课件、习题及其解答提示,学生上机实验指导等辅助教学资源,有些教材还提供能用于网上下载的文件,以方便教学。

由于各地区各学校的培养目标、教学要求和办学特色均有所不同,所以对特色教学的理解也不尽一致,我们恳切希望大家在使用教材的过程中,及时地给我们提出批评和改进意见,以便我们做好教材的修订改版工作,使其日趋完善。

我们相信经过大家的共同努力,这套教材一定能成为特色鲜明、质量上乘的优秀教材。同时,我们也希望通过本套教材的编写出版,为“高等学校教学质量和教学改革工程”作出贡献。

清华大学出版社

前言

PREFACE

俗话说“师傅领进门，修行靠自身”，一本好的计算机网络教材就应该是一个好师傅，承担起将读者领入计算机网络知识殿堂的责任。这样的教材必须提供完整、系统的计算机网络知识，详细介绍主流计算机网络技术，理清计算机网络知识的脉络，讲清各种传输网络发展变化的必然规律。不仅能够使读者具备解决和计算机网络有关的实际问题的专业技能，还为读者今后进一步深入学习和研究计算机网络技术打下扎实的理论基础。

网络技术发展很快，作为一本教材当然需要着重于基本原理、基本技术和基本方法，但一方面网络和其他课程不同，许多方法、技术和具体的传输网络密切相关，而且，一些原理也只有在具体网络环境中讨论才能言之有物，才能讲清讲透。另一方面，目前网络的实际状况是多种传输网络，如以太网、无线局域网、ATM 和 SDH 等，独立发展，但通过 TCP/IP 协议互联在一起，构成 Internet。如果将多种传输网络比作计算机硬件及指令系统，则 TCP/IP 协议就是高级语言，而各种 IP over X (X 指各种传输网络) 技术就是将高级语言转变成适合不同计算机系统的机器语言的编译系统。就像由高级语言实现程序在不同计算机之间的可移植性一样，TCP/IP 协议实现了数据跨越多个不同传输网络的端到端传输。因此，完整讨论网络，必须详细讨论目前主流的传输网络，IP over X 技术及数据端到端传输过程。由于计算机网络是一个复杂的系统，网络中端到端的数据传输过程是各种协议、各种网络技术相互作用的结果，因此，只有在实际的网络环境下来讨论各种协议的工作流程、各种网络技术的工作机制及它们之间的相互作用过程，才能提供完整、系统的网络知识，才能讲清楚网络的工作原理，才能培养读者设计网络、应用网络的能力。

一本好的计算机网络教材不能只罗列一些概念和技术。不能和实际主流技术脱节。不能脱离具体网络环境空对空地讨论基本原理、基本技术和基本方法。不能让读者了解了教材中列出的每一个知识点，仍不知网络为何物。不能让读者对教材中罗列的一大堆网络技术不知所云，弄

不清网络技术的发展规律和趋势。

为了成为一本真正能够将读者领入计算机网络知识殿堂的计算机网络教材,本教材在以下5个方面作了革新。一是在具体网络环境下深入讨论网络基本原理、算法、协议及各协议间的相互作用过程,为学生提供透彻、完整的网络知识。二是重点讨论主流网络技术,并将它们讲深讲透,让读者学以致用。三是讲清楚各种网络技术的相互关系,发展变化的必然性,让读者了解网络发展过程和发展趋势。四是对 MPLS 和 VOIP 这样对网络发展有重大影响的技术和应用进行深入讨论,让读者了解当前网络的热点技术,为进一步深入研究网络打下基础。五是完全根据 TCP/IP 体系结构和 Internet 发展现状及趋势讨论网络原理、协议及端到端数据传输过程。

全书内容安排如下:第1章概论着重讨论了导致计算机网络飞速发展的因素和分层网络体系结构的必要性,通过例子讲解了电路交换和分组交换的异同和各自适用范围。第2章数据通信基础讨论了有关数据通信的一些基本概念和网络中的一些基本技术和方法。第3章以太网详细讨论了以太网从共享式到交换式、从 10Mb/s 传输速率到 10Gb/s 传输速率的发展过程,VLAN 划分和交换式以太网的设计过程。第4章无线局域网详细讨论了无线局域网的工作机制及数据安全传输过程。第5章广域网详细讨论了作为目前主流广域网技术的 PSTN、SDH 和 ATM 的工作机制,及这三种网络技术的异同和相互关系。第6章 IP 和网络互连详细讨论了 IP 实现不同类型传输网络互连及数据跨越多个不同传输网络的端到端传输过程,介绍了路由的概念和路由器转发 IP 分组的机制,通过实例详细讨论了路由协议 RIP、OSPF 和 BGP 生成路由表的过程,详细讨论了三层交换机和 IP over Ethernet 的实现机制。第7章 IP 组播和移动 IP 详细讨论了 IP 网络组播 IP 组播分组的过程和移动终端实现网络层无缝漫游的机制。第8章 IPv6 详细讨论了 IPv6 及基于 IPv6 网络的数据传输过程,IPv6 和 IPv4 的互联技术。第9章 Internet 组成详细讨论了三种最流行的 Internet 接入技术,和构建 Internet 主干网的网络技术。第10章运输层详细讨论了 UDP 和 TCP 的工作机制及各自适用范围。第11章应用层详细讨论了应用层协议——DNS、DHCP、HTTP、SMTP 和 POP3 及 FTP 的工作原理。第12章网络安全详细讨论了加密、解密算法的工作原理,利用路由器分组过滤功能和防火墙解决网络安全问题的机制和过程,认证机制和无线局域网安全传输机制,VPN 设计方法和工作机制。第13章 MPLS 和 VPN 详细讨论了 MPLS 的作用和工作机制,基于 MPLS 的 VPN 实现机制。第14章 VOIP 详细讨论了 IP 网络端到端 QoS 实现机制和基于 H.323、SIP 的 VOIP 系统的工作原理和实现机制,软交换系统的工作原理和实现机制。

本教材的参考学时数为 60~80 学时,如果是 60 学时,则可以只讲授 1~6 章,8~12 章。超过 60 学时可酌情讲授第 7 章、第 13 章和第 14 章。本书的“网络工程”因篇幅原因未放入书中,在清华大学出版社网站上供读者下载。

在教材编写过程中解放军理工大学工程兵工程学院计算机应用教研室的同事俞海英、伍红兵、胡勇强、魏涛和龙瑞对教材内容提出了许多很好的建议和意见,其他同事也给予了很多帮助和鼓励,在此向他们表示衷心的感谢。作为一本无论在内容组织、叙述方法还是教学目标都和传统计算机网络教材有一定区别的新教材,错误和不足之处

在所难免，殷切希望使用该教材的老师和学生批评指正，也殷切希望读者能够就教材内容和叙述方式提出宝贵建议和意见，以便进一步完善教材内容。作者 E-mail 地址为：
shenxinshan@163.com。

作 者

2007 年 10 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 概述	1
1.1 网络发展过程	1
1.1.1 从 ARPA 网络到 Internet	1
1.1.2 从低速网络到高速网络	3
1.1.3 从数据网络到统一网络	5
1.2 Internet 结构和标准化工作	7
1.2.1 Internet 结构	7
1.2.2 网络标准化工作	9
1.3 计算机网络的定义和分类	9
1.3.1 计算机网络的定义	9
1.3.2 计算机网络分类	10
1.4 计算机网络协议和体系结构	20
1.4.1 分层的必要性	20
1.4.2 OSI 体系结构	23
1.4.3 TCP/IP 体系结构	25
1.4.4 OSI 和 TCP/IP 体系结构比较	26
1.4.5 服务和协议之间的关系	27
1.4.6 TCP/IP 体系结构数据封装过程	28
习题 1	29
第 2 章 数据通信基础	31
2.1 数据通信基本知识	31
2.1.1 基本概念	31
2.1.2 通信方式	32
2.1.3 数字通信和模拟通信	32
2.2 传输媒体	34
2.2.1 同轴电缆	34

2.2.2	双绞线	35
2.2.3	光纤	36
2.3	信号调制技术	38
2.3.1	振幅键控调制技术	39
2.3.2	移频键控调制技术	40
2.3.3	移相键控调制技术	40
2.3.4	正交幅度调制技术	41
2.4	复用技术	43
2.4.1	频分复用技术	43
2.4.2	时分复用技术	44
2.4.3	波分复用技术	47
2.5	差错控制技术	48
2.5.1	数据检错和纠错	48
2.5.2	网络数据传输过程	52
2.5.3	停止等待算法	57
2.5.4	连续 ARQ	61
2.6	拥塞控制技术	66
2.6.1	网络结点监测拥塞机制	68
2.6.2	网络结点通知拥塞机制	69
2.6.3	流量控制机制	70
习题 2		70
第 3 章	以太网	73
3.1	局域网拓扑结构	73
3.1.1	总线型拓扑结构	73
3.1.2	星状拓扑结构	73
3.1.3	环状拓扑结构	74
3.1.4	树状拓扑结构	74
3.1.5	网状拓扑结构	74
3.2	以太网体系结构	75
3.3	总线型以太网	76
3.3.1	基带传输与曼彻斯特编码	76
3.3.2	MAC 帧结构	78
3.3.3	MAC 层差错控制功能	80
3.3.4	CSMA/CD 操作过程	81
3.3.5	冲突域直径和最短帧长	84
3.4	网桥与冲突域分割	87
3.4.1	网桥工作原理	87

3.4.2	生成树协议	94
3.5	以太网交换机与交换式以太网	100
3.5.1	VLAN 与广播域分割	100
3.5.2	802.1Q 与 VLAN 内数据传输	105
3.5.3	基于 MAC 地址配置 VLAN 的方法	110
3.6	以太网标准	111
3.6.1	10Mb/s 以太网标准	111
3.6.2	100Mb/s 以太网标准	112
3.6.3	1Gb/s 以太网标准	114
3.6.4	10Gb/s 以太网标准	115
3.6.5	以太网结构和端到端传输距离	115
	习题 3	116
第 4 章 无线局域网		121
4.1	无线局域网概述	121
4.1.1	无线局域网体系结构	121
4.1.2	无线电传输	123
4.1.3	无线局域网拓扑结构	124
4.1.4	无线局域网标准	126
4.2	无线局域网物理层	127
4.2.1	扩频技术	127
4.2.2	802.11 FHSS	128
4.2.3	802.11 DSSS	129
4.2.4	802.11b	132
4.2.5	802.11a	134
4.2.6	802.11g	136
4.3	无线局域网 MAC 层	136
4.3.1	MAC 帧结构	137
4.3.2	差错控制和寻址过程	137
4.3.3	DCF	140
4.3.4	PCF	146
4.3.5	帧间间隔	147
4.4	无线局域网工作过程	149
4.4.1	同步过程	149
4.4.2	认证过程	150
4.4.3	建立关联过程	150
4.5	无线局域网数据传输过程	151
4.5.1	同一 BSS 内终端之间数据传输过程	151

4.5.2	不同 BSS 内终端之间数据传输过程	152
4.5.3	同一 VLAN 内终端之间数据传输过程	154
4.5.4	MAC 层漫游过程	158
习题 4		159
第 5 章 广域网		163
5.1	公共电话交换网	164
5.1.1	PSTN 结构	164
5.1.2	PCM 和时分复用过程	165
5.1.3	随路信令	168
5.1.4	No. 7 信令系统	171
5.2	SDH	175
5.2.1	SDH 帧结构	175
5.2.2	SDH 复用结构	176
5.2.3	复用过程	179
5.2.4	SDH 构件	180
5.2.5	SDH 配置	182
5.2.6	PSTN 和 SDH 的关系	183
5.2.7	电路交换方式下的同步传输过程	184
5.2.8	SDH 通路结构和开销的层次结构	187
5.3	ATM	188
5.3.1	产生 ATM 的原因	188
5.3.2	ATM 和 SDH 的关系	189
5.3.3	ATM 结构	189
5.3.4	信元交换方式下的异步传输过程	192
5.3.5	ATM 信元格式	193
5.3.6	ATM 信元定界和差错控制	193
5.3.7	ATM 适配层	194
5.3.8	宽带综合业务数字网的设想	197
5.4	其他广域网技术	199
习题 5		201
第 6 章 IP 和网络互连		203
6.1	网络互连	203
6.1.1	用网桥互连不同类型的传输网络	203
6.1.2	路由器互连不同类型的传输网络	207
6.1.3	路由器和网桥结构	210
6.2	网际协议	212

6.2.1	IP 地址分类	213
6.2.2	无分类编址	216
6.2.3	IP 分组格式	220
6.3	路由协议建立路由表过程	222
6.3.1	路由协议分类	223
6.3.2	RIP 建立路由表过程	224
6.3.3	OSPF 建立路由表过程	234
6.3.4	BGP 和分层路由结构	254
6.4	IP over 以太网	262
6.4.1	ARP 和地址解析过程	263
6.4.2	三层交换	265
6.5	网络地址转换	274
6.5.1	端口地址转换	275
6.5.2	动态 NAT	276
6.5.3	静态 NAT	277
6.6	Internet 控制报文协议	278
	习题 6	279
第 7 章 IP 组播和移动 IP		285
7.1	IP 组播	285
7.1.1	距离向量组播路由协议	287
7.1.2	Internet 组管理协议	291
7.1.3	剪枝	292
7.1.4	IP 组播分组的传输过程	294
7.1.5	其他组播路由协议	296
7.2	移动 IP	297
7.2.1	正常通信过程	297
7.2.2	移动 IP 工作原理	298
7.2.3	发现外地代理	301
7.2.4	注册	301
7.2.5	建立隧道	302
7.2.6	数据传输过程	302
	习题 7	304
第 8 章 IPv6		307
8.1	IPv4 的缺陷	307
8.1.1	地址短缺问题	307
8.1.2	复杂的分组首部	308

8.1.3	QoS 实现困难	308
8.1.4	安全机制先天不足	308
8.2	IPv6 首部结构	309
8.2.1	IPv6 基本首部	309
8.2.2	IPv6 扩展首部	311
8.3	IPv6 地址结构	313
8.3.1	IPv6 地址表示方式	313
8.3.2	IPv6 地址分类	315
8.4	IPv6 操作过程	319
8.4.1	邻站发现协议	320
8.4.2	路由器建立路由表过程	323
8.5	IPv6 over 以太网	324
8.5.1	地址解析过程	324
8.5.2	IPv6 组播地址和 MAC 组地址之间的关系	326
8.5.3	IPv6 分组传输过程	326
8.6	IPv6 网络和 IPv4 网络互联	327
8.6.1	双协议栈技术	327
8.6.2	隧道技术	328
8.6.3	网络地址和协议转换技术	330
习题 8		337
第 9 章	Internet 组成	339
9.1	Internet 接入技术	340
9.1.1	拨号接入技术	340
9.1.2	ADSL 接入技术	352
9.1.3	以太网接入技术	371
9.2	Internet 主干技术	375
9.2.1	IP over ATM	375
9.2.2	IP over SDH	378
9.2.3	IP 网络成为统一网络的趋势	379
习题 9		380
第 10 章	运输层	385
10.1	运输层端口的概念	386
10.2	用户数据报协议	387
10.2.1	UDP 报文格式	387
10.2.2	UDP 用途	387
10.3	传输控制协议	388

10.3.1	TCP 报文格式	390
10.3.2	TCP 建立连接过程	391
10.3.3	TCP 差错控制	393
10.3.4	TCP 拥塞控制机制	399
10.3.5	TCP 连接吞吐率分析	404
10.3.6	TCP 释放连接过程	405
10.3.7	TCP 和 RED	406
习题 10		408
第 11 章 应用层		411
11.1	域名系统 DNS	411
11.1.1	域名结构	412
11.1.2	域名解析过程	413
11.2	动态主机配置协议	416
11.3	HTTP 和 WWW	418
11.3.1	统一资源定位符	419
11.3.2	HTTP	419
11.4	电子邮件	420
11.4.1	SMTP 发送邮件操作过程	421
11.4.2	POP3 读取邮件操作过程	422
11.5	文件传输协议	422
11.6	网络管理	424
11.6.1	网络管理功能	424
11.6.2	简单网络管理协议	424
11.6.3	网络管理系统	424
习题 11		425
第 12 章 网络安全		427
12.1	网络安全概述	427
12.1.1	网络安全目标	427
12.1.2	网络威胁类型	428
12.1.3	网络安全机制	429
12.2	传输安全机制	430
12.2.1	加密技术	430
12.2.2	报文摘要技术	434
12.2.3	数字签名技术	435
12.3	系统安全机制	437
12.3.1	防火墙	437

12.3.2	入侵检测	446
12.4	应用层安全协议	447
12.4.1	安全插口层	447
12.4.2	电子邮件安全协议	449
12.5	认证过程	449
12.5.1	EAP	450
12.5.2	802.1X	454
12.6	无线局域网安全机制	457
12.6.1	802.11 WEP 认证和加密机制	457
12.6.2	802.11 WEP 算法的安全缺陷	459
12.6.3	802.11i 安全机制	461
12.7	IPSec 和 VPN	466
12.7.1	二层隧道技术和 VPN	466
12.7.2	三层隧道技术和 VPN	468
12.7.3	IPSec	471
习题 12		473
第 13 章	MPLS 和 VPN	477
13.1	IP 交换概述	477
13.1.1	快速转发机制	477
13.1.2	MPLS 的产生背景	479
13.2	MPLS 的工作原理	480
13.2.1	MPLS 基本工作过程	480
13.2.2	LDP 和 LSP 建立过程	482
13.3	基于 MPLS 的 VPN	485
13.3.1	VPN 概述	485
13.3.2	基于 MPLS 的第二层 VPN	486
13.3.3	基于 MPLS 的第三层 VPN	493
13.3.4	VPN 内部结点访问 Internet 过程	499
习题 13		502
第 14 章	VOIP	505
14.1	端到端 QoS 实现机制	505
14.1.1	多媒体传输网络面临的问题和解决方法	505
14.1.2	信息流分类	508
14.1.3	队列调度	509
14.1.4	RSVP 和综合服务	510
14.1.5	区分服务	513

14.1.6	流量管制	516
14.2	实时传输协议	518
14.2.1	RTP 的作用	518
14.2.2	RTP 报文格式	519
14.2.3	RTP 传输数字语音数据过程	521
14.3	基于 H.323 的 VOIP 系统	522
14.3.1	系统结构	523
14.3.2	H.323	523
14.3.3	基于 H.323 的 VOIP 系统的操作过程	527
14.4	基于 SIP 的 VOIP 系统	531
14.4.1	系统结构	531
14.4.2	SIP	532
14.4.3	基于 SIP 的 VOIP 系统的操作过程	534
14.5	MGCP 和软交换	535
14.5.1	MGCP 和语音数据传输通路	536
14.5.2	软交换系统操作过程	539
习题 14		541
附录 A	英文缩写词	543
参考文献		549