



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



21世纪大学本科
计算机专业系列教材

吴功宜 编著

计算机网络 (第2版)

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

- 根据教育部“高等学校计算机科学与技术专业规范”组织编写
- 与美国 ACM 和 IEEE *Computing Curricula 2005* 同步



清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

TP393
221=2

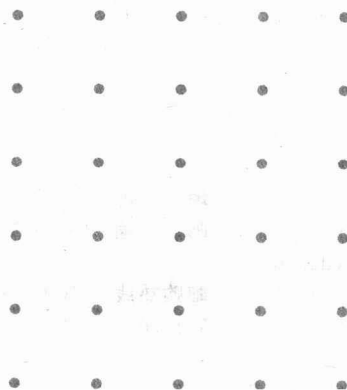
2007

21世纪大学本科计算机专业系列教材

计 算 机 网 络

(第2版)

吴功宜 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

为适应读者对计算机网络技术学习的需要,本书的第2版根据网络技术的最新发展,对网络的基本概念、网络体系结构及TCP/IP协议进行了系统讨论;对局域网技术、城域网技术、网络互联、分布式进程通信、Internet应用与网络安全,以及网络技术的研究与发展进行了系统的介绍。本书在系统讨论网络基本工作原理的同时,注重反映网络技术的最新发展。

本书层次清晰,概念准确,内容丰富,图文并茂,注重理论与实践的结合,适合学生循序渐进地学习。每章之前有学习要求,每章结束有主要内容小结和习题,书后附有参考答案。本书可以作为计算机专业的本科生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学习参考。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络/吴功宜编著. —2版. —北京:清华大学出版社,2007.3

(21世纪大学本科计算机专业系列教材)

ISBN 978-7-302-14443-4

I. 计… II. 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(2006)第163971号

责任编辑:张瑞庆 顾 冰

责任校对:时翠兰

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社总机:010-62770175

投稿咨询:010-62772015

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮购热线:010-62786544

客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:28.5

字 数:582千字

版 次:2007年3月第2版

印 次:2007年3月第1次印刷

印 数:1~5000

定 价:34.90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:024239-01

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会

名誉主任：陈火旺

主 任：李晓明

副 主 任：钱德沛 焦金生

委 员：（按姓氏笔画为序）

马殿富	王志英	王晓东	宁 洪	刘 辰
孙茂松	李大友	李仲麟	吴朝晖	何炎祥
宋方敏	张大方	张长海	周兴社	侯文永
袁开榜	钱乐秋	黄国兴	蒋宗礼	曾 明
廖明宏	樊孝忠			

秘 书：张瑞庆

本书责任编辑：钱德沛

PREFACE

21 世纪是知识经济的时代,是人才竞争的时代。随着 21 世纪的到来,人类已步入信息社会,信息产业正成为全球经济的主导产业。计算机科学与技术信息产业中占据了最重要的地位,这就对培养 21 世纪高素质创新型计算机专业人才提出了迫切的要求。

为了培养高素质创新型人才,必须建立高水平的教学计划和课程体系。在 20 多年跟踪分析 ACM 和 IEEE 计算机课程体系的基础上,紧跟计算机科学与技术的发展潮流,及时制定并修正教学计划和课程体系是尤其重要的。计算机科学与技术的发展对高水平人才的要求,需要我们从总体上优化课程结构,精炼教学内容,拓宽专业基础,加强教学实践,特别注重综合素质的培养,形成“基础课程精深,专业课程宽新”的格局。

为了适应计算机科学与技术学科发展和计算机教学计划的需要,要采取多种措施鼓励长期从事计算机教学和科技前沿研究的专家教授积极参与计算机专业教材的编著和更新,在教材中及时反映学科前沿的研究成果与发展趋势,以高水平的科研促进教材建设。同时适当引进国外先进的原版教材。

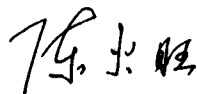
为了提高教学质量,需要不断改革教学方法与手段,倡导因材施教,强调知识的总结、梳理、推演和挖掘,通过加快教案的不断更新,使学生掌握教材中未及时反映的学科发展新动向,进一步拓广视野。教学与科研相结合是培养学生实践能力的有效途径。高水平的科研可以为教学提供最先进的高新技术平台和创造性的工作环境,使学生得以接触最先进的计算机理论、技术和环境。高水平的科研还可以为高水平人才的素质教育提供良好的物质基础。学生在课题研究中不但能了解科学研究的艰辛和科研工作者的奉献精神,而且能熏陶和培养良好的科研作风,锻炼和培养攻关能力和协作精神。

进入 21 世纪,我国高等教育进入了前所未有的大发展时期,时代的进步与发展对高等教育质量提出了更高、更新的要求。2001 年 8 月,教育部颁发了《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》。文件指出,本科教育是高等教育的主体和基础,抓好本科教学是提高整个高等教育质量的重点和关键。随着高等教育的普及和高等学校的扩招,在校大学本科计算机专业学生的人数将大量上升,对适合 21 世纪大学本科计算

机科学与技术学科课程体系要求的,并且适合中国学生学习的计算机专业教材的需求量也将急剧增加。为此,中国计算机学会和清华大学出版社共同规划了面向全国高等院校计算机专业本科生的“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”。本系列教材借鉴美国 ACM 和 IEEE 最新制定的 *Computing Curricula 2005* (简称 CC2005) 课程体系,反映当代计算机科学与技术学科水平和计算机科学技术的新发展、新技术,并且结合中国计算机教育改革成果和中国国情。

中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会,在清华大学出版社的大力支持下,跟踪分析 CC2001,并结合中国计算机科学与技术学科的发展现状和计算机教育的改革成果,研究出了《中国计算机科学与技术学科教程 2002》(*China Computing Curricula 2002*, 简称 CCC2002),该项研究成果对中国高等学校计算机科学与技术学科教育的改革和发展具有重要的参考价值和积极的推动作用。

“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”正是借鉴美国 ACM 和 IEEE CC2005 课程体系,依据 CCC2002 基本要求组织编写的计算机专业教材。相信通过这套教材的编写和出版,能够在内容和形式上显著地提高我国计算机专业教材的整体水平,继而提高我国大学本科计算机专业的教学质量,培养出符合时代发展要求的具有较强国际竞争力的高素质创新型计算机人才。



中国工程院院士

国防科学技术大学教授

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会名誉主任

第 2 版前言

FOREWORD

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,也是计算机应用中一个空前活跃的领域。21 世纪的一个重要特征是数字化、网络化与信息化,而它的基础是支持全社会的强大的计算机网络。

计算机网络是计算机技术与通信技术相互渗透、密切结合而形成的一门交叉科学。社会学家指出:人类社会的生活方式与劳动方式从根本上说具有群体性、交互性、分布性与协作性。在今天的信息时代,计算机网络的出现使人类这一本质特征得到了充分的体现。计算机网络的应用可以大大缩短人与人之间的时间与空间距离,更进一步扩大了人类社会群体之间的交互与协作范围,因此人们一定会很快地接受在计算机网络环境中的工作方式,同时计算机网络也会对社会的进步产生不可估量的影响。以 Internet 为代表的网络应用技术和高速网络技术,使得网络技术发展到了一个更高的阶段。基于网络技术的电子政务、电子商务、远程教育、远程医疗与信息安全技术正在以前所未有的速度发展,计算机网络正在改变着人们的工作方式与生活方式,网络技术的发展与应用业已成为影响一个国家与地区政治、经济、科学与文化发展的重要因素之一。

2005 年 2 月 16 日,国际计算机协会 ACM 宣布 Vinton G. Cerf 和 Robert E. Kahn 获得 2004 年度 A. M 图灵奖,以表彰他们在设计和实施 Internet 基础通信协议方面的先驱性成就。ACM 主席认为他们在定义 Internet 体系结构和相关协议的合作中取得的成果,奠定了信息技术领域的基石。这项图灵奖向世人说明了网络技术在信息技术中的“基石”作用,也确定了 Internet 的学术地位。美国《商业周刊》和《MIT 技术评论》在预测 21 世纪“未来技术发展”的报告中列举的改变世界的 10 大技术与 21 世纪最有影响的 21 项技术,以及我国政府制定的 21 世纪科技发展的重点领域和课题中,其中有相当一部分涉及计算机网络技术。

我国信息技术与信息产业的发展,需要大批掌握计算机网络与通信技术的人才。因此网络技术已经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的研究、应用的专业技术人员应该掌握的重要知识。

作者在多年的教学实践中深刻地体会到,在“计算机网络”课程的教学中需要注意两个问题:一是教学体系的组织,二是不断出现的新技术如何在教材的组织中反映出来。

计算机网络作为一门交叉科学,涉及计算机技术与通信技术两个学科。网络技术经过近50年的发展,已经形成了自身比较完善的体系。目前该技术发展迅速,应用广泛,知识更新快。如果用“日新月异”来描述网络技术的发展一点也不显得过分。对于这样一个发展迅速的领域来说,一本教材最重要的是让读者能够学会处理网络问题最基本的方法,掌握网络最基本的工作原理,使读者面对不断变化的技术,具有跟踪、学习的基础与能力。作为一名大学教师,作者第一次在南开大学计算机系开设“计算机网络”课程是在1984年。当时,作为对通信技术与计算机技术都有一定基础的青年教师来说,开始意识到这是一个有趣的课题,从1980年左右开始注意搜集、学习和研究这样一个交叉学科的问题,并且在1983年承担了第一个这方面的课题,但是对“什么是计算机网络”还完全处于朦胧状态。记得当年计算机系的近百名学生中,只有7位学生选修了这门课程,人们对计算机网络都很陌生。然而20年后的今天,计算机网络已经和电力、电话一样,成为支持现代社会整体运行的基础设施,成为人们须臾不能离开的东西。在20多年的教学与科研工作中,密切地注视和跟踪着网络技术的研究、应用的发展,也见证了网络时代技术的超常发展的过程。作者也正是在不断的教学与研究过程中,经历了“教学相长”的过程。近几年来,作者在参加信息学科发展规划的研究,以及“城市信息化建设‘十一五’发展规划”、“高新技术中长期发展规划”研究与起草工作中,认真研读了有关的文献和资料,从宏观的角度思考、认识和总结网络技术的发展轨迹,以及它对信息产业、经济与社会发展的影响。这些经历也使得作者对网络技术有了一个更为深刻、全面的认识。

作者根据多年从事本科学士、研究生网络课程教学实践与科研工作的经验,结合网络技术最新发展,修订教材的第2版,希望为广大读者提供一本既保持知识的系统性,又能反映当前网络技术发展最新成果,概念准确,层次清晰,易于学习的教科书。本书的组织基本遵循分层模型的思路,以Internet与TCP/IP协议高速网络技术、Internet应用技术发展为主线,加入网络发展的最新成果。

全书共分9章。第1章讨论了计算机网络的基本概念、发展与应用,并对网络计算研究与应用的发展进行了介绍。第2章讨论了网络体系结构与网络协议的基本概念,对OSI参考模型与TCP/IP参考模型进行了分析与比较,为以后以TCP/IP协议为主线的讨论打下基础。第3章在介绍数据通信基础知识与概念的基础上,对物理层基本概念和主要协议进行了讨论,对广域网技术相关知识进行了介绍。第4章讨论了基于点对点链路的数据链路层的基本概念与协议,对HDLC协议与Internet的数据链路层PPP协议进行了系统的讨论。第5章讨论了介质访问控制方法及局域网、城域网技术发展和应用,同时介绍了交换局域网、虚拟局域网、无线局域网与高速网络技术。第6章讨论了网络互联与网络层协议,对网络层的基本概念、路由选择、IP协议、路由器与第三层交换技术进行了系统的讨论,在此基础上介绍了IPv6协议。第7章讨论了传输层协议,对网络环境中分布式进程通信与传输协议的关系、Client/Server模型、传输层的基本功能,以及UDP、TCP协议做了系统的讨论。第8章讨论了应用层的基本概念和Internet应用层协议,并

以典型应用层协议 FTP 的分析为例,对网络服务的基本概念、协议与协议数据单元等基本问题做一个总结。第9章讨论了网络安全的重要性、网络安全技术研究的基本问题、加密与认证、入侵检测与防攻击、防火墙、网络防病毒、网络文件备份与恢复技术,并对网络管理技术进行了系统的讨论。

通过以上各章内容的安排,作者希望告诉读者:

- (1) 什么是计算机网络?(第1、2章)
- (2) 实现网络数据传输的通信系统是如何工作的?(第3章)
- (3) 如何保证网络中结点之间数据传输的正确性?(第4章)
- (4) 读者经常使用的局域网是如何工作的?(第5章)
- (5) 支持 Internet 工作的核心技术是什么?(第6章)
- (6) 网络中计算机之间的分布式进程通信是如何实现的?(第7章)
- (7) 各种 Internet 网络应用是如何实现的?(第8章)
- (8) 如何管理和保证网络安全?(第9章)

在本书编写过程中,作者参考了近年来的最新文献资料,力求做到层次清楚、概念准确、语言流畅、内容丰富、图文并茂,既便于读者循序渐进地系统学习,又能使读者了解网络技术新的发展。各章之后附有习题,习题分为基本概念与术语、选择题与计算、问答题,书后附有各章习题的参考答案。作者力求以习题的形式,帮助读者在学习的过程中,通过自我检查,发现问题,引导学习的深入,加深读者对网络基本概念与技术精髓的理解,掌握基本原理与应用知识。

本书的第1版作为中国计算机学会组织编写的“21世纪大学本科计算机专业系列教材”之一,第2版作为教育部普通高等院校十一五规划教材出版的。在写作、出版过程中,得到了北京大学李晓明教授、北京航空航天大学钱德沛教授的指导和清华大学出版社张瑞庆编辑、徐跃进、顾冰编辑的帮助。南开大学陈有祺教授、刘瑞挺教授、徐敬东教授、张建忠教授也给予了多方的帮助,吴英博士帮助完成了书中的插图,在此谨表衷心的感谢。本教材的编写得到天津市教委和南开大学教务处的立项支持,在此一并表示感谢。我也非常感谢我的夫人牛秀卿教授,正是有她的理解和支持,才使我能够安心研究和写作。

面对网络技术迅速更新和发展,作者要完成这样一个高标准的写作任务感到压力很大。限于作者的学术水平,书中难免有错误与不妥之处,诚恳地希望读者批评指正。对于在使用第1版的过程中曾经提出过宝贵意见和建议老师们深表感谢,也希望诸位继续关注 and 指教。作者衷心地希望得到读者,尤其是广大的同学与老师的支持与帮助,共同探讨网络课程教学体会,共同提高我国计算机网络课程的教学水平。

吴功宜

南开大学信息技术科学学院

wgy@nankai.edu.cn

2006年11月6日

第 1 章 计算机网络概论	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 计算机网络的形成	2
1.1.3 网络体系结构与协议标准化的研究	4
1.1.4 Internet 的应用与高速网络技术发展	5
1.1.5 宽带网络与无线网络的研究与发展	7
1.2 计算机网络定义与分类	11
1.2.1 计算机网络定义的基本内容	11
1.2.2 计算机网络的分类	11
1.3 计算机网络结构	13
1.3.1 计算机网络结构的基本概念	13
1.3.2 现代网络结构的特点	15
1.4 计算机网络的拓扑构型	16
1.4.1 计算机网络拓扑的定义	16
1.4.2 计算机网络拓扑的分类	16
1.5 分组交换技术的基本概念	17
1.5.1 线路交换的基本概念	17
1.5.2 存储转发交换的特点	19
1.5.3 数据报方式与虚电路方式	20
1.6 典型计算机网络	23
1.6.1 ARPANET	23
1.6.2 NSFNET	24
1.6.3 Internet	25

1.6.4	Internet 2	26
1.7	网络计算研究与应用的发展	27
1.7.1	网络计算的基本概念	27
1.7.2	移动网络计算的研究与应用	28
1.7.3	多媒体网络的研究与应用	31
1.7.4	网络并行计算的研究与应用	34
1.7.5	存储区域网络的研究与应用	36
小结		37
习题		37
第2章	网络体系结构与网络协议	40
2.1	网络体系结构的基本概念	40
2.1.1	网络协议的概念	40
2.1.2	协议、层次、接口与体系结构的概念	42
2.1.3	网络体系结构的研究方法	43
2.2	OSI 参考模型	44
2.2.1	OSI 参考模型的基本概念	44
2.2.2	OSI 参考模型的结构	45
2.2.3	OSI 参考模型各层的功能	46
2.2.4	OSI 环境中的数据传输过程	47
2.2.5	面向连接服务与无连接服务	49
2.3	TCP/IP 参考模型	51
2.3.1	TCP/IP 参考模型的发展	51
2.3.2	TCP/IP 参考模型各层的功能	52
2.4	OSI 参考模型与 TCP/IP 参考模型比较	54
2.4.1	对 OSI 参考模型的评价	54
2.4.2	对 TCP/IP 参考模型的评价	55
2.5	网络与 Internet 协议标准组织与管理机构	55
2.5.1	网络协议标准组织	55
2.5.2	RFC 文档、Internet 草案与 Internet 协议标准	56
2.5.3	Internet 管理机构	58
2.6	一种建议的参考模型	59
小结		60
习题		60

第 3 章 物理层	63
3.1 物理层与物理层协议的基本概念	63
3.1.1 物理层的基本概念	63
3.1.2 物理层基本服务功能	64
3.1.3 物理层向数据链路层提供的服务	64
3.2 数据通信的基本概念	65
3.2.1 信息、数据与信号	65
3.2.2 数据传输类型与通信方式	68
3.2.3 传输介质的主要类型	72
3.3 数据编码技术	78
3.3.1 数据编码类型	78
3.3.2 模拟数据编码方法	78
3.3.3 数字数据编码方法	81
3.3.4 脉冲编码调制方法	83
3.4 基带传输技术	84
3.4.1 基带传输的定义	84
3.4.2 通信信道带宽对基带传输的影响	85
3.4.3 数据传输速率的定义与信道速率的极限	86
3.5 频带传输的基本概念	88
3.6 多路复用技术	89
3.6.1 多路复用技术的分类	89
3.6.2 频分多路复用	89
3.6.3 波分多路复用	90
3.6.4 时分多路复用	91
3.7 同步数字体系 SDH	94
3.7.1 SDH 发展的背景	94
3.7.2 SDH 速率体系	95
3.7.3 SDH 的主要技术特点	98
小结	98
习题	98
第 4 章 数据链路层	102
4.1 差错产生与差错控制方法	102

XI	4.1.1 设计数据链路层的原因.....	102
	4.1.2 差错产生的原因和差错类型.....	103
	4.1.3 误码率的定义.....	104
	4.1.4 检错码与纠错码.....	104
	4.1.5 循环冗余编码工作原理.....	105
	4.1.6 差错控制机制.....	108
	4.2 数据链路层的基本概念	110
	4.2.1 物理线路与数据链路.....	110
	4.2.2 数据链路层的主要功能.....	110
	4.2.3 数据链路层向网络层提供的服务.....	111
	4.3 面向字符型数据链路层协议实例	111
	4.3.1 数据链路层协议的分类.....	111
	4.3.2 面向字符型协议实例——BSC	112
	4.4 面向比特型数据链路层协议实例——HDLC	115
	4.4.1 HDLC 产生的背景	115
	4.4.2 数据链路的配置方式和数据传送方式.....	115
	4.4.3 HDLC 的帧结构	116
	4.4.4 数据链路层的工作过程.....	120
	4.5 Internet 中的数据链路层	124
	4.5.1 Internet 数据链路层协议	124
	4.5.2 PPP 协议	125
	小结.....	127
	习题.....	128
	第5章 介质访问控制子层	131
	5.1 局域网与城域网的基本概念	131
	5.1.1 决定局域网与城域网性能的三要素.....	131
	5.1.2 局域网拓扑结构类型与特点.....	132
	5.1.3 传输介质类型与介质访问控制方法.....	135
	5.1.4 IEEE 802 参考模型	135
	5.2 Ethernet 局域网	137
	5.2.1 Ethernet 的发展.....	137
	5.2.2 Ethernet 帧结构与工作流程分析.....	139
	5.2.3 Ethernet 实现方法.....	146

5.2.4	Ethernet 物理地址	147
5.2.5	网络协议分析器及其应用	148
5.3	令牌总线与令牌环网	150
5.3.1	令牌总线网的基本工作原理	150
5.3.2	令牌环网与 FDDI	151
5.4	高速局域网的工作原理	153
5.4.1	高速局域网的研究方法	153
5.4.2	快速以太网	155
5.4.3	吉比特以太网	156
5.4.4	10Gbps Ethernet	158
5.5	交换式局域网的工作原理	160
5.5.1	交换式局域网的基本结构	160
5.5.2	局域网交换机的工作原理	161
5.5.3	局域网交换机的技术特点	163
5.6	虚拟局域网的工作原理	164
5.6.1	虚拟网络的概念	164
5.6.2	虚拟局域网的实现技术	164
5.7	无线局域网	168
5.7.1	无线局域网的应用	168
5.7.2	红外无线局域网	170
5.7.3	扩频无线局域网	170
5.7.4	无线局域网标准 IEEE 802.11	172
5.8	局域网互联与网桥的基本工作原理	175
5.8.1	局域网互联的基本概念	175
5.8.2	网桥的基本工作原理	176
5.8.3	网桥的层次结构	177
5.8.4	网桥的路由选择策略	179
5.8.5	网桥与广播风暴	181
5.8.6	多端口网桥与第二层交换	183
	小结	184
	习题	184
第 6 章 网络层		189
6.1	网络层与网络互联的基本概念	189

6.1.1	网络层基本概念	189
6.1.2	网络互联的基本概念	190
6.2	IP 地址	191
6.2.1	IP 地址的基本概念与地址标识方法的演变	191
6.2.2	标准分类的 IP 地址	193
6.2.3	子网与超网的基本概念	199
6.2.4	无类域间路由 CIDR 技术	209
6.2.5	专用 IP 地址与网络地址转换 NAT 技术	212
6.3	IP 分组交付和路由选择	216
6.3.1	IP 分组交付	216
6.3.2	路由选择的基本概念	217
6.4	Internet 的路由选择协议	220
6.4.1	自治系统与路由选择协议	220
6.4.2	典型内部网关协议 RIP 与 OSPF	222
6.4.3	典型外部网关协议 BGP	229
6.5	IP 协议	231
6.5.1	IP 协议的特点	231
6.5.2	IP 数据报结构与报头格式	233
6.5.3	IP 数据报的分片与重组	236
6.6	地址解析	239
6.6.1	IP 地址与物理地址的映射	239
6.6.2	地址解析协议	241
6.6.3	反向地址解析协议	244
6.7	路由器与第三层交换	244
6.7.1	路由器的基本功能	244
6.7.2	路由器的基本工作原理	245
6.7.3	路由器的结构	247
6.7.4	第三层交换	249
6.8	ICMP 协议	252
6.8.1	ICMP 的作用与特点	252
6.8.2	ICMP 报文类型	253
6.8.3	ICMP 差错控制功能	253
6.9	IP 多播与 IGMP 协议	257
6.9.1	IP 多播的基本概念	257

6.9.2	IGMP 协议	259
6.9.3	多播路由器与 IP 多播中的隧道技术	260
6.10	IPv6 与 IPSec	261
6.10.1	IPv6 协议的主要特点	261
6.10.2	IPv6 地址表示方法	264
6.10.3	IPv6 与 IPv4 报头的比较	265
6.10.4	从 IPv4 到 IPv6 过渡的基本方法	266
6.10.5	IPSec 协议	269
小结		270
习题		270
第 7 章	传输层	275
7.1	网络环境中分布式进程通信的基本概念	275
7.1.1	单机系统中的进程通信方法	276
7.1.2	网络环境中分布式进程通信的特点	277
7.1.3	网络应用程序进程间相互作用的客户/服务器模式	279
7.1.4	进程通信中客户/服务器模式的实现方法	281
7.2	传输层的基本功能	283
7.2.1	传输层端到端通信的概念	283
7.2.2	传输层协议的基本功能	284
7.2.3	网络服务与服务质量	285
7.3	用户数据报协议	288
7.3.1	UDP 协议的主要特点	288
7.3.2	UDP 的基本工作过程	289
7.3.3	UDP 端口号分配方法	291
7.3.4	UDP 数据报格式	293
7.4	传输控制协议	294
7.4.1	TCP 协议的主要特点	294
7.4.2	TCP 的端口号分配和 Socket 地址	296
7.4.3	TCP 报文段格式	296
7.4.4	TCP 传输连接建立与释放	298
7.4.5	TCP 流量与拥塞控制	301
7.4.6	TCP 差错控制	305
7.4.7	TCP 的计时器	308

小结.....	310
习题.....	310
第8章 应用层	313
8.1 应用层协议的基本概念	313
8.1.1 主要的应用层协议.....	313
8.1.2 TCP/IP 协议族及协议之间的关系	314
8.2 域名系统	314
8.2.1 域名系统的基本概念.....	314
8.2.2 域名服务器的层次结构.....	317
8.2.3 域名解析.....	319
8.2.4 域名系统性能优化.....	321
8.3 E-mail 服务	322
8.3.1 E-mail 的概念	322
8.3.2 E-mail 服务工作过程	323
8.3.3 E-mail 协议的发展	324
8.3.4 简单邮件传送协议.....	325
8.3.5 邮件读取协议.....	325
8.4 FTP 服务	326
8.4.1 FTP 的概念	326
8.4.2 FTP 服务的工作过程	327
8.4.3 匿名 FTP 服务	327
8.4.4 FTP 客户程序	328
8.5 WWW 服务	328
8.5.1 WWW 服务的基本概念	328
8.5.2 超文本、超媒体与超文本标记语言	330
8.5.3 URL 与信息定位	333
8.5.4 WWW 浏览器	333
8.5.5 WWW 基本工作过程与协议层次	337
8.6 播客、博客、网络即时通信与网络电视服务	337
8.6.1 新闻与公告类服务.....	337
8.6.2 播客服务.....	338
8.6.3 博客服务.....	340
8.6.4 网络即时通信服务.....	341