



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

HZ BOOKS
华章教育

高等院校精品课程系列教材·国家级

计算机网络

第2版

蔡开裕 朱培栋 徐明 编著
国防科学技术大学



Computer Networks
Second Edition



机械工业出版社
China Machine Press



普通高等教育“

TP393/586

2008

材

高等院校精品课程系列教材·国家级

计算机网络

第2版

蔡开裕 朱培栋 徐明 编著
国防科学技术大学



Computer Networks
Second Edition



机械工业出版社
China Machine Press

本书从底层物理网络、TCP/IP 协议、网络应用、网络管理和网络安全 5 个方面讲述了有关计算机网络的知识。在内容组织上, 本书注重原理与实例并举, 并力求反映网络技术的最新发展, 具有很强的系统性和实用性; 在写作方法上, 本书尽量做到深入浅出、通俗易懂、简洁明了。

本书层次清晰、内容丰富、图文并茂, 适合作为高等院校相关专业本科生或研究生“计算机网络”课程的教材, 同时也可供从事网络设计、开发和管理的工程技术人员作为参考书使用。

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材, 同时也是国防科学技术大学“计算机网络”国家精品课程指定教材。

版权所有, 侵权必究。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络 第2版/蔡开裕等编著. —北京: 机械工业出版社, 2008.3
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 978-7-111-22968-1

I. 计… II. 蔡… 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 018163 号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 迟振春 朱 劼

北京市慧美印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

2008 年 3 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm · 22.25 印张

标准书号: ISBN 978-7-111-22968-1

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有倒页、脱页、缺页, 由本社发行部调换
本社购书热线: (010)68326294

出版者的话

机械工业出版社华章公司秉承“全球采集内容，服务中国教育”的理念，经过十余年的不懈努力，引进、翻译、出版了大量在计算机科学界、电子科学界享有盛名的专家名著与名校教材，其中包括 Donald E. Knuth、Alfred V. Aho、Jim Gray、Jeffrey D. Ullman、R. Jacob Baker 等大师名家的一批经典作品，这些作品对国内计算机教育事业的发展起到了一定的推动作用。今天，全国高等学校精品课程建设工作的蓬勃开展为我们更好地服务于计算机教育、电子信息科学教育提供了良好的契机，我们将以严谨的治学态度及全面服务的专业出版精神，在国内广大院校老师们的支持与帮助下，陆续推出具有国内一流教学水平的“高等院校精品课程系列教材”。

精品课程是具有一流教师队伍、一流教学内容、一流教学方法、一流教材、一流教学管理等特点的示范性课程，是教育部实施的“高等学校教学质量与教学改革工程”的重要组成部分，是教育部深化教学改革，以教育信息化带动教育现代化的一项重要举措。自 2003 年精品课程建设项目持续推进以来，国内高校中的优秀教师纷纷在总结本校富有历史传统而又特色突出的课程教学方法与经验成绩的基础上，充分运用现代网络传播技术将优质的教学资源上网共享，使国内其他高校在实施同类课程教学的过程中能够借鉴、使用这些优质的教学资源，在更大范围内提高高等学校的教学和人才培养质量，提升我国高等教育的综合实力和国际竞争能力。经过几年的共同努力，已经建立起了较为齐全的各门类及各专业的校、省、国家三级精品课程体系，期间先后有总计 750 门课程通过了专家评审，获得了“国家精品课程”称号。

这些各个层次的“精品课程”建设过程都比较充分地体现了教育部所要求的七个重点，即：具有科学的建设规划，配备高水平的教学队伍，不断进行教学内容和课程体系的改革，使用先进的教学方法和手段，注重建设系列化的优秀教材，高度重视理论与实践两个环节，切实激励各方人员共同参与。也正因为这样的多方面积极参与，使得我国的高等教育在近年来由精英教育转向大众教育的跨越式发展中取得了教学质量上的突破与飞跃。精品课教材作为精品课程的要件之一，比以往教材更加具有实践检验性，教学辅助资源经过不断地更新与补充更加丰富，是精品课教学团队智慧的共同体现。

“师者，所以传道授业解惑也”。教材是体现教学内容和教学要求的知识载体，是教师进行教学活动的基本工具，是提高教学质量的重要保证。精品课程教学团队中优秀的老师们集多年治学经验撰写出版相关教材，也是精品课程建设的一个重要方面。华章作为专业的出版团队，长久以来以“传承专业知识精华，服务中国教育事业”为使命，遵循“分享、专业、创新”的价值观，实践着“国际视野、专业出版、教育为本、科学管理”的出版方针，愿与高等院校的老师共同携手，为中国的高等教育事业走向国际化而努力。

为更好地服务于精品课程配套教材的出版，华章不仅密切关注高校的优秀课程建设，而且还将利用自身的优势帮助教师完善课程设置、提供教辅资料、准备晋级申报、推广教学经验。具体详情可访问专门网站 <http://www.hzbook.com/jpkc.aspx>，并可在该网站填写出版申请，欢迎您对我们的工作给予帮助和指导。

投稿专线：010-88379604

投稿 Email: hzjsj@hzbook.com



华章教育

华章科技图书出版中心

计算机网络是 20 世纪对人类社会影响最深远的科技成就之一。随着网络技术的迅速发展和网络规模的不断扩大, 计算机网络已广泛应用于政府、军事、教育、科研、商业等部门, 并进入到千千万万个普通家庭。计算机网络已成为人们获取和交流信息的一种十分重要、快捷的手段, 以及实现信息资源共享的平台, 它正深刻影响着科学研究、社会管理和经济运行模式以及人们的工作、学习和生活方式。

计算机网络技术的发展日新月异, 新概念、新技术、新协议、新应用不断引入, 计算机网络方面的专业技术人员和在校学生迫切需要一本系统全面、理论联系实际、面向应用、反映网络技术最新发展且难度适中的网络书籍, 该书满足了这一要求。

该书仍然按照传统的网络分层方法组织, 系统地介绍了计算机网络体系结构、核心概念、基本原理、相关协议和关键技术, 并且引入了丰富的实例。全书注重对网络新技术的介绍, 内容取材新颖, 叙述深入浅出, 理论与实践并重, 适合于高等院校相关专业本科生或研究生使用, 也可供从事网络设计、开发和管理的工程技术人员参考。

本书作者长期工作在教学和科研第一线, 具有丰富的教学和科研经验, 对计算机网络原理和技术有比较深刻的理解, 并对如何把复杂的计算机网络知识展示给读者有很好的把握, 愿该书能对大家学习、理解和掌握计算机网络原理和技术提供有益的参考和帮助。

卢锡城

2008 年 1 月

前言

随着微电子、计算机和通信技术的迅速发展和相互渗透,计算机网络已成为当今最热门的学科之一,在过去的几十年里取得了长足的发展,尤其是在近十几年更是发展迅猛。在21世纪,计算机网络必将改变人们的生活、学习、工作乃至思维方式,并对政治、经济、科学、文化乃至整个社会都产生巨大的影响,各个国家的经济建设、社会发展、国家安全乃至政府的高效运转都将越来越依赖于计算机网络。

本书第2版在保留第1版的基本框架和写作方法的基础上,结合作者多年来从事计算机网络教学和科研的心得体会,以及计算机网络技术的最新发展,在内容上进行了较大的更新,在结构上进行了较大的调整,使其更加适合教学使用。

考虑到大部分计算机专业的学生缺乏数据通信知识,并且为了保持本书在内容上的相对独立和完整,第2版仍然保留了一章(第2章)来介绍数据通信基础知识。另外,鉴于路由在计算机网络中的重要性,我们单独列出一章(第6章)用于讨论网络路由。

本书层次清晰、内容丰富、图文并茂,在内容组织上,注重原理与实例并举,并力求反映网络技术的最新发展,具有很强的系统性和实用性;在写作方法上,尽量做到深入浅出、通俗易懂、简洁明了。

本书仍然按照ISO/OSI参考模型的层次结构并采用自底向上的方法讨论计算机网络,同时以TCP/IP协议为例详细讨论各种网络协议和网络应用,最后简单讨论了网络管理和网络安全方面的内容。全书共分为9章,其中,第1章(绪论)讨论计算机网络的定义和体系结构,第2章(数据通信基础)内容涉及ISO/OSI参考模型的物理层,第3章(广域网)内容涉及ISO/OSI参考模型的物理层、数据链路层和网络层,第4章(局域网)内容涉及ISO/OSI参考模型的物理层和数据链路层,第5章(网络互联和IP协议)内容涉及ISO/OSI参考模型的网络层,第6章(IP路由)内容涉及ISO/OSI参考模型的网络层,第7章(传输层协议)内容涉及ISO/OSI参考模型的传输层,第8章(网络应用)内容涉及ISO/OSI参考模型的应用层,第9章(网络安全)内容涉及ISO/OSI参考模型的网络层、传输层和应用层。

各章的具体内容为:第1章首先讨论计算机网络的定义、发展历史、应用和分类,然后讨论网络体系结构、ISO/OSI和TCP/IP参考模型、标准化组织以及因特网标准和管理机构;第2章主要讨论数据通

信基础理论、传输介质、编码和调制、多路复用、扩频、调制解调器以及物理层接口；第3章主要讨论帧定界、差错检测编码、可靠传输协议、HDLC协议、PPP协议、交换、虚电路和数据报以及各种广域网实例；第4章主要讨论以太网、高速以太网、环网、无线局域网、网桥以及局域网组网；第5章主要讨论网络互联设备、IP协议、IP地址、IP报文转发、ARP协议、DHCP协议、ICMP协议、IPv6协议以及路由器；第6章主要讨论IP路由、静态路由、路由算法、层次路由结构、路由协议、IP组播以及移动IP；第7章主要讨论UDP协议、TCP协议、SCTP协议、RTP/RTCP协议和RSVP协议；第8章主要讨论客户/服务器模式、socket编程接口、DNS、远程登录、文件传输协议、电子邮件、万维网、P2P、IP电话以及网络管理；第9章主要讨论加密算法、机密性、认证、数字签名、密钥分发、因特网安全、防火墙、入侵检测系统以及DDoS等。

本书是普通高等教育“十一五”规划教材，同时也是国防科学技术大学“计算机网络”国家精品课程指定教材。本书适合作为高等院校相关专业本科生或研究生“计算机网络”课程的教材，同时也可供从事网络设计、开发和管理的工程技术人员作为参考书使用。

本书的编写自始至终得到中国工程院卢锡城院士的关心、支持和指导。在本书完稿之后，卢院士在百忙之中认真审阅了部分初稿，提出了许多宝贵意见和建议，并为本书作序，在此向他致以最诚挚的谢意。

在本书的编写过程中，还得到国防科学技术大学计算机学院副院长窦文华教授、计算机学院副院长王志英教授的大力支持和帮助。

感谢所有使用第1版的读者，感谢国防科学技术大学计算机学院2005级学员试用第2版教材，感谢长期关心、支持本书编写和出版的领导和同事们，感谢机械工业出版社华章公司的编辑耐心、细致的工作。

由于计算机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，虽经作者艰苦努力，但书中难免会有疏漏之处，欢迎广大读者批评指正。作者的E-mail地址是 kycai@nudt.edu.cn。

0-4 (我查)	8-0	网络 7 章 3 章
-------------	-----	------------

教学建议

教 学 内 容	学习要点及教学要求	课 时 安 排	
		计算机专业	非计算机专业
第1章 绪论	熟悉并掌握计算机网络的定义 了解计算机网络的产生和发展过程,重点掌握计算机网络的演化过程 了解计算机网络的应用 了解计算机网络的分类方法,重点掌握如何按照网络覆盖范围对计算机网络分类 了解无线网络及其分类 熟悉网络体系结构,重点掌握分层模型以及协议和接口 熟悉并掌握 ISO/OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型 了解标准化组织以及因特网标准和管理机构	4	4 (选讲)
第2章 数据通信基础	了解数据通信相关的概念和术语 熟悉信号频谱与带宽、信号带宽与数据率的关系、信道带宽及信道的最大数据率,重点掌握码元速率、奈奎斯特定理和香农定理 了解各种传输介质及其特性 熟悉各种编码和调制方法,重点掌握曼彻斯特编码、差分曼彻斯特编码、脉冲编码调制以及数字-模拟调制方法及其特点 熟悉各种多路复用技术,重点掌握时分多路复用 熟悉跳频扩频和直接序列扩频的基本原理 熟悉调制解调器的工作原理,重点掌握 ADSL 调制解调器的工作原理和使用方法 了解物理层接口的功能和常用的物理层接口	6	4 (选讲)
第3章 广域网	了解字符填充帧定界法和比特填充帧定界法 了解 CRC 与校验和差错检测编码 熟悉可靠传输协议,重点掌握后退 N 帧协议和选择重传协议 了解 HDLC 协议 熟悉 PPP 协议 熟悉并掌握电路交换和分组交换技术 熟悉并掌握虚电路和数据报组网方式 熟悉并掌握网络性能评价参数,重点掌握网络带宽和时延的概念 熟悉各种广域网技术及其特点	6~8	4~6 (选讲)

(续)

教学 内容		学习要点及教学要求	课 时 安 排	
			计算机专业	非计算机专业
第 4 章	局域网	了解局域网参考模型 熟悉并掌握以太网 CSMA/CD 协议、冲突窗口、帧格式、地址格式以及 IP 报文如何封装到以太网帧格式中 了解令牌环网和 FDDI 网 熟悉各种高速以太网技术，重点掌握高速以太网如何保持与以太网的兼容 熟悉并掌握无线局域网的工作原理和相关技术，重点掌握 CSMA/CA 协议、扩展 DCF 以及 802.11 帧格式 熟悉透明网桥的工作原理和相关技术，重点掌握生成树协议的工作过程 熟悉局域网交换机中 VLAN 划分方法 掌握局域网组网技术，并能够简单分析局域网的性能 了解弹性分组环	6~8	6~10 (选讲)
第 5 章	网络互联和 IP 协议	熟悉各种网络互联设备，重点掌握路由器设备和 IP 协议是如何完成网络互联的 熟悉 IP 报文格式以及 IP 报文中每个字段的含义 熟悉 IP 地址及其格式，重点掌握网络地址、广播地址等特殊 IP 地址以及私有地址和 NAT 技术 熟悉 IP 路由表，重点掌握 IP 报文是如何通过路由器进行转发的，以及物理网络是如何传输 IP 报文的 熟悉 ARP、DHCP 和 ICMP 协议的功能，重点掌握 ARP、DHCP 和 ICMP 协议的工作过程 熟悉划分子网以及构成超网的技术，了解 VLSM 和无类地址 了解 IPv6 协议的特点、报文格式和地址格式、IPv6 报文转发、ICMPv6 协议和 IPv6 过渡技术 了解路由器的组成、功能和分类	6~8	6~10 (选讲)
第 6 章	IP 路由	了解路由模式 熟悉静态路由的功能及其优缺点 熟悉并掌握 V-D 和 L-S 动态路由算法的工作过程和特点，了解 V-D 算法存在的问题及其解决方法 熟悉层次路由及其工作过程 熟悉 RIP 协议、OSPF 协议以及 BGP 协议的特点、报文格式、工作过程 了解 RIPv3、OSPFv3、BGP4+ 协议以及路由重发布技术 了解 IP 组播的功能、IP 组播地址以及域内组播路由协议和域间组播路由协议 了解移动 IP 路由的作用、工作过程和存在的问题	4~8	2 (选讲)

(续)

(续)

学 习 要 点 及 教 学 要 求		课 时 安 排	
		计 算 机 专 业	非 计 算 机 专 业
第 7 章 传 输 层 协 议	熟悉网络进程通信与端口机制的关系 熟悉 UDP 协议的功能、报文格式、多路复用方式 熟悉 TCP 协议的服务特性、报文格式、TCP 连接建立和终止过程、状态转换图 掌握 TCP 差错控制、流量控制、拥塞控制 了解 SCTP、RTP/RTCP 和 RSVP 协议	6	4 (选讲)
第 8 章 网 络 应 用	熟悉网络进程通信、客户/服务器模式、socket 系统调用以及客户/服务器流程图 熟悉并掌握因特网 DNS 域名解析过程，了解 DNS 报文格式、动态 DNS 以及 DNS 功能扩展 掌握远程登录(Telnet)的工作过程，熟悉网络虚拟终端(NVT) 熟悉并掌握 FTP 工作过程、FTP 数据连接建立过程，熟悉简单文件传输协议(TFTP)的工作过程 熟悉电子邮件系统的组成结构、邮件地址格式和邮件格式，掌握 MIME 的作用和格式，了解 SMTP 协议和邮箱访问协议 熟悉 Web 浏览器、超文本/超媒体、HTML 语言，掌握 HTTP 协议的报文格式以及连接方式 了解 P2P 的产生和发展过程、分类以及应用 了解面向 IP 电话的 SIP 协议和 H.323 协议 熟悉 SNMP 协议中的管理员/代理模型、管理信息结构(SMI)、管理信息库(MIB)以及 SNMP PDU	6~8	4~6 (选讲)
第 9 章 网 络 安 全	了解网络信息安全特性、网络攻击以及密码学等内容 熟悉对称密钥加密算法，掌握公开密钥加密机制和 RSA 算法 了解如何通过对称密钥加密算法和公开密钥加密算法保护数据的机密性 熟悉如何通过对称密钥加密算法和公开密钥加密算法实现对通信实体的认证 熟悉数字签名的作用以及如何通过公开密钥加密算法对整个文档或文档摘要进行签名 了解对称密钥生成协议以及如何保证公开密钥分发的安全性 熟悉因特网中的 IPSec 协议、TLS 协议、PGP 协议以及 VPN 技术 熟悉防火墙和 IDS 的作用及其实现技术 熟悉 DDos 攻击方式和防范措施	4	2 (选讲)
教学总学时建议		48~60	36~48

说明:

- ① 本教材主要是为计算机专业的本科“计算机网络”课程而编写的。建议课堂授课学时数为48~60(包含习题课、课堂讨论等必要的课堂教学环节,实验另行安排学时),不同学校可以根据各自的教学要求和计划学时数酌情对教材内容进行取舍。
- ② 非计算机专业的师生在使用本教材时可适当降低教学要求。若授课学时数少于48,建议主要学习局域网、TCP/IP协议和网络应用,有关数据通信基础、广域网、IP路由、网络管理以及网络安全的内容可以适当简化。

课堂教学建议:

- ① 如果已经学过数据通信的课程,则可以跳过第2章。
- ② 本书的重点是第1章、第4章、第5章、第7章、第8章,这几章对于掌握网络定义、网络体系结构、局域网、TCP/IP协议和网络应用是至关重要的。
- ③ 如果受学时限制,第3章的3.1、3.2、3.4、3.5和3.9节,第6章的6.6和6.7节以及第7章的7.4、7.5和7.6一节可略去不讲。
- ④ 第9章比较独立,可以单独安排进度。

实验教学建议:

- ① 实验一:局域网组网(以太网或无线局域网)。
- ② 实验二:用EtherPeek、Sniffer或Ethereal软件工具捕获报文并进行分析。
- ③ 实验三:Windows或UNIX环境下的socket编程。

目 录

出版者的话

序

前言

教学建议

第1章 绪论	1
1.1 计算机网络定义	1
1.2 计算机网络产生与发展	1
1.2.1 计算机网络的产生	2
1.2.2 计算机网络的发展	2
1.2.3 国际互联网的发展	4
1.2.4 下一代互联网研究	5
1.3 计算机网络应用	5
1.4 计算机网络分类	7
1.4.1 局域网	7
1.4.2 城域网	8
1.4.3 广域网	8
1.4.4 互联网	9
1.5 无线网络	10
1.5.1 无线个域网	11
1.5.2 无线局域网	11
1.5.3 无线城域网	12
1.5.4 无线广域网	12
1.6 网络体系结构	12
1.6.1 分层模型	12
1.6.2 协议和接口	14
1.6.3 网络服务	15
1.7 网络参考模型	16
1.7.1 ISO/OSI 参考模型	16
1.7.2 TCP/IP 参考模型	20
1.7.3 两者的比较	21
1.8 标准化组织	21
1.8.1 标准化委员会	22

1.8.2 论坛	23
----------------	----

1.9 因特网标准和管理机构	24
----------------------	----

1.9.1 RFC 成熟等级	24
----------------------	----

1.9.2 RFC 需求等级	25
----------------------	----

1.9.3 因特网管理机构	25
---------------------	----

习题	27
----------	----

第2章 数据通信基础	28
------------------	----

2.1 概念和术语	28
-----------------	----

2.1.1 数据	28
----------------	----

2.1.2 信号	29
----------------	----

2.1.3 传输	30
----------------	----

2.1.4 传输方式	31
------------------	----

2.2 数据通信基础理论	32
--------------------	----

2.2.1 周期信号	32
------------------	----

2.2.2 信号频谱与带宽	33
---------------------	----

2.2.3 信号带宽和数据率的关系	36
-------------------------	----

2.2.4 信道的截止频率与带宽	38
------------------------	----

2.2.5 信道的最大数据率	38
----------------------	----

2.3 传输介质	40
----------------	----

2.3.1 双绞线	40
-----------------	----

2.3.2 同轴电缆	41
------------------	----

2.3.3 光纤	42
----------------	----

2.3.4 无线介质	44
------------------	----

2.4 编码与调制	45
-----------------	----

2.4.1 数字-数字编码	46
---------------------	----

2.4.2 模拟-数字编码	47
---------------------	----

2.4.3 数字-模拟调制	48
---------------------	----

2.4.4 模拟-模拟调制	51
---------------------	----

2.5 多路复用	52
----------------	----

2.5.1 频分多路复用	53
--------------------	----

2.5.2 波分多路复用	53
--------------------	----

2.5.3 时分多路复用	54
--------------------	----

2.5.4 码分多路复用	57
--------------------	----

2.6 扩频	57	3.8.1 带宽	90
2.6.1 跳频扩频	58	3.8.2 吞吐量	90
2.6.2 直接序列扩频	58	3.8.3 时延	90
2.7 调制解调器	58	3.9 广域网实例	91
2.7.1 电话调制解调器	59	3.9.1 PSTN	92
2.7.2 ADSL 调制解调器	60	3.9.2 N-ISDN	92
2.7.3 线缆调制解调器	61	3.9.3 X.25	93
2.8 物理层接口	62	3.9.4 帧中继	93
2.9 小结	63	3.9.5 ATM	95
习题	63	3.9.6 POS 接口	98
第3章 广域网	66	3.10 小结	98
3.1 帧定界	66	习题	99
3.1.1 字符填充帧定界法	66	第4章 局域网	101
3.1.2 比特填充帧定界法	67	4.1 局域网参考模型	101
3.2 差错检测编码	67	4.2 以太网	102
3.2.1 CRC	68	4.2.1 CSMA/CD 协议	102
3.2.2 校验和	70	4.2.2 帧格式	106
3.3 可靠传输协议	71	4.2.3 地址	107
3.3.1 停-等协议	72	4.2.4 物理层标准	108
3.3.2 后退 N 帧协议	73	4.2.5 报文封装	109
3.3.3 选择重传协议	75	4.2.6 运行参数	110
3.4 HDLC 协议	78	4.3 令牌环网和 FDDI 网	110
3.4.1 帧格式	78	4.3.1 令牌环网	110
3.4.2 控制字段	79	4.3.2 FDDI 网	111
3.5 PPP 协议	80	4.4 高速以太网	112
3.5.1 PPP 组成	81	4.4.1 快速以太网	113
3.5.2 PPP 帧格式	81	4.4.2 千兆位以太网	115
3.5.3 PPP 链路	82	4.4.3 万兆位以太网	117
3.5.4 PPP 认证	82	4.4.4 40G/100G 以太网	118
3.5.5 PPP 应用	83	4.5 无线局域网	118
3.6 交换	83	4.5.1 拓扑结构	119
3.6.1 电路交换	83	4.5.2 协议栈	120
3.6.2 报文交换	84	4.5.3 MAC 协议	120
3.6.3 分组交换	84	4.5.4 物理层标准	126
3.7 虚电路和数据报	85	4.5.5 安全	127
3.7.1 虚电路	85	4.6 网桥	127
3.7.2 数据报	88	4.6.1 透明网桥	128
3.7.3 两者的比较	89	4.6.2 生成树协议	129
3.8 网络性能评价指标	90	4.6.3 虚拟局域网	132

4.7 局域网组网	135	5.8.1 组成	179
4.7.1 用集线器组网	135	5.8.2 功能	180
4.7.2 用交换机组网	136	5.8.3 分类	181
4.8 弹性分组环	137	5.9 小结	181
4.9 小结	138	习题	181
习题	139	第6章 IP路由	183
第5章 网络互联和IP协议	141	6.1 路由模式	183
5.1 网络互联设备和IP协议	141	6.2 静态路由	184
5.1.1 网络互联设备	141	6.3 路由算法	185
5.1.2 IP协议	142	6.3.1 V-D路由算法	186
5.2 IP报文	143	6.3.2 L-S路由算法	189
5.2.1 报文格式	143	6.4 层次路由结构	192
5.2.2 服务类型	144	6.5 路由协议	194
5.2.3 分段和重组	145	6.5.1 RIP协议	194
5.2.4 选项	145	6.5.2 OSPF协议	196
5.3 IP地址	146	6.5.3 BGP-4协议	199
5.3.1 地址格式	146	6.5.4 IPv6路由协议	203
5.3.2 特殊IP地址	147	6.5.5 路由重发布	204
5.3.3 私有地址和NAT	150	6.5.6 路由实例	204
5.4 IP报文转发	151	6.6 IP组播	205
5.4.1 IP路由表	152	6.6.1 IP组播地址和范围	205
5.4.2 IP报文转发	154	6.6.2 域内组播路由协议	207
5.5 ARP、DHCP和ICMP协议	155	6.6.3 域间组播路由协议	213
5.5.1 ARP协议	155	6.7 移动IP	214
5.5.2 DHCP协议	157	6.7.1 编址	214
5.5.3 ICMP协议	161	6.7.2 代理	215
5.6 子网和超网	164	6.7.3 通信过程	215
5.6.1 划分子网	164	6.7.4 效率	217
5.6.2 VLSM	166	6.8 小结	218
5.6.3 构成超网	167	习题	219
5.6.4 无类地址	168	第7章 传输层协议	221
5.7 IPv6协议	169	7.1 进程通信与端口	221
5.7.1 主要特点	170	7.2 UDP协议	222
5.7.2 报文格式	170	7.3 TCP协议	224
5.7.3 IPv6地址	173	7.3.1 服务特性	224
5.7.4 IPv6报文转发	176	7.3.2 报文格式	225
5.7.5 ICMPv6协议	177	7.3.3 连接建立和终止	226
5.7.6 IPv6过渡技术	179	7.3.4 差错控制	229
5.8 路由器	179	7.3.5 重传定时器	230

7.3.6	流量控制	232
7.3.7	拥塞控制	236
7.3.8	TCP 扩展	240
7.3.9	触发传输	242
7.3.10	记录边界	242
7.4	SCTP 协议	243
7.5	RTP/RTCP 协议	244
7.6	RSVP 协议	245
7.7	小结	246
	习题	246
第 8 章	网络应用	249
8.1	客户/服务器和套接字编程接口	249
8.1.1	网络进程通信	249
8.1.2	客户/服务器模式	249
8.1.3	socket 系统调用	250
8.1.4	客户/服务器流程图	252
8.2	DNS 系统	254
8.2.1	名字空间	254
8.2.2	域名空间分布	254
8.2.3	DNS	255
8.2.4	域名解析	256
8.2.5	报文格式	260
8.2.6	动态 DNS	261
8.2.7	功能扩展	261
8.3	远程登录	262
8.3.1	工作原理	262
8.3.2	网络虚拟终端	263
8.3.3	Rlogin	264
8.4	FTP 协议	264
8.4.1	工作原理	264
8.4.2	数据连接建立	265
8.4.3	匿名 FTP	266
8.4.4	TFTP 协议	266
8.5	电子邮件	267
8.5.1	组成结构	267
8.5.2	地址格式	268
8.5.3	邮件格式	269
8.5.4	MIME	269

8.5.5	SMTP 协议	271
8.5.6	邮箱访问协议	272
8.6	万维网	272
8.6.1	Web 浏览器	272
8.6.2	超文本和超媒体	273
8.6.3	HTML 语言	274
8.6.4	HTTP 协议	275
8.7	P2P	279
8.7.1	产生和发展	279
8.7.2	分类	280
8.7.3	应用	281
8.8	IP 电话	283
8.8.1	SIP	283
8.8.2	H.323	284
8.9	网络管理	285
8.9.1	SNMP 协议	286
8.9.2	管理员/代理模型	286
8.9.3	管理信息结构	287
8.9.4	管理信息库	288
8.9.5	SNMP PDU	290
8.10	小结	291
	习题	292
第 9 章	网络安全	295
9.1	基本概念	295
9.1.1	病毒、蠕虫、木马和漏洞	295
9.1.2	安全特性	296
9.1.3	网络攻击	297
9.1.4	安全防护	297
9.1.5	密码学基础	298
9.2	加密算法	299
9.2.1	对称密钥加密	299
9.2.2	公开密钥加密	301
9.2.3	两者的比较	303
9.3	机密性	303
9.3.1	基于对称密钥加密的机密性	303
9.3.2	基于公开密钥加密的机密性	304
9.4	认证	304

9.4.1 基于对称密钥加密的认证	305	9.7.3 极好私密性	320
9.4.2 基于公开密钥加密的认证	306	9.7.4 虚拟专用网	320
9.5 数字签名	306	9.8 防火墙和入侵检测系统	323
9.5.1 对整个文档进行签名	306	9.8.1 防火墙	323
9.5.2 对文档摘要进行签名	307	9.8.2 入侵检测系统	325
9.6 密钥分发	308	9.9 DDoS	327
9.6.1 共享密钥分发	308	9.9.1 攻击方式	328
9.6.2 公开密钥分发	313	9.9.2 防范措施	330
9.7 因特网安全	315	9.10 小结	331
9.7.1 IP 层安全	315	习题	332
9.7.2 传输层安全	318	参考文献	334
8.1 网络层设备	340		
8.1.1 网络层设备	340		
8.1.2 客户/服务器系统	340		
8.1.3 socket 系统调用	340		
8.1.4 客户/服务器流程图	340		
8.2 DNS 系统	340		
8.2.1 名字空间	340		
8.2.2 域名空间分布	340		
8.2.3 DNS 数据库	340		
8.2.4 域名解析	340		
8.2.5 动态 DNS	340		
8.2.6 功能扩展	340		
8.3 远程登录	340		
8.3.1 工作原理	340		
8.3.2 网络层设备	340		
8.3.3 Rlogin	340		
8.4 FTP 协议	340		
8.4.1 工作原理	340		
8.4.2 数据连接建立	340		
8.4.3 匿名 FTP	340		
8.4.4 FTP 协议	340		
8.5 电子邮件	340		
8.5.1 组成结构	340		
8.5.2 地址格式	340		
8.5.3 邮件格式	340		
8.5.4 MIME	340		