



HZ BOOKS

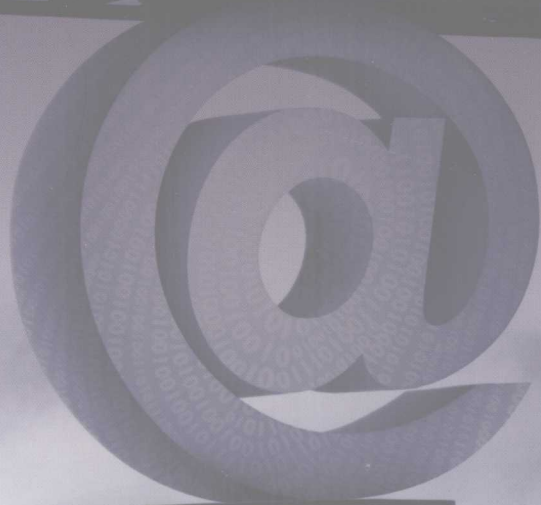
华章教育

高等院校信息安全专业规划教材

# 网络协议分析

## Network Protocol Analysis

寇晓蕤 罗军勇 蔡延荣 © 编著



机械工业出版社  
China Machine Press

高等院校信息安全专业规划教材

本书以TCP/IP协议族中各种协议为研究对象，详细分析了其原理、实现和应用。全书共分8章，第1章介绍网络协议的基本概念，第2章介绍IP协议，第3章介绍TCP和UDP协议，第4章介绍HTTP协议，第5章介绍FTP协议，第6章介绍SMTP协议，第7章介绍DNS协议，第8章介绍DHCP协议。本书可作为高等院校计算机、网络工程、通信工程、信息安全等专业及相关专业的教材，也可供从事网络工程、通信工程、信息安全等工作的工程技术人员参考。

# 网络协议分析

## Network Protocol Analysis

寇晓蕤 罗军勇 蔡延荣 © 编著



机械工业出版社  
China Machine Press

本书以TCP/IP协议族中构建Internet所必需的、与我们交互最直观的协议作为主题，详细讨论了TCP/IP的体系结构和基本概念，并深入分析了各个协议的设计思想、流程及其所解决的问题。各个协议的应用及安全缺陷也体现于相应章节中，以便读者对这些协议有更为深入的了解。此外，本书体现了协议的新发展，比如加入ICMP的域名报文和安全失败报文，以及轻量级UDP (UDP-Lite) 等。

本书可作为高等院校计算机、网络工程、通信工程、信息安全等专业本科生与研究生“网络协议分析”课程的教材，也可作为相关领域工程技术人员的参考用书。

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

网络协议分析 / 寇晓蕤, 罗军勇, 蔡延荣编著. —北京: 机械工业出版社, 2009.7  
(高等院校信息安全专业规划教材)

ISBN 978-7-111-26832-1

I. 网… II. ①寇… ②罗… ③蔡… III. 计算机网络—通信协议 IV. TN915.04

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第057726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

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2009年8月第1版第1次印刷

184mm × 260mm · 17.5印张

标准书号: ISBN 978-7-111-26832-1

定价: 33.00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

# 编委会



## ■ 主任委员

卿斯汉 (中科院软件所/北京大学)

## ■ 副主任委员 (按姓氏笔画排列)

王清贤 (解放军信息工程大学)

杨永川 (中国人民公安大学)

罗 平 (清华大学)

贾春福 (南开大学)

## ■ 委 员 (按姓氏笔画排列)

李 涛 (四川大学)

庄 毅 (南京航空航天大学)

苏金树 (国防科技大学)

陶 然 (北京理工大学)

钮心忻 (北京邮电大学)

温莉芳 (机械工业出版社)

蔡皖东 (西北工业大学)



## 丛书序

经过数年的筹划与努力，信息安全系列丛书终于和广大读者见面了。

众所周知，进入21世纪以来，信息化对社会发展的影响日益深刻。全球信息化正在引发当今世界的深刻变革，重塑世界政治、经济、社会、文化和军事发展的新格局。

人们在享受信息化所带来的便利的同时，也不得不面对各种信息安全问题。信息安全信息化的关键，各种天灾（如地震、洪水、飓风）和“人祸”（如网络故障、黑客入侵、病毒等）都会影响信息化进程。因此，在发展信息化的同时要重视信息安全，要在安全中发展，在发展中确保安全。

目前，世界各国都将信息安全视为国家安全的重要组成部分。党的十六届四中全会在《中共中央关于加强党的执政能力建设的决定》中明确提出：“坚决防范和打击各种敌对势力的渗透、颠覆和分裂活动，有效防范和应对来自国际经济领域的各种风险，确保国家的政治安全、经济安全、文化安全和信息安全”。党中央把信息安全和政治安全、经济安全、文化安全并列，作为我们国家四大安全内容之一，可见信息安全之重要，绝不能掉以轻心。近年来，我国在信息安全保障方面的工作逐步加强，制定并实施了国家信息安全战略，建立了信息安全管理体制和工作机制。基础信息网络和重要信息系统的安全防护水平明显提高，互联网信息安全管理进一步加强。

信息安全问题的解决，既要依靠技术的发展，更要重视人的作用。随着科技的进步，信息安全的概念和内涵不断发生变化，今天我们所说的信息安全是一个涉及计算机科学、网络技术、通信技术、密码技术、信息安全技术、应用数学、数论、信息论等领域的交叉学科，各种保障信息安全的技术也不断推陈出新。我们应大力培养信息安全的专业人才，对从业人员进行技术、职业道德、法律等全方位的教育。同时，要普及信息安全教育，增强国民的信息安全意识，提高全民的信息化知识水平和防范意识。

面对社会对信息安全人才的迫切需求，国内已有几十所高校设立了信息安全专业，还有众多高校开设了信息安全相关的必修与选修课。为了有力地支持信息安全相关课程的教学，促进信息安全的科学研究，在机械工业出版社华章分社的精心策划与组织下，国内高校从事信息安全领域研究、教学的专家和教师共同编写了这套“高等院校信息安全专业规划教材”。这套丛书是各位作者多年教学、科研成果的结晶，其特点是理论与实践紧密结合、深入浅出、实例丰富，既包括基础知识，也反映最新科研成果与发展趋势。我深信，丛书的出版必将对信息安全知识的普及和推广、信息安全人才的培养、教学与科研产生积极影响并作出重要的贡献。

最后，作为本丛书的编委会主任，我对各位编委的努力工作、各位作者的辛勤劳动、机械工业出版社华章分社的大力支持表示衷心的感谢。

丛书编委会主任 卿斯汉

2009年6月



# 前言

网络的重要性和普及性已毋庸多言。在网络通信的方方面面中，网络协议发挥着基础的支撑作用。现有的协议很多，本书重点关注TCP/IP协议族，因为它是目前使用最为广泛的协议族，也是Internet出现、发展和普及的基础。如果说没有协议就不会有网络，那么也可以说没有TCP/IP，可能就没有今天的Internet。

TCP/IP有效解决了异构网络互联问题，并且提供了确保网络高效、可靠运转的一系列机制。在TCP/IP搭建的这个平台上，可以使用单点和多点通信方式、固定和移动通信方式，并构建各种网络应用。

1974年，出现TCP/IP的雏形。到20世纪80年代，它就已经在异构网络互联中占据统治地位。但协议设计者的脚步并没有停止，至今，新的协议标准以及现有标准的新版本仍在不断涌现。

这种发展将是一个长期的过程，因为从用户的角度，新的应用将不断出现；而从基础设施的角度，TCP/IP不仅要把物理设备和链路激活，更要充分发挥硬件的性能。而硬件技术的发展是极其迅速的，这个趋势近年来表现得尤其明显。因而TCP/IP的设计者和研究者也在不断适应这种发展速度而推陈出新。

TCP/IP是个庞大的体系，本书则着眼于那些构建Internet所必需的、与我们交互最直观的协议，并着力保持全书的简洁性和易读性。在内容选取上，本书力图保证协议体系的完整性、连贯性和先进性。本书选取的大部分协议都是在目前互联网体系中经常使用的。虽然本书涉及的RARP、BOOTP这两个协议现在已经不再使用，但它们的思想有可取之处，目前经常使用的DHCP也是基于BOOTP定义，所以我们也用简短的篇幅对它们进行了讨论。

本书也体现了协议的新发展，比如加入ICMP的域名报文和安全失败报文，以及轻量级UDP (UDP-Lite) 等。此外，我们将有关应用及安全问题体现于各个章节中，以便读者能够对这些应用有更为深入的了解，并反过来促进对协议的理解。在部分章节和参考文献中，还给出有关的研究方向和研究成果，为读者开展相关领域的研究抛砖引玉。

本书共有17章。第1章讨论TCP/IP的引入、思想、分层以及发展历史等内容，并给出本书所涉及的协议在整个协议栈中的位置及依赖关系。随后16章讨论具体协议，并按照在协议栈中的位置由下向上的次序组织。

第2章讨论数据链路层协议PPP以及认证相关的PAP和CHAP。

第3章讨论基本的IP编址方法，以及IP地址与物理地址的映射技术，涉及ARP和RARP两个协议。

第4章讨论互联网协议IP，包括IP数据报以及IP选路。

第5章讨论Internet控制报文协议ICMP。

第6章和第7章讨论传输层的引入及UDP、TCP这两个传输层协议。

第8章讨论透明路由器、代理ARP、子网编址、超网和CIDR以及网络地址转换等提高IP地址使用效率的技术。

第9章讨论路由表维护方式、路由算法以及Internet的路由体系结构。

第10章和第11章讨论两个内部网关协议RIP和OSPF。第12章则讨论边界网关协议BGP。

第13章讨论组播相关内容，包括组播编址、IGMP、组播路由算法、组播路由协议以及组播性能。

第14章讨论移动IP，包括其工作机制和隧道技术。

第15章讨论那些对互联网正常高效运转起支撑作用的应用层协议，包括BOOTP、DHCP和DNS。

第16章讨论网络管理标准SNMP，包括MIB、SMI以及SNMP通信协议。

第17章讨论常用的应用层协议，包括用于文件传输的NFS和FTP，用于WWW的HTTP，用于电子邮件系统的SMTP、POP、IMAP和MIME，以及用于信息查询的Whois。

附录中给出了本书所出现的所有缩略词的全称。

本书的很多章节都包含实例，其中出现的大部分IP地址都只是为说明某个问题而随机选取的，不与任何实际目标相关。对于某些实例中出现的地址，出于隐私考虑，我们将其中部分字节用“\*”代替。图片中涉及的隐私信息则作涂黑处理。

阅读本书的读者应掌握一定的计算机网络基础知识。在阅读本书时，除了掌握协议规定的内容外，更应该吸取其思想。比如，我们可能不会去实现一个IP分片重组的算法，但本书给出的重组算法思想对于设计一个分块下载文件的程序具有指导作用。

本书由解放军信息工程大学信息工程学院网络工程系组织编写。我们从2000年开始正式在研究生和本科生两个层次开展“网络协议分析”课程的教学工作，受到了广泛的好评。本书在正式出版之前，相关讲义已经在学院内部8届次学生中使用，并以此为基础根据学生平时的提问及反馈意见进行了修改。

在本书即将出版之际，特别要感谢王清贤教授。他最先开始该课程的教学，并整理了一个非常清晰的框架；本书很大部分内容参考了他的教案。在本书编写完成后，王清贤教授和武东英副教授作为本书的主审，认真通读了全书，提出了中肯而宝贵的建议。

另外，还要感谢解放军信息工程大学信息工程学院的支持，感谢机械工业出版社华章分社的支持，感谢参与本书校对的王佳杉先生，感谢解放军信息工程大学信息工程学院各位教员和学员提出的宝贵意见和建议。

热忱欢迎广大读者批评、指导及交流，编者的电子邮箱为：kouxiaorui@263.net。

编者  
2009年1月

# 教学和阅读建议



本课程是先修课程为“计算机网络”。在一学期40学时的课程学习中，对各章的教学内容可作如下安排：

## 第1章 TCP/IP概述 (2学时)

教学内容：

- 网络互联与TCP/IP；
- 网络协议的分层；
- TCP/IP的发展过程；
- TCP/IP协议的标准化。

考核要求：

- 通过课堂讲解，学生要能掌握TCP/IP的作用、TCP/IP的分层思想，并了解TCP/IP的发展过程和协议标准化流程。

## 第2章 点到点协议PPP (2学时)

教学内容：

- PPP的流程及报文格式；
- 认证协议PAP及CHAP；
- PPPoE的应用、流程及报文格式。

考核要求：

- 通过课堂讲解，学生要能掌握PPP的应用场合、流程及报文格式，掌握认证协议PAP和CHAP的思想及流程，并了解PPPoE的应用场合、流程及报文格式。

## 第3章 Internet地址及地址解析 (3学时)

教学内容：

- Internet地址；
- 地址解析协议ARP；
- 反向地址解析协议RARP。

考核要求：

- 通过课堂讲解，学生要能掌握Internet编址的思想、地址格式以及地址分类，掌握ARP的应用场合、思想、流程及报文格式，了解RARP的应用场合、思想及工作流程。



#### 第4章 互联网协议IP (3学时)

教学内容:

- IP数据报;
- IP分片及重组;
- IP选项;
- IP安全问题;
- IP选路。

考核要求:

- 通过课堂讲解, 学生要能掌握IP数据报的格式、各个字段的用途, 掌握IP分片及重组的思想, 了解已有的分片重组算法, 了解IP选项的用途以及IP的安全问题, 并掌握IP选路思想和算法。

#### 第5章 Internet控制报文协议ICMP (2学时)

教学内容:

- ICMP协议应用及报文分类;
- ICMP差错报告报文、请求/应答类报文、单向通知的控制类报文以及实验性报文;
- ICMP应用示例。

考核要求:

- 通过课堂讲解, 学生要能掌握ICMP的作用和报文类型, 掌握各种报文的应用场合及格式, 了解ping和traceroute这两个基于ICMP的应用的原理, 了解ICMP的拥塞控制和路径控制思想。

#### 第6章 用户数据报协议UDP (1学时)

教学内容:

- 传输层的引入;
- UDP报文及校验和计算;
- UDP的端口以及多路复用与多路分解。

考核要求:

- 通过课堂讲解, 学生要能理解网络通信中数据传输的最终目的地以及通信过程中的五元素, 掌握UDP报文头格式, 了解UDP-Lite的思想, 并理解端口使用的两种方式。

#### 第7章 传输控制协议TCP (3学时)

教学内容:

- TCP的引入及特点;
- TCP连接;
- TCP保证可靠性的机制;
- TCP提高传输效率及流量控制的机制;
- TCP的拥塞控制机制;
- TCP报文格式;
- TCP相关的网络安全问题。

考核要求:

- 通过课堂讲解, 学生要能掌握TCP的特点、连接的建立和关闭过程, 掌握TCP保证可靠性的机制、提高传输效率的机制、流量控制机制以及拥塞控制机制, 掌握TCP报文格式, 了解TCP相关的网络安全问题。

### 第8章 Internet地址扩展技术 (3学时)

教学内容:

- 减小物理网络数目的技术: 透明路由器、代理ARP以及子网编址;
- 超网编址及相关路由技术;
- 网络地址转换。

考核要求:

- 通过课堂讲解, 学生要能理解地址扩展技术引入的必要性, 了解透明路由器、代理ARP解决网络地址复用的思想, 掌握子网编址思想以及子网选路技术, 掌握超网编址和CIDR, 掌握NAT的原理及用途。

### 第9章 路由协议概述 (1学时)

教学内容:

- 路由表的建立及维护;
- 路径确定方法和路由算法;
- Internet路由体系结构;
- 大规模网络拓扑发现。

考核要求:

- 通过课堂讲解, 学生要能掌握路由表建立和维护的方式, 掌握两种路由更新算法的思想及适用的场合, 掌握Internet路由体系结构, 特别是自治系统路由体系结构的概念和作用。

### 第10章 选路信息协议RIP (2学时)

教学内容:

- RIP的原理、路由信息的时效性、慢收敛问题及对策;
- RIPv1的流程及报文格式;
- RIPv2的流程及报文格式。

考核要求:

- 通过课堂讲解, 学生要能掌握RIP的特点和思想, 了解RIP的流程, 掌握RIP面临的慢收敛问题的起因及相应的解决办法, 掌握RIPv2比RIPv1扩展的内容。

### 第11章 开放式最短路径优先OSPF (3学时)

教学内容:

- OSPF概述;
- OSPF的思想 (区域划分、路由计算和路由汇总);
- OSPF报文 (报文分类、公共首部、Hello报文及用于数据库同步的报文)。

考核要求:

- 通过课堂讲解, 学生要能掌握OSPF的特点、OSPF区域划分的思想、OSPF路由汇总的方法、路由计算的方法, 并掌握OSPF各种报文的的功能。

## 第12章 边界网关协议BGP (2学时)

教学内容:

- BGP概述及有限状态机;
- BGP报文 (公共首部及各类报文)。

考核要求:

- 通过课堂讲解和讨论, 学生要能掌握BGP的原理和流程, 了解BGP的有限状态机, 并掌握BGP报文的分类及各种报文的用途。

## 第13章 Internet组播 (3学时)

教学内容:

- 组播地址;
- Internet群组管理协议IGMPv1、IGMPv2及IGMPv3;
- 以太网组播数据报的交付;
- 组播路由算法;
- 组播路由协议;
- 可靠组播。

考核要求:

- 通过课堂讲解, 学生要能掌握组播群组的概念和特点, 掌握IP组播地址, 掌握IGMP的作用及报文功能, 掌握组播路由算法, 了解组播路由协议以及可靠组播的思想。

## 第14章 移动IP (2学时)

教学内容:

- 移动IP的原理及工作机制;
- 移动IP的三角路由问题;
- 隧道技术。

考核要求:

- 通过课堂讲解, 学生要能掌握移动IP的应用场景、工作模型和机制, 掌握移动IP的三项基本功能和相应的报文类型, 了解移动IP可以使用的三种隧道技术。

## 第15章 应用层系统服务 (3学时)

教学内容:

- 自举协议BOOTP;
- 动态主机配置协议DHCP;
- 域名系统DNS。

考核要求:

- 通过课堂讲解和讨论, 学生要能掌握BOOTP、DHCP的应用场景和工作原理, 掌握Internet的层次型命名机制, 掌握DNS的域名解析过程、DNS报文格式以及域名压缩技术和资源记录类型。

## 第16章 网络管理标准SNMP (2学时)

教学内容:

- 网络管理需求及SNMP的发展历史;

- 管理信息库MIB;
- SNMP通信协议;
- 消息语法标准SMI;
- SNMP应用。

考核要求:

- 通过课堂讲解, 学生要能了解网络管理需求、SNMP的发展历史, 掌握SNMP标准的框架及组成, 掌握MIB的作用及对象命名方式, 掌握SNMP通信协议流程及报文格式, 了解ASN.1在SNMP中的应用, 了解SNMP的相关应用。

## 第17章 应用层协议 (3学时)

教学内容:

- 文件共享NFS和FTP;
- 万维网WWW和超文本传输协议HTTP;
- 电子邮件系统;
- 信息查询Whois。

考核要求:

- 通过课堂讲解和讨论, 学生要能了解NFS的原理、FTP的特点, 掌握FTP模型, 了解HTML语言, 掌握HTTP客户端和服务器交互的7种方式, 掌握电子邮件系统中涉及的各种协议所发挥的作用, 了解Whois的功能和使用方法。



# 目录

· 计算机网络基础 ·  
· 2. SNMP 通信协议 ·  
· 消息语法标准 SMF ·

编委会	
丛书序	
前言	
教学和阅读建议	
<b>第1章 TCP/IP概述</b> .....	1
1.1 网络互联与TCP/IP .....	1
1.1.1 用IP实现异构网络互联 .....	1
1.1.2 TCP/IP协议族的引入 .....	3
1.2 网络协议的分层 .....	3
1.2.1 通用的协议分层思想 .....	4
1.2.2 TCP/IP的分层模型 .....	6
1.2.3 协议分层的原则 .....	7
1.2.4 TCP/IP分层模型中的两个边界 .....	7
1.2.5 点到点和端到端 .....	8
1.2.6 协议依赖关系 .....	9
1.2.7 多路复用和多路分解 .....	9
1.3 TCP/IP的发展过程 .....	10
1.4 TCP/IP协议的标准化 .....	12
习题 .....	12
<b>第2章 点到点协议PPP</b> .....	13
2.1 引言 .....	13
2.2 PPP协议流程 .....	14
2.3 PPP帧格式 .....	15
2.4 LCP .....	16
2.4.1 链路配置 .....	16
2.4.2 链路终止 .....	17
2.4.3 链路维护 .....	17
2.5 IPCP .....	18
2.6 认证协议PAP .....	18
2.7 认证协议CHAP .....	19
2.8 PPPoE .....	19
2.8.1 PPPoE的引入 .....	19
2.8.2 PPPoE协议流程 .....	20
2.8.3 PPPoE报文 .....	20
习题 .....	22
<b>第3章 Internet地址及地址解析</b> .....	23
3.1 引言 .....	23
3.2 Internet地址 .....	24
3.2.1 Internet编址方法 .....	24
3.2.2 IP地址的格式 .....	24
3.2.3 IP地址的分类 .....	25
3.2.4 关于IP地址的几点说明 .....	26
3.3 地址解析协议ARP .....	28
3.3.1 两种地址解析方式 .....	28
3.3.2 ARP的思想和步骤 .....	28
3.3.3 跨网通信时ARP的使用方法 .....	29
3.3.4 ARP提高通信效率的措施 .....	29
3.3.5 ARP报文格式及封装 .....	30
3.3.6 ARP命令 .....	31
3.3.7 ARP欺骗 .....	31
3.4 反向地址解析协议RARP .....	33
3.4.1 RARP的思想 .....	33
3.4.2 RARP报文 .....	34
3.4.3 RARP服务器设置 .....	34
习题 .....	34
<b>第4章 互联网协议IP</b> .....	36
4.1 引言 .....	36
4.2 IP数据报格式 .....	36
4.3 IP数据报的分片和重组 .....	40
4.3.1 分片控制 .....	40
4.3.2 分片重组 .....	41
4.4 IP数据报首部校验和的计算 .....	45
4.5 IP选项 .....	45
4.5.1 记录路由选项 .....	46
4.5.2 源路由选项 .....	46
4.5.3 时间戳选项 .....	47
4.5.4 与选项相关的DOS命令 .....	48
4.6 IP的一些安全问题 .....	48
4.6.1 Tiny Fragment .....	48
4.6.2 teardrop .....	49

4.6.3 Ping of Death .....	49	6.8.1 客户端/服务器模型 .....	71
4.7 IP数据报的选路 .....	49	6.8.2 基于客户端/服务器模型的端口 使用方法 .....	71
4.7.1 路由表 .....	49	习题 .....	72
4.7.2 IP选路算法 .....	50	<b>第7章 传输控制协议TCP</b> .....	73
4.7.3 处理传入的数据报 .....	51	7.1 引言 .....	73
习题 .....	52	7.2 TCP的特点 .....	73
<b>第5章 Internet控制报文协议ICMP</b> .....	53	7.3 TCP连接 .....	74
5.1 引言 .....	53	7.3.1 TCP连接建立 .....	74
5.2 ICMP报文 .....	54	7.3.2 TCP连接正常关闭 .....	76
5.3 差错报告类报文 .....	55	7.3.3 TCP连接异常关闭 .....	77
5.3.1 目的站不可达报文 .....	55	7.3.4 TCP半开放连接检测 .....	77
5.3.2 超时报文 .....	56	7.3.5 端口、端点和连接 .....	78
5.3.3 参数错误报文 .....	56	7.4 提供可靠性 .....	78
5.4 请求/应答类报文 .....	56	7.4.1 防止丢失的机制 .....	78
5.4.1 回送请求和回送应答报文 .....	56	7.4.2 防止重复和乱序的机制 .....	78
5.4.2 地址掩码请求和应答报文 .....	57	7.4.3 TCP确认机制的特点 .....	79
5.4.3 时戳请求和应答报文 .....	57	7.4.4 超时重传定时器的设置 .....	79
5.4.4 路由器通告和路由器恳求报文 .....	58	7.5 传输效率与流量控制 .....	81
5.5 单向通知的控制类报文 .....	59	7.5.1 一般的滑动窗口机制 .....	81
5.5.1 源站抑制报文 .....	59	7.5.2 TCP的滑动窗口机制 .....	82
5.5.2 重定向报文 .....	59	7.5.3 端到端流量控制 .....	82
5.6 实验性的ICMP报文 .....	60	7.5.4 TCP的坚持定时器 .....	83
5.6.1 ICMP域名报文 .....	60	7.5.5 糊涂窗口综合征 .....	83
5.6.2 ICMP安全失败报文 .....	61	7.6 TCP的拥塞控制机制 .....	84
5.7 ICMP应用举例 .....	62	7.6.1 慢启动与拥塞避免 .....	85
5.7.1 ping程序 .....	62	7.6.2 快速重传与快速恢复 .....	87
5.7.2 traceroute程序 .....	62	7.7 IP层对改善TCP性能的支持 .....	87
习题 .....	63	7.8 TCP报文段格式 .....	88
<b>第6章 用户数据报协议UDP</b> .....	65	7.8.1 TCP的码元比特 .....	89
6.1 引言 .....	65	7.8.2 TCP的校验和 .....	90
6.2 引入传输层的必要性 .....	65	7.8.3 TCP选项 .....	91
6.3 网络应用的标识 .....	66	7.9 对TCP的几点说明 .....	92
6.3.1 数据传输的最终目的地 .....	66	习题 .....	93
6.3.2 进程与端口号的关系 .....	67	<b>第8章 Internet地址扩展技术</b> .....	94
6.4 UDP概述 .....	67	8.1 引言 .....	94
6.5 UDP报文 .....	68	8.2 使物理网络数目最小的技术 .....	94
6.5.1 报文格式 .....	68	8.2.1 透明路由器 .....	95
6.5.2 报文封装 .....	68	8.2.2 代理ARP .....	96
6.5.3 最大用户数据报长度 .....	69	8.2.3 子网编址 .....	96
6.6 UDP校验和 .....	69	8.3 超网编址 .....	99
6.6.1 校验和的计算方法 .....	69	8.3.1 思想 .....	99
6.6.2 UDP-Lite .....	69	8.3.2 CIDR的地址表示 .....	99
6.7 UDP的多路复用与多路分解 .....	70	8.3.3 CIDR的路由查找 .....	100
6.8 UDP端口号的使用 .....	71		



8.3.4 为专用网络保留的CIDR块	102	<b>第11章 开放式最短路径优先OSPF</b>	130
8.4 网络地址转换	102	11.1 引言	130
8.4.1 NAT的工作原理	102	11.2 OSPF概述	130
8.4.2 NAT的地址转换方式	103	11.3 OSPF的思想	131
8.4.3 NAT与ICMP间的交互	105	11.3.1 区域	131
8.4.4 NAT与应用程序间的交互	105	11.3.2 虚拟链路	133
8.4.5 NAT穿越	106	11.3.3 路由汇总	133
习题	107	11.3.4 路由计算	134
<b>第9章 路由协议概述</b>	108	11.4 OSPF报文	134
9.1 引言	108	11.4.1 公共首部	134
9.2 路由表的建立与维护	109	11.4.2 Hello报文	135
9.2.1 静态路由配置	109	11.4.3 数据库同步	138
9.2.2 动态路由信息交换	109	11.5 几点说明	143
9.3 路径确定	110	11.5.1 对OSPF本身的说明	143
9.3.1 路径存在性	110	11.5.2 对IGP的几点说明	144
9.3.2 最优化选路	110	习题	144
9.3.3 路由度量	111	<b>第12章 边界网关协议BGP</b>	146
9.4 路由算法	112	12.1 引言	146
9.4.1 向量距离算法	112	12.2 BGP概述	146
9.4.2 链路状态算法	113	12.3 BGP的有限状态机	148
9.5 Internet路由体系的发展	114	12.4 BGP报文的公共首部	150
9.5.1 核心路由体系	114	12.5 BGP的OPEN报文	150
9.5.2 对等主干网路由体系	115	12.6 BGP的KEEPALIVE报文	152
9.5.3 自治系统路由体系	117	12.7 BGP的UPDATE报文	152
9.6 大规模网络拓扑发现	119	12.7.1 BGP的IP地址前缀编码	152
9.6.1 背景	119	12.7.2 BGP的路径属性	153
9.6.2 目标	120	12.8 BGP的NOTIFICATION报文	154
9.6.3 网络拓扑结构分析及建模	120	习题	155
习题	121	<b>第13章 Internet组播</b>	156
<b>第10章 选路信息协议RIP</b>	122	13.1 引言	156
10.1 引言	122	13.2 组播地址	156
10.2 RIP概述	122	13.3 Internet群组管理协议IGMP	157
10.3 RIP的工作原理	123	13.4 IGMP的报文格式	158
10.4 RIP路由信息的时效性	123	13.4.1 IGMPv1及IGMPv2报文格式	158
10.4.1 更新定时器	123	13.4.2 IGMPv3报文格式	158
10.4.2 过期定时器	123	13.5 以太网组播数据报的交付	161
10.4.3 刷新定时器	123	13.6 组播路由算法	161
10.5 RIPv1的报文格式	124	13.6.1 最短路径树算法	161
10.6 RIP的慢收敛问题及其对策	124	13.6.2 最小生成树算法	162
10.7 RIPv1中的额外跳问题	126	13.6.3 Steiner树算法	162
10.8 RIPv2	126	13.6.4 最大带宽树算法	163
10.8.1 RIPv2的扩展	126	13.7 组播路由协议	164
10.8.2 RIPv2的报文格式	127	13.7.1 DVMRP	165
习题	128	13.7.2 MOSPF	166

13.7.3	CBT	167	15.4.6	DNS报文格式	197
13.7.4	PIM-DM	167	15.4.7	对象类型与DNS资源记录	200
13.7.5	PIM-SM	168	15.4.8	减少DNS报文长度的措施	202
13.7.6	分析与比较	168	15.4.9	使用UDP还是TCP	203
13.8	可靠组播	170	15.4.10	DNS面临的安全威胁	203
13.8.1	可靠组播要解决的问题及策略	171	15.4.11	DNS的使用	204
13.8.2	ARQ	171	习题		205
13.8.3	前向纠错FEC	173	第16章	网络管理标准SNMP	206
13.8.4	ARQ和FEC组合法	173	16.1	引言	206
13.8.5	差错恢复	174	16.1.1	网络管理需求	206
习题		174	16.1.2	SNMP参考模型	207
第14章	移动IP	176	16.2	SNMP发展历史	208
14.1	引言	176	16.3	管理信息库MIB	208
14.2	移动IP操作概述	176	16.3.1	管理对象注册树	209
14.3	移动IP的工作机制	177	16.3.2	管理对象命名	209
14.3.1	代理发现	177	16.3.3	管理对象访问约束	210
14.3.2	注册	178	16.3.4	mib-2子树	210
14.3.3	数据传送	179	16.4	SNMP通信协议	213
14.4	移动IP的三角路由问题	180	16.4.1	访问控制机制	213
14.5	隧道技术	181	16.4.2	报文格式	214
14.5.1	IP-in-IP封装	181	16.4.3	请求报文的处理过程	217
14.5.2	最小封装	181	16.4.4	读取表格对象值的方法	218
14.5.3	通用路由封装	182	16.4.5	端口使用	219
习题		183	16.5	SMI	219
第15章	应用层系统服务	184	16.5.1	抽象标记语法1	219
15.1	引言	184	16.5.2	MIB对象定义格式	220
15.2	自举协议BOOTP	184	16.5.3	基本编码规则BER	221
15.2.1	自举协议的引入	184	16.5.4	用BER对SNMP报文进行编码	223
15.2.2	BOOTP的工作机制	185	16.6	SNMP应用	225
15.2.3	BOOTP的报文格式	186	习题		225
15.3	动态主机配置协议DHCP	188	第17章	应用层协议	226
15.3.1	DHCP的引入	188	17.1	引言	226
15.3.2	DHCP的工作原理	188	17.2	文件共享	226
15.3.3	DHCP地址租用	189	17.2.1	NFS	226
15.3.4	DHCP客户端状态转换	189	17.2.2	FTP概述	228
15.3.5	DHCP报文格式	190	17.2.3	FTP进程模型	228
15.3.6	DHCP的应用	191	17.2.4	FTP端口使用	229
15.4	域名系统DNS	191	17.2.5	FTP命令	229
15.4.1	DNS的引入	191	17.2.6	FTP报文格式	229
15.4.2	互联网的域和域名	192	17.2.7	数据格式	230
15.4.3	域名解析原理	194	17.2.8	访问控制	230
15.4.4	递归解析和迭代解析	196	17.3	万维网和HTTP	232
15.4.5	高速缓存	196	17.3.1	万维网	232

17.3.2	HTTP概述	235	17.4.4	简单邮件传输协议SMTP	249
17.3.3	HTTP请求方式	235	17.4.5	邮局协议POP	250
17.3.4	持久连接和长度	240	17.4.6	Internet报文访问协议IMAP	251
17.3.5	HTTP协商及条件请求	241	17.4.7	电子邮件系统的使用	251
17.3.6	代理服务器和高速缓存	241	17.5	信息查询Whois	252
17.3.7	HTTP报文格式	242	17.5.1	Whois基础	252
17.3.8	HTTP客户端程序设计	245	17.5.2	Whois与WWW	252
17.4	电子邮件系统	245	习题		252
17.4.1	电子邮件系统的引入	245	附录	缩略语表	254
17.4.2	邮箱地址及电子邮件格式	246	参考文献		259
17.4.3	多用途Internet邮件扩充 MIME	247			