

TCP/IP Protocol Suite

Third Edition

TCP/IP协议族

(第3版·中文导读英文版)



(美) Behrouz A. Forouzan 著



清华大学出版社

计算机教育国外著名教材系列(影印版)

TCP/IP 协议族

(第 3 版 · 中文导读英文版)

(美) Behrouz A. Forouzan 著

清华大学出版社

北 京

Behrouz A. Forouzan

TCP/IP Protocol Suite, Third Edition

EISBN: 0-07-111583-8

Copyright © 2006 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Authorized English language edition jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) Co. and Tsinghua University Press. This edition is authorized for sale only to the educational and training institutions, and within the territory of the People's Republic of China (excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书英文影印版由清华大学出版社和美国麦格劳-希尔教育出版(亚洲)公司合作出版。此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区及中国台湾地区)针对教育及培训机构之销售。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受法律之制裁。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2009-0911

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,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

TCP/IP 协议族(第3版·中文导读英文版)/(美)福罗赞(Forouzan, B.A.)著.—北京:清华大学出版社, 2009.4
(大学计算机教育国外著名教材系列(影印版))

书名原文: TCP/IP Protocol Suite, Third Edition

ISBN 978-7-302-19675-4

I. T… II. 福… III. 计算机网络—通信协议—教材—英文 IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 033203 号

责任编辑: 王 军 王 婷

封面设计: 久久度文化

版式设计: 孔祥丰

责任校对: 成凤进

责任印制: 杨 艳

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: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 刷 者: 清华大学印刷厂

装 订 者: 三河市溧源装订厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 43.5 字 数: 1225 千字

版 次: 2009 年 4 月第 1 版 印 次: 2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 69.00 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: 028327-01

前言

Preface

在今天的文明生活中，与网络和连网有关的技术可能是增长最快的。这种技术增长的结果就是：要想在许多职业中获得成功就必须懂得网络和连网技术，并且这种职业的数目正在急剧增多。与此同时，学习网络课程的学生数目也成比例地增多。

本书是关于 TCP/IP 协议族的书。它为想要在数据通信和连网领域获得学位的学生提供了必要的信息。本书还是作为在基于 TCP/IP 的网络上工作或准备工作的专业人员的参考书。简言之，本书对任何需要了解 TCP/IP 协议族的人都是有用的。

本书假定读者并没有关于 TCP/IP 协议族的预备知识，但最好先学习一下数据通信的课程。

组织

本书分为 5 个部分。由第 1~3 章组成的第一部分回顾了一些基本概念和基础技术。虽然这部分内容与 TCP/IP 协议没有直接关系，但却有助于理解 TCP/IP 协议。

本书的第二部分讨论网络层和运输层的协议。第 4~10 章将重点讨论网络层的一些协议。运输层协议在第 11、12 和 13 章详细讨论。第 14 和 15 章则专门详细叙述几种路由选择协议。

本书的第三部分讨论使用网络 and 运输层协议的传统的应用程序。第 16~22 章讨论这些应用。

第四部分(第 23~27 章)包含了对因特网来说比较新的问题和主题。我们讨论在 ATM 上运行 IP、移动 IP、多媒体、专用网和虚拟专用网、网络地址转换以及下一代 IP。

本书的第五部分(第 28 章)讨论网络安全。在这一章中，先一般地讨论与安全有关的概念和问题，然后再讨论安全是怎样应用到因特网上的。

特点

为了使学生更容易地学习 TCP/IP，本书的编写具有如下的一些特点。

用直观的方法

本书用图文并茂的方法讲述了技术性很强的内容，但并没有使用复杂的公式。大约超过 600 张插图与正文一起提供了一种直观的方法来了解这些内容。在解释网络的概念时，插图是特别重要的，因为网络的概念是基于连接和传输。使用插图要比使用文字更容易地理解这些概念。

突出重点

我们多次重复一些重要概念，使读者可迅速找到这些重点并引起注意。

例子和应用

只要有合适的场合,我们就用例子来阐明书中给出的概念。此外,我们在每一章都放进许多实际生活中的应用,以利于读者学习。

协议软件包

虽然我们并不试图给出实现每个协议的详细代码,但许多章还是包括了有关设计的一节,用来讨论实现每种协议的一般思想。这些节可帮助理解每一种协议的思路和问题。这些节可作为选读内容。

重要术语

在每一章的最后列出了这一章用过的新术语。这些术语的定义包含在词汇表中。

本章小结

每一章有本章内容的小结。加上重点符号的小结是这章所有重点内容的归纳。

实践安排

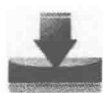
每章的最后都有实践安排,用来巩固重点的概念,同时鼓励学生应用它们。实践安排由两部分组成:习题和研究活动。多项选择问题是测验学生对基本概念和术语的掌握情况。习题则需要对内容有更深入的了解。习题需要对内容的了解。研究活动则是为打算更加深入钻研这些内容而安排的。

附录*

附录的作用是迅速找到参考内容,或为理解本书中的概念需要而复习一些内容。

词汇表*

词汇表包含了广泛的词汇表和缩写词。



注意:

附录和词汇表的内容由本书的支持网站提供,可从 www.tupwk.com.cn/downpage 上下载。

第3版改动的地方

下面列出了第3版改动的地方:

- 第3章包括了更多的底层技术。
- 第4、5和6章包括了对无分类编址更详细的讨论。
- 第12章增加了TCP更多的特点。

- 第 13 章是全新的内容。这一章讨论一种新的运输层协议 SCTP。
- 第 14 和 15 章进行了修改, 使路由选择协议更加容易理解。
- FTP 和 TFTP 现在合并为一章。WWW 和 HTTP 也合并为一章。
- 安全一章增加了内容, 修改后能够反映出更多的安全问题。
- 在适当的章节中增加了更多的实践和现实生活的例子, 并使用了一些实用程序, 如 ping、grep 和 netstat。
- 多重选择的问题从实践安排中去掉了。这些问题也修改了, 并放在联机的网站上。
- 在实践安排中增加了对学生具有挑战意义的研究活动。

怎样使用本书

本书是为学校学生和专业人员写的。它可作为感兴趣的专业人员的自学指导书。作为一本教材, 它可当作一学期的教材使用(对一年两个学期或四个学期的学制都可以)。各章的组织有很大的灵活性。下面是我们给出的一些建议:

如果学生已经学过数据通信和连网的课程, 则可跳过第 1~3 章。

- 第 4~15 章对了解 TCP/IP 是至关重要的。
- 对于一年分为两个学期的学制, 则第 16~22 章可详细讨论。若一年分为四个学期, 则应简要地讲述。
- 当时间受限时, 第 23~27 章可略去。
- 第 28 章可用作单独安排进度的一章。

致谢

很显然, 写这样篇幅的书没有很多人的帮助是不可能的。我们在第 1 版和第 2 版的序言中对许多人的贡献表示了感谢。对于第 3 版, 我们要感谢许多同行审阅人对编写本书的贡献。我们必须特别感谢以下的一些审阅人:

- Paul D. Amer, 特拉华大学(University of Delaware)
- Edward Chlebus, 依利诺斯理工学院(Illinois Institute of Technology)
- Anthony Chung, 狄保罗大学(DePaul University)
- Isaac Ghansah, 加利福尼亚州立大学, 萨克拉门托(California State University, Sacramento)
- Khaleen Harfoush, 北卡罗来纳州立大学(North Carolina State University)
- Doug Jacobson, 衣阿华州立大学(Iowa State University)
- Tulin Mangir, 加利福尼亚州立大学, 长滩(California State University, Long Beach)
- Xiao Su, 圣何塞州立大学(San Jose State University)
- Mark Weiser, 俄克拉何马大学(Oklahoma State University)

我们要感谢 Paul D. Amer 和 Randall R. Stewart(SCTP 的设计者)的宝贵贡献, 因为他们提出了许多建议, 并对初稿反馈了意见。

特别要感谢麦格劳-希尔(McGraw-Hill)公司的工作人员。我们的出版者 Besty Jones 证明了熟练的出版者可以把不可能的事情变为可能的。只要我们需要帮助时, 开发编辑 Emily Lupash 就会给我们帮助。我们的项目经理 Sheila Frank 在出版的过程中一直以极大的热情领导着我们。我们还要感谢 Sherry Kane 在生产方面, David Hash 在设计方面以及 George Watson 对原稿编辑的贡献。

目 录

Contents

第 1 章 引言(Introduction)	1
1.1 简要的历史(A BRIEF HISTORY)	1
1.1.1 ARPANET	1
1.1.2 因特网的诞生(Birth of the Internet)	2
1.1.3 传输控制协议/网际互连协议(Transmission Control Protocol/Internetworking Protocol(TCP/IP))	2
1.1.4 MILNET	2
1.1.5 CSNET	3
1.1.6 NSFNET	3
1.1.7 ANSNET	3
1.1.8 今日的因特网(The Internet Today)	3
1.1.9 大事记(Time Line)	5
1.1.10 因特网的增长(Growth of the Internet)	5
1.2 协议和标准(PROTOCOLS AND STANDARDS)	5
1.2.1 协议(Protocols)	6
1.2.2 标准(Standards)	6
1.3 标准化组织(STANDARDS ORGANIZATIONS)	6
1.3.1 标准创建委员会(Standards Creation Committees)	7
1.3.2 论坛(Forums)	8
1.3.3 管理机构(Regulatory Agencies)	8
1.4 因特网标准(INTERNET STANDARDS)	8
1.4.1 成熟等级(Maturity Levels)	9
1.4.2 需求等级(Requirement Levels)	10
1.5 因特网的管理机构(INTERNET ADMINISTRATION)	10
1.5.1 因特网协会(Internet Society(ISOC))	11
1.5.2 因特网体系结构研究委员会(Internet Architecture Board(IAB))	11
1.5.3 因特网工程部(Internet Engineering Task Force(IETF))	11
1.5.4 因特网研究部(Internet Research Task Force(IRTF))	12
1.5.5 因特网赋号管理局和因特网名字与号码指派公司(Internet Assigned Numbers Authority(IANA) and Internet Corporation for Assigned Names and Numbers(ICANN))	12
1.5.6 网络信息中心(Network Information Center(NIC))	12
1.6 重要术语(KEY TERMS)	12
1.7 本章小结(SUMMARY)	13
1.8 实践安排(PRACTICE SET)	14
1.8.1 习题(Exercises)	14
1.8.2 研究活动(Research Activities)	14

第2章	OSI模型和TCP/IP协议族(The OSI Model and the TCP/IP Protocol Suite)	15
2.1	OSI模型(THE OSI MODEL)	15
2.1.1	层次体系结构(Layered Architecture)	16
2.1.2	对等进程(Peer-to-Peer Processes)	16
2.1.3	封装(Encapsulation)	18
2.2	OSI模型中的层次(LAYERS IN THE OSI MODEL)	18
2.2.1	物理层(Physical Layer)	18
2.2.2	数据链路层(Data Link Layer)	20
2.2.3	网络层(Network Layer)	21
2.2.4	运输层(Transport Layer)	22
2.2.5	会话层(Session Layer)	24
2.2.6	表示层(Presentation Layer)	25
2.2.7	应用层(Application Layer)	25
2.2.8	各层的小结(Summary of Layers)	26
2.3	TCP/IP协议族(TCP/IP PROTOCOL SUITE)	27
2.3.1	物理层和数据链路层(Physical and Data Link Layers)	27
2.3.2	网络层(Network Layer)	28
2.3.3	运输层(Transport Layer)	28
2.3.4	应用层(Application Layer)	29
2.4	编址(ADDRESSING)	29
2.4.1	物理地址(Physical Address)	30
2.4.2	逻辑地址(Logical Address)	31
2.4.3	端口地址(Port Address)	32
2.5	IP的版本(IP VERSIONS)	33
2.5.1	版本4(Version 4)	33
2.5.2	版本5(Version 5)	34
2.5.3	版本6(Version 6)	34
2.6	重要术语(KEY TERMS)	34
2.7	本章小结(SUMMARY)	36
2.8	实践安排(PRACTICE SET)	36
2.8.1	习题(Exercises)	36
2.8.2	研究活动(Research Activities)	37
第3章	底层的技术(Underlying Technologies)	39
3.1	局域网(LOCAL AREA NETWORKS(LANS))	39
3.1.1	有线局域网:以太网(Wired LANs: Ethernet)	40
3.1.2	无线局域网:IEEE 802.11(Wireless LANs: IEEE 802.11)	44
3.2	点对点广域网(POINT-TO-POINT WANS)	49
3.2.1	物理层(Physical Layer)	49
3.2.2	数据链路层(Data Link Layer)	55
3.3	交换广域网(SWITCHED WANS)	56
3.3.1	X.25	56
3.3.2	帧中继(Frame Relay)	57

3.3.3	ATM	58
3.4	连接设备(CONNECTING DEVICES)	62
3.4.1	转发器(Repeaters)	62
3.4.2	集线器(Hubs)	63
3.4.3	网桥(Bridges)	63
3.4.4	路由器(Routers)	66
3.5	重要术语(KEY TERMS)	67
3.6	本章小结(SUMMARY)	70
3.7	实践安排(PRACTICE SET)	71
3.7.1	习题(Exercises)	71
3.7.2	研究活动(Research Activities)	71
第4章	IP 地址: 分类编址(IP Addresses: Classful Addressing)	73
4.1	引言(INTRODUCTION)	73
4.1.1	地址空间(Address Space)	73
4.1.2	记法(Notation)	74
4.2	分类编址(CLASSFUL ADDRESSING)	75
4.2.1	辨认类别(Recognizing Classes)	76
4.2.2	Netid 和 Hostid(Netid and Hostid)	78
4.2.3	地址类和地址块(Classess and Blocks)	79
4.2.4	网络地址(Network Addresses)	82
4.2.5	足够的信息(Sufficient Information)	82
4.2.6	掩码(Mask)	83
4.2.7	CIDR 记法(CIDR Notation)	85
4.2.8	地址耗尽(Address Depletion)	85
4.3	其他问题(OTHER ISSUES)	85
4.3.1	连接多个网络的设备(Multihomed Devices)	85
4.3.2	是位置而不是名字(Location, Not Names)	86
4.3.3	特殊地址(Special Addresses)	86
4.3.4	专用地址(Private Addresses)	89
4.3.5	单播、多播和广播地址(Unicast, Multicast, and Broadcast Addresses)	89
4.3.6	互联网举例(An Example)	91
4.4	划分子网和构造超网(SUBNETTING AND SUPERNETTING)	91
4.4.1	划分子网(Subnetting)	92
4.4.2	构成超网(Supernetting)	95
4.4.3	超网掩码(Supernet Mask)	96
4.4.4	逐渐变为过时(Obsolescence)	96
4.5	重要术语(KEY TERMS)	97
4.6	本章小结(SUMMARY)	98
4.7	实践安排(PRACTICE SET)	99
4.7.1	习题(Exercises)	99
4.7.2	研究活动(Research Activities)	101

第5章 IP地址: 无分类编址(IP Addresses: Classless Addressing)	103
5.1 可变长度地址块(VARIABLE-LENGTH BLOCKS)	103
5.1.1 限制(Restrictions)	104
5.1.2 寻找地址块(Finding the Block)	106
5.1.3 分配到的地址块(Granted Block)	109
5.2 划分子网(SUBNETTING)	110
5.2.1 找出子网掩码(Finding the Subnet Mask)	110
5.2.2 找出子网地址(Finding the Subnet Addresses)	110
5.2.3 可变长度的子网(Variable-Length Subnets)	111
5.3 地址分配(ADDRESS ALLOCATION)	113
5.4 重要术语(KEY TERMS)	114
5.5 本章小结(SUMMARY)	115
5.6 实践安排(PRACTICE SET)	115
5.6.1 习题(Exercises)	115
5.6.2 研究活动(Research Activities)	116
第6章 IP分组的交付、转发和路由选择(Delivery, Forwarding, and Routing of IP Packets)	117
6.1 交付(DELIVERY)	117
6.1.1 连接类型(Connection Types)	117
6.1.2 直接交付与间接交付(Direct Versus Indirect Delivery)	118
6.2 转发(FORWARDING)	119
6.2.1 转发技术(Forwarding Techniques)	119
6.2.2 分类编址的转发(Forwarding with Classful Addressing)	121
6.2.3 无分类编址的转发(Forwarding with Classless Addressing)	125
6.2.4 组合(Combination)	131
6.3 路由选择(ROUTING)	132
6.3.1 静态和动态路由选择(Static Versus Dynamic Routing Tables)	132
6.3.2 路由表(Routing Table)	132
6.4 路由器的结构(STRUCTURE OF A ROUTER)	134
6.5 重要术语(KEY TERMS)	137
6.6 本章小结(SUMMARY)	138
6.7 实践安排(PRACTICE SET)	139
6.7.1 习题(Exercises)	139
6.7.2 研究活动(Research Activities)	140
第7章 ARP和RARP(ARP and RARP)	141
7.1 ARP	142
7.1.1 分组格式(Packet Format)	143
7.1.2 封装(Encapsulation)	144
7.1.3 操作(Operation)	144
7.1.4 ATM上的ARP(ARP over ATM)	147
7.1.5 代理ARP(Proxy ARP)	147
7.2 ARP软件包(ARP PACKAGE)	147
7.2.1 高速缓存表(Cache Table)	148

7.2.2	队列(Queues).....	149
7.2.3	输出模块(Output Module).....	149
7.2.4	输入模块(Input Module).....	150
7.2.5	高速缓存控制模块(Cache-Control Module).....	150
7.2.6	举例(More Examples).....	151
7.3	RARP.....	153
7.3.1	分组格式(Packet Format).....	154
7.3.2	封装(Encapsulation).....	154
7.3.3	RARP 服务器(RARP Server).....	155
7.3.4	RARP 的另一种解决方法(Alternative Solutions to RARP).....	155
7.4	重要术语(KEY TERMS).....	155
7.5	本章小结(SUMMARY).....	156
7.6	实践安排(PRACTICE SET).....	156
7.6.1	习题(Exercises).....	156
7.6.2	研究活动(Research Activities).....	157
第 8 章	网际协议(Internet Protocol(IP)).....	159
8.1	数据报(DATAGRAM).....	160
8.2	分片(FRAGMENTATION).....	165
8.2.1	最大传送单元(Maximum Transfer Unit(MTU)).....	165
8.2.2	与分片有关的字段(Fields Related to Fragmentation).....	166
8.3	选项(OPTIONS).....	169
8.3.1	格式(Format).....	169
8.3.2	选项类型(Option Types).....	170
8.4	检验和(CHECKSUM).....	177
8.4.1	在发送端计算检验和(Checksum Calculation at the Sender).....	177
8.4.2	在接收端计算检验和(Checksum Calculation at the Receiver).....	177
8.4.3	IP 分组中的检验和(Checksum in the IP Packet).....	178
8.5	IP 软件包(IP PACKAGE).....	179
8.5.1	首部添加模块(Header-Adding Module).....	180
8.5.2	处理模块(Processing Module).....	180
8.5.3	队列(Queues).....	181
8.5.4	路由表(Routing Table).....	181
8.5.5	转发模块(Forwarding Module).....	181
8.5.6	MTU 表(MTU Table).....	181
8.5.7	分片模块(Fragmentation Module).....	182
8.5.8	重装表(Reassembly Table).....	182
8.5.9	重装模块(Reassembly Module).....	183
8.6	重要术语(KEY TERMS).....	184
8.7	本章小结(SUMMARY).....	185
8.8	实践安排(PRACTICE SET).....	185
8.8.1	习题(Exercises).....	185
8.8.2	研究活动(Research Activities).....	186

第9章	网际控制报文协议(Internet Control Message Protocol(ICMP))	187
9.1	报文类型(TYPES OF MESSAGES)	188
9.2	报文格式(MESSAGE FORMAT)	188
9.3	差错报告(ERROR REPORTING)	189
9.3.1	终点不可达(Destination Unreachable)	190
9.3.2	源点抑制(Source Quench)	191
9.3.3	超时(Time Exceeded)	193
9.3.4	参数问题(Parameter Problem)	193
9.3.5	改变路由(Redirection)	194
9.4	查询(QUERY)	195
9.4.1	回送请求和回答(Echo Request and Reply)	195
9.4.2	时间戳请求和回答(Timestamp Request and Reply)	196
9.4.3	地址掩码请求和回答(Address-Mask Request and Reply)	198
9.4.4	路由器询问和通告(Router Solicitation and Advertisement)	199
9.5	检验和(CHECKSUM)	200
9.5.1	检验和的计算(Checksum Calculation)	200
9.5.2	检验和的测试(Checksum Testing)	200
9.6	排错工具(DEBUGGING TOOLS)	200
9.6.1	Ping	201
9.6.2	Traceroute	202
9.7	ICMP 软件包(ICMP PACKAGE)	205
9.7.1	输入模块(Input Module)	205
9.7.2	输出模块(Output Module)	206
9.8	重要术语(KEY TERMS)	207
9.9	本章小结(SUMMARY)	207
9.10	实践安排(PRACTICE SET)	208
9.10.1	习题(Exercises)	208
9.10.2	研究活动(Research Activities)	209
第10章	网际组管理协议(Internet Group Management Protocol(IGMP))	211
10.1	组管理(GROUP MANAGEMENT)	211
10.2	IGMP 报文(IGMP MESSAGES)	212
10.3	IGMP 的操作(IGMP OPERATION)	213
10.3.1	加入一个组(Joining a Group)	213
10.3.2	退出一个组(Leaving a Group)	214
10.3.3	监视成员关系(Monitoring Membership)	214
10.4	封装(ENCAPSULATION)	216
10.4.1	IP 层(IP Layer)	217
10.4.2	数据链路层(Data Link Layer)	218
10.4.3	netstat 实用程序(Netstat Utility)	219
10.5	IGMP 软件包(IGMP PACKAGE)	220
10.5.1	组表(Group Table)	220
10.5.2	计时器(Timers)	221
10.5.3	组加入模块(Group-Joining Module)	221

10.5.4	组退出模块(Group-Leaving Module)	221
10.5.5	输入模块(Input Module)	222
10.5.6	输出模块(Output Module)	223
10.6	重要术语(KEY TERMS)	223
10.7	本章小结(SUMMARY)	224
10.8	实践安排(PRACTICE SET)	224
10.8.1	习题(Exercises)	224
10.8.2	研究活动(Research Activities)	226
第 11 章	用户数据报协议(User Datagram Protocol(UDP))	227
11.1	进程到进程的通信(PROCESS-TO-PROCESS COMMUNICATION)	228
11.1.1	端口号(Port Numbers)	228
11.1.2	套接字地址(Socket Addresses)	231
11.2	用户数据报(USER DATAGRAM)	232
11.3	检验和(CHECKSUM)	233
11.3.1	在发送端的检验和计算(Checksum Calculation at Sender)	233
11.3.2	在接收端的检验和计算(Checksum Calculation at Receiver)	234
11.3.3	举例(An Example)	234
11.3.4	检验和的可选使用(Optional Use of the Checksum)	234
11.4	UDP 的操作(UDP OPERATION)	235
11.4.1	无连接服务(Connectionless Services)	235
11.4.2	流量控制和差错控制(Flow and Error Control)	235
11.4.3	封装和拆装(Encapsulation and Decapsulation)	235
11.4.4	排队(Queuing)	236
11.4.5	复用和分用(Multiplexing and Demultiplexing)	237
11.5	UDP 的使用(USE OF UDP)	238
11.6	UDP 软件包(UDP PACKAGE)	238
11.6.1	控制块表(Control-Block Table)	239
11.6.2	输入队列(Input Queues)	239
11.6.3	控制块模块(Control-Block Module)	239
11.6.4	输入模块(Input Module)	240
11.6.5	输出模块(Output Module)	240
11.6.6	举例(Examples)	240
11.7	重要术语(KEY TERMS)	241
11.8	本章小结(SUMMARY)	242
11.9	实践安排(PRACTICE SET)	243
11.9.1	习题(Exercises)	243
11.9.2	研究活动(Research Activities)	244
第 12 章	传输控制协议(Transmission Control Protocol(TCP))	245
12.1	TCP 的服务(TCP SERVICES)	245
12.1.1	进程到进程的通信(Process-to-Process Communication)	246
12.1.2	流交付服务(Stream Delivery Service)	246
12.1.3	全双工通信(Full-Duplex Communication)	248

12.1.4	面向连接的服务(Connection-Oriented Service)	248
12.1.5	可靠的服务(Reliable Service)	249
12.2	TCP 的特点(TCP FEATURES)	249
12.2.1	编号系统(Numbering System)	249
12.2.2	流量控制(Flow Control)	250
12.2.3	差错控制(Error Control)	251
12.2.4	拥塞控制(Congestion Control)	251
12.3	报文段(SEGMENT)	251
12.3.1	格式(Format)	251
12.3.2	封装(Encapsulation)	253
12.4	A TCP 连接(TCP CONNECTION)	253
12.4.1	连接建立(Connection Establishment)	254
12.4.2	数据传送(Data Transfer)	256
12.4.3	连接终止(Connection Termination)	257
12.4.4	连接复位(Connection Reset)	259
12.5	状态转换图(STATE TRANSITION DIAGRAM)	260
12.6	流量控制(FLOW CONTROL)	266
12.6.1	滑动窗口协议(Sliding Window Protocol)	266
12.6.2	糊涂窗口综合症(Silly Window Syndrome)	269
12.7	差错控制(ERROR CONTROL)	271
12.7.1	检验和(Checksum)	271
12.7.2	确认(Acknowledgment)	271
12.7.3	确认类型(Acknowledgment Type)	272
12.7.4	重传(Retransmission)	273
12.7.5	失序的报文段(Out-of-Order Segments)	273
12.7.6	一些情况(Some Scenarios)	274
12.8	拥塞控制(CONGESTION CONTROL)	278
12.8.1	网络性能(Network Performance)	278
12.8.2	拥塞控制机制(Congestion Control Mechanisms)	279
12.8.3	TCP 中的拥塞控制(Congestion Control in TCP)	280
12.9	TCP 的计时器(TCP TIMERS)	284
12.9.1	重传计时器(Retransmission Timer)	284
12.9.2	持久计时器(Persistence Timer)	287
12.9.3	保活计时器(Keepalive Timer)	288
12.9.4	TIME-WAIT 计时器(TIME-WAIT Timer)	288
12.10	选项(OPTIONS)	288
12.11	TCP 软件包(TCP PACKAGE)	295
12.11.1	传输控制块(Transmission Control Blocks(TCBs))	295
12.11.2	计时器(Timers)	296
12.11.3	主模块(Main Module)	296
12.11.4	输入处理模块(Input Processing Module)	299
12.11.5	输出处理模块(Output Processing Module)	299
12.12	重要术语(KEY TERMS)	300
12.13	本章小结(SUMMARY)	301

12.14	实践安排(PRACTICE SET)	302
12.14.1	习题(Exercises)	302
12.14.2	研究活动(Research Activities)	304
第 13 章	流控制传输协议(Stream Control Transmission Protocol(SCTP))	305
13.1	SCTP 的服务(SCTP SERVICES)	306
13.1.1	进程到进程的通信(Process-to-Process Communication)	306
13.1.2	多重流(Multiple Streams)	306
13.1.3	连接多个网络(Multihoming)	307
13.1.4	全双工通信(Full-Duplex Communication)	308
13.1.5	面向连接的服务(Connection-Oriented Service)	308
13.1.6	可靠的服务(Reliable Service)	308
13.2	SCTP 的特点(SCTP FEATURES)	308
13.2.1	传输序号(Transmission Sequence Number(TSN))	308
13.2.2	流标识符(Stream Identifier(SI))	308
13.2.3	流序号(Stream Sequence Number(SSN))	309
13.2.4	分组(Packets)	309
13.2.5	确认号(Acknowledgment Number)	311
13.2.6	流量控制(Flow Control)	311
13.2.7	差错控制(Error Control)	311
13.2.8	拥塞控制(Congestion Control)	311
13.3	分组格式(PACKET FORMAT)	311
13.3.1	通用首部(General Header)	312
13.3.2	块(Chunks)	312
13.4	SCTP 关联(AN SCTP ASSOCIATION)	320
13.4.1	关联建立(Association Establishment)	320
13.4.2	数据传送(Data Transfer)	322
13.4.3	关联终止(Association Termination)	324
13.4.4	关联异常终止(Association Abortion)	325
13.5	状态转换图(STATE TRANSITION DIAGRAM)	325
13.5.1	几种情况(Scenarios)	326
13.5.2	其他情况(Other Scenarios)	329
13.6	流量控制(FLOW CONTROL)	329
13.6.1	接收端(Receiver Site)	330
13.6.2	发送端(Sender Site)	330
13.6.3	一种情况(A Scenario)	331
13.7	差错控制(ERROR CONTROL)	332
13.7.1	接收端(Receiver Site)	332
13.7.2	发送端(Sender Site)	333
13.7.3	发送数据块(Sending Data Chunks)	334
13.7.4	生成 SACK 块(Generating SACK Chunks)	335
13.8	拥塞控制(CONGESTION CONTROL)	335
13.8.1	拥塞控制和多归属(Congestion Control and Multihoming)	335
13.8.2	显式拥塞通知(Explicit Congestion Notification)	335

13.9	重要术语(KEY TERMS)	336
13.10	本章小结(SUMMARY)	337
13.11	实践安排(PRACTICE SET)	337
13.11.1	习题(Exercises)	337
13.11.2	研究活动(Research Activities)	339
第 14 章	单播路由选择协议(RIP、OSPF 和 BGP)(Unicast Routing Protocols (RIP, OSPF, and BGP))	341
14.1	内部和外部路由选择(INTRA- AND INTERDOMAIN ROUTING)	341
14.2	距离向量路由选择(DISTANCE VECTOR ROUTING)	342
14.2.1	初始化(Initialization)	343
14.2.2	共享(Sharing)	343
14.2.3	更新(Updating)	344
14.2.4	什么时候共享(When to Share)	345
14.2.5	二结点循环的不稳定性(Two-Node Loop Instability)	345
14.2.6	三结点的不稳定性(Three-Node Instability)	346
14.3	RIP	347
14.3.1	RIP 的报文格式(RIP Message Format)	349
14.3.2	请求和响应(Requests and Responses)	349
14.3.3	RIP 的计时器(Timers in RIP)	350
14.3.4	RIP 版本 2(RIP Version 2)	351
14.3.5	封装(Encapsulation)	353
14.4	链路状态路由选择(LINK STATE ROUTING)	353
14.5	OSPF	357
14.5.1	区域(Areas)	357
14.5.2	度量(Metric)	358
14.5.3	链路的类型(Types of Links)	358
14.5.4	图形表示法(Graphical Representation)	360
14.5.5	OSPF 分组(OSPF Packets)	360
14.5.6	链路状态更新分组(Link State Update Packet)	361
14.5.7	其他分组(Other Packets)	369
14.5.8	封装(Encapsulation)	371
14.6	路径向量路由选择(PATH VECTOR ROUTING)	371
14.6.1	初始化(Initialization)	371
14.6.2	共享(Sharing)	372
14.6.3	更新(Updating)	372
14.7	BGP	373
14.7.1	自治系统的类型(Types of Autonomous Systems)	373
14.7.2	路径属性(Path Attributes)	374
14.7.3	BGP 会话(BGP Sessions)	374
14.7.4	外部 BGP 和内部 BGP (External and Internal BGP)	375
14.7.5	分组的类型(Types of Packets)	375
14.7.6	分组格式(Packet Format)	375
14.7.7	封装(Encapsulation)	379

14.8	重要术语(KEY TERMS)	379
14.9	本章小结(SUMMARY)	380
14.10	实践安排(PRACTICE SET)	381
14.10.1	习题(Exercises)	381
14.10.2	研究活动(Research Activities)	383
第 15 章	多播和多播路由选择协议(Multicasting and Multicast Routing Protocols)	385
15.1	单播、多播和广播(UNICAST, MULTICAST, AND BROADCAST)	385
15.1.1	单播(Unicasting)	385
15.1.2	多播(Multicasting)	386
15.1.3	广播(Broadcasting)	386
15.1.4	多播和多个单播的比较(Multicasting versus Multiple Unicasting)	386
15.2	多播应用(MULTICAST APPLICATIONS)	387
15.2.1	访问分布式数据库(Access to Distributed Databases)	388
15.2.2	信息传播(Information Dissemination)	388
15.2.3	传播新闻(Dissemination of News)	388
15.2.4	电视会议(Teleconferencing)	388
15.2.5	远程学习(Distance Learning)	388
15.3	多播路由选择(MULTICAST ROUTING)	388
15.3.1	最佳路由选择: 最短路径树(Optimal Routing: Shortest Path Trees)	388
15.3.2	路由选择协议(Routing Protocols)	391
15.4	多播链路状态路由选择: MOSPF(MULTICAST LINK STATE ROUTING: MOSPF)	391
15.4.1	多播链路状态路由选择(Multicast Link State Routing)	391
15.4.2	MOSPF	392
15.5	多播距离向量路由选择(MULTICAST DISTANCE VECTOR: DVMRP)	392
15.5.1	多播距离向量路由选择(Multicast Distance Vector Routing)	392
15.5.2	DVMRP	396
15.6	CBT	396
15.6.1	树的形成(Formation of the Tree)	396
15.6.2	发送多播分组(Sending Multicast Packets)	396
15.6.3	选择汇集路由器(Selecting the Rendezvous Router)	397
15.6.4	小结(Summary)	397
15.7	PIM	397
15.7.1	PIM-DM	398
15.7.2	PIM-SM	398
15.8	MBONE	398
15.9	重要术语(KEY TERMS)	399
15.10	本章小结(SUMMARY)	400
15.11	实践安排(PRACTICE SET)	401
15.11.1	习题(Exercises)	401
15.11.2	研究活动(Research Activities)	401