

Mc
Graw
Hill Education

世界著名计算机教材精选

TCP/IP 协议族

(第3版)

Behrouz A. Forouzan 著
Sophia Chung Fegan

谢希仁 等 译



TCP/IP SUITE

Third Edition



清华大学出版社

世界著名计算机教材精选

TCP/IP 协议族

(第3版)

Behrouz A. Forouzan

Sophia Chung Fegan

著

谢希仁 等译

清华大学出版社
北京

Behrouz A. Forouzan, Sophia Chung Fegan

TCP/IP Suite , Third Edition

EISBN: 0-07-296772-2

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.

Simplified Chinese translation edition is published and distributed exclusively by Tsinghua University Press under the authorization by McGraw-Hill Education (Asia) Co., within the territory of the People's Republic of China only, 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.

本书中文简体字翻译版由美国麦格劳-希尔教育出版(亚洲)公司授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾)独家出版发行。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 01-2005-5114

版权所有,翻印必究。举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

TCP/IP 协议族(第3版)/(美)福罗赞(Forouzan, B. A.)著;谢希仁等译. —北京:清华大学出版社, 2006.5

(世界著名计算机教材精选)

ISBN 7-302-12753-0

I. T… II. ①福… ②谢… III. 计算机网络-通信协议-教材 IV. TN915.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 025522 号

出版者: 清华大学出版社

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

社总机: 010-6277 0175

地址: 北京清华大学学研大厦

邮编: 100084

客户服务: 010-6277 6969

印刷者: 清华大学印刷厂

装订者: 北京市密云县京文制本装订厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开本: 185×260 印张: 45 字数: 1121 千字

版次: 2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-302-12753-0/TP·8129

印数: 1~3000

定价: 98.00 元

序 言

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和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，但在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。

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 章完全是新的。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 Kame 在生产方面, David Hash 在设计方面以及 George Watson 对原稿编辑的贡献。

商标介绍

在本书中我们使用了许多的商标。我们在每一次提到商标名字时没有插入一个商标符号,因此我们感谢这些商标,并且声明我们没有对它们进行侵权的意图。其他的产品名称、商标、注册商标等也都是其拥有者的财产。

- ❑ Apple、AppleTalk、EtherTalk、LocalTalk、TokenTalk 以及 Macintosh 是苹果计算机公司的注册商标。
- ❑ Bell 和 StarLan 是 AT&T 的注册商标。
- ❑ DEC、DECnet、VAX 以及 DNA 是数字设备公司的注册商标。
- ❑ IBM、SDLC、SNA 以及 IBM PC 是国际商用机器公司的注册商标。
- ❑ Novell、NetWare、IPX 以及 SPX 是诺威公司的注册商标。
- ❑ Network File System 和 NFS 是 Sun Microsystems 公司的注册商标。
- ❑ PostScript 是 Adobe 系统公司的注册商标。
- ❑ UNIX 是 UNIX 系统实验室公司 (是诺威公司完全拥有的子公司) 的注册商标。
- ❑ Xerox 是商标, 而 Ethernet 是 Xerox 公司的注册商标。

目 录

第 1 章 引言	1	1.8 实践安排	13
1.1 简要的历史	1	1.8.1 习题	13
1.1.1 ARPANET	1	1.8.2 研究活动	14
1.1.2 因特网的诞生	2	第 2 章 OSI 模型和 TCP/IP 协议族	15
1.1.3 传输控制协议/网际互连 协议 (TCP/IP)	2	2.1 OSI 模型	15
1.1.4 MILNET	2	2.1.1 层次体系结构	15
1.1.5 CSNET	2	2.1.2 对等进程	16
1.1.6 NFSNET	3	2.1.3 层间的接口	16
1.1.7 ANSNET	3	2.1.4 各层的组织	17
1.1.8 今日的因特网	3	2.1.5 封装	17
1.1.9 国际 ISP	3	2.2 OSI 模型中的层次	18
1.1.10 国家 ISP	3	2.2.1 物理层	18
1.1.11 地区 ISP	4	2.2.2 数据链路层	19
1.1.12 本地 ISP	4	2.2.3 网络层	19
1.1.13 大事记	5	2.2.4 运输层	21
1.1.14 因特网的增长	5	2.2.5 会话层	22
1.2 协议和标准	5	2.2.6 表示层	23
1.2.1 协议	5	2.2.7 应用层	24
1.2.2 标准	6	2.2.8 各层的小结	24
1.3 标准化组织	6	2.3 TCP/IP 协议族	25
1.3.1 标准创建委员会	6	2.3.1 物理层和数据链路层	26
1.3.2 论坛	7	2.3.2 网络层	26
1.3.3 管理机构	8	2.3.3 网际互连协议 (IP)	26
1.4 因特网标准	8	2.3.4 运输层	27
1.4.1 成熟等级	8	2.3.5 应用层	27
1.4.2 需求等级	9	2.4 编址	28
1.5 因特网的管理机构	10	2.4.1 物理地址	28
1.5.1 因特网协会 (ISOC)	10	2.4.2 逻辑地址	29
1.5.2 因特网体系结构研究 委员会 (IAB)	10	2.4.3 端口地址	30
1.5.3 因特网工程部 (IETF)	11	2.5 IP 的版本	31
1.5.4 因特网研究部 (IRTF)	11	2.5.1 版本 4	32
1.5.5 因特网赋号管理局和因特网 名字与号码指派公司	11	2.5.2 版本 5	32
1.5.6 网络信息中心 (NIC)	11	2.5.3 版本 6	32
1.6 重要术语	12	2.6 重要术语	32
1.7 本章小结	12	2.7 本章小结	33
		2.8 实践安排	34
		2.8.1 习题	34
		2.8.2 研究活动	35

第 3 章 底层的技术	36	4.3.6 互联网举例.....	85
3.1 局域网 (LAN)	36	4.4 划分子网和构造超网	85
3.1.1 有线局域网: 以太网	37	4.4.1 划分子网.....	86
3.1.2 传统以太网 (10 Mbps)	37	4.4.2 构成超网.....	89
3.1.3 快速以太网	39	4.5 重要术语.....	91
3.1.4 吉比特以太网.....	41	4.6 本章小结.....	91
3.1.5 无线局域网: IEEE 802.11.....	41	4.7 实践安排.....	92
3.2 点对点广域网	45	4.7.1 习题.....	92
3.2.1 物理层.....	45	4.7.2 研究活动.....	95
3.2.2 数据链路层.....	50	第 5 章 IP 地址: 无分类编址	96
3.3 交换广域网	52	5.1 可变长度地址块.....	96
3.3.1 X.25.....	52	5.1.1 限制.....	96
3.3.2 帧中继.....	52	5.1.2 寻找地址块.....	99
3.3.3 ATM	54	5.1.3 分配到的地址块.....	102
3.4 连接设备.....	57	5.2 划分子网.....	102
3.4.1 转发器.....	57	5.2.1 找出子网掩码.....	102
3.4.2 网桥.....	59	5.2.2 找出子网地址.....	103
3.4.3 两层交换机.....	61	5.2.3 可变长度的子网.....	104
3.4.4 路由器.....	61	5.3 地址分配.....	106
3.4.5 三层交换机.....	62	5.4 重要术语.....	107
3.5 重要术语.....	62	5.5 本章小结.....	107
3.6 本章小结.....	64	5.6 实践安排.....	108
3.7 实践安排.....	65	5.6.1 习题.....	108
3.7.1 习题.....	65	5.6.2 研究活动.....	109
3.7.2 研究活动.....	66	第 6 章 IP 分组的交付、转发和路由选择	110
第 4 章 IP 地址: 分类编址	67	6.1 交付.....	110
4.1 引言.....	67	6.1.1 连接类型.....	110
4.1.1 地址空间.....	67	6.1.2 直接交付与间接交付.....	111
4.1.2 记法.....	68	6.2 转发.....	112
4.2 分类编址.....	69	6.2.1 转发技术.....	112
4.2.1 辨认类别.....	70	6.2.2 分类编址的转发.....	114
4.2.2 Net-id 和 Host-id.....	72	6.2.3 无分类编址的转发.....	118
4.2.3 地址类和地址块.....	73	6.2.4 组合.....	124
4.2.4 网络地址.....	76	6.3 路由选择.....	124
4.2.5 足够的信息.....	76	静态和动态路由选择.....	124
4.2.6 掩码.....	77	6.4 路由器的结构.....	127
4.2.7 CIDR 记法.....	79	构件.....	127
4.2.8 地址耗尽.....	79	6.5 重要术语.....	129
4.3 其他问题.....	79	6.6 本章小结.....	130
4.3.1 连接多个网络的设备.....	79	6.7 实践安排.....	131
4.3.2 是位置而不是名字.....	80	6.7.1 习题.....	131
4.3.3 特殊地址.....	80	6.7.2 研究活动.....	132
4.3.4 专用地址.....	83		
4.3.5 单播、多播和广播地址.....	83		

第 7 章 ARP 和 RARP	133	8.5.7 分片模块.....	171
7.1 ARP	134	8.5.8 重装表.....	172
7.1.1 分组格式.....	135	8.5.9 重装模块.....	172
7.1.2 封装.....	136	8.6 重要术语.....	173
7.1.3 操作.....	136	8.7 本章小结.....	174
7.1.4 ATM 上的 ARP.....	138	8.8 实践安排.....	175
7.1.5 代理 ARP.....	139	8.8.1 习题.....	175
7.2 ARP 软件包.....	139	8.8.2 研究活动.....	176
7.2.1 高速缓存表.....	139	第 9 章 网际控制报文协议 (ICMP)	177
7.2.2 队列.....	141	9.1 报文类型.....	178
7.2.3 输出模块.....	141	9.2 报文格式.....	178
7.2.4 输入模块.....	142	9.3 差错报告.....	179
7.2.5 高速缓存控制模块.....	142	9.3.1 终点不可达.....	180
7.2.6 举例.....	143	9.3.2 源点抑制.....	181
7.3 RARP.....	145	9.3.3 超时.....	182
7.3.1 分组格式.....	146	9.3.4 参数问题.....	183
7.3.2 封装.....	146	9.3.5 改变路由.....	184
7.3.3 RARP 服务器.....	147	9.4 查询.....	185
7.3.4 RARP 的另一种解决方法.....	147	9.4.1 回送请求和回答.....	185
7.4 重要术语.....	147	9.4.2 时间戳请求和回答.....	186
7.5 本章小结.....	147	9.4.3 地址掩码请求和回答.....	188
7.6 实践安排.....	148	9.4.4 路由器询问和通告.....	188
7.6.1 习题.....	148	9.5 检验和.....	189
7.6.2 研究活动.....	149	9.5.1 检验和的计算.....	189
第 8 章 网际协议 (IP)	150	9.5.2 检验和的测试.....	190
8.1 数据报.....	151	9.6 排错工具.....	190
8.2 分片.....	156	9.6.1 Ping.....	190
8.2.1 最大传送单元 (MTU)	156	9.6.2 Traceroute	192
8.2.2 与分片有关的字段.....	157	9.7 ICMP 软件包.....	195
8.3 选项.....	159	9.7.1 输入模块.....	195
8.3.1 格式.....	160	9.7.2 输出模块.....	196
8.3.2 选项类型.....	160	9.8 重要术语.....	197
8.4 检验和.....	167	9.9 本章小结.....	197
8.4.1 在发送端计算检验和.....	167	9.10 实践安排.....	198
8.4.2 在接收端计算检验和.....	167	9.10.1 习题.....	198
8.4.3 IP 分组中的检验和.....	168	9.10.2 研究活动.....	199
8.5 IP 软件包.....	169	第 10 章 网际组管理协议 (IGMP)	200
8.5.1 首部添加模块.....	170	10.1 组管理.....	200
8.5.2 处理模块.....	170	10.2 IGMP 报文.....	200
8.5.3 队列.....	170	10.2.1 报文格式.....	201
8.5.4 路由表.....	171	10.3 IGMP 的操作.....	201
8.5.5 转发模块.....	171	10.3.1 加入一个组.....	202
8.5.6 MTU 表.....	171		

10.3.2	退出一个组	203	11.8	本章小结	231
10.3.3	监视成员关系	203	11.9	实践安排	232
10.4	封装	205	11.9.1	习题	232
10.4.1	IP 层	206	11.9.2	研究活动	233
10.4.2	数据链路层	207			
10.4.3	netstat 实用程序	208	第 12 章 传输控制协议 (TCP)	234	
10.5	IGMP 软件包	209	12.1	TCP 的服务	234
10.5.1	组表	209	12.1.1	进程到进程的通信	235
10.5.2	计时器	210	12.1.2	流交付服务	235
10.5.3	组加入模块	210	12.1.3	全双工通信	237
10.5.4	组退出模块	210	12.1.4	面向连接的服务	237
10.5.5	输入模块	211	12.1.5	可靠的服务	238
10.5.6	输出模块	212	12.2	TCP 的特点	238
10.6	重要术语	212	12.2.1	编号系统	238
10.7	本章小结	212	12.2.2	流量控制	239
10.8	实践安排	213	12.2.3	差错控制	240
10.8.1	习题	213	12.2.4	拥塞控制	240
10.8.2	研究活动	215	12.3	报文段	240
			12.3.1	格式	240
第 11 章 用户数据报 (UDP)	216		12.3.2	封装	242
11.1	进程到进程的通信	217	12.4	TCP 连接	242
11.1.1	端口号	217	12.4.1	连接建立	243
11.1.2	套接字地址	220	12.4.2	数据传送	245
11.2	用户数据报	221	12.4.3	连接终止	246
11.3	检验和	222	12.4.4	连接复位	248
11.3.1	在发送端的检验和计算	222	12.5	状态转换图	249
11.3.2	在接收端的检验和计算	223	情况	250	
11.3.3	举例	223	12.6	流量控制	255
11.3.4	检验和的可选使用	224	12.6.1	滑动窗口协议	255
11.4	UDP 的操作	224	12.6.2	糊涂窗口综合症	259
11.4.1	无连接服务	224	12.7	差错控制	260
11.4.2	流量控制和差错控制	224	12.7.1	检验和	260
11.4.3	封装和拆装	224	12.7.2	确认	260
11.4.4	排队	225	12.7.3	确认类型	261
11.4.5	复用和分用	226	12.7.4	重传	262
11.5	UDP 的使用	227	12.7.5	失序的报文段	262
11.6	UDP 软件包	228	12.7.6	一些情况	263
11.6.1	控制块表	228	12.8	拥塞控制	266
11.6.2	输入队列	228	12.8.1	网络性能	267
11.6.3	控制块模块	228	12.8.2	拥塞控制机制	268
11.6.4	输入模块	229	12.8.3	TCP 中的拥塞控制	269
11.6.5	输出模块	229	12.9	TCP 的计时器	273
11.6.6	举例	230	12.9.1	重传计时器	273
11.7	重要术语	231	12.9.2	持久计时器	276

12.9.3	保活计时器	276	13.6.1	接收端	319
12.9.4	TIME-WAIT 计时器	277	13.6.2	发送端	319
12.10	选项	277	13.6.3	一种情况	320
12.11	TCP 软件包	283	13.7	差错控制	321
12.11.1	传输控制块 (TCB)	284	13.7.1	接收端	321
12.11.2	计时器	285	13.7.2	发送端	322
12.11.3	主模块	285	13.7.3	发送数据块	323
12.11.4	输入处理模块	288	13.7.4	生成 SACK 块	324
12.11.5	输出处理模块	288	13.8	拥塞控制	324
12.12	重要术语	288	13.8.1	拥塞控制和多归属	324
12.13	本章小结	289	13.8.2	显式拥塞通知	324
12.14	实践安排	290	13.9	重要术语	325
12.14.1	习题	290	13.10	本章小结	325
12.14.2	研究活动	293	13.11	实践安排	326
			13.11.1	习题	326
			13.11.2	研究活动	328
第 13 章	流控制传输协议 (SCTP)	294	第 14 章	单播路由选择协议 (RIP、OSPF 和 BGP)	329
13.1	SCTP 的服务	295	14.1	内部和外部路由选择	329
13.1.1	进程到进程的通信	295	14.2	距离向量路由选择	330
13.1.2	多重流	295	14.2.1	初始化	331
13.1.3	连接多个网络	296	14.2.2	共享	331
13.1.4	全双工通信	296	14.2.3	更新	332
13.1.5	面向连接的服务	297	14.2.4	什么时候共享	333
13.1.6	可靠的服务	297	14.2.5	二结点循环的不稳定性	333
13.2	SCTP 的特点	297	14.2.6	三结点的不稳定性	335
13.2.1	传输序号(TSN)	297	14.3	RIP	335
13.2.2	流标识符(SI)	297	14.3.1	RIP 的报文格式	336
13.2.3	流序号(SSN)	298	14.3.2	请求和响应	337
13.2.4	分组	298	14.3.3	RIP 的计时器	338
13.2.5	确认号	300	14.3.4	RIP 版本 2	339
13.2.6	流量控制	300	14.3.5	封装	340
13.2.7	差错控制	300	14.4	链路状态路由选择	341
13.2.8	拥塞控制	300	构造路由表	342	
13.3	分组格式	300	14.5	OSPF	345
13.3.1	通用首部	301	14.5.1	区域	345
13.3.2	块	301	14.5.2	度量	346
13.4	SCTP 关联	308	14.5.3	链路的类型	346
13.4.1	关联建立	309	14.5.4	图形表示法	348
13.4.2	数据传送	311	14.5.5	OSPF 分组	348
13.4.3	关联终止	313	14.5.6	链路状态更新分组	349
13.4.4	关联异常终止	314	14.5.7	其他分组	356
13.5	状态转换图	314	14.5.8	封装	358
13.5.1	几种情况	315			
13.5.2	其他情况	318			
13.6	流量控制	319			

14.6 路径向量路由选择	359	15.6.4 小结	385
14.6.1 初始化	359	15.7 PIM	385
14.6.2 共享	359	15.7.1 PIM-DM	385
14.6.3 更新	360	15.7.2 PIM-SM	386
14.7 BGP	361	15.8 MBONE	386
14.7.1 自治系统的类型	361	15.9 重要术语	387
14.7.2 路径属性	362	15.10 本章小结	387
14.7.3 BGP 会话	362	15.11 实践安排	388
14.7.4 外部 BGP 和内部 BGP	363	15.11.1 习题	388
14.7.5 分组的类型	363	15.11.2 研究活动	389
14.7.6 分组格式	363	第 16 章 BOOTP 和 DHCP	390
14.7.7 封装	367	16.1 BOOTP	390
14.8 重要术语	367	16.1.1 操作	390
14.9 本章小结	368	16.1.2 分组格式	393
14.10 实践安排	369	16.2 DHCP	395
14.10.1 习题	369	16.2.1 静态地址分配	395
14.10.2 研究活动	370	16.2.2 动态地址分配	395
第 15 章 多播和多播路由选择协议	372	16.2.3 人工和自动配置	396
15.1 单播、多播和广播	372	16.2.4 分组格式	396
15.1.1 单播	372	16.2.5 转换状态	397
15.1.2 多播	372	16.2.6 交换报文	398
15.1.3 广播	373	16.3 重要术语	399
15.1.4 多播和多个单播的比较	373	16.4 本章小结	399
15.2 多播应用	374	16.5 实践安排	400
15.2.1 访问分布式数据库	375	16.5.1 习题	400
15.2.2 信息传播	375	16.5.2 研究活动	401
15.2.3 传播新闻	375	第 17 章 域名系统 (DNS)	402
15.2.4 电视会议	375	17.1 名字空间	402
15.2.5 远程学习	375	17.1.1 平面名字空间	402
15.3 多播路由选择	375	17.1.2 层次名字空间	403
15.3.1 最佳路由选择: 最短		17.2 域名空间	403
路径树	376	17.2.1 标号	403
15.3.2 路由选择协议	378	17.2.2 域名	404
15.4 多播链路状态路由选择: MOSPF	378	17.2.3 域	405
15.4.1 多播链路状态路由选择	378	17.3 域名空间的分布	405
15.4.2 MOSPF	379	17.3.1 名字服务器的层次结构	405
15.5 多播距离向量路由选择	379	17.3.2 区	406
15.5.1 多播距离向量路由选择	379	17.3.3 根服务器	406
15.5.2 DVMRP	383	17.3.4 主服务器和次服务器	406
15.6 CBT	383	17.4 因特网中的 DNS	407
15.6.1 树的形成	383	17.4.1 类属域	407
15.6.2 发送多播分组	384	17.4.2 国家域	408
15.6.3 选择汇集路由器	385		

17.4.3 反向域	408	18.11.3 行方式	435
17.4.4 注册机构	409	18.12 用户接口	436
17.5 解析	409	18.13 安全问题	437
17.5.1 解析程序	410	18.14 重要术语	437
17.5.2 名字到地址的映射	410	18.15 本章小结	437
17.5.3 地址到名字的映射	410	18.16 实践安排	438
17.5.4 递归解析	410	18.16.1 习题	438
17.5.5 迭代解析	411	18.16.2 研究活动	439
17.5.6 高速缓存	411		
17.6 DNS 报文	412	第 19 章 文件传送协议: FTP 和 TFTP	440
首部	412	19.1 文件传送协议 (FTP)	440
17.7 记录的类型	414	19.1.1 连接	441
17.7.1 问题记录	414	19.1.2 通信	442
17.7.2 资源记录	415	19.1.3 命令处理	444
17.8 压缩	416	19.1.4 文件传送	448
17.9 DDNS	420	19.1.5 匿名 FTP	451
17.10 封装	420	19.2 简单文件传送协议 (TFTP)	452
17.11 重要术语	420	19.2.1 报文	452
17.12 本章小结	421	19.2.2 连接	454
17.13 实践安排	422	19.2.3 数据传送	455
17.13.1 习题	422	19.2.4 UDP 端口	457
17.13.2 研究活动	423	19.2.5 TFTP 举例	457
		19.2.6 TFTP 选项	458
第 18 章 远程登录: TELNET	424	19.2.7 安全性	458
18.1 概念	424	19.2.8 应用	459
18.1.1 分时的环境	424	19.3 重要术语	459
18.1.2 登录	424	19.4 本章小结	459
18.2 网络虚拟终端(NVT)	426	19.5 实践安排	461
18.3 NVT 字符集	426	19.5.1 习题	461
18.3.1 数据字符	426	19.5.2 研究活动	462
18.3.2 远程控制字符	427		
18.4 嵌入	427	第 20 章 电子邮件: SMTP、POP 和 IMAP	463
18.5 选项	428	20.1 体系结构	463
18.6 选项协商	429	20.1.1 第一种情况	463
18.6.1 允许选项	429	20.1.2 第二种情况	464
18.6.2 禁止选项	430	20.1.3 第三种情况	464
18.6.3 对称	431	20.1.4 第四种情况	465
18.7 子选项协商	431	20.2 用户代理	466
18.8 对服务器进行控制	432	20.2.1 用户代理提供的服务	467
18.9 带外信令	433	20.2.2 用户代理类型	468
18.10 转义字符	434	20.2.3 发送邮件	468
18.11 操作方式	434	20.2.4 接收邮件	469
18.11.1 默认方式	434	20.2.5 地址	469
18.11.2 字符方式	435	20.2.6 发件清单	470

20.2.7	MIME	470	22.1.2	服务器	508
20.3	报文传送代理: SMTP	475	22.1.3	统一资源定位符 (URL)	508
20.3.1	命令和响应	476	22.1.4	Cookies	509
20.3.2	邮件传送阶段	479	22.2	万维网文档	510
20.4	报文读取代理: POP 和 IMAP	482	22.2.1	静态文档	510
20.4.1	POP3	482	22.2.2	动态文档	512
20.4.2	IMAP4	483	22.2.3	活动文档	514
20.5	基于万维网的邮件	484	22.3	HTTP	515
20.6	重要术语	484	22.3.1	HTTP 事务	515
20.7	本章小结	484	22.3.2	持久和非持久连接	521
20.8	实践安排	485	22.3.3	代理服务器	521
20.8.1	习题	485	22.4	重要术语	522
20.8.2	研究活动	486	22.5	本章小结	522
第 21 章	简单网络管理协议 (SNMP)	487	22.6	实践安排	523
21.1	概念	487	22.6.1	习题	523
	管理器和代理	487	22.6.2	研究活动	524
21.2	管理构件	488	第 23 章	在 ATM 上运行 IP	525
21.2.1	SNMP 的作用	488	23.1	ATM 广域网	525
21.2.2	SMI 的作用	488		层次	525
21.2.3	MIB 的作用	489	23.2	用信元携带数据报	528
21.2.4	类比	489		为何使用 AAL5	529
21.2.5	概要	490	23.3	信元的转发	529
21.3	SMI	490	23.3.1	地址	529
21.3.1	名字	491	23.3.2	地址绑定	530
21.3.2	类型	492	23.4	ATMARP	530
21.3.3	编码方法	493	23.4.1	分组格式	530
21.4	MIB	495	23.4.2	ATMARP 的操作	532
21.4.1	访问 MIB 变量	496	23.5	逻辑 IP 子网	534
21.4.2	字典式排序	498	23.6	重要术语	535
21.5	SNMP	498	23.7	本章小结	535
21.5.1	PDU	499	23.8	实践安排	536
21.5.2	格式	500	23.8.1	习题	536
21.6	报文	501	23.8.2	研究活动	537
21.7	UDP 端口	503	第 24 章	移动 IP	538
21.8	安全	504	24.1	编址	538
21.9	重要术语	504	24.1.1	固定主机	538
21.10	本章小结	504	24.1.2	移动主机	538
21.11	实践安排	505	24.2	代理	539
21.11.1	习题	505	24.2.1	归属代理	540
21.11.2	研究活动	506	24.2.2	外地代理	540
第 22 章	万维网: HTTP	507	24.3	三个阶段	540
22.1	体系结构	507	24.3.1	代理发现	541
22.1.1	客户 (浏览器)	507	24.3.2	登记	542

24.3.3	数据传送	544	25.11.1	习题	570
24.4	移动 IP 的低效率	545	25.11.2	研究活动	570
24.4.1	两次穿越	545			
24.4.2	三角形路由选择	546	第 26 章	专用网、虚拟专用网和网络	
24.4.3	解决方法	546		地址转换	571
24.5	重要术语	546	26.1	专用网	571
24.6	本章小结	547	26.1.1	内联网	571
24.7	实践安排	547	26.1.2	外联网	571
24.7.1	习题	547	26.1.3	编址	571
24.7.2	研究活动	548	26.2	虚拟专用网	572
第 25 章	多媒体	549	26.2.1	实现保密	572
25.1	数字化音频和视频	550	26.2.2	VPN 技术	574
25.1.1	数字化音频	550	26.3	网络地址转换 (NAT)	575
25.1.2	数字化视频	550	26.3.1	地址转换	575
25.2	音频和视频压缩	550	26.3.2	转换表	576
25.2.1	音频压缩	551	26.3.3	NAT 和 ISP	577
25.2.2	视频压缩	551	26.4	重要术语	578
25.3	流式存储音频/视频	554	26.5	本章小结	578
25.3.1	第一种方法: 使用万维网 服务器	555	26.6	实践安排	579
25.3.2	第二种方法: 使用具有元 文件的万维网服务器	555	26.6.1	习题	579
25.3.3	第三种方法: 使用媒体 服务器	555	26.6.2	研究活动	579
25.3.4	第四种方法: 使用媒体 服务器和 RTSP	556	第 27 章	下一代: IPv6 和 ICMPv6	580
25.4	流式直播音频/视频	557	27.1	IPv6	580
25.5	实时交互式音频/视频	557	27.1.1	IPv6 的地址	581
25.6	RTP	561	27.1.2	地址空间指派	582
25.6.1	RTP 分组格式	561	27.1.3	分组格式	586
25.6.2	UDP 端口	563	27.1.4	IPv4 和 IPv6 的比较	595
25.7	RTCP	563	27.2	ICMPv6	595
25.7.1	发送方报告	563	27.2.1	差错报告	596
25.7.2	接收方报告	563	27.2.2	查询	598
25.7.3	源点描述报文	564	27.3	从 IPv4 过渡到 IPv6	602
25.7.4	再见报文	564	27.3.1	双协议栈	602
25.7.5	特定应用报文	564	27.3.2	隧道技术	602
25.7.6	UDP 端口	564	27.3.3	首部转换	603
25.8	IP 语音	564	27.4	重要术语	604
25.8.1	SIP	564	27.5	本章小结	605
25.8.2	H.323	567	27.6	实践安排	606
25.9	重要术语	568	27.6.1	习题	606
25.10	本章小结	569	27.6.2	研究活动	607
25.11	实践安排	570	第 28 章	网络安全	608
			28.1	密码学	608
			28.1.1	对称密钥密码学	609
			28.1.2	公钥密码学	612

28.1.3 比较	613	B.4.1 权重	651
28.2 保密	614	B.4.2 IP 地址到十进制	651
28.2.1 使用对称密钥密码学 的保密	614	B.4.3 十进制到 IP 地址	651
28.2.2 使用不对称密钥密码学 的保密	615	B.5 比较	652
28.3 电子签名	615	B.6 其他的转换	652
28.3.1 对整个文档签字	616	B.6.1 从二进制到十六进制	652
28.3.1 对摘要签名	616	B.6.2 从十六进制到二进制	652
28.4 实体鉴别	618	B.6.3 从基 256 到二进制	653
28.4.1 用对称密钥密码学进行 实体鉴别	618	B.6.4 从二进制到基 256	653
28.4.2 用公钥密码学进行 实体鉴别	620	附录 C 检验和	654
28.5 密钥管理	620	C.1 传统的	654
28.5.1 对称密钥分配	620	C.1.1 二进制的计算	654
28.5.2 公钥认证	626	C.1.2 十六进制的计算	654
28.5.3 Kerberos	627	C.1.3 十进制的计算	655
28.6 因特网的安全	630	C.2 FLETCHER	657
28.6.1 IP 层的安全: IPSec	630	C.2.1 八位 Fletcher	657
28.6.2 运输层安全	634	C.2.2 十六位 Fletcher	658
28.6.3 应用层的安全: PGP	636	C.3 ADLER	659
28.7 防火墙	637	附录 D 差错检测	661
28.7.1 分组过滤防火墙	637	D.1 差错的类型	661
28.7.2 代理防火墙	638	D.1.1 单个位差错	661
28.8 重要术语	639	D.1.2 突发差错	662
28.9 本章小结	640	D.2 检测	662
28.10 实践安排	641	D.2.1 冗余	662
28.10.1 习题	641	D.2.2 奇偶检验	663
28.10.2 研究活动	642	D.2.3 循环冗余检验(CRC)	665
附录 A ASCII 码	644	D.2.4 检验和	668
附录 B 数制	648	附录 E 802 项目	669
B.1 基 10: 十进制	648	E.1 802.1 项目	670
权重	648	E.2 802.2 项目	670
B.2 基 2: 二进制	648	E.2.1 LLC	670
B.2.1 权重	649	E.2.2 PDU	670
B.2.2 二进制到十进制	649	E.2.3 MAC	671
B.2.3 十进制到二进制	649	附录 F 联系地址	672
B.3 基 16: 十六进制	649	附录 G RFC	674
B.3.1 权重	650	附录 H UDP 和 TCP 端口	676
B.3.2 十六进制到十进制	650	词汇表	678
B.3.3 十进制到十六进制	650		
B.4 基 256: IP 地址	650		