



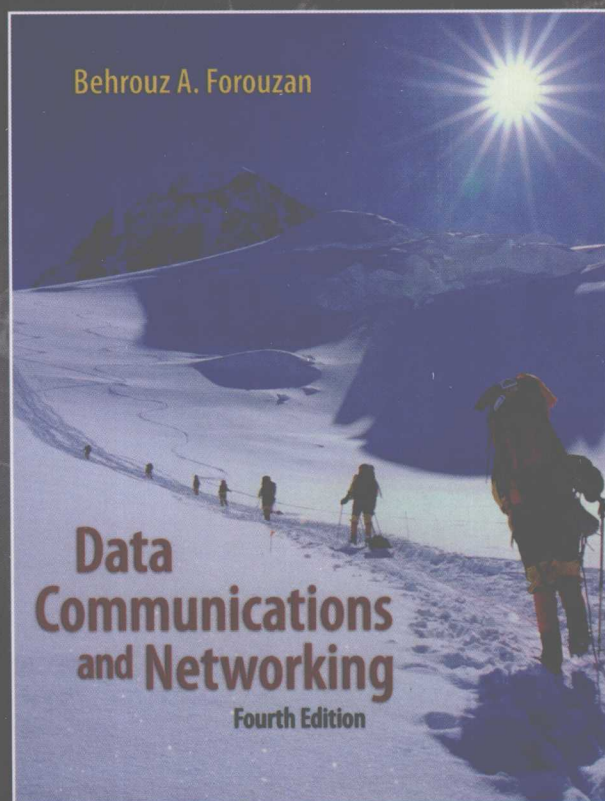
Mc
Graw
Hill

计 算 机 科 学 丛 书

原书第4版

数据通信与网络

(美) Behrouz A. Forouzan Sophia Chung Fegan 著 吴时霖 吴永辉 吴之艳 魏霖 译
迪安萨学院 复旦大学



Data Communications and Networking
Fourth Edition



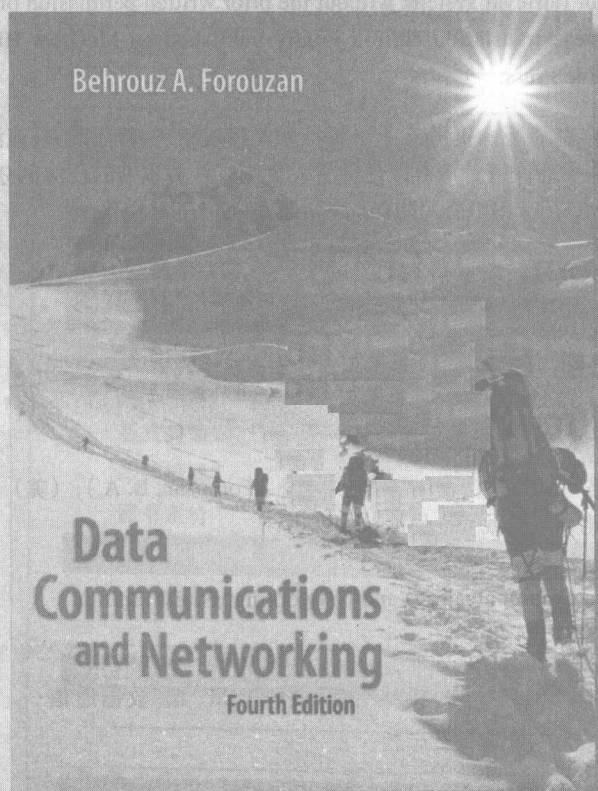
机械工业出版社
China Machine Press

计 算 机 科 学



数据通信与网络

(美) Behrouz A. Forouzan Sophia Chung Fegan 著 吴时霖 吴永辉 吴之艳 魏霖 译
迪安萨学院 复旦大学



TV919
30(4)

Data Communications and Networking
Fourth Edition



机械工业出版社
China Machine Press

本书系统地介绍了数据通信与计算机网络领域的基本理论及应用。与前几版相比,第4版在内容和编排上都有较大更新,更加注重理论与实际应用相结合。主要内容包括:传输介质和数据编码、模拟信号和数字信号、建立连接、数据压缩、数据完整、数据安全、流量控制、局域网、网络互连、因特网协议和应用、因特网编程、电路技术等。另外,每章后面均附有大量复习题与练习题。

本书适合作为高等院校计算机专业本科生的教材或参考书,也可供从事数据通信和网络工作的技术人员参考。

Behrouz A. Forouzan, Sophia Chung Fegan: Data Communications and Networking, Fourth Edition (ISBN 0-07-296775-7) .

Copyright © 2007 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

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

Simplified Chinese translation edition jointly published by McGraw-Hill Education (Asia) Co. and China Machine Press.

本书中文简体字翻译版由机械工业出版社和美国麦格劳-希尔教育(亚洲)出版公司合作出版。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。

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。

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书版权登记号:图字:01-2006-3132

图书在版编目(CIP)数据

数据通信与网络(原书第4版)/(美)佛罗赞(Forouzan, B. A.), (美)费根(Fegan, S. C.)著;吴时霖等译.-北京:机械工业出版社,2007.7

(计算机科学丛书)

书名原文:Data Communications and Networking, Fourth Edition

ISBN 978-7-111-21354-3

I. 数… II. ① 佛… ② 费… ③ 吴… III. ① 数据通信… ② 计算机网络…
IV. TN 919 TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第056757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:李东震

北京牛山世兴印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2007年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·45.5印张

定价:79.00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

译者序

当今，数据通信与网络技术飞速发展，需要学习这门课程的人不断增加，其中既包含在校学习的学生也包含从事相关工作的工程技术人员。因此，“数据通信和网络”课程的教材必须既要反映最新技术进展、又要方便没有这方面基础知识的学生学习。

Forouzan的《Data Communications and Networking》(中文译名为《数据通信与网络》)一书自1998年第1版到2006年第4版，一直按照这一原则组织教材并不断修改更新教材内容，以适应当前网络技术的发展。从第3版开始，本书不按照OSI模型七层模式而是根据因特网模型组织全书内容，并花更多的篇幅讨论TCP/IP协议族的内容。这是当今因特网发展的实际需要，而不是停留在标准理论模式讨论，因为七层模式从未直接实现过，而因特网模型是已经实现了的模型。该书第3版在2004年出版，两年不到，2006年1月又作了全面修订，重写一些章节出版了第4版，更新速度比前几版要快。在第4版中，还是采用由下而上的方式，从数据通信和网络技术的高度提出问题，图文并茂而不是使用复杂公式来讲述技术性很强的内容，作者充分利用他丰富的教学方法，采用700多幅直观图来辅助学生理解与掌握，同时尽可能结合实际例子来阐明基本概念。该书第4版使初学者站在最新科技进展前沿，学习网络有关问题(如多播路由选择协议、流控制传输协议、网络安全性以及其它新的网络技术)。特别要提到的是，书中讨论了下一代IP协议并扩充了第3版网络安全问题的讨论。

译者曾参加本书第1、2、4版的翻译工作，因此深切体会到作者对“数据通信与网络”这门课程的教学方法有着深入的研究和丰富的经验。全书以学生为中心，重点概念在书中多次重复，每章都有小结归纳该章所有内容，“自下而上”的方式允许教师把几门单独的数据通信和网络课程合并为一门课程。事实上，作者已将“TCP/IP协议族”作为另一本教科书出了第3版。

正如作者在前言中所说，对本书编写贡献最大的是来自同行们的审查，他们花费了大量心血和时间阅读原稿，并提出了许多有益的意见和想法。这也就是本书深受读者欢迎的原因之一。

本书前言、第一部分、第二部分、第四部分、第五部分以及附录由吴时霖、吴永辉翻译，第三部分由魏霖翻译，第六部分与第七部分由吴之艳、吴时霖翻译，最后由吴时霖审校。限于译者水平，翻译不妥之处敬请广大读者批评指正。

吴时霖于复旦大学

2006年11月

前言

数据通信与网络是现代文明中发展最快的技术。一方面，这种发展带来了相关职业数量的迅猛增长，在这些职业中，成功的关键在于对这些技术的理解；另一方面，学习这些技术的学生数量与种类也在不断增长。

本书特点

为了使学生更容易地理解数据通信与网络技术，本书具有如下几个特点。

结构新颖

我们采用因特网的五层模型作为本书的框架。这不仅是因为对该模型的透彻理解对于学习最流行的网络理论是至关重要的，还因为该模型是一个互相依赖的结构：每一层都构建在其下层之上，同时对它的上层提供支持。同样，本书中引入的每一概念都构建在之前章节讨论的概念之上。另外，之所以选择因特网模型，是因为它是一个已经完全实现了的协议。

本书是为那些没有或者只有很少的电信或数据通信基础的学生编写的。因此，我们采用的是“自底向上”的讲述方式。通过这种讲述方式，学生在学习网络（高层协议）之前，可以先接触数据通信（低层协议）的相关知识。

形象直观

本书采用图文并茂的方式而没有使用复杂的公式来表述技术性很强的问题。书中约有700多幅插图与文字说明配合起来讲解，使内容直观易懂。在解释网络概念时，插图的作用尤其重要，因为这些网络概念是基于连接和传输的。这两种技术都易于通过插图理解。

突出重点

本书将重要概念用黑体表示，以便于快速查找和迅速引起读者的注意。

举例和应用

在适当的时候，我们会选用实例来反映现实的情况。例如，在第6章中，我们就给出了几个现今电话网络中电信方面的实例。

推荐读物

每章都有“推荐读物”小节，其中给出一系列图书和网站，用于读者进一步阅读和提高。

本章小结

每章末都有该章内容的小结。小结是该章全部重点内容的归纳。

习题

每章都包括习题，用来巩固和应用重要概念。它包括三部分：“复习题”、“练习题”和“探究题”（仅在某些章）。“复习题”旨在测试学生对该章内容的初步理解。“练习题”则需要学生对内容有更深入的理解。而“探究题”是为了进一步深入学习而设计的。

附录

附录的目的是提供快速的内容查阅，是对全书中需要加以理解的概念的回顾。

术语表和缩略词表

本书包含术语表和缩略词表。

第4版的变化

第4版在组织结构和内容两个方面对第3版有重大的变化。

组织结构方面

本书的组织结构方面的变化如下：

1. 第6章包含复用和分离；
2. 第8章专门讨论交换；
3. 原第3版的第12章的内容现移到第4版的第11章；
4. 第17章讨论SONET技术；
5. 第19章讨论IP寻址；
6. 第20章专门介绍因特网协议；
7. 第21章讨论三个协议：ARP、ICMP和IGMP；
8. 第28章是新的，专门讨论因特网网络管理；
9. 原第3版的第29章～第31章现在是第4版的第30章～第32章。

内容方面

我们已修订了许多章的内容，包括如下：

1. 第1章～第5章的内容已作了修订和增加。增加实例是为了使内容清晰易懂；
2. 第10章的内容作了修订和增加以包括检错和纠错的方法；
3. 第11章的内容已作了修订以包括一些控制链路协议的完整讨论；
4. 第22章中增加了数据报的传递、转发和路由选择；
5. 第23章中增加了新的传送协议SCTP；
6. 第30章～第32章的内容已作了修订和增加以包括有关因特网和安全问题的补充讨论；
7. 为了更清楚理解概念，增加了一些新的实例。

各章结尾资料

1. 每章末增加一节“推荐读物”，列出进一步阅读和学习的一些补充资料；
2. “复习题”已作了变动和更新；
3. “多项选择题”已移到本书的配套网站上，使学生能够自我测试对本章内容和知识的掌握情况并可以在线获得；
4. “练习题”已作了修订，在某些章中增加了新的习题；
5. 有些章后包括“探究题”小节。

辅导材料

学生和教师两者相应的辅导资料都已作了修订和增加。必要时，习题解答中会既包括解释又包括含有彩色图或表格的答案。幻灯片演示会更加全面和丰富，图文并茂。

内容安排

本书分为七部分。第一部分是概述，最后一部分是关于网络安全的内容，中间的五部分用来阐述因特网模型的五個层次。下面是各部分内容的概要。

第一部分：概述

第一部分是数据通信与网络的总体概述，由两章组成。第1章列出了本书其余部分所需要的基本概念，第2章介绍了因特网模型。

第二部分：物理层和介质

第二部分是对因特网模型物理层的讨论。这一部分包括第3章~第9章。其中第3章~第6章讨论物理层的电信方面的问题，第7章介绍传输介质。虽然传输介质不是物理层的一部分，但物理层涉及传输介质问题。第8章专门讨论某些层中所用的交换技术。第9章给出如何使用两个公共网络：电话网和有线电视网来进行数据传输。

第三部分：数据链路层

第三部分专门讨论了因特网模型的数据链路层。这一部分包括第10章~第18章。其中第10章主要讨论的是检错和纠错。第11章和第12章讨论与数据链路控制有关的问题。第13章~第16章是关于局域网的内容。第17章和第18章是有关广域网的内容。局域网和广域网是因特网模型的前面两层的网络操作的实例。

第四部分：网络层

第四部分专门讨论了因特网模型的网络层。这一部分包括第19章~第22章的内容。其中第19章主要讲述IP地址。第20章和第21章专门讨论网络层协议，如IP、ARP、ICMP和IGMP。第22章讨论因特网中分组的传递、转发和路由选择。

第五部分：传输层

第五部分专门讨论了因特网模型的传输层。这一部分包括第23章和第24章。其中第23章是传输层概述，并讨论了这一层的服务和职责。第23章还介绍了三种因特网传输层协议，即UDP、TCP和STCP。第24章讨论拥塞控制和服务质量，这两个问题与传输层及前两层有关。

第六部分：应用层

第六部分专门讨论了因特网模型的应用层。这一部分包括第25章~第29章。第25章是关于域名系统（DNS）的内容，该应用程序被其他应用程序用来将应用层地址映射到网络层地址。第26章~第29章讨论因特网一些公共的应用协议。

第七部分：网络安全

第七部分讨论网络安全问题。这部分包括第30章~第32章，它作为进一步学习网络安全的基础。其中第30章简短讨论密码学思想。第31章介绍安全的各个方面，第32章给出因特网模型中三个层如何应用安全的问题。

在线学习中心

McGraw-Hill在线学习中心有许多补充材料，网址是www.mhhe.com/forouzan。学生在阅读本书时，可以上网做一下自我测试。还可以浏览讲义内容（如幻灯片）并能够通过一些动

画来温习本书的内容。此外，在网站上还可以得到答案。提供给学生的是奇数号问题的答案，而教师可通过向McGraw-Hill公司申请密码来下载全部问题的答案^①。

另外，为了使该课程建立网站更加方便，McGraw-Hill公司提供了一款优秀的产品，称为PageOut。它不需要预先学习HTML的知识，也不需要花太多时间和设计技巧去建立网站。它提供了一系列的模板。只要简简单单地填上课程信息，在16个设计模板中点击选择一个就可以了。整个过程用不了一个小时，就拥有了一个专业设计水准的网站。

尽管PageOut提供的只是一种“速成”式的开发，但是所设计出来的网站具有强大的功能。交互式的课程表允许教师发布讲授的课程内容。这样，当学生们访问PageOut网站时，课程讲授的要点可以指引他们访问Forouzan在线学习中心的内容或教师指定的内容。

如何使用本书

本书适用于大专院校的教学，也适用于专业人员的阅读。它可以作为对此感兴趣的专业人员的自学指导教材。作为教科书，可以安排一个学期或半个学期的课程。下面是学习本书的一些建议：

- 强烈推荐学习第一部分～第三部分。
- 如果没有讲授TCP/IP协议的后续课程，则应该学习第四部分～第六部分。
- 如果没有讲授网络安全的内容，则推荐学习第七部分。

致谢

很明显，写这样篇幅的书需要许多人的帮助。

同行评审

对本书编写最大贡献的是同行们对本书的评审。我们难以用语言来表达对这些评审者的感激之情，他们花费了大量心血和时间阅读原稿，并给我们提出了许多有益的意见和想法。在此特别答谢以下评审者对本书第3版和第4版作出的贡献：

Farid Ahmed, 天主教大学
Kaveh Ashenayi, 塔尔萨大学
Yoris Au, 得克萨斯大学圣安东尼奥分校
Essie Bakhtiar, 克雷顿学院与州立大学
Anthony Barnard, 阿拉巴马大学伯明翰分校
A.T.Burrell, 俄克拉荷马州立大学
Scott Campbell, 迈阿密大学
Teresa Carrigan, 布萊科本学院
Hwa Chang, 塔夫茨大学
Edward Chlebus, 伊利诺伊理工学院
Peter Cooper, 州立萨姆休斯敦大学
Richard Coppins, 弗吉尼亚联邦大学
Harpal Dhillon, 西南俄克拉荷马州立大学
Hans-Peter Dommel, 圣塔克拉拉大学

M.Barry Dumas, 纽约市立大学柏鲁克分校
William Figg, 达科他州立大学
Dale Fox, 奎尼皮雅大学(Quinnipiac University)
Terrence Fries, 卡罗来纳海岸大学
Errin Fulp, 维克森林大学
Sandeep Gupta, 亚利桑那州立大学
George Hamer, 南达科他州立大学
James Henson, 加利福尼亚州立大学弗雷斯诺分校
Tom Hilton, 犹他州立大学
Allen Holliday, 加利福尼亚州立大学富勒顿分校
Seyed Hossein, 威斯康星大学密尔沃基

^① 需要本书教师辅导资料的教师可填写本书最后的教师服务沟通表，向McGraw-Hill公司申请用户名和密码下载相关资料。——编辑注

分校

Gerald Isaacs, 位于沃基夏的卡罗尔学院

Hrshikesh Joshi, 德福瑞大学

E.S.Khosravi, 南方大学

Bob Kinicki, 伍斯特理工大学

Kevin Kwiat, 哈密尔顿学院

Ten-Hwang Lai, 俄亥俄州立大学

Chung-Wei Lee, 奥本大学

Ka-Cheong Leung, 得克萨斯工科大学

Gertrude Levine, 菲尔莱狄更斯大学

Alvin Sek See Lim, 奥本大学

Charles Liu, 加利福尼亚大学洛杉矶分校

Wenhang Liu, 加利福尼亚大学洛杉矶分校

Mark Llewellyn, 中佛罗里达大学

Sanchita Mal-Sarkar, 克利夫兰州立大学

Louis Marseille, 夏福社区学院

Kevin McNeill, 亚利桑那大学

Arnold C.Meltzer, 乔治·华盛顿大学

Rayman Meservy, 杨百翰大学

Prasant Mohapatra, 加利福尼亚大学戴维

斯分校

Hung Z Ngo, 纽约州立大学布法罗分校

Larry Owens, 加利福尼亚州立大学弗雷

斯诺分校

Arnold Patton, 布莱德利大学

Dolly Samson, 夏威夷太平洋大学

Joseph Sherif, 加利福尼亚州立大学富勒

顿分校

Robert Simon, 乔治梅森大学

Ronald J.Srodawa, 奥克兰大学

Daniel Tian, 加利福尼亚州立大学蒙特里

港分校

Richard Tibbs, 雷德福大学

Christophe Veltsos, 明尼苏达州立大学孟

卡多分校

Yang Wang, 马里兰大学帕克分校

Sherali Zeadally, 韦恩州立大学

McGraw-Hill公司的工作人员

我们还要感谢McGraw-Hill公司的工作人员。我们的出版人Alan Apt证明了一个出版专家可以将不可能的事情变成可能。只要需要帮助, 开发编辑Rebecca Olson就会给我们帮助。我们的项目经理Sheila Frank在出版过程中一直以极大的热情指导我们。还要感谢David Hash在设计上和Kara Kudronowicz在生产过程中的贡献, 也要感谢文字编辑Patti Scott。

目 录

译者序	2
前言	3
第一部分 概 述	
第1章 绪论	2
1.1 数据通信	2
1.1.1 组成	3
1.1.2 数据表示	3
1.1.3 数据流	4
1.2 网络	5
1.2.1 分布式处理	5
1.2.2 网络准则	5
1.2.3 物理结构	5
1.2.4 网络模型	9
1.2.5 网络分类	9
1.2.6 网络互联：因特网	10
1.3 因特网	11
1.3.1 历史简介	11
1.3.2 因特网现状	12
1.4 协议和标准	13
1.4.1 协议	13
1.4.2 标准	13
1.4.3 标准化组织	14
1.4.4 因特网标准	14
推荐读物	15
本章小结	15
习题	16
第2章 网络模型	17
2.1 任务分层	17
2.1.1 发送方、接收方和载体	17
2.1.2 层次结构	18
2.2 OSI模型	18
2.2.1 层次化体系	19
2.2.2 对等过程	19
2.2.3 封装	20

录

2.3 OSI模型的各层功能	21
2.3.1 物理层	21
2.3.2 数据链路层	21
2.3.3 网络层	23
2.3.4 传输层	24
2.3.5 会话层	25
2.3.6 表示层	25
2.3.7 应用层	26
2.3.8 各层功能小结	27
2.4 TCP/IP协议族	27
2.4.1 物理层和数据链路层	28
2.4.2 网络层	28
2.4.3 传输层	29
2.4.4 应用层	29
2.5 寻址	29
2.5.1 物理地址	30
2.5.2 逻辑地址	31
2.5.3 端口地址	32
2.5.4 专用地址	33
推荐读物	33
本章小结	33
习题	34
第二部分 物理层和介质	
第3章 数据和信号	37
3.1 模拟与数字	37
3.1.1 模拟数据与数字数据	37
3.1.2 模拟信号与数字信号	37
3.1.3 周期信号与非周期信号	38
3.2 周期模拟信号	38
3.2.1 正弦波	38
3.2.2 相位	41
3.2.3 波长	42
3.2.4 时域和频域	42
3.2.5 复合信号	43

3.2.6 带宽	45	5.1.2 幅移键控	93
3.3 数字信号	47	5.1.3 频移键控	95
3.3.1 比特率	48	5.1.4 相移键控	96
3.3.2 位长	48	5.1.5 正交振幅调制	99
3.3.3 数字信号是一种复合模拟信号	48	5.2 模拟信号调制	99
3.3.4 数字信号的传输	49	5.2.1 调幅	100
3.4 传输减损	54	5.2.2 调频	100
3.4.1 衰减	54	5.2.3 调相	101
3.4.2 失真	55	推荐读物	102
3.4.3 噪声	56	本章小结	102
3.5 数据速率限制	57	习题	103
3.5.1 无噪声通道: 奈奎斯特比特率	57	第6章 带宽利用	105
3.5.2 噪声通道: 香农容量定理	58	6.1 复用	105
3.5.3 使用两种限制条件	59	6.1.1 频分复用	106
3.6 性能	59	6.1.2 波分复用	109
3.6.1 带宽	59	6.1.3 同步时分复用	110
3.6.2 吞吐量	60	6.1.4 统计时分复用	117
3.6.3 延迟	60	6.2 扩频	118
3.6.4 带宽与延迟的乘积	62	6.2.1 跳频扩频 (FHSS)	118
3.6.5 抖动	63	6.2.2 直接序列扩频	120
推荐读物	63	推荐读物	120
本章小结	63	本章小结	120
习题	64	习题	121
第4章 数字传输	67	第7章 传输介质	124
4.1 数字到数字转换	67	7.1 有向介质	125
4.1.1 线路编码	67	7.1.1 双绞线	125
4.1.2 线路编码方案	70	7.1.2 同轴电缆	127
4.1.3 块编码	76	7.1.3 光缆	128
4.1.4 扰动	78	7.2 无线通信	132
4.2 模拟到数字转换	79	7.2.1 无线电波	133
4.2.1 脉冲码调制 (PCM)	79	7.2.2 微波	133
4.2.2 Delta调制 (DM)	85	7.2.3 红外波	134
4.3 传输模式	86	推荐读物	135
4.3.1 并行传输	87	本章小结	135
4.3.2 串行传输	87	习题	135
推荐读物	89	第8章 交换	138
本章小结	89	8.1 电路交换网络	138
习题	90	8.1.1 三个阶段	140
第5章 模拟传输	92	8.1.2 效率	140
5.1 数字到模拟转换	92	8.1.3 延迟	141
5.1.1 数模转换问题	92	8.1.4 电话网中电路交换技术	141

8.2 数据报网络	141
8.2.1 路由表	142
8.2.2 效率	142
8.2.3 延迟	143
8.2.4 因特网中的数据报网	143
8.3 虚电路网络	143
8.3.1 编址	144
8.3.2 三个阶段	144
8.3.3 效率	146
8.3.4 虚电路网络延迟	146
8.3.5 广域网中电路交换技术	147
8.4 交换机结构	147
8.4.1 电路交换机结构	147
8.4.2 分组交换机结构	150
推荐读物	152
本章小结	153
习题	153
第9章 使用电话网和有线电视网进行	
数据传输	156
9.1 电话网络	156
9.1.1 主要组成	156
9.1.2 LATA	157
9.1.3 信令	158
9.1.4 电话网络提供的业务	160
9.2 电话调制解调器	161
9.3 数字用户线路	163
9.3.1 ADSL	163
9.3.2 ADSL Lite	165
9.3.3 HDSL	166
9.3.4 SDSL	166
9.3.5 VDSL	166
9.3.6 总结	166
9.4 有线电视网	166
9.4.1 传统有线网络	166
9.4.2 光纤同轴电缆混合 (HFC)	
网络	167
9.5 有线电视网络用作数据传输	168
9.5.1 带宽	168
9.5.2 共享	169
9.5.3 CM与CMTS	169
9.5.4 数据传输方案: DOCSIS	170

推荐读物	170
本章小结	170
习题	171

第三部分 数据链路层

第10章 检错与纠错	174
10.1 引言	174
10.1.1 差错的类型	174
10.1.2 冗余	175
10.1.3 检错和纠错	175
10.1.4 前向纠错和重传	175
10.1.5 编码	175
10.1.6 模运算	176
10.2 块编码	176
10.2.1 差错检测	177
10.2.2 纠错	178
10.2.3 汉明距离	178
10.2.4 最小汉明距离	179
10.3 线性块编码	181
10.3.1 线性块编码的最小距离	181
10.3.2 一些线性块编码	181
10.4 循环编码	186
10.4.1 循环冗余校验	186
10.4.2 硬件实现	188
10.4.3 多项式	190
10.4.4 循环编码分析	192
10.4.5 循环编码的优点	195
10.4.6 其他循环编码	195
10.5 校验和	195
10.5.1 概念	195
10.5.2 反码	195
10.5.3 因特网校验和	196
推荐读物	198
本章小结	198
习题	198
第11章 数据链路控制	202
11.1 成帧	202
11.1.1 固定长度成帧	202
11.1.2 可变长度成帧	202
11.2 流量控制和差错控制	204
11.2.1 流量控制	204

11.2.2 差错控制	205
11.3 协议	205
11.4 无噪声通道	205
11.4.1 最简单的协议	205
11.4.2 停止等待协议	207
11.5 有噪声通道	209
11.5.1 停止等待自动重复请求	209
11.5.2 回退N帧自动重发请求	214
11.5.3 选择性重复ARQ	220
11.5.4 捎带	225
11.6 高级数据链路控制	226
11.6.1 配置和传输方式	226
11.6.2 帧	226
11.6.3 控制字段	227
11.7 点到点协议	231
11.7.1 成帧	231
11.7.2 传输阶段	232
11.7.3 多路复用	232
11.7.4 多链路PPP	236
推荐读物	237
本章小结	238
习题	238
第12章 多路访问	241
12.1 随机访问	241
12.1.1 ALOHA	242
12.1.2 载波侦听多路访问 (CSMA)	246
12.1.3 带冲突检测的载波侦听多路访问 (CSMA/CD)	248
12.1.4 带冲突避免的载波侦听多路访问 (CSMA/CA)	251
12.2 受控访问	253
12.2.1 预约	253
12.2.2 轮询	253
12.2.3 令牌传递	254
12.3 通道化	255
12.3.1 频分多路访问 (FDMA)	255
12.3.2 时分多路访问 (TDMA)	256
12.3.3 码分多路访问 (CDMA)	257
推荐读物	261
本章小结	261
习题	262

第13章 有线局域网：以太网	264
13.1 IEEE标准	264
13.1.1 数据链路层	264
13.1.2 物理层	265
13.2 标准以太网	265
13.2.1 MAC子层	266
13.2.2 物理层	269
13.3 标准的变化	271
13.3.1 桥接以太网	271
13.3.2 交换式以太网	272
13.3.3 全双工以太网	273
13.4 快速以太网	273
13.4.1 MAC子层	273
13.4.2 物理层	274
13.5 千兆以太网	275
13.5.1 MAC子层	276
13.5.2 全双工模式	276
13.5.3 物理层	276
13.5.4 10千兆以太网	278
推荐读物	279
本章小结	279
习题	279
第14章 无线局域网	281
14.1 IEEE 802.11	281
14.1.1 体系结构	281
14.1.2 MAC层	282
14.1.3 寻址机制	286
14.1.4 物理层	288
14.2 蓝牙	290
14.2.1 体系结构	290
14.2.2 蓝牙层	291
14.2.3 无线电层	291
14.2.4 基带层	291
14.2.5 L2CAP	294
14.2.6 其他上层	295
推荐读物	295
本章小结	295
习题	295
第15章 连接局域网、主干网和虚拟局域网	297
15.1 连接设备	297

15.1.1 无源集线器	297	17.1.3 连接	327
15.1.2 中继器	297	17.2 SONET 层	328
15.1.3 有源集线器	298	17.2.1 路径层	328
15.1.4 网桥	299	17.2.2 线路层	328
15.1.5 两层交换机	303	17.2.3 段层	328
15.1.6 路由器	304	17.2.4 光子层	328
15.1.7 三层交换机	304	17.2.5 设备-层之间的关系	328
15.1.8 网关	304	17.3 SONET 帧	329
15.2 主干网	304	17.3.1 帧、字节和位传输	329
15.2.1 总线型主干网	304	17.3.2 STS-1 帧格式	330
15.2.2 星型主干网	305	17.3.3 开销总结	332
15.2.3 连接远程 LAN	305	17.3.4 封装	332
15.3 虚拟局域网	306	17.4 STS 多路复用	333
15.3.1 成员	307	17.4.1 字节交替	334
15.3.2 配置	308	17.4.2 重组信号	335
15.3.3 交换机间的通信	308	17.4.3 分插复用器	335
15.3.4 IEEE 标准	309	17.5 SONET 网络	336
推荐读物	309	17.5.1 线状网络	336
本章小结	309	17.5.2 环状网络	337
习题	310	17.5.3 网状网络	339
第16章 无线 WAN: 移动电话和卫星	311	17.6 虚拟支路	339
16.1 网络	311	推荐读物	340
16.1.1 移动电话	311	本章小结	340
16.1.1.1 频率复用原理	311	习题	341
16.1.2 传输	312	第18章 虚电路网络: 帧中继和 ATM	342
16.1.3 接收	312	18.1 帧中继	342
16.1.4 漫游	312	18.1.1 结构	343
16.1.5 第一代	312	18.1.2 帧中继层	344
16.1.6 第二代	313	18.1.3 扩展地址	345
16.1.7 第三代	317	18.1.4 FRAD	345
16.2 卫星网络	318	18.1.5 VOFR	345
16.2.1 轨道	319	18.1.6 LMI	345
16.2.2 覆盖区域	319	18.1.7 拥塞控制和服务质量	345
16.2.3 三种类型的人造卫星	319	18.2 ATM	346
推荐读物	324	18.2.1 设计目标	346
本章小结	324	18.2.2 问题	346
习题	324	18.2.3 结构	348
第17章 广域网 SONET/SDH	326	18.2.4 交换	349
17.1 体系结构	326	18.2.5 ATM 层	350
17.1.1 信号	326	18.2.6 拥塞控制和服务质量	354
17.1.2 SONET 设备	326	18.3 ATM 局域网	354

18.3.1	ATM局域网体系结构	354
18.3.2	局域网仿真 (LANE)	356
18.3.3	客户/服务器模型	356
18.3.4	具有客户/服务器的混合 体系结构	357
	推荐读物	357
	本章小结	358
	习题	358

第四部分 网 络 层

第19章	逻辑寻址	362
19.1	IPv4地址	362
19.1.1	地址空间	362
19.1.2	标记法	363
19.1.3	分类寻址	364
19.1.4	无类寻址	366
19.1.5	网络地址转换 (NAT)	372
19.2	IPv6地址	374
19.2.1	结构	374
19.2.2	地址空间	375
	推荐读物	378
	本章小结	378
	习题	379
第20章	IP协议	382
20.1	网际互联	382
20.1.1	网络层需求	382
20.1.2	作为数据报网络的因特网	384
20.1.3	作为无连接网络的因特网	384
20.2	IPv4	384
20.2.1	数据报	385
20.2.2	分段	389
20.2.3	校验和	392
20.2.4	选项	392
20.3	IPv6	393
20.3.1	优点	394
20.3.2	分组格式	394
20.3.3	扩展头部	397
20.4	IPv4到IPv6的过渡	398
20.4.1	双协议栈	399
20.4.2	隧道技术	399
20.4.3	头部转换	399

	推荐读物	400
	本章小结	400
	习题	401
第21章	地址映射、差错报告和多播	403
21.1	地址映射	403
21.1.1	逻辑地址到物理地址的映射: ARP	404
21.1.2	物理地址映射到逻辑地址: RARP、BOOTP和DHCP	408
21.2	ICMP	410
21.2.1	报文类型	410
21.2.2	报文格式	410
21.2.3	差错报告	411
21.2.4	查询	413
21.2.5	调试工具	414
21.3	IGMP	416
21.3.1	组管理	417
21.3.2	IGMP 报文	417
21.3.3	报文格式	417
21.3.4	IGMP操作	418
21.3.5	封装	420
21.3.6	Netstat应用程序	421
21.4	ICMPv6	422
21.4.1	差错报告	422
21.4.2	查询	423
	推荐读物	423
	本章小结	424
	习题	425
第22章	传递、转发和路由选择	427
22.1	传递	427
22.2	转发	428
22.2.1	转发技术	428
22.2.2	转发过程	429
22.2.3	路由表	433
22.3	单播路由选择协议	435
22.3.1	优化原则	435
22.3.2	域内部和域间路由选择	435
22.3.3	距离向量路由选择	436
22.3.4	链路状态路由选择	440
22.3.5	路径向量路由选择	445
22.4	多播路由选择协议	448

22.4.1 单播、多播与广播	448
22.4.2 应用	450
22.4.3 多播路由选择	450
22.4.4 多播路由选择协议	452
推荐读物	459
本章小结	459
习题	460

第五部分 传输层

第23章 UDP、TCP和SCTP	464
23.1 进程到进程的传递	464
23.1.1 客户/服务器模式	464
23.1.2 复用与分离	466
23.1.3 无连接服务与面向连接的服务	466
23.1.4 可靠服务与不可靠服务	467
23.1.5 三种协议	467
23.2 用户数据报协议 (UDP)	468
23.2.1 熟知端口号	468
23.2.2 用户数据报	469
23.2.3 校验和	469
23.2.4 UDP的操作	471
23.2.5 UDP的使用	472
23.3 TCP	472
23.3.1 TCP服务	472
23.3.2 TCP特点	475
23.3.3 段	476
23.3.4 TCP连接	478
23.3.5 流量控制	482
23.3.6 差错控制	483
23.3.7 拥塞控制	486
23.4 SCTP	486
23.4.1 SCTP服务	486
23.4.2 SCTP特性	487
23.4.3 分组格式	490
23.4.4 SCTP关联	491
23.4.5 流量控制	494
23.4.6 差错控制	496
23.4.7 拥塞控制	498
推荐读物	498
本章小结	498
习题	499

第24章 拥塞控制和服务质量	502
24.1 数据通信量	502
24.1.1 通信量描述符	502
24.1.2 通信量特征值	503
24.2 拥塞	503
24.3 拥塞控制	505
24.3.1 开环拥塞控制	505
24.3.2 闭环拥塞控制	506
24.4 两个示例	507
24.4.1 TCP中的拥塞控制	507
24.4.2 帧中继中的拥塞控制	510
24.5 服务质量	511
24.5.1 数据流特性	512
24.5.2 数据流类型	512
24.6 改进QoS的技术	512
24.6.1 调度	512
24.6.2 通信量整形	513
24.6.3 资源预留	515
24.6.4 许可控制	515
24.7 综合业务	515
24.7.1 信令	516
24.7.2 数据流规范	516
24.7.3 许可	516
24.7.4 业务类型	516
24.7.5 RSVP	516
24.7.6 综合业务所存在的问题	518
24.8 差分业务	518
24.9 交换网络中的QoS	520
24.9.1 帧中继中的QoS	520
24.9.2 ATM中的QoS	521
推荐读物	522
本章小结	522
习题	523

第六部分 应用层

第25章 域名系统	526
25.1 名字空间	526
25.1.1 平面名字空间	527
25.1.2 层次名字空间	527
25.2 域名空间	527
25.2.1 标号	527

25.2.2 域名	528	本章小结	558
25.2.3 域	528	习题	559
25.3 名字空间的分布	529	第27章 万维网与超文本传输协议	561
25.3.1 名字服务器的层次结构	529	27.1 体系架构	561
25.3.2 区域	529	27.1.1 客户(浏览器)	561
25.3.3 根服务器	530	27.1.2 服务器	561
25.3.4 主服务器和辅助服务器	530	27.1.3 统一资源定位符	562
25.4 因特网中的DNS	530	27.1.4 Cookies	562
25.4.1 通用域	530	27.2 Web文档	563
25.4.2 国家域	531	27.2.1 静态文档	563
25.4.3 反向域	531	27.2.2 动态文档	565
25.5 解析	532	27.2.3 活动文档	566
25.5.1 解析程序	532	27.3 超文本传输协议(HTTP)	567
25.5.2 名字到地址的映射	532	27.3.1 HTTP事务	567
25.5.3 地址到名字的映射	533	27.3.2 持续与非持续连接	572
25.5.4 递归解析	533	27.3.3 代理服务器	572
25.5.5 迭代解析	533	推荐读物	572
25.5.6 高速缓存	533	本章小结	573
25.6 DNS报文	534	习题	574
25.7 记录的类型	535	第28章 网络管理	576
25.7.1 询问记录	535	28.1 网络管理系统	576
25.7.2 资源记录	535	28.1.1 配置管理	576
25.8 注册机构	535	28.1.2 故障管理	577
25.9 动态域名系统(DDNS)	535	28.1.3 性能管理	578
25.10 封装	536	28.1.4 安全管理	578
推荐读物	536	28.1.5 计费管理	578
本章小结	536	28.2 简单网络管理协议(SNMP)	578
习题	537	28.2.1 概念	578
第26章 远程登录、电子邮件与文件传输	539	28.2.2 管理组件	579
26.1 远程登录	539	28.2.3 管理信息结构	581
26.2 电子邮件	544	28.2.4 管理信息数据库(MIB)	585
26.2.1 构架	544	28.2.5 字典排序	587
26.2.2 用户代理	546	28.2.6 SNMP	588
26.2.3 报文传输代理:SMTP	550	28.2.7 报文	589
26.2.4 报文访问代理:POP和IMAP	552	28.2.8 UDP端口	591
26.2.5 基于Web的邮件	554	28.2.9 安全性	592
26.3 文件传输	554	推荐读物	592
26.3.1 文件传输协议(FTP)	554	本章小结	593
26.3.2 匿名FTP	557	习题	593
推荐读物	557	第29章 多媒体	595
		29.1 音频与视频的数字化	595