

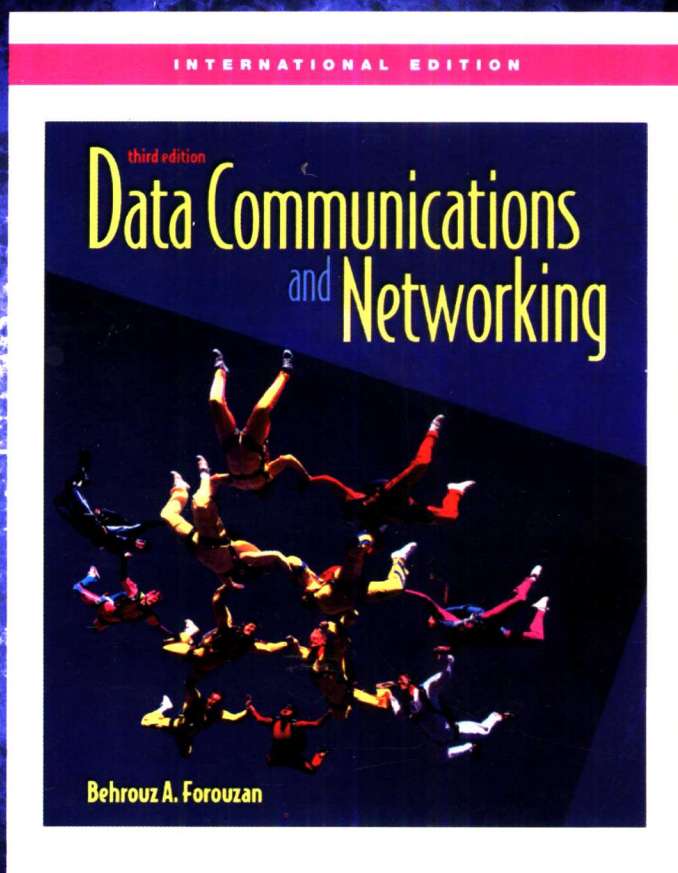
Mc
Graw
Hill

计 算 机 科 学 丛 书

原书第3版

数据通信与网络

(美) Behrouz A. Forouzan 著 王嘉祯 等译



Data Communications and Networking

Third Edition



机械工业出版社
China Machine Press



中国计算机学会推荐教材

数据通信与网络

第2版 2013年12月第1次印刷 16开 312页 29.80元



Forouzan, Behrouz A. Data Communications and Networking, 2nd Edition

机械工业出版社



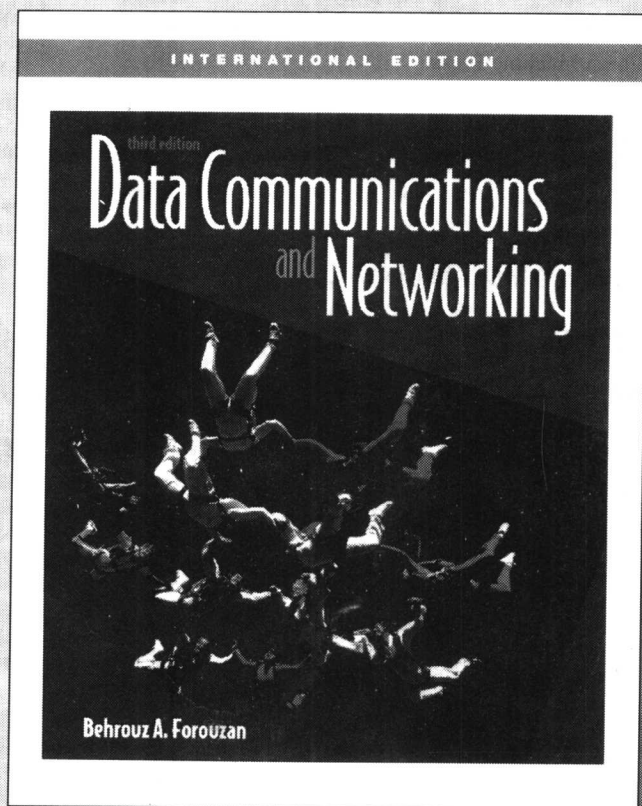
机械工业出版社

计 算 机 科 学 丛 书

原书第3版

数据通信与网络

(美) Behrouz A. Forouzan 著 王嘉桢 韩国栋 彭德云 等译
(with Sophia Chung Fegan)



Data Communications and Networking
Third Edition



机械工业出版社
China Machine Press

本书以因特网五层模型为框架,以形象直观的描述手法,全面而详细地介绍了数据通信和网络领域的基础知识、基本概念、基本原理和实践方法,堪称数据通信和网络方面的经典著作。任何一位对数据通信和网络知识感兴趣的读者,都会从本书中获益匪浅。

本书既可作为大专院校计算机专业的本科生教材,也可供从事数据通信和网络工作的技术人员参考。

Behrouz A. Forouzan: Data Communications and Networking, Third Edition (ISBN 0-07-123241-9).

Copyright © 2004, 2001, 1998 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:01-2003-8368

图书在版编目(CIP)数据

数据通信与网络(原书第3版)/(美)佛罗赞(Forouzan, B. A.)著;王嘉祯等译.
-北京:机械工业出版社,2005.1

(计算机科学丛书)

书名原文:Data Communications and Networking, Third Edition

ISBN 7-111-15211-5

I. 数… II. ①佛… ②王… III. ①数据通信 ②计算机网络 IV. ①TN919 ②TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第094794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:王子恢

北京中兴印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005年1月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·44.5印张

印数:0 001-5 000册

定价:69.00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

文艺复兴以降，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域中取得了垄断性的优势；也正是这样的传统，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅规划了研究的范畴，还揭开了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短、从业人员较少的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章图文信息有限公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，华章公司就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过几年的不懈努力，我们与Prentice Hall、Addison-Wesley、McGraw-Hill、Morgan Kaufmann等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从它们现有的数百种教材中甄选出Tanenbaum、Stroustrup、Kernighan、Jim Gray等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及收藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力襄助，国内的专家不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专诚为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍，为进一步推广与发展打下了坚实的基础。

随着学科建设的初步完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都步入一个新的阶段。为此，华章公司将加大引进教材的力度，在“华章教育”的总体规划之下出版三个系列的计算机教材：除“计算机科学丛书”之外，对影印版的教材，则单独开辟出“经典原版书库”；同时，引进全美通行的教学辅导书“Schaum's Outlines”系列组成“全美经典学习指导系列”。为了保证这三套丛书的权威性，同时也为了更好地为学校和老师服务，华章公司聘请了中国科学院、北京大学、清华大学、国防科技大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、中国科技大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、中国人民大学、北京航空航天大学、北京邮电大学、中山大学、解放军理工大学、郑州大学、湖北工学院、中国国家信息安全测评认证中心等国内重点大学和科研机构在计算机的各个领域的著名学者组成“专家指导委员会”，为我们提供选题意见和出版监督。

这三套丛书是响应教育部提出的使用外版教材的号召，为国内高校的计算机及相关专业的教学度身订造的。其中许多教材均已为M. I. T., Stanford, U.C. Berkeley, C. M. U. 等世界名牌大学所采用。不仅涵盖了程序设计、数据结构、操作系统、计算机体系结构、数据库、编译原理、软件工程、图形学、通信与网络、离散数学等国内大学计算机专业普遍开设的核心课程，而且各具特色——有的出自语言设计者之手、有的历经三十年而不衰、有的已被全世界的几百所高校采用。在这些圆熟通博的名师大作的指引之下，读者必将在计算机科学的宫殿中由登堂而入室。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑，这些因素使我们的图书有了质量的保证，但我们的目标是尽善尽美，而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。教材的出版只是我们的后续服务的起点。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正，我们的联系方法如下：

电子邮件: hzedu@hzbook.com

联系电话: (010) 68995264

联系地址: 北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码: 100037

专家指导委员会

(按姓氏笔画顺序)

尤晋元
石教英
张立昂
邵维忠
周立柱
范明
袁崇义
谢希仁

王珊
吕建
李伟琴
陆丽娜
周克定
郑国梁
高传善
裘宗燕

冯博琴
孙玉芳
李师贤
陆鑫达
周傲英
施伯乐
梅宏
戴葵

史忠植
吴世忠
李建中
陈向群
孟小峰
钟玉琢
程旭

史美林
吴时霖
杨冬青
周伯生
岳丽华
唐世渭
程时端

秘 书 组

武卫东

温莉芳

刘江

杨海玲

译者序

《数据通信与网络》第2版于2001年出版。此后，由于计算机网络与通信技术的迅猛发展，再加上作者教学经验的积累，于2004年出版了本书的第3版。

第3版继承了第2版的传统优点：书中有大量的实例；每一章后面有本章小结和习题集；书后有附录、全书的术语表、缩略语，这些为学生的学习提供了很大的便利。

与第2版相比，第3版在结构的安排与内容的组织方面有了很大的变化：在结构安排方面，本书将因特网的五层模型作为其基本框架。这不仅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，而且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。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。在内容的组织方面，根据数据通信与网络技术的发展，本书新增加了许多内容，主要有：无线局域网和蓝牙技术；卫星和移动电话方面的扩展内容；关于高速访问因特网的更多内容，包括DSL、Cable TV和SONET等；更深入地讨论多路访问协议和点到点访问协议；附加的IP和IPv6的内容；关于UDP和TCP的扩展的材料；关于网络安全问题的新增加的部分（第七部分的四章内容）；加强了无线部分的内容等。

另外，本书的在线学习中心网站（www.mhhe.com/forouzan）为教师和学生提供了一些附加的辅导资料，其内容包括各章的习题答案、各章的教学动画及自动测试与解答等，可供教师和学生参考。

全书共分七个部分。第二部分～第六部分共五个部分，按因特网五层模型，分别讲述了物理层、数据链路层、网络层、传输层与应用层的相关内容。第一部分是数据通信与网络总体概述。随着网络技术的普及与应用，网络入侵事件不断发生，网络安全已经成为组织与网络管理人员必须考虑和解决的关键问题，因此第七部分增加了网络安全的内容。

本书由王嘉祯、韩国栋、彭德云、胡建理、徐波、葛秀慧、刘爱珍、张斌等同志翻译，由王嘉祯、彭德云校订。为了更好地理解书中的内容，我们在原书黑体的专业术语处给出了英文原文。由于本书内容较新、涉及面广，加之译者水平有限，书中难免有错误与翻译不当之处，欢迎广大读者批评指正。

译者

2004年6月

第3版序言

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

为了使学生在学习数据通信与网络时更加容易，本书具有如下几个特点。

结构新颖

我们将因特网的五层模型作为本书的框架。这不仅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以前章节讨论的概念之上。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与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。例如，学生在学习有关网络数据传输之前，可以先学习信号、编码、调制和差错检测的相关知识。这样就不需要分别介绍数据通信和网络概念的两门课程。

形象直观

本书采用图文搭配的方式来表述技术性很强的问题，而没有使用复杂的公式。约有700多幅插图与文字说明配合起来，使内容直观易懂。在解释网络概念时，插图的作用尤其重要，因为这些概念是以连接和传输为基础的。这两种技术都易于通过插图理解。

突出重点

本书将重点概念专门提出来重复说明，有助于快速查找，直接引起读者的注意。

举例和应用

只要在适当的时候，本书便会加入实例来阐明所介绍的概念。这些实例也有助于学生完成各章后面的练习题。另外，在各章中都补充了现实生活中的各种应用。

各章小结

各章的结尾部分都有该章所覆盖内容的小结。小结是该章全部重点内容的简要概括。

习题集

各章都包括一组习题，用来强化和应用重要概念。它包括三部分：复习题、选择题和练

习。复习题的目的在于检查学生对该章内容的初步理解，选择题是为了检查学生对基本概念和术语的掌握，而练习则需要对内容有较深入的理解。

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。

术语和缩略语

本书包含有术语和缩略语表。

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：数据通信与网络概述

第一部分是数据通信与网络总体概述。包括两章，第1章列出了本书其余部分所需要的引导性概念，第2章介绍了因特网模型。

第二部分：物理层

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特征，第7章介绍的是传输介质。虽然传输介质不是物理层的一部分，但物理层涉及到了这些问题。第8章和第9章介绍了与物理层有关的几个协议。

第三部分：数据链路层

第三部分集中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章主要讨论的是差错检测。第11、12和13章讨论与数据链路控制有关的问题，还介绍了几个常用的数据链路协议。第14章～第16章是关于局域网的内容。局域网工作在物理层和数据链路层。第14章主要讨论有线局域网的代表类型——以太网的内容。第15章是有关无线局域网的内容。第16章说明了如何将局域网连接起来以建立主干网。第17和18章是有关使用物理层和数据链路层的另一种技术，即广域网的内容。第17章讨论了移动电话系统和卫星系统。第18章介绍了交换广域网的内容，如帧中继和ATM。

第四部分：网络层

第四部分集中讨论了因特网模型的网络层。这一部分包括第19章～第21章的内容。其中第19章主要讲述的是网络层的概念和业务，还讨论了因特网中的路由和网络互联问题。第20章包括因特网中的网络互联协议，较深入地讨论了网络互联的主要协议——IP协议。对于其他协议，如ARP、ICMP和IGMP，则简要介绍了它们如何支持IP协议的运行。第21章讨论路由选择协议，包括单播和多播。在单播路由选择中，主要阐述以下概念：距离矢量路由选择、链路状态路由选择和路径矢量路由选择。同时，作为单播路由选择协议的例子，也较深入地讨论了RIP、OSPF和BGP协议。在多播路由选择中，主要阐述了生成树方法。另外，为了说明实际应用，也讨论了DVMRP、MOSPF、CBT、PIM-DM和PIM-SM等协议。IGMP也在这

一章中加以介绍，以便为多播路由选择提供必要的手段。在第21章的最后，还介绍了临时的多播方法MBONE。

第五部分：传输层

第五部分集中讨论了因特网模型的传输层。这一部分包括第22章和第23章。其中第22章是传输层概述，并讨论了这一层的业务和职责。还介绍了两种因特网传输层协议，即UDP和TCP。第23章尽管安排在这一部分，但讨论的是拥塞控制和服务质量这两个与传输层及前两层有关的问题。这些内容随着因特网上多媒体应用的日益广泛而越来越重要。

第六部分：应用层

第六部分集中讨论了因特网模型的应用层。这一部分包括第24章~第28章。应用层的业务是因特网模型的最终目标。其他所有层存在的目的是为了用户能够访问这一层的应用。我们无法在像本书这样的介绍性书中囊括所有的应用，而是挑选了一些例子来说明这一概念。第24章阐述了总体思想，介绍了客户机/服务器的例子。在介绍客户机/服务器编程之前，在这一章还简要地介绍了套接字接口。第25章是关于域名系统的内容，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章是关于两个流行的应用，即电子邮件和文件传输的内容。第27章介绍万维网以及访问万维网的协议，即HTTP。第28章是关于多媒体的内容，介绍了多媒体应用以及涉及到的相关问题，还介绍了用于提供因特网电话、因特网远程会议以及音频/视频流的一些协议。

第七部分：网络安全

第七部分集中讨论了因特网模型的网络安全问题。如今，安全不是属于某一具体层的问题，它涉及到所有的层。这一部分是对影响到安全的主要问题的简要讨论。这一部分有三章。其中第29章讨论了密码学的总体思想。在不涉及到数论的情况下，描述了对称（秘密密钥）和非对称（公钥）密码学问题。第30章介绍了安全服务（报文机密性、报文鉴别、报文完整性以及报文防拒认），还介绍了鉴别用户系统访问的一些方法，最后讨论了两种加密类型的密钥管理问题。第31章的重点放在因特网安全问题上，探讨了在网络层、传输层以及应用层使用的协议，还讨论了防火墙和虚拟专用网。

www.mhhe.com/forouzan上的在线补充材料

McGraw-Hill在线学习中心是一个“数字百宝箱”，它包含本书的教学法和补充材料。学生在阅读本书时，可以上网做一下自我打分的小测试。还可以浏览讲义内容，如PowerPoint幻灯片和动画等。此外，在Web上还可以得到答案。提供给学生的是奇数号问题的答案。

另外，为了使在网络课程中建立网站的过程更加容易，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，不需要耗费大量的时间，也不需要设计技巧。它提供了一系列的模版。只要简简单单地填上课程信息，在16个设计模版中点击选择一个就可以了。整个过程不需要一个小时，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提供了强大的功能。交互式的课程表允许教师根据讲授的课程发布内容。这样，当学生们访问PageOut网站时，

课程表可以指导他们访问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后续课程，则推荐学习第七部分。

致谢

很明显，写一本该领域内的书需要许多人的支持。在此特别感谢Ying-Ping Sarah Liu和Gregory Yee在阅读原稿并对最终稿的答案进行核对方面提供的帮助。

对本书写作做出最大贡献的是同行们对本书的评价。我们难以用语言来表达对那么多的人的感激之情，他们花费了大量心血和时间阅读原稿，并给我们提出了宝贵的批评和建议。在此特别答谢如下评论者对本书第3版做出的贡献：

Anthony Barnard, 阿拉巴马大学, 伯明翰分校

Rayman Meservy, 杨百翰大学

Arnold Patton, 布拉德雷大学

Scott Campbell, 迈阿密大学

Arnold C.Meltzer, 乔治·华盛顿大学

Christophe Veltsos, 明尼苏达州立大学曼卡托分校

Wenhang Liu, 加州大学洛杉矶分校

Sandeep Gupta, 亚利桑那州立大学

Alvin Sek See Lim, 厄本大学

Sherali Zeadally, 韦恩州立大学

Ten-Hwang Lai, 俄亥俄州立大学

Hung Z Ngo, 纽约州立大学布法罗分校

A.T.Burrell, 俄克拉荷马州立大学

Hans-Peter Dommel, 圣克拉拉大学

Louis Marseille, Harford社区学院

特别感谢McGraw-Hill公司的工作人员。出版商Betsy Jones, 证明了一位出色的出版商能够做到看起来不可能做到的事情。策划编辑Emily Lupash, 在任何需要帮助的时候都会伸出援助之手。项目经理Sheila Frank, 始终以极大的热情指导我们完成出版工作。另外, 还要感谢Kara Kudronowicz在出版过程中, Rick Noel在设计方面, 以及文字编辑Patti Scott所做的工作。

目 录

出版者的话	
专家指导委员会	
译者序	
第3版序言	

第一部分 数据通信与网络概述

第1章 绪论	3
1.1 数据通信	3
1.1.1 组成	4
1.1.2 数据表示	4
1.1.3 数据流的方向	5
1.2 网络	6
1.2.1 分布式处理	6
1.2.2 网络准则	7
1.2.3 物理结构	7
1.2.4 网络分类	10
1.3 因特网	12
1.3.1 历史简介	12
1.3.2 因特网现状	13
1.4 协议和标准	14
1.4.1 协议	14
1.4.2 标准	15
1.4.3 标准化组织	15
1.4.4 因特网标准	16
1.5 本章小结	16
1.6 习题集	17
1.6.1 复习题	17
1.6.2 选择题	17
1.6.3 练习	18
第2章 网络模型	19
2.1 任务分层	19
2.1.1 发送方、接收方和载体	20
2.1.2 层次结构	20

2.1.3 服务	20
2.2 因特网模型	20
2.2.1 对等进程	21
2.2.2 层次的功能	22
2.2.3 各层小结	29
2.3 OSI模型	29
2.4 本章小结	29
2.5 习题集	30
2.5.1 复习题	30
2.5.2 选择题	30
2.5.3 练习	31

第二部分 物理层

第3章 信号	36
3.1 模拟与数字	36
3.1.1 模拟数据与数字数据	36
3.1.2 模拟信号与数字信号	36
3.1.3 周期信号与非周期信号	37
3.2 模拟信号	37
3.2.1 正弦波	37
3.2.2 相位	39
3.2.3 正弦波实例	40
3.2.4 时域和频域	40
3.2.5 复合信号	41
3.2.6 带宽	44
3.3 数字信号	45
3.3.1 位间隔与比特率	46
3.3.2 数字信号是一种复合模拟信号	46
3.3.3 数字信号通过宽带介质	46
3.3.4 数字信号通过限带介质	47
3.3.5 数字带宽与模拟带宽	48
3.3.6 更高比特率	48
3.4 模拟与数字	49
3.4.1 低通与带通	49

3.4.2 数字传输	49	4.6.1 复习题	77
3.4.3 模拟传输	49	4.6.2 选择题	78
3.5 数据速率限制	50	4.6.3 练习	79
3.5.1 无噪声通道: Nyquist比特率	50	第5章 模拟传输	81
3.5.2 噪声通道: Shannon容量定理	50	5.1 数字数据的调制	81
3.5.3 使用两种限制条件	51	5.1.1 数模转换问题	81
3.6 传输减损	51	5.1.2 幅移键控	83
3.6.1 衰减	51	5.1.3 频移键控	84
3.6.2 失真	52	5.1.4 相移键控	86
3.6.3 噪声	52	5.1.5 正交振幅调制	88
3.7 信号的其他内容	53	5.1.6 比特与波特的比较	89
3.7.1 吞吐量	53	5.2 电话调制解调器	91
3.7.2 传播速度	53	5.3 模拟信号调制	94
3.7.3 传播时间	54	5.3.1 AM	95
3.7.4 波长	54	5.3.2 FM	97
3.8 本章小结	54	5.3.3 PM	98
3.9 习题集	55	5.4 本章小结	98
3.9.1 复习题	55	5.5 习题集	99
3.9.2 选择题	55	5.5.1 复习题	99
3.9.3 练习	57	5.5.2 选择题	99
第4章 数字传输	60	5.5.3 练习	101
4.1 线路编码	60	第6章 多路复用	103
4.1.1 线路编码特性	60	6.1 FDM	104
4.1.2 线路编码机制	62	6.1.1 多路复用过程	104
4.1.3 其他机制	67	6.1.2 多路分离过程	104
4.2 块编码	67	6.1.3 模拟层次结构	106
4.2.1 转换步骤	68	6.1.4 FDM的其他应用	107
4.2.2 常用的块编码	69	6.1.5 实现	107
4.3 采样	70	6.2 WDM	108
4.3.1 脉幅调制	70	6.3 TDM	108
4.3.2 脉码调制	71	6.3.1 时隙和帧	109
4.3.3 采样频率: Nyquist定理	72	6.3.2 交替	110
4.3.4 采样的位数	73	6.3.3 同步	111
4.3.5 比特率	73	6.3.4 位填充	112
4.4 传输模式	74	6.3.5 数字信号服务	112
4.4.1 并行传输	74	6.3.6 T线路	113
4.4.2 串行传输	74	6.3.7 反向TDM	115
4.5 本章小结	77	6.3.8 TDM的其他应用	116
4.6 习题集	77	6.4 本章小结	116

10.5.3 练习	181	第12章 点到点访问	204
第11章 数据链路控制与协议	183	12.1 点到点协议	204
11.1 流量控制和差错控制	183	12.1.1 帧格式	204
11.1.1 流量控制	183	12.1.2 状态转换	205
11.1.2 差错控制	183	12.2 PPP栈	205
11.1.3 流量控制和差错控制机制	183	12.2.1 链路控制协议	206
11.2 停-等ARQ	184	12.2.2 鉴别协议	207
11.2.1 运行	184	12.2.3 网络控制协议	210
11.2.2 双向传输	186	12.2.4 实例	210
11.3 退后N帧ARQ	187	12.3 本章小结	211
11.3.1 序列号	187	12.4 习题集	212
11.3.2 发送方滑动窗口	187	12.4.1 复习题	212
11.3.3 接收方滑动窗口	187	12.4.2 选择题	212
11.3.4 控制变量	188	12.4.3 练习	213
11.3.5 定时器	188	第13章 多路访问	214
11.3.6 确认	188	13.1 随机访问	214
11.3.7 重传帧	188	13.1.1 多路访问	215
11.3.8 运行	188	13.1.2 载波检测多路访问	215
11.3.9 发送方窗口大小	190	13.1.3 CSMA/CD	217
11.3.10 双向传输和捎带	190	13.1.4 CSMA/CA	218
11.4 选择性重传ARQ	190	13.2 受控访问	218
11.4.1 发送方和接收方窗口	191	13.2.1 预约	218
11.4.2 运行	191	13.2.2 轮询	219
11.4.3 发送方窗口大小	192	13.2.3 令牌传递	220
11.4.4 双向传输和捎带	192	13.3 通道化	221
11.4.5 带宽-延迟乘积	192	13.3.1 FDMA	221
11.4.6 流水线	193	13.3.2 TDMA	221
11.5 HDLC	193	13.3.3 CDMA	222
11.5.1 配置和传输模式	193	13.4 本章小结	225
11.5.2 帧	193	13.5 习题集	226
11.5.3 帧格式	194	13.5.1 复习题	226
11.5.4 帧类型	195	13.5.2 选择题	226
11.5.5 实例	197	13.5.3 练习	227
11.5.6 数据透明性	198	第14章 以太网	229
11.6 本章小结	201	14.1 传统的以太网	229
11.7 习题集	201	14.1.1 MAC子层	230
11.7.1 复习题	201	14.1.2 物理层	231
11.7.2 选择题	201	14.1.3 物理层实现	233
11.7.3 练习	202	14.1.4 桥接以太网	234

14.1.5 交换式以太网	236	16.1.5 路由器和三层交换机	273
14.1.6 全双工以太网	236	16.2 主干网	273
14.2 快速以太网	237	16.2.1 总线型主干网	273
14.2.1 MAC子层	237	16.2.2 星型主干网	274
14.2.2 物理层	238	16.2.3 连接远程LAN	275
14.2.3 物理层实现	239	16.3 虚拟局域网	275
14.3 千兆以太网	241	16.3.1 成员	276
14.3.1 MAC子层	241	16.3.2 配置	277
14.3.2 物理层	241	16.3.3 交换机间通信	278
14.3.3 物理层实现	242	16.3.4 IEEE标准	278
14.4 本章小结	244	16.3.5 优势	278
14.5 习题集	244	16.4 本章小结	279
14.5.1 复习题	244	16.5 习题集	279
14.5.2 选择题	245	16.5.1 复习题	279
14.5.3 练习	246	16.5.2 选择题	279
第15章 无线局域网	248	16.5.3 练习	281
15.1 IEEE 802.11	248	第17章 移动电话和卫星网络	282
15.1.1 体系结构	248	17.1 移动电话	282
15.1.2 物理层	249	17.1.1 频率复用原理	282
15.1.3 MAC层	251	17.1.2 传输	283
15.1.4 寻址机制	255	17.1.3 接收	283
15.2 蓝牙	256	17.1.4 接力	283
15.2.1 体系结构	257	17.1.5 漫游	284
15.2.2 蓝牙层	258	17.1.6 第一代	284
15.2.3 无线电层	258	17.1.7 第二代	284
15.2.4 基带层	258	17.1.8 第三代	290
15.2.5 L2CAP	261	17.2 卫星网络	291
15.2.6 其余上层	262	17.2.1 轨道	291
15.3 本章小结	262	17.2.2 覆盖区域	292
15.4 习题集	263	17.2.3 三种类型的人造卫星	292
15.4.1 复习题	263	17.2.4 GEO卫星	293
15.4.2 选择题	263	17.2.5 MEO卫星	293
15.4.3 练习	265	17.2.6 LEO卫星	294
第16章 连接局域网、主干网和虚拟局 域网	266	17.3 本章小结	296
16.1 连接设备	266	17.4 习题集	296
16.1.1 中继器	266	17.4.1 复习题	296
16.1.2 集线器	267	17.4.2 选择题	297
16.1.3 网桥	268	17.4.3 练习	298
16.1.4 两层交换机	273		