

全球版 | GLOBAL EDITION

国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材



Pearson

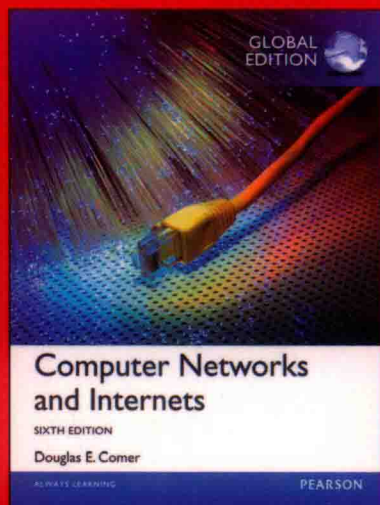
计算机网络与 因特网

(第6版)

[美] 道格拉斯 E. 科默 (Douglas E. Comer) 著
徐明伟 译

COMPUTER
NETWORKS
AND INTERNETS

Sixth Edition



中国工信出版集团

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



Pearson

GLOBAL EDITION | 全球版

国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材

计算机网络与 因特网

(第6版)

[美] 道格拉斯 E. 科默 (Douglas E. Comer) 著
徐明伟 译

COMPUTER
NETWORKS
AND INTERNETS

Sixth Edition

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

计算机网络与因特网 : 第6版 / (美) 道格拉斯·E. 科默 (Douglas E. Comer) 著 ; 徐明伟译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2019.1
国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材
ISBN 978-7-115-47331-8

I. ①计… II. ①道… ②徐… III. ①计算机网络—高等学校—教材 IV. ①TP393

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第287550号

版权声明

Authorized translation from the English language edition, entitled COMPUTER NETWORKS AND INTERNETS: GLOBAL EDITION, 6E by COMER, DOUGLAS E., published by Pearson Education, Ltd, Copyright © 2015 by Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by POSTS AND TELECOMMUNICATIONS PRESS, Copyright © 2018.

本书中文简体字版由 Pearson Education Asia Ltd.授权人民邮电出版社独家出版。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

本书封面贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。

-
- ◆ 著 [美] 道格拉斯 E.科默 (Douglas E.Comer)
 - 译 徐明伟
 - 责任编辑 邹文波
 - 责任印制 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 山东华立印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 28.5 2019年1月第1版
 - 字数: 696千字 2019年1月山东第1次印刷
 - 著作权合同登记号 图字: 01-2015-8771号
-

定价: 108.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

内容提要

本书在前几版的基础上进行了全面的修订与更新，系统介绍了计算机网络各层次的知识，全面翔实地讲解了网络基础协议，并增加了部分网络新应用与新兴技术。全书共分为五部分，详细介绍了计算机网络与互联网应用、数据通信基础知识、分组交换与网络技术、使用 TCP/IP 实现网络互联，以及其他网络新概念与新兴技术。

本书内容丰富，涵盖面广，注重实践，在讲解理论知识的同时提供了大量的练习题和丰富的网络资源，可作为高校教材使用，也可供广大工程技术人员参考。

作者简介

Douglas E. Comer 博士是国际公认的计算机网络、TCP/IP 和互联网方面的专家。他对在 20 世纪 70 年代末到 80 年代互联网的形成做出了贡献，他是互联网体系结构委员会 (IAB) 的成员，该组织负责引导互联网的发展。他还是 CSNET 技术委员会的主席，CSNET 执行委员会的成员，DARPA 的分布式系统架构委员会主席。

Comer 为工业界中的计算机网络设计提供咨询。除了在美国的大学举行讲座外，Comer 每年还会向世界各地的学者和网络界的专家们做演讲。Comer 的操作系统、Xinu 以及他对 TCP/IP 协议的实现（都记录在他的教科书里）都已被用于商业产品。

Comer 在普渡大学是一位著名的计算机科学教授。在那之前，他曾担任思科系统研究副总裁。Comer 教授网络、网络互联、计算机体系结构和操作系统课程。在普渡大学，他创立了创新实验室，为学生提供在操作系统、网络和协议方面获取实战经验的机会。除了编写一系列已被翻译成 16 种语言的畅销技术书籍外，他担任北美《Software-Practice and Experience》期刊的编辑已有二十余年。Comer 还是 ACM Fellow。

更多的信息可以在下面网址找到：

www.cs.purdue.edu/people/comer

对本书的赞誉

“本书是我读过的最好的书之一，谢谢你。”

Gokhan Mutlu
Ege University, Turkey

“在读完本书之前我完全无法放下它，简直太棒了。”

Lalit Y. Raju
Regional Engineering College, India

“这是一本对于初学者和专业人士都很棒的书——写得很好，覆盖很全，且很容易上手。”

John Lin
Bell Labs

“本书覆盖的广度令人惊叹。”

George Varghese
University of California at San Diego

“这确实是我看过的这一类型中最好的书，十分感谢！”

Chez Ciechanowicz
Info. Security Group, University Of London

“附录1提供的轻量级Web服务器太美妙了——读者能获得一种兴奋感。”

Dennis Brylow
Marquette University

“这是多么棒的一本教科书啊。”

Jaffet A. Cordoba
Technical Writer

“这本书棒极了！”

Peter Parry
South Birmingham College, UK

“覆盖的广度非常好，对概念的简单传递是本书的特点。作为一个理想的选择，为理解（互联网）超级结构提供了宽广坚实的基础。本书是一本针对于初学者或想投身网络领域的人的必读书籍。这本书中许多重要部分都是我们培训时的基础。”

Vishwanathan Thyagu
TETCOS, Bangalore, India

“哇，当我准备 CCNA 考试时，本书中对概念的清晰解释解决了我在理解 OSI 模型和 TCP/IP 数据传输方面的所有困惑。它为我打开了通往网络和 TCP/IP 这一神奇世界的大门。”

Solomon Tang
PCCW, Hong Kong

“一个无价的工具，特别是对那些想要清晰而广泛认识计算机网络的程序员和计算机科学家而言。”

Peter Chuks Obiefuna
East Carolina University

“本书覆盖了很多内容，作者使这些内容很容易阅读和理解，这是我喜欢本书最大的原因。它很合适那些 3 学分的课，很多内容都可以被覆盖。学生对本书都有积极反馈，他们非常感谢使用这本书。”

Jie Hu
Saint Cloud State University

“虽然涉及了网络原理中大量的术语和缩写，本书对初学者却非常的友好。Comer 是一个优秀的作家，他对术语都做了详尽的解释和扩展。本书覆盖了从线缆到网站的整个相关领域。非常杰出的作品。”

Jennifer Seitzer
University of Dayton

Douglas Comer 的其他著作

TCP/IP 网络互连技术，卷 I：原理、协议和体系结构，第六版：2013，ISBN 978-0-13-608530-0

这本书是任何想要更深入地了解网络技术领域的人的经典参考书籍，其中包括了 TCP/IP 协议簇并且描述了其中的每个部分。正文主要包括很多协议讲解，如 IPv4、IPv6、ICMP、TCP、UDP、ARP、SNMP、MPLS 和 RTP，以及很多概念的讲解，如 VPN、地址转换、地址分类、软件定义网络和物联网。

TCP/IP 网络互连技术，卷 II：设计、实施和内幕（与 David Stevens 合著），第三版：1999，ISBN 0-13-973843-6

第 II 卷继续讨论 TCP/IP 族，从一个正在运行的 TCP/IP 协议的实现代码角度来说明所有的细节。

TCP/IP 网络互连技术，卷 III：客户—服务器编程与应用（与 David Stevens 合著）

Linux/Posix 套接字版本：2000，ISBN 0-13-032071-4

AT&T TLI 版本：1994，ISBN 0-13-474230-3

Windows 套接字版：1997，ISBN 0-13-848714-6

第 III 卷描述了用于构建分布式计算系统的客户—服务器模型的基本概念，并解释了服务器设计以及用于建立客户和服务器的工具和技术。第 III 卷有 3 个可用的版本包括 Socket API (Linux/Posix)、TLI API (AT&T 的 System V) 和 Windows Sockets API (微软)。

基于网络处理器的网络系统的设计，Intel 2XXX 版，2006，ISBN 0-13-187286-9

本书全面概述了数据包处理系统如桥接器、路由器、TCP 状态机、NAT 的设计和工程实现。重点着眼于网络处理器技术，解释了网络系统的设计原则及设计中的因素权衡，并给出了一个网络处理器的示例代码。

互联网之书：你需要知道的关于计算机网络与互联网的运作方式的一切，第四版（2007），ISBN 0-13-233553-0

本书对网络和互联网的知识进行通俗的介绍，不需要读者有相关的技术背景。它解释了最一般意义上的互联网，不针对某一特定的计算机系统或特定的软件。对于想了解互联网和计算机网络的人是一本理想的读物，其中也包含了广泛的术语和缩略词。

Comer 的完整著作列表请见下列网址：

www.comerbooks.com

前言

我非常感谢那些花时间给我写信对《计算机网络与互联网》一书进行评论的读者朋友们。这些评论非常积极热情，读者来源的广泛程度同样令人惊讶。除了在课程中使用本书的学生，计算机网络的专业从业人员也对本书清晰的知识描述，以及帮助他们通过专业认证考试赞不绝口。许多热心的评论来自世界各地，一些是针对英语版本的，一些是针对国外翻译版的。特别是在市场上大量存在网络书籍的环境下，本书是成功的。本书因为它覆盖面广、组织结构有逻辑、概念解释清晰，以及专注于互联网的特性，得到了许多教授和学生的赞誉。

这个版本的更新

根据读者的建议和最近网络技术领域的新变化，我们对本书进行了修订。我们显著减少了对旧技术的介绍，取而代之的是针对新技术的内容。其中，重大的改动如下。

- 每一章都有更新的内容。
- 额外增加了图片来增强对概念的解释。
- 每章中都综合了 IPv4 和 IPv6。
- 扩大了 MPLS 和隧道技术的覆盖范围。
- 新增了软件定义网络（Software Defined Network, SDN）和 OpenFlow 章节。
- 新增了物联网（Internet of Things）和 Zigbee 章节。

方法的选择

课程内容应该采取自顶向下还是自底向上的方法？在自底向上的方法中，首先着眼于如何在单一的线缆上传输数据，然后学习如何通过各个协议层扩展新的功能。在自顶向下的方法中，一开始会接触一些高层的应用程序，开始只学习高层应用是如何工作的，之后才能学习底层的技术细节。

本书结合了自顶向下和自底向上两种方法的优势。首先讨论了网络应用程序和互联网提供的通信模式。它可以让读者在学习底层技术之前先了解互联网为应用程序提供的设施。在讨论完应用程序后，本书将讲解计算机网络的逻辑结构，这样能够使读者了解每一个新技术是如何建立在下层技术之上的。

目标读者

本书回答了一个基本的问题：计算机网络与互联网如何运转？本书通过应用程序、互联网协议、具体网络技术（例如 LAN 和 WAN）以及更底层的技术细节（例如线缆和数据传输）等网络的各个方面，向读者提供了一次对于网络的全面而独立的漫游。它展

示了协议如何使用底层硬件以及应用程序如何使用协议栈来为用户提供功能。

本书可供高年级的本科生或具有很少或根本没有网络知识背景的低年级研究生学习使用, 本书不使用复杂的数学原理, 也不需要详细的操作系统知识。相反, 它清晰地定义了概念, 使用具体的例子和数据来说明每项技术是如何运作的, 并且只提供理论分析的结果而不提供数学证明。

内容组织

全书共分为五个部分。第一部分(第1章~第4章)重点介绍了网络和互联网应用。它描述了协议分层, 客户—服务器模型的交互, 套接字应用编程接口, 并给出了互联网中使用的应用层协议的例子。

第二部分(第5章~第12章)解释了数据通信, 并介绍了底层硬件的相关背景、基本术语, 以及网络互联中使用的基本概念, 例如带宽、调制和复用。第二部分的最后一章介绍了在互联网中使用的访问和互连技术, 并使用前面章节的概念来解释每一项技术。

第三部分(第13章~第19章)重点介绍了分组交换和分组交换网络技术。这些章节给出了使用分组交换的动机, 介绍了二层协议的 IEEE 模型, 并介绍了有线和无线网络技术, 例如以太网和 Wi-Fi。第三部分还介绍了网络技术的 4 种基本类型: 局域网(LAN)、城域网(MAN)、个域网(PAN)和广域网(WAN), 并讨论了广域网中的路由。这部分的最后一章介绍了已在互联网上使用的网络技术的例子。

第四部分(第20章~第26章)侧重于互联网协议。在讨论了网络互联的动机之后, 描述了互联网体系结构、路由器、互联网编址、地址绑定、TCP/IP 协议族, 对 IPv4、IPv6、TCP、UDP、ICMP、ARP 等协议进行了详细阐述, 让读者将理论与实际结合起来。由于 IPv6 已经(终于)开始部署, 关于 IPv6 的内容已经集成到各章节。每章首先介绍基本概念, 然后阐述这些概念如何在 IPv4 和 IPv6 上实施。第25章介绍 TCP, 涵盖了传输协议可靠性这个重要话题。

第五部分(第27章~第33章)讨论了一些跨越协议栈中多个层次的话题, 包括网络性能、网络安全、网络管理、网络发展趋势、多媒体支持与物联网。第31章介绍了软件定义网络, 这是在网络中最令人兴奋的新进展之一。每一章都是之前的部分引出的话题。将这些章节放在本书的最后, 主要是遵循了先定义概念后使用概念的原则, 而不是因为这些话题不重要。

在课程中的使用

本书非常适合用作大三或大四学生的网络教学入门课程。本书为一门完整而全面的课程而设计, 涵盖了从线缆到网络应用的所有主题。虽然许多教师选择跳过数据通信的相关内容, 但我还是鼓励他们介绍那些对后面的章节较为重要的关键概念和术语。无论课程如何组织, 我鼓励教师为学生布置本书的作业。例如, 在普渡大学的本科阶段, 学生每周的实验作业, 都会涵盖很多主题: 从网络测量、数据包分析到网络编程。当他们完成我们的课程时, 每个学生都应该知道一个 IP 路由器如何使用转发表来选择一个 IP 数据报的下一跳; 能够描述出数据报在互联网中的传输过程; 识别和解释一个以太网帧

的结构；知道 TCP 如何识别一个连接；知道为什么并发 Web 服务器可以处理连接到 80 端口的多个连接；计算单个比特以光速在线缆中传播的长度；解释为什么 TCP 是端到端的；知道为什么机器对机器的通信对物联网很重要；了解 SDN 的产生动机。

单独一门课程的目标应该是覆盖的广度，而不是深度。为了涵盖一个主题，我们不能过多地关注某几项技术或某几个概念。因此，一门课程成功的关键在于保持快速的节奏。为了在一个学期中讲完最重要的内容，第二部分中的底层技术内容可以压缩，而网络技术与网络互联的相关内容可以各分配 4 周，留下 2 周介绍网络应用以及网络管理与安全等主题。套接字编程的细节可以通过编程练习来学习，可以作为随堂作业或家庭作业。

教师应该让学生理解概念和原理的重要性：特定的技术可能会在几年内过时，但原理不会。此外，教师应该使学生体会到遍布于网络中的兴奋感，这种兴奋感的持续来源于网络技术的不断发展和变化，软件定义网络就是很好的例子。

虽然每一个单独的主题都不算太难，但学生可能会发现要学习的内容十分庞杂。特别是学生们将面对大量新的概念，网络缩略词和术语尤其容易混淆；学生需要花很多的时间来习惯使用适当的术语。在普渡大学，我们鼓励学生维护一个术语列表（并且我们发现通过每周词汇小测而不是等到考试可以帮助学生随着学期进展来记住术语）。

因为编程和实验是帮助学生了解网络的关键，动手实验是任何网络课程的重要组成部分¹。在普渡大学，在学期的初期，我们会让学生构建客户软件访问网络和提取数据（例如，写一个程序访问一个网站并打印当前气温）。附录 1 在开始学习时是非常有帮助的：它解释了一个简化的 API。该接口可以从网站获得，它使得学生在学习有关协议、地址、套接字或（有点乏味的）套接字接口之前可以先编写代码。在学期的后期，当然，学生会学习 socket 编程。最终，他们能够写一个并发的 Web 服务器。支持服务器端脚本是一个选做实验，但大多数学生都能够完成它。除了应用程序的编写，学生们还使用我们的实验工具从真实网络中抓取数据包，写程序解析报文头部（例如以太网、IP、TCP），并观察 TCP 连接。如果没有高级的实验设备，学生也可以使用免费的数据包分析软件，例如 Wireshark。

除了简化版 API 的代码，本书的网站还向学生和教师提供了额外的学习资料：

<http://www.pearsonglobaleditions.com/Comer>

我要感谢所有对本书的编辑做出贡献的人。普渡大学的许多毕业生为本书贡献了建议和意见；Baijian (Justin) Yang 和 Bo Sang 建议增加文字和图片来帮助学生更好地理解知识；来自思科公司的 Fred Baker、Ralph Droms 与 Dave Oran 帮助完成了本书的早期版本；Lami Kaya 就如何组织数据通信部分的内容给出了建议，并给出了许多其他有价值的建议；Pearson 想感谢以下的人在本书各国版本上所作的工作。贡献者：Sabyasachi Abadhan, National Institute of Technology, Silchar；Aref Ahmedd, National Institute of Technology, Silcha；审核者：Chitra Dhawale, P. R. Pote College of Engineering & Management, Amravati；Soumen Mukherjee；Arup Bhattacharjee。特别感谢我的妻子同时也是搭档 Christine，她精心的编辑和有建设性的建议为全书增色添彩。

Douglas E. Comer

¹ 另一本实验教材《动手做网络 (Hands-On Networking)》描述了在多种硬件平台上都能完成的实验和作业，包括单台计算机或局域网中的一组计算机。

目录

第一部分 网络与互联网应用介绍

第 1 章 引言与概述 2

- 1.1 计算机网络的成长 2
- 1.2 为什么网络看上去复杂 2
- 1.3 网络的 5 个关键方面 3
- 1.4 互联网的公共与私有部分 5
- 1.5 网络、互操作性与标准 7
- 1.6 协议集与分层模型 7
- 1.7 数据如何在层间传递 9
- 1.8 头部与层 10
- 1.9 国际标准化组织 (ISO) 与 OSI 七层参考模型 10
- 1.10 本书其余部分的内容 11
- 1.11 本章小结 12
- 练习 12

第 2 章 互联网发展趋势 13

- 2.1 引言 13
- 2.2 资源共享 13
- 2.3 互联网的成长 13
- 2.4 从资源共享到通信 15
- 2.5 从文本到多媒体 16
- 2.6 近期发展趋势 16
- 2.7 从单个计算机到云计算 17

2.8 本章小结 18

练习 18

第 3 章 互联网应用与网络编程 20

- 3.1 引言 20
- 3.2 两种基本的互联网通信模式 20
- 3.3 面向连接的通信 21
- 3.4 交互中的客户—服务器模型 22
- 3.5 客户和服务器的特征 22
- 3.6 服务器程序和服务器类计算机 23
- 3.7 请求、响应和数据流方向 23
- 3.8 多客户和多服务器 24
- 3.9 服务器标识和标识分解 24
- 3.10 并发服务器 25
- 3.11 服务器间的循环依赖关系 25
- 3.12 对等 (Peer-To-Peer) 交互 26
- 3.13 网络编程和套接字 API 27
- 3.14 套接字、描述符和网络 I/O 27
- 3.15 参数和套接字 API 27
- 3.16 客户和服务器的套接字调用 28
- 3.17 客户和服务器共用的套接字函数 28

- 3.18 仅供客户使用的 connect 函数 30
- 3.19 仅供服务器使用的套接字函数 30
- 3.20 采用消息模式的套接字函数 32
- 3.21 其他套接字函数 33
- 3.22 套接字、线程和继承性 33
- 3.23 本章小结 34
- 练习 34

第4章 传统互联网应用 36

- 4.1 引言 36
- 4.2 应用层协议 36
- 4.3 表示和传送 37
- 4.4 Web 协议 37
- 4.5 用 HTML 表示文档 38
- 4.6 统一资源定位符和超链接 39
- 4.7 用 HTTP 进行 Web 文档传送 40
- 4.8 浏览器缓存 42
- 4.9 浏览器结构 43
- 4.10 文件传送协议 (FTP) 43

- 4.11 FTP 通信模式 44
- 4.12 电子邮件 46
- 4.13 简单邮件传送协议 (SMTP) 47
- 4.14 互联网服务提供商、邮件服务器和邮件访问 48
- 4.15 邮件访问协议 (POP、IMAP) 49
- 4.16 电子邮件表示标准 (RFC2822, MIME) 49
- 4.17 域名系统 (DNS) 50
- 4.18 以服务名称开头的域名 52
- 4.19 DNS 分层结构与服务器模型 53
- 4.20 名字解析 54
- 4.21 DNS 服务器中的缓存 54
- 4.22 DNS 表项的类型 55
- 4.23 别名与 CNAME 资源记录 56
- 4.24 缩写与 DNS 56
- 4.25 国际化的域名 57
- 4.26 可扩展表示 (XML) 57
- 4.27 本章小结 58
- 练习 59

第二部分 数据通信

第5章 数据通信概述 61

- 5.1 引言 61
- 5.2 数据通信的本质 61
- 5.3 数据通信的动机和范围 62
- 5.4 通信系统的概念组成 62
- 5.5 数据通信的子问题 64
- 5.6 本章小结 64

练习 64

第6章 信源与信号 65

- 6.1 引言 65
- 6.2 信源 65
- 6.3 模拟与数字信号 65
- 6.4 周期与非周期信号 66
- 6.5 正弦波与信号特征 66

- 6.6 复合信号 68
 - 6.7 复合信号与正弦函数的重要性 68
 - 6.8 时域与频域表示 68
 - 6.9 模拟信号的带宽 69
 - 6.10 数字信号与信号等级 70
 - 6.11 波特率与比特率 71
 - 6.12 将数字信号转换为模拟信号 71
 - 6.13 数字信号的带宽 72
 - 6.14 信号的同步与协定 72
 - 6.15 线路编码 73
 - 6.16 计算机网络中使用的曼彻斯特编码 74
 - 6.17 将模拟信号转换为数字信号 75
 - 6.18 奈奎斯特定理与采样率 77
 - 6.19 奈奎斯特定理与电话系统传输 77
 - 6.20 非线性编码 77
 - 6.21 编码与数据压缩 78
 - 6.22 本章小结 78
 - 练习 79
- 第 7 章 传输介质 80**
- 7.1 引言 80
 - 7.2 导向传输和非导向传输 80
 - 7.3 依据能量形式分类 80
 - 7.4 背景辐射和电噪声 81
 - 7.5 双绞线 81
 - 7.6 屏蔽: 同轴电缆和屏蔽双绞线 82
 - 7.7 双绞线的类别 83
 - 7.8 使用光能的介质和光纤 84
 - 7.9 光纤类型和光传输 85
 - 7.10 光纤和铜线的对比 85
 - 7.11 红外线通信技术 86
 - 7.12 点到点激光通信 86
 - 7.13 电磁(无线电)通信 87
 - 7.14 信号传播 87
 - 7.15 卫星的类型 88
 - 7.16 地球同步轨道(GEO)卫星 88
 - 7.17 GEO 地球覆盖范围 89
 - 7.18 近地轨道(LEO)卫星和卫星集群 90
 - 7.19 介质类型之间的权衡 90
 - 7.20 测量传输介质 90
 - 7.21 噪声对通信的影响 91
 - 7.22 信道容量的重要性 91
 - 7.23 本章小结 92
 - 练习 92
- 第 8 章 可靠性与信道编码 94**
- 8.1 引言 94
 - 8.2 传输错误的 3 个主要源头 94
 - 8.3 传输错误对数据的影响 95
 - 8.4 处理信道错误的两种策略 95
 - 8.5 分组码和卷积码 96
 - 8.6 分组差错编码举例: 单奇偶校验 96
 - 8.7 分组码的数学原理与 (n, k) 表示 97
 - 8.8 海明距离: 编码强度的度量 98
 - 8.9 码簿中码字之间的海明距离 98
 - 8.10 差错检测与开销之间的权衡 99

- 8.11 采用纵横奇偶校验的纠错 99
- 8.12 用于互联网的 16 比特校验和 100
- 8.13 循环冗余码(CRC) 101
- 8.14 用硬件高效实现 CRC 103
- 8.15 自动重传(ARQ)机制 103
- 8.16 本章小结 104
- 练习 104

第 9 章 传输模式 106

- 9.1 引言 106
- 9.2 传输模式分类 106
- 9.3 并行传输 106
- 9.4 串行传输 107
- 9.5 传输顺序: 比特与字节 108
- 9.6 串行传输的时机 108
- 9.7 异步传输 108
- 9.8 RS-232 异步字符传输 109
- 9.9 同步传输 110
- 9.10 字节、块与帧 110
- 9.11 等时传输 111
- 9.12 单工、半双工与全双工传输 111
- 9.13 DCE 和 DTE 设备 112
- 9.14 本章小结 113
- 练习 113

第 10 章 调制与解调 114

- 10.1 引言 114
- 10.2 载波、频率和传播 114
- 10.3 模拟调制方案 114
- 10.4 振幅调制 115

- 10.5 频率调制 115
- 10.6 相移调制 116
- 10.7 振幅调制与香农定理 116
- 10.8 调制、数字输入和键控 116
- 10.9 相移键控 117
- 10.10 相移和星座图 118
- 10.11 正交调幅 119
- 10.12 调制解调器硬件 119
- 10.13 光学和射频调制解调器 120
- 10.14 拨号调制解调器 120
- 10.15 应用于拨号的 QAM 121
- 10.16 V.32 和 V.32bis 拨号调制解调器 121
- 10.17 本章小结 122
- 练习 122

第 11 章 复用与解复用(信道化) 123

- 11.1 引言 123
- 11.2 复用的概念 123
- 11.3 复用的基本类型 124
- 11.4 频分多路复用 124
- 11.5 每个信道使用一个频率范围 126
- 11.6 分层 FDM 126
- 11.7 波分多路复用 127
- 11.8 时分多路复用 127
- 11.9 同步 TDM 128
- 11.10 电话系统中 TDM 的组帧技术 128
- 11.11 分级 TDM 129
- 11.12 同步 TDM 的问题: 空闲时隙 130

- 11.13 统计 TDM 130
- 11.14 反向多路复用 131
- 11.15 码分多路复用 132
- 11.16 本章小结 133
- 练习 133

第 12 章 接入与互连技术 135

- 12.1 引言 135
- 12.2 互联网接入技术：上行和下行 135
- 12.3 窄带与宽带接入技术 136
- 12.4 本地环路和 ISDN 136
- 12.5 数字用户线路技术 137
- 12.6 本地环路特征和适配 138
- 12.7 ADSL 的数据速率 138
- 12.8 ADSL 安装和分离器 139
- 12.9 电缆调制解调器技术 139

- 12.10 电缆调制解调器的数据速率 140
- 12.11 电缆调制解调器的安装 140
- 12.12 光纤同轴混合 140
- 12.13 采用光纤的接入技术 141
- 12.14 头端和尾端调制解调器 142
- 12.15 无线接入技术 142
- 12.16 互联网核心的大容量连接 142
- 12.17 线路终端、DSU/CSU 和 NIU 143
- 12.18 数字线路的电话标准 144
- 12.19 DS 术语和数据速率 144
- 12.20 最大容量线路（STS 标准） 145
- 12.21 光载波标准 145
- 12.22 后缀 C 145
- 12.23 同步光网络（SONET） 146
- 12.24 本章小结 147
- 练习 147

第三部分 分组交换与网络技术

第 13 章 局域网：分组、帧和拓扑 150

- 13.1 引言 150
- 13.2 电路交换与模拟通信 150
- 13.3 分组交换 151
- 13.4 局域和广域分组网络 152
- 13.5 关于分组格式与标识的标准 153
- 13.6 IEEE 802 模型和标准 153
- 13.7 点到点和多路访问网络 155
- 13.8 LAN 拓扑 155

- 13.9 分组标识、解复用、MAC 地址 156
- 13.10 单播、广播与组播地址 157
- 13.11 广播、组播与高效多点传递 158
- 13.12 帧和组帧 158
- 13.13 字节填充和比特填充 160
- 13.14 本章小结 160
- 练习 161

第 14 章 IEEE MAC 子层 162

- 14.1 引言 162

- 14.2 共享访问机制的分类 162
- 14.3 静态和动态信道分配 163
- 14.4 信道分配协议 163
- 14.5 受控访问协议 164
- 14.6 随机访问协议 166
- 14.7 本章小结 170
- 练习 170

第 15 章 有线局域网技术 (以太网和 802.3) 171

- 15.1 引言 171
- 15.2 伟大的以太网 171
- 15.3 以太网帧格式 171
- 15.4 以太网帧类型字段与解复用 172
- 15.5 IEEE 版本的以太网(802.3) 172
- 15.6 局域网连接与网络接口卡 173
- 15.7 以太网演进与粗缆网络布线 173
- 15.8 细缆以太网布线 174
- 15.9 双绞线以太网布线与集线器 174
- 15.10 以太网的物理和逻辑拓扑 175
- 15.11 楼宇布线 176
- 15.12 以太网数据速率与电缆类型 176
- 15.13 双绞线连接器与电缆 177
- 15.14 本章小结 178
- 练习 178

第 16 章 无线网络技术 179

- 16.1 引言 179

- 16.2 无线网络的分类 179
- 16.3 个人区域网(PAN) 179
- 16.4 局域网和个人区域网使用的 ISM 无线频段 180
- 16.5 无线局域网技术与 Wi-Fi 180
- 16.6 扩频技术 181
- 16.7 其他无线局域网标准 181
- 16.8 无线局域网架构 182
- 16.9 重叠、关联和 802.11 帧格式 183
- 16.10 接入点之间的协调 183
- 16.11 竞争和无竞争访问 184
- 16.12 无线城域网技术和 WiMAX 185
- 16.13 个人区域网技术和标准 186
- 16.14 其他的短距离通信技术 187
- 16.15 无线广域网技术 188
- 16.16 微型蜂窝单元 189
- 16.17 蜂窝单元集群和频率重用 190
- 16.18 蜂窝技术的发展 191
- 16.19 VSAT 卫星技术 193
- 16.20 GPS 卫星 194
- 16.21 软件定义无线电和无线的未来 194
- 16.22 本章小结 195
- 练习 195

第 17 章 中继器、网桥与交换机 197

- 17.1 引言 197
- 17.2 距离限制与局域网设计 197
- 17.3 光纤调制解调器扩展 197