

TURING

图灵原版电子与电气工程系列

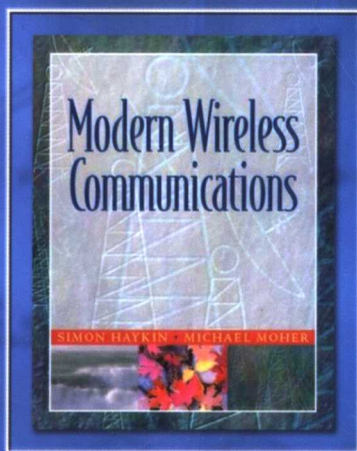
PEARSON
Prentice
Hall

Modern Wireless Communications

现代无线通信

(英文版)

[加] Simon Haykin 著
Michael Moher



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TURING

图灵原版电子与电气工程系列

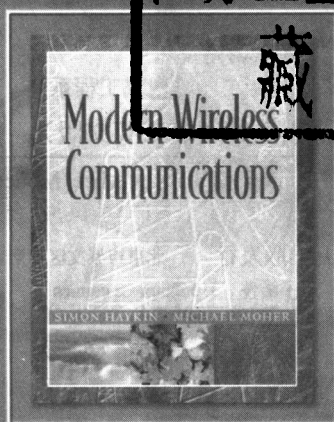
Modern Wireless Communications

现代无线通信

(英文版)

[加] Simon Haykin 著
Michael Mohr

江苏工业学院图书馆
藏书章



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

现代无线通信 / (加) 赫金 (Haykin, S.), (加) 默尔 (Moher, M.) 著.

—北京: 人民邮电出版社, 2007.2

(图灵原版电子与电气工程系列)

ISBN 978-7-115-15565-8

I. 现... II. ①赫...②默... III. 无线电通信—英文 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 146764 号

内 容 提 要

无线通信及其应用已经成为当今信息科学技术最活跃的领域之一。本书是针对通信系统课程教学而撰写的一部新作, 在阐述方式和取材方面都颇具特色。书中主要针对无线网络的物理层, 阐述了无线电传播基础和现代无线通信基本理论及技术。全书内容共分为7章、9个附录, 分别介绍调制、编码、扩频等问题; 每一章都有例题及详解, 并在章末配有大量习题, 以帮助读者理解本章所讨论内容。

本书适合作为高等院校通信和电子工程相关专业高年级本科生和研究生教材, 也可供工程技术人员参考。

图灵原版电子与电气工程系列

现代无线通信 (英文版)

◆ 著 [加] Simon Haykin Michael Moher

责任编辑 朱 巍

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京铭成印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 700 × 1000 1/16

印张: 31

字数: 595 千字

2007 年 2 月第 1 版

印数: 1—3 000 册

2007 年 2 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2006-5091 号

ISBN 978-7-115-15565-8/TN · 2914

定价: 59.00 元

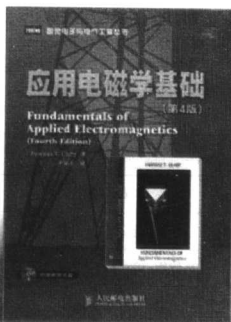
读者服务热线: (010)88593802 印装质量热线: (010)67129223

人民邮电出版社图灵公司专注于引进国外经典教材与优秀科技图书，出版国内高校教师编写的专业教材，专业方向包括：计算机、数学、统计学和电子电气等。合作伙伴包括Prentice-Hall、Addison-Wesley、Wiley、McGraw-Hill、剑桥大学出版社、Elsevier、IEEE Press、Wrox、SIAM等多家世界知名出版公司，具有丰富的选题资源和雄厚的出版力量。

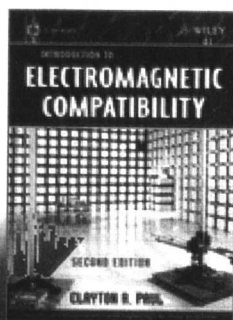
目录、前言等出版物详细信息，请浏览www.turingbook.com



书 名：工程电磁兼容(第2版)
原书名：Engineering Electromagnetic Compatibility: Principles, Measurements, Technologies, and Computer Models
原出版社：IEEE Press
作 者：V. Prasad Kodali
译 者：陈淑凤 高攸纲 苏东林 周璧华
书 号：7-115-15174-1
定 价：49.00元
出版时间：2006年9月
页 数：456



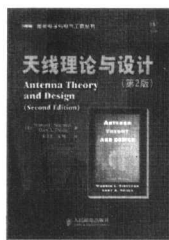
书 名：应用电磁学基础(第4版)
原书名：Fundamentals of Applied Electromagnetics, 2004 Media Edition
原出版社：Prentice Hall
作 者：Fawwaz T. Ulaby
译 者：尹华杰
书 号：978-7-115-15384-5/TN · 2878
定 价：59.00元
出版时间：2006年12月
页 数：448



书 名：电磁兼容导论(第2版)
原书名：Introduction to Electromagnetic Compatibility
原出版社：John Wiley and Sons
作 者：Clayton R. Paul
译 者：闻映红
定 价：99.00元
出版时间：2007年2月
页 数：650



书 名: 实用开关电源设计
原书名: Practical Design of Power Supplies
原出版社: John Wiley and Sons
作 者: Ron Lenk
译 者: 王正仕 张军明 徐德鸿(审)
书 号: 7-115-14641-1
定 价: 32.00元
出版时间: 2006年4月
页 数: 264



书 名: 天线理论与设计 (第2版)
原书名: Antenna Theory and Design
原出版社: John Wiley and Sons
作 者: Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele
译 者: 朱守正 安同一
书 号: 7-115-15055-9
定 价: 69.00元
出版时间: 2006年9月
页 数: 632



书 名: 开关电源手册(第2版)
原书名: Switchmode Power Supply Handbook
原出版社: McGraw-Hill
作 者: Keith Billings
译 者: 张占松 汪仁煌 谢丽萍
书 号: 7-115-15340-X
定 价: 79.00元
出版时间: 2006年12月
页 数: 626

即将出版的新书

书 名: 固态电子器件 (英文版 第8版)
原书名: Solid State Electronic Devices
原出版社: Prentice Hall
作 者: Ben G. Streetman, Sanjay Kumar Banerjee
定 价: 65.00元
出版时间: 2006年12月
页 数: 580

书 名: 现代无线通信(英文版)
原书名: Modern Wireless Communications
原出版社: Pearson
作 者: Simon Haykin, Michael Moher
定 价: 59.00元
出版时间: 2006年12月
页 数: 560

书 名: 自动控制原理与设计 (英文版 第5版)
原书名: Feedback Control of Dynamic Systems
原出版社: Prentice Hall
作 者: Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini
定 价: 75.00元
出版时间: 2006年12月
页 数: 910

书 名: 电力电子学: 电路、器件和应用 (英文版 第3版)
原书名: Power Electronics: Circuits, Devices and Applications
原出版社: Prentice Hall
作 者: Muhammad H. Rashid
定 价: 69.00元
出版时间: 2006年12月
页 数: 880

购书订单 请填写册数, 加盖公章, 发传真至: 010-88593802 谢工 (收)

图灵电子电工丛书						
序号	书号	书 名	作 者	译 者	定价	出版时间 订数 (册)
1	14641	实用开关电源设计	Ron Lenk	王正仕 张军明 徐德鸿 (审)	32.00	0605
2	15174	工程电磁兼容 (第2版)	V. Prasad Kodali	高牧纲 陈淑凤 苏东林 周璧华	46.00	0609
3	15055	天线理论与设计 (第2版)	Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele	朱守正 安同一	69.00	0609
4	15384	应用电磁学基础 (第4版)	Fawwaz T. Ulaby	尹华杰	59.00	0612
5	15340	开关电源手册 (第2版)	Keith Billings	张占松 汪仁煌 谢丽萍	79.00	0612
6		电磁兼容导论 (第2版)	Clayton R. Paul	闻映红	99.00	0702
7		固态电子器件 (英文版 第6版)	Ben G. Streetman, Sanjay Kumar Banerjee		65.00	0612
8		自动控制原理与设计 (英文版 第5版)	Gene F. Franklin, J. David Powell, Abbas Emami-Naeini		75.00	0612
9		现代无线通信 (英文版)	Simon Haykin, Michael Moher		59.00	0612
10		电力电子学: 电路、器件和应用 (英文版 第3版)	Muhammad H. Rashid		69.00	0612

户 名: 北京图灵文化发展有限公司 开户行: 工商银行北京翠微路支行金四季分理处 账 号: 0200296209200003993
地 址: 北京市海淀区西四环北路140号京鼎商务楼405室 邮 编: 100097
电 话: 010-88592340, 88593802 传 真: 010-88593803 E-mail: contact@turingbook.com 网址: <http://www.turingbook.com>

版 权 声 明

Original edition, entitled *Modern Wireless Communications*, 0130224723 by Simon Haykin and Michael Moher, published by Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, Copyright © 2005 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.

China edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD and POSTS & TELECOM PRESS Copyright © 2007.

This edition is manufactured in the People's Republic of China, and is authorized for sale only in the People's Republic of China excluding Hong Kong, Macao and Taiwan.

本书英文版由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。

仅限于中华人民共和国境内（香港、澳门特别行政区和台湾地区除外）销售发行。

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。

谨以此书献给
William S. Hart和Dianne

前 言

无线通信技术的快速发展及其在各行各业中的广泛应用,某种程度上正在根本性地改变着人们通信的方式。更为重要的是,将无线传播作为把承载信息的信号从发射机传送到接收机的物理机制,使通信获得了一种重要特性,即移动性。

本书是为通信系统课程教学而撰写的一部新作,可作为电子工程专业的本科生教材,也可供一年级研究生作为无线通信课程的教材使用。本书主要集中讨论物理层,重点介绍无线传播基础和多址通信技术的基本理论。本书首次以导论性著作的方式涵盖了无线通信的多方面技术。

本书结构

本书共7章,书末还提供了9个附录与参考文献;主要内容如下。

第1章主要是想激发读者研究和学习无线通信的兴趣。首先回顾无线通信的历史,然后介绍无线网络的OSI模型,集中讨论物理层的问题,这些问题也是本书的主要内容。

第2章讨论无线传播。首先阐述了传播过程的物理机理,包含自由空间传播、反射和绕射。这些机理有助于更深入地了解地面和室内传播效应的统计模型。本章还讨论了衰落和非相关散射的小尺度影响问题,这些问题导致不同类型无线信道的详细分类。本章的后半部分首先描述了噪声和干扰,讲解了这些噪声和干扰如何与传播组合在一起,并通过链路预算分析来确定无线通信的系统性能。

第3章重点讲述数字传输中的调制过程,为以下问题的讨论做铺垫:

- 线性调制信号的复基带表示,以及线性无线通信信道和线性带通滤波器的输入/输出描述。
- 相邻信道干扰和发射功率放大器的非线性的实际问题。

本章比较了各种无线通信的调制方法,讨论了存在信道噪声和瑞利衰落时的接收机性能,并分析了频分多址(FDMA)问题。

第4章集中讨论了编码技术和时分多址(TDMA)问题。首先简要回顾香农(Shannon)的经典信息论,然后介绍了语音信号的信源编码,接着讨论卷积码、交错和Turbo码的基础内容,并在无线通信范畴内讲解了卷积码和Turbo码的相关优点。此外,作者详细论述了信道估计、跟踪和信道均衡问题。最后,这一章介绍TDMA及其优于FDMA之处。

第5章讨论了扩频、CDMA和蜂窝系统。首先介绍扩频系统的基础,即直接序列系统和跳频系统及其干扰容限。本章有一节集中讨论了作为扩频系统基本组成

部分的Walsh-Hadamard序列、最大长度序列、Gold码和随机序列等扩频码设计问题。随后描述了RAKE接收机、信道估计、码同步和直接序列系统的多径性能，继而引出在蜂窝环境下建立直接序列系统的讨论。

第6章主要介绍空间分集的概念和相关课题。首先讨论接收机分集，它是解决长期困扰无线通信衰落问题的传统技术。然后引入了多输入多输出(MIMO)无线通信，并给出其特例——接收机空间分集和发射机空间分集。更为重要的是，MIMO通信技术代表了无线通信的“空间拓展”，它以复杂度为代价，为发射功率有限和信道带宽固定的无线资源提供了一种可显著提高频谱效率的实用技术。MIMO无线通信的讨论还包括正交空时分组码(STBC)，它的最好实例是Alamouti码及其差分形式。最后，本章讨论了SDMA和智能天线。

第7章建立了物理层与前几章所述的通信网络高层中多址主题之间的联系。这一章首先比较各种多址技术，然后研究与无线系统有关的各种管理功能，如信令、功率控制和切换等，同时讲解电话系统和数据传输系统之间的差异。本章讨论的内容既可用于电话通信中，也可用于数据传输的无线网络体系结构中。

课题实例

本书中除第1章外每章都含有主题实例。书中具体讨论了下列主题实例：
第2章，实验传播模型、无线局域网(LAN)、脉冲无线电和超宽带系统
第4章，全球移动通信系统(GSM)、联合均衡与译码以及随机访问技术
第5章，码分多址(CDMA)标准IS-95、GPSS、蓝牙技术和WiFi系统
第6章，BLAST体系结构、分集、空-时分组码以及V-BLAST和锁眼信道
第7章，无线电话网络标准、无线数据网络标准和IEEE 801.11 MAC

附录

本书中包括下列9个附录，作为正文的补充内容，以充分满足读者的需求¹：

- ☐ 傅里叶理论
- ☐ 贝塞尔函数
- ☐ 随机变量和随机过程
- ☐ 匹配滤波器
- ☐ 误差函数
- ☐ 最大后验概率(MAP)译码
- ☐ MIMO链路容量

1. 本书附录以及参考文献、索引可以在图灵网站本书配套网页免费注册下载。——编者注

- ☐ 特征分解
- ☐ 自适应天线阵列

习题

每一章都含有一定数量的习题，以帮助读者理解书中讨论的问题。每章结尾还提供了大量的附加习题，通过求解这些习题，可以进一步帮助读者加深理解相关的内容。此外，每一章都给出了例题并附有详细的解答，这些例题覆盖了主题内容的不同方面。

辅助材料

每一章的习题均附答案。每章结尾习题的解答已汇编成教师手册。（采用本书作为教材的教师可联系培生教育出版集团，以获取相关的资料。）

给出书中试验结果和图表的MATLAB程序也包含在教师手册中。这些MATLAB文件可从网站<http://www.prenhall.com/haykin>下载。

书中插图的JPG格式文件也可在上述网站中得到。这些材料可用做采用本书授课时的PPT素材。

致谢

感谢多位同事为本书提供了背景材料并提出了真知灼见，他们以各种方式为本书的撰写过程提供了帮助。特别感谢以下人员（按字母顺序）：

Claude Berrou博士（法国布列塔尼国立高等电信学院）

Stewart Crozier博士（加拿大通信研究中心）

Suhas Diggavi博士（瑞士联邦工学院）

David Gesbert（瑞典奥斯陆大学）

Lajos Hanzo博士（英国南安普敦大学）

John Lodge博士（加拿大通信研究中心）

Mathini Sellathurai博士（加拿大通信研究中心）

Abbas Yongaçoglu博士（加拿大渥太华大学）

Mansoor Shafi博士（新西兰电信）

感谢对本书初稿提出许多关键性建议和评价的读者，他们为本书的撰写提供了很多帮助。

感谢加拿大麦克马斯特大学的Kris Huber和Space-Time DSP公司的Blair Simpson，他们协助绘制了本书的大量插图。

感谢允许我们引用某些图表的IEEE公司和欧洲电信标准化研究所。

特别感谢Prentice Hall教育出版公司的Tom Robbins、Craig Little和相关的工作人员为本书所做出的贡献及付出的辛勤劳动。

感谢各自的妻子Nancy和Dianne及家庭成员，他们的支持和鼓励是本书得以圆满完成的基础。

最后，感谢加拿大麦克马斯特大学的Lola Brooks在准备本书不同版本文稿时所做的工作。

Simon Haykin

安卡斯特，安大略省

Michael Moher

渥太华，安大略省

Contents

Chapter 1 Introduction 1

- 1.1 Background 1
- 1.2 Communication Systems 3
- 1.3 The Physical Layer 3
- 1.4 The Data-Link Layer 5
 - 1.4.1 FDMA 5
 - 1.4.2 TDMA 6
 - 1.4.3 CDMA 7
 - 1.4.4 SDMA 8
- 1.5 Overview of the Book 8
 - Notes and References 10

Chapter 2 Propagation and Noise 11

- 2.1 Introduction 11
- 2.2 Free-Space Propagation 13
 - 2.2.1 Isotropic Radiation 13
 - 2.2.2 Directional Radiation 15
 - 2.2.3 The Friis Equation 18
 - 2.2.4 Polarization 19
- 2.3 Terrestrial Propagation: Physical Models 19
 - 2.3.1 Reflection and the Plane-Earth Model 20
 - 2.3.2 Diffraction 24
 - 2.3.3 Diffraction Losses 28
- 2.4 Terrestrial Propagation: Statistical Models 30
 - 2.4.1 Median Path Loss 30
 - 2.4.2 Local Propagation Loss 32
- 2.5 Indoor Propagation 33
- 2.6 Local Propagation Effects with Mobile Radio 36
 - 2.6.1 Rayleigh Fading 36
 - 2.6.2 Rician Fading 40

2 Contents

2.6.3	Doppler	42
2.6.4	Fast Fading	44
2.7	Channel Classification	48
2.7.1	Time-Selective Channels	50
2.7.2	Frequency-Selective Channels	52
2.7.3	General Channels	52
2.7.4	WSSUS Channels	54
2.7.5	Coherence Time	57
2.7.6	Power-Delay Profile	58
2.7.7	Coherence Bandwidth	60
2.7.8	Stationary and Nonstationary Channels	61
2.7.9	Summary of Channel Classification	62
2.8	Noise and Interference	63
2.8.1	Thermal Noise	63
2.8.2	Equivalent Noise Temperature and Noise Figure	66
2.8.3	Noise in Cascaded Systems	68
2.8.4	Man-Made Noise	70
2.8.5	Multiple-Access Interference	71
2.9	Link Calculations	75
2.9.1	Free-Space Link Budget	75
2.9.2	Terrestrial Link Budget	80
2.10	Theme Example 1: Okumura-Hata Empirical Model	82
2.11	Theme Example 2: Wireless Local Area Networks	85
2.11.1	Propagation Model	85
2.11.2	Receiver Sensitivity	85
2.11.3	Range	86
2.11.4	Power-Delay Profile	86
2.11.5	Modulation	88
2.12	Theme Example 3: Impulse Radio and Ultra-Wideband	89
2.13	Summary and Discussion	94
	Notes and References	95
	Additional Problems	96

Chapter 3 Modulation and Frequency-Division Multiple Access 103

3.1	Introduction	103
3.2	Modulation	105
3.2.1	Linear and Nonlinear Modulation Processes	106
3.2.2	Analog and Digital Modulation Techniques	107
3.2.3	Amplitude and Angle Modulation Processes	107
3.3	Linear Modulation Techniques	108
3.3.1	Amplitude Modulation	108
3.3.2	Binary Phase-Shift Keying	110
3.3.3	Quadrature Phase-Shift Keying	112

3.3.4	Offset Quadriphase-Shift Keying	114
3.3.5	$\pi/4$ -Shifted Quadriphase-Shift Keying	116
3.4	Pulse Shaping	116
3.4.1	Root Raised-Cosine Pulse Shaping	119
3.5	Complex Representation of Linear Modulated Signals and Band-Pass Systems	122
3.5.1	Complex Representation of Linear Band-Pass Systems	124
3.6	Signal-Space Representation of Digitally Modulated Signals	126
3.7	Nonlinear Modulation Techniques	130
3.7.1	Frequency Modulation	130
3.7.2	Binary Frequency-Shift Keying	132
3.7.3	Continuous-Phase Modulation: Minimum Shift Keying	133
3.7.4	Power Spectra of MSK Signal	137
3.7.5	Gaussian-Filtered MSK	139
3.8	Frequency-Division Multiple Access	142
3.9	Two Practical Issues of Concern	144
3.9.1	Adjacent Channel Interference	144
3.9.2	Power Amplifier Nonlinearity	146
3.10	Comparison of Modulation Strategies for Wireless Communications	148
3.10.1	Linear Channels	148
3.10.2	Nonlinear Channels	150
3.11	Channel Estimation and Tracking	151
3.11.1	Differential Detection	152
3.11.2	Pilot Symbol Transmission	154
3.12	Receiver Performance: Bit Error Rate	158
3.12.1	Channel Noise	158
3.13	Theme Example 1: Orthogonal Frequency-Division Multiplexing	162
3.13.1	Cyclic Prefix	167
3.14	Theme Example 2: Cordless Telecommunications	168
3.15	Summary and Discussion	170
	Notes and References	171
	Additional Problems	173

Chapter 4 Coding and Time-Division Multiple Access 179

4.1	Introduction	179
4.2	Sampling	182
4.3	Why Follow Sampling with Coding?	184
4.4	Shannon's Information Theory	185
4.4.1	Source-Coding Theorem	185
4.4.2	Channel-Coding Theorem	186
4.4.3	Information Capacity Theorem	187
4.4.4	Rate Distortion Theory	188
4.5	Speech Coding	189
4.5.1	Linear Prediction	189

4 Contents

- 4.5.2 Multipulse Excited LPC 190
 - 4.5.3 Code-Excited LPC 192
- 4.6 Error-Control Coding 193
 - 4.6.1 Cyclic Redundancy Check Codes 194
- 4.7 Convolutional Codes 195
 - 4.7.1 Trellis and State Diagrams of Convolutional Codes 198
 - 4.7.2 Free Distance of a Convolutional Code 200
- 4.8 Maximum-Likelihood Decoding of Convolutional Codes 201
- 4.9 The Viterbi Algorithm 203
 - 4.9.1 Modifications of the Viterbi Algorithm 205
- 4.10 Interleaving 207
 - 4.10.1 Block Interleaving 208
 - 4.10.2 Convolutional Interleaving 210
 - 4.10.3 Random Interleaving 212
- 4.11 Noise Performance of Convolutional Codes 212
- 4.12 Turbo Codes 215
 - 4.12.1 Turbo Encoding 215
 - 4.12.2 Turbo Decoding 216
 - 4.12.3 Noise Performance 218
 - 4.12.4 Maximum a Posteriori Probability Decoding 219
- 4.13 Comparison of Channel-Coding Strategies for Wireless Communications 222
 - 4.13.1 Encoding 223
 - 4.13.2 Decoding 224
 - 4.13.3 AWGN Channel 225
 - 4.13.4 Fading Wireless Channels 225
 - 4.13.5 Latency 225
 - 4.13.6 Joint Equalization and Decoding 226
- 4.14 RF Modulation Revisited 226
- 4.15 Baseband Processing for Channel Estimation and Equalization 227
 - 4.15.1 Channel Estimation 229
 - 4.15.2 Viterbi Equalization 231
- 4.16 Time-Division Multiple Access 233
 - 4.16.1 Advantages of TDMA over FDMA 234
 - 4.16.2 TDMA Overlaid on FDMA 235
- 4.17 Theme Example 1: GSM 236
- 4.18 Theme Example 2: Joint Equalization and Decoding 239
 - 4.18.1 Computer Experiment 241
- 4.19 Theme Example 3: Random-Access Techniques 243
 - 4.19.1 Pure Aloha 243
 - 4.19.2 Slotted Aloha 245
 - 4.19.3 Carrier-Sense Multiple Access 245
 - 4.19.4 Other Considerations with Random-Access Protocols 248

- 4.20 Summary and Discussion 249
- Notes and References 251
- Additional Problems 252

Chapter 5 Spread Spectrum and Code-Division Multiple Access 258

- 5.1 Introduction 258
- 5.2 Direct-Sequence Modulation 260
 - 5.2.1 The Spreading Equation 260
 - 5.2.2 Matched-Filter Receiver 262
 - 5.2.3 Performance with Interference 263
- 5.3 Spreading Codes 265
 - 5.3.1 Walsh–Hadamard Sequences 267
 - 5.3.2 Orthogonal Variable Spreading Factors 269
 - 5.3.3 Maximal-Length Sequences 270
 - 5.3.4 Scramblers 274
 - 5.3.5 Gold Codes 274
 - 5.3.6 Random Sequences 276
- 5.4 The Advantages of CDMA for Wireless 279
 - 5.4.1 Multiple-Access Interference 279
 - 5.4.2 Multipath Channels 283
 - 5.4.3 RAKE Receiver 284
 - 5.4.4 Fading Channels 288
 - 5.4.5 Summary of the Benefits of DS-SS 289
- 5.5 Code Synchronization 290
- 5.6 Channel Estimation 292
- 5.7 Power Control: The Near–Far Problem 294
- 5.8 FEC Coding and CDMA 297
- 5.9 Multiuser Detection 299
- 5.10 CDMA in a Cellular Environment 301
- 5.11 Frequency-Hopped Spread Spectrum 306
 - 5.11.1 Complex Baseband Representation of FH-SS 307
 - 5.11.2 Slow-Frequency Hopping 308
 - 5.11.3 Fast-Frequency Hopping 310
 - 5.11.4 Processing Gain 310
- 5.12 Theme Example 1: IS-95 311
 - 5.12.1 Channel Protocol 311
 - 5.12.2 Pilot Channel 313
 - 5.12.3 Downlink CDMA Channels 314
 - 5.12.4 Power Control 316
 - 5.12.5 Cellular Considerations 317
 - 5.12.6 Uplink 318
- 5.13 Theme Example 2: GPSS 319
- 5.14 Theme Example 3: Bluetooth 321

6 Contents

5.15	Theme Example 4: WCDMA	323
5.15.1	Bandwidth and Chip Rate	324
5.15.2	Data Rates and Spreading Factor	324
5.15.3	Modulation and Synchronization	324
5.15.4	Forward Error-Correction Codes	324
5.15.5	Channel Types	325
5.15.6	Uplink	325
5.15.7	Downlink	326
5.15.8	Multicode Transmission	327
5.15.9	Cellular Considerations	327
5.16	Theme Example 5: Wi-Fi	328
5.17	Summary and Discussion	331
	Notes and References	332
	Additional Problems	333
Chapter 6 Diversity, Capacity, and Space-Division Multiple Access		339
6.1	Introduction	339
6.2	“Space Diversity on Receive” Techniques	341
6.2.1	Selection Combining	341
6.2.2	Maximal-Ratio Combining	346
6.2.3	Equal-Gain Combining	353
6.2.4	Square-Law Combining	353
6.3	Multiple-Input, Multiple-Output Antenna Systems	357
6.3.1	Coantenna Interference	358
6.3.2	Basic Baseband Channel Model	360
6.4	MIMO Capacity for Channel Known at the Receiver	363
6.4.1	Ergodic Capacity	363
6.4.2	Two Other Special Cases of the Log-Det Formula: Capacities of Receive and Transmit Diversity Links	366
6.4.3	Outage Capacity	367
6.4.4	Channel Known at the Transmitter	371
6.5	Singular-Value Decomposition of the Channel Matrix	371
6.5.1	Eigendecomposition of the Log-det Capacity Formula	374
6.6	Space-Time Codes for MIMO Wireless Communications	376
6.6.1	Preliminaries	378
6.6.2	Alamouti Code	379
6.6.3	Performance Comparison of Diversity-on-Receive and Diversity-on-Transmit Schemes	387
6.6.4	Generalized Complex Orthogonal Space-Time Block Codes	389
6.6.5	Performance Comparisons of Different Space-Time Block Codes Using a Single Receiver	392
6.7	Differential Space-Time Block Codes	395
6.7.1	Differential Space-Time Block Coding	395