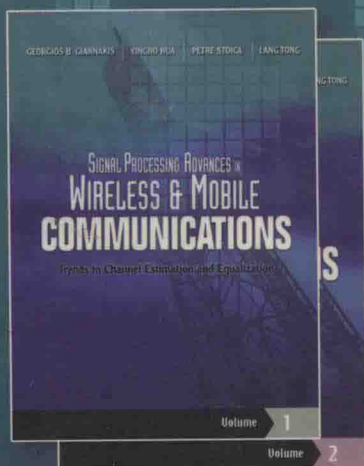


国外电子与通信教材系列

无线通信与移动通信中 信号处理研究的新进展

Signal Processing Advances in Wireless and Mobile Communications
Volume 1: Trends in Channel Estimation and Equalization

Signal Processing Advances in Wireless and Mobile Communications
Volume 2: Trends in Single-User and Multi-User Systems



Georgios B. Giannakis
[美] Yingbo Hua 编
Petre Stoica
Lang Tong
刘郁林 邵怀宗 等译
彭启琮 审校



电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

国外电子与通信教材系列

无线通信与移动通信中 信号处理研究的新进展

Signal Processing Advances in Wireless and Mobile Communications

Volume 1: Trends in Channel Estimation and Equalization

Signal Processing Advances in Wireless and Mobile Communications

Volume 2: Trends in Single-User and Multi-User Systems

Georgios B. Giannakis

[美] Yingbo Hua
Petre Stoica

编

Lang Tong

刘郁林 邵怀宗 等译

彭启琨 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书将原英文版的两卷合并为同一本书出版。书中总结了近年来通信信号处理领域的最新研究成果,概括地讨论了目前通信信号处理中最具特色和活力的问题和算法。书中各章节均由顶级专家和学者撰写。其中,第一卷重点介绍了信道的估计和均衡技术;第二卷则主要介绍了信号处理在无线通信的几个最重要领域中的应用例子,并强调了作为无线通信中关键问题的信号处理的发展前景。

本书适合作为通信类专业的研究生教材或者教学参考书,也适合作为无线通信方向的研究人员的参考用书。

Authorized translation from the English language edition, entitled *Signal Processing Advances in Wireless and Mobile Communications, Volume 1: Trends in Channel Estimation and Equalization*, ISBN: 0130271624 by Georgios B. Giannakis, Yingbo Hua, Petre Stoica, Lang Tong, published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall PTR, Copyright © 2001.

Authorized translation from the English language edition, entitled *Signal Processing Advances in Wireless and Mobile Communications, Volume 2: Trends in Single-User and Multi-User Systems*, ISBN: 013027190X by Georgios B. Giannakis, Yingbo Hua, Petre Stoica, Lang Tong, published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall PTR, Copyright © 2001.

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.

Simplified Chinese language edition published by Publishing House of Electronics Industry, Copyright © 2004.

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

本书中文简体专有翻译出版版权由 Pearson 教育集团所属的 Prentice Hall PTR 授予电子工业出版社。其原文版权及中文翻译出版版权受法律保护。未经许可,不得以任何形式或手段复制或抄袭本书内容。

此版本仅限在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区)发行与销售。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2003-0595 01-2003-0594

图书在版编目(CIP)数据

无线通信与移动通信中信号处理研究的新进展 / (美) 贾那科斯 (Giannakis, G. B.) 著; 刘郁林等译.

- 北京: 电子工业出版社, 2004.6

(国外电子与通信教材系列)

书名原文: *Signal Processing Advances in Wireless and Mobile Communications, Volume 1: Trends in Channel Estimation and Equalization*

Signal Processing Advances in Wireless and Mobile Communications, Volume 2: Trends in Single-User and Multi-User Systems

ISBN 7-120-00043-8

I. 无... II. ①贾... ②刘... III. ①无线电通信-通信系统-信号处理-教材

②移动通信-通信系统-信号处理-教材 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 046110 号

责任编辑: 马 岚 刘 静

印 刷: 北京兴华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 42.5 字数: 1088 千字

印 次: 2004 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 69.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换; 若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

序

2001年7月间,电子工业出版社的领导同志邀请各高校十几位通信领域方面的老师,商量引进国外教材问题。与会同志对出版社提出的计划十分赞同,大家认为,这对我国通信事业、特别是对高等院校通信学科的教学工作会很有好处。

教材建设是高校教学建设的主要内容之一。编写、出版一本好的教材,意味着开设了一门好的课程,甚至可能预示着一个崭新学科的诞生。20世纪40年代MIT林肯实验室出版的一套28本雷达丛书,对近代电子学科、特别是对雷达技术的推动作用,就是一个很好的例子。

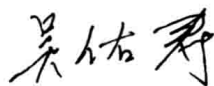
我国领导部门对教材建设一直非常重视。20世纪80年代,在原教委教材编审委员会的领导下,汇集了高等院校几百位富有教学经验的专家,编写、出版了一大批教材;很多院校还根据学校的特点和需要,陆续编写了大量的讲义和参考书。这些教材对高校的教学工作发挥了极好的作用。近年来,随着教学改革不断深入和科学技术的飞速进步,有的教材内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,特别是在电子学和通信技术发展神速、可以讲是日新月异的今天,如何适应这种情况,更是一个必须认真考虑的问题。解决这个问题,除了依靠高校的老师 and 专家撰写新的符合要求的教科书外,引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,是会有好处的。

一年多来,电子工业出版社为此做了很多工作。他们成立了一个“国外电子与通信教材系列”项目组,选派了富有经验的业务骨干负责有关工作,收集了230余种通信教材和参考书的详细资料,调来了100余种原版教材样书,依靠由20余位专家组成的出版委员会,从中精选了40多种,内容丰富,覆盖了电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等方面,既可作为通信专业本科生和研究生的教学用书,也可作为有关专业人员的参考材料。此外,这批教材,有的翻译为中文,还有部分教材直接影印出版,以供教师用英语直接授课。希望这些教材的引进和出版对高校通信教学和教材改革能起一定作用。

在这里,我还要感谢参加工作的各位教授、专家、老师与参加翻译、编辑和出版的同志们。各位专家认真负责、严谨细致、不辞辛劳、不怕琐碎和精益求精的态度,充分体现了中国教育工作者和出版工作者的良好美德。

随着我国经济建设的发展和科学技术的不断进步,对高校教学工作会不断提出新的要求和希望。我想,无论如何,要做好引进国外教材的工作,一定要联系我国的实际。教材和学术专著不同,既要注意科学性、学术性,也要重视可读性,要深入浅出,便于读者自学;引进的教材要适应高校教学改革的需要,针对目前一些教材内容较为陈旧的问题,有目的地引进一些先进的和正在发展中的交叉学科的参考书;要与国内出版的教材相配套,安排好出版英文原版教材和翻译教材的比例。我们努力使这套教材能尽量满足上述要求,希望它们能放在学生们的课桌上,发挥一定的作用。

最后,预祝“国外电子与通信教材系列”项目取得成功,为我国电子与通信教学和通信产业的发展培土施肥。也恳切希望读者能对这些书籍的不足之处、特别是翻译中存在的问题,提出意见和建议,以便再版时更正。



中国工程院院士、清华大学教授
“国外电子与通信教材系列”出版委员会主任

出版说明

进入21世纪以来,我国信息产业在生产和科研方面都大大加快了发展速度,并已成为国民经济发展的支柱产业之一。但是,与世界上其他信息产业发达的国家相比,我国在技术开发、教育培训等方面都还存在着较大的差距。特别是在加入WTO后的今天,我国信息产业面临着国外竞争对手的严峻挑战。

作为我国信息产业的专业科技出版社,我们始终关注着全球电子信息技术的发展方向,始终把引进国外优秀电子与通信信息技术教材和专业书籍放在我们工作的重要位置上。在2000年至2001年间,我社先后从世界著名出版公司引进出版了40余种教材,形成了一套“国外计算机科学教材系列”,在全国高校以及科研部门中受到了欢迎和好评,得到了计算机领域的广大教师与科研工作者的充分肯定。

引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,将有助于我国信息产业培养具有国际竞争能力的技术人才,也将有助于我国国内在电子与通信教学中掌握和跟踪国际发展水平。根据国内信息产业的现状、教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的指示精神以及高等院校老师们反映的各种意见,我们决定引进“国外电子与通信教材系列”,并随后开展了大量准备工作。此次引进的国外电子与通信教材均来自国际著名出版商,其中影印教材约占一半。教材内容涉及的学科方向包括电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等,其中既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。我们还将与国外出版商一起,陆续推出一些教材的教学支持资料,为授课教师提供帮助。

此外,“国外电子与通信教材系列”的引进和出版工作得到了教育部高等教育司的大力支持和帮助,其中的部分引进教材已通过“教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导委员会”的审核,并得到教育部高等教育司的批准,纳入了“教育部高等教育司推荐——国外优秀信息科学与技术系列教学用书”。

为做好该系列教材的翻译工作,我们聘请了清华大学、北京大学、北京邮电大学、东南大学、西安交通大学、天津大学、西安电子科技大学、电子科技大学等著名高校的教授和骨干教师参与教材的翻译和审校工作。许多教授在国内电子与通信专业领域享有较高的声望,具有丰富的教学经验,他们的渊博学识从根本上保证了教材的翻译质量和专业学术方面的严格与准确。我们在此对他们的辛勤工作与贡献表示衷心的感谢。此外,对于编辑的选择,我们达到了专业对口;对于从英文原书中发现的错误,我们通过与作者联络、从网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订;同时,我们对审校、排版、印制质量进行了严格把关。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切关系,努力引进更多的国外优秀教材和教学参考书,为我国电子与通信教材达到世界先进水平而努力。由于我们对国内外电子与通信教育的发展仍存在一些认识上的不足,在选题、翻译、出版等方面的工作中还有许多需要改进的地方,恳请广大师生和读者提出批评及建议。

电子工业出版社

教材出版委员会

主 任	吴佑寿	中国工程院院士、清华大学教授
副主任	林金桐	北京邮电大学校长、教授、博士生导师
	杨千里	总参通信部副部长、中国电子学会会士、副理事长 中国通信学会常务理事
委 员	林孝康	清华大学教授、博士生导师、电子工程系副主任、通信与微波研究所所长 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员
	徐安士	北京大学教授、博士生导师、电子学系副主任 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	樊昌信	西安电子科技大学教授、博士生导师 中国通信学会理事、IEEE 会士
	程时昕	东南大学教授、博士生导师 移动通信国家重点实验室主任
	郁道银	天津大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员
	阮秋琦	北方交通大学教授、博士生导师 计算机与信息技术学院院长、信息科学研究所所长
	张晓林	北京航空航天大学教授、博士生导师、电子工程系主任 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导委员会委员
	郑宝玉	南京邮电学院副院长、教授、博士生导师 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	朱世华	西安交通大学教授、博士生导师、电子与信息工程学院院长 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员
	彭启琮	电子科技大学教授、博士生导师、通信与信息工程学院院长 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导委员会委员
	徐重阳	华中科技大学教授、博士生导师、电子科学与技术系主任 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导委员会委员
	毛军发	上海交通大学教授、博士生导师、电子信息学院副院长 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	赵尔沅	北京邮电大学教授、教材建设委员会主任
	钟允若	原邮电科学研究院副院长、总工程师
	刘 彩	中国通信学会副理事长、秘书长
	杜振民	电子工业出版社副社长

译 者 序

近年来,由于通信和信号处理两个学科的相互交融,使得通信信号处理技术的发展极其迅速。可以预见,随着第三代、后三代移动通信系统以及无线网络技术的发展,通信信号处理技术必将得到更广泛的应用。

本书总结了近年来通信信号处理领域的最新研究成果,概括地讨论了目前通信信号处理中最具特色和活力的问题和算法。本书共分两卷,读者在阅读时需注意,如无特别说明,书中公式、图、表、附录等的引用均指同一卷内的引用。

该书深入地阐述了近年来通信信号处理领域的若干重大热点问题。首先,总结和介绍了关于信道辨识和估计的最新研究成果,并就高阶统计量方法、子空间方法和线性预测算法等,分别讨论了不同信道(或信道条件)下的各种信道(半)盲辨识和(半)盲均衡技术。其次,阐述了空时信号处理的最新进展。然后讨论了多用户信号处理(特别是在多用户的情况下,如何抑制干扰,分离出有用的信号),并介绍了将其具体应用于 MC-CDMA 和 DS/CDMA 的最新研究成果。接下来介绍了在无线网络(尤其是 Ad Hoc 网络)中发生冲突的情况下,如何通过信号处理的方法来获得有用的传输数据,并提高系统的效率。最后,介绍了如何通过信号处理的方法来获得数字同步的技术,如非数据辅助的盲同步技术和利用阵列处理技术来进行同步的方法等。

本书第一卷由刘郁林翻译,徐异凌协助翻译;第二卷由邵怀宗翻译,居太亮协助翻译。景晓军、李明奇、巫雪梅等人参与了译稿的整理工作。全书最后由彭启琮审校。此外,重庆通信学院的申志福教授和胡中豫教授在整个翻译的过程中为译者提供了很大的帮助,在此表示诚挚的感谢。

本书对通信和信号处理学科的研究生和广大科技工作者(尤其是从事通信信号处理的高级工程师)将大有裨益。本书的部分章节是通信学科与其他学科的交叉点,译者希望本书的中文版能对更多的读者有所帮助。

由于译者的水平有限,译文中难免会出现不确切乃至错误之处,热切期望得到广大读者和专家的批评指正。

译者
2003 年 12 月
于电子科技大学

前 言

第一卷

在无线通信系统的研究和开发中,信号处理一直发挥着关键的作用。随着对高容量和高可靠性通信系统需求的增加,信号处理技术显得日益重要。本书分上下两卷,包括了顶级专家和学者所撰写的章节,为读者提供了有关通信信号处理领域的最新的重要研究进展。

第一卷的重点主要是信道的估计和均衡技术。由于无线电波传播的物理环境常常难以控制,无线通信的信道特性通常是时变的。而信道的时变特性是提高无线通信系统容量和可靠性的主要障碍。快速实时信道估计与均衡是必要的。传统的信道估计和均衡技术是采用训练序列,训练序列的使用不仅浪费了部分有用带宽,而且需要发射机和接收机的有效协作才能很好地工作。近年来,在文献中已出现了大量的所谓的信道盲估计和均衡技术。除了所发送原始符号串所固有的先验信息外,盲技术不使用训练序列,从而提高了带宽利用率,并使发射机和接收机协同性的要求降低。因此盲技术在提高通信系统的容量和可靠性方面很有潜力。作为一个主要的研究领域,盲信道估计和均衡技术在通信信号处理领域呈现快速增长的势头。基于这一原因,第一卷主要阐述盲(半盲)技术。

该卷的第1章是由 Tugnait 撰写的,主要讨论了基于高阶统计量的信道估计和均衡方法。高阶统计量方法是最早的盲信道估计和均衡方法,具有相当长的历史。Stoica 和 Ng 执笔的第2章主要推导了盲信道估计问题的 Cramer-Rao 界(CRB)。在所有的盲估计中,信道估计算法均相应产生模糊,(至少)存在尺度模糊问题。这一章还推导了信道估计方差的传统 CRB。Moulines 和 Reglia 执笔的第3章主要介绍了各种基于子空间方法的盲技术,子空间方法通常能在计算复杂度和算法精度之间提供最好的折中。第4章由 Hua 执笔,其中介绍的有色信号驱动的多输入-多输出信道的盲辨识是在信道估计理论上的最新进展之一。若将这些理论用于无线通信中的人与智能麦克风中,则语音信号就自然而然被色化。第5章主要阐述基于子空间方法的优化问题,其结果表明这类方法的统计性能可通过精心的系统设计得到提高。有关线性预测的第6章,主要探讨了大量的扩频信号白化的方法。只要白化存在,估计的稳定性就会增加。第7章是由 Carvalho 和 Slock 撰写的,讨论了半盲方法,并与使用训练序列的方法和全盲方法进行比较,得出了在无线通信中,半盲方法可使系统容量达到最大的结论。第8章主要讨论了几何估计方法,并介绍了符号估计经典技术的几个新用法。第9章主要介绍了线性预编码及相关的新概念。线性预编码是一种多功能的编码方法,它可以有效抑制未知信道的畸变。第10章主要讨论了采用任意线性预编码时的信道估计问题,利用抽象几何学深入地探讨了线性预编码的内涵。最后一章主要介绍判决反馈均衡的问题。这一章将读者引回到经典的均衡方法中,这些方法对应于一些主要的理论和应用主体。“反馈”确保了连续更新和互相更新,并促进了很多在无线通信领域中有用的新概念和新技术的发展。

第二卷

无线技术的革命使信号处理领域进入了空前的发展阶段。一方面,时变色散信道下的无线通信对信号处理提出了强大的挑战,这是因为无线信道引入了多种类型的时变干扰(即多径干扰、多用户干扰和多业务干扰等)。为了能在严格功率受限的情况下在带限的信道中可靠地进行通信,从信源编码、信道编码到调制和接收机的设计等,无不用到复杂的信号处理技术。另一方面,通信信号和系统均是人为的,因此必定有大量的通信系统结构必须采用高性能算法。最后,低成本和低功耗的 DSP 芯片的出现,使执行高级的复杂信号处理的算法得以实现。

第二卷的内容主要包括在无线通信领域中,信号处理在几个最令人振奋的应用领域内的实例。其基本任务是强调无线通信中关键问题的信号处理的发展前景。其 10 章的内容主要为读者介绍了无线通信中信号处理的发展趋势和最近、最活跃的研究领域。

信道模型 在无线系统中最大的挑战之一就是无线信道的时变特性。没有对无线信道的准确表征和建模,就不可能有可靠的无线传输。第 1 章主要讨论无线信道的通用模型、无线通信中的各种限制、信道估计和预测的性能界等。Barbarossa 和 Scaglione 对信道模型进行了全面系统的回顾和总结,其中包括确定性和随机性模型,这恰恰是信道和信号估计等信号处理技术的出发点。由于在文献中有大量的信道模型,因此本章只讨论该方面信号处理的最新进展,强调了信道的本征函数可有效应用于时变信道估计和编码。最后,作者阐述了关于最大传输率和有效的传输接收设计准则方面的一些重要问题。由于在无线通信中“接收机对信道状态信息已知”这一点在设计自适应接收机时起着非常重要的作用,因此本书还推导了信道估计与预测的性能界。

空时分集 在无线时变色散信道中实现可靠通信的关键是使用分集技术。分集可通过编码引入,也可以通过发射天线和接收天线以及信号波形的设计来引入。在第 2 章中, Ganesan 和 Stoica 介绍了空时分集的信号处理框架。对于衰落信道,作者讨论了各种约束条件下的发射机和接收机系数的联合优化和发射功率的分配,以及系统性能的评估等问题。为了能在传输速率一定的条件下,同时利用空间和时间分集,作者还介绍了空时编码技术。在空时编码技术中,可同时发送一个符号块。这些分析最有意义的结论之一是将矩阵的 Hurwitz-Radon 族与发射机系数设计两者联系在一起。

多用户环境下的信号分离 第 3 章和第 4 章处理的主要问题是,如何从干扰环境中分离出多个用户的信号。两章均在通用信道模型的假设下讨论了大量的应用,包括在第 2 章中讨论的一个天线阵列的信号处理应用、CDMA(码分多址)通信中多用户检测的应用以及在有码间干扰(ISI)的通信信道中均衡处理的应用。与盲信号分离技术相比,上述技术由于可以在没有先验信道信息的情况下完成,而在无线通信中得到了极大的关注。信号分离中的两个关键问题是:(1)模型辨识问题,这个问题主要关心的是,能否从观测的混合信号中惟一恢复出我们所感兴趣的信号;(2)能否找到能够利用嵌入在模型中的各种类型的分集结构的估计算法。

在第 3 章中, Alle-Jan van der Veen 介绍了一类基于通信信号的常模(CM)特性的盲信号分离均衡技术。在确定的应用中,如果信号的幅度为常数,则信号具有 CM 特性。在某种秩约束的条件下,CM 特性是一个很强的条件,从而保证了接收信号可惟一地分解成信道信息和信源信息。与 CM 准则下的随机 CM 算法相比,本章讨论的确定性 CM 算法尽管仅适用于一小类信

号,但通常表现出快速收敛的特性。在这一章中,作者还介绍了具有 CM 特性的信号估计的几何方法。同时还分析了这些算法的性能,特别是在渐近形式下的性能。

在第 4 章中,Sidiropoulos 和 Bro 介绍了一种利用所谓 PARAFAC(PARAllel FACtor)分析技术的信号处理新方法。基于多维阵列的低秩分解理论,作者介绍了一系列与各种信号盲分离问题直接相关的可辨识性结论。此外,还讨论了可用于计算 PARAFAC 分解的算法,这些算法在各种信号处理问题中都得到了应用。从传感器阵列到 CDMA 的盲多用户分离,从荧光波谱学到传感器的剖绘等领域,PARAFAC 分析技术均有广泛的应用。例如,在 CDMA 中,信号模型可分解为三线性形式,包括天线增益、扩频码和信息符号。对于这类模型,PARAFAC 分析技术容许系统同时采用空间分集和码分集。

CDMA 随着数字无线通信的车轮滚滚推向第三代(3G),CDMA 技术成为了主流的通信技术之一。由于 CDMA 系统的性能是干扰受限的,因此在开发能有效处理多用户干扰(MUI)的高级算法上,人们投入了很大的精力。在接下来的三章中,将重点讨论 CDMA 系统中的信号处理问题。

第 5 章涉及的内容为多径干扰信道中的多用户检测问题。Tsatsanis 从信号处理的观点出发,介绍了 CDMA 通信系统中的信道估计和多用户检测的统一框架。作者首先详细地推导了多输入/多输出模型,这个模型包括执行直接序列扩频的发送滤波器、色散信道和能提供充分统计检测的接收滤波器。这个模型是目前很多多用户检测算法的基础。接着,介绍了优化的多用户检测算法。作者敏锐地发现了多用户检测与阵列处理之间的关系,并给出了如何找到阵列处理技术在多用户检测应用中的等价表示形式。最后,作者介绍了信道的盲估计问题。

在第 6 章中,Wang 和 Giannakis 介绍了频率选择性信道中的 CDMA 系统的发射机和接收机联合设计的问题。基于准同步模型,通过使用块扩展和多载波调制技术,设计出了抗 MUI/ISI(多用户干扰/码间干扰)的 CDMA 系统。采用块扩展用户码,能够在经过多个频率选择性衰落信道后确保信号的恢复。其结果是采用通用多载波(GMC)CDMA 技术将多用户系统转化为多个并行的单用户信道,因此可用单用户检测算法进行符号恢复。本章还讨论了如何对多速率用户信道进行盲估计。

在第 7 章中,Lai 等人针对直接序列扩频的 CDMA 系统,概述了多级干扰消除技术。其基本原理是迭代估计出信号,以使被检测到的用户的干扰降到最低。通常有两种类型的方法,其中一种称为串行干扰消除法(SIC)。在这种方法中,串行地检测用户信号并从观测的数据中减去每个被检测用户信号。结果是,强干扰从观测数据中减去,信号较弱的用户的检测性能就得以提高。另一种方法称为并行干扰消除法(PIC),在每一级均从多个用户中估计信号,用获得的估计做试探性的判决,以用于提高下一级的性能。这一章还包括了几种 SIC 和 PIC 方法的分析和仿真研究。

随机接入网络 信号处理不仅在无线网络的物理层设计上发挥了重要作用,其应用还在不断深入到无线网络的上层。

在第 8 章中就讨论这种应用的尝试。在随机接入的分组网络中,同一时隙上多个用户同时发送,就会产生冲突。传统的方法是精心设计 MAC(媒体接入控制)协议,或通过使用调制技术如 CDMA 来解决冲突问题。当无线网络为 Ad Hoc 网络时,网络中根本就没有基站,因此使用 CDMA 调制或 MAC 协议都不能解决冲突问题。在第 8 章中,Zhao, Bao 和 Tong 等人将冲突分辨的问题视为一种信号分离问题。他们介绍了在观测空间中利用嵌入在数据包中的已知符

号来分离冲突包的最小二乘(LS)算法。为了减少使用最小二乘算法的有关开销,他们还提出了最小二乘平滑(LSS)算法,以分离发生冲突的包。结果表明,由于平滑误差中的干扰量的降低,LSS算法的可分离性比LS算法要高。同时,他们还给出了网络的吞吐量和延迟分析。

同步 第二卷的最后两章讨论同步问题。在第9章中,Vazquez和Riba介绍了线性和连续相位调制信号的载波和时间恢复的估计理论与分析。在最大似然估计的框架下,紧紧围绕与时间偏移、相位误差和频率偏移相关的参数的估计问题进行讨论。同时,本章也介绍了相应估计算法的CRB。

由于空间分集可获得益处,因此在第10章中,Seco,Swindlehurst和Astély研究了在多用户环境下使用天线阵列的同步问题。虽然在这一章中使用的模型与文中阵列处理的模型类似,但在模型中引入了信号的结构,以及采用联合定时和信道参数估计等方法。此外,本章还讨论了基于似然函数最大化的迭代技术和更简单的初始化方法,也推导了算法的性能界。

目 录

第一卷 信道估计与均衡技术的发展趋势

第 1 章 利用高阶统计量的信道估计和均衡技术	3
1.1 引言	3
1.2 单用户系统:波特率采样	5
1.3 单用户系统:分数采样	11
1.4 多用户系统	22
1.5 结束语	31
参考文献	32
第 2 章 盲信道估计的性能界	35
2.1 引言	35
2.2 问题描述及预备知识	35
2.3 约束估计的 CRB	40
2.4 不变量估计的 CRB	41
2.5 投影误差的 CRB	43
2.6 数值举例	44
2.7 结束语	48
附录 2.A 命题 2 的证明	48
参考文献	50
第 3 章 盲辨识和盲解卷积的子空间方法	51
3.1 引言	51
3.2 SIMO 信道的子空间辨识	52
3.3 MIMO 信道的子空间辨识	57
3.4 用于 CDMA 系统的盲信道估计	67
3.5 欠估计信道辨识	73
附录 3.A 部分定理和命题的证明	81
参考文献	86
第 4 章 有色信号环境下对信道的盲辨识和盲均衡	90
4.1 引言	90
4.2 FIR MIMO 信道模型	91
4.3 基于 SOS 的可辨识性	92
4.4 去相关盲辨识方法	96

4.5 结束语	106
参考文献	106
第 5 章 最优子空间方法	109
5.1 引言	109
5.2 数据模型和符号	110
5.3 子空间思想及符号	116
5.4 参数化	117
5.5 估计方法	120
5.6 统计分析	122
5.7 与方向估计的关系	125
5.8 噪声子空间参数的进一步结果	126
5.9 仿真举例	128
5.10 结束语	132
附录 5.A 两个参数的推导	133
参考文献	134
第 6 章 多信道盲辨识的线性预测算法	138
6.1 引言	138
6.2 基于二阶统计量的信道辨识:问题描述	139
6.3 信道辨识的线性预测算法	141
6.4 外积分解算法	143
6.5 多步线性预测方法	145
6.6 信道估计的线性平滑方法(不用预测)	146
6.7 信道估计的约束最小输出能量方法	148
6.8 讨论	150
6.9 仿真结果	152
6.10 结束语	159
参考文献	160
第 7 章 FIR 多信道估计的半盲方法	163
7.1 引言	163
7.2 问题描述	165
7.3 半盲方法的分类	167
7.4 半盲信道估计的可辨识条件	168
7.5 性能测度:CRB	172
7.6 性能最优化问题	174
7.7 最优半盲方法	175
7.8 盲 DML 方法	177

7.9 三种基于次优 DML 准则的半盲准则	179
7.10 盲准则和训练序列准则相结合的半盲准则	182
7.11 半盲二次准则的性能	187
7.12 高斯方法	191
7.13 结束语	192
参考文献	193
第 8 章 盲信号估计的几何方法	198
8.1 引言	198
8.2 盲估计子设计准则	200
8.3 信号空间特性及等价代价函数	204
8.4 SW 接收机的几何分析:全局特性	206
8.5 SW 接收机的几何分析:局部特征	213
8.6 结束语及文献说明	217
附录 8.A 定理 5 的证明	219
参考文献	222
第 9 章 频率选择性信道估计和均衡的线性预编码技术	225
9.1 系统模型	226
9.2 统一滤波器组预编码器	228
9.3 FIR-ZF 均衡器	232
9.4 预编码器和译码器联合最优设计	236
9.5 盲符号恢复	248
9.6 结束语	256
参考文献	256
第 10 章 使用任意线性预编码器的盲信道可辨识性	262
10.1 引言	262
10.2 多项式方程的基本理论	265
10.3 内在的标量模糊度	268
10.4 弱可辨识性及 CRB	269
10.5 任意线性预编码器	270
10.6 零前缀预编码器	272
10.7 预编码的几何解释	274
10.8 滤波器组	275
10.9 抗模糊度预编码器	278
10.10 象征性方法	279
10.11 结束语	280
参考文献	281

第 11 章 当前盲判决反馈均衡器的进展	284
11.1 引言	284
11.2 符号	285
11.3 数据模型	287
11.4 维纳滤波器	289
11.5 盲跟踪算法	294
11.6 DFE 初始化策略	302
11.7 结束语	310
附录 11.A 谱分解	311
附录 11.B CL-MMSE-DFE	312
附录 11.C DD-DFE 局部收敛性	313
附录 11.D 自适应 IIR 算法的更新	314
附录 11.E CMA-AR 局部稳定性	316
参考文献	318

第二卷 单用户系统与多用户系统的发展趋势

第 1 章 时变衰落信道	325
1.1 信道模型	327
1.2 LTV 信道传输的编码策略	340
1.3 信道估计和预测	352
1.4 结束语	358
1.5 相关知识	359
参考文献	363
第 2 章 空时分集	370
2.1 引言	370
2.2 系统设置	371
2.3 检测的一般结构	372
2.4 仅有空间分集的处理	374
2.5 空时分集处理	374
2.6 BER	376
2.7 数据率	380
2.8 讨论	389
2.9 结束语	391
参考文献	391
第 3 章 代数常模算法	393
3.1 引言	393
3.2 基础知识	396

3.3	ACMA 算法的推导	401
3.4	无噪声情形的分析	404
3.5	有噪声情形下的 ACMA 算法	406
3.6	渐近性能	408
3.7	加权 ACMA 算法	412
3.8	二进制信源分离	414
3.9	仿真实验	415
3.10	联合对角化	418
3.11	结束语	422
	参考文献	422
第 4 章	信号分离中的 PARAFAC 技术	427
4.1	引言	427
4.2	理论	428
4.3	符合 PARAFAC 模型的算法	434
4.4	确定三维阵列的秩	438
4.5	应用的第一部分:数据建模	442
4.6	应用的第二部分:实例	451
4.7	PARAFAC 模型扩展:PARAFAC2	456
4.8	结束语	456
	参考文献	457
第 5 章	CDMA 系统中的多径抑制	464
5.1	引言	464
5.2	信号模型	465
5.3	接收机设计	469
5.4	最小方差接收机	470
5.5	长码系统的多径抑制	484
5.6	结束语	491
	参考文献	491
第 6 章	适于多径信道的通用多载波 CDMA 系统的块扩展技术	496
6.1	块扩展模型	497
6.2	无 MUI/ISI 和多速率传输的 GMC-CDMA	506
6.3	性能与比较	518
6.4	结束语	523
附录 6.A	双 Vandermonde-Lagrange 收发机	523
附录 6.B	GMC-CDMA 的模解释	524
	参考文献	526

第 7 章 用于 DS/CDMA 信号的多级干扰消除算法	532
7.1 引言	532
7.2 多用户信号模型	532
7.3 CDMA 接收机概述	534
7.4 SIC	537
7.5 BER 的精确分析	543
7.6 BER 的近似分析	548
7.7 自适应 SIC	552
7.8 PIC	555
7.9 PIC 的 BER 分析	556
7.10 状态 - 空间分析	564
7.11 结束语	567
参考文献	567
第 8 章 在分隙 Aloha 无线 Ad Hoc 网络中解决包冲突的信号处理技术	569
8.1 分隙 Aloha Ad Hoc 网络中的包冲突问题	570
8.2 包冲突模型	572
8.3 基于训练符号的迫零接收机	576
8.4 半盲最小二乘平滑接收机	577
8.5 盲接收机	583
8.6 可分离性分析	585
8.7 网络性能分析	590
8.8 数值仿真	594
8.9 结束语	597
附录 8.A 包冲突(一个 MIMO 系统)	597
参考文献	599
第 9 章 非数据辅助的数字同步技术	602
9.1 引言	602
9.2 信号模型	604
9.3 经典 UML 法	608
9.4 条件最大似然方法	614
9.5 最小条件方差压缩似然函数法	623
9.6 边界和性能估计	626
9.7 结束语	633
参考文献	634