



中国通信学会学术会议文集

2007 年

通信理论 与信号处理学术年会 论·文·集

2007年7月
中国·秦皇岛

◎ 许成谦 李 刚 练秋生 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

2007 年通信理论与信号处理学术年会论文集

许成谦 李刚 练秋生 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本论文集共收录论文 100 篇, 范围涉及 3G、B3G 与 4G 相关技术、新一代网络与网络新技术、信道估计、均衡与编码、计算智能与盲信号处理、雷达信号处理与智能天线、信息论、网络编码及安全、认知无线电及环境感知、语音与图像信号处理、DSP 及应用、光通信与光信息处理等方面的内容。

本书适合通信、电子与信号处理领域的科研人员 and 高校师生阅读。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

2007 年通信理论与信号处理学术年会论文集/许成谦, 李刚, 练秋生主编. —北京: 电子工业出版社, 2007.7
ISBN 978-7-121-04714-5

I. 2… II. ①许… ②李… ③练… III. ①通信理论—学术会议—文集 ②信号处理—学术会议—文集
IV. TN911-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 106834 号

责任编辑: 竺南直

印 刷: 北京季蜂印刷有限公司

装 订: 北京季蜂印刷有限公司

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 43.25 字数: 1100 千字

印 次: 2007 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 139.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

中国通信学会通信理论与信号处理专业委员会 2007 年通信理论与信号处理年会

主办:

中国通信学会通信理论与信号处理专业委员会

承办:

燕山大学信息科学与工程学院

大会主席:

刘彬 (教授 燕山大学副校长)

大会组委会主席:

毕卫红 (教授 燕山大学信息科学与工程学院院长)

许成谦 (教授 燕山大学信息科学与工程学院副院长)

委员:

崔景伍 竺南直 李 刚 练秋生 吴长奇

胡正平 顾广华 刘 强 张忠平

中国通信学会通信理论与信号处理专业委员会成员

主任委员:

郑宝玉

副主任委员:

项海格 刘序明 田宝玉 吴镇扬 杜利民 彭启琮 阮秋琦

委员:

绍谦明 刘济林 刘开华 何 晨 刘贵忠 徐佩霞 刘文予
郑林华 许录平 殷福亮 冯穗力 张晓琳 张邦宁 王岩飞
周治中 宋志群 谢显中 范 京 王晓明 许宗泽 刘 中
金炳荣 于 全 胡玉平 黄剑明 宋 彤 陈炽文 侯春萍
安建平 仇洪冰 竺南直 葛临东
崔景伍 (秘书长) 周 健 (副秘书长)

前 言

未来五到十年网络和通信的发展趋势是宽带化、移动性、网格化、泛在化和可信网。人们将通过 RFID（射频识别芯片）和传感器生活在无所不在（Ubiquitous）的网络（即所谓泛在网络）中。在这一发展进程中，无线通信扮演着十分重要的角色。量子通信技术在网络安全方面颇有潜力，受到广泛的关注。

当前，无线通信技术的发展呈现出百花齐放的繁荣景象，IEEE 802 系列标准为无线通信技术的发展做出了卓越的贡献。IEEE 802.11、802.15、802.16 等工作组提供了从个域网（WPAN）、局域网（WLAN）到城域网（WMAN）的无线通信标准，并通过 802.20（MBWA 或 WWAN）铺就通往未来宽带移动通信之路，通过 802.21 迎来泛网时代。在未来多网并存的无线通信世界中，以 WiMAX 技术为代表的宽带无线接入技术与 3G、B3G 技术的融合将更加引人注目。频谱利用率成为考验新一代移动通信技术的重要指标。为了满足新一代移动通信系统（如 4G）对频谱效率的要求，人们纷纷探索更加高效的无线通信技术。以认知无线电技术为核心的 802.22（WRAN），通过频谱感知实现动态频谱接入，有效地提高了频谱利用率，是未来无线通信的发展方向之一；已经提出的高效传输技术有多载波调制技术、多天线 MIMO 技术、空时信号处理技术、混合多址技术等。它们都是信号处理和无线通信（包括组网技术）的结合，这些结合极大地推动了无线通信技术的进步。

所有这些在本论文集集中均有所反映。此外，论文集中还包括信道估计、均衡与编码，计算智能与盲信号处理，雷达信号处理与智能天线，信息论、网络编码及安全，DSP 及应用，语音与图像信号处理，光通信与光信息处理等，共 100 篇。这些论文是学术委员会组织专家经过严格评审，从收到的 184 篇论文中挑选出来的。这些论文充分反映了通信与信号处理领域近年来的研究成果及今后的发展趋势。由于版面和时间等条件的限制，还有不少优秀论文未能选入，深表歉意。

本着通信理论与信号处理专业委员会的一贯宗旨，我们希望本次学术会议也像本专委会的历次学术活动那样，办成一次既是交流成果，联络感情，结识新友的会议，也是探索未来，促进通信与信号处理学科发展的会议。衷心祝愿大家在会议期间收益多多，满载收获地返回各自的工作岗位，创造新的业绩，做出新的贡献。

最后，感谢大家来参加这次盛会，感谢东道主和会议的工作人员为大会的成功召开所付出的巨大努力，感谢电子工业出版社各级领导和编辑为本论文集的出版所付出的辛勤劳动。

中国通信学会通信理论与信号处理专业委员会主任委员
郑宝玉

目 录

第一部分 3G、B3G 与 4G 相关技术

基于四相完全互补序列 MC-CDMA 系统分析	贾志成 李建娜 蒋文娟 (2)
一种基于时延和参数扰动的混沌同步通信方案研究	倪姬娜 李德敏 余雯静 曾旒 (8)
高精度用户定制循环延迟分集在 MIMO-OFDMA 频域用户调度系统中的应用	潘振岗 翁中淹 易芝玲 (14)
基于块传输 SC-FDE UWB 系统的 MIMO 传输方案	王丹 蒋铃鸽 何晨 (23)
MIMO-OFDM 系统中一种低复杂度自适应比特功率分配算法	霍永青 彭启琮 邵怀宗 (31)
无保护时隙 OFDM 重叠均衡方法	黎海涛 (38)
全 IP OFDM-CDMA 系统实时业务资源分配的跨层优化方法	骆晓勇 郑宝玉 潘甦 (44)
MIMO 快速恒模均衡算法的研究	张琛 鄢广增 (52)
小波变换在 OFDM 符号同步中的应用	李世鸿 吴长奇 (57)
MIMO-OFDM 信道估计方法的 Bayesian Cramér-Rao 界	武威 蔡跃明 (62)
基于最佳序列的 OFDM 时域信道估计	徐以涛 张玉明 沈良 (70)
基于分数阶傅里叶变换的 OFDM 帧同步	刘琦 胡波 (78)

第二部分 新一代网络与网络新技术

一种 Ad Hoc 网络中的协作路由方案	袁渊 郑宝玉 颜振亚 (86)
基于空间相关性的无线传感器网络分簇算法	王天荆 杨震 胡海峰 (94)
Ad hoc 网络中 MAC 算法的仿真与性能评价	郭爱煌 舒文杰 屠燕春 (101)
一种适用于无线 Mesh 网络的 MAC 协议方案	林文韬 郑宝玉 袁渊 盛奔宇 (108)
无线 Mesh 网中基于最大价格的最大最小公平性速率分配	秦晓卫 徐佩霞 (116)
机会协作传输及其性能研究	颜振亚 郑宝玉 李世唐 崔景伍 (124)
基于无线异构网络的改进型 IDMP 切换管理方案	刘侠 蒋铃鸽 何晨 (131)
嵌入式微控制器通过无线网卡接入网络的方案比较	胡双喜 吴长奇 王毅 (139)
无线网络中基于跨层设计的协作 MAC 方案	盛奔宇 郑宝玉 袁渊 林文韬 (147)
无线传感器网络中移动代理自适应数据融合路由算法	胡海峰 杨震 (154)
一种基于记忆效应的 IEEE 802.11 DCF 网络事件模型	张晔 何晨 蒋铃鸽 (161)
SIP 协议时延的优化研究	李明 吴燕玲 陈显龙 (170)
基于智能网技术的虚拟呼叫中心实现方法	王茜菲 陈行益 (176)
基于总线的标记交换路径的启发式算法	钱翎 赵晓群 (183)
基于空时编码的协作分集技术研究	孙维菊 赵生妹 邹渊溢 (189)

第三部分 信道估计、均衡与编码

国外某卫星抗干扰性能仿真与分析	孙舒 李臣	(196)
基于退化信道的多用户检测技术分析	董小亮 郑宝玉 赵生妹 崔景伍	(204)
A New Interleaver Design with the Application of Chaotic Maps	ZOU Xuelan FENG Guang-zeng	(209)
Weighted IS Method of Estimating FER of LDPC Codes in High SNR Region	Guangwen Li Guangzeng Feng	(216)
基于 STBC-SCFDE 系统的信道估计算法研究	任术波 郭俊奇 项海格	(224)
一种改进的盲均衡算法	刘锋 葛临东	(231)
建筑环境下无线信号 913MHz 信道特性研究	柳平 李振坤	(236)
动态频谱接入中的衰落信道容量分析	王飞鸽 郑宝玉 田峰 徐姗	(242)
量子遗传算法及其在 MIMO 盲均衡中的应用研究	李成 洪亮 李飞	(249)

第四部分 计算智能与盲信号处理

基于疫苗自动更新的免疫遗传算法	黑晓丽 邢光龙 白秀梅	(256)
常模盲均衡算法: 消除常相位偏移和多普勒频移引起的相位模糊	王欣 鄢广增 孔媛媛	(264)
基于模糊带宽控制的载波恢复锁相环设计	郭明喜 沈越泓	(273)
一种直扩伪码快速捕获新方法	王鹏宇 吕善伟 熊小军 韦志棉	(279)
基于 AR 模型水声信道盲辨识算法研究	李军 章新华	(285)
融入混沌及扰动的量子粒子群优化算法	白秀梅 邢光龙 黑晓丽	(292)
基于矩的无乘法离散傅立叶变换	刘振丙 汪国有 刘建国	(299)
A novel approach to signal reconstruction from a finite number of nonuniform samples	Zhao Jun-xi	(305)
基于 Radon-时频分析和 SVC 的多分量 LFM 参数估计	王国华 李长满 许剑锋	(313)
基于 FDTD 算法的层状非均匀介质中波导效应的分析	余硕军 郭爱煌 何怡	(320)
基于主分量分析神经网络(PCANN)的说话人识别研究*.....	张玲华 张银娟 吴奎宏	(328)
基于改进的蚁群算法的数据关联	张珂磬 黄敬雄 康莉	(333)
一种改进的适于慢衰落信道的恒模盲均衡算法	陈庆佳 吴启晖 王金龙 程相波	(339)
CDMA 系统盲自适应干扰抑制	赵发勇 鄢广增	(346)
一种有效的 MVDR 波束形成算法		(352)

第五部分 雷达信号处理与智能天线

空间探测雷达信号处理系统仿真	谢建民 张伟 汪学刚	(360)
基于 Hough 变换的 SAR 图像线目标检测方法	孙慕涵 周荫清 徐华平	(368)

基于信号循环平稳性的稳健的盲波束形成	李娜 苏涛 (374)
基于 RCS 序列的锥体目标进动特性分析及其周期提取	罗楠 张伟 王卫星 (380)
DDS 杂散分析和一种无相位截断杂散的系统方案	张龙君 潘明海 刁桂杰 (386)
射频仿真系统中雷达目标阵列的 DBF 实现方法	潘明海 刁桂杰 张龙君 (394)
基于联合空频恒模算法的盲多用户检测技术	赵发勇 鄧广增 (401)
牛顿下山法在宽带智能天线波束形成中的应用	张肖 邢光龙 (407)
超宽带阵列天线时域波束形成方法的研究	张颖 吴长奇 安永丽 (414)

第六部分 信息论、网络编码及安全

基于小波神经网络的入侵防御系统	刘继秋 许成谦 (420)
频率分配与管理算法研究	贺志强 牛凯 林雪红 田宝玉 (427)
基于 BP 译码的量子低密度奇偶校验码的译码算法研究	赵生妹 蔡镇 郑宝玉 (435)
一种基于概率的密码分析方法	王勇 (441)
信源信道联合编码的一种累计译码方法	王宁 汪一鸣 (444)
一种基于端点检测的时域易碎性水印算法	吴超 邓宗元 杨震 (449)
基于节奏检测的倒谱域数字水印	徐宁 邓宗元 杨震 (455)
低零相关区序列偶理论的进一步研究	万超 张立东 李琦 赵晓群 (461)
伪随机二进阵列偶理论的研究	张立东 万超 李琦 赵晓群 (467)
基于椭圆曲线的动态群签名方案	贾卓 卢辉斌 (474)
基于信息隐藏的综合实时差错掩盖方案的实现	彭巧巧 孔玲丽 胡栋 (479)

第七部分 语音与图像信号处理

氮语音线性预测增强编码系统	赵晓群 张崇铭 刘小青 (488)
一种新颖的矩形块-零树编码方法	邵晟 陈松 卞定元 朱谦 邵谦明 (499)
基于非线性自适应小波变换的无损图像压缩方法	张东 杨艳 秦前清 (506)
基于 POCS 理论的压缩视频超分辨率重构算法	周亮 郑宝玉 (511)
一种基于 Haar 小波的图像检索方法	崔巍 王成儒 (517)
一种改进的 H.264/avc 帧内预测快速算法	刘奎 徐立中 李臣明 黄凤辰 (523)
移动多媒体新标准中 RS 解码及其性能研究	廖汝鹏 姜小波 张永红 郑学仁 (531)
毫米波成像的图像处理算法	徐政宇 窦文斌 曹振新 (537)
用于语音转换的平滑补偿算法研究	高银秋 杨震 (542)
语声转换中的基音变换算法	简志华 杨震 (550)
基于小波变换和纹理分析的车牌定位方法	刘少梅 杨鼎才 (557)
MPEG-4 中头肩视频对象的分割	王世刚 王学军 陈贺新 (563)
汉语语音情感识别的研究	韩笑蕾 王成儒 贾晓光 (570)
基于线性预测的氮语音增强系统的改进	张崇铭 赵新凯 赵晓群 (577)

基于语音概率和听觉掩蔽特性的语音增强算法	黄小珊 宫云梅 赵晓群 (582)
一种基于先验无语音概率的语音增强算法	赵晓群 刘小青 宫云梅 (588)

第八部分 认知无线电及环境感知

一种新型认知无线电价格与功率博弈算法	程世伦 杨震 (596)
认知无线电频谱共享的囚徒困境分析	田峰 杨震 (603)
基于无线 AP 或传输链路的机会频谱接入分析	徐姗 郑宝玉 田峰 王飞鸽 (610)
认知无线电中多节点联合频谱感知技术研究	彭启航 彭启琮 邵怀宗 (618)
一种新的认知无线电频谱谱洞参数感知方法	邵怀宗 彭启航 邵龙 彭启琮 路友荣 黄奇珊 徐刚 (622)

第九部分 DSP 及应用

基于 ADSP-BF561 的动态 OSD 显示	王敏越 吴强 孙光民 林世凯 (628)
基于 DSP 的 Motion-JPEG 算法的实现	辛颖 吴强 孙光民 (634)
基于双 FPGA+DSP 结构的雷达图像处理系统	李志鹏 (640)
宽带语音 G.722.2 编解码器在 TMS320C55x 系列 DSP 芯片上的优化实现	尤红岩 陈亮 吴镇扬 (647)
多相滤波器组信道化接收机的设计和实现	李文佳 刘勤 杨家玮 (654)

第十部分 光通信与光信息处理

取样光纤光栅谱特性研究	许明妍 (662)
大气无线光通信中调制方式的性能比较	陈佳杰 李晓峰 车雅良 (667)
基于 OCDM/WDM 技术的环形局域网协议研究	韩红梅 王玉宝 贾晓光 (674)

第一部分

3G、B3G 与 4G 相关技术

Jia Zhiqiang, Li Jiaanna, Jiang Wenjuan

(Department of Information Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300401 China)

Abstract: Compared with binary sequence, in theory, polyphase complete complementary sequence has better correlation properties. According to the character of polyphase complete complementary sequence, design a kind of MC-CDMA system model based on quadri-phase complete complementary sequence, in AWGN channel and Rayleigh fading channel, realizing the performance simulation of the system, and under the same condition, comparisons among the Walsh sequence which length is 64 based MC-CDMA system. The simulation results show that the quadri-phase complete complementary sequence based MC-CDMA system not only the structure is simple, and have a better against multiple access interference performance.

Key word: MC-CDMA (multicarrier CDMA); quadri-phase complete complementary code

引言

在近 10 年中,移动通信技术已成为当今发展最迅速、应用最广泛、最引人瞩目的通信技术。移动通信从早期的 AM、FM 发展到今天的 FDM、TDM 直至 CDMA,每个话音信道带宽从早期的 100KHz、20KHz 发展到今天的 25KHz、12.5KHz,甚至 6.25KHz 甚至更窄,频谱利用率提高了 100 多倍。当前,无线移动通信发展日新月异,新技术层出不穷。其中,将 CDMA 与 OFDM 结合使用 (OFDM) 和 CDMA 技术相结合起来,兼具二者的特点,不仅对多径效应引起的符号间串扰 (ISI) 有极强的抵抗力,而且还具有 CDMA 的高用户容量的特点。所以,将 CDMA 从它的提出到目前为止,且只有几年的时间,但它

基于四相完全互补序列 MC-CDMA 系统分析

贾志成 李建娜 蒋文娟

(河北工业大学信息工程学院 天津 300401)

摘要: 与二元序列相比, 理论上多相完全互补序列具有更优良的相关性能。根据多相完全互补序列的特征, 设计了一种基于四相完全互补序列的 MC-CDMA 系统模型, 在加性高斯白噪声信道和瑞利衰落信道条件下, 实现了系统性能仿真, 并在同样的条件下, 与采用 64 长 Walsh 序列的 MC-CDMA 系统性能进行了对比分析。结果表明, 多相完全互补序列 MC-CDMA 系统不仅结构简单, 而且具有更好的抗多址干扰性能。

关键词: MC-CDMA; 四相完全互补序列

Analysis of MC-CDMA system based on Quadri-phase complete complementary sequence

Jia Zhicheng, Li Jianna, Jiang Wenjuan

(Department of Information Engineering Hebei University of Technology Tianjin 300401 China)

Abstract: Compared with binary sequence, in theory polyphase complete complementary sequence to have better correlation properties. According the character of polyphase complete complementary sequence, design a kind of MC-CDMA system model based on quadri-phase complete complementary sequence, in AWGN channel and Rayleigh fading channel, realizing the performance simulation of the system. and under the same condition, comparisons among the Walsh sequence which length is 64 based MC-CDMA system The simulation results show that the quadri-phase complete complementary sequence based MC-CDMA system not only the structure is simple, and have a better against multiple access interference performance.

Key word: MC-CDMA (multicarrier CDMA); quadri-phase complete complementary code

1 引言

在近 10 年中, 移动通信技术已成为当今发展最迅速、应用最广泛、最引人瞩目的通信技术。移动通信从早期的 AM、FM 发展到今天的 FDMA、TDMA 直至 CDMA, 每个话音信道的带宽从早期的 100KHZ、50KHZ 发展到今天的 25KHZ、12.5KHZ, 甚至 6.25KHZ 甚至更窄, 频谱的利用率提高了 100 多倍。当前, 无线电移动通信发展日新月异, 新业务、新技术层出不穷。其中多载波 CDMA 是将正交频分复用 (OFDM) 和 CDMA 技术结合起来, 兼具二者的特点, 不仅对多径效应引起的符号间串扰 (ISI) 有很强的抵抗力, 而且还具有 CDMA 的高用户容量的特点。所以, 多载波 CDMA 从它的提出到目前为止, 虽只有几年的时间, 但它

却很快成了通信领域的一项研究热点。

最近提出了一系列基于具有理想相关特性的正交互补码^[1] (Orthogonal Complementary Codes, OCC) 扩频的 CDMA 系统^[2,3] 旨在通过抑制干扰提高频谱效率。正交互补码的自相关函数旁瓣和互相关函数为零, 将同一个数据经正交互补码的不同子码扩频后, 在不同时隙或者不同载波上发送, 即可抑制 MI 和 MAI。所以基于正交互补码的 CDMA 技术(OCC-CDMA) 引起了人们的广泛关注。

本文根据完全互补码具有自相关函数旁瓣和互相关函数为零的特点, 设计了基于四相完全互补序列的 MC-CDMA 系统模型, 并在加性高斯白噪声信道和瑞利衰落信道条件下, 对其误码率及抗多址性能进行了分析。并与基于 Walsh 序列的 MC-CDMA 系统性能进行了比较。

2 完全互补码的性质

2.1 周期互补序列的概念

p 个长度为 N 的二元序列集合 $\{A_i: 0 \leq i \leq p-1\}$, $R_{A_i}(\tau)$ 表示第 i 个序列的周期自相关函数。当且仅当满足:

$$\sum_{i=0}^{p-1} R_{A_i}(\tau) = \begin{cases} Np & \tau = 0 \\ 0 & \tau \neq 0 \end{cases}$$

时, 称 $\{A_i: 0 \leq i \leq p-1\}$ 为一组周期互补序列。

2.2 多相完全互补序列的概念及性质

完全互补序列^[4] 是由多相正交序列构成, 举例说明多相完全互补序列的概念, 设有四个 4 相正交序列 s_0, s_1, t_0, t_1 , 其中:

$$s_0 = \{1, -j, j, -1, 1, j, -1, -j, 1, -j, -j, -1, 1, j, 1, j\}$$

$$s_1 = \{1, -j, -j, -1, 1, j, 1, j, 1, -j, j, 1, 1, j, -1, -j\}$$

$$t_0 = \{1, j, 1, -1, -1, j, -j, -j, 1, j, -1, 1, -1, j, j, j\}$$

$$t_1 = \{-1, -j, 1, -1, 1, -j, -j, -j, -1, -j, -1, 1, 1, -j, j, j\} \quad (\text{其中 } j = \sqrt{-1}).$$

令 $s_0 * \overline{s_0}$ 表示 s_0 的循环自相关函数, $t_0 * \overline{s_0}$ 表示 s_0 与 t_0 循环互相关函数, 则有:

$$s_0 * \overline{s_0} + s_1 * \overline{s_1} = \{32, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$$

$$t_0 * \overline{t_0} + t_1 * \overline{t_1} = \{32, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$$

这时我们称 $s = \{s_0, s_1\}$ 为一组自互补码 (auto-complementary code); 同样, $t = \{t_0, t_1\}$ 也为一组自互补码。

自互补码具有这样的性质: 当一组自互补码经过下述运算后仍然为自互补码。

- (1) 对其中任意多个序列的全部分量乘以-1。
- (2) 对其中任意多个序列取反。
- (3) 对其中任意多个序列作倒序运算。
- (4) 对所有序列的第偶数个分量全部乘以-1。
- (5) 对每个序列进行相同的循环移位。

又有: $s_0 * \overline{t_0} + s_1 * \overline{t_1} = \{0, 4-4j, 0, 4-4j, 0, 0, 0, 0, -4-4j, 0, -4-4j, 0, 8j, 0, -8j\}$

$$+ \{0, -4 + 4j, 0, -4 + 4j, 0, 0, 0, 0, 4 + 4j, 0, 4 + 4j, 0, -8j, 0, 8j\}$$

$$= \{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$$

则称 $s = \{s_0, s_1\}$ 和 $t = \{t_0, t_1\}$ 为一组互互补码 (cross-complementary code)。于是同时满足自互补码和互互补码定义的序列组 $\{(s_0, s_1), (t_0, t_1)\}$ 称为一组完全互补码 (complete complementary code)。

3 四相完全互补码 MC-CDM 系统模型

在基于四相完全互补码的通信系统设计时，我们可以看到每个用户的码序列不是传统的单一序列 (Walsh 或 PN 序列)，而是每个用户分配一个补码集作为扩频码，同时该补码集用来标识用户的身份，以区别其它的用户，这是基于四相完全互补码的通信系统与传统的 CDMA 通信系统最大的不同。

图 1 是其发射机的结构图，对于第 k 个用户，输入数据序列首先进行 QPSK 调制，然后经过串并变换成 N_c/N 路 (N 为完全互补码码集的阶数)，这 N_c/N 路数据可以表示为 $(a_0^n(i), a_1^n(i), \dots, a_{(N_c/N)-1}^n(i), a_n^n(i))$ 为第 n 路上的第 i 个信息比特。每路的输出进入相应的复制模块复制为 L 路相同的数据 (L 是扩频码的长度)，然后每 L 路相同的数据与长度为 L 的扩频码相乘完成频域扩频。扩频后的数据进行 IFFT 变换和并串变换。如果是在基站端发送，最后所有用户的发送信号线性叠加后形成发射信号，经过成型滤波器后，由射频单元发射出去。

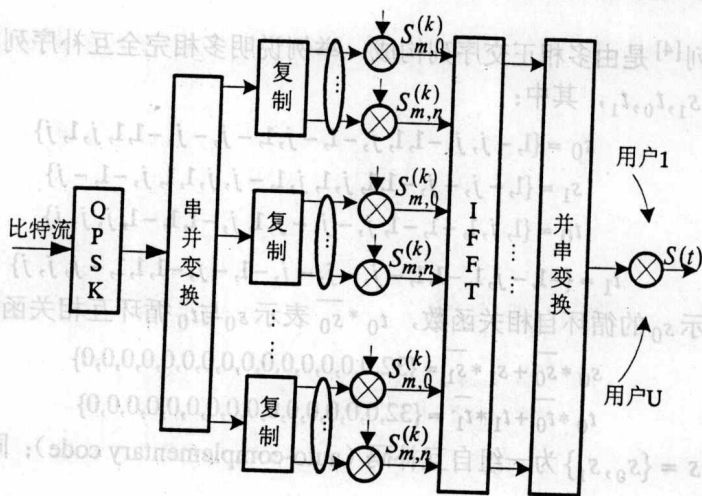


图 1 基于四相完全互补码的 MC-CDMA 发射机结构

图 2 是其接收机的结构图，在接收机中，不同的合并模块对应不同的检测合并技术。我们所提出的简单 MC-CDMA 模型，就是通过相干接收和一个具有可变因子的合并器，将信号很好的恢复出来。合并器中每路增益因子与相对应子载波的信道特性函数是相对应的。

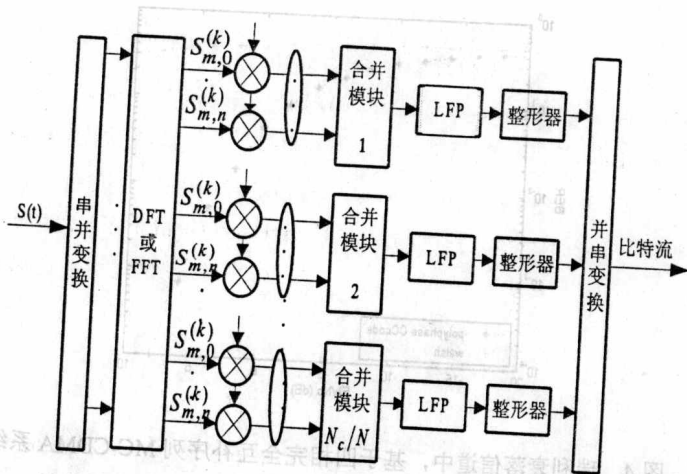


图2 基于四相完全互补码的 MC-CDMA 接收机结构

4 性能仿真

通过 MATLAB 软件对基于四相完全互补码 MC-CDMA 系统的性能作一评估, 并与采用 Walsh 序列的 MC-CDMA 系统进行了比较。采用完全互补序列 $N \times L = 4 \times 16$, 既扩频增益为 64, Walsh 序列的长度是 64。

图 3 和图 4 分别显示了基于四相完全互补序列 MC-CDMA 系统在加性高斯白噪声环境下和瑞利衰落信道环境中误比特率性能的比较, 由图 3 和图 4 的比较中可以看出, 由于瑞利衰落的影响, 相比于加性高斯白噪声信道中的情况, 在瑞利衰落信道中系统的误码率有所下降, 但是下降速度不大。由图 4 还可以看出, 在瑞利衰落信道中, 基于四相完全互补序列 MC-CDMA 系统的误码率性能比基于 Walsh 序列的 MC-CDMA 系统的性能有所改善, 而且信噪比越大, 性能改善越明显。

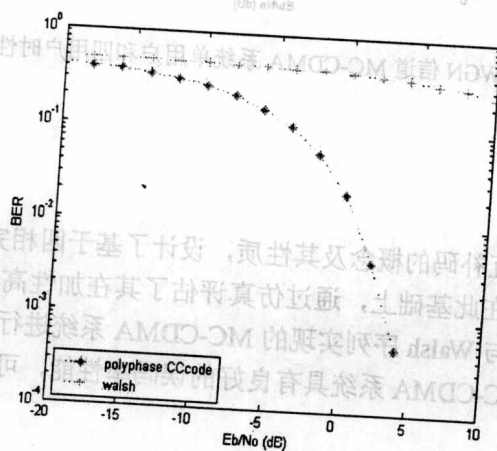


图3 AWGN 中, 基于四相完全互补序列 MC-CDMA 系统与
基于 Walsh 序列 MC-CDMA 系统误比特率性能比较

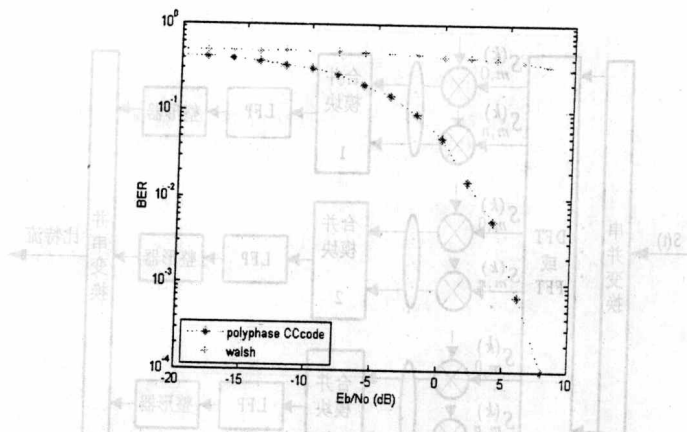


图4 瑞利衰落信道中, 基于四相完全互补序列 MC-CDMA 系统与基于 Walsh 序列 MC-CDMA 系统误比特率性能比较

图5显示了在加性高斯白噪声信道中, 基于四相完全互补序列的 MC-CDMA 系统单用户和四个用户的误码率比较, 可以看出单用户的误码率曲线和四个用户的误码率曲线几乎完全重合。这表明, 四个用户时, 用户之间的多址干扰仍然为零。从而验证了基于完全互补码的 MC-CDMA 系统具有良好的抗多址接入干扰能力。

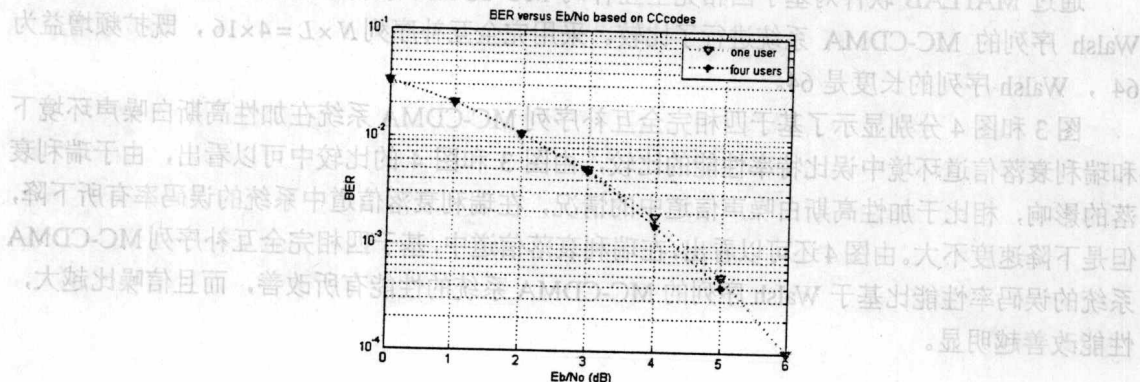


图5 在 AWGN 信道 MC-CDMA 系统单用户和四用户时性能比较

5 结论

本文描述了多相完全互补码的概念及其性质, 设计了基于四相完全互补码的 MC-CDMA 系统的发射与接收模型。在此基础上, 通过仿真评估了其在加性高斯白噪声信道和瑞利衰落信道下的误码率性能, 并与 Walsh 序列实现的 MC-CDMA 系统进行了比较。仿真结果表明: 基于多相完全互补码的 MC-CDMA 系统具有良好的误码率性能, 可以显著提高系统的抗多址干扰能力。

参考文献

- [1] Hsiao-Hwa Chen, Hsin-Wei Chiu, "Generation of perfect orthogonal complementary codes for their applications in interference-free CDMA systems," Proceeding of Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, vol. 1,

pp. 734-738, Sept. 2004

- [2] Hsiao-Hwa Chen, Jun-Feng Yeh and Naoki Suehrio, "A Multicarrier CDMA Architecture Based on Orthogonal Complementary Codes for New Generations of Wideband Wireless Communications", IEEE Commu Mag, vol.39, Oct.2001, pp126-135
- [3] Jing Li and Aiping Huang, "Analysis of Single Carrier Offset-stacked OCC-CDMA System with Rake Receiver," Wireless Networks, Communications and Mobile Computing, 2005 International Conference on vol.13-16, pp. 582-587, June 2005
- [4] Torii H, Suehiro N, Nakamura M. General construction of periodic complete complementary codes composed of expanded modulatable orthogonal sequences. The 11th IEEE International Symposium on, 2000, 2: 740
- [5] 尹长川, 罗涛, 乐光新. "多载波宽带无线通信技术".北京邮电大学出版社,2004年7月, pp.185-192

作者简介

贾志成 男 1957年生 教授 中国电子学会高级会员 研究方向:最佳信号设计与扩频编码理论,多载波传输与扩频通信技术等。

李建娜 女 1982 年生 研究生 研究方向: 关于提高移动通信频带利用效率的信号设计理论的研究

蒋文娟 女 1980 年生 研究生 研究方向: 关于提高移动通信频带利用效率的信号设计理论的研究

联系人通信地址:

天津市河北工业大学北辰校区 390 信箱

李建娜 邮编: 300401

E-mail: lijianna703@163.com

0111