

文章编号:1007-2861(2008)06-0568-04

基于导频的宽带无线通信系统 下行链路参考符号设计

张日华, 李迎春, 武卓

(上海大学通信与信息工程学院, 上海 200072)

摘要: 设计一种用于宽带无线通信系统下行链路的参考符号, 该符号由 PN 码、OVSF 码和 GCL/CAZAC 序列组合而成. 仿真结果表明, 采用该参考符号实现的导频能够很好地抑制扇区间和小区间的同频干扰, 有效降低系统的误码率和误块率, 提高了系统的吞吐量.

关键词: 导频符号; 扰码; GCL/CAZAC; 多输入多输出(MIMO); 正交频分复用

中图分类号: TN 911.25⁺4 **文献标志码:** A

Reference Symbol Design of Downlink Based on Pilot in Broadband Wireless Communication

ZHANG Ri-hua, LI Ying-chun, WU Zhuo

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072, China)

Abstract: A kind of reference symbol is designed for downlink based on pilot of broadband wireless communication systems in this paper. The new pilot is made of PN code, orthogonal variable spreading factor(OVSF) code and generalized chirp like/constant amplitude zero auto-correlation(GCL/CAZAC) sequence. Simulation results indicate that the proposed method can restrain the co-channel interference in adjacent sectors and cells. The bit error rate (BER), block error rate (BLER), and throughput of the system are all improved effectively.

Key words: reference symbol; scrambling code; generalized chirp like/constant amplitude zero auto-correlation (GCL/CAZAC); multi-input multi-output (MIMO); orthogonal frequency division multiplexing (OFDM)

所有的无线通信系统都面临信号衰落、多径、码间干扰和频谱受限的挑战. 多输入多输出(multi-input multi-output, MIMO)技术在不需占用额外的无线电频率的条件下, 利用多径来提供更高的数据吞吐量, 同时增加了覆盖范围和可靠性. 而在未来的

移动通信中, MIMO 和正交频分复用(orthogonal frequency division multiplexing, OFDM)技术结合是一种必然的趋势. 在 MIMO-OFDM 系统中, 不但存在着信号衰落、多径等干扰, 而且存在相位干扰以及多扇区、多小区间的同频干扰. 因此为了更好地消除各

收稿日期:2007-07-11 基金项目:上海市科委基金资助项目(06dz15013_3)

通信作者:李迎春(1962~),男,副研究员,研究方向为数字通信. E-mail:liyinchun@shu.edu.cn

种干扰,提高在扇区间移动用户信号的质量,提高系统吞吐量,参考符号的设计就显得非常重要。

1 GCL/CAZAC 参考符号的设计

所谓参考符号就是在发送数据中插入一些已知的序列,利用这些序列在接收端的输出状况估计出参考符号对应的信道状态,进而估计出数据信道的状态 H ,从而更加有效地从接收到的数据恢复出发送端的数据.但并不是所有的数据都可以作为参考符号,它必需具有一定的特性,表 1^[1]是在各种系统条件下对参考符号设计的要求。

表 1 各种信道情况下导频设计基本要求
Table 1 Basic require of reference symbol design for kinds of channel

| 系统条件 | 导频设计方案 |
|---------------------|--|
| 单天线系统 | 等功率 + 等间隔分布 |
| 平衰落环境下的 MIMO 系统 | 等功率 + 等间隔分布 + 各导频序列相互正交 |
| 频率选择性衰落环境下的 MIMO 系统 | 等功率 + 等间隔分布 + 各导频序列相互正交 + 导频数列相位偏移正交(时延分量) |

由于实际的 MIMO-OFDM 系统通信环境极其复杂,数据在进行 OFDM 处理时经过不同信道产生不同程度的时延分量,信道状态是频率选择性衰落环境,所以我们要采用对应的导频设计方案. GCL/CAZAC (generalized chirp like/constant amplitude zero auto-correlation) 序列是一种具有理想性能的序列, GCL 序列是 CAZAC 序列的一种. GCL^[2] 多相序列不但具有理想的周期自相关特性,而且具有理想的互相关性。

GCL/CAZAC 序列产生方法如下:

$$S_u = (a_u(0)b, a_u(1)b, \dots, a_u(N_C - 1)b),$$

式中, N_C 是奇数, b 是任何一个单幅度的标量,

$$a_u(k) = \exp\left(-j2\pi u \frac{k(k+1)/2 + qk}{N_C}\right),$$

S_u 为 GCL 序列, $a_u(k)$ 为原始 CAZAC 序列, $u = 1, \dots, N_C - 1$ 是 GCL 序列的种类, $k = 0, 1, \dots, N_C - 1$, q 为任何整数。

GCL 序列长度设计如表 2^[3] 所示。

系统带宽、子载波的数量、参考序列的长度、GCL 序列的长度按照表 2 的对应关系,可以比较理想地分配频谱资源。

表 2 各带宽下的序列长度

Table 2 Length of sequence for kinds of bandwidth

| 系统带宽/MHz | 1.25 | 2.5 | 5 | 10 | 20 |
|-------------------|------|-----|-----|-----|-------|
| 子载波数量 | 76 | 151 | 301 | 601 | 1 201 |
| 参考序列长度(N_a) | 12 | 25 | 50 | 100 | 200 |
| GCL 序列长度(N_C) | 13 | 29 | 53 | 101 | 211 |

2 PN 码、OVSF 码和 GCL/CAZAC 序列作导频的设计

随着移动通信用户增多和流量加大,扇区和小区的数量必需随之增加,这样扇区和小区之间的干扰也就增大,单独用 GCL/CAZAC 参考符号作导频已经不能满足实际情况的要求^[4]. 通过相位旋转^[5]虽然能够增大容量,但是这样又会带来同频干扰,让接收到的数据误码率增加. 而频率资源是有限的,在一个蜂窝系统中,不同的 Node B 中也采用相同的频率,因此造成同频干扰的概率明显增加. 在第三代移动通信 WCDMA 系统中往往采用区分扇区的扰码来消除扇区间的干扰. 对于未来移动通信的 MIMO-OFDM 系统,由于 OFDM 系统存在多个正交的子载波,传输的数据量非常庞大,必须用到快速选择或者是同时传输等软连接的优点. 然而由于扇区间的干扰,相对于以前的系统,基于导频信道的信道估计在扇区间差异性上并没有得到提高,所以当区分扇区的扰码应用到 MIMO-OFDM 系统的无线接入下行链路中时,每一个导频信道的调制符号受到的扇区间的干扰会比较明显,特别是对于在扇区间转移的用户. 因此提高信道估计质量、解决用户在小区间的转移情况下的通信质量是非常重要的. 本研究提出一种新的参考信号设计方案,即 PN 码加 OVSF (orthogonal variable spreading factor) 码再加 GCL 序列的方式来作为参考信号. 首先用 PN 码来区分不同的 Node B 的信号,OVSF 码来区分同一个 Node B 中不同扇区的信号;再利用 GCL 序列良好的正交性区分不同的移动用户,从而适应多扇区特别是未来的六扇区系统,减少系统的同频干扰,特别是提高在扇区间移动的用户信号的质量。

小区的区分用 PN 码^[6], PN 码是一组伪随机序列码,在第二代移动通信系统中已用到. 区分扇区的扰码采用 OVSF 码^[7],它是一种从树形结构固定的正交码衍生的扩展码,具有良好的正交性能(见图 1). 在 MIMO-OFDM 系统中,为了减少相邻扇区和相邻小区的干扰,必须设计成二维的扰码. 扰码的长度

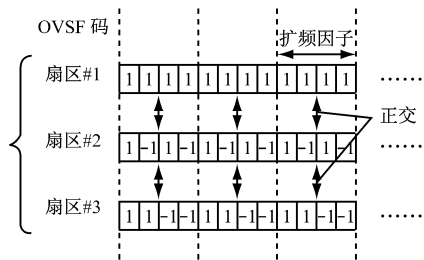


图 1 OVSF 码

Fig. 1 Orthogonal variable spreading factor code

与子载波的长度相同,扰码在频域上与子载波上的符号相乘.在下一个符号的时候,扰码沿频域进行 1 位的位移,这样二维的扰码就可以用到系统中(见图 2).

这样用区分扇区的正交序列 OVSF 码去区分在同一个小区的不同扇区,再用区分小区的正交序列 PN 码去区分不同的小区,从而精确地确定了信号的路径,消除了同频干扰,特别是因在扇区间移动而带来的干扰^[8-9].

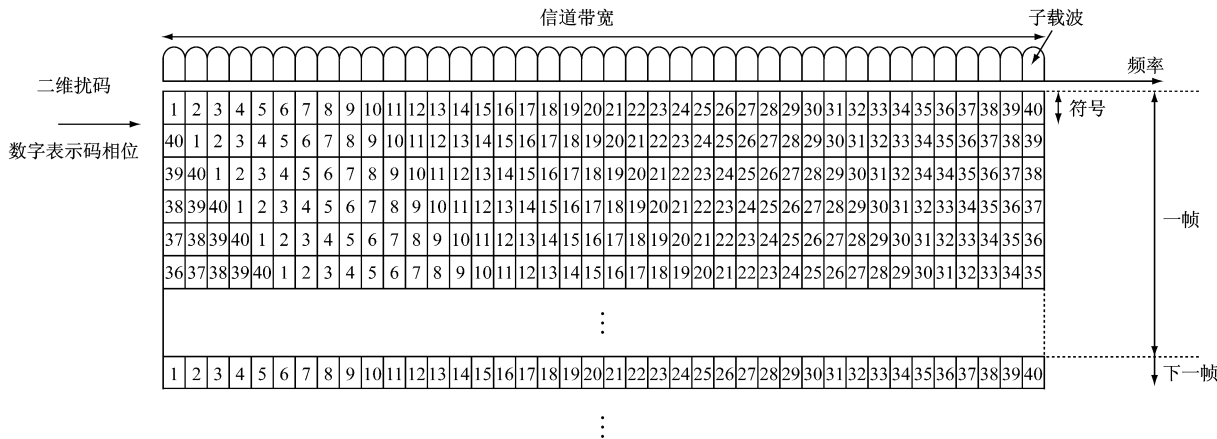


图 2 二维扰码设计

Fig. 2 Example of two-dimensional scrambling code

3 仿真结果及结论

仿真条件:10 MHz 带宽,载频 2.5 GHz,子载波间隔 15 kHz,子帧持续时间 0.5 ms,长 CP,1 024 点 FFT 变换,601 子载波,信道格式“TU”^[10],并采用 QPSK 调制、Wiener2D^[11](二维维纳)滤波、MIMO 2×2 天线.仿真结果如图 3~图 5 所示.

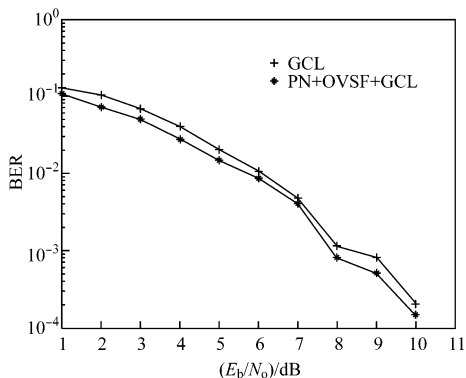


图 3 MIMO-OFDM 2×2 系统 BER 仿真结果

Fig. 3 Test result of MIMO-OFDM 2×2 system —BER

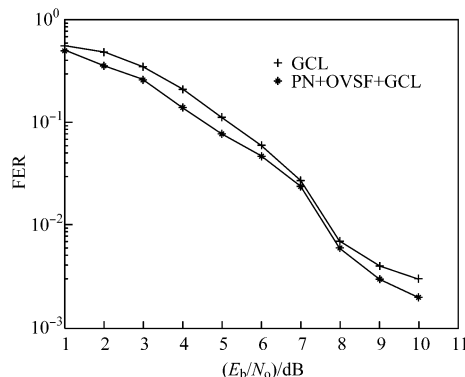


图 4 MIMO-OFDM 2×2 系统 FER 仿真结果

Fig. 4 Test result of MIMO-OFDM 2×2 system —FER

从图 2 和图 3 中可以看到,采用本研究中所设计的导频后,即用 PN 码、OVSF 码和 GCL 序列的组合作导频,系统的误码率和误块率都有一定程度的下降,系统吞吐量也有一定的提高.所以采用 PN 码加 OVSF 码再加 GCL 序列作导频,能够比较有效地抑制扇区间和小区间的同频干扰,改善系统的性能,提高系统的吞吐量.

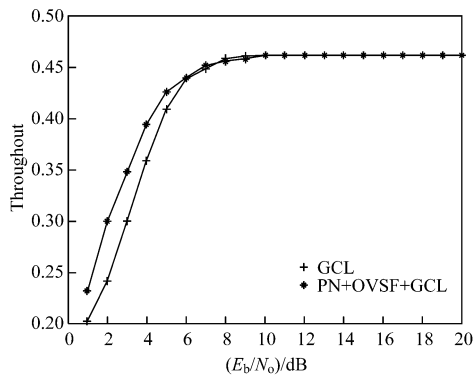


图5 MIMO-OFDM 2×2 系统 Throughput 仿真结果

Fig. 5 Test result of MIMO-OFDM 2×2 system —Throughput

参考文献:

- [1] 程鑫豪. MIMO-OFDM 仿真系统关键技术研究 [D]. 杭州:浙江大学, 2005:76-78.
- [2] POPOVIC B M. Generalized chirp-like polyphase sequences with optimum correlation properties [J]. IEEE Transaction Theory, 1992, 38(4):1406-1409.
- [3] 3GPP. TR25. 814 V2. 0. 0 downlink reference-signal [R]. 2006:156-161.
- [4] NTT DoCoMo. Orthogonal reference signal design in E-UTRA downlink [R]. 3GPP TSG RAN Meeting #46, 2006:2-4.
- [5] NTT DoCoMo. Orthogonal reference signal design in E-UTRA downlink [R]. 3GPP TSG RAN WG1 Ad Hoc on LTE, 2005.
- [6] 姜宇柏, 黄志强. 移动收发信机的 Verilog 实现与仿真 [M]. 北京:机械工业出版社, 2007:319-321.
- [7] NTT DoCoMo. Pilot channel and scrambling code in evolved UTRA downlink [R]. 3GPP TSG RAN Meeting #44, 2005:3-4.
- [8] Samsung. Downlink multiple access for EUTRA radio interface [R]. 3GPP TSG RAN Meeting #44, 2005:4-6.
- [9] Motorola. Downlink reference signal sequence design [R]. 3GPP TSG RAN Meeting #45, 2005:3-6.
- [10] 焦现军, 张磊, 项海格. 采用频域导频的块传输 [J]. 电子与信息学报, 2007, 29(11):2616-2619.
- [11] 高杰, 吴杨虹. 利用维纳滤波进行 OFDM 信号的信道估计 [J]. 哈尔滨理工大学学报, 2005, 10(3):107-109.

(编辑:赵 宇)

· 简讯 ·

俄罗斯工程院来我校为吴明红教授颁发院士证书

环化学院吴明红教授因其在核技术应用于环境领域所取得的杰出成绩, 2008 年当选为俄罗斯工程院外籍院士. 2008 年 10 月 11 日, 俄罗斯工程院地学部主任库金院士一行访问上海大学, 并为吴明红教授举行颁证仪式, 仪式由中科院院士傅家谟教授主持.

仪式上首先由吴松副校长致欢迎词, 吴校长回顾了中俄(中苏)科技交流合作历史, 以及我校和俄罗斯的科学合作, 对吴明红教授获得殊荣表示祝贺, 并希望以此为契机继续加强双边合作. 库金院士介绍了俄罗斯工程院的历史和现状, 以及吴明红教授被推选为外籍院士并经过院士大会投票当选的过程, 对吴明红教授表示祝贺, 并祝吴明红教授取得更多的研究成果. 之后进行了简单隆重的颁证仪式, 库金院士为吴明红教授颁发院士证书, 并向我校赠送俄罗斯工程院发行的院刊.

在颁证仪式之后, 还举行了上海大学和俄罗斯工程院合作协议签约仪式, 双方将在环境以及其他领域开展更多的合作研究.

俄罗斯工程院是俄罗斯最高科学研究机构之一, 包括机械、电子、矿产、信息、材料、自动化等 29 个学部, 成员来自 711 个科研单位, 目前拥有院士 1 400 余人, 外籍院士 140 人, 其中 10 余位来自中国.