

选择性映射算法中的相位序列研究

蔡志鹏¹, 黎锁平²

(1. 兰州理工大学 计算机与通信学院, 兰州 730050; 2. 兰州理工大学 运筹与控制研究所, 兰州 730050)

摘要:降低峰值平均功率比是实现正交频分复用(OFDM)系统的一个关键性技术,目前主要有限幅类,编码类和概率类。概率类被认为是一种比较理想的技术,本文研究的选择性映射就是其中的一种。选择性映射需要传输边带信息从而使得频带利用率下降,系统复杂度增加。针对这点对改进的相位序列进行了研究分析,从仿真结果可以得到,这种单极随机相位序列可以有效的降低系统的峰值平均功率比,但是却存在计算量大的缺点。

关键词:正交频分复用;选择性映射;峰值平均功率比;相位序列

中图分类号:TN 911. 3 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-8329(2007)02-0007-03

Research of Phase Sequence in Selected Mapping

CAI Zhi-peng¹, LI Suo-ping²

(1. College of Computer and Communication, Lanzhou Univ. of Tech., Lanzhou 730050, China; 2. Institute of Operations Research and Control Sciences Lanzhou Univ. of Tech., Lanzhou 730050, China)

Abstract: Reducing the peak-to-average ratio is a key technique of realizing the Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) system. The classes of limiting, coding and probability can solve this problem, in which the class of probability is seen as a kind of the promising technique. The selected mapping is a kind of the class of probability. The selected mapping needs transmitting the side information, thus degrading the use of band-wide and increasing the complexity of the system. The modified selected mapping is researched because of that. The modified selected mapping can deduce the peak-to-average ratio more effectively than the general selected mapping, but that need more computation than the general selected mapping from the result of the simulation.

Key words: orthogonal frequency division multiplexing; selected mapping; peak-to-average ratio; phase sequence

1 引言

正交频分复用(OFDM)由于具有较高的频谱利用率和抗多径干扰的能力,现在已经广泛应用于各种无线高速系统中^[1,2],例如数字音频广播(DAB)、数字视频广播(DVB)、基于IEEE 802.11标准的无

线本地局域网(WLAN)以及有线电话网上基于现有铜双绞线的非对称高比特率数字用户线技术(例如ADSL)^[3]。但是,OFDM系统存在一个较大的缺点就是峰均比较高。因为通常的功率放大器都是非线性的,并且动态范围有限,所以当峰均比较高的信号通过功率放大器时会产生非线性失真,使得整个系统的性能下降。

* 作者简介:蔡志鹏(1981-),男,山西省大同人,信号与信息处理专业硕士研究生,研究方向为现代通信信号处理。

目前,降低峰均比的方法被分为三类^[4]:限幅类技术、编码类技术和概率类技术。限幅类技术容易实现,但是由于对信号进行非线性的处理,因而使得系统的误码率有所增加。编码类技术通过编码的方式避免了非线性的失真,但是却使得系统的速率下降,因此概率类技术被认为是降低峰均比较理想的方法。而选择性映射技术就是概率类中的一种,本文在分析基本的选择性映射后,针对其中的相位序列进

行了深入的研究。

2 基本的选择性映射原理

选择性映射的基本思想是发送端只发送低 PAPR 的 OFDM 信号,通过相位加权来摒弃高 PAPR 信号,其 OFDM 发射机原理框图^[5]见图 1。

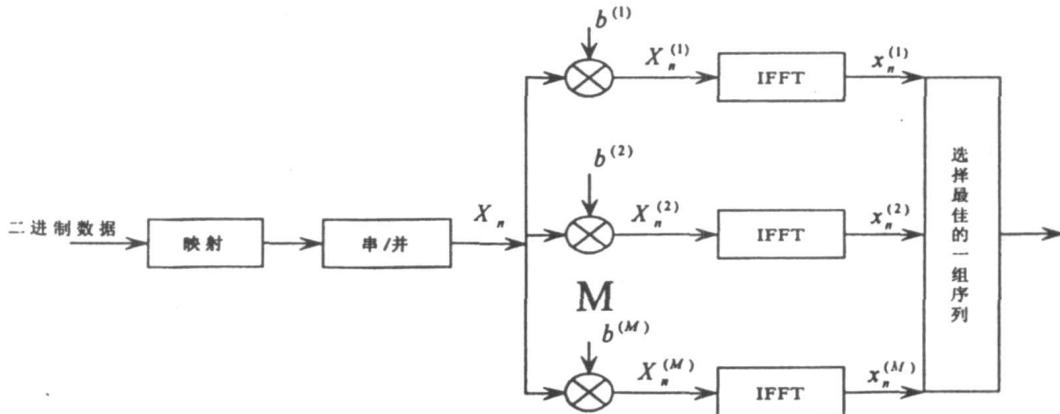


图 1 选择性映射(SLM)OFDM 发射机原理框图

其具体过程如下:

(1) 随机产生的二进制序列 d_0, d_1, \dots, d_l 被 QPSK、QAM 等调制映射成信息码元,以 16QPSK 为例,信息码元为 $X_n' = [X_0, X_1, \dots, X_{N-1}]^T, N = l/4$;

(2) 信息码元经串并变换后变为 $X_n = [X_0, X_1, \dots, X_{N-1}]$;

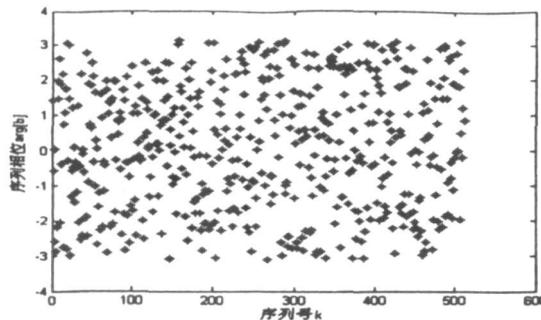


图 2 相位序列的相位特性

(3) 将信息码元 X_n 分别与 M 个不同的、长度为 N 的随机相位序列矢量: $b^{(\mu)} = (b_0^{(\mu)}, b_1^{(\mu)}, \dots, b_{N-1}^{(\mu)})$, $\mu = 1, 2, \dots, M$, 其中 $b_i^{(\mu)} = \exp(j \Phi_i^{(\mu)})$ 且 $\Phi_i^{(\mu)} \in [0, 2\pi]$, 相乘得到: $X^{(\mu)} = [X_0^{(\mu)}, X_1^{(\mu)}, \dots, X_{N-1}^{(\mu)}]^T$, 其中 $X_n^{(\mu)} = X_n \cdot b^{(\mu)}$ 。在 $N = 512$ 时相位序列 b 的相位特性如图 2 所示:

(4) 经过 IFFT 变换后得到 $x^{(\mu)} =$

$IFFT \{X^{(\mu)}\}$;

(5) 最后传输信号 $x = x^{(\mu)}$ 。其中 $\mu = \arg \{\min_{\mu} \max_{\mu} |x^{(\mu)}|\}$ 为选择一组恰当的序列的目标函数,也称为边带信息。边带信息在传输中要占有一部分有效带宽;同时,对于接收端来讲,需要专门的设备来判决边带信息。

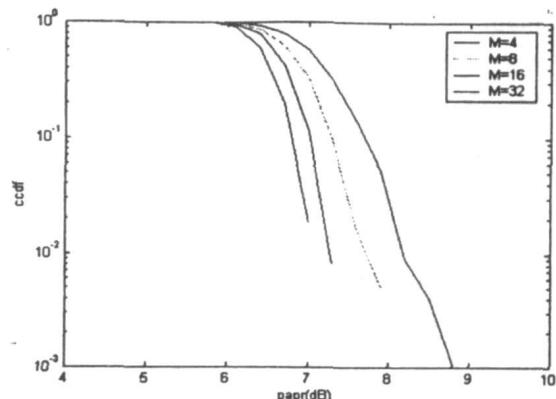


图 3 旋转相位序列时 SLM 的互补概率分布

我们采用 PAPR 的互补概率密度函数来衡量其性能。在这种情况下,它理论值为^[6]:

$$P(PAPR_{low} > \gamma) = (1 - (1 - e^{-\gamma})^N)^M$$

其中 γ 为峰均比的门限值, N 为子载波个数, M 为随机相位序列矢量的个数。在 16QAM 调制下,取 N 为 512, M 分别为 4, 8, 16, 32 时, SLM-OFDM 系统

的 PAPR 互补累积分布函数仿真曲线如图 3 所示。

3 改进选择性映射中的相位序列

参考文献[7]给出了一种改进的相位序列被称为单极相位序列,其定义如下:

$$\Phi = \alpha e^{\jmath \frac{2\pi}{N} k p} \quad (1)$$

其中 $0 \leq k \leq N - 1$, α 可取任意值, $p \geq 2$, N 代表子载波数。

式(1)中的 Φ 与基本选择映射中的 Φ 相比较,可以看出它是一个确定的序列。但是它的相频特性却具有和 Φ 一样的随机性,其相频特性如图 4 所示。为了便于与图 2 比较,我们在这里取 $\alpha = 19/20$, $p = 4$, $N = 512$ 。

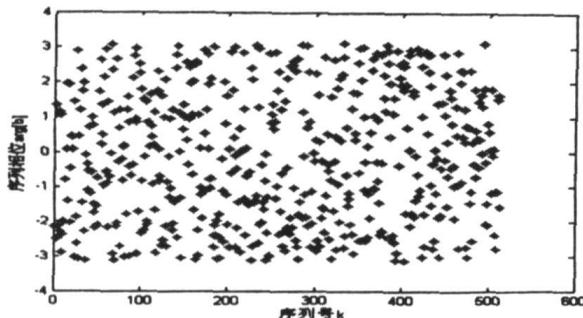


图 4 单极相位序列的相频特性

但是这种单极参数随机相位序列却有一个好处就是不需要传输边带信息。这是因为在接收端接收到的信号为:

$$W_k = X_k e^{\jmath \frac{2\pi}{N} k p} + V_k$$

其中 α 是最优单极相位参数,属于一个有限集; V_k 为信道噪声。

对于一个给定的 $\alpha \in A$ (这里 A 为有限集)。先计算 $W_k e^{\jmath \frac{2\pi}{N} k p}$ 与星座中点的最小距离 d_k ,然后将所有的 d_k 相加产生目标函数 $J(\alpha)$,估计 α 来最小化 $J(\alpha)$ 。在这种情况下,这对于盲检测来说比较容易。

按照 SLM 算法实现的原理进行仿真,为了便于同使用旋转相位序列时 PAPR 互补概率密度函数比较,在相同的情况下,对使用单极相位序列时的 PAPR 互补概率进行仿真如图 5 所示。

与图 3 相比较,可以发现使用单极相位序列的选择性映射算法比使用旋转相位序列的选择性映射算法能更好的降低系统的峰值功率平均比, M 相同时,大约可以降低 1dB 左右。从图 5 中也可以得知,随着 M 的增加,这种选择映射算法改善系统的峰值

平均功率比的能力将下降。

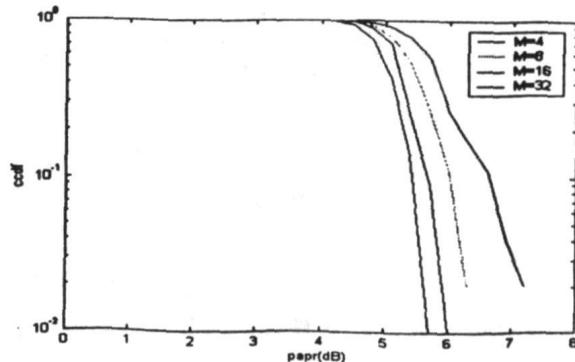


图 5 单极相位序列时 SLM 的互补概率分布

从式(1)中,可以看到 p 是单极相位序列的一个参数,这里我们分析了这个参数对降低峰均比的性能影响,如图 6 所示。从图中可以看到,在不同的 p 下,单极相位序列降低峰均比的能力是相同的。

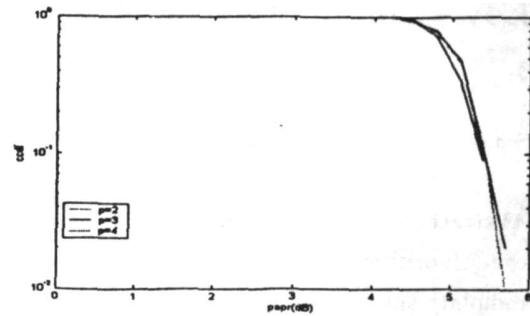


图 6 不同 p 下的互补概率分布函数

从以上的仿真中,我们同时得到了单极相位序列选择性映射算法的一个缺点就是运算量比较大。在普通选择性映射中,我们采用的是由 $[\pm 1, \pm j]$ 来构造随机相位,这样对于单极相位来说,可以减少很多的复加和复乘,同时这也是图 5 和图 6 仿真中数量级低的原因。

尽管现在的集成芯片的处理能力比以前大大提高,但是由于单极相位运算量比较大,还是会影响系统的灵敏度。

4 结束语

如何降低 OFDM 信号的峰值平均功率比是实现 OFDM 系统在实际应用中需解决的问题。针对该问题在理论上已经出现了大量的解决方案,这里我们对选择性映射的相位进行了研究,从中可以发现用确定性相位序列代替随机序列,可以很好的降低系统的峰均比,尽管存在运算量 (下转第 13 页)

4 仿 真

我们仿真 PPM-UWB 信号下 TDT 算法的性能。设单周期脉冲波形是单位能量脉宽为 $T_p = 1 \text{ ns}$ 二阶高斯函数。多径信道使用 IEEE 802.15.3a 的 CM1 信道模型。其他系统参数 $\Delta = 1 \text{ ns}$, $T_f = 35 \text{ ns}$, $N_f = 32$ 。我们使用的跳时码均匀的分布于 $[0, N_c - 1]$, 这里 $N_c = 35$, $T_c = 2 \text{ ns}$ 。仿真仅考虑帧级同步。同步估计均方误差(MSE)以 T_s^2 进行归一化。通过仿真可以得到同步均方误差关于信噪比的性能曲线。图 1 和图 2 分别为 NDA 和 DA 同步算法的曲线图。由图可以很明显的看出 DA 方法以频谱效率为代价获得比 NDA 方法更好的性能。因为仅考虑分辨率为 T_f 的粗同步, 所以在中等信噪比(SNR)下, 所有的误差曲线都趋于平坦。

5 结 论

本文分析了一种低复杂的 PPM 信号的快速同步算法。该算法不需要信道估计, 利用接收噪声信号收集多径信道能量, 简单的使用同步模板的互相关获得同步, 从而减少了复杂度, 有效地改进了同步捕获速度。

参 考 文 献

- [1] L. Yang and G. B. Giannakis. Ultra-wideband communications: an idea whose time has come [J]. IEEE Signal Processing Magazine, vol. 21, no. 6, pp, 26–54, Nov. 2004.
- [2] L. Yang and G. B. Giannakis. Timing UWB signals using dirty templates [J]. IEEE Transactions on Communications, 2005, 53(11): 1952–1963.
- [3] CARBONELLI C, MENGALI U, MITRA U. Synchronization and channel estimation for UWB signal [A]. Global Telecommunications Conference, IEEE 2003, GLOBECOM '03 [C]. San Francisco: IEEE Communications Society, 2003. 764–768.
- [4] LOTTICI V, ANDREA A D, MENGALI U. Channel estimation for ultra-wideband communications [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2002, 20(9): 1638–1645.
- [5] L. Yang and G. B. Giannakis. Low-complexity training for rapid timing acquisition in Ultra-Wideband communications [C]. in Proc. of Global Telecommunications Conf., San Francisco, CA, December 1–5, 2003, pp. 769–773.

(收稿日期:2007-03-09)

(上接第 9 页)

比较大的问题, 但是我们相信随着未来芯片处理速度的提高, 这种确定相位序列的选择性映射在未来的实用中还是比较理想的。

参 考 文 献

- [1] H. Sari, G. Karam, I. Jeanclaude. Transmission techniques for digital terrestrial TV broadcasting [J]. IEEE Commun. 1995, 2(33): 100–109.
- [2] W. Y. Zou, Y. Wu. COFDM: An overview [J]. IEEE Trans. Broadcast. 1995, 3: 1–8.
- [3] 孙小东, 于全, 王红星, 魏克军, 戴卫恒. OFDM 技术及

系统仿真设计 [J]. 2004, 3: 499–503.

- [4] 王文博, 郑侃. 宽带无线通信 OFDM 技术 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [5] 尹长川, 罗涛, 乐光新. 多载波宽带无线通信技术 [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2004.
- [6] 佟学俭, 罗涛. OFDM 移动通信技术原理与应用 [M]. 北京: 人民邮电大学出版社, 2003.
- [7] Zhou, G. T., Baxley, R. J., Ning Chen. Selected mapping with monomial phase rotations for peak-to-average power ratio reduction in OFDM [C]. Communications, Circuits and Systems, 2004(1): 66–70.

(收稿日期:2006-11-20)