

一种新型OCDMA系统多维码的构造及性能研究

李月卉

(西华大学数学与计算机学院 成都 610039)

【摘要】在采用一维ST-OOC码的基础上,在光CDMA系统编/解码器端分别加入起/解偏器,引入偏振信息来提高码字维数,从而得到一种新型光CDMA系统多维码的构造方法。理论分析表明通过在一维系统中引入 n 个偏振方向,系统码字容量能相应增加为原来的 n 倍。数值计算表明,在采用ST-OOC码并引入两个偏振方向的二维光CDMA系统中,该方法能增加同时用户数,有效地减小系统多用户干扰,使系统的设计更经济。

关键词 多维ST-OOC; 光码分多址; 偏振
中图分类号 TN729 **文献标识码** A

Construction and Performance Analysis of a New Multidimensional OCDMA Address Code

LI Yue-hui

(School of Mathematics and Computer Science, Xihua University Chengdu 610039)

Abstract A new multidimensional OCDMA address code is presented. It is based on one dimension ST-OOC by adding polarimeter/depolarimeter respectively to the encoder/decoder to get multidimensional optical CDMA address code. From theoretical analysis, the number of address code can be increased to n times through n polarization directions in one-dimension system. The numerical analysis shows that, in two-dimensional OCDMA system combining ST-OOC and two polarization directions, the proposed coding method can increase the number of simultaneous users, reduce the multi-user interference effectively, and make an efficient reduction of the number of coders and decoders needed.

Key words multidimensional ST-OOC; optical code division multiple access; polarization

OCDMA技术的发展是其核心内容码字构造及光编/解码器的发展。码字的优良程度、光编/解码器的结构和特性决定了系统性能。提高码字维数,不仅能设计出更优良的码系,还能有效地减小多用户干扰,提高系统误码率性能。

OOC码^[1]是目前OCDMA系统主要采用的地址码,具有正交性好、性能优良等特性,其构造算法有多种^[2-6]。但一维OOC码字容量太少,所提供的地址码序列不足,因此,需要对其进行扩维,以增加地址码个数。目前已有许多在OOC基础上,通过加入光的波长、相位等信息进行扩维的方法^[7-8]。本文研究了在一维ST-OOC码^[9]的基础上加入信号的偏振信息,从而构成二维ST-OOC码。

1 ST-OOC码的产生及性能分析

$t=2$ 的Steiner系 $S(n, k, 2)$ ($n, k, 2$ 是集合 S 及其子集 B, T 的元素个数),其对应的OOC码字为 $(L, w, 1)$ 。

Galois域 $GF(q)$ (q 为素数或其方幂)上的仿射平面构成 $q \times q$ 点格方阵,取其中一部分构成 $q \times k$ 点阵($3 \leq k \leq q-1$)。以 $n=qk$ 建立 $S(qk, k, 2)$, k, q 满足

$$k = \frac{q+m}{m+1}, \text{按以下规则排序:}$$

$$p(X, Y) \rightarrow x + qy \quad 0 \leq x \leq q-1, 0 \leq y \leq k-1 \quad (1)$$

式中 (x, y) 为某点平面坐标; $x+qy$ 为该点序号。

在点阵中取一定点 (x_0, y_0) ,分别以斜率 $1/e$, ($0 \leq e \leq q-1$)构造直线。根据对应关系式(1),找出直线上点的序号,其序号构成长为 qk 、码重 k 、相关限为1的ST-OOC码字 $ST-OOC(qk, k, 1)$ 。

由文献[9]可知, $ST-OOC(qk, k, 1)$ 码集的码字容量为:

$$\phi^*(qk, k, 1) = \frac{qk(qk-1)}{k(k-1)} \quad (2)$$

在主要考虑多用户干扰而忽略热噪声、量子噪声等的情况下,对于实际用户数 N ,接收机判决门限

$\tau = k - 1$ 时,来自其他 $N - 1$ 个用户的多址干扰引起的系统误码率为:

$$BER = \frac{1}{2} \sum_{i=\tau}^{N-1} \binom{N-1}{i} \left[\frac{k}{2q} \right]^i \left[1 - \frac{k}{2q} \right]^{N-1-i} \quad (3)$$

表1 GF(13)上由点(3, 1)生成的若干码字

码字	(0, 1) 序列
{3,16,29,42,55}	000100000000000100000000000100000000000100000000000100000000
{2,16,30,44,58}	001000000000000100000000000100000000000100000000000100000000
{1,16,31,46,61}	010000000000000100000000000100000000000100000000000100000000
{0,16,32,48,64}	100000000000000100000000000100000000000100000000000100000000
{12,16,33,50,54}	00000000000001000100000000000000010000000000000001000100000000
⋮	⋮

对其中的任意一个码字如{3,16,29,42,55},加入两个方向(\hat{x}, \hat{y})偏振信息后,可以得到两个码字为{3,16,29,42,55}_x和{3,16,29,42,55}_y;同理,对其他每个码字序列,均可分别得到两个偏振方向 \hat{x} 、 \hat{y} 的对应码字序列,此时地址码个数扩大为原来的两倍。其编码端结构如图1所示(考虑引入两个正交偏振角的情况)。

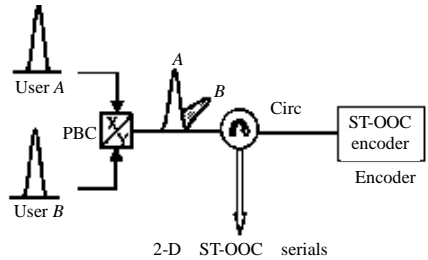


图1 多维ST-OOC编码端结构

用户A、B的光脉冲信息经偏振复用器(PBC)后,成为携带偏振信息的信号,再经环形器Circ后,进入ST-OOC编码系统进行编码,最后从环形器另一端输出2维ST-OOC序列。

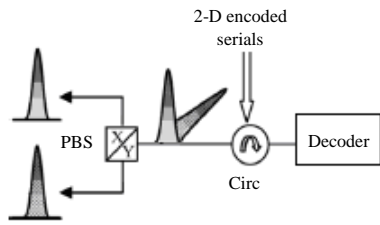


图2 多维ST-OOC解码端结构

多维ST-OOC的解码端结构如图2所示。将光信号从环形器一端输入,进入连接ST-OOC解码器的一端后,再从环形器另一端输出,并进入与编码器PBC对应偏振角的偏振分束器(PBS),经门限判决后,即可恢复出用户A、B的真实信号。

2 多维ST-OOC码的构造及性能分析

当对ST-OOC序列加入偏振信息后,可得到一种新的多维ST-OOC码。对GF(13)上由点(3, 1)生成的若干码字,如表1所示。

3 数值计算

考虑如上所述简单情况,设加入的偏振角为两个且正交。由式(2)可推出其码字容量为:

$$\phi^* = 2\phi^*(qk, k, 1) = \frac{2qk(qk - 1)}{k(k - 1)} \quad (4)$$

即容量变为原来的2倍。若能引入 n 个偏振方向,则容量相应变为原来的 n 倍。

在考虑系统误码率时,同样只考虑多用户干扰。在引入两个偏振方向的ST-OOC系统中,对目标用户形成的多用户干扰,不再是来自于其他 $N - 1$ 个用户,而是 $\lceil N/2 \rceil$ 个,大大小于 $N - 1$ 。同样,若能引入 n 个偏振方向,则干扰相应来自于其他 $\lceil N/n \rceil$ 个用户,由式(3)可得,此时的系统误码率为:

$$BER = \frac{1}{2} \sum_{i=\tau}^{\lceil \frac{N}{n} \rceil} \binom{\lceil \frac{N}{n} \rceil}{i} \left[\frac{k}{2q} \right]^i \left[1 - \frac{k}{2q} \right]^{\lceil \frac{N}{n} \rceil - i} \quad (5)$$

当 $q=97, \tau = k - 1$ 时,任取Steiner系中的 $S(3201, 33, 2)$,采用ST-OOC码和2-D ST-OOC码系统多用户干扰误码率-同时用户数的关系如图3所示。

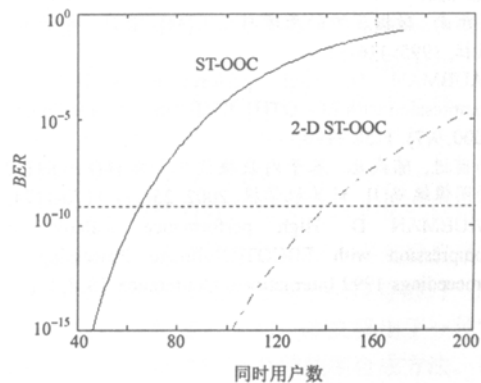


图3 ST-OOC和2-D ST-OOC码集MUI误码率比较

从图3可知,当系统误码率低于 10^{-9} 时,采用ST-OOC码的系统允许的同时用户数约为65,而采用

2-D ST-OOC码的系统能容纳的用户数多达141, 两种情况下所需的编、解码元件个数(除偏振器外)完全相同, 但后者容量以及误码率性能得到较大提高。

4 结 束 语

本文通过在一维ST-OOC码基础上引入偏振信息, 提高码字维数, 不仅使系统码字容量提高, 而且大大降低了系统误码率, 使同时用户数成倍增长; 在相同系统容量和误码率性能要求下, 节省了编、解码器的数量; 若能再引入波长、相位等信息, 提高码字维数, 将使系统性能更为优良, 系统设计更经济。目前已有在编/解码端使用刻入高双折射光纤的布拉格光纤光栅作为偏振器来获得基于二维多波长编码(MWOOC)的三维码的技术研究^[10]。其基本思想正是通过提高码字维数来获得性能更优良的OCDMA码字, 以提高系统性能。

本文的研究工作得到了西华大学青年基金的资助, 在此表示诚挚的感谢。

参 考 文 献

- [1] SALEHI J A. Code division multiple-access techniques in optical fiber, networks-part I: fundamental principles[J]. IEEE Trans. Commun., 1989, 37(8): 824-833.
- [2] KESHAVARZIAN A, SALEHI J A. Optical orthogonal code acquisition in fiber-optic CDMA system via the simple serial search method[J]. IEEE Transactions on Communications, 2002, 50(3): 473-483.
- [3] CHUNG F R, SALEHI J A, WEI V K. Optical orthogonal code design, analysis and applications[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1989, 35(3): 595-604.
- [4] MIYAMOTO N, MIZUNO H, SHINOHARA S. Optical orthogonal code obtained from conics on finite projective planes[J]. Finite Fields & Their Applications, 2004, 10(3): 405-411.
- [5] ABEL R, JULIAN R, BURATTI M. Some progress on $(v,4,1)$ difference families and optical orthogonal codes[J]. Journal of Combinatorial Theory-Series A, 2004, 106(1): 59-75.
- [6] CHANG Y X, YIN J. Further results on optimal optical orthogonal codes with weight 4[J]. Discrete Mathematics, 2004, 279(1): 135-153.
- [7] TANCEVESKI L, ANDONOVIC I. Hybrid wavelength hopping/time spreading schemes for use in massive optical network with increased security[J]. IEEE Journal of Lightwave Technology, 1996, 14(12): 2636-2647.
- [8] IVAN B D. Novel combinatorial construction of optical orthogonal codes for incoherent optical CDMA system[J]. Journal of Lightwave Technology, 2003, 21(9): 1869-1875.
- [9] 李传起. OCDMA系统ST-OOC码字构造及性能研究[J]. 电子学报, 2006, 34(1): 103-106.
- [10] NOGUEIRA R N, TEIXEIRA A L J. Polarization-assisted OCDMA using fiber bragg gratings written in highly birefringent fibers[J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2006, 18(7): 841-843.

编辑 黄 莘

(上接第705页)

参 考 文 献

- [1] KRUGER A, KRAJEWSKI F. Efficient storage of weather radar data[J]. Software Practice and Experience, 1997, 27(6): 623-635.
- [2] 吴乐南. 数据压缩的原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 1995: 116-120.
- [3] TAUBMAN D. High performance scalable image compression with EBCOT[J]. IEEE Trans. Image Processing, 2000, 9(7): 1158-1170.
- [4] 冯前进, 陈武凡. 基于内嵌块优化等级权(EBOHT)算法的图像编码[J]. 计算机学报, 2002, 25(11): 1170-1174.
- [5] TAUBMAN D. High performance scalable image compression with EBCOT[C]//Image Processing 1999, Proceedings 1999 International Conference. [S. l.]: [s. n.], 1999, 1(3): 213-217.
- [6] ISO. JPEG still picture interchange file format (SPIFF) [EB/OL]. <http://www.jpeg.org/public/spiff.pdf>, 2005-03-25
- [7] SHAPIRO J. Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients [J]. IEEE Trans Signal Processing, 1993, 41: 3445-3462.
- [8] 王祥林, 林行刚, 吴国威. 改进的图像多分辨率零树小波编码算法[J]. 通信学报, 1997, 18(4): 50-53.
- [9] SAID A, PERLMAN W A. A new and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees[J]. IEEE Trans on Circuits Syst Video Technol, 1996, 6(6): 243-250.
- [10] 都志辉. 高性能计算之并行编程技术-MPI并行程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001: 286-293.

编辑 税 红