

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Códigos Esféricos para Modulação do Espaço de Stokes

Bruno Gomes de Oliveira¹

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de São João da Boa Vista, SP

Ivan Aritz Aldaya Garde²

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de São João da Boa Vista, SP

Cintya Wink de Oliveira Benedito³

Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de São João da Boa Vista, SP

1 Introdução

Os requerimentos cada vez mais exigentes de capacidade de transmissão estão forçando as operadoras de telecomunicações a desenvolver sistemas de alta eficiência espectral. A modulação do espaço de Stokes, onde a informação é codificada no estado de polarização (*state of polarization*, SoP) da luz, emerge como uma potencial alternativa aos formatos tradicionais adotados em comunicações ópticas, [3]. O SoP de uma onda pode ser descrito em termos dos parâmetros de Stokes [S_0, S_1, S_2, S_3], os quais satisfazem a condição $S_0^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2$. Dessa forma, quando a intensidade da onda é constante, ou seja, S_0 é fixado, podemos representar os demais parâmetros em um esfera de Poincaré de raio S_0 , [2]. Um código esférico em \mathbb{R}^3 é um subconjunto finito de pontos na esfera C^2 . Um código esférico é dito ótimo, quando seus pontos estão distribuídos com a maior distância mínima possível, [1]. O objetivo deste trabalho é relacionar os parâmetros de Stokes dos SoPs com um código esférico ótimo, a fim de otimizar o desempenho do sistema de comunicação. Em particular, apresentaremos tal relação para 4 e 8 pontos na esfera de Poincaré, os quais correspondem a palavras-código com 2 e 3 bits por símbolo.

Os parâmetros de Stokes podem ser calculados a partir das intensidades medidas em três bases de polarização determinadas, na base cartesiana orientada com os eixos x e y (I_x, I_y), na base cartesiana rotacionada em 45° (I_a, I_b) e na base formada pelas polarizações circular à esquerda e à direita (I_e, I_d):

$$S = [S_0, S_1, S_2, S_3] = [I_x + I_y, I_x - I_y, I_a - I_b, I_e - I_d]. \quad (1)$$

Quando os parâmetros de Stokes são representados na esfera de Poincaré, o hemisfério norte corresponde a SoPs elípticos à esquerda, enquanto que o hemisfério sul representa SoPs elípticos orientados à direita. Tanto os polos como o equador constituem SoPs particulares, correspondendo a polarizações circulares e lineares respectivamente.

¹bruno.g.oliveira@unesp.br

²ivan.aldaya@unesp.br

³cintya.benedito@unesp.br

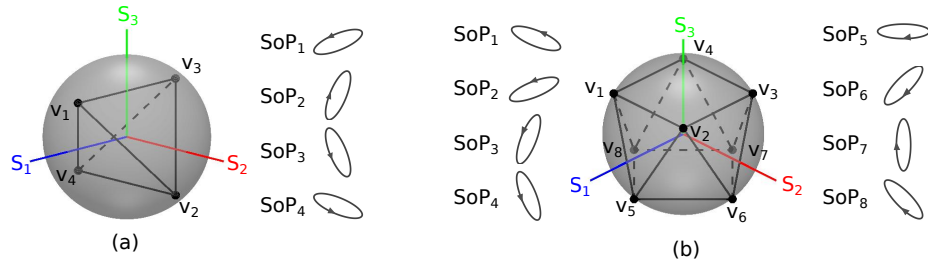


Figura 1: Códigos esféricos ótimos para (a) 4 pontos e (b) 8 pontos e os SoPs associados.

2 SoPs Ótimos Baseados em Códigos Esféricos

A Figura 1 mostra os códigos esféricos em C^2 para (a) 4 e (b) 8 pontos, assim como os SoPs correspondentes a cada elemento dos códigos. Para o caso de 4 pontos, o código esférico ótimo pode ser criado a partir de um cubo regular inscrito na esfera de Poincaré e selecionando 4 vértices alternados, 2 na face superior e dois na face inferior. Como resultado, obtém-se um tetraedro regular, mostrado na Figura 1, que tem uma distância entre vértices de $\sqrt{8/3} S_0$. Ao lado da esfera estão os SoPs correspondentes aos vértices v_i , com $i = 1, \dots, 4$. Nota-se que todos os SoPs são elípticos, mas as orientações dos eixos principais diferem e dois dos SoPs (SoP₁ e SoP₃) correspondem a pontos no hemisfério norte, apresentando polarização à esquerda, enquanto que outros dois SoPs (SoP₂ e SoP₄) tem polarização à direita. Para 8 pontos partimos também de um cubo regular inscrito na esfera com duas das faces paralelas ao plano formado pelos eixos S_1 e S_2 . Porém, uma das faces é rotacionada em 45° e a separação entre as faces superior e inferior é modificada para maximizar a mínima distância entre os vértices, obtendo-se um antiprisma de diretrizes regulares inscrito na esfera. A mínima distância entre pontos pode ser calculada considerando que três pontos adjacentes, dois na face inferior e um na superior, formam um triângulo equilátero, resultando em $[(4/7)(4-\sqrt{2})]^{1/2} S_0$. Os SoP₁₋₄, contidos na face superior tem polarização à esquerda e os SoP₅₋₈ tem polarização à direita.

Agradecimentos

Os autores agradecem à UNESP pelo apoio financeiro (PIBIC-Ações Afirmativas).

Referências

- [1] T. Ericson and V. Zinoviev. *Codes on Euclidean Spheres*, 1^a ed., Elsevier, 2001.
- [2] W. H. Hayt and J. A. Buck. *Engineering Electromagnetics*, 6^a ed., McGraw Hill, 2001.
- [3] E. Hu, Y. Hsueh, K. Wong, M. Marhic, L. Kazovsky, K. Shimizu and N. Kikuchi. 4-level direct-detection polarization shift-keying (DD-PolSK) system with phase modulators, *Proceedings of Optical Fiber Communications Conference*, pp. 647-649, 2003.