

Análise da Taxa de Erro de Bit dos Códigos Bidimensionais 2D MWOOC nas Redes Ópticas Passivas

Heitor Bruno O. Galvão, José Valdemir dos Reis Junior, Guilherme Enéas V. Silva, André C. Branco Soares

Resumo— Este trabalho tem como principal objetivo analisar a Taxa de Erro de Bit (BER) em uma Rede Óptica Passiva baseada na Técnica de Acesso Múltiplo por Divisão de Códigos utilizando a codificação bidimensional via códigos ópticos ortogonais em múltiplos comprimentos de onda (MWOOCs).

Palavras-Chave— Taxa de Erro de Bit, Rede Óptica Passiva, Códigos ópticos ortogonais em múltiplos comprimentos de onda.

Abstract— The aim of this research was to analyze the Bit Error Rate (BER) in a Passive optical network based on code division multiple access (OCDM-PON) using the two dimensional multiple-wavelength optical orthogonal codes (MWOOC).

Keywords— Bit Error Rate, Passive Optical Network, multiple-wavelength optical orthogonal codes.

I. INTRODUÇÃO

Com o advento da internet as pessoas estão cada vez mais conectadas, os serviços de voz, vídeo e dados aumentaram a demanda por largura de banda nas redes de acesso, que são as redes que conectam os usuários com a rede mundial de computadores [1].

Nesse contexto, a Rede Óptica Passiva (PON) é composta pelo Terminal de Linha Óptico (OLT) que coordena e gerencia a difusão de informações, o divisor óptico passivo e as Unidades de Redes Ópticas (ONUs) que proporcionam a disponibilidade de tráfego para os usuários. O sentido do tráfego de informação no *downstream* é da OLT para a ONU e o do *upstream* é da ONU para a OLT, conforme pode ser visualizado na Figura 1.

O codificador óptico referente a cada usuário da rede mapeia cada *bit* em uma sequência de unidades, denominada de *chips*, cuja composição dos *chips* representa a codificação do usuário, considerando que a quantidade total de *chips* é denominada de comprimento do código, enquanto que a quantidade de *chips* iluminados é denominada de ponderação do código [2]. A taxa de *chips* (B_c) possui a seguinte definição: $B_c = B \cdot N$, onde B é a taxa de dados e N o comprimento do código [3]. O acesso múltiplo por divisão de código (OCDMA) foi inicialmente proposto para as redes locais as chamadas *Lan Area Networks* (LANs), posteriormente executado nas redes

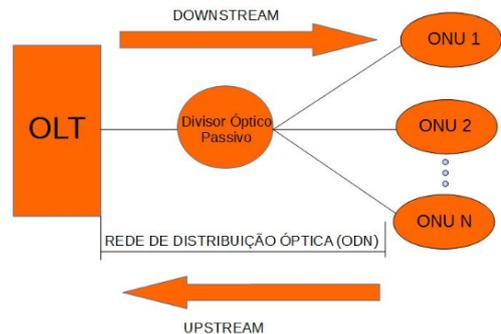


Fig. 1. Estrutura da Rede Óptica Passiva.

de acesso [4]. Quando a codificação é realizada apenas com um tipo de grandeza que pode ser tempo, frequência espacial e de fase, esta é chamada de codificação unidimensional (1D).

O esquema OCDMA é bidimensional (2D) quando a codificação possui mais de uma dimensão [4]. Os códigos ópticos ortogonais são os chamados códigos unidimensionais (1D) que possuem a seguinte estrutura: $(N, w, \lambda_a, \lambda_b)$ onde N é o comprimento do código, w é a ponderação do código, λ_a e λ_b são respectivamente a autocorrelação que é o indicador que o receptor obteve uma correlação da sequência original do código da janela de transmissão e a correlação cruzada que é o parâmetro de quanto a Interferência de Acesso Múltiplo (MAI), que é a coexistência simultânea de usuários no canal gerando ruído que pode afetar a sincronização da sequência de código no receptor, onde para diminuir a MAI é necessário maximizar a autocorrelação e minimizar a correlação cruzada para gerar um grau de separação dos usuários em relação ao volume de códigos utilizados [5].

A codificação bidimensional (2D) é caracterizada por utilizar-se de salto de comprimento de onda ou frequência e espalhamento temporal [6] permitindo o aumento do quantidade de usuários em relação a uma taxa de transmissão de dados [7]. A seguir será apresentada a modelagem matemática para o cálculo da BER do sistema.

II. MODELAGEM MATEMÁTICA DA TAXA DE ERRO BIT

A modelagem matemática adotada para o cálculo da Taxa de Erro de Bit, simbolizado na equação (1) por P_e , é [8],

$$P_e \leq \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=T_h}^{K-1} \binom{K-1}{i} q^i (1-q)^{K-1-i} \quad (1)$$

Heitor Bruno O. Galvão e Guilherme Enéas V. Silva, Departamento de Engenharia Elétrica, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual do Piauí, Teresina-PI, Brasil, E-mails: heitorbrunogalvao@gmail.com, guilhermeenias@yahoo.com.br;

José Valdemir dos Reis Junior e André Castelo B. Soares, Colégio Técnico de Teresina – CTT e Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC, Universidade Federal do Piauí – UFPI, Teresina-PI, Brasil, E-mails: valdemirreis@ufpi.edu.br, andre.soares@ufpi.edu.br;

onde T_h é o valor do limiar de detecção e geralmente definida como o valor da ponderação do código, K a quantidade de clientes simultâneos e q reproduz a probabilidade média de acertos da sequência de código desejada, conforme equação 2:

$$q = \frac{1}{p} \cdot q^0 + \frac{p-1}{p} \cdot q^i \quad (2)$$

onde q^0 e q^i são as possibilidades de conseguir uma combinação adequada para uma sequência de código inicial do grupo 0 e a do grupo i que varia de 1 a $p-1$. Os valores de q^0 e q^i são calculados conforme as equações 3 e 4, respectivamente:

$$q^0 = \frac{w^2 \cdot (P_{hi} \cdot p - 1)}{2N(P_{hi} \cdot p^2 - 1)} \quad (3)$$

$$q^i = \frac{w^2 \cdot (P_{hi} \cdot p - 1) + (w-1)^2}{2N(P_{hi} \cdot p^2 - 1)} \quad (4)$$

onde w é a ponderação da sequência de código, N o comprimento do código e a cardinalidade P_{hi} que representa a quantidade de códigos disponíveis na rede.

III. RESULTADOS

Os resultados obtidos para as probabilidades de Erro de Bit (P_e) em função do número de usuários simultâneos (K), considerando a variação da ponderação do código w e da quantidade de comprimentos de ondas p são mostrados nas figuras 2 e 3. O cenário da figura 2 representa os parâmetros adotados em [8] onde tem-se os seguintes valores de P considerando 32 usuários para as quatro situações: (a) $N=7$, $w=3$, $P_{hi}=1$ e $p=7$; (b) $N=31$, $w=4$, $P_{hi}=2$, $p=7$; (c) $N=41$, $w=4$, $P_{hi}=3$, $p=11$ e (d) $N=47$, $w=5$, $P_{hi}=2$, $p=11$ respectivamente de 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} e 10^{-5} . Em novo cenário de simulação na figura 3 variando-se o valor da ponderação w e do número de comprimentos de ondas p para cada par da figura 2: (a) $N=7$, $w=5$, $P_{hi}=1$ e $p=9$; (b) $N=31$, $w=6$, $P_{hi}=2$, $p=9$; (c) $N=41$, $w=6$, $P_{hi}=3$, $p=13$ e (d) $N=47$, $w=7$, $P_{hi}=2$, $p=13$ temos os seguintes valores para P_e nas quatro situações: 10^{-2} , 10^{-4} , 10^{-5} e 10^{-7} , onde P_e é otimizado, pois o funcionamento de um sistema de comunicação óptica é qualificado de acordo com a taxa de erro de bit (BER), considerando que alguns sistemas adotam a BER de de 10^{-9} e outros sistemas chegam a utilizar a BER de 10^{-14} [9].

Na próxima seção é realizada a conclusão deste trabalho.

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho propôs a utilização do parâmetro Taxa de Erro de Bit para realizar uma análise comparativa entre a modelagem matemática deste parâmetro realizado em [8] em relação aos códigos ópticos ortogonais em múltiplos comprimentos de onda (MWOOCs) mostrando que variando a ponderação w desta família de código e a quantidade de comprimentos de onda p o valor de P_e é otimizado em comparação com os parâmetros que foram adotados para a realização da simulação em [8].

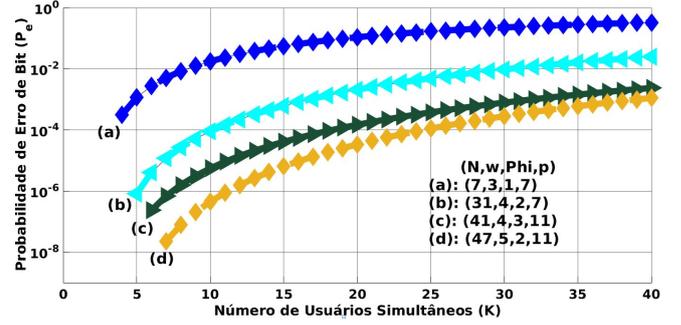


Fig. 2. Simulação da Probabilidade de Erro de Bit (P_e) de acordo com a referência [9]: (a) $N = 7$, $w = 3$, $P_{hi} = 1$ e $p = 7$; (b) $N = 31$, $w = 4$, $P_{hi} = 2$, $p = 7$; (c) $N = 41$, $w = 4$, $P_{hi} = 3$, $p = 11$ e (d) $N = 47$, $w = 5$, $P_{hi} = 2$, $p = 11$.

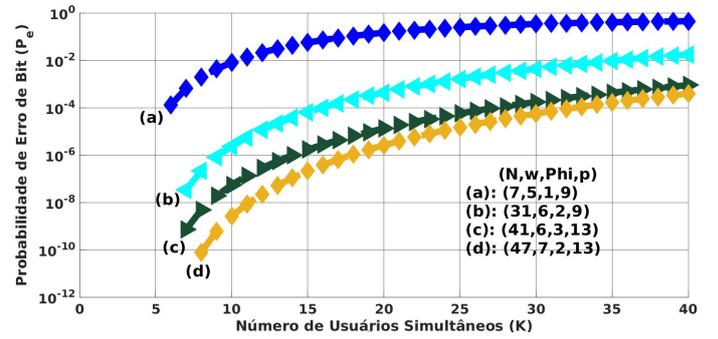


Fig. 3. Novo cenário de simulação da Probabilidade de Erro de Bit (P_e) usando como parâmetro de variação a ponderação w e o número de comprimentos de ondas p : (a) $N = 7$, $w = 5$, $P_{hi}=1$ e $p = 9$; (b) $N = 31$, $w = 6$, $P_{hi}=2$, $p = 9$; (c) $N = 41$, $w = 6$, $P_{hi}=3$, $p = 13$ e (d) $N = 47$, $w = 7$, $P_{hi}=2$, $p = 13$.

V. AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os pesquisadores que colaboraram com a produção deste trabalho e em especial a UFPI, UESPI.

REFERÊNCIAS

- [1] T. Guo, S. Zhang, Y. Wang, G. Liu, R. Gu and Y. Ji, "Experimental evaluation of software defined passive optical network with network coding," Optical Communications and Networks (ICOON), 2014 13th International Conference on, Suzhou, 2014, pp. 1-4.
- [2] Dos Santos Filho, Rivail Vilas Boas. Análise de sistemas cdma ópticos. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- [3] Ziaie, S.; Análise tecno-econômica em Redes de Acesso Óptico. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2013.
- [4] Bertarini, Pedro Luiz Lima. Sistemas CDMA ópticos coerentes baseados em codificação de fase espectral. Diss. Universidade de São Paulo, 2012.
- [5] Neto, Adriano Domingos; MOSCHIM, Edson. Construção de Novos Códigos Ortogonais Ópticos por meio de Equações Diofantinas. 2005.
- [6] Sacchieri, Valentina. Next Generation Optical Access Networks. Diss. Roma Tre University, 2010.
- [7] dos Reis Junior, José Valdemir. Modelagem de redes CDMA-PON baseadas em técnicas de cancelamento paralelo e códigos corretores de erros. Diss. Universidade de São Paulo, 2009.
- [8] DYang, Guu-Chang, Wing C. Kwong, and Cheng-Yuan Chang. "Multiple-wavelength optical orthogonal codes under prime-sequence permutations." Information Theory, 2004. ISIT 2004. Proceedings. International Symposium on. IEEE, 2004.
- [9] Agrawal, G. (2014). Sistemas de Comunicação Por Fibra Óptica, Tradução da 4ª Edição, Elsevier Brasil.