

Análise do Gerador Óptico Comb para transmissão em Redes Ópticas

Rafael J. Lima. Ferreira¹, Mônica de Lacerda Rocha¹, Guilherme E. V. Silva²

¹Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (USP) – São Carlos, SP - Brasil

²Departamento de Engenharia Elétrica - Universidade Estadual do Piauí – UESPI

rafael_jales@hotmail.com, rocha.monica@usp.br,
guilhermeeneas@yahoo.com.br

O principal desafio para a implementação de sistemas de taxas de 400 Gb/s e 1 Tb/s por canal é obter, pelo desenvolvimento de diferentes técnicas de modulação, multiplexação e recepção, a transmissão óptica por longas distâncias (centenas de quilômetros). O ruído gerado pela amplificação óptica e os efeitos lineares e não lineares da fibra fazem parte do escopo desse desafio [Chandrasekhar and Xiang 2010].

Neste contexto, o OFDM (Multiplexação por Divisão de Frequência Ortogonal) óptico tornou-se uma técnica promissora para alta eficiência espectral, maior flexibilidade e robustez frente às distorções de propagação, em que a geração de multiportadoras ópticas representa um problema fundamental. Na transmissão de multiportadora, além do aspecto da ortogonalidade entre as portadoras, é necessário tê-las amarradas em frequência, de modo a tirar vantagem de OFDM para uma alta eficiência espectral. Uma das técnicas que permitem a transmissão de vários Tb/s por fibra baseia-se na utilização de multiportadoras coerentes e ortogonais provenientes de uma fonte de laser único, resultando assim em uma elevada capacidade de agregação que explora técnicas de processamento paralelo, com velocidades moderadas por portadora e alta eficiência espectral. Tais sinais de alta taxa de dados, produzido a partir de um único laser, compreendendo múltiplas portadoras trancados em frequência modulada e num modo síncrono, é conhecido como *superchannel* [Pataca and Simões, Rocha 2011]. Neste sinal, a interferência entre os portadores ortogonais moduladas podem ser eliminada através do controle de fase de canais adjacentes.

Uma característica importante do sinal *superchannel* é que quanto maior for o número de portadoras menor será a separação entre as suas frequências e a taxa de transmissão de símbolos, ou seja, é importante gerar portadoras estáveis, sem variação do intervalo da frequência entre elas e com a mesma taxa de transmissão [Simões, Pataca and Rocha 2011]. Entre as muitas técnicas existentes para a geração de múltiplas portadoras, destacam-se três: Cascadeamento de moduladores Mach-Zehnder (MZM) [Ellis and Gunning 2005], *Recirculating Frequency Shifting* (RFS) [Kawanishi 2004] e *Discrete Mode laser* (DM) [Maher 2010].

Neste trabalho, é feito uma simulação de uma das técnicas de geração de pentes ópticos que podem ser utilizados, em associação com outros formatos de modulação, em transmissores e receptores de sistemas de alta capacidade. Os geradores de pente podem produzir um conjunto de sinais ópticos ortogonais entre si, reduzindo assim a necessidade de bandas de guarda entre os canais e também fazer o uso mais eficiente da largura de banda disponível. Utilizando um simulador de sistema óptico comercial (*Optisystem 9*, da empresa *Optiwave*), a proposta deste trabalho é baseada na técnica de RFS, pela qual o sinal óptico gerado pela fonte laser é deslocado em frequência dentro de um anel de recirculação.

O gerador óptico de múltiplas portadoras ortogonais, também conhecido como gerador óptico Comb (*Optical Comb Generator – OCG*), é a célula básica do transmissor óptico dos sistemas (Coherent-WDM - Co-WDM). Esse gerador é formado por um laser monomodo e um anel de recirculação, como ilustrado na Figura 1. Esse anel, no qual são geradas as múltiplas portadoras, é formado por: um acoplador óptico 2x2; um modulador óptico do tipo Mach-Zehnder duplo, que possui a função de geração de um sinal de banda lateral única, um amplificador óptico (*Erbium doped fiber amplifiers – EDFA*), que compensa as perdas no anel e um filtro óptico, que limita o número de portadoras geradas.

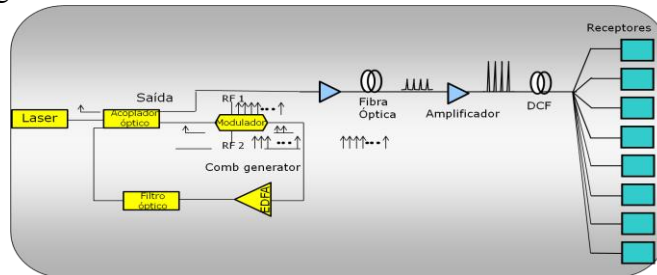


Figura 1. Arranjo simulado com o OCG.

Já a Figura 2a ilustra o espectro 8 subportadoras moduladas com a modulação NRZ a 10 Gb/s na saída do OCG. Já a Figura 2b mostra a relação entre a taxa de erro (BER) e a relação sinal ruído (OSNR). Quanto menor for a OSNR, maior é o efeito do ruído no sistema e, conseqüentemente, maior o erro inserido nos símbolos transmitidos, comprometendo assim a informação transmitida.

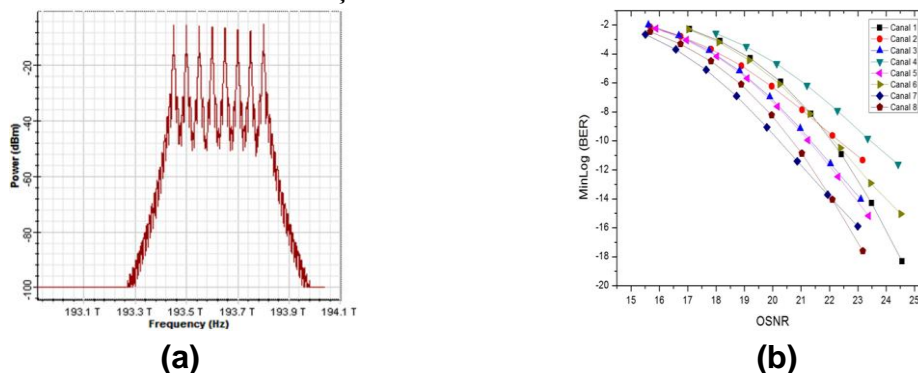


Figura 2. (a) Espectro do OCG na saída do multiplexador após a modulação NRZ, (b) BER x OSNR dos 8 canais

Referências

- S. Chandrasekhar and Xiang Liu, “Terabit Superchannels for High Spectral Efficiency Transmission”, *ECOC 2010*, Tu. 3.C.5, Sep. 2010.
- D. M. Pataca, F. D. Simões and M. L. Rocha, “Optical Frequency Comb Generator for Coherent WDM System in Tb/s Applications”, *IMOC 2011*, October 2011.
- F. D. Simões, D. M. Pataca and M. L. Rocha, “Design of a Comb Generator for High Capacity Coherent-WDM Systems”, *IEEE-LATINCOM 2011*, October 2011.
- A. Ellis, F. Gunning, “Spectral density enhancement using coherent WDM. *IEEE Photonics Technology Letters*”, v. 17, n. 2, 2005.
- T. Kawanishi, “Optical frequency comb generator using optical fiber loops with single sideband modulation”. *IEICE Electronics Express*, v.1, n.8, p.217-221, 2004.
- R. Maher, Low cost comb source in a coherent wavelength division multiplexed system. In: European Conference on Optical Communication (ECOC), 36, 2010, Torino, Italy.