

DEMÚLTIPLEXAÇÃO DE UM SINAL 4ASK MEDIANTE UMA PORTA ÓPTICA TIPO-U

U. R. C. Miranda e E. A. M. Fagotto

PUC-Campinas, Escola de Engenharia Elétrica – Campinas, SP Brasil, urcmiranda@gmail.com, eric@puc-campinas.edu.br

Resumo – Neste trabalho investigamos a demultiplexação totalmente óptica de um sinal 4ASK através de uma porta óptica baseada em mistura de quatro-ondas em fibras altamente não lineares. Nossos resultados mostram que é possível empregar tal técnica de demultiplexação em sistemas de telecomunicações que operem com pacotes ópticos quaternários em amplitude dentro de distâncias típicas de redes metropolitanas.

Palavras-Chave — demultiplexação, sinal multinível, portas ópticas, mistura de quatro-ondas, função de transferência, pacotes ópticos.

I. INTRODUÇÃO

Com o advento dos amplificadores à fibra dopada com Érbio (*Erbium Doped Fiber Amplifier* – EDFA) o gargalo nos sistemas de comunicações ópticas foi deslocado para os nós intermediários das redes onde ocorre o processo de roteamento dos pacotes de dados [1-6]. Atualmente, em redes metropolitanas, o processo de roteamento acontece no domínio eletrônico, sendo necessária uma conversão ópto-elétrica e posteriormente uma elétrico-óptica durante esse processo. Neste trabalho, nós apresentamos um esquema totalmente óptico que emprega uma Porta Óptica (PO), com função de transferência do Tipo U (FT-U), baseada em fibra altamente não-linear com dispersão deslocada para demultiplexar um sinal quaternário em amplitude modulado por chaveamento (*quaternary amplitude shift-keying*- 4ASK). Este sinal pode servir como um pacote óptico quaternário em amplitude (*quaternary amplitude optical packet* -QAOP), carregando o rótulo e a carga útil simultaneamente numa mesma portadora [3,5]. Para rotear esses QAOPs, será necessário, com frequência, ler o rótulo quando este chegar a um nó intermediário da rede para fazer com que o pacote chegue corretamente ao seu destino e, conforme mostramos neste trabalho, uma PO com FT-U pode ser utilizada nesta tarefa.

Este artigo está dividido da seguinte forma: Na seção II encontra-se uma revisão a respeito de pacotes ópticos quaternários. Na seção III é discutida a técnica de demultiplexação e especificada a PO. Na seção IV são apresentados e discutidos os resultados de simulações e, finalmente, na Seção V apresentamos nossas conclusões.

II. PACOTES ÓPTICOS DE AMPLITUDE QUATERNÁRIA

O uso de um sinal multinível, mais especificamente de um sinal 4ASK, como um pacote óptico quaternário em amplitude (QAOP) foi proposto em [6] e testado através da rede FAPESP-KyaTera em [7]. A idéia básica consiste em codificar o rótulo e a carga útil em um mesmo díbit, ou seja, um bit representando o rótulo e a carga útil. Assim, como há quatro possibilidades, 00, 01, 10 e 11, a implementação física pode ser realizada utilizando um sinal 4ASK. A Fig. 1 (a) e (b) mostra o diagrama de olho, respectivamente, para

um sinal 4ASK detectado em configuração ponto-a-ponto e após 20 km de propagação através da rede KyaTera. A indexação dos níveis de potência com os díbits é também exibida na Fig. 1 (a).

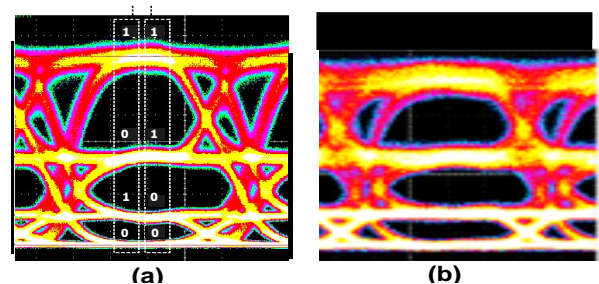


Fig. 1: (a) Diagrama de Olho para um sinal 4ASK detectado em configuração ponto-a-ponto e (b) após 20km de propagação pela rede KyaTera.

III. DEMÚLTIPLEXAÇÃO DE PACOTES ÓPTICOS DE AMPLITUDE QUATERNÁRIA COM PORTAS ÓPTICAS

Para demultiplexar um sinal 4ASK adotamos um esquema totalmente óptico que emprega uma PO baseada em fibra óptica altamente não linear e funções de transferências (FTs) adaptadas. Essa PO utiliza a função de transferência do tipo U (FT-U), que mapeará o primeiro e o terceiro nível de potência de entrada no nível mais baixo de saída A e o segundo e o quarto níveis no mais alto nível de saída B (Fig. 2).

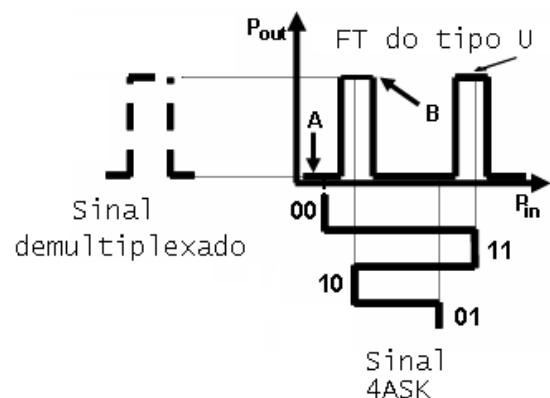


Fig. 2: Demultiplexação de um sinal 4ASK via FT do tipo U.

A implementação da PO é feita com dois estágios, cada um deles conforme a Fig 3(a), utilizado um EDFA, filtros ópticos, um Mux e

a fibra altamente não linear com dispersão deslocada. A figura 3(b) mostra como são arranjados os dois estágios e os lasers de bombeio para formar a PO.

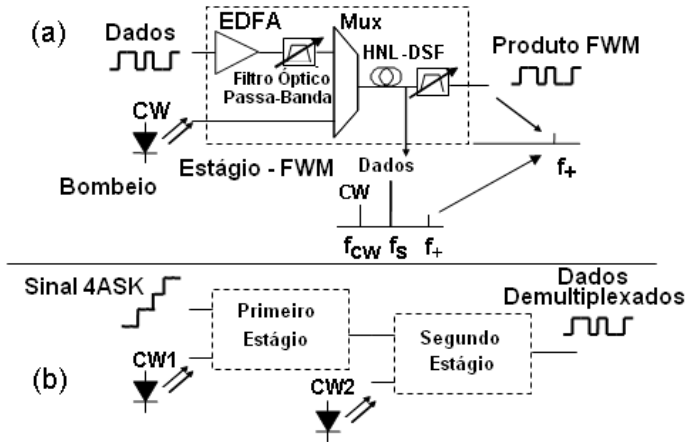


Fig. 3: (a) Detalhe do estágio de Mistura de Quatro Ondas da Porta Óptica e (b) estágios acoplados.

No primeiro estágio, o sinal 4ASK, numa portadora f_s , será propagado juntamente com um sinal de bombeio CW_1 , na frequência f_{CW1} , ocorrendo mistura de quatro ondas entre eles. Um filtro óptico passa-faixa (OBPF) permite selecionar o produto da mistura de quatro ondas na frequência $f_{1+} = 2f_s - f_{CW1}$ na saída da fibra. Este sinal selecionado será acoplado à fibra do segundo estágio e irá propagar com um sinal de bombeio CW_2 , na frequência f_{CW2} , gerando produtos de modulação de quatro ondas e, assim como feito no primeiro estágio, configuraremos o OBPF para, desta vez, selecionar o sinal na frequência $f_{2+} = 2f_{1+} - f_{CW2}$. A FT da PO é implementada na fibra mediante um método de cálculo heurístico que será detalhado numa publicação futura [6]. Usando esse método, nós encontramos os parâmetros listados na Tabela I para a PO, sendo L o comprimento da fibra, S_0 a inclinação de dispersão, γ o coeficiente não-linear, f_{CW} a frequência do sinal de bombeio e G o ganho do amplificador de fibra dopada à érbio. Além disso, para qualquer PO, a potência do bombeio é 1 mW, o comprimento de onda de dispersão-nula é 1557 nm e a atenuação é 0.2 dB/km.

A tabela abaixo mostra os parâmetros utilizados na PO para caracterizar a FT do tipo U.

Parâmetros da FT do tipo U

	1º Estágio	2º Estágio
L (m)	4560	4300
S_0 (ps/nm ² /km)	0,03	0,03
γ ((W.km) ⁻¹)	15	12
f_{CW} (THz)	1557,53	1555,02
G (dB)	13,43	25,00

IV. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES E DISCUSSÃO

Em nossas simulações, codificamos o rótulo e a carga útil em um sinal quaternário modulado por chaveamento de amplitude (4ASK) de duas maneiras: a primeira, com o primeiro bit do díbit representando o rótulo e o segundo bit representando a carga útil; e a segunda, com essa situação invertida. Para a primeira situação o rótulo é demultiplexado via uma PO com uma Função de

Transferência do tipo U (FT-U). Na Figura 4 está o Fator Q do diagrama de olho do sinal demultiplexado *versus* à distância de transmissão. As simulações foram realizadas para a taxa de transmissão de 2,5 Gbps com 4096 bits de rótulo transmitidos.

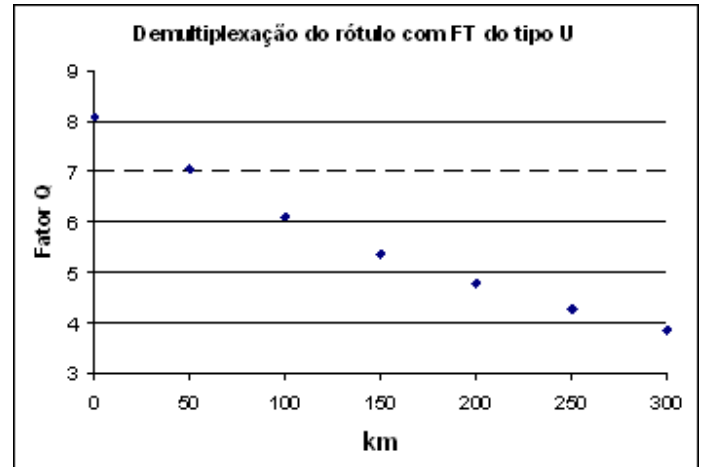
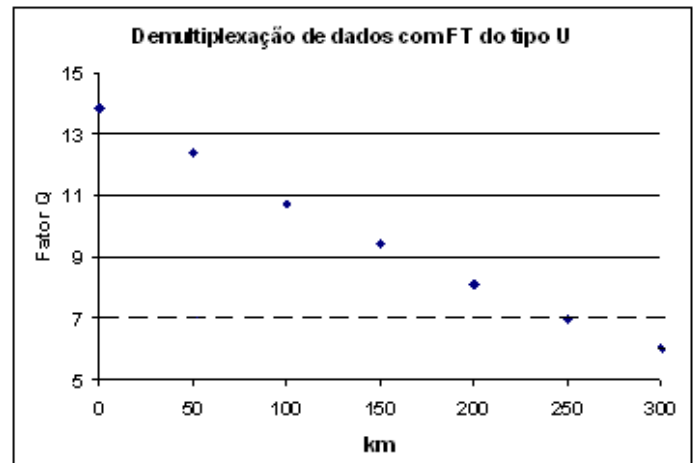


Fig. 4 - Evolução do Fator Q para o rótulo usando uma PO com FT-U.

Na segunda situação, a FT-U faz a demultiplexação dos dados da carga útil. A Fig. 5 mostra o gráfico do Fator Q do diagrama de olho correspondente com relação à distância de transmissão. As simulações foram realizadas para a taxa de transmissão de 10 Gbps com 16384 bits de dados transmitidos. A linha tracejada indica o fator Q que corresponde a uma taxa de erro de bit de 10^{-12} , que é a máxima permitida para um sistema de comunicações ópticas operando a 10 Gbps.



V. CONCLUSÃO

Neste trabalho discutimos, a partir do resultado de simulações, como uma PO com FT-U pode ser empregada na demultiplexação de um sinal 4ASK óptico que foi obtido mediante a multiplexação de dois tributários binários. Tal sinal pode ser empregado na implementação de um QAOP que transporta, simultaneamente e dentro de uma mesma largura de banda, um rótulo e uma carga útil. Nossos resultados mostram que, utilizando-se uma PO com FT-U,

codificando o primeiro bit do dicit para representar o rótulo e o segundo bit representando a carga útil, é possível demultiplexar a informação do rótulo do pacote. Invertendo-se a codificação dos bits, é possível se obter a carga útil até uma distância de 300 km, que é típica de uma rede metropolitana de telecomunicações..

VI. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CNPQ que concedeu bolsa através do PIBIC para o desenvolvimento dessa pesquisa. Também à PUC Campinas que forneceu equipamentos e laboratórios para nossas simulações.

REFERÊNCIAS

- [1] http://www.vpiphotonics.com/pda_chart.php cf. visualizado em 24/02/2009.
- [2] G.T. Zhou, K. Xu, J. Wu, C. Yan, Y. Su et. al, "Self-pumping wavelength conversion for DPSK signals and DQPSK generation through four-wave mixing in highly nonlinear optical fiber", IEEE Photon. Technol. Lett. vol 18, no. 22, pp. 2389-2391, 2005.
- [3] M. L. F. Abbade, E. A. M. Fagotto, R. S. Braga, F. R. Barbosa, E. Moschim, I. E. Fonseca, "Quaternary Optical Packets Generated by Fiber Four-Wave Mixing," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 18, no. 2, p. 331-333, 2006.
- [4] D. J. Blumenthal, A. Carena, L. Rau, V. Curri, and S. Humphries, "All-optical label swapping with wavelength conversion for WDM-IP networks with subcarrier multiplexed addressing," IEEE Photon. Technol. Lett., vol. 11, pp. 1497-1499, Aug. 1999.
- [5] N. Chi et al., "Optical label swapping and packet transmission based on ASK/DPSK orthogonal modulation format in IP-over-WDM networks," in Optical Fiber Communication Conf., pp. 792-794.
- [6] M.L.F. Abbade, E. A. M. Fagotto, R. S. Braga, I. E. Fonseca, E. Moschim and F. R. Barbosa, "Optical Amplitude Multiplexing through Four-Wave Mixing in Optical Fibers IEEE Phot. Tech. Lett., vol. 18 (2006), 331-333.
- [7] E. A. M. Fagotto, F. A. Callegari and M. L. F. Abbade "Design and Simulations of Fiber Based Optical Gates for Optical Signal Processing: An Application to All-Optical Demultiplexing of Multilevel Signals.", unpublished.
- [8] R. Salem, M.A. Foster, A. C. Turner, D. F. Geraghty, M. Lipson et al., "Signal regeneration using low-power four-wave mixing on silicon chip", Nature Photon., vol.2, no 1 ,pp.35-38, Jan. 2008.