

1.Introdução

A demanda por altas taxas em sistemas de comunicações e maior largura de banda tem impulsionado a pesquisa para desenvolver redes totalmente ópticas na transmissão em longas distâncias.

O desenvolvimento de um gerador de pulsos curtos ópticos multiplexados no domínio do tempo, permitirá que altas taxas sejam alcançadas a um custo mínimo de elementos e dispositivos. A utilização dos pulsos curtos apresenta uma importante característica, o qual não sofre alteração de perfil durante a propagação na fibra.

Esta grande resistência as dispersões da fibra, permite que taxas de até 40 Gbps percorram distâncias superiores a 240 Km. Deste modo as redes atuais de comunicação SONET, SDH e ATM largamente empregadas nos sistemas para interconexão e acesso sofrerão um processo de escalonamento. Com advento da necessidade tecnológica de novas classes de serviço que surgiram decorrente da busca por largura de banda. É eminente que a evolução tecnológica permitiu a criação de um conjunto de novos serviços voltados para sistemas de televisão digital HDTV (*High Digital Television*), telefonia com voz sobre IP VoIP (*Voice over IP*), redes de acesso locais, anéis metropolitanos e *backbones*.

Os sistemas optoeletrônicos atuais operam na taxas de dezenas gigabits, contudo devido às limitações físicas e eletrônicas dos dispositivos utilizados valores superiores a 40 Gbps [1] não são possíveis de serem alcançados.

O desequilíbrio da demanda e a oferta da largura de banda para transmissão de informação, apresenta-se como agente responsável para comunicação em novas taxas, apesar da capacidade da fibra ser da ordem de terahertz. Para solucionar este problema plataformas como multiplexação no domínio do comprimento de onda DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) e OTDM surgiram para atender a demanda. Os novos transmissores e receptores operam com múltiplos comprimentos de onda escalonando a banda por um fator n. O uso desta tecnologia permitiu o desenvolvimento de novos dispositivos ópticos de

comunicação os quais foram aplicados a redes ponto a ponto, *broadcast*, e multi acesso como a figura 1 a seguir indica.

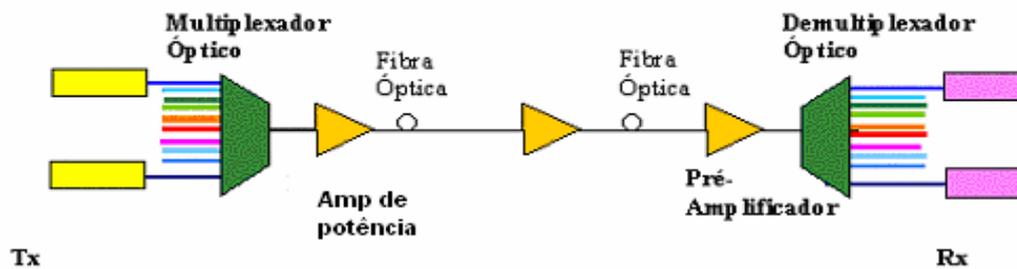


Figura 1 Enlace óptico DWDM

O princípio desta tecnologia é combinar vários comprimentos de ondas, os quais representam canais em uma única fibra de maneira que a taxa de operação é flexível para transmissão de dados. Todos os canais compartilham o mesmo meio e dispositivos de modo que por estarem separados em comprimentos de ondas diferentes a operação é transparente. As vantagens para o uso desta tecnologia é a taxa de transmissão variável, granularidade e transparência na operação.

Entretanto existem fatores degenerativos adicionados a este sistema como por exemplo mistura de quatro ondas, diafonia (*cross-talk*) os quais são decorrência da existência de canais extremamente próximos. A presença desses fatores perturbam e degeneram os dados, alterando o valor da relação sinal-ruído SNR (*Signal Noise Ratio*) e a taxa de bits errados BER (*Bit Error Rate*) no receptor.

Uma segunda alternativa é o uso da plataforma multiplexação óptica no domínio do tempo OTDM (*Optical Time Division Multiplexing*) [2]. Baseada nos antigos sistemas elétricos de telecomunicações nos quais pequenos *slots* de tempo eram segmentados e divididos para os usuários. Este compartilhamento de banda no domínio do tempo permite que altas taxas de transmissão sejam alcançadas.

Os dispositivos ópticos utilizados no processo de OTDM são acopladores e linhas de atraso, as quais são pedaços de fibra óptica. O que torna o sistema

simples em operação, os atrasos são cuidadosamente calculados para que os pulsos não se superponham. Utilizando um gerador de pulsos curtos ópticos baseados na configuração [3] estes são combinados em um acoplador como mostra a figura 2 a seguir de modo que os pulsos são divididos e posteriormente atrasados de maneira que a taxa seja escalonada para um valor superior ao da taxa de repetição sendo o processamento ocorrido no domínio ótico [4,5] de modo que as limitações eletrônicas para controle dos sinais são contornados.

A seta da figura 2 abaixo indica que o pulso foi dividido nos quatro diagramas temporais os quais posteriormente são atrasados. Os pulsos são divididos na saída do acoplador e posteriormente são combinados ou seja, multiplexados em uma taxa superior de acordo como indica o último diagrama do tempo.

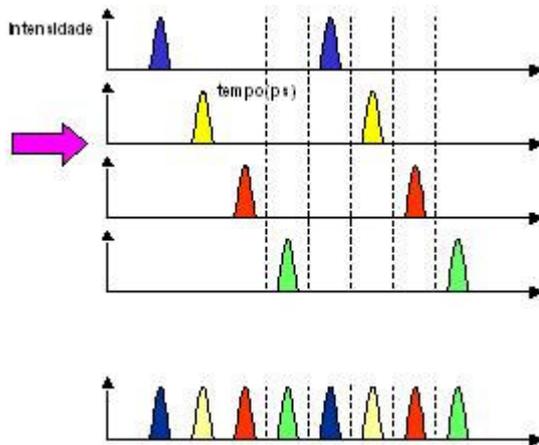


Figura 2 Pulsos Multiplexados opticamente no domínio do tempo

Em taxas elevadas pode-se utilizar pulsos curtos ou sólitons[3,6] para transmissão devido às características espectrais que pulsos solitônicos apresentam como: transformada limitada, perfil do pulso permanece inalterado, ocupa uma pequena fração do bit *slot* e *chirp free* durante a transmissão. A geração de tais pulsos é possível com o uso de *mode locked fiber ring laser* realizando uma equalização dos efeitos da velocidade de grupo(GVD) e automodulação de fase (SPM) os quais são capazes de gerar pulsos de 1 ps. A literatura tem demonstrado [7] ser possível criar pulsos da ordem de fentosegundos, ou seja, uma grandeza menor em relação aos pulsos obtidos. O estado da arte na geração e transmissão

encontra-se na banda de 40-200 GHz com pulsos de largura máxima de 1.6 ps de acordo com [8,9].

O objetivo deste trabalho é gerar, multiplexar e transmitir pulsos ópticos curtos de seqüências pseudoaleatórias analisando o comportamento em fibra óptica *Standard* bem como penalidades inerentes ao sistema escalonado para 10 Gbps. O sistema pode ser dividido em 2 sessões distintas: gerador de pulsos curtos MLFRL *mode locked fiber ring laser*, e multiplexador óptico.

O gerador de clock para o sistema multiplexado é um laser de modos travados operando em anel (MLFRL) [9], uma fonte capaz de gerar pulsos ópticos da ordem de 40-55 ps de duração a FWHM em uma taxa de repetição de 2.5 GHz utilizando a técnica de mode locking ativo. Os sinais são impressos nos pulsos através de um modulador de eletroabsorção dentro de um anel que através de um sincronismo do tempo de vôo do anel e a modulação dão origem aos pulsos curtos.

Para uma análise de sistemas de comunicação, seqüências podem ser criadas em um gerador pseudoaleatório de bits codificadas no modulador controlado por um BER (*Bit Error Ratio*). O trem de pulsos formado originalmente dentro do regime *mode locking* será deste modo controlado pelo gerador de seqüências pseudoaleatórias, cujos novos pulsos ópticos curtos obedecerão uma formação de 0 e 1 de modo não determinístico.

O multiplexador é totalmente óptico formado por 2 acopladores 1x4 e linhas de atrasos de 500, 1000, 1500 e 2000 ps. Os dados multiplexados são codificados dentro de um bit slot de picosegundos para alcançar a taxa de 10 Gbps respeitando as linhas de *delay* ópticas calculadas. Em seguida os pulsos serão transmitidos e observados.

Para taxas mais elevadas fatores limitantes em sistemas ópticos como: ruído amplificado da emissão espontânea ASE (*Amplified Spontaneous Emission*) de amplificadores ópticos, PMD (*Polarization Mode Dispersion*) dispersão do modo de polarização, efeito Gordon-Haus, dispersão e auto modulação de fase degeneram o sinal transmitido reduzindo a relação sinal ruído(SNR)

A melhoria do sistema em relação aos fatores citados anteriormente é obtida com o uso de fibras compensadoras de dispersão, mantenedoras de polarização, modulador com alta razão de extinção e amplificadores com baixa figura de ruído.

O conjunto de fenômenos os quais envolvem o processo de geração, multiplexação e transmissão dos pacotes ópticos pela fibra são descritos nos capítulos seguintes. Medidas experimentais foram realizadas para validar o trabalho desenvolvido.