

Expansão das Redes Ópticas e a Internet do Futuro

Joel C. Queiroz, Mauricio A. Deffert, Luiz H. Bonani

CECS, UFABC, 09210580, Santo André, SP, Brasil

joel.queiroz@ufabc.edu.br

Resumo: A cada ano novos serviços *online* são criados, gerando novas demandas para a infraestrutura que sustenta o tráfego da *Internet*. Grande esforço de pesquisa está sendo feito sobre novas arquiteturas de rede que comportarão a *Internet* do Futuro. Entre estas, estão as pesquisas sobre a expansão da capacidade das redes ópticas a fim de garantir a sustentação da sempre crescente demanda por largura de banda, que destacam duas vertentes: Uma a longo prazo, concentrada na mudança do paradigma de comutação, e outra a médio prazo, com foco no aumento da capacidade das redes hoje existentes. Neste artigo, abordam-se os principais tópicos de cada vertente.

1. Introdução

A *Internet*, uma rede formada por uma miríade de redes, constantemente vem crescendo em número de usuários e em demanda de banda por usuário. O barateamento das tecnologias vem permitindo o acesso a segmentos sociais que até então não tinham recursos para sua aquisição e manutenção. Além disso, aplicações como fluxo de vídeo, jogos em linha e outros, vem aumentando consideravelmente a demanda de banda devido à enorme resolução das imagens transmitidas [1].

As atuais redes ópticas são formadas por nós que se conectam por meio de fibras ópticas, trocando dados entre si. Essas redes podem ser metropolitanas ou redes de longa distância. Em redes metropolitanas há grande quantidade de nós, utilizados pelos usuários finais e pelos provedores de acesso, interligados a curtas distâncias por meio de fibras de pequena capacidade e fontes luminosas de reduzidas potências. Já nas redes de longa distância, que interligam as redes metropolitanas, usa-se a banda C (cerca de 4,4 THz), espectro que é compartilhado pelos serviços que utilizam a rede. Cada serviço possui uma demanda de largura de banda espectral que varia de acordo com a taxa de transmissão de dados, o tipo de modulação utilizada, e até o comprimento do enlace, mas que é alocado em um ou mais canais de 50 GHz de largura. Em redes de longa distância, são utilizadas altas potências de transmissão, com o emprego de *lasers* e as distâncias são gigantescas, até mesmo interligando continentes através de fibras submarinas. Essas redes possuem pequena quantidade de nós se comparadas às redes metropolitanas. A forma pela qual os serviços compartilham uma mesma fibra depende de qual forma de comutação óptica é utilizada.

2. Paradigmas de Comutação Óptica

As redes ópticas de longa distância hoje distribuem o espectro utilizando a Multiplexação por Divisão em Comprimentos de Onda (WDM (Wavelength Division Multiplex)) [2]. Quando um nó necessita transmitir informação a outro nó, solicita à rede uma conexão. A rede reserva uma quantidade determinada de comprimentos de onda em cada salto do caminho, estabelecendo uma conexão em forma de circuito óptico, que manterá os recursos ocupados exclusivamente pelos dois nós enquanto durar a transferência bidirecional de dados [4]. Essa é a Comutação por Circuito Óptico (OCS (Optical Circuit Switching)), atualmente utilizada nas redes de longa distância.

A fim de aumentar a capacidade das redes por meio da modularização e da economia de recursos, uma solução em longo prazo será a Comutação por Pacotes Ópticos (OPS (Optical Packet Switching)), que tem basicamente o mesmo funcionamento que uma rede de computadores: A informação é dividida em pequenos pacotes, que seguem até o nó de destino pelo melhor caminho encontrado pelos roteadores. Atualmente essa tecnologia não venceu completamente um obstáculo físico, que é o armazenamento nas filas dos roteadores. Para que seja possível obter proveito da gigantesca taxa de transmissão das fibras, é necessário utilizar redes totalmente ópticas, ou seja, redes nas quais o sinal jamais trafega no domínio elétrico, pois o sinal elétrico, se comparado ao sinal óptico, tem taxas bastante modestas. Além

disso, a conversão do domínio óptico para o domínio elétrico, e vice-versa, gera também um atraso relevante. Com a tecnologia atual, ainda é impraticável manter o sinal luminoso em espera, dentro dos roteadores. Futuramente esta poderá ser a melhor solução para expansão da capacidade das redes ópticas.

Uma solução que contorna o problema da comutação OPS, embora complexa de ser implementada, é a Comutação por Rajadas Ópticas (OBS (Optical Burst Switching)) [3]. Nesta forma de comutação, o roteamento é feito no domínio elétrico, enquanto os dados são transmitidos no domínio óptico. Os roteadores trocam informações entre si, a fim de estabelecer o caminho óptico. Depois disso, os dados são transmitidos em grandes rajadas. Esta é uma solução proposta para ser implementada antes que haja roteadores ópticos eficientes.

3. Redes Ópticas Elásticas

A médio prazo, os esforços se concentram em ampliar a capacidade das redes existentes, seja pela implantação de mais fibras, seja pela renovação das técnicas de ocupação do espectro hoje disponível. A primeira destas soluções, evidentemente, demanda maior custo e tempo de implantação. Em termos de técnicas, a solução hoje aceita como mais viável está nas Redes Ópticas Elásticas (EON (Elastic Optical Network)), nas quais o espectro é fatiado em diminutas porções, denominadas FSUs (Frequency Slot Unit), que são agrupadas em determinadas quantidades para compor um canal, em oposição às atuais redes WDM (Wavelength Division Multiplex) [5] de grade fixa, nas quais o canal tem largura constante e independente do serviço, o que gera desperdício de espectro. A economia das EONs vem de sua capacidade de se adaptar à demanda, por meio do uso de estreitas FSUs ortogonalmente sobrepostas. Na Figura 1 (a) há quatro serviços de diferentes demandas espectrais ocupando determinada porção do espectro de acordo com a grade ITU. Na Figura 1 (b) vê-se os mesmos quatro serviços em uma rede EON.

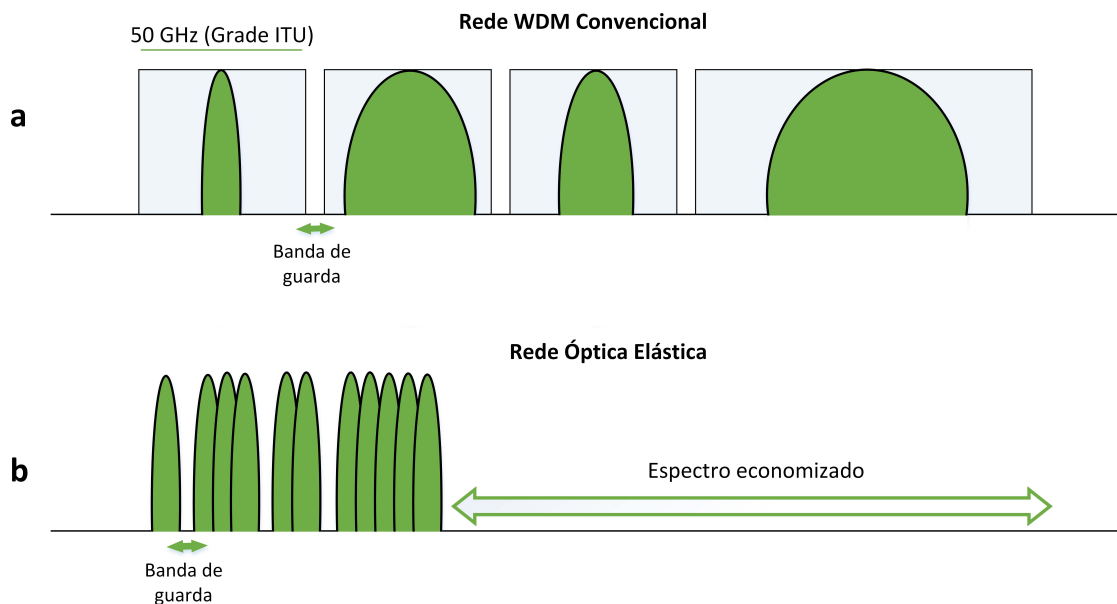


Figura 1. Ocupação do espectro em redes WDM e EON

Em uma rede EON, a porção de espectro que é economizada comparativamente a uma rede WDM convencional, pode ser utilizada para a alocação de um certo número de serviços, e assim acontece o aumento de capacidade do sistema apenas alterando-se a forma como o espectro é atribuído aos serviços.

Comparando-se as possíveis soluções, é possível afirmar que enquanto as comutações OPS e OBS não estão comercialmente disponíveis, é necessário optar entre aumentar o número de fibras ou substituir os multiplexadores WDM pelos de EON. Esta última solução, embora aparentemente mais simples, demanda pesquisa para resolução de problemas existentes em EONs, relacionados às restrições de continuidade e contiguidade [1], que exigem a disponibilidade de diversas FSUs contíguas durante todo o caminho óptico para a composição da fatia espectral necessária à alocação do serviço.

4. Referências

- [1] Joel C. Queiroz. “Técnicas para Nivelamento de Desempenho Inter-rotas Aplicadas a Redes Ópticas Elásticas”. 2017. 100 f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Informação), Universidade Federal do ABC, Santo André, 2017.
- [2] Luiz H. Bonani and Majid Forghani-Elahabad. “An improved least cost routing approach for WDM optical network without wavelength converters” in *Optical Fiber Technology* (32) (2016), pp. 30 - 35.
- [3] Luiz H. Bonani. “Modeling an Optical Network Operating with Hybrid-Switching Paradigms” in *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications* (15) (2016), pp. 275 - 292.
- [4] Joel C. Queiroz and Mauricio A. Deffert and Luiz H. Bonani. “Nivelamento de Desempenho Inter-rotas aplicado às Redes Ópticas Elásticas” presented at Simpósio de Pesquisa do Grande ABC, FMABC, Santo André, SP, Brazil, 27 Oct. 2016.
- [5] Mauricio A. Deffert and Joel C. Queiroz and Luiz H. Bonani. “Análise da Qualidade de Serviço em Redes Ópticas Elásticas Operando com o Algoritmo MPSC” presented at Simpósio de Pesquisa do Grande ABC, FMABC, Santo André, SP, Brazil, 27 Oct. 2016.