

Algoritmos de Melhor Ocupação Espectral nas Redes Ópticas Elásticas

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

CECS, UFABC, 09210580, Santo André, SP, Brasil
mauricio.deffert@ufabc.edu.br

Abstract: As Redes Ópticas estão passando por diversas mudanças devido ao rápido crescimento de tráfego de dados. O problema da fragmentação espectral traz um aproveitamento ineficaz do espectro óptico aumentando a probabilidade de bloqueio. Neste artigo é apresentado conceitos e resultados de simulações dos algoritmos de melhor ocupação espectral melhorando a atribuição de serviços.

1. Introdução

Em uma Rede Óptica Elástica (*Elastic Optical Networks (EON)*), em virtude da dinâmica temporal de estabelecimento e remoção de conexões, determinadas porções do espectro podem apresentar trechos livre e ocupados que dificultam a atribuição de recursos para futuras conexões. A essa distribuição de trechos espectrais livres e ocupados, que podem ter tamanhos bastante diferentes, dá-se o nome de *fragmentação espectral*. Assim, esta situação ocorre após sucessivas solicitações para o estabelecimento e liberações de conexões entre clientes [1].

A fim de alocar de maneira eficaz o espectro óptico ao longo de uma melhor rota, em [2] foram propostos algoritmos dinâmicos *Routing and Spectrum Assignments (RSAs)* baseados na noção de consecutividade de espectro, ou seja, algoritmos de melhor ocupação espectral. O objetivo destes algoritmos é o de minimizar a probabilidade de bloqueio na rede por meio da maximização da consecutividade de espectros ópticos na ligação entre dois nós [2]. Para uma melhor ocupação espectral em um enlace ou ao longo de um caminho óptico, foi desenvolvido um novo conceito, o parâmetro de consecutividade dos espectros disponíveis. Com base neste conceito, foi definida a consecutividade do enlace (C_l) e a consecutividade do caminho (C_p), definidos pelas Equações (1) e (2) [2]:

$$C_l = \frac{\sum_{i=1}^{F-1} u_i^l \cdot u_{i+1}^l}{B_l} \times \frac{\sum_{i=1}^F u_i^l}{F} \quad (1)$$

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^{F-1} u_i^p \cdot u_{i+1}^p}{B_p} \times \frac{\sum_{i=1}^F u_i^p}{F} \quad (2)$$

A Figura 1 apresenta exemplo de cálculo da consecutividade do caminho (C_p). A consecutividade é adotada na seleção do caminho a ser utilizado pelo algoritmo para acomodação da banda de rede requerida pela conexão a ser estabelecida. Na descrição genérica do algoritmo, pressupõe-se que haja k rotas disponíveis para serem testadas, que são obtidas, por exemplo, a partir do algoritmo de Yen. Na Figura 1 é mostrada apenas uma dessas rotas. Deve-se notar que, conforme o bloco espectral escolhido, há um valor próprio de consecutividade do caminho (C_p). Uma das heurísticas utilizadas pelos algoritmos de melhor ocupação espectral adota como critério de escolha do valor máximo de C_p , ou seja, $C_p^{B(i)} = \max_{\forall j} C_p^{B(j)}$. Outras heurísticas que utilizam a consecutividade do enlace (C_l), não são apresentadas neste artigo.

2. Resultados

A fim de analisar o desempenho de uma EON com algoritmos de melhor ocupação espectral, foi utilizado o simulador OfNetSim, desenvolvido pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Comunicações Ópticas e sem Fio (LCOSF) da UFABC. As simulações foram definidas em uma rede flexível com quatro tipos de serviços diferentes, caracterizados pelos requisitos de largura de banda de 25 GHz, 50 GHz, 75 GHz e 100 GHz, compartilhando de toda a largura de

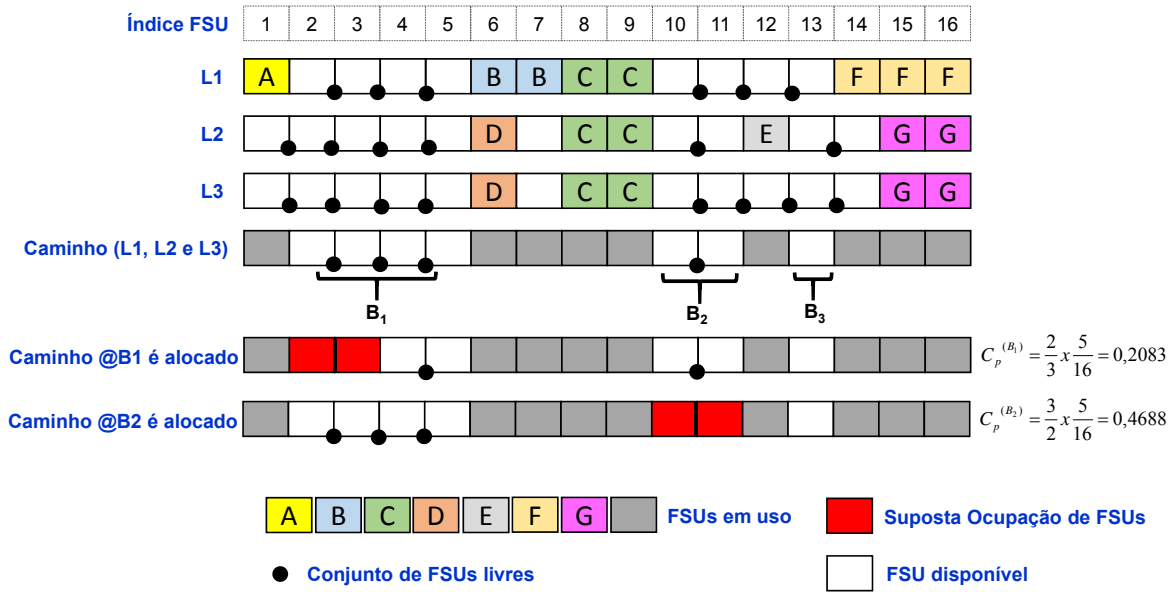


Figura 1. Exemplo do cálculo do caminho C_p [2].

banda da Banda C (4,4 THz), dividida em *slots* de tamanho 12,5 GHz, gerando um total de 352 *slots* ao longo da Banda C. As probabilidades de tráfego estão configuradas para seguir uma distribuição inversamente proporcional à largura de banda requerida, ou seja, $Pt_s = B_s^{-1} / \sum_{s=1}^S B_s^{-1}$, em que Pt_s é a probabilidade de tráfego do serviço de tipo s , que possui requisito de largura de banda B_s [3]. Foram gerados 20 pontos em cada simulação com uma carga na rede variando de 125 a 2500 erlangs. A simulação envolveu o algoritmo *First Fit* (FF) [4] comparado com o algoritmo de melhor ocupação espectral *Maximize Path Spectrum Consecutiveness* (MPSC), conforme [2], com geração de 1, 3 e 5 rotas distintas para cada par de nós origem-destino. Todos os resultados obtidos, são analisados em termos das métricas: Probabilidade de Bloqueio Total (PBT), Utilização de Recursos da Rede (\bar{U}) e a Média de Saltos (\bar{H}). A topologia utilizada para a simulação é a *National Science Foundation Network* (NSFNet), composta por 14 nós interligados por 21 enlaces bidirecionais.

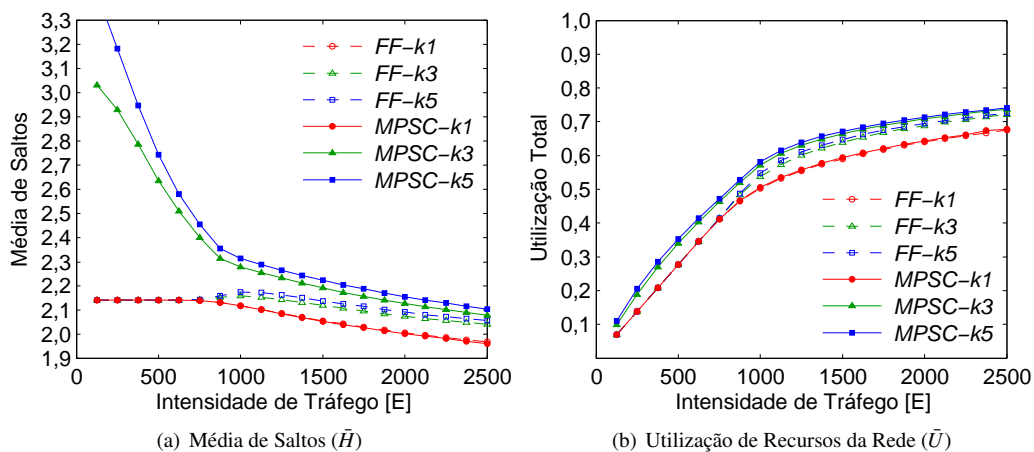


Figura 2. Média de Saltos (\bar{H}) e Utilização de Recursos da Rede (\bar{U}) para algoritmos: FF e MPSC, com 4 Tipos de Serviço e com 1, 3 e 5 Rotas.

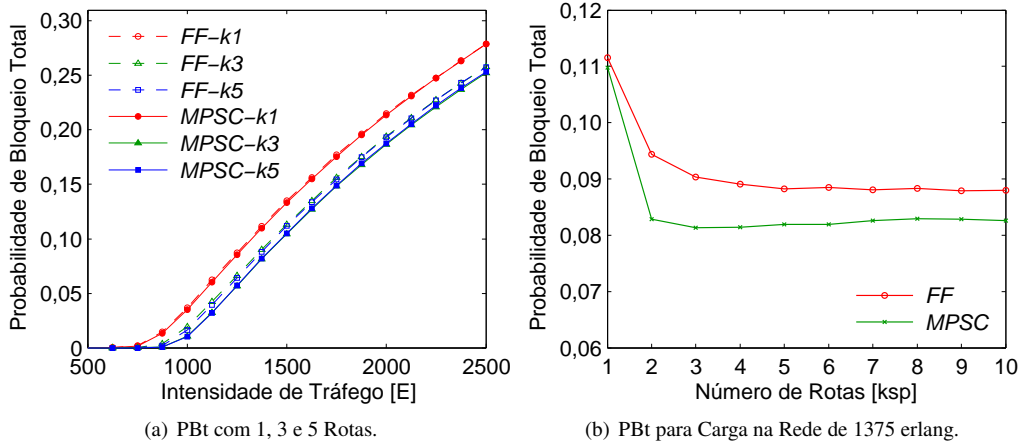


Figura 3. Probabilidade de Bloqueio Total (PBT) para algoritmos: FF e MPSC, com 4 Tipos de Serviço.

3. Conclusões

Os algoritmos de melhor ocupação espectral distribuem ao longo dos caminhos as conexões a serem estabelecidas, utilizando assim um número maior de saltos e uma maior utilização de rede, conforme a Figura 2. Esta ação proporciona um balanceamento da carga ao longo dos caminhos de ligação do nó de origem ao nó de destino. O balanceamento provido pelos algoritmos de melhor ocupação espectral permite uma acomodação maior de conexões, resultando em uma menor probabilidade bloqueio. A Figura 3 apresenta resultados em que os algoritmos de melhor ocupação espectral, para obter menores índices de bloqueio, precisam calcular a consecutividade para diversos valores de k . Os resultados mostram que, em geral, o algoritmo MPSC, diminuiu a PBT em comparação com o algoritmo de alocação de espectro FF, quando são utilizados mais do que uma rota disponível, ou seja, para valores de $k > 1$.

4. Referências

- [1] ZHANG, M. et al., “Bandwidth defragmentation in dynamic elastic optical networks with minimum traffic disruptions”, IEEE International Conference on Communications (ICC), p. 3094–3898, Jun 2013.
- [2] WANG, Y. et al., “Spectrum consecutiveness based routing and spectrum allocation in flexible bandwidth networks”, CHINESE OPTICS LETTERS, p. S10606–1–S10606–4, June 2012.
- [3] BONANI, L. H. et al., “Routing issues on spectrum sharing and partitioning for flexible optical networks”, 16th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), p. 1–4, Jun 2014.
- [4] CALLEGATI, F. et al. “Trunk reservation for fair utilization in flexible optical networks”, IEEE Communications Letters, v. 18, n. 5, p. 889–892, May 2014.