

EONs com Heurística de Alocação Espectral Eficiente Baseada em Rota e Fragmentação

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, sendo a infraestrutura sobre a qual trafegam as comunicações móveis, deverá se ajustar para acomodar a enorme demanda causada pela recém-chegada 5G, a Internet das coisas, o crescimento no número de usuários e o aumento de utilização de banda de cada usuário. Diante desse cenário, a comunidade científica busca estratégias para otimizar o uso de banda óptica, a fim de atender a esta demanda crescente, se possível evitando custos de implantação. Nesse contexto, é imprescindível desenvolver técnicas mais eficientes para a alocação do espectro óptico, como parte fundamental da solução do problema apresentado. A fragmentação do espectro óptico em uma *Elastic Optical Networks* (EON) é um dos fatores principais para o esgotamento dos blocos espectrais disponíveis para a atribuição dos diferentes tipos de serviços. Nesta pesquisa, está sendo estudada a influência de diversas rotas candidatas que atendam a demanda solicitada em função do estado fragmental dessas rotas.

1. Introdução

A quinta geração das comunicações móveis (5G), já é realidade em lugares como a China e alguns países da Europa. A grande capacidade de tráfego em grandes aglomerações de dispositivos móveis, a enorme largura de banda para cada dispositivo, e a baixa latência, são algumas das características do 5G. Porém, é importante lembrar que as redes móveis se apoiam em rádio apenas no acesso. Nas outras partes da rede, o tráfego se dá sobre as redes ópticas, que proveem grande largura de banda, com baixa latência [1]. Aumentar o número de usuários nas redes móveis, sejam mais pessoas, e também mais dispositivos, e todos com maior consumo de banda, traz um grande aumento de demanda nas redes ópticas. Para dar vazão a esse enorme tráfego, sem ter que lançar mão de novos investimentos em implantação de fibra, é necessário criar estratégias para uso mais eficiente do espectro hoje disponível. Neste trabalho, foi feito um estudo, por meio de simulação, sobre heurísticas que visam evitar, ou minimizar a fragmentação do espectro, resultando em um melhor uso de rede, e conseqüente menor probabilidade de bloqueio.

2. Heurística de Alocação Espectral Eficiente

Em uma EON, em virtude da dinâmica temporal de estabelecimento e remoção de conexões, determinadas porções do espectro podem apresentar trechos livres e ocupados que dificultam a atribuição de recursos para futuras conexões. A essa distribuição de trechos espectrais livres e ocupados, que possuem tamanhos bastante diferentes, dá-se o nome de fragmentação espectral [2]. Assim, esta situação ocorre após sucessivas solicitações para o estabelecimento e liberações de conexões entre clientes [3]. Neste estudo está sendo avaliado dois fatores que proporcionam a fragmentação do espectro das redes EON: a escolha da rota e a posição espectral que será atribuída à demanda solicitada. Para o primeiro fator, o algoritmo em pesquisa avalia uma determinada quantidade de rotas origem-destino, por meio do algoritmo de *Yen*, e em cada rota avalia o número de blocos espectrais livres e se pelo menos um bloco espectral livre da rota avaliada aceita a demanda. Quanto maior o número de blocos espectrais livres, maior a fragmentação espectral desta rota. O segundo fator, avalia a posição espectral que será atribuída para a demanda solicitada, que apresente uma diminuição no número de blocos espectrais livres, diminuindo a fragmentação espectral.

3. Resultados

Para a simulação foi utilizado o simulador de EONs, OfNetSim, desenvolvido pelo grupo de pesquisas do Laboratório de Comunicações Ópticas e sem Fio (LCOsF) da Universidade Federal do ABC (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 banda da Banda C (4,4 THz), dividida em *slots* com tamanho de 12,5 GHz, gerando um total de 352 *slots* ao longo da Banda C. A frequência das chegadas de requisições tem distribuição de Poisson, e os intervalos entre elas têm distribuição exponencial negativa de média 10 unidades temporais. Foram geradas 1×10^6 requisições de tráfego. As probabilidades de tráfego estão configuradas para seguir uma distribuição inversamente proporcional à largura de banda requerida, ou seja, $P_s = B_s^{-1} / \sum_{s=1}^S B_s^{-1}$, em que P_s é a probabilidade de tráfego do serviço de tipo s , que possui requisito de largura de banda B_s [4]. A topologia adotada foi a NSFNet, composta por 14 nós e 21 enlaces bidirecionais. A simulação envolveu o algoritmo em pesquisa neste trabalho, *Routing and Spectrum Assignment-Efficient* (RSA-E) comparado com o algoritmo *First Fit* (FF), o qual apresenta bons resultados de Qualidade de Serviço (QoS) e está presente em várias pesquisas da literatura científica. A simulação foi realizada com 1, 3 e 5 rotas distintas para cada par de nós origem-destino. Todos os resultados obtidos são analisados para a avaliação da EON em termos das métricas: Probabilidade de Bloqueio Total (PBt) e Utilização de Recursos da Rede (\bar{U}). Na Figura 1(a), o algoritmo RSA-E apresentou uma considerável redução da PBt para $ksp's = 3$ e 5 , e na Figura 1(b), o algoritmo RSA-E apresentou uma maior Utilização Total de Recursos da Rede (\bar{U}) para $ksp's = 3$ e 5 , todos comparados com o algoritmo RSA FF.

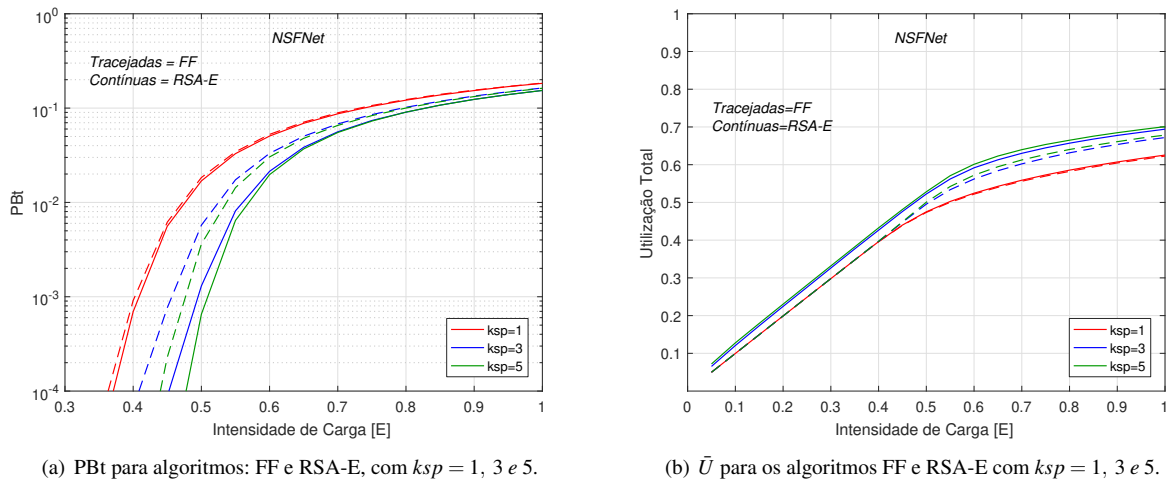


Figura 1. Resultados da PBt e \bar{U} para os Algoritmos FF e RSA-E

4. Conclusões

O algoritmo em pesquisa RSA-E distribui mais os serviços na EON. Esta característica garante uma diminuição dos trechos livres e ocupados do espectro óptico, melhorando os resultados da Probabilidade de Bloqueio Total (PBt) com uma maior Utilização de Recursos (\bar{U}) da rede EON. O algoritmo RSA-E apresentou uma melhora substancial no desempenho da EON, comparado com o algoritmo de menor caminho, FF, citado em várias pesquisas na literatura científica.

5. Referências

- [1] BONANI, L. H. et al., "On the Load Normalization in Elastic Optical Networks", 2019, 21st International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON), Angers, France, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICTON.2019.8840545.
- [2] BONANI, L. H. et al., "Network fragmentation measure in elastic optical networks", SBFoton Conference, SBFoton, 2019.
- [3] ZHANG, M. et al. "Bandwidth defragmentation in dynamic elastic optical networks with minimum traffic disruptions", IEEE International Conference on Communications (ICC), IEEE, p. 3094–3898, Jun 2013.
- [4] 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.