

ESTUDO, MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DE ALGORITMOS RWA-IA NA FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO TONETS

Alexandre Cardoso Fontinele (bolsista do PIBIC/CNPq), André Castelo Branco Soares (Orientador, Depto de Informática e Estatística – UFPI)

1. Introdução

Para atender a uma crescente demanda de tráfego com garantia de qualidade de serviço (QoS), tem sido desenvolvida uma nova geração de redes de transportes, denominada de redes ópticas, que é dividida em três tipos de redes ópticas: opacas, translúcidas e transparentes [1].

A tecnologia de Redes Ópticas Transparentes é baseada no uso da fibra óptica como meio de transmissão. Emprega a tecnologia *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) [2], capaz de dividir uma fibra em vários subcanais independentes, chamados de comprimentos de onda.

Para prover QoS a uma rede óptica existem dois principais desafios: projetar um apropriado algoritmo de roteamento e alocação de comprimento de onda (*Routing and Wavelength Assignment - RWA*) e obter uma relação aceitável de sinal ruído óptico (*Optical Signal Noise Ratio - OSNR*) para cada circuito óptico no nó destino [3], [4].

Vários elementos que compõem um sistema de transmissão WDM causam degradação a qualidade de um sinal óptico ao longo de sua rota devido a sua propagação, entre eles temos a multiplexação, demultiplexação, amplificação e comutação. Estas degradações podem ser classificadas em efeitos lineares e efeitos não-lineares [5].

Na literatura são apresentados modelos para se medir as degradações ao sinal óptico de um circuito óptico através de equações analíticas. Alguns modelos consideram a abordagem de degradação de OSNR e outros a abordagem do fator Q [6], [7]. Usando qualquer um desses modelos é possível modelar algoritmos tradicionais RWA, como Random Pick (RP), First Fit (FF), Most-Used (MU) e Least-Used (LU), considerando efeitos de camada física, ou seja, tornando-os RWA-IA (*Routing and Wavelength Assignment – Impairments Aware*) [7], [8]. Assim foram realizadas comparações entre esses algoritmos para demonstrar o desempenho dessa nova abordagem e avaliar a QoS.

A solução mais viável para a condução dos estudos em redes ópticas transparentes é o uso de técnicas de simulação. O TONetS [9] é uma ferramenta de simulação, que permite considerar conjuntamente diferentes algoritmos RWA, técnicas de sobrevivência, arquiteturas de conversão e diferenciação de serviços. O TONetS foi inicialmente projetado para tratar apenas de cenários de redes que não consideram as limitações de camada física.

Esse trabalho apresenta uma extensão da ferramenta de simulação TONetS, que tem o objetivo de viabilizar o estudo de redes ópticas com limitações de camada física, ou seja, realizar estudos com algoritmos RWA-IA.

O restante do trabalho está organizado da seguinte forma: A metodologia que foi adotada para desenvolver o projeto é apresentada na seção 2. Resultados e discussões são apresentados na seção 3 e a conclusão na seção 4.

2. Metodologia

Após um estudo conceitual sobre redes ópticas (AIC 1), receber treinamento inicial na área de avaliação de desempenho via simulação (AIC 2), estudar a ferramenta de simulação TONetS (AIC 3), caracteriza e modelar os principais algoritmos RWA-IA (AIC 4), elaborar e entregar o Relatório Parcial (AIC 5), foi iniciado o processo de implementação do módulo para simulação de redes ópticas com limitações de camada física na ferramenta (AIC 6).

O módulo está sendo validado comparando os resultados obtidos pela ferramenta de simulação TONetS com resultados apresentados por outros trabalhos que abordam o cenário de redes ópticas com limitações de camada física.

As atividades AIC 7 (Escrever artigo científico para divulgação dos principais resultados do projeto) e AIC 8 (Elaboração do Relatório Final) foram desenvolvidas com sucesso e dentro do cronograma definido.

3. Resultados e Discussão

Para validar a implementação do módulo de efeitos de camada física na ferramenta TONetS foi desenvolvido um estudo de desempenho, via simulação, de uma rede óptica em que seus dispositivos (transmissor, switch, multiplexador, demultiplexador, amplificador, fibra e receptor) apresentavam parâmetros de camada física.

O cenário considerado é caracterizado pelo uso da topologia rede similar a NSFnet, mas com diferentes distâncias [8], formada por enlaces bidirecionais com 36 comprimentos de onda em cada sentido. O algoritmo de roteamento utilizado foi o de menor caminho, Dijkstra, e os algoritmos de alocação de comprimento de onda avaliados foram o First Fit (FF), Random (R), First Fit-IA (FF-IA) e Random-IA (R-IA). Os algoritmos FF-IA e R-IA foram modelados baseados em [7]. A rede óptica avaliada não possui a capacidade de conversão de comprimento de onda. Outras características da camada física da rede que foram usadas nas simulações são às mesmas apresentadas em [8].

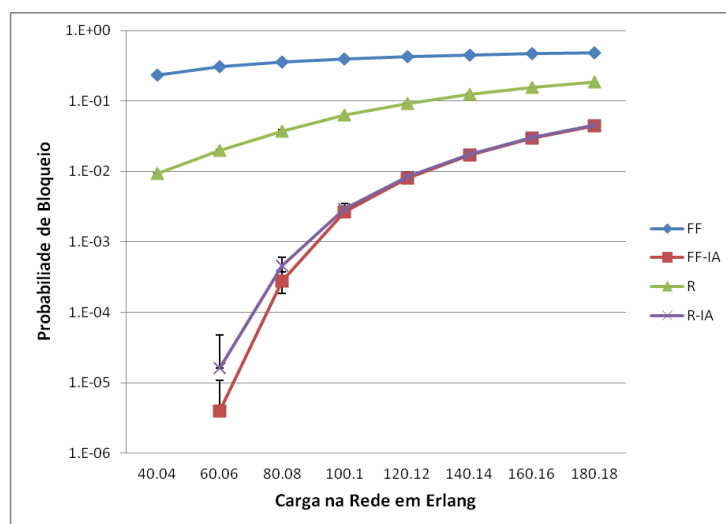


Figura 1. Probabilidade de bloqueio em função da carga na rede para os quatro algoritmos estudados.

O desempenho dos algoritmos First Fit e Random foram inferiores, respectivamente, aos algoritmos First Fit-IA e Random-IA, suas versões considerando limitações de camada física, como pode ser observado na Figura 1. Isto ocorreu porque os algoritmos que não consideram as limitações

de camada física acabam, cedo ou tarde, por escolher comprimentos de onda que estão mais sujeitos a sofrerem mais degradações ao seu OSNR, levando a uma maior probabilidade de bloqueio. Enquanto que os algoritmos que consideram as limitações de camada física, FF-IA e R-IA, tendem a buscar comprimentos de onda que maximizam a escolha de um melhor OSNR, por isso suas probabilidades de bloqueios são bem próximas.

4. Conclusões

Com o desenvolvimento do projeto “**Estudo, Modelagem e Implementação de Algoritmos RWA-IA na Ferramenta de Simulação TONetS**” foi possível estender a ferramenta de simulação TONetS com o desenvolvimento de um módulo que permite realizar experimentos computacionais com cenários de redes ópticas considerando as limitações de camada física.

Como trabalhos futuros, pretende-se fazer estudos dos impactos das limitações de camada física nas estratégias de sobrevivências em redes ópticas [10].

Apoio: PIBIC. CNPq. UFPI.

Referências Bibliográficas

- [1] Azodolmolky, S.; Perelló, J.; Angelou, M.; Agraz, F.; Velasco, L.; Spadaro, S.; Pointurier, Y.; Francescon, A.; Saradhi, C.V.; Kokkinos, P.; Varvarigos, E.; Al Zahr, S.; Gagnaire, M.; Gunkel, M.; Klondis, D.; Tomkos, I., (2011) “Experimental Demonstration of an Impairment Aware Network Planning and Operation Tool for Transparent/Translucent Optical Networks”, *IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology*, vol. 29.
- [2] J. R. de Almeida Amazonas, (2005) *Projeto de Sistemas de Comunicações Ópticas*, 1st ed. Manole.
- [3] Mukherjee, B., (2000) “WDM Optical Communication Networks: Progress and Challenges,” *Journal of Selected Areas in Communications*, vol. 18, no. 10, pp. 1810–1824.
- [4] O’Mahony, M. J.; Politi, C.; Klondis, D.; Nejabati, R.; D. Simeonidou; (2006) “Future Optical Networks,” *Journal of Lightwave Technology*, vol. 24, no. 12, pp. 4684–4696.
- [5] Gagnaire, M.; Zahr, S., (2009) “Impairment-Aware Routing and Wavelength Assignment in Translucent Networks: State of the Art”. *Journal IEEE Communications Magazine archive*, vol. 47, issue 5, pages 55-61.
- [6] Pereira, H.; Chaves, D.; Bastos-Filho, C.; Martins-Filho, J., (2008) “OSNR Model to Consider Physical Layer Impairments in Transparent Optical Networks”, *Photonic Network Communications*, vol. 18, issue 2, pages 137-149.
- [7] Deng, T., Subramaniam, S. and Xu, J. (2004) “Crosstalk-aware Wavelength Assignment in Dynamic Wavelength-routed Optical Networks”, *IEEE BROADNETS*, pages 140- 149.
- [8] Carmelo J. A. Bastos-Filho; Daniel A. R. Chaves; Felipe S. F. e Silva; Helder A. Pereira; and Joaquim F. Martins-Filho, (2011) “Wavelength Assignment for Physical-Layer-Impaired Optical Networks Using Evolutionary Computation”, *Journal of Optical Communications and Networking*, Vol. 3, No. 3.
- [9] A. C. B. Soares, G. M. Durães, W. Giozza e P. Cunha, (2008) “TONetS: Ferramenta para Avaliação de Desempenho de Redes Ópticas Transparentes” in VII Salão de Ferramentas do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores - SBRC.
- [10] A. Soares, (2009) “Uma Metodologia para Planejamento de Redes de Circuitos Ópticos Transparentes e Dinâmicos com Garantia de Qualidade de Serviço,” Tese de Doutorado, Cin-UFPE.

Palavras-chave: Redes Ópticas Transparentes. Camada Física. Simulação.