

CONSUMO DE ENERGIA EM REDES ÓPTICAS: ESTUDO DE CASO DAS REDES ÓPTICAS DAS CIDADES DE ACARAPE E REDENÇÃO

Francisco De Assis Barroso Sousa Filho¹
Herman Santiago Da Silva Lourencio Pereira²
Sabi Yari Moïse Bandiri³

RESUMO

Neste projeto foi projetado uma nova topologia de redes ópticas baseada nos distritos das cidades de Acarape e Redenção no estado do Ceará usando mapas digitais, como o Google Maps, como base para cálculo das distâncias diretas entre distritos utilizando da plataforma online *pt.distance.to* e para construção da topologia utilizando a plataforma *Draw.io*. Em primeiro lugar foi consultado fontes bibliográficas, artigos e textos anteriores sobre redes ópticas elásticas. Após dimensionar a rede, o consumo de energia foi calculado por meio do “algoritmo de força bruta”. O algoritmo proposto é denominado como *power consumption force brute algorithm* (PC-BFA). O código computacional para efetuação das simulações necessárias foi desenvolvido na linguagem de programação de software livre Python 3. Os resultados numéricos resultantes das várias simulações foram plotados em gráficos, tabelas, analisados utilizando das ferramentas Excel e Origin e comparados com as técnicas tradicionais usadas na literatura. Em todos os cenários a proposta introduzida neste trabalho superou as técnicas tradicionais.

Palavras-chave: Redes Ópticas Elásticas; Consumo de Energia; Topologia de Redes.

UNILAB, IEDS, Discente, barroso.assis.francisco@gmail.com¹
EEEP Adolfo Ferreira de Sousa, IEDS, Discente, hermanloure21@gmail.com²
UNILAB, IEDS, Docente, bandiri@unilab.edu.br³

INTRODUÇÃO

As redes ópticas elásticas são uma das mais promissoras soluções para a crescente demanda ao longo dos anos de usuários de todos os tipos de serviço de internet, devido a aspectos como grandes taxas de transmissão, pouca perda de informação, imunidade a interferências eletromagnéticas e etc. As redes ópticas elásticas mostram um grande avanço comparado às redes tradicionais nas tecnologias de telecomunicações e redes de computadores. O relatório da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico revelou que durante a situação de emergência sanitária COVID-19, o uso de internet teve um aumento de 120% no tráfego de videoconferências e 30% de aumento em jogos online e o mesmo em serviços em cloud [1,2]. Apesar das grandes vantagens, o potencial de consumo permanece crucial e determinante da permanência em um limiar adequado. Este projeto de iniciação científica júnior visa introduzir uma nova forma de minimizar o consumo de energia nas redes ópticas elásticas através dos algoritmos de força bruta, que consiste em milhares de tentativas aleatórias com objetivo de alcançar o resultado com a melhor eficiência energética, QoS e etc.

As conexões de fibra óptica é uma das soluções para o crescimento da demanda de usuários de diferentes tipos de serviços. O uso da conexão de fibra óptica é justificada por vários benefícios que são oferecidos em relação a outras tecnologias, junto a isso podemos mencionar a grande capacidade de transmissão, pouca perda de sinal, imunidade a interferências eletromagnéticas, etc. Apesar disso, possui algumas limitações que afetam sua eficácia. O advento das Redes Ópticas Elásticas (EONs) foi revolucionário em redes ópticas significativamente incrementando a eficiência de redes ópticas tradicionais baseado em Multiplexação Densa de Comprimento de Onda (WDM) e abordou as desvantagens do WDM. De outro ponto de vista, WDM sofre de uma alocação estática de recursos para os recursos ópticos, i.e., os comprimentos de onda separados por 50 ou 100 Ghz. Isso ocorre enquanto o espectro nas EONs são divididos em granulações de largura de banda mais finas, chamados de Frequência de Slots (FSs), com o tamanho de 12.5 ou então 6.25 Ghz. Nesse contexto, a EON atribui subcanais e supercanais que fazem pedidos baseados em suas necessidades. Por outro lado, EON provê uma alta taxa de transmissão de dados e formatos de modulação flexíveis baseados nas necessidades da rede. Com este fato, os recursos são eficientemente alocados para as requisições recebidas e recursos desperdiçados são evitados [3].

O potencial de consumo pode ser reduzido, contanto que a performance de QoS continue com o Acordo de Nível de Serviço (SLA), uma das metas deste projeto. Por meio do algoritmo de força bruta, todos os caminhos de rota óptica são escolhidos de acordo com seu poder de consumo por metro, diferentemente das propostas em artigos anteriores em que os caminhos de rota óptica são escolhidos de acordo com a distância física. Os caminhos das rotas ópticas têm um nó incomum com outro com outro caminho de rota óptica. Assim, a consistência da rede é garantida contra falhas. Adicionalmente, o formato de modulação é alocado dinamicamente. Uma nova topologia é introduzida considerando as cidades de Acarape e Redenção, no estado do Ceará no Brasil.

METODOLOGIA

Em primeiro lugar foi realizada uma pesquisa a partir de método hipotético-dedutivo, com abordagem de viés qualitativo e técnica de pesquisa bibliográfica, tendo como base nos trabalhos acadêmicos, artigos científicos, livros e revistas. A coleta dessas informações foram baseadas nas fontes primárias que se caracterizam por materiais originais, mas principalmente nas fontes secundárias que representam os trabalhos baseados na fonte primária através de citações, interpretações ou revisões dos trabalhos autorais. A pesquisa bibliográfica

consiste em entender as redes ópticas elásticas, consumo de energia nas mesmas e todos os cálculos envolvidos. O mapeamento das comunidades em uma topologia de rede foi realizado usando Google Maps, a ferramenta Draw.io além da plataforma <https://pt.distance.to> para traçar as linhas retas e calcular as distâncias entre as comunidades. Tais cálculos foram feitos usando a Fórmula de Haversine que considera a longitude, latitude e raio da esfera entre dois pontos. O algoritmo do fluxograma desenvolvido foi implementado usando a ferramenta computacional Draw.io. Por fim, o software livre Python foi utilizado para implementar os códigos das simulações e os gráficos plotados no Excel e Origin (na versão de teste).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar o quão eficiente é o algoritmo AM-EE proposto, extensas simulações foram realizadas usando a topologia da rede de Acarape - Redenção, como mostrado na Fig 1. Redenção e Acarape são municípios brasileiros no estado do Ceará. Eles estão localizados a uma altura de 88 metros acima do nível do mar e a 55 km de Fortaleza. Faz parte do polo da serra de Guaramiranga. A topologia é feita seguindo o mapa geográfico da região. A topologia da rede é composta por 35 nós e 70 ligações bidirecionais. Os nós representam comunidades diferentes, distritos e centros urbanos das cidades mencionadas. As ligações representam os caminhos que interligam as diferentes regiões. Os números entre as cidades representam a distância física em quilômetros. Implantamos a topologia de rede considerando que a fibra óptica deve atravessar todas as comunidades de ambas as cidades. Para estabelecer uma conexão, dois nós são escolhidos, um como nó de origem e o outro como nó de destino. Para atender os requisitos da qualidade de serviço e de transmissão, a alocação do formato de modulação nos caminhos ópticos é feita dinamicamente de acordo com a distância física. Por exemplo, para distância física entre 314km a 640km a modulação 16QAM deve ser adotada enquanto para distância física maior ou igual a 1700km é alocado BPSK. A Tabela I resume a alocação dos formatos de modulação de acordo com seus alcances máximos de distância [4]. Este processo de alocação flexível melhora a eficiência espectral e consequentemente o consumo de energia como mostrado pelos resultados.

Para uma análise realística, a distância física entre os pares de nós é multiplicada por cem (100). Para criar um cenário dinâmico, as solicitações de conexão chega uma a uma, seguindo o processo de poisson, com uma taxa média de chegada λ . O tempo de espera é atribuído exponencialmente negativo.

Fig. 2. Mostra o consumo de energia em função do número de solicitações de conexão onde consideramos ambas as técnicas tradicionais (com correções de modulação e referida como M-STATIC) e o PB-BFA (formato de modulação variável). Podemos ver que o consumo de energia diminuiu por adaptar o formato de modulação, um dos objetivos do nosso algoritmo PC-BFA.

Fig. 3. Destaca o consumo de energia por largura de banda, no qual três rotas diferentes foram consideradas. A Tabela II resume as três rotas mostrando o nó de origem, o nó de destino e suas distâncias físicas. Para cada rota, tanto a modulação estática, quanto a variável foram consideradas. Podemos notar que o consumo energético aumenta em todos os cenários pelo crescimento da largura de banda. Apesar disso, o consumo energético é menor quando o algoritmo proposto é implementado. Isso pode ser explicado pela introdução do algoritmo proposto de melhores condições, alocando a largura de banda necessária e o formato de modulação M.

CONCLUSÕES

Uma nova abordagem para melhorar o consumo de energia em redes ópticas elásticas, foi a proposta do projeto. A proposta é mencionada como Consumo Energético do Algoritmo de Força Bruta (PC-BFA). O desempenho do algoritmo PC-BFA, foi avaliado em termos de consumo de energia como função das solicitações de conexão, e do uso pela largura de banda disponível. Os resultados foram comparados com o caso tradicional em que o formato de modulação é estático, e, em todos os cenários, nosso PC-BFA proposto, supera.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é apoiado pela CAPES, CNPq e UNILAB.

REFERÊNCIAS

- [1] OECD (2020), "Keeping the Internet up and running in times of crisis", OECD, Paris, [https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=130_130768-5vgoglwsy&title=Keeping-the-Internet up-and-running-in-times-of-crisis](https://read.oecd-ilibrary.org/view/?ref=130_130768-5vgoglwsy&title=Keeping-the-Internet-up-and-running-in-times-of-crisis).
- [2] S. Vishnu and S. R. Jino Ramson, "An Internet of Things Paradigm: Pandemic Management (incl. COVID-19)," 2021 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS), 2021, pp. 1371-1375, doi: 10.1109/ICAIS50930.2021.9395966.
- [3] Abkenar, F.S., Rahbar, A.G.: Study and analysis of routing and spectrum allocation (RSA) and routing, modulation and spectrum allocation (RMSA) Algorithms in elastic optical networks (EONs). Optical Switching Netw. (OSN) 23, 5 (2017).
- [4] [1] F. Vacondio, A. El Falou, A. Voicila, C. Le Bouëtté, J.-M. Tanguy, C. Simonneau, E. Dutisseuil, J.-L. Pamart, L. Schoch, and O. Rival, "RealTime Elastic Coherent Muxponder Enabling Energy Proportional Optical Transport," in Proc. IEEE/OSA OFC 2013, paper JTh2A.51