

Proposta de Rede Totalmente Óptica para o Estado do Amazonas

Valdenir S. Silva, Rodrigo C. de Freitas

Resumo— Neste artigo é proposta uma topologia de rede totalmente óptica para o Estado do Amazonas, bem como é feita uma análise de sua robustez, por meio da avaliação da métrica de probabilidade de bloqueio e das penalidades físicas e degradações impostas ao sinal óptico, a partir de simulação computacional considerando o algoritmo de menor distância.

Palavras-Chave— Sobrevivência, Redes Ópticas, Amazonas.

Abstract— In this paper we propose an all-optical network topology for the Amazonas State, as well as an analysis of its robustness through the evaluation of the block probability and the physical impairments and degradations imposed on the optical signal, from computational simulation taking into account the shortest path algorithm.

Keywords— Survivability, Optical Networks, Amazon.

I. INTRODUÇÃO

Seguindo uma tendência global de comunicação – de extrema conectividade – a Região Amazônica, de modo particular o Estado do Amazonas, está cada vez mais exigente e dependente dos serviços oriundos da Internet. Entretanto, em razão de sua dimensão continental, de suas distâncias geográficas dos principais centros econômicos e tecnológicos do país e de suas características de relevo (floresta densa e muitos rios), o nível de acesso à comunicação de alta capacidade é um dos piores do Brasil. Segundo pesquisa divulgada em 2015, pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), o Estado do Amazonas possui a quinta pior taxa de transmissão de dados, dentre os estados brasileiros. Serviços considerados triviais, como o envio / recepção de uma mensagem eletrônica e o acesso a uma página web são impraticáveis em determinadas localidades do Estado [1, 2, 3].

Neste estudo é proposta uma topologia de rede totalmente óptica que interconecta municípios do Estado do Amazonas. A avaliação de sua robustez é realizada a partir da obtenção da métrica de probabilidade de bloqueio, considerando penalidades da camada física para obtenção de um caminho óptico que apresente uma relação sinal-ruído óptico aceitável. O modelo analítico utilizado considera os efeitos de saturação de ganho e emissão espontânea amplificada (*amplified spontaneous emission – ASE*) dos amplificadores, *crosstalk* coerente em *switches* ópticos, mistura de quatro ondas (*four wave mixing – FWM*), dispersão por modo de polarização (*polarization mode dispersion – PMD*) e dispersão residual em fibras ópticas, representando as penalidades físicas que causam degradação da *QoT* nos sinais ópticos [4]. Esses efeitos são considerados todos juntos e usam equações analíticas simples obtidas de

comportamentos experimentais ou fundamentais bem conhecidos de dispositivos de redes ópticas.

O restante deste artigo está organizado da seguinte maneira: na Seção II são apresentados conceitos fundamentais e principais desafios em redes totalmente ópticas. Na Seção III é introduzida a nova topologia de rede óptica, denominada Amazonas. Na Seção IV são apresentados os resultados parciais. Na Seção V são apresentadas as conclusões parciais.

II. REDES TOTALMENTE ÓPTICAS E SEUS PRINCIPAIS DESAFIOS

Uma rede totalmente óptica é tida como solução ideal para obtenção de altas taxas de transmissão. Entretanto, um desafio importante se apresenta: escolher um algoritmo que consiga escolher obter um caminho óptico (roteamento + comprimento de onda) com qualidade de transmissão aceitável.

A. Roteamento

O roteamento visa estabelecer um conjunto de enlaces pertencentes à uma topologia de rede, constituindo uma rota que interconecte dois nós – um origem e um destino – que necessitam estabelecer uma comunicação. Além disso, para esta escolha, devem ser avaliados determinados custos, como por exemplo: a rota mais curta, ou a rota com menor congestionamento, ou a rota com menor quantidade de saltos entre nós, dentre outros. Na Figura 1 é exemplificada a situação em que a rota para estabelecimento da comunicação entre o nó-origem “s” e o nó-destino “d” é obtida considerando o custo de menor congestionamento e não o curso de menor distância [5].

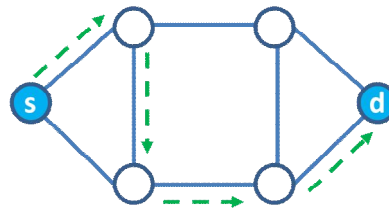


Fig. 1. O nó “s” estabelece comunicação com o nó “d” a partir de uma rota com menor congestionamento e não pelo menor caminho.

B. Atribuição de comprimento de onda

Como visto na subseção anterior, quando uma comunicação é solicitada à rede óptica, deve-se estabelecer uma rota entre os nós origem e destino. Porém, em uma rede

WDM¹ é indispensável a definição de um comprimento de onda (canal) para que a chamada seja efetivamente estabelecida. O algoritmo que define qual comprimento de onda será utilizado é chamado de algoritmo de atribuição de comprimento de onda. Dentre os principais, listam-se: atribuição aleatória, *first fit*, comprimento de onda menos usado e comprimento de onda mais usado [5].

III. PROPOSTA DE TOPOLOGIA DE REDE ÓPTICA PARA O ESTADO DO AMAZONAS

Neste estudo é proposta uma topologia de rede óptica que interliga os seguintes municípios do Estado do Amazonas: Manaus, Itacoatiara, Parintins, Barcelos, São Gabriel da Cachoeira, Coari, Tefé, São Paulo de Olivença, Benjamin Constant, Jutai, Manicoré e Humaitá.

Para a escolha destes municípios foram consideradas duas características: 1) que o município estivesse ao longo da calha de algum rio navegável; 2) que a distância fluvial entre um município e outro não ultrapassasse mil quilômetros.

Como já mencionado, a avaliação de robustez da topologia proposta é realizada pela métrica de probabilidade de bloqueio, considerando as seguintes penalidades da camada física: ASE, *crosstalk*, FWM, PMD e dispersão residual em fibras ópticas, representando as penalidades físicas que causam degradação da QoT nos sinais ópticos [4].

Na Figura 2 é apresentada a topologia proposta neste estudo, denominada Amazonas.

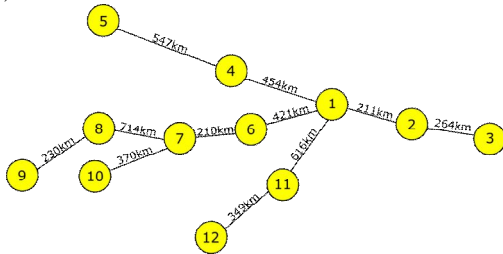


Fig. 2. Topologia Amazonas.

IV. RESULTADOS PARCIAIS

Na Figura 3 são apresentados os resultados iniciais da avaliação de robustez da topologia Amazonas.

O algoritmo de roteamento utilizado foi o *shortest path* (SP) (menor caminho), cuja função-peso considera a menor distância entre os nós origem e destino da rota. E para alocação de comprimento de onda utilizou-se o algoritmo *first fit*, no qual os comprimentos de onda são numerados sequencialmente. No instante em que ocorre a solicitação de conexão, o algoritmo tenta alocar o primeiro comprimento de onda da lista. Caso este já esteja em uso, o segundo comprimento de onda da lista é tentado e assim, sucessivamente, até que um canal esteja livre.

A probabilidade de bloqueio (PB), que é a razão entre a quantidade de chamadas perdidas e a quantidade de chamadas requisitadas, é avaliada para cargas de rede entre 10 e 100 erlang. É possível observar que a probabilidade de bloqueio varia ao longo de cinco ordens de grandeza. Para

cargas entre 10 e 25 erlang, a PB é da ordem de 10^{-5} chamadas. Para cargas entre 30 e 40 erlang, a PB é da ordem de 10^{-4} chamadas. Para cargas entre 45 e 60 erlang, a PB é da ordem de 10^{-3} chamadas. Para cargas entre 65 e 85 erlang, a PB é da ordem de 10^{-2} chamadas. Para cargas entre 90 e 100 erlang, a PB é da ordem de 10^{-1} chamadas.

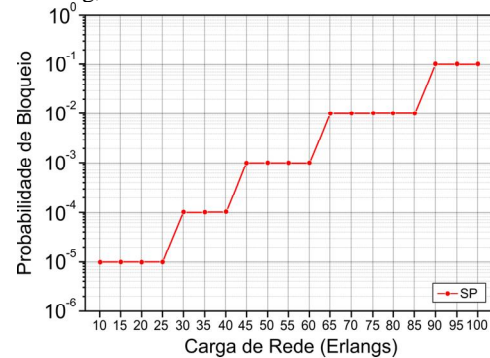


Fig. 3. Avaliação de robustez da topologia Amazonas considerando a métrica de probabilidade de bloqueio versus carga da rede.

V. CONCLUSÕES PARCIAIS

Pelos resultados de bloqueio de chamadas apresentados neste trabalho, é possível concluir que a proposta de topologia apresentada é viável, alcançando resultados equivalentes aos de infraestruturas reais. Entretanto, deve-se, ainda, avaliar sua robustez considerando outros algoritmos de roteamento, bem como sua capacidade de resiliência quanto à ocorrência de falhas.

REFERÊNCIAS

- [1] Ramaswami, R., Sivarajan, K. N., Sasaki, G. H. (2010) "Optical Networks: A Practical Perspective", 3ª ed. Morgan Kaufmann.
- [2] Pinheiro, J. M. S. (2005) "Cabeamento Óptico", 1ª ed. Campus.
- [3] Grenn, P. (2001) "Progress in Optical Networking", IEEE Communications Magazine, v. 39, n. 1, p. 54–61, Janeiro 2001.
- [4] Pereira, H. A., Chaves, D. A. R., Bastos-Filho, C. J. A., Martins-Filgo, J. F. (2008) "OSNR Model to Consider Physical Layer Impairments in Transparent Optical Networks, Photonics Network Communications, v. 18, n. 2, p. 137–148.
- [5] Mukherjee, B. (2006) "Optical WDM Networks", 1ª ed., Optical Networks Series. Springer.

¹ WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) – Multiplexação por Divisão em Comprimento de Onda. Com o uso dessa tecnologia vários comprimentos de onda podem trafegar simultaneamente na fibra óptica, cada um carregando uma informação diferente.