

Ferramenta para Projetos de Topologia Virtual em Redes Ópticas

Micael L. Conceição¹, Nilmar de Souza¹, José Valentim dos Santos Filho¹, Karcus D.R. Assis²

¹Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC)

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

Campus de Cruz das Almas – CEP 44.380-000 – Cruz das Almas – BA –Brasil

²Escola Politécnica

Universidade Federal da Bahia(UFBA)

Rua Aristides Novis, 02–Federação–CEP 40.210-630 –Salvador-BA -Brasil

E-mail: micael.ufrb@gmail.com, nilmarufrb@gmail.com,
valentim@ufrb.edu.br, karcus.assis@ufba.br

Resumo. Devido à grande quantidade de informações geradas e ao volume de dados transferidos na Internet, a tecnologia totalmente óptica, através da multiplexagem por divisão de comprimento de onda e cross-connects ópticos, são fortes candidatos a soluções na futura operação de redes. No entanto, quando uma rede óptica é projetada devemos propor soluções que atendam toda a demanda de tráfego, minimizando a utilização de seus recursos. Este trabalho propõe uma ferramenta, chamada Virtual Topology Design Simulator (VTDS), para soluções de alocação de recursos em redes ópticas.

Palavras chaves. Simulação, Tecnologia da Informação, Metaheurística.

1. Introdução

A tecnologia WDM (*Wavelength Division Multiplexing*) proporciona um melhor aproveitamento da capacidade de transmissão das fibras ópticas, possibilitando a transmissão de diversos comprimentos de onda, de forma simultânea, em uma mesma fibra. Dessa forma, com o uso da tecnologia WDM, é possível atender uma maior demanda de tráfego [Assis, Waldman *etal*, 2005].

Para o estabelecimento de uma conexão entre dois nós de uma rede óptica WDM, faz-se necessário definir os caminhos ópticos por onde o tráfego será encaminhado, alocando os recursos indispensáveis para o estabelecimento desta conexão [Ramaswami *etal*, 1998], [Zang *etal*, 2000], [Banerjee *etal*, 1996].

No projeto de uma rede WDM, deve-se pensar em soluções (caminhos ópticos) que atendam toda a demanda de tráfego da rede, minimizando a utilização de seus recursos (quantidade de comprimentos de onda, portas etc). Estas medidas tornam-se necessárias para que a rede conserve recursos suficientes, que a possibilitem evoluir e se adaptar satisfatoriamente a demandas futuras e imprevistas [Cruz *etal*, 2009, Assis *etal*, 2009]. Como forma de auxílio neste planejamento, a literatura apresenta meta-heurísticas, por exemplo, *Simulated Annealing*, *Tabu Search* e HLDA (*Heuristic Logical Topology Design*), com o objetivo de encontrar a melhor solução para o tradicional problema de Projeto da Topologia Virtual (VTD- *Virtual Topology Design*) e Roteamento e

Alocação de Comprimentos de Onda (RWA – *Routing and Wavelength Assignment*) levando-se em conta a preservação da capacidade da rede.

Neste artigo é proposto o desenvolvimento de um simulador de topologia virtual em redes ópticas. O objetivo final é desenvolver um simulador que ofereça ao usuário a opção de escolher entre diversas heurísticas disponíveis na literatura. No entanto, nesta versão inicial foi implementada apenas a heurística HLDA.

A motivação para aplicar a estratégia proposta é a limitação de recursos que o projetista de rede pode ter que obedecer ou a disponibilidade de recursos que o projetista pode ter que reservar para alocar demandas futuras. O VTD é um problema NP [Reeves *etal*, 1993]; o desenvolvimento de heurísticas é fundamental para solucionar grandes instâncias deste problema; que seria o ideal para redes reais.

O simulador desenvolvido é importante para um estudo inicial de redes ópticas; ajudando o aluno a ter uma visão, através de interface gráfica, de uma maneira amigável e validada com estudos teóricos. A partir dos caminhos virtuais gerados pelo simulador, outros estudos de redes ópticas podem ser realizados; como o roteamento desses caminhos ópticos por uma topologia física (que pode ser feito pelo algoritmo do caminho mais curto) ou a alocação de comprimento de onda para esses caminhos ópticos (que seria equivalente a um problema de coloração de grafos).

2. Conceitos Básicos: Topologia Física e Topologia Virtual

Ao projetar uma rede óptica WDM é necessário definir os caminhos ópticos por onde o tráfego (geralmente medido em Gb/s) será encaminhado, através do projeto da topologia virtual [Ramaswami *eta*, 1998]. Posteriormente, o RWA deve ser resolvido, ou seja, esses caminhos ópticos devem ser roteados por uma topologia física, assim como, comprimentos de onda devem ser alocados de forma adequada.

A Figura 1 mostra uma arquitetura de uma rede óptica simples, formando uma topologia física, com os nós (comutadores), numerados de 1 a 6 e interconectados através de enlaces (fibras ópticas) bidirecionais.

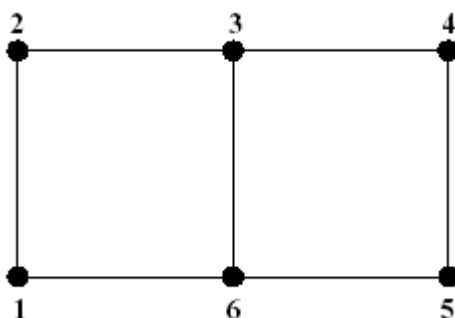


Figura 1. Topologia Física.

O projeto de topologia virtual envolve a definição dos caminhos virtuais para o encaminhamento dos dados entre um par de conexões (fonte e destino). Todos os nós da rede se comunicam através dos caminhos virtuais. Se um comutador não estiver conectado diretamente (conectado virtualmente) com o nó destino, então os dados serão conduzidos por várias rotas virtuais até chegarem ao seu destino. Pode-se visualizar isto

na Figura 2, onde, se o nó 6 não tiver uma conexão (caminho virtual) para o nó 1, mesmo estando conectados fisicamente (Figura 1), ele terá que passar por dois caminhos virtuais: de 6 para 3 e de 3 para 1. A quantidade de caminhos ópticos utilizados, também é chamada de saltos (hops) virtuais. No exemplo anterior, houve a utilização de dois caminhos 6-3 e 3-1, então dizemos que ocorreram dois saltos virtuais.

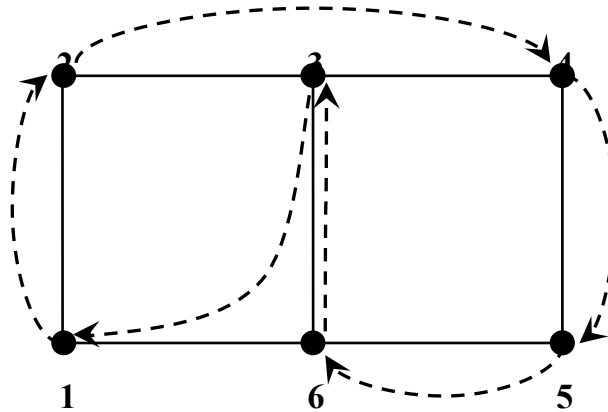


Figura 2. Topologia Virtual.

Após o estabelecimento dos caminhos virtuais o RWA deve ser resolvido, obedecendo a restrição de que comprimentos de ondas semelhantes não podem ser alocados em caminhos ópticos que passam por um mesmo *link* físico. Para o exemplo da Figura 2 um possível RWA é mostrado na Tabela I abaixo. Nota-se que só foi necessário o uso de um comprimento de onda para resolver o RWA.

Tabela 1. Possível RWA para a topologia virtual da Figura 2.

CAMINHO VIRTUAL	ROTA FÍSICA	COMPRIMENTO DE ONDA
1-2	1-2	1
2-4	2-3-4	1
3-1	3-6-1	1
4-5	4-5	1
5-6	5-6	1
6-3	6-3	1

3. Desenvolvimento do Simulador

O VTDS (*Virtual Topology Design Simulator*) é um aplicativo escrito em linguagem Java, cuja finalidade é simplificar o desenvolvimento de projetos de topologias virtuais em rede ópticas, utilizando interfaces gráficas com suporte às funcionalidades comumente necessárias como: suporte a mapas; inserção de componentes de entrada do planejamento da rede (roteadores, *links* físicos e matriz de tráfego); tendo como saída os caminhos ópticos ou virtuais.

3.1 Heurística HLDA

O HLDA (*Heuristic Logical Topology Design*) tenta estabelecer caminhos ópticos entre os pares fonte-destino com maiores valores de tráfego, e é sujeita a restrição do grau virtual (número de caminhos virtuais que pode ser emitido ou recebido por cada nó).

Nós decidimos usar o HLDA porque ela é uma heurística clássica na literatura (ver [Ramaswami *eta*, 1998], para uma explicação detalhada da heurística.

3.2 O Simulador

A seguir apresentamos o VTDS com sua tela inicial (Figura 3) e um exemplo de projeto de rede com uma matriz de tráfego 6x6. Os caminhos virtuais gerados são mostrados na Figura 4. Observe que o simulador permite: 1) Definir o tamanho da matriz de tráfego com distribuição entre 0 e 1, indicando a capacidade de fluxo entre nós da rede (menu *file*) gerar uma nova matriz (botão *nova matriz*), randômica ou editada, 2) definir o grau virtual da rede (campo *grau virtual*) e 3) processar o algoritmo (botão *processar*), no caso o HLDA.



Figura 3. Tela Inicial do VTDS

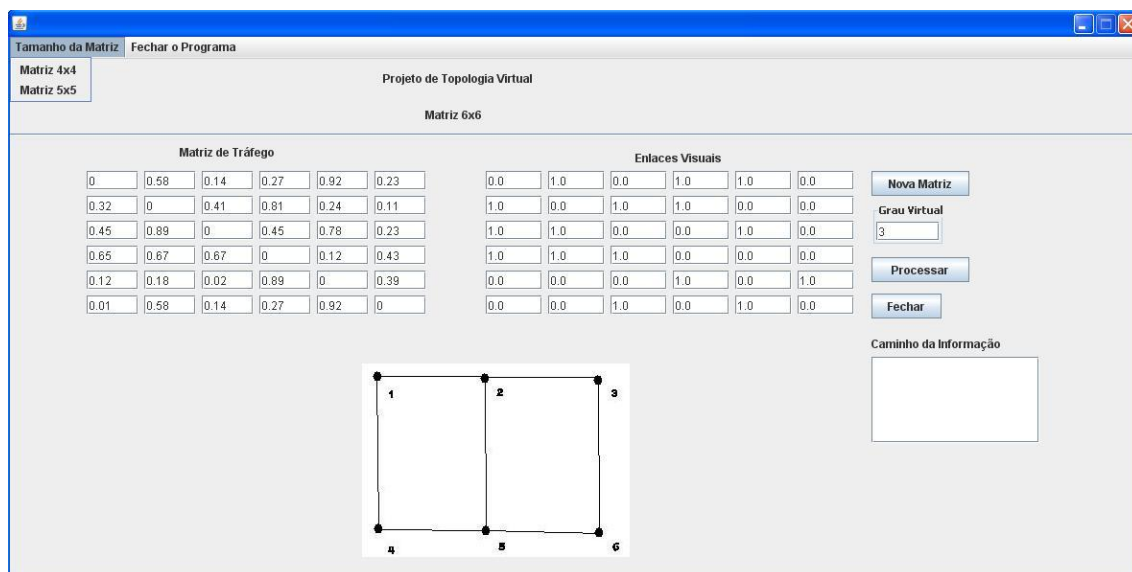


Figura 4. Exemplo da geração da topologia virtual de grau 2 no VTDS, para uma matriz de entrada de tráfego 6x6 gerada randômicamente

4. Conclusões

Diante do exposto, podemos concluir que o simulador apresentado é uma ferramenta útil para os planejadores de redes ópticas. Sua interface gráfica amigável proporciona uma boa alternativa para colocar, acrescentar ou mudar parâmetros da rede no projeto de topologias virtuais; o que é de suma importância para alunos iniciantes no tema ou futuros desenvolvedores de redes ópticas comerciais. Nesse trabalho, apresentamos apenas a heurística HLDA, mas um simulador com mais heurísticas está sendo desenvolvido e será apresentado em um próximo trabalho.

5. Agradecimentos

Este trabalho é financiado pela FAPESB e CNPq.

6. Referencias

- Assis, K.D.R., M.S.Savasini and H. Waldman (2009) "How many lightpaths we need today and how many lightapths we will need tomorrow", Journal of Optical Communications, vol. 2. Schiele & Schoen (to appear).
- Assis, K.D.R., WALDMAN, Hélio ; GIOZZA, William. (2005) "Optical Networks: A Complete Design" IEEE ComSoc/SBrT Special Joint Issue. Journal of communication and information systems, v. 20, p. 81-95.

- K. C. Cruz, K.D.R. Assis, (2009) “Heurísticas para o Planejamento de Redes Ópticas em Função da Incerteza da Demanda de Tráfego” XLI SBPO, Porto Seguro. Anais do XLI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2009. v. 1. p. 1-9.
- Ramaswami, R. e Sivarajan, K.N. (1998) “Optical Networks: a Practical Perspective”, Morgan Kaumann Publishers, ISBN 1-55860-445-6, San Francisco, USA.
- Zang, H., Jue, J.P. and Mukherjee, B. (2000) “A Review of Routing and Wavelength-Routed Optical WDM Networks”, Optical Networks, Vol. 1, pp. 47-60, Janeiro.
- C.R. Reeves, “Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems” Blackwell Sci. Publ., 1993.