

Instructions for Authors of SBC Conferences Papers and Abstracts

Diego M. A. Lütke

Escola Politécnica – Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR)

diegolutke@hotmail.com

Resumo. *O presente artigo desenvolve um algoritmo de roteamento em redes ópticas para encontrar o caminho físico entre dois pontos (A e B). A proposta utiliza o algoritmo de Dijkstra aplicado a uma topologia de rede óptica modelada como grafo. São discutidos elementos constituintes das redes ópticas, alternativas de algoritmos de roteamento, e aspectos de complexidade relacionados à programação linear e problemas NP-difíceis.*

1. Introdução

As redes ópticas representam a espinha dorsal da conectividade global, responsáveis pela transmissão de grandes volumes de dados com alta confiabilidade. Um dos desafios centrais no planejamento e operação dessas redes é o roteamento de caminhos físicos, isto é, a definição de quais fibras ópticas serão utilizadas para conectar dois pontos geográficos distintos. Este artigo propõe o uso do algoritmo de Dijkstra para realizar o roteamento ótimo de caminhos físicos em uma topologia representada por grafos ponderados.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção discutem-se os principais conceitos relacionados às redes ópticas e aos algoritmos de roteamento.

2.1. Elementos de uma Rede Óptica

Uma rede óptica é composta por diferentes elementos físicos:

- **Cabos ópticos:** compostos por múltiplos tubos contendo fibras.
- **Fibras ópticas:** meio físico de transmissão de sinais luminosos.
- **Caixa de emenda:** ponto de junção e proteção de fibras.
- **Caixa de atendimento:** permite a derivação de fibras para usuários finais.

Cada elemento possui custos associados (de instalação, operação e manutenção) que influenciam no peso das arestas do grafo.

2.2. Algoritmos de Roteamento

O problema de roteamento em redes pode ser resolvido por diferentes algoritmos:

- **Dijkstra:** encontra o caminho de menor custo em grafos com pesos não negativos.
- **Bellman-Ford:** lida com arestas de peso negativo, mas com maior complexidade temporal.

Para redes ópticas, em que os custos são sempre não negativos (distância, atenuação, ou custo de instalação), o algoritmo de Dijkstra é mais adequado.

2.3. Programação Linear e Complexidade

O roteamento de fibras pode ser formulado como um problema de **programação linear inteira**, onde variáveis binárias indicam se uma fibra ou enlace é utilizado. Entretanto, tais problemas são NP-difíceis, devido à combinação exponencial de caminhos possíveis. Por isso, heurísticas como Dijkstra são práticas e eficientes em instâncias reais.

2.4. Roteamento e Alocação de Banda

Além da escolha do caminho, a rede precisa alocar espectro e largura de banda. O problema de *Routing and Wavelength Assignment* (RWA) é conhecido por sua complexidade computacional, reforçando a necessidade de algoritmos heurísticos e aproximativos.

3. Definição do Problema

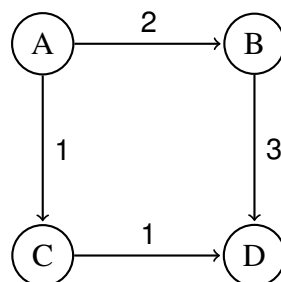
Considere uma rede óptica modelada como um grafo $G = (V, E)$, onde V representa os nós (caixas de emenda ou atendimento) e E representa enlaces (cabos/fibras). Cada aresta $e \in E$ possui um peso $w(e)$ correspondente ao custo físico (distância, atenuação ou custo de implantação). O objetivo é determinar o caminho de menor custo entre um nó origem s e um nó destino t .

4. Desenvolvimento do Algoritmo

O algoritmo de Dijkstra é empregado para resolver o problema. O pseudo-código é dado a seguir:

1. Inicializar todos os nós com distância infinita, exceto o nó origem s que recebe 0.
2. Marcar todos os nós como não visitados.
3. Selecionar o nó não visitado com menor distância atual.
4. Atualizar as distâncias dos vizinhos, se o novo caminho for mais curto.
5. Repetir até que todos os nós tenham sido visitados ou que o destino t tenha sido alcançado.

A seguir, ilustra-se um exemplo de rede com grafo simples:



No exemplo acima, o algoritmo de Dijkstra encontrará o caminho $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$ ou $A \rightarrow B$ dependendo dos pesos atribuídos.

5. Conclusão

Este artigo apresentou uma abordagem para o roteamento físico em redes ópticas utilizando o algoritmo de Dijkstra. A fundamentação teórica mostrou a relevância de representar redes como grafos ponderados e a comparação com outros algoritmos. Ainda

que problemas de roteamento óptico pertençam à classe NP-difícil em sua formulação completa (com restrições de alocação de banda e espectro), heurísticas como Dijkstra permitem soluções práticas e eficientes. Como trabalhos futuros, recomenda-se a incorporação de restrições adicionais (capacidade, espectro, múltiplos caminhos redundantes) e a aplicação de técnicas híbridas com programação linear inteira para otimização global.

Referências