51º SBPO LIMEIRA 2019
UNICAMP/FCA - 02 a 06 de Setembro de 2019
PO E INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL

Aplicação de Algoritmo de Árvore Geradora Mínima para a Otimização de uma Rede de Fibra Óptica

Israel Lima Dias, Lohanna Aires Saraiva, Naylson Ferreira Da Silva Andrade, Francisco Chagas de Lima Júnior, Carlos Heitor Pereira Liberalino
Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação (PPgCC) - UERN/UFERSA
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) - Rua Professor Antônio Campos, s/n, BR 110, km 48, Bairro Costa e Silva – Mossoró – RN - Brasil, 59600-000;
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) - Av. Francisco Mota, 572 - Costa e SilvaCEP: 59.625-900 Mossoró - RN – Brasil
{islimadias, lohannaaires, naylsonfsa, fclimajr, heitorliberalino} @gmail.com

INTRODUÇÃO

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) a Internet foi utilizada em 56,6% dos domicílios no Nordeste, enquanto dentro desse total, a banda larga fixa estava em 71,4%. Empresas privadas atendem as demandas nas localidades que se interessam pelo serviço com uma proposta de velocidade, cronograma, estimativa de preço e tecnologias a serem utilizadas.

O foco das empresas é especializar a distribuição de internet banda larga fixa e por cabos de fibra ótica, que possuem um elevado rendimento de luz, imagens e impulsos codificados. Por ser uma tecnologia relativamente cara, é de interesse das empresas evitar gastos desnecessários com relação a disposição da rede cabeada de fibra ótica dentro das cidades.

Este trabalho tem como objetivo apresentar um modelo de solução para minimizar o caminho percorrido pelos cabos de fibra óptica de uma empresa provedora de internet no Médio Parnaíba Piauiense. O modelo é dado como árvore geradora mínima, com o menor peso possível em suas arestas. Para encontrar o resultado, foi utilizado o algoritmo de Prim.

ARVORE GERADORA MÍNIMA PARA OTIMIZAÇÃO DE REDES

Em projetos de estrutura cabeada, muitas vezes, é preciso que os pontos, como caixas de distribuição repassem as informações de maneira equivalente, ou seja, interligando umas às outras. Para interligar um conjunto de n caixas de distribuição, pode-se utilizar um arranjo de n – 1 cabos, onde cada um seria interligado a duas caixas de distribuição.

Com isso, pode-se modelar este problema de cabeamento por meio de um grafo conexo não dirigido G = (V, E). Para cada aresta (u, v) ∈ E temos a distancia representada pelo peso w (u, v), determinando a quantidade de cabos necessária para conectar u e v. Com isso, tem-se como objetivo encontrar um subconjunto acíclico T ∈ E em que

$$w(T) = \sum_{(u,v)\in T} w(u,v)$$

é minimizado.

Para isso, considerando uma mastoide que contenha uma função peso w 0 , onde w 0 (e) = w0 – w(e) e w0 sendo maior que qualquer outra aresta. Assim, cada subconjunto independente de A corresponde a uma arvore geradora com |V| - 1 arestas, sujeito a

$$\begin{aligned} w'(A) &= \sum_{e\in A} w'(e) \\ &= \sum_{e\in A} (w_0 - w(e)) \\ &= (|V|-1)w_0 - \sum_{e\in A} w(e) \\ &= (|V|-1)w_0 - w(A) \end{aligned}$$

DESCRIÇÃO DA REDE DE FIBRA ÓTICA ESTUDADA

A rede de fibra ótica estudada é mantida por uma empresa provedora de internet, situada em uma cidade da Microrregião do Médio Parnaíba Piauiense. Atualmente a ampliação da rede acontece de forma desordenada, onde as caixas de distribuição são instaladas de acordo com os locais onde os novos clientes se encontram. O planejamento é realizado de forma empírica, o que gera um gasto desnecessário de recursos.
Na Figura 1 é apresentado o mapeamento da rede de fibra ótica, onde cada ponto no mapa representa uma caixa de distribuição instalada



Figura 1 - Mapeamento da rede de fibra ótica.

ALGORITMO DE PRIM

Para encontrar a árvore geradora mínima da rede de fibra óptica estudada neste trabalho, foi utilizado o algoritmo de Prim reescrito na linguagem de programação Python.
O algoritmo de Prim é similar ao algoritmo de caminhos mínimos de Dijkstra. A árvore geradora mínima se inicia em um vértice raiz arbitrário e o algoritmo executa até que todos os vértices estejam conectados pelas arestas de menor peso do grafo.
O algoritmo de Prim pode ter, no pior caso, as complexidades $O(V^2)$, $O((E + V) \log V)$ ou $O(V \log V + E)$ dependendo da estrutura de dados utilizada na fila de prioridade Q.

RESULTADOS

Árvore Geradora Mínima

```
(0, 1) (1, 2) (0, 38)
(38, 11) (38, 37) (37, 46)
(46, 47) (0, 16) (16, 20)
(16, 18) (18, 17) (18, 19)
(18, 36) (18, 30) (30, 31)
(16, 14) (14, 15) (14, 12)
(12, 13) (30, 29) (29, 28)
(1, 40) (40, 39) (39, 43)
(43, 41) (43, 44) (44, 45)
(14, 23) (23, 22) (22, 24)
(23, 48) (30, 34) (34, 32)
(34, 33) (34, 35) (35, 27)
(27, 26) (26, 25) (1, 4)
(4, 42) (4, 3) (4, 6)
(6, 5) (6, 7) (7, 8)
(8, 10) (10, 9) (33, 21)
```

Figura 2 – Resultado obtido pelo algoritmo de Prim.



Figura 3 – Caminho euleriano no grafo.

Com a implementação do algoritmo de Prim na linguagem Python, obteve-se uma árvore geradora mínima, apresentada na Figura 3, onde cada par de números dos parêntesis representa uma aresta e os valores unitários representam, respectivamente, os vértices de origem e destino.
A Figura 4 mostra o caminho otimizado que os cabos percorrem através da aplicação Google Earth. Ressalta-se que o cálculo das distâncias foi realizado na API Bing Maps Distance Matrix, disponibilizada pela Microsoft, para rotas trafegáveis por carros.

CONCLUSÃO

Neste trabalho, abordou-se o problema da árvore geradora mínima aplicada na otimização em redes. O foco do trabalho foi minimizar o comprimento total dos cabos de fibra óptica utilizados para interligar caixas de distribuição.

Com o resultado da aplicação do algoritmo de Prim em uma pequena amostra da rede na cidade, conclui-se que o objetivo foi alcançado. A utilização de algoritmos de árvore geradora mínima pode contribuir para outros problemas de redes, não apenas o problema de distribuição de redes cabeadas.

Para trabalhos futuros, tem-se a aplicação do problema da árvore geradora mínima em redes de maior proporção, como o cenário completo da empresa estudada e até mesmo em outros empreendimentos na área de telecomunicações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) e a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) pelo apoio e infraestrutura disponibilizada.

https://proceedings.science/p/106765?lang=pt-br