

ALGORITMIA E DESEMPENHO  
EM REDES DE COMPUTADORES

## Encaminhamento Inter-Domínio

Gonçalo Ribeiro, 73294

Ricardo Amendoeira, 73373

*Docente: Prof. João Luís Sobrinho*

# 1 Procura de Rota AS-AS

O primeiro problema que nos é colocado é encontrar a rota que um sistema autónomo (AS) usa para chegar a outro. As únicas rotas possíveis são de um de três tipos: *provider path*, *peer path* ou *customer path*. Um AS prefere sempre uma rota de cliente a uma de par, uma de par a uma de fornecedor e uma de cliente a uma de fornecedor.

Pensámos e implementámos diversos algoritmos. Começámos por implementar um algoritmo DFS (depth-first search) que descobria todas as rotas permitidas da origem para o destino e após isso transformava as rotas numa string de 1's, 2's e 3's que eram depois ordenadas lexicograficamente de forma a descobrir qual a rota mais vantajosa em termos de tipo de caminho usado, tamanho do caminho e número de nós de cada tipo existentes no caminho. Embora esta solução funcionasse perfeitamente notámos que era computacionalmente dispendiosa pelo que decidimos descobrir um melhor algoritmo.

Pensámos então em implementar o algoritmo de procura com base numa BFS (breadth-first search) com restrições. Com uma BFS quando o algoritmo chega ao nó de destino sabemos que o caminho descoberto tem seguramente o caminho mínimo. No entanto devido às restrições impostas pelo tipo de caminhos que são permitidos traz alguns problemas. Veja-se por exemplo a rede da Figura 1. Considere-se que corremos uma BFS com a restrição de que um nó a que se tenha chegado através de um fornecedor não pode explorar os seus fornecedores. Neste caso se tivermos o nó 4 como origem e 1 como destino o que ocorre é que 4 encontra 3 e 2, que marca como usados. 2 não pode continuar para 1 e 3 já está usado. Quando 3 tenta usar 2 para chegar a 1 (o que é legítimo) vê que 2 já está marcado e portanto pára e 1 não é encontrado. Ou seja a BFS restringida a seguir apenas caminhos válidos e nós não visitados pode não encontrar o destino quando efectivamente existe uma rota válida.

A nossa solução final é baseada numa BFS mas que não é tão *greedy*. O algoritmo pode ser implementado recursivamente e a ideia base é um nó visitar primeiro todos os seus caminhos de cliente, depois todos os seus caminhos de par e por fim todos os seus caminhos de fornecedor, sendo que cada nó é usado apenas uma vez. O algoritmo é apresentado em mais pormenor no Algoritmo 1.

Note-se que o algoritmo não pode parar mal chegue à origem porque não é garantido que o melhor caminho seja o primeiro a ser descoberto. Para além disso há que notar que para evitar o problema de um nó ser marcado como inutilizável quando ainda vai ser preciso para chegar ao destino passámos a marcar o nó como inutilizável apenas quando é visitado por um cliente.

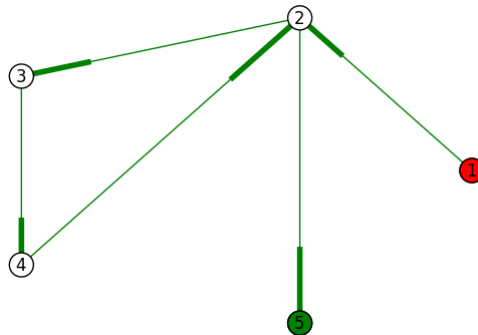


Figura 1: grafo do ficheiro 11.txt

## 2 Estatísticas da Rede

Nesta parte o objectivo é fazer um programa que recolha estatísticas de uma rede, nomeadamente que conte o número de caminhos de cada um dos três tipos. Para resolver este problema estudámos vários algoritmos na esperança de que algum resultasse numa implementação mais eficiente do que correr N vezes o Algoritmo 1. No entanto, não encontramos uma solução melhor do que essa. Ainda assim notámos uma optimização que pode ser feita: quando uma rede é policy connected temos certeza de que um nó consegue chegar a todos os outros nós. Sendo assim, numa rede policy connected um nó que não tenha nem clientes nem pares garantidamente conseguem chegar a todos os outros nós por meio de caminhos de fornecedor. Isso faz com que quando se encontra um nó nestas condições não seja necessário correr o Algoritmo 1. Por falta de tempo não foi possível chegar a um algoritmo satisfatório para gerar as estatísticas, o actual tem problemas com internets que contenham ciclos (embora em princípio esta

```

fringe = origin
findroute(dest, explore, fringe):

    if fringe is empty:
        return

    new_fringe = {}

    for each relation in explore:
        for each node in fringe:

            if node == dest:
                if this route is best than the elected route:
                    elect this route

            for each neighbout who has relation:
                if neighbour is unvisited
                    or (node is a provider
                        and has not been visited as a provider):
                        mark neighbour as is visited from a node
                        who has relation to it
                        neighbour has been visited by node
                        add neighbour to new_fringe
            if relation is provider:
                findroute(dest, {costumers, peers, providers},
                           new_fringe)
            else:
                findroute(dest, {costumers}, new_fringe)
    new_fringe = {}

```

**Algoritmo 1:** algoritmo que encontra a melhor rota AS-AS

topologia não aconteça no mundo real). Usar o algoritmo da parte 1 daria os resultados correctos para qualquer topologia mas ao custo de um grande aumento na complexidade. Foi também tentada uma implementação do algoritmo de Floyd-Warshall adaptado para calcular os caminhos mais "largos" (em que rotas por clientes seriam consideradas mais largas que rotas por peers ou providers e por peers mais largas que por providers) e embora funcionasse e tivesse uma complexidade excelente para o problema, a criação da matriz de dimensões  $N \times N$  para as maiores internets fornecidas pelo professor atingiam o limite de memória e portanto tornava o algoritmo inutilizável.

### 3 Redes *Policy Connected*

Uma rede *policy connected* é uma em que cada nó tem uma rota legal para todos os outros. Um nó tem sempre uma rota legal para os seus clientes e para os clientes dos seus pares. Facilmente se percebe que para que haja uma rota legal de cada nó para todos os outros é preciso que os nós Tier-1 estejam ligados por entre si (por relações de par). Sendo assim é fácil escrever um algoritmo que verifique se a rede é *policy connected*. Esse algoritmo é o Algoritmo 2.

```
is_policy_connected():
    tier1 = {}

    for each node in graph:
        if node has no providers:
            add node to tier1

    for each node in tier1:
        if tier1 is in {node.peers} union with {node}
            return is not policy connected

    return is policy connected
```

**Algoritmo 2:** algoritmo verifica se uma rede é *policy connected*

### 4 Visualizador de Grafos

Ao longo deste projecto criámos alguns grafos para melhor podermos testar as várias partes do projecto. De forma a podermos visualizar mais facilmente os grafos criados desenvolvemos em Python um *script* que dado um ficheiro que descreve uma rede cria uma representação gráfica dessa rede.

Nos grafos criados por este programa os nós Tier-1 são marcados a vermelho e os nós que não têm nem pares nem clientes são marcados a verde. Os restantes nós são marcados a branco. A preto são desenhadas as arestas que indicam relações de pares e a verde as arestas que apontam para clientes. A direcção da aresta é representada por uma linha mais grossa no lado da cabeça da aresta.

Uma das redes fornecida pelo professor pode ser vista na Figura 2, tal como gerada pelo programa.

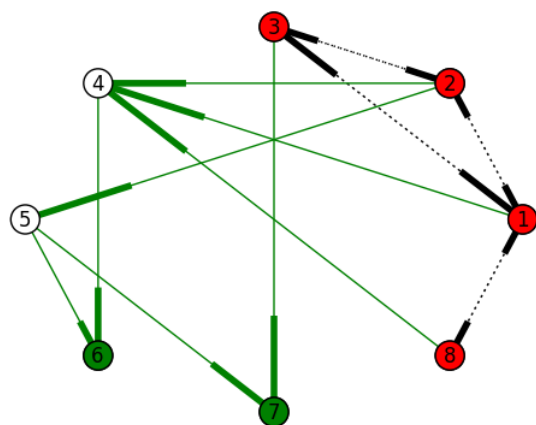


Figura 2: figura criada automaticamente a partir de SmallNetwork.txt