



ALGORITMIA E DESEMPENHO EM REDES DE COMPUTADORES

1º MINI PROJETO - *Forwarding traffic in the Internet*

Bernardo Gomes, 75573

Tomás Falcato, 75876

14 de Outubro de 2015

1 Descrição do problema

Neste mini-projecto, pretende-se a implementação de diversas funções relacionadas com a transmissão de dados em pacotes consoante o seu destino.

Nesta fase, apenas se desenvolveram funções de conversão de *forwarding table* para *binary tree*, desta última para *binary2-tree*, adição de novos prefixos, remoção de prefixos e impressão de uma árvore binária no formato de *forwarding table*.

2 Função *ReadTable*

Nesta função o programa deverá ler de um ficheiro os prefixos de uma tabela e os correspondentes *next hops* e criar a árvore binária correspondente. Como tal, a função irá ler do ficheiro um prefixo de cada vez, adicionando-o à árvore com o *next hop* correspondente.

O pseudo-código da função será o seguinte:

```
rootnodecreation()
while there_are_lines_in_the_document do
    get_table_line()
    AddPrefix()
end while
return
```

Desta forma, sendo o objectivo a inserção de todos os prefixos, será necessário fazer n vezes a chamada à função *AddPrefix*. A complexidade do algoritmo será assim $O(n)O(\text{get_table_line})$.

3 Função *AddPrefix*

Tal como descrito no enunciado, a função tem por objectivo a adição de um novo prefixo à árvore binária. Assumimos que esta função apenas é chamada quando a árvore binária do programa já foi previamente inicializada, ou seja, apenas é chamada dentro da função *ReadTable*, onde o *root node* é inicializado internamente, ou depois desta ser realizada.

Nesta função, testa-se se o prefixo a colocar na árvore é válido. No caso de ser, verifica se o prefixo é do *root* ou se é um endereço binário. Se for do *root*, copiam-se as informações directamente para a

estrutura apontada pelo ponteiro. Se não for, ir-se-á percorrer os nós da árvore correspondentes (criando os não existentes no caminho), copiando os valores pretendidos na estrutura correspondente ao prefixo indicado.

No pior caso, o algoritmo implementado terá de percorrer a altura da árvore. A complexidade irá ser $O(\text{Comprimento do prefixo})$. O pseudo-código da função será o seguinte:

```
if address_is_invalid then return end if
if address_is_ "*" then           ▷ root prefix
    root → next_hop := next_hop
else
    auxiliar_node := root_node
    while all_prefix_nodes_havent_been_visited_yet
do
    if bit_is_0 then
        if there_is_no_node then
            node_creation()
        end if
        auxiliar := auxiliar → zero
    else                               ▷ bit is one
        if there_is_no_node then
            node_creation()
        end if
        auxiliar := auxiliar → one
    end if
    auxiliar → next_hop := next_hop
end while
end if
```

4 Função *DeletePrefix*

Nesta função, assumimos os seguintes factos: o comando de *delete* do *root* deve ser considerado como inválido, e no caso de se apagar um prefixo que seja "filho único" o "pai" também deve ser removido.

Assim, no início da função, esta faz chamadas recursivas a ela própria até atingir o prefixo pretendido, retornando com uma mensagem de erro no caso de este não existir. A função *new_prefix* corresponde a retirar ao prefixo a apagar um bit, de forma a que o caminho a percorrer se inicie no bit onde a função se encontra de momento. Após apagar o nó correspondente, a função, ao retornar 1, "avisa" o nó de cima

("pai") de que o ponteiro para este será agora NULL. Este factor será bastante importante na medida em que a condição de *free* baseia-se no facto de os dois ponteiros para estruturas "filho" serem NULL.

A complexidade do algoritmo será O(comprimento do prefixo). O pseudo-código da função será o seguinte:

```

if prefix_corresponds_to_root then return -1
end if
if havent_reached_the_end_of_the_prefix_bits
then
    if bit = 0 then
        prefix := new_prefix()
        if node_exists then
            if Delete_prefix(base_node → zero, prefix) = 1 then
                base_node → zero := NULL
            end if
        else
            prefix_does_not_exist return -1
        end if

        if bit = 1 then
            prefix := new_prefix()
            if node_exists then
                if
                    Delete_prefix(base_node → one, prefix) = 1
                then
                    base_node → one := NULL
                end if
            else
                prefix_does_not_exist
            end if

            if node_has_no_children
then
                Free_node(base_node)
            else
                base_node →
                    next_hop := -1 ▷ cant free the node but erases
                    next_hop
            end if
        end if
    end if

```

return 0

5 Função *PrintTable*

Neste caso, pretende-se a conversão de uma árvore binária numa *forwarding table*. Para tal, será necessário visitar todos os nós da árvore, verificando se têm *next hop* atribuído. No caso de a árvore ser *binary2-tree*, apenas são impressos os prefixos e correspondentes *next hops* se o nó visitado for uma *leaf*. Desta forma, é-nos possível manter as informações relativas à árvore anterior, para que uma futura conversão seja viável.

A árvore será assim percorrida em profundidade, da esquerda para a direita, imprimindo em primeiro lugar o nó visitado.

6 Função *TwoTree*

Com esta função, pretende-se a conversão da árvore obtida anteriormente pela função *ReadTable* para uma *binary2-tree*. Por definição, neste tipo de árvore, todos os nós que não são folhas têm exactamente dois "filhos". Desta forma, o algoritmo percorre recursivamente os nós da árvore. Se ao chegar a uma folha e a mesma não tiver um valor de *next hop* atribuído actualiza-o. Caso o nó não seja uma folha, verifica qual a ramificação em falta, cria-a e chama a rotina para cada ramo. A função tem como parâmetros de entrada um ponteiro para o topo da árvore/sub-árvore, bem como o valor de *next hop* que irá ser atribuído às folhas da ramificação em causa. A função *update_next_hop* tem como função verificar se o *next_hop* a utilizar na chamada recursiva é o mesmo no nó anterior ou um valor actualizado, no caso de o valor do nó visitado ser diferente. O pseudo-código da função será o seguinte:

```

if node_is_a_leaf then
    if has_no_next_hop then
        base_node → next_hop := next_hop
    end if
else
    if has_no_"0"_child then
        prefix := new_node_prefix()

```

```

        create_"0"_child()
    else
        if has_no_"1"_child then
            prefix := new_node_prefix()
            create_"1"_child()
        end if
    end if
    end if
    TwoTree(base_node
zero, update_next_hop())
    TwoTree(base_node
one, update_next_hop())
    base_node → next_hop := -1
end if
return

```

7 Função *AdressLookUp*

Com esta rotina, pretende-se retornar o *next_hop* do prefixo em causa. Considerando a ordem do enunciado, assume-se que a árvore a utilizar para obter a informação é do tipo *binary2-tree*. Como tal, toda a informação relativa aos *next_hops* estão contidas nas folhas da árvore. Assim, recebendo como argumentos de *input* o ponteiro para o topo da árvore e o prefixo desejado, o algoritmo em causa percorre os nós consoante os *bits* do prefixo especificado até que o ponteiro de um nó para o seu "filho" seja NULL. Quando tal acontecer significa que o nó para o qual o ponteiro auxiliar aponta é uma folha da árvore, cujo nó contém o *next_hop* mais específico para o prefixo dado no *input*. O pseudo-código da função será o seguinte:

```

if prefix_is_invalid then return -1
end if
auxiliar := root
while havent_reached_the_end_of_prefix_bits
do
    if bit = 0 then
        if has_no_"0"_child then return
auxiliar → next_hop
        end if
        auxiliar := auxiliar → zero
    else
        if has_no_"1"_child then return
auxiliar → next_hop

```

```

        end if
        auxiliar := auxiliar → one
    end if
end while
return -1

```

→ 8 Considerações finais

→ Relativamente ao processo de construção do mini-projeto, foi-nos possível não só compreender melhor os conceitos estruturais por detrás do reencaminhamento de tráfego da internet, bem como as vantagens e desvantagens de cada estrutura.

Algumas destas limitações são as seguintes:

- assume-se que na procura de *next_hop* na árvore, o endereço IP terá de ter um comprimento igual ou superior ao caminho correspondente a percorrer na representação em árvore binária
- sendo a procura numa *Binary2-tree* bastante mais simplificada pelo facto de os *next_hops* estarem sempre nas *leaves*, o algoritmo por nós implementado pressupõe que previamente à procura, a conversão da árvore já foi realizada
- na conversão entre modelos das árvores, optámos por manter os *next_hops* dos nós intermédios nas respectivas estruturas, apesar de numa *binary2-tree* os *next_hops* se encontrarem nas folhas. Optámos por esta estrutura para salvaguardar os casos em que o utilizador apaga um prefixo numa árvore *binary2-tree*. Desta forma não perdemos informação caso seja necessário uma nova passagem para uma *2-tree*.

Estas limitações foram contornadas por *flags* no ficheiro principal *main.c*, no caso da conversão da árvore, e por uma verificação de retorno -1 no caso do comprimento do prefixo.