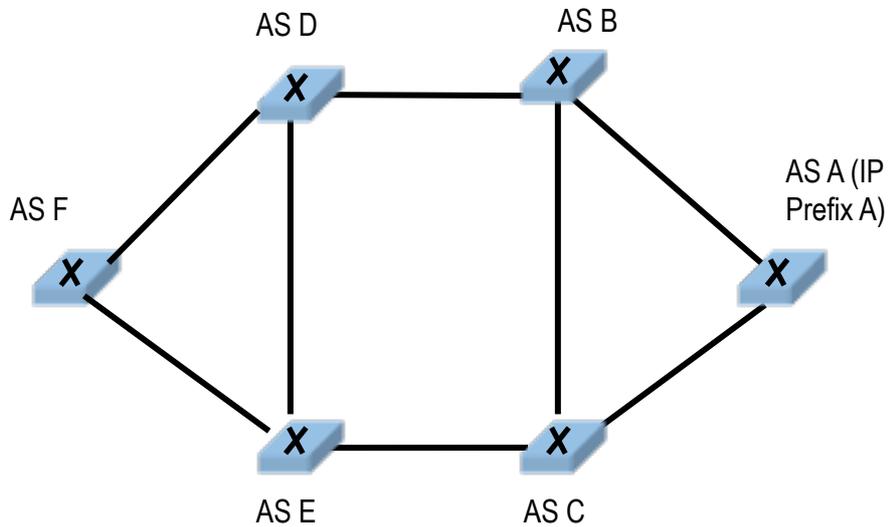


1) A figura abaixo apresenta um conjunto de ASs interligados. O AS A anuncia para B e C o seu prefixo através do *Path*: [Prefix A, A]. B anuncia para D o *Path* do prefixo de A: [Prefix A, A, B] e assim sucessivamente. Não existem restrições de anúncios do prefixo de A entre os diferentes ASs e todos eles propagam o *Path* com menor número de ASs. Caso um AS conheça dois *Paths* para o prefixo de A com o mesmo tamanho, prefere um *Path* que use um ou mais canais “superiores” do que um com um canal inferior ou vertical.



a) Indique para cada um dos ASs todos os *Paths* para o *Prefix A* que ele memoriza.

B:
 C:
 D:
 E:
 F:

b) O canal que liga o AS A ao AS B foi abaixo no momento t e B detectou esse evento imediatamente. Por hipótese, todos os canais superiores transferem mais depressa os anúncios BGP do que os inferiores e os verticais, pelo que se um *router* recebe um anúncio via um canal superior, ou se apercebe de uma alteração num desses canais, processa o anúncio ou a alteração, altera a tabela de *routing* e faz novos anúncios, e só depois recebe anúncios de outros dos seus canais e os processa. Tenha em atenção que se um *router* anuncia a um vizinho uma alteração sobre o *path* com que chega a um prefixo, só pode voltar a transmitir um anúncio diferente sobre esse prefixo após MRAI segundos (*Minimum Route Announcement Interval*). Descreva a sequência de anúncios sobre o *Prefix A* que F recebe depois de t até estabilizar a escolha de uma nova rota. Indique os tempos que separam os diferentes anúncios recebidos por F.

2) A FCT/UNL está ligada à FCCN (ISP das universidades portuguesas) para ter conectividade Internet. Suponha que a FCT/UNL tem o prefixo 100.100.100.0/24 e que a FCCN tem o prefixo 100.100.0.0/16. Como a FCT/UNL só tem um fornecedor externo, usa OSPF na sua rede interna e parametrizou a rede de tal forma que o *router* R1 que a liga à FCCN injecta uma rota estática por defeito (0.0.0.0/0) no domínio OSPF interno. A FCCN apenas anuncia por BGP na Internet global o seu prefixo (100.100.0.0/16). Com efeito, a rede da FCT/UNL não tem outras ligações ao mundo e é vista como uma subrede da da FCCN.

Devido a um projecto de colaboração, a FCT/UNL ligou-se também ao ISP Interneting através do *router* R2. O objectivo é permitir que os utilizadores da FCT/UNL acedam via esse *router* à rede 200.200.200.0/24 ligada directamente ao ISP Interneting e vice versa, sem necessidade de passar pela Internet global. Os outros ISPs não sabem desta “ligação directa”.

a) Para fazer esta ligação a FCT/UNL e o ISP Interneting têm de usar o mesmo protocolo de encaminhamento nas suas redes internas (RIP, OSPF, ...) ou externo (BGP)? Justifique.

b) Que rota deve anunciar o estaticamente o *router* R2 para dentro da rede da FCT/UNL e que rota deve anunciar estaticamente o *router* de ligação à FCT/UNL do ISP Interneting para dentro da sua rede? Justifique.

R2 anuncia na FCT/UNL a rota:

O *router* do ISP Interneting de ligação à FCT/UNL anuncia dentro da rede deste ISP a rota:

Justificação:

c) Mais tarde a FCT/UNL resolveu que a sua ligação ao ISP Interneting passaria a dar-lhe também acesso à Internet mas ao mesmo tempo pretendia continuar com a ligação à Internet via a FCCN. Para esse efeito arranhou um número de AS, o AS-FCT, parametrizou os *routers* R1 e R2 para passarem a usar OSPF para dentro da rede da FCT/UNL e BGP para fora. R1 e R2 passaram a anunciar o *AS Path* “100.100.100.0/24, AS-FCT” por BGP para os outros ISPs. A FCT/UNL arranhou também forma de os *routers* internos dividirem a carga do tráfego de saída da FCT/UNL entre si (dentro da FCT/UNL ambos os *routers* anunciam uma *default route*). A FCCN continuou a anunciar apenas o seu prefixo via o *Path* “100.100.0.0/16, AS-FCCN” e o ISP Interneting passou a anunciar para a Internet os *Paths* “100.100.100.0/24, AS-FCT, AS-Interneting” e “200.200.0.0/16, AS-Interneting”. Por que ISP ou ISPs passou a entrar o tráfego da Internet dirigido à FCT/UNL? Justifique.

d) Como poderia a FCT/UNL conseguir que o tráfego vindo da Internet para o seu prefixo passasse a usar os dois *links* externos da instituição? Justifique.

e) Qual a forma mais simples que tem a FCT/UNL de impedir que tráfego vindo da FCCN e dirigido a clientes do ISP Interneting atravessem a sua rede e vice-versa? Justifique.

3) Uma instituição de nome “Super Avançada” (SA) tem um servidor WEB muito requisitado e muito importante para a sua actividade. Para estar muito bem ligada à Internet adoptou a seguinte solução: a sua rede interna está ligada um só router externo, o *router* R. R tem interfaces de ligação a 3 ISPs. Nessas interfaces tem os endereços 100.100.100.100/32, 200.200.200.200/32, 300.300.300.300/32, endereços públicos atribuídos por cada um dos ISPs. Estes são os únicos endereço que tem na Internet pois todos os endereços da sua rede interna são privados e não têm encaminhamento directo para fora. O *router* R anuncia dentro da rede interna uma rota por defeito pelo que todo o tráfego para o exterior vai via R.

a) Como podem os *hosts* da rede interna da SA acederem à rede Internet, por exemplo abrindo uma conexão TCP para fora, usando um mecanismo de tradução de endereços em R? Descreva no concreto o que se passa quando o *host* 10.10.10.10 interno abre uma conexão TCP da porta 10000 para a porta 80 do *host* externo com o endereço IP 60.60.60.60?

b) A organização SA tem um servidor WEB interno no endereço 10.0.0.1/32 que quer que seja acessível na Internet com os 3 endereços distintos 100.100.100.100/32, 200.200.200.200/32, 300.300.300.300/32 e parametrizou R para que sempre que do exterior se abrem conexões TCP dirigidas á porta 80 (HTTP) desses endereços, as mesmas são redirigidas, isto é, transformadas em conexões TCP para o endereço interno 10.0.0.1/32 porta 80 do servidor WEB. Suponha que o *host* de endereço público na Internet 190.190.190.1 abriu uma conexão TCP da porta 10000 para o endereço 100.100.100.100/32 porta 80. Como pode R transformar os pacotes para que o *host* externo possa ter uma conexão TCP com o servidor WEB interno à SA?

c) Invente uma forma para que seja possível o *router* R poder distribuir a carga das conexões originadas na rede interna pelos 3 ISPs a que está ligado ?

4) O canal C é atravessado por algumas dezenas de fluxos de tráfego UDP e TCP. Como sabe, os emissores nas conexões TCP adaptam o seu ritmo de emissão à capacidade disponível enquanto que os emissores UDP não aplicam este tipo de controlo da saturação. Pretende-se tornar a utilização do canal C o mais equitativa possível entre os diferentes tipos de fluxos dos diferentes protocolos e resolveu-se adoptar um mecanismo do tipo *fair queueing*. Na parametrização do mesmo é possível escolher um número total de filas de espera que pode tomar um dos seguintes valores: 16, 32 ou 64 filas. Qual dos valores deverá adoptar e porquê ?

Número de filas de espera a adoptar:
Justificação:

5) Você está a implementar um mecanismo do tipo *fair queueing*. Para distribuir os pacotes pelas filas de espera usa um gerador de números aleatórios que distribui de forma independente os pacotes pelas diferentes filas. Acha essa política adequada? Assinale a sua opção e justifique.

Sim é uma política adequada. Não é uma política adequada.

Justificação da resposta:

6) Você está a implementar um mecanismo do tipo *fair queueing*. Para distribuir os pacotes pelas filas de espera extrai dos cabeçalhos dos pacotes os endereços IP origem e destino, concatena-os numa sequência de 64 bits (8 bytes) e aplica um *shift* para obter os 5 bits menos significativos, que depois servirão para indexar as 32 filas de espera que está a usar. Acha esta estratégia uma boa política de distribuição dos pacotes pelas filas de espera? Assinale a sua opção e justifique.

Sim é uma política adequada. Não é uma política adequada.

Justificação da resposta:

7) Você está a implementar um mecanismo do tipo *fair queueing*. Para distribuir os pacotes pelas filas de espera extrai dos cabeçalhos dos pacotes os endereços IP origem e destino, concatena-os numa sequência de 64 bits (8 bytes), aplica uma função de *hash* que dá por resultado um número com 64 bits também, aplica um *shift* para obter os 5 bits menos significativos, que depois servirão para indexar as 32 filas de espera que está a usar. Acha esta estratégia uma boa política de distribuição dos pacotes pelas filas de espera? Assinale a sua opção e justifique.

Sim é uma política adequada. Não é uma política adequada.

Justificação da resposta:

8) Você está a implementar um mecanismo do tipo *fair queueing*. Usa N filas de espera para distribuir os pacotes e serve em carrossel (round-robin) cada uma delas da seguinte forma: quando vai servir uma fila de espera, retira um pacote, transmite-o e passa á fila de espera seguinte, e assim sucessivamente. Acha esta estratégia adequada para servir as filas de espera? Assinale a sua opção e justifique.

Sim é uma política adequada. Não é uma política adequada.

Justificação da resposta:

9) Um ISP tem muitos clientes de dois tipos: empresariais e residenciais. Os clientes têm ligações (canais ou *links*) ponto a ponto e simétricos entre um *router* do cliente e um *router* de acesso do ISP. Nos clientes residenciais o canal tem 1 Mbps de capacidade. Nos clientes empresariais o canal tem 100 Mbps de capacidade. Indique em cada uma das questões seguintes os mecanismos aplicados e a que canais e os parâmetros de controlo da qualidade de serviço, que o ISP deve usar para implementar as políticas indicadas.

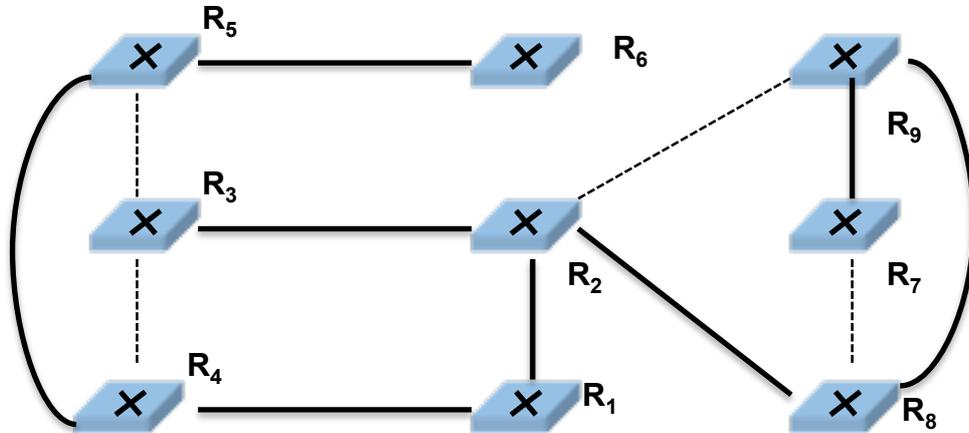
a) Cada cliente residencial está limitado a injectar na rede tráfego UDP assim caracterizado: capacidade média 200 Kbps, capacidade de pico (*burst*) de 400 Kbps durante 200 ms.

Nome do mecanismo:
Aplicado aos canais:
Com os parâmetros:
Justificação:

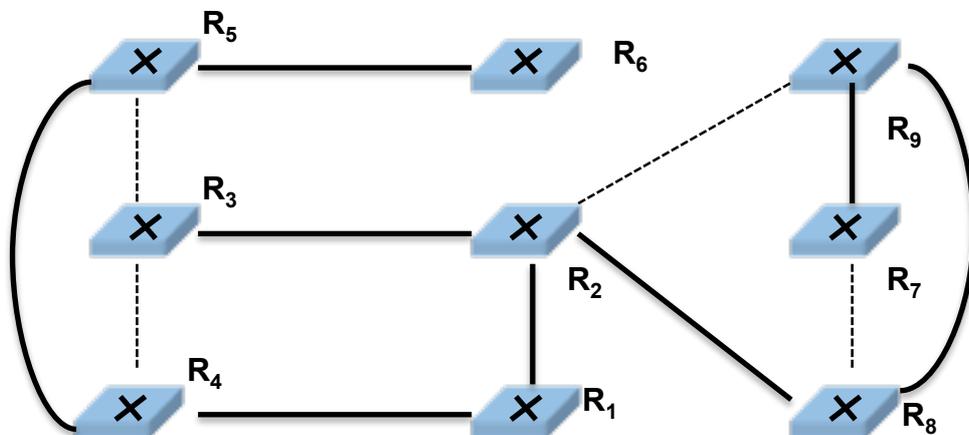
b) No *backbone* do ISP 65% da capacidade dos canais está reservada para os clientes empresariais e 35% para os clientes residenciais. Ambas as classes de clientes podem usar em cada momento a capacidade livre na fracção da outra classe de clientes.

Nome do mecanismo:
Aplicado aos canais:
Com os parâmetros:
Justificação:

10 a) Considere a rede da figura abaixo. Os canais a negrito têm 10 Mbps de capacidade e os canais a tracejado têm 2 Mbps. O protocolo de encaminhamento é OSPF. Desenhe sobre a figura a árvore de difusão de um fluxo de pacotes dirigido ao endereço de *broadcast* com origem no *router* R3, usando o algoritmo “Reverse Path Forwarding not Extended” exposto no artigo que estudou (baseado no *reverse path optimal path test*).



b) Considere exactamente a mesma rede na figura abaixo. Desenhe sobre a figura a árvore de difusão construída pelo protocolo PIM-SM correspondente a um grupo IP *multicasting*, que inclui *hosts* receptores em todos os *routers* da rede, e em que o *router* R3 é o RP (*rendez-vous point*). O emissor também está ligado ao *router* R3.



c) Compare as duas árvores e o desempenho das duas soluções e explique os resultados obtidos.

11 a) Considere de novo a figura anterior. O canal a negrito que liga os routers R3 a R2 vai abaixo mas antes que o OSPF emende a tabela de encaminhamento, o router R3 emite um pacote dirigido ao endereço de Broadcasting. Como procede o algoritmo “*Reverse Path Forwarding not Extended*” (exposto no artigo que estudou e resumido na questão 12) perante essa situação ?

b) E como procederia o protocolo PIM-SM na mesma situação ?

c) Que mecanismo usaria do cabeçalho IP o algoritmo “*Reverse Path Forwarding*” (exposto no artigo que estudou e resumido na questão 12) para garantir que durante uma reconfiguração da rede não aparece um “*Broadcast Storm*” ?

Mecanismo:

Justificação do seu papel:

d) O protocolo PIM-SM pode introduzir pacotes IP Multicasting duplicados durante uma reconfiguração da rede? Marque a opção correcta e justifique.

Pode

Não pode

Justificação

12) O algoritmo “*Reverse Path Forwarding not Extended*” (exposto no artigo que estudou) quando recebe um pacote dirigido ao endereço *Broadcasting* começa por verificar se este veio pelo canal que representa o caminho mais curto até ao emissor da difusão. Se não é o caso, o pacote é duplicado e é suprimido. Se veio pelo caminho mais curto inverso, o pacote é enviado por todos os canais menos pelo que chegou. O algoritmo pode ser optimizado na sua versão “*Extended*” enviando o pacote, quando é o caso, apenas pelos canais que os vizinhos usariam como caminho mais curto para chegar ao emissor da difusão. Neste caso o algoritmo utiliza o número mínimo de pacotes que é necessário para realizar a difusão. Se por hipótese a rede estiver a utilizar o protocolo RIP para encaminhamento ponto a ponto, indique se há alguma característica do RIP que pode ser usada para implementar a versão “*Extended*” do protocolo de difusão sem necessidade de qualquer troca suplementar de pacotes de encaminhamento entre os nós da rede. Marque a opção correcta e justifique a sua proposta.

É possível	Não é possível
Justificação:	