

1) Considere um canal sem fios 802.11 em que as estações estão a transmitir *frames* de 64 bytes de comprimento total, uns a seguir aos outros sem parar, à velocidade de 11 Mbps, e que os erros no canal se distribuem uniformemente e têm a taxa de 10^{-7} .

- a) Em média, quantos *frames* em cada segundo serão transmitidos com um erro (despreze o compasso de espera que os emissores têm de fazer entre o canal ter ficado livre e começarem a emitir, assim como a possibilidade de haverem colisões) ?

- b) Suponha agora, nas mesmas hipóteses que na alínea a), que os *frames* transmitidos têm 1500 bytes de comprimento e que a taxa de erros é de 10^{-6} , e calcule de novo, em média, quantos *frames* em cada segundo serão transmitidos com um erro.

- c) Indique alguma(s) razão(ões) que podem levar a ser preferível num canal usar códigos de correção de erros, ao invés de códigos de detecção de erros e retransmissão.

2) Um *cut-through switch* é um *switch* Ethernet que não memoriza completamente um *frame* antes de o começar a transmitir para o destino. Este tipo de *switches* começa por analisar o cabeçalho do *frame* que está a receber, e assim que reconhece os endereços, caso a porta pela qual tenha de transmitir o *frame* esteja livre, começa logo a transmitir os bits recebidos para o destino com o objectivo de poupar o tempo de atraso que o *store & forward* introduz no processamento de um *frame*. Das afirmações que se seguem, indique quais as verdadeiras.

- a) Com portas a funcionarem a 100 Mbps e *frames* de 1500 bytes de comprimento, um *switch* deste tipo consegue diminuir o tempo de transito de um *frame* que o atravessa em 10 mili segundos.
- b) Caso a intensidade do tráfego seja tal que é frequente um *frame* ter de ficar numa fila de espera, antes de ser transmitido, este tipo de *switches* não introduzem nenhum ganho significativo na maioria dos *frames*.
- c) Um *frame* transmitido por um *cut-through switch* *S* é sempre transmitido com um campo de *checksum* (CRC) correspondente aos bits emitidos de facto por *S*.
- d) Utilizar *cut-through* com portas a 1 Gbps introduz uma vantagem significativa sobre a utilização de *store & forward* puro.

3) Numa hipotética rede Ethernet *switched*, organizada em malha, isto é, com vários ciclos e caminhos redundantes, utiliza-se um protocolo inspirado do STP (*Spanning Tree Protocol*) para calcular tantas árvores de cobertura quantos os *switches* existentes. Cada uma das árvores tem raiz num *switch* diferente.

a) Sugira as modificações a introduzir no protocolo STP para que isso seja possível.

b) Para encaminhar os *frames* é também usada uma variante do algoritmo normal. Essa variante consiste em um *frame* F ser sempre encaminhado pela árvore com raiz no *switch* em que F entrou na rede. Para que isto seja possível, teriam de ser realizadas modificações no cabeçalho dos *frames* Ethernet? Se sim sugira uma hipótese.

c) Qual o custo do encaminhamento de um *frame* Ethernet nesta variante? Compare-o sucintamente com os custos de encaminhamento numa Ethernet *switched* normal com uma única *spanning tree*.

4) Um *router* RIP recebeu um vector de distâncias do seu vizinho V. O vector contém vários anúncios de encaminhamento (*reachability announcements*) que o vizinho V lhe enviou, um por cada destino (IPprefix) que conhece. Admita que a tabela de encaminhamento RIP (e.g. *rt*) do *router* tem os seguintes métodos:

```
void rt.put ( IPprefix i, int cost, Router vizinho) // insere na tabela de encaminhamento rt uma entrada
// um relativa ao destino i (ou esmaga a anterior) e reinicializa os timers associados a i
Router rt.getV ( IPprefix i) // qual o melhor vizinho para chegar a i?
// retorna null se i é desconhecido em rt
int rt.getCost (IPprefix i) // qual o custo atual para chegar a i? Retorna 16 se i é desconhecido
Status rt.getStatus (IPprefix i) // qual o estado da entrada referente a i? Devolve valid ou hold-down
// ou null se i é desconhecido em rt
void setStatus (IPprefix i, Status s) // passa o status da entrada i a s
```

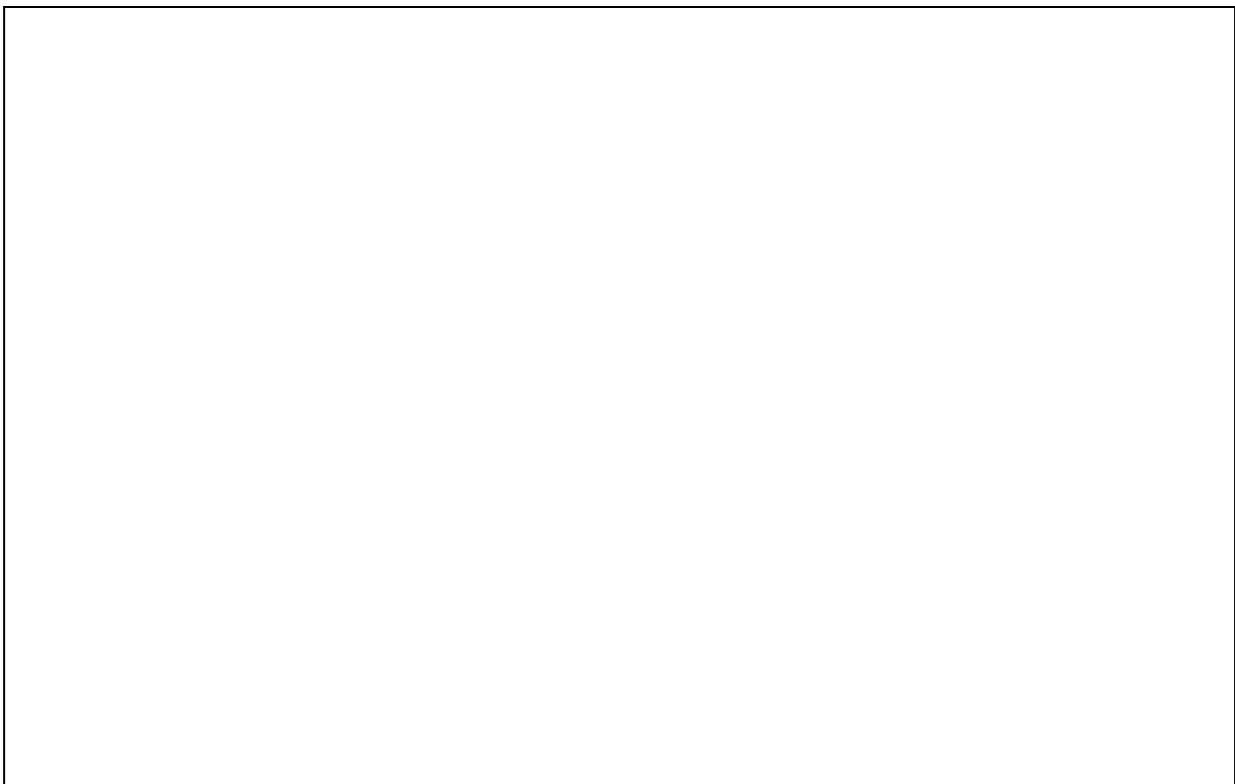
o *router* acabou de receber o anúncio transmitido por V e vai processar a entrada referente ao prefixo i. Escreva em pseudo código o seu tratamento

```
void tratarEntradaVectorDistâncias ( Router v, IPprefix i, int cost) {
// “i” é um dos prefixos anunciados por “v”, que diz que conhece o prefixo “i” à distancia de “cost”
```

```
}
```

5) Uma rede IP em que o caminho mais longo tem comprimento N (isto é, em que número de *hops* máximo de um caminho é N) executa o encaminhamento através do protocolo OSPF (um protocolo *link-state*). Nessa rede o tempo de transito máximo dos LSAs (*link state announcements*) entre cada dois *routers* ligados diretamente é 10 ms. Neste valor já está incluído o tempo de transmissão dos LSAs. Quando se dá uma alteração do estado de um canal ou de um prefixo local (up/down), um *router* leva no máximo 100 ms a desencadear o envio de um novo LSA. Quando recebe um LSA, um *router* leva no máximo 5 ms a desencadear a sua difusão aos vizinhos e 10 ms para começar a execução do algoritmo de atualização da tabela de encaminhamento OSPF. A execução deste último algoritmo leva no máximo 30 ms e cada *router* leva no máximo 50 ms a repercutir na sua tabela de *forwarding* uma atualização da sua tabela de encaminhamento OSPF.

Indique através de uma fórmula, qual o tempo máximo que a ida abaixo de um canal nessa rede leva para ser tomada em consideração por todos os *routers* da rede e estes passam a encaminhar de acordo com o novo estado da rede. Isto é, qual o tempo de convergência máximo nessa rede? Não se esqueça de analisar se um *router* que acabou de receber um LSA pode imediatamente decidir se este é bom, ou tem de trocar mais dados com o seu vizinho antes de o aceitar como bom.



6) A figura abaixo apresenta um conjunto de ASs interligados. Os ASs A e B são *stub* e clientes. A anuncia o prefixo IP A e é cliente de Q e P, isto é, é *multi-homed*. B anuncia o prefixo IP B e é cliente de P. A e B têm uma relação de *peering* de tal forma que o tráfego para os prefixos respectivos é diretamente encaminhado pelo canal de *peering*. O mesmo canal funciona como *backup* de B via A mas só se este perder a conectividade à Internet global via P, que é a sua ligação normal à Internet. Os ISPs P e Q têm todos ligações próprias à Internet global através do Provider Global Tier 1 de nome PG. O conjunto de outros prefixos existentes na Internet global são genericamente designados por Px e anunciados por PG como acessíveis via os *paths* Pathx. Abaixo estão os anúncios trocados entre vários dos ASs em jogo, mas faltam alguns. Complete os anúncios realizados por BGP nos casos em falta abaixo para materializar as políticas enunciadas:

Anúncios BGP entre ASs (só são indicados os paths, os prefixos estão implícitos):

PG para Q: Px via Pathx P via PG P A via PG P A B via PG P B

Q para A: Px via Q PG Pathx Q via Q

P para A: Px via P PG Pathx P via P B via P B

P para B: Px via P PG Pathx P via P A via P A

P para PG: P via P A via P A B via P B

B para P: B via B e B para A: B via B

A para P:

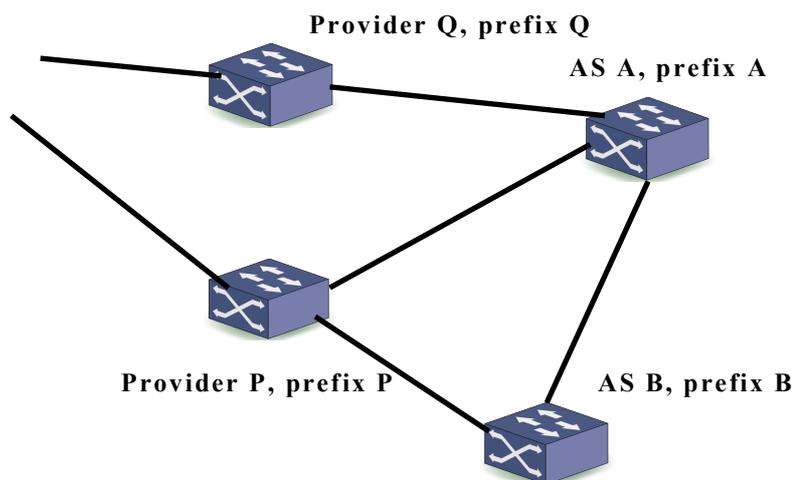
A para Q:

Q para PG:

PG para P:

A para B:

Provider PG: dá acesso ao resto da Internet, anuncia os Prefixes Px via os Pathx



QUESTÃO DE DESENVOLVIMENTO OPCIONAL COM VALORIZAÇÃO SUPLEMENTAR: As interfaces Ethernet mais recentes dos computadores suportam opcionalmente VLANs, isto é, a interface pode ser parametrizada (e.g. usando `ifconfig`) para simular várias interfaces distintas, ditas interfaces virtuais, cada uma associada a uma diferente VLAN e a um endereço IP diferente. Todas essas interfaces virtuais partilham o mesmo canal e os *frames* que passam pelo mesmo têm um cabeçalho com os campos de VLAN *tagging*, tal como os *frames* que atravessam canais de *trunking* entre *switches* Ethernet. Isso quer dizer que o mesmo MAC *address* pode pertencer a VLANs distintas, ou que associada a uma única interface física de um computador existem vários MAC *addresses* virtuais, um por VLAN.

Daqui resultam várias alterações, nomeadamente, um *switch* já não pode considerar que todos os *frames* que se dirigem ou vêm desse computador vêm da mesma VLAN e vão sempre para a mesma VLAN (se fosse o caso a VLAN ficaria associada estaticamente à porta do *switch* e do computador como vimos no laboratório). Identifique uma ou mais repercussões desta alteração sobre a segurança associada às VLANs e sugira, eventualmente, formas de lidar com a nova situação. Repare que o computador e a rede podem estar a ser administrados por entidades distintas e que no limite um computador pessoal é gerido pelo seu dono.

