

Duração: 1h20m. Sem consulta. Justifique cuidadosamente todas as respostas.

1. Explique como é estabelecida uma relação de vizinhança MP-BGP entre dois routers de sistemas autónomos diferentes e indique como são anunciados os prefixos de rede IPv4 e IPv6. (2.0 valores)
2. Com base na análise, introdução e/ou manipulação de atributos de rotas MP-BGP, explique como pode garantir os seguintes requisitos de encaminhamento de um operador em Portugal:
  - a) O operador tem três acordos de *peering* MP-BGP com os sistemas autónomos vizinhos A, B, e C com os seguintes requisitos: (i) operador é um sistema de autónomo de trânsito apenas para os sistemas autónomos A e B, (ii) deverá receber tráfego para as suas redes apenas pelo operador C e (iii) deverá encaminhar o seu tráfego preferencialmente pelo vizinho C. (3.0 valores)
  - b) O operador recebeu por MP-BGP anúncios de uma rede na Austrália por vários caminhos disjuntos. Pretende-se que o tráfego encaminhado por este operador, para esta rede na Austrália, passe preferencialmente por operadores que não sejam Turcos, Russos ou Indonésios. (2.0 valores)
  - c) O operador recebeu por MP-BGP anúncios de uma rede no Brasil de dois vizinhos. Cada um dos vizinhos usa potencialmente duas ligações transatlânticas, para o mesmo AS remoto, para aceder à rede brasileira. No entanto, uma das ligações introduz um atraso maior ao tráfego. Caso um dos vizinhos esteja a usar a ligação de pior qualidade, o encaminhamento deverá ser feito preferencialmente pelo outro vizinho. (2.5 valores)
3. Considere um cenário de um operador com um núcleo de rede com suporte MPLS criado com LDP.
  - a) Explique as vantagens do encaminhamento MPLS *versus* o encaminhamento IP. (1.5 valores)
  - b) Descreva a troca de mensagens, e o seu conteúdo genérico, no estabelecimento de um domínio MPLS com LDP. (2.5 valores)
  - c) Descreva quais os mecanismos/protocolos que deverão ser ativados na rede do operador, para que este possa fornecer como serviço aos seus clientes a criação de VPN MPLS com reserva de largura de banda entre os polos do cliente. (3.5 valores)
4. Um operador de redes IP disponibiliza aos seus clientes domésticos um serviço telefónico VoIP com base no protocolo SIP.
  - a) Descreva como é estabelecida uma chamada SIP entre dois telefones VoIP do operador. (1.0 valores)
  - b) Indique quais as configurações adicionais ao serviço de DNS que permita o encaminhamento de chamadas VoIP externas para a rede SIP do operador e descreva o processo de encaminhamento de sessões SIP entre SIP proxies. (1.5valores)
  - c) Indique uma utilização da mensagem SIP INFO. (0.5 valores)

## Soluções simplificadas:

**1-** Uma relação de vizinhança BGP é iniciada por um dos routers abrindo uma sessão TCP para o endereço IP e respectivo número do Sistema Autônomo (SA) do vizinho explicitamente configurados. As primeiras mensagens BGP (sobre TCP) trocadas são as mensagens de OPEN que estabelecem a vizinhança BGP (comunicando os números dos AS e opcionalmente definindo as capacidades BGP de cada um). Após o estabelecimento da vizinhança os routers vão trocar rotas BGP (e respectivos atributos) usando mensagens UPDATE. Após a troca de rotas serão periodicamente trocadas mensagens KEEPALIVE para manter a vizinhança (e sessão TCP) ativa. Em caso de erro serão enviadas mensagens NOTIFICATION para notificar o vizinho do respectivo erro.

Os prefixos de rede IPv4 são anunciados no campo NLRI das mensagens BGP UPDATE e os prefixos IPv6 são anunciados no atributo MP\_REACH\_NLRI de uma mensagem MP-BGP UPDATE.

**2a)-** Para o operador ser um SA de trânsito para A e B [condição-(i)] deverá **anunciar todas as redes** para A e B e as redes de A e B para todos os outros vizinhos. Mas para garantir [condição-(ii)] **não deverá anunciar as suas próprias redes** para A e B, apenas para C. Para garantir [condição-(iii)] deverá garantir que a **preferência local das redes recebidas de C é superior** à preferência local das redes recebidas de outros SA.

Nota: é possível outras soluções baseadas na negação de anúncios recebidos (mas a implementação é mais complexa).

Nota2: O controlo do encaminhamento é feito com o controlo do que é anunciado ou recebido. Não bloqueio de tráfego!

**2b)-** Assumindo-se que se sabe os números dos SA Turcos, Russos ou Indonésios (base de dados pública) define-se uma regra que para quando se receber um UPDATE para **a rede IP Australiana** com um atributo **AS\_PATH que contenha números de SA Turcos, Russos ou Indonésios** baixa-se a **preferência local** dessa rede/rota.

**2c)-** Como a informação das ligações usadas por um SA vizinho não vêm nativamente num UPDATE BGP é preciso que **os vizinhos adicionem uma COMUNIDADE** ao UPDATE de acordo com a ligação usada. Localmente, **em função da COMUNIDADE** de um UPDATE (e se a rede IP anunciada for a rede brasileira) **aumenta-se ou diminui-se a preferência local** da rede recebida.

**3a)-** O uso de rótulos (**labels**) para encaminhar as mensagens que são mais **pequenos** que os endereços IP, permite um **mais eficiente/rápido** encaminhamento devido a ter de ler **menos bits** no cabeçalho da mensagem e as **tabelas** de encaminhamento serem **mais pequenas**.

**3b)-** O estabelecimento de um domínio MPLS com LDP começa com o processo de descoberta de vizinhos que suportem MPLS/LDP usando mensagem UDP LDP Hello. Após a descoberta de um vizinho LDP é aberta uma sessão TCP através da qual é trocada a informação de mapeamento entre redes IP e *labels* MPLS.

**3c)-** A definição de uma VPN MPLS deverá começar pela definição de uma instância de encaminhamento (**VRF**) distinta para a VPN em cada nó responsável por interligar os *sites*. As redes privadas tem de ser anunciadas entre *sites* usando **MP-BGP** (mais especificamente as famílias IPv4 (ou IPV6) Labeled VPN Unicast).

Para o transporte de tráfego MPLS entre *sites* com reserva de largura de banda é preciso ativar o **RSVP-TE** e um protocolo IGP com extensões de engenharia de tráfego (**OSPF-TE** ou **ISIS-TE**).

**4a)-** Chamada feita através de um servidor SIP (**Proxy**). Ver mensagens slide 53 (IP Multimedia and VoIP).

**4b)-** No servidor de DNS é preciso associar o endereço SIP (URI) a um servidor e serviço (endereço IP, porto, protocolo de transporte) específico adicionando os **registos** Service (**SRV**) and Name Authority Pointer (**NAPTR**). Após receber uma mensagem SIP INVITE, um proxy SIP faz uma **consulta ao DNS** para

descobrir o proxy (endereço IP , porto, protocolo de transporte) responsável pelo terminal com qual está a ser estabelecida a chamada. Depois reencaminha a mensagem SIP INVITE.

**4c)-** A mensagem SIP INFO serve para enviar informação extra na comunicação multimédia. Por exemplo os tons DTMF na interação com sistemas automáticos de processamento de chamadas.