







Universidade de Aveiro

Mestrado Integrado em Engenharia de Computadores e Telemática

Exame de Arquitetura de Redes Avançadas - 14 de janeiro de 2016

Duração: 2h45m. Sem consulta. Justifique cuidadosamente todas as respostas.

1. Explique como é estabelecida uma relação de vizinhança BGP entre dois routers de sistemas autónomos diferentes e indique que mensagens são (potencialmente) trocadas. (1.5 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 recebeu por MP-BGP anúncios de uma rede no Japão por vários caminhos disjuntos. Pretende-se que o tráfego encaminhado por este operador, para esta rede no Japão, nunca passe por operadores Turcos ou Russos. (1.5 valores)
 - b) O operador tem vários acordos de *peering* MP-BGP. Num entanto, apenas o contrato com um dos operadores vizinhos não tem custos adicionais por tráfego encaminhado acima dos 10TB. O encaminhamento deverá ser feito preferencialmente pelo vizinho sem limitações de tráfego. (1.0 valores)
 - c) O operador recebeu por MP-BGP anúncios de uma rede no EUA de dois vizinhos. Cada um dos vizinhos usa potencialmente duas ligações transatlânticas, para o mesmo AS remoto, para aceder à rede dos EUA. 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. (1.5 valores)
3. Considere um cenário de um operador com um núcleo de rede com suporte MPLS usando o protocolo LDP.
 - a) Descreva o propósito e funcionamento do *Label Distribution Protocol* (LDP). (1.0 valores)
 - b) Explique porque o LDP não pode ser usado para o estabelecimento de túneis MPLS com reserva de largura de banda e caminho pré-definido. (1.0 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 o estabelecimento de ligações virtuais com largura de banda garantida. (1.5 valores)
 - d) Descreva o propósito e funcionamento de uma VPN MPLS e explique como pode ser implementada. (1.5 valores)
 - e) Descreva o propósito do protocolo COPS e apresente um cenário onde o mesmo seja aplicável na rede do operador. (1.0 valores) 
4. Um operador de redes IP sem rede telefónica tradicional (PSTN) deseja disponibilizar aos seus clientes domésticos um serviço telefónico VoIP (que permita chamadas para qualquer número telefónico) com base no protocolo SIP.
 - a) Descreva a arquitetura genérica do serviço e quais os seus blocos fundamentais. (1.0 valores) 
 - b) Descreva como é estabelecida uma chamada SIP entre um telefone VoIP do operador e um telefone externo ao operador. (1.0 valores) 
 - c) Como podem ser emulados/transmitidos os tons multi-frequência (DTMF) numa chamada telefónica SIP? (1.0 valores) 
 - d) Numa transmissão de dados multimédia com recurso ao protocolo RTP, explique o propósito dos campos *sequence number* e *timestamp* no cabeçalho dos pacotes RTP. (1.0 valores) 
5. Descreva as principais características de uma rede PON com arquitetura GPON e as diferenças fundamentais desta e de uma rede PON com arquitetura EPON. (2.0 valores)
6. Descreva as características fundamentais e elementos de uma *Content Distribution Network* (CDN) e a explique como pode ser usada para melhorar a distribuição de conteúdos multimédia? (1.5 valores)
7. Descreva as diferenças fundamentais das arquiteturas de uma rede móvel GSM/GPRS e de uma rede móvel UMTS? (1.0 valores) 

Soluções simplificadas:

1. Uma relação de vizinhança BGP é iniciada por um dos routers abrindo uma sessão TCP para o endereço do vizinho explicitamente configurado. 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.
 - 2a) Todos os anúncios de redes IP Japonesas (pré-conhecidas ou redes cujo o atributo BGP AS_PATH comece por um número de uma AS Japonês) cujo o atributo BGP AS_PATH contenha números de AS Turcos ou Russos deverão ser rejeitadas/negadas (deny). Os números dos AS e respectivos “donos” são públicos e acessíveis (ex: base de dados do RIPE).
 - 2b) Todos os anúncios de rotas recebidos do vizinho sem limitações de tráfego deverão ter uma preferência local maior. O atributo LOCAL_PREF será colocado em todos os anúncios enviados para os vizinhos BGP internos.
 - 2c) Como a escolha do caminho depende de informação remota não acessível nos anúncios de rotas, deverá contraturalizar-se com os operadores vizinhos a marcação dos anúncios BGP com uma comunidade (atributo COMMUNITY) de acordo com o link usado. Localmente, para todos os anúncios recebidos do vizinho em causa, e em função da comunidade (caso exista nos anúncios) deverá definir-se uma preferência local maior ou menor (de acordo com o link usado remotamente).
 - 3a) O propósito do LDP é a descoberta de LSR (Label Switching Routers) vizinhos e com eles definir LSP (Label Switched Path)s para todas as redes IP conhecidas. O LDP no processo de descoberta de LSR vizinhos usa mensagens **Hello** (UDP) enviadas em multicast. Após a descoberta de um vizinhos, um router cria e mantém uma sessão LDP usando mensagens **Initialization** e **KeepAlive**. De seguida usando mensagens **Address** anuncia os endereços IP dos seus interfaces. Depois, para cada rede IP que conhece escolhe um *label* e anuncia-o para os vizinhos usando mensagens **Label Mapping**. Existem ainda outras mensagens de *advertisement* de *labels* e notificação de erros.
 - 3b) O LDP não suporta reserva de recursos e engenharia de tráfego (TE).
 - 3c) Deverá ser ativado o protocolo RSVP-TE em todos os interfaces do domínio MPLS, definindo a largura de banda reservável no total e por fluxo. Igualmente é preciso ativar as extensões TE de um protocolo IGP (ex: OSPF-TE ou ISIS-TE) para propagar a informação sobre as capacidades dos diferentes interfaces.
 - 3d) Uma MPLS VPN é uma implementação possível de uma site-to-site VPN, a qual permite o encaminhamento de tráfego entre múltiplos nós/sites independentemente do encaminhamento do *core* da rede. 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*. Cada instância é univocamente identificada pelo *Route Distinguisher* (RD). Deverá existir um protocolo que permita a definição de um MPLS LSP entre os nós da VPN (LDP ou RSVP-TE). As rotas de cada *site* (e MPLS associado à VPN com o RD) da VPN serão trocadas por MP-BGP usando a família de endereços VPN IPv4 ou VPN IPv6.
- Nota: por definição uma VPN é uma rede privada virtual. A privacidade pode ser a vários níveis (ex: routing ou dados) e não é segura por omissão!
- 3e) O COPS (Common Open Policy Service) é um serviço que permite a gestão integrada de políticas de uma rede que usa o PEP-PDP model. Num cenário de um operador com um domínio MPLS com RSVP-TE o COPS pode ser usado em cada router (PEP) do domínio para consultar um servidor central (PDP) se pode reservar largura de banda para um determinado fluxo (ex: túnel MPLS) após a receção de mensagens RSVP Path/Resv.

- 4a) Um serviço VoIP SIP terá clientes e servidores. Os servidores poderão ter as seguintes funções: register proxy, redirect. Num cenário de operador deverá ainda existir um servidor SIP externo o qual deverá ser responsável por fazer a interligação com outras redes VoIP e a rede PSTN.
- 4b) Slides 51 e 53 dos slides de “IP Multimedia”.
- 4c) Slide 62 dos slides de “IP Multimedia”.
- 4d) O *sequence number* serve para ordenar os pacotes no destino e detetar perda de pacotes. O *timestamp* serve para sincronizar múltiplos *streams* de dados (ex: áudio e vídeo).
- 5) Uma rede PON (Passive Optical Network) com arquitetura GPON (Gigabit-PON) usa a GPON Transmission Convergence (GTC) para mapear múltiplas tecnologias de transporte numa tecnologia de transporte agnóstica. Os pacotes/tramas das diferentes tecnologias (com exceção do ATM) são encapsulados em *frames* GTC Encapsulation Method (GEM), que por sua vez são encapsulados em frames SONET/SDH-like GTC. O download é feito de forma síncrona usando TDM e o upload usa escalonamento TDMA. Uma rede PON com arquitetura EPON (Ethernet-PON), em contra-ponto, transporta os *frames* Ethernet de forma nativa na PON onde o download é feito como na Gigabit Ethernet e o upload usa escalonamento TDMA (distinto da GPON).
- 6) Slides 15 e 16 dos slides de CDN!
- 7) Uma rede GSM/GPRS usa TDMA, uma rede UMTS usa CDMA. Com as mudanças ao nível do rádio o Base Station Subsystem (BSS) do GSM/GPRS passa a UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN). Ao nível do core, Network Subsystem (NSS), as diferenças do GSM/GPRS para o UMTS passam apenas pelo suporte do UMTS por parte dos elementos.