

1. [3,5 pontos] Dois computadores, A e B, se comunicam a uma distância de 120Km através de um link bi-direcional full duplex de 100 Mbits/seg. A propagação do sinal no link é de 200.000 Km/seg. O computador A envia pacotes de 1500 bytes para B à taxa máxima até receber um pacote de STOP. O computador A volta a transmitir pacotes somente quando receber um pacote GO. O tamanho dos pacotes STOP e GO é de 100 bytes. O computador B possui um buffer de 15.000 bytes e sua aplicação está configurada para ler o buffer inteiro a cada 20 msec e enviar um pacote GO para o computador A.

- 1.1. Qual o tempo de transmissão de um pacote de 1500 bytes pelo computador A?

R:  $D_{trans-a-b} = L / R = 1500 * 8 \text{ bits} / 100 \text{ M bits} / \text{seg} = 120 \mu\text{seg}$

- 1.2. Quanto tempo leva para o último bit de um pacote ser propagado do computador A para o computador B?

R:  $D_{prop} = D / S = 120\text{Km} / 200.000 \text{ Km} / \text{seg} = 600 \mu\text{seg}$

- 1.3. Qual o número máximo de pacotes de 1500 bytes que pode estar no link A-B?

R:  $N = D_{prop} / D_{trans-a-b} = 600 \mu\text{seg} / 120 \mu\text{seg} = 5 \text{ pacotes}$

- 1.4. Quanto tempo leva para o buffer em B encher a partir do início da transmissão pelo computador A?

R: O Buffer enche quando B receber 10 pacotes de 1500 bytes. Portanto:

$$T1 = D_{prop} + 10 * D_{trans-a-b} = 600 \mu\text{seg} + 10 * 120 \mu\text{seg} = 1,8 \text{ mseg}$$

- 1.5. Após o início da transmissão pelo computador A, quanto tempo leva para o computador A receber o último bit de um pacote de STOP?

R:  $T2 = T1 + D_{prop} + D_{trans-b-a} = 1,8 \text{ mseg} + 600 \mu\text{seg} + 8 \mu\text{seg} = 2,408 \text{ mseg}$

- 1.6. Qual a taxa média de utilização do link A-B em Mbit/seg?

R:  $U = T2 / 20\text{mseg} = 2,408 \text{ mseg} / 20 \text{ mseg} = 12,04\%$

- 1.7. Qual a vazão percebida pela aplicação do computador B em Mbit/seg?

R:  $V = 15000 \text{ bytes} / 20\text{mseg} = 6 \text{ Mbps}$

2. [1,0 ponto] Quais são os dois tipos de serviços de transporte que a Internet provê às suas aplicações? Cite algumas características de cada um desses serviços. Indique, exemplifique e justifique que tipo de aplicação usa que tipo de serviço de transporte.

R: TCP e UDP. O serviço de transporte TCP é orientado a conexão, com transferência confiável fim-a-fim, recuperação de erros através de retransmissões, controle de fluxo e controle de congestionamento. Aplicações que não toleram perdas de pacotes, como por exemplo aplicações de transferência de arquivos (FTP), utilizam o serviço TCP. Já o serviço de transporte

UDP é um serviço não-orientado a conexão, com transferência não confiável, sem controle de fluxo e sem controle de congestionamento. Aplicações que toleram um certo nível de perdas de pacotes, porém que não toleram grandes variações no atraso fim-a-fim, utilizam tipicamente o serviço de transporte UDP, por exemplo aplicações multimídia como VoIP e streaming de áudio e vídeo.

3. [1,5 ponto] Qual é a vantagem de uma rede de comutação de circuitos em relação a uma de comutação de pacotes? E quais são as desvantagens? Comente sobre TDM e FDM em uma rede de comutação de circuitos.

R: Em redes de comutação de circuitos, através de pacotes de sinalização durante o estabelecimento da chamada, reserva-se um canal dedicado para a comunicação. A reserva de canal pode ser feita através de multiplexação por divisão no tempo (TDM) ou na frequência (FDM). No TDM um slot de tempo por ciclo é alocado para a transmissão periódica de cada usuário. Já no FDM, a faixa de frequência de transmissão é dividida para transmissão contínua em subcanais para cada usuário. As vantagens da comutação de pacotes estão no fato de que, após estabelecido o canal, a comunicação de dados é efetuada sem risco de congestionamento e com garantias de qualidade de serviço. Em redes de comutação de circuitos, a rota alocada funciona como um fio, não havendo a necessidade de armazenar e re-encaminhar pacotes a cada roteador intermediário na rota. Todos os pacotes da conexão seguem a mesma rota. No entanto, recursos alocados porém não utilizados não podem ser utilizados por nenhum outro usuário do sistema.

Já em comutação de pacotes, não é necessário se estabelecer uma rota. Não há reserva de recursos e cada pacote pode seguir uma rota diferente em direção ao destinatário. O endereço do destinatário é presente no cabeçalho de cada pacote e o roteamento e encaminhamento é feito de forma independente em cada roteador intermediário. Roteadores intermediários precisam armazenar e re-encaminhar pacotes em cada salto até o destino. Como não há reserva de recursos, todos os usuários do sistema compartilham os recursos, e uma melhor utilização da rede ocorre devido à multiplexação estatística. No entanto, redes de comutação de pacotes estão sujeitas a congestionamentos.

4. [1,0 ponto] Cite seis tecnologias de acesso. Classifique cada uma delas nas categorias acesso residencial, acesso corporativo ou acesso móvel.

R: Acesso residencial: acesso via DSL, acesso via cabo (HFC) e acesso discado (via linha telefônica); Acesso móvel: acesso via celular, acesso via satélite ou acesso via WiFi; Acesso corporativo: acesso via canal dedicado (T1, E1, ISDN (RDSI), ...), acesso via rádio, acesso via WiFi ou acesso via WiMax.

5. [1,0 ponto] Descreva a funcionalidade de cada camada da pilha de protocolos da Internet. Indique quais camadas estão tipicamente implementadas em roteadores e quais camadas estão implementadas nos sistemas finais.

R: Camada de Aplicação: Onde residem as aplicações. Inclui protocolos como HTTP, SMTP, FTP entre outros. Camada de Transporte: transporta mensagens fim a fim da origem ao destino. Camada de Rede: roteia e encaminha pacotes em direção ao destino. Camada de enlace: transmite quadros em enlaces conectando cada elemento de rede. Camada Física: Transmissão de bits individuais codificados de acordo com o meio de transmissão do enlace. Todas as camadas estão implementadas nos sistemas finais enquanto que nos roteadores apenas as camadas física, de enlace e de rede estão implementadas.

6. [1,0 ponto] Quais as principais características do serviço de transporte TCP? Contraste com o serviço UDP e indique que razões justificam usar UDP em algumas aplicações.

R: Serviço de transporte TCP é orientado a conexão, com transferência confiável fim-a-fim, recuperação de erros através de retransmissões, controle de fluxo e controle de congestionamento. Já o serviço de transporte UDP é um serviço não-orientado a conexão, com transferência não confiável, sem controle de fluxo e sem controle de congestionamento.

Aplicações que toleram um certo nível de perdas de pacotes, porém que não toleram grandes variações no atraso fim-a-fim, utilizam tipicamente o serviço de transporte UDP, por exemplo aplicações multimídia como VoIP e streaming de áudio e vídeo.

7. [1,0 ponto] Afirma-se que controle de fluxo e controle de congestionamento são equivalentes. Isso é válido para o serviço orientado a conexões da Internet? Os objetivos do controle de fluxo e do controle de congestionamento são os mesmos?

R: Não são equivalentes. O controle de fluxo visa impedir que um receptor fique sobrecarregado por estar recebendo pacotes a uma taxa superior à que este possa consumi-los. Já controle de congestionamento visa proteger a rede de uma carga de pacotes superior a sua capacidade.