

- 1 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: $U = T2 / 20\text{mseg} = 2,408 \text{ mseg} / 20 \text{ mseg} = 12,04\% * 100\text{Mbps} = 12,04 \text{ Mbps}$
 - 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 Considere a transmissão de voz do Host A para o Host B através de uma rede comutada por pacotes (por exemplo, VoIP). O Host A converte ao vivo, voz analógica para um fluxo de bits digitais de 64-Kbps. O Host A então agrupa os bits em pacotes de 128 bytes. Há um enlace entre o host A e o host B; a sua taxa de transmissão é de 10 Mbps e o atraso de propagação de 20 msec. Assim que o pacote é gerado no host A, ele o transmite para B. Assim que o host B receber um pacote completo ele converte os bits do pacote para um sinal analógico. Qual o tempo decorrido desde o instante em que o bit é criado (a partir do sinal analógico

em A) até que o bit seja decodificado (como sendo parte do sinal analógico em B)?
 Considere os atrasos para: empacotar os bits, transmiti-los e para que eles se propaguem até o host B.

$$R: D = D_{\text{codif}} + L / R + 20 \text{ mseg} = 16 \text{ mseg} + 0,1024 \text{ mseg} + 20 \text{ mseg} = 36,1024 \text{ mseg}$$

- 3 Considere uma rede de computadores que emprega comutação por pacote.
 Considere o envio de um pacote de uma máquina de origem para uma máquina de destino por uma rota com $(N - 1)$ roteadores.

- a) Relacione os atrasos (retardos) que o pacote experimenta em cada roteador.

R(a): - **retardo de processamento (d_{proc})**: este retardo inclui o tempo para examinar o cabeçalho do pacote e determinar para qual saída será encaminhado. Este retardo também inclui o tempo para a verificação do pacote quanto aos possíveis erros introduzidos durante a transmissão no enlace;

- **retardo de transmissão (d_{trans})**: este retardo depende do tamanho do pacote (L) e da taxa de transmissão (R) suportada, e seu valor é L / R ;

- **retardo de propagação (d_{prop})**: é o tempo de propagação de um bit de um extremo do enlace até o outro e depende da velocidade de propagação do sinal no meio utilizado (S) e da distância (D) e seu valor é D / S ; e

- **retardo de fila (d_{fila})**: tempo que o pacote aguarda na fila de entrada para ser encaminhado à fila de saída do roteador e o tempo de espera na fila de saída até que este seja o próximo pacote a ser transmitido na interface de saída.

- b) Quais desses atrasos são constantes e quais são variáveis?

R(b): - Retardo de processamento: constante;

- Retardo de transmissão: constante para um dado valor de L e R ;

- Retardo de propagação: constante para um dado valor de D e S ; e

- Retardo de fila: variável. Depende do nível de congestionamento da rede.

- c) Escreva a expressão do atraso fim-a-fim.

R(c): Para $N-1$ roteadores atravessados da origem até destino, temos que: Considerando retardos idênticos em cada um dos roteadores, a expressão seria a seguinte:

$$d_{\text{total}} = N * (d_{\text{fila}} + d_{\text{proc}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}).$$

Considerando retardos distintos nos roteadores, a expressão seria a seguinte:

$$d_{\text{total}} = \sum_{i=1}^N d_{\text{fila}}(i) + d_{\text{proc}}(i) + d_{\text{trans}}(i) + d_{\text{prop}}(i)$$

- 4 Considere a transmissão de um arquivo de $F = N \cdot L$ bits num caminho com Q roteadores separados por enlaces de M metros de comprimento. Suponha que a velocidade de propagação ao longo do enlace seja de S metros/seg. Cada enlace transmite a R bits/seg. A rede está levemente carregada de modo que não há atrasos de enfileiramento. Quando é utilizada uma forma de comutação de pacotes, os $N \cdot L$ bits são quebrados em N pacotes cada um com L bits. O atraso de propagação NÃO é desprezível.

- a. Suponha que a rede seja uma rede de circuitos virtuais comutada por pacotes. Seja o estabelecimento do circuito virtual feito por pacotes de controle com CVReq bits e CVReply bits. Durante a transmissão de dados, suponha que as

camadas de transmissão adicionem um total de H bits ao cabeçalho de cada pacote. Quanto tempo leva para transmitir o arquivo da fonte até o destino?

Resposta: $TS + (Q + N) * (L+H) / R + (Q + 1) * M/S$;

onde $TS = (Q + 1) * [(CVReq + CVReply) / R + 2 * M/S]$

- b. Suponha que a rede seja uma rede comutada por pacotes tipo datagrama e seja usado um serviço não orientado a conexões. Agora suponha que cada pacote possua 4H bits no cabeçalho. Qual o retardo para transmitir todo o arquivo?

Resposta: $(Q + N) * (L+4H) / R + (Q + 1) * M/S$

- c. Repita o item (b) mas assuma que seja usada a comutação de mensagens (ou seja, são adicionados 4H bits à mensagem e esta não é fragmentada).

Resposta: $(Q + 1) * [(NL+4H) / R + M/S]$

- d. Finalmente suponha que a rede seja comutada por circuitos. Além do mais, assuma que a taxa de transmissão do circuito entre origem e destino seja de R bits/seg. Assumindo que TS seja o tempo de estabelecimento do circuito e que H bits sejam adicionados a todo o arquivo, qual é o tempo necessário para transmitir o arquivo?

Resposta: $TS + (NL+H) / R + (Q + 1) * M/S$

- 5 A largura de banda de um sistema HFC é dedicada ou compartilhada entre os seus usuários? É possível haver colisões num canal HFC downstream (da raiz da árvore de distribuição até as residências)? Por que ou por que não?

R: Em um sistema HFC, a largura de banda upstream é compartilhada entre usuários de uma mesma vizinhança. No canal downstream, não há colisões uma vez que o terminal headend é o único a transmitir neste canal. (As transmissões upstream são enviadas em uma faixa de frequência separada das transmissões downstream).

- 6 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.

- 7 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.

- 8 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.

- 9 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.

- 10 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.