

1. Dois computadores, A e B, se comunicam a uma distância de 800Km através de um enlace de 100 Mbits/seg. A propagação do sinal no enlace é de 200.000 Km/seg.

a) Qual o tempo de transmissão de um pacote de 1000 bytes pelo computador A?

R(a):  $D_{trans-a-b} = L / R = 1000 * 8 \text{ bits} / 100 \text{ M bits} / \text{seg} = 80 \mu\text{seg}$

b) Qual o tempo de transmissão de um pacote de 100 bytes pelo computador B?

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

c) Quanto tempo leva para o último bit de um pacote ser propagado do computador A para o computador B?

R(c):  $D_{prop} = D / S = 800\text{Km} / 200.000 \text{ Km} / \text{seg} = 4 \text{ mseg}$

d) Quanto tempo leva para o primeiro bit de um pacote ser propagado do computador B para o computador A?

R(d):  $D_{prop} = D / S = 800\text{Km} / 200.000 \text{ Km} / \text{seg} = 4 \text{ mseg}$  (Independente de L)

e) Qual o número máximo de pacotes de 1000 bytes que pode estar no enlace A-B em um dado momento?

R(e):  $N = D_{prop} / D_{trans-a-b} = 4\text{mseg} / 80 \mu\text{seg} = 50 \text{ pacotes}$

2. Considere a transmissão de um arquivo de  $F = M * L$  bits num caminho com Q links. Cada link transmite a R bps. A rede está levemente carregada de modo que não há atrasos de enfileiramento. Quando é utilizada uma forma de comutação de pacotes, os  $M * L$  bits são quebrados em M pacotes cada um com L bits. O atraso de propagação é desprezível.

a) Suponha que a rede seja uma rede de circuitos virtuais comutada por pacotes. Seja TS o tempo de estabelecimento do circuito virtual. 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?

R(a):  $TS + M * (L+H) / R + (Q - 1) * (L+H)/R = TS + (M + Q - 1) * (L+H)/R$

- 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?

R(b):  $(M + Q - 1) * (L + 4H) / R$

- 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).

R(c):  $Q * (ML + 4H) / R$

- 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  $R$  bps. Assumindo que  $TS$  seja o tempo de estabelecimento da conexão e que  $H$  bits sejam adicionados a todo o arquivo, qual é o tempo necessário para transmitir o arquivo?

R(d):  $TS + (ML + H) / R$

3. Este problema elementar começa a explorar os atrasos de propagação e de transmissão, dois conceitos centrais em redes de dados. Considere dois hosts, **A** e **B**, conectados por um único enlace de taxa **R bps**. Suponha que os dois hosts estejam separados por **M metros** e suponha que a velocidade de propagação ao longo do enlace seja de **S metros/seg**. O Host A deve transmitir um pacote de comprimento **L bits** até o Host B.

- a) Expresse o atraso de propagação  $D_{prop}$  em termos de **M** e **S**.

R(a):  $D_{prop} = M / S$

- b) Determine o atraso de transmissão do pacote,  $D_{trans}$  em termos de **L** e **R**.

R(b):  $D_{trans} = L / R$

- c) Ignorando os atrasos de propagação e de enfileiramento, obtenha uma expressão para o atraso fim-a-fim.

R(c):  $D = D_{trans} + D_{prop} = L / R + M / S$

- d) Suponha que o host A comece a transmitir o pacote no instante  $t=0$ . No instante  $t = D_{trans}$ , onde se encontra o último bit de um pacote?

R(d): O último bit está sendo inserido no enlace no instante  $t = D_{trans}$ .

- e) Suponha que  $D_{prop}$  seja maior do que  $D_{trans}$ . No instante  $t = D_{trans}$ , onde se encontra o primeiro bit do pacote?

R(e): O primeiro bit ainda está em trânsito sendo propagado no enlace A-B.

- f) Suponha que  $D_{prop}$  seja menor do que  $D_{trans}$ . No instante  $t = D_{trans}$ , onde se encontra o primeiro bit do pacote?

R(f): O primeiro bit já foi recebido pelo host B.

- g) Suponha que  $S = 2,5 \cdot 10^8$  metros/seg,  $L = 1000$  bits e  $R = 28$  kbps. Encontre a distância  $M$  de modo que  $D_{prop}$  seja igual a  $D_{trans}$ .

R(g):  $M = SL/R \sim 8928$  Km

4. Neste problema consideramos 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 mseg. 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)?

R:  $D = D_{\text{codif}} + D_{\text{trans}} + D_{\text{prop}} = (128 \cdot 8) / 64 \text{ mseg} + (128 \cdot 8) / 10000 \text{ mseg} + 20 \text{ mseg}$   
 $D = 16 + 0,1024 + 20 = 36,1024 \text{ mseg}$

5. Quais são os dois tipos de serviços que a Internet provê às suas aplicações? Apresente algumas características de cada um desses serviços.

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.

6. Descreva brevemente como o serviço orientado a conexões da Internet provê um transporte confiável.

R: O transporte confiável fim-a-fim é obtido através da detecção e recuperação de erros e perdas de pacotes. Pacotes recebidos com erro são detectados através da verificação do campo checksum. Pacotes perdidos são detectados através do uso de temporizadores no emissor, ou através da transmissão de ACKs duplicados pelo receptor. Uma vez detectado o erro ou perda, o transmissor retransmite os pacotes perdidos.

7. Discorra sobre redes de comutação de circuitos e redes de comutação de pacotes, suas vantagens e desvantagens.

R: Redes de comutação de circuitos, através de pacotes de sinalização durante o estabelecimento da chamada, reservam um canal dedicado para a comunicação. Após estabelecido o canal, a comunicação de dados é efetuada sem risco de congestionamento. 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. 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.

8. 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).

9. Quais são as cinco camadas da pilha de protocolos da Internet? Quais são as principais responsabilidades de cada uma destas camadas?

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.

10. Que camadas da pilha de protocolos da Internet são processadas pelo roteador?

R: As camadas de rede, enlace e física são processadas pelo roteador.