



Fundação CECIERJ - Vice Presidência de Educação Superior a Distância

Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação

Disciplina: Redes de Computadores I

AD1 - 2º semestre de 2008.

Gabarito

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 $S = 200000$ Km/seg, $L = 1000$ bits e $R = 28$ kbps. Encontre a distância M de modo que D_{prop} seja igual a D_{trans} .

R(g): $M = SL/R \sim 7142$ 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

análogo em B)? Considere os atrasos para: empacotar os bits, transmiti-los e para que eles se propaguem até o host B.

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

5. 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:

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

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

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

6. Considere uma rede local com topologia em anel de fibra ótica uni-direcional de 12 km de comprimento operando a uma velocidade de 25 Mbps conforme ilustrado na figura. Considere que cada estação pode reter um token (permissão) para transmissão de dados (excluindo o token) por no máximo 1 msec, e logo em seguida deve transmitir o token para a estação vizinha. Considere que o token é um pacote de dados de comprimento 125 bytes. Considere que a propagação no canal é de $5 \mu\text{s} / \text{km}$. Considere que apenas estações que desejam transmitir retiram o token do anel e estações que não possuem dados a transmitir não retiram o token do anel.

- a) Qual o tamanho máximo de um pacote (em bits) que uma estação pode transmitir?

R(a): 25Kbits. (em 1 msec, já que a velocidade de transmissão no anel é de 25Mbps)

- b) Assumindo que apenas uma estação no anel possua sempre dados a transmitir, qual é o intervalo de tempo entre o início duas transmissões consecutivas desta estação?

R(b): 1,1 mseg. ($= 1 + 0,04 + 0,06$ mseg)

- c) E qual a vazão obtida por esta estação?

R(c): 22,7 Mbps. ($= 25\text{Kbits} / 1,1$ mseg)

- d) Assumindo que N estações igualmente espaçadas no anel possuam sempre dados a transmitir, qual é o intervalo de tempo entre o início de duas transmissões consecutivas de cada estação (função de N)?

R(d): $1,04 N + 0,06$ mseg. ($= N*1 + N*0,04 + 0,06$ mseg)

- e) E qual a vazão obtida por cada estação (função de N)?

R(e): $25 / (1,04N + 0,06)$ Mbps. ($= 25\text{Kbits} / (1,04N + 0,06$ mseg)

7. 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).

8. Quais são as cinco camadas da pilha de protocolos da Internet? Quais são as principais responsabilidades de cada uma destas camadas? Que camadas da pilha de protocolos da Internet são processadas pelo roteador?

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. Roteadores processam as camadas física, de enlace e de rede.

9. 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.

10. 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.