

1. (2,0 pontos) Considere a transmissão de um arquivo de $F = M \cdot L$ bits num caminho com Q roteadores. Cada enlace possui taxa de R bps. A rede está levemente carregada de modo que não há atrasos de enfileiramento. Quando é utilizada a comutação de pacotes, o arquivo é transmitido 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): $TS + M \cdot (L+H)/R + Q \cdot (L+H)/R = TS + (M + Q) \cdot (L+H)/R$

- b) Suponha que a rede seja uma rede comutada por pacotes tipo datagrama e que seja usado um serviço não orientado a conexões. Agora suponha que cada pacote possua $2H$ bits no cabeçalho. Qual o retardo para transmitir todo o arquivo?

R(b): $(M + Q) \cdot (L+2H) / R$

- c) Repita o item (b) mas assuma que seja usada a comutação de mensagens (ou seja, são adicionados $2H$ bits à mensagem e esta não é fragmentada em pacotes).

R(c): $(Q+1) \cdot (F+2H) / R$

- 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): $TS + (F+H) / R$

2. (2,0 pontos) Dois computadores, A e B, se comunicam a uma distância de 800km através de um enlace de 10Mbps/seg. A propagação do sinal no enlace é de 200.000 km/seg.

- a) Qual o tempo de transmissão de um pacote de 1500 bytes pelo computador A?

R: $D_{trans-a-b} = L / R = 1500 \cdot 8 \text{ bits} / 10 \text{ M bits} / \text{seg} = 1200 \mu\text{seg} = 1,2 \text{ mseg}$

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

R: $D_{prop} = D / S = 800\text{Km} / 200.000 \text{ Km} / \text{seg} = 4000 \mu\text{seg} = 4\text{mseg}$

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

R: $D_{prop} = 4\text{mseg}$

d) Qual o número máximo de pacotes de 1500 bytes que pode estar no enlace?

R: $N = D_{prop} / D_{trans-a-b} = 4000 \mu\text{seg} / 1200 \mu\text{seg} = 3,33 \text{ pacotes}$

3. (1,0 ponto) 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 pelo transmissor através do uso de temporizadores para a espera de ACKs, ou pelo receptor através do campo número de sequência dos pacotes recebidos. Neste caso são transmitidos ACKs duplicados pelo receptor. Uma vez detectado o erro ou perda, o transmissor retransmite os pacotes perdidos.

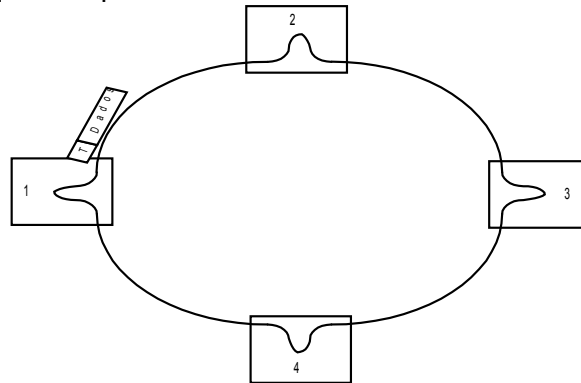
4. (1,5 pontos) Comente sobre o desempenho do protocolo HTTP em modo não persistente, persistente sem pipelining e persistente com pipelining.

R: O HTTP não persistente abre uma conexão TCP a cada requisição e fecha a conexão após o envio de cada resposta. O HTTP persistente mantém a conexão TCP aberta aguardando por novas requisições. Com isso, conexões TCP longas tendem a permitir uma melhor utilização da rede, através do uso de uma maior janela de congestionamento. O HTTP persistente com *pipelining* é capaz de transmitir os objetos requisitados em “paralelo”. Com isso, o HTTP não persistente tende a ter o maior tempo de resposta, pois existe o custo de estabelecimento e liberação de cada conexão TCP. Em relação aos persistentes, a versão com *pipelining* tende a ser a mais eficiente já que não há o intervalo de inatividade entre as requisições dos objetos.

5. (1,5 pontos) 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.

6. (2,0 pontos) Considere uma rede local com topologia em anel de fibra ótica uni-direcional de 12 km 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?

Ra: 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?

Rb: 1,1 msec. (= 1 + 0,04 + 0,06 msec)

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

Rc: 22,7 Mbps. (= 25Kbits / 1,1 msec)

- 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 (em função de N)?

Rd: $1,04 N + 0,06 \text{ msec.}$ (= $N*1 + N*0,04 + 0,06 \text{ msec}$)