

Redes de Computadores

Folha de Exercícios 1 – Proposta de Resolução

Um ficheiro MP3 de 10^6 bits de tamanho vai ser transmitido do computador origem para um computador destino. Todos os canais entre os dois computadores têm uma velocidade de transmissão de 1 Mbps. Assuma que a velocidade de propagação é de 2×10^5 km por segundo.

Dados:

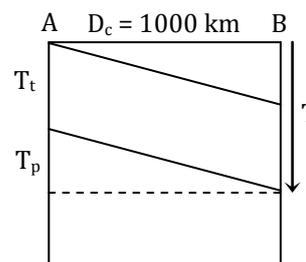
- $D_f = 10^6$ bits
- $V_t = 1 \text{ Mbps} = 10^6 \text{ bps}$
- $V_p = 2 \times 10^5 \text{ km/s}$

1. Suponha que só existe um canal entre os dois computadores com um comprimento total de 1000 km. Suponha também que todo o ficheiro é transmitido numa única mensagem sem um único cabeçalho. Calcule o tempo total de transmissão do ficheiro de um computador para o outro (latência de extremo a extremo).

$$T_t = \frac{D_f}{V_t} = \frac{10^6 \text{ (bits)}}{10^6 \text{ (bps)}} = 1 \text{ s}$$

$$T_p = \frac{D_c}{V_p} = \frac{10^3 \text{ (km)}}{2 \times 10^5 \text{ (km/s)}} = 0,5 \times 10^{-2} \text{ s} = 0,005 \text{ s}$$

$$T = T_t + T_p = 1 \text{ (s)} + 0,005 \text{ (s)} = 1,005 \text{ s} = 1005 \text{ ms}$$



2. Nas condições do exercício anterior, qual o “volume do canal”, isto é, quantos bits transmitiu o computador origem quando o primeiro bit chega ao computador destino?

$$T_p = 0,005 \text{ s} \quad V_t = 10^6 \text{ bps}$$

$$V = T_p \times V_t = 0,005 \text{ (s)} \times 10^6 \text{ (bps)} =$$

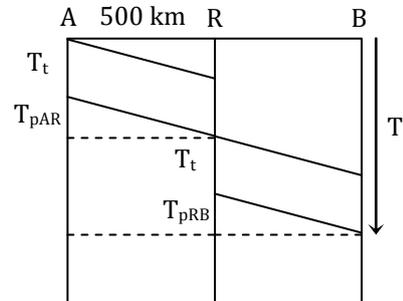
$$= 5 \times 10^{-3} \text{ (s)} \times 10^6 \text{ (bps)} =$$

$$= 5 \times 10^3 \text{ bits} = 5000 \text{ bits}$$

3. Suponha agora que existem dois canais de 500 km com um router no meio entre os dois computadores. Suponha também que todo o ficheiro é transmitido num único pacote. A transmissão do pacote pelo router só começa depois de este o ter recebido integralmente (*store & forward*). Suponha também que não há nenhuma saturação do router. Calcule o tempo de transmissão de extremo a extremo.

$$T_t = 1 \text{ s} \quad T_p = 0,005 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} T &= T_t + T_t + T_{pAR} + T_{pRB} = \\ &= 2 \times T_t + T_p = 2 \times 1 \text{ (s)} + 0,005 \text{ (s)} = \\ &= 2,005 \text{ s} \end{aligned}$$



4. Nas mesmas condições do exercício anterior, suponha agora que todo o ficheiro é transmitido em vários pacotes de 10.000 bits cada um. A transmissão de cada pacote pelo router só começa depois de este o ter recebido integralmente (*store & forward*). Ignore o tempo de processamento pelo router. Suponha também que não há nenhum outro tráfego a cruzar o router. Calcule o tempo de transmissão de extremo a extremo do ficheiro.

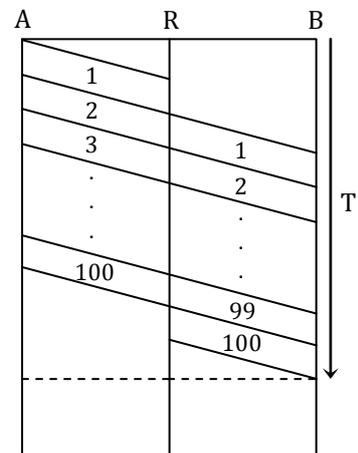
$$D_p = 10^4 \text{ bits} \quad D_f = 10^6 \text{ bits}$$

$$V_t = 10^6 \text{ bps} \quad T_p = 0,005 \text{ s}$$

$$\#P = \frac{D_f}{D_p} = \frac{10^6 \text{ (bits)}}{10^4 \text{ (bits)}} = 10^2 = 100 \text{ pacotes}$$

$$T_t = \frac{D_p}{V_t} = \frac{10^4 \text{ (bits)}}{10^6 \text{ (bps)}} = 10^{-2} \text{ s} = 0,01 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} T &= \#P \times T_t + T_t + T_{pAR} + T_{pRB} = \\ &= 100 \times T_t + T_t + T_p = 101 \times T_t + T_p = \\ &= 101 \times 0,01 \text{ (s)} + 0,005 \text{ (s)} = 1,015 \text{ s} \end{aligned}$$



(Quanto menor for a dimensão do pacote, menos se perde com *store & forward*.)

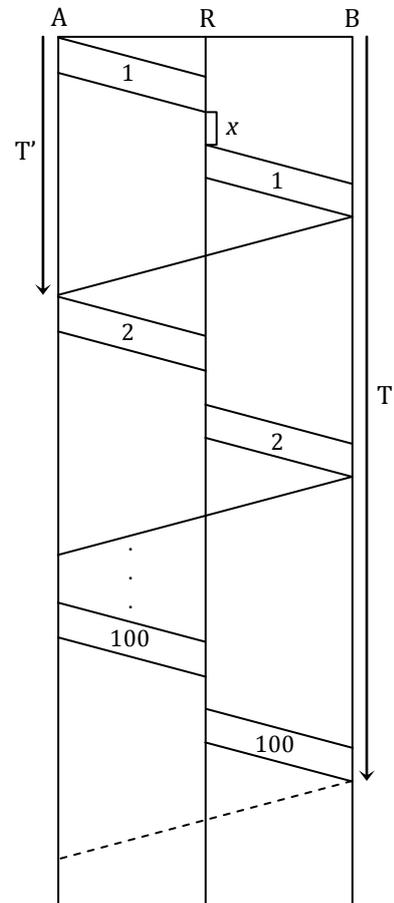
7. Nas mesmas condições que na questão 5, suponha agora que o router é cruzado por outro tráfego de outras aplicações e que cada pacote do ficheiro ao chegar ao router encontra dois pacotes de 5.000 bits cada à sua frente na fila de espera. Calcule o tempo de transmissão de extremo a extremo do ficheiro.

$$T_t = 0,01 \text{ s} \quad T_p = 0,005 \text{ s} \quad \text{RTT} = 0,01 \text{ s}$$

$$T_{tp} = \frac{T_t}{2} \quad x = 2 \times T_{tp} = T_t$$

$$\begin{aligned} T' &= 2 \times T_t + x + \text{RTT} = \\ &= 3 \times T_t + \text{RTT} = \\ &= 3 \times 0,01 \text{ (s)} + 0,01 \text{ (s)} = \\ &= 4 \times 0,01 \text{ (s)} = 0,04 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= 100 \times T' - \frac{\text{RTT}}{2} = \\ &= 100 \times 0,04 \text{ (s)} - 0,005 \text{ (s)} = 3,995 \text{ s} \end{aligned}$$



8. Nas mesmas condições que na questão anterior, suponha agora que o router é cruzado por outro tráfego de outras aplicações e que cada pacote do ficheiro ao chegar encontra entre 1 e 3 pacotes de 5.000 bits em média cada à sua frente na fila de espera. Calcule a variação da latência de encaminhamento extremo a extremo do ficheiro de cada pacote.

$$T_t = 0,01 \text{ s} \quad T_{tp} = \frac{T_t}{2} \quad \text{RTT} = 0,01 \text{ s}$$

$$T_1' = 2 \times T_t + T_{tp} + \text{RTT} = \frac{5}{2} \times T_t + \text{RTT} = \frac{5}{2} \times 0,01 \text{ (s)} + 0,01 \text{ (s)} = 0,035 \text{ s}$$

$$T_3' = 2 \times T_t + 3 \times T_{tp} + \text{RTT} = \frac{7}{2} \times T_t + \text{RTT} = \frac{7}{2} \times 0,01 \text{ (s)} + 0,01 \text{ (s)} = 0,045 \text{ s}$$

$$\text{Variação} = T_3' - T_1' = 0,045 \text{ (s)} - 0,035 \text{ (s)} = 0,01 \text{ (s)} = 10 \text{ ms}$$

9. Suponha que existem dois canais entre os dois computadores, com um router pelo meio. Um dos canais tem velocidade de transmissão de 1 Mbps e o outro tem velocidade de transmissão de 0,5 Mbps. Assumindo que não há outro tráfego na rede, qual é a velocidade de transmissão extremo a extremo média, aproximada, para a transferência de um ficheiro com 100×10^6 bits de comprimento.

0,5 Mbps