

Redes de Computadores

Folha de Exercícios 2 – Proposta de Resolução

1. Calcule o tempo total necessário para transmitir um ficheiro (*transmission delay* ou latência de transferência de extremo a extremo) com 1000 KB assumindo um RTT de 100 ms, um pacote com 1 KB de dados e um tempo de espera inicial de 1 RTT para o “*handshake*” antes de poderem ser enviados dados.

Dados:

- $D_f = 1000 \text{ KB}$
- $D_p = 1 \text{ KB} = 2^{10} \text{ bytes} = 8 \times 2^{10} \text{ bits} \sim 8 \times 10^3 \text{ bits}$
- $\text{RTT} = 100 \text{ ms}$
- $\text{handshake} = 1 \text{ RTT} = 100 \text{ ms}$

- a) A velocidade de transmissão do canal (*bit rate*) é de 1 Mbps e os pacotes podem ser enviados continuamente.

$$V_t = 1 \text{ Mbps} = 10^6 \text{ bps}$$

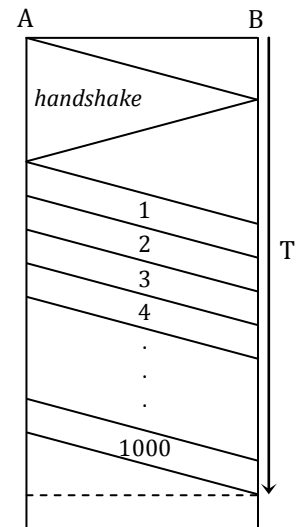
$$\#P = \frac{D_f}{D_p} = \frac{1000 \text{ (KB)}}{1 \text{ (KB)}} = 1000 \text{ pacotes}$$

$$T_t = \frac{D_p}{V_t} = \frac{8 \times 10^3 \text{ (bits)}}{10^6 \text{ (bps)}} = 8 \times 10^{-3} \text{ (s)} = 8 \text{ ms}$$

$$T = \text{handshake} + \#P \times T_t + \frac{\text{RTT}}{2} =$$

$$= 100 \text{ (ms)} + 1000 \times 8 \text{ (ms)} + 50 \text{ (ms)} =$$

$$= 8150 \text{ (ms)} = 8,15 \text{ s}$$

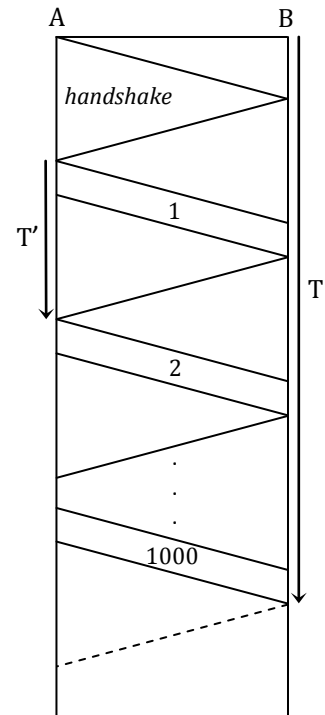


- b) A velocidade de transmissão do canal (*bit rate*) é de 1 Mbps, mas depois de enviar cada pacote é necessário esperar um RTT.

$$V_t = 1 \text{ Mbps} = 10^6 \text{ bps} \quad T_t = 8 \text{ ms}$$

$$T' = T_t + \text{RTT} = 8 \text{ (ms)} + 100 \text{ (ms)} = 108 \text{ ms}$$

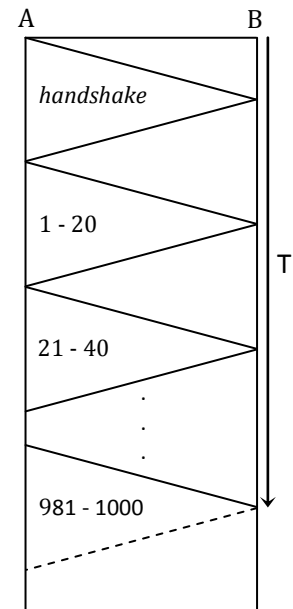
$$\begin{aligned} T &= \text{handshake} + \#P \times T' - \frac{\text{RTT}}{2} = \\ &= 100 \text{ (ms)} + 1000 \times 108 \text{ (ms)} - 50 \text{ (ms)} = \\ &= 108050 \text{ (ms)} = 108,05 \text{ s} \end{aligned}$$



- c) A velocidade de transmissão é “infinita”, isto é, o tempo de transmissão pode ser desprezado, mas em cada RTT só se podem enviar 20 pacotes.

$$V_t = \infty \quad 1 \text{ RTT} \rightarrow 20 \text{ pacotes}$$

$$\begin{aligned} T &= \text{handshake} + \frac{\#P}{20} \times \text{RTT} - \frac{\text{RTT}}{2} = \\ &= 100 \text{ (ms)} + \frac{1000}{20} \times 100 \text{ (ms)} - 50 \text{ (ms)} = \\ &= 100 \text{ (ms)} + 50 \times 100 \text{ (ms)} - 50 \text{ (ms)} = \\ &= 5050 \text{ (ms)} = 5,05 \text{ s} \end{aligned}$$

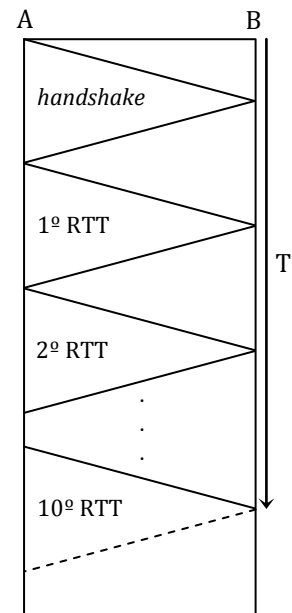


- d) A velocidade de transmissão é “infinita”, isto é, o tempo de transmissão pode ser desprezado, mas no 1º RTT pode-se enviar 1 pacote (2^{1-1} pacotes), no 2º RTT pode-se enviar 2 pacotes (2^{2-1} pacotes), no 3º RTT pode-se enviar 4 pacotes (2^{3-1} pacotes), no enésimo pode-se enviar 2^{N-1} pacotes.

$$2^{N-1} \geq 1000 \text{ pacotes} \Leftrightarrow 2^N \geq 1001 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow N \geq \log 1001 \Leftrightarrow N \geq 9,9 \Rightarrow N = 10$$

$$\begin{aligned} T &= \text{handshake} + N \text{ RTT} - \frac{\text{RTT}}{2} = \\ &= 1 \text{ RTT} + 10 \text{ RTT} - \frac{\text{RTT}}{2} = 11 \text{ RTT} - \frac{\text{RTT}}{2} = \\ &= 11 \times 100 \text{ (ms)} - 50 \text{ (ms)} = 1050 \text{ (ms)} = 1,05 \text{ s} \end{aligned}$$



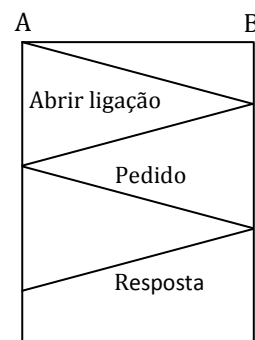
2. Um cliente HTTP acede a uma página HTML num servidor. Depois de obter essa página, o cliente deduz que a mesma tem 6 imagens e que as mesmas devem ser igualmente obtidas, a partir desse mesmo servidor, para mostrar o conteúdo total ao utilizador. O tempo de trânsito ida e volta (RTT) entre o cliente e o servidor são 100 ms. O cliente não tem nenhuma conexão aberta para o servidor antes de aceder à página. O tempo necessário para transmitir os comandos, a página ou as imagens são negligenciáveis.

Dados:

- RTT = 100 ms

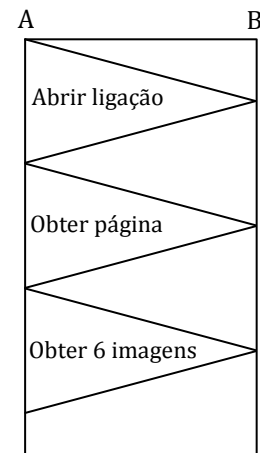
- a) Qual o tempo necessário para obter a página e as imagens usando o protocolo HTTP 1.0 (uma conexão por pedido)?

$$\begin{aligned} T &= 7 \times \text{Pedidos HTTP 1.0} = \\ &= 7 \times (\text{Abrir ligação} + \text{Pedido/Resposta}) = \\ &= 7 \times (1 \text{ RTT} + 1 \text{ RTT}) = 14 \text{ RTT} = \\ &= 14 \times 100 \text{ (ms)} = 1400 \text{ ms} \end{aligned}$$



- b) Qual o menor tempo necessário para obter a página e as imagens usando o protocolo HTTP 1.1 com *pipelining*?

$$T = 3 \text{ RTT} = 3 \times 100 \text{ (ms)} = 300 \text{ ms}$$



3. Admita que a página WWW com o URL <http://194.1.1.3:5689/teste.html> tem 100 bytes no total. Fazendo a análise do seu conteúdo conclui-se que contém texto e referências a duas imagens com os URLs:

<http://194.1.1.3/fig1.gif> (fig1.gif com 250 bytes)

<http://194.1.1.200/fig2.gif> (fig1.gif com 350 bytes)

- a) Indique justificadamente o número de pacotes IP trocados entre um cliente e o(s) servidor(es) para que o cliente possa mostrar a página completa (incluindo as duas imagens) ao utilizador. Admita que se está a usar o protocolo HTTP 1.0, que o MTU usado é de 1500 bytes, que os cabeçalhos não ocupam espaço, que uma conexão TCP gasta 3 pacotes na abertura e 4 no fecho e que uma consulta ao DNS gasta 2 pacotes.

$$3 \times (3 + 2 + 4) = 27 \text{ pacotes}$$

- b) Repita o cálculo admitindo que se mudou para o protocolo HTTP 1.1.

$$3 \times (3 + 2 + 4) = 27 \text{ pacotes}$$

4. Suponha que se desencadeia um acesso a uma página WEB com um browser. O endereço IP do servidor não está *cached* e para obter o endereço é necessário visitar n servidores DNS. Cada um desses servidores DNS está à distância de RTT , RTT_1 , ..., RTT_n do cliente e o mesmo usa uma consulta iterativa para obter o endereço IP do servidor. Suponha que a página é constituída por um único objecto de pequena dimensão. RTT_0 é o valor do RTT entre o cliente e o servidor WEB. Assumindo tempos de transmissão nulos da página, cacule o tempo necessário ao *browser* para mostrar a página ao utilizador.

$$\text{Consulta iterativa: DNS} = \sum_{i=1}^n RTT_i$$

$$\text{HTTP} = \text{Abrir ligação} + \text{Pedido/Resposta} = RTT_0 + RTT_0$$

$$T = \text{DNS} + \text{HTTP} = \sum_{i=1}^n RTT_i + 2RTT_0$$

5. No quadro do problema anterior, suponha que a página WEB é constituída pela pequena página inicial e referências a objectos 3 muito pequenos, residentes no mesmo servidor. Qual o tempo necessário para obter a totalidade das páginas nas seguintes hipóteses:

$$T = \text{DNS} + \text{HTTP} + 3\text{OBJ}$$

a) HTTP 1.0 sem conexões TCP paralelas

$$\begin{aligned} T &= \text{DNS} + (\text{handshake} + \text{página inicial}) + 3 \times (\text{handshake} + \text{objecto}) = \\ &= \sum_{i=1}^n RTT_i + (RTT_0 + RTT_0) + 3 \times (RTT_0 + RTT_0) = \sum_{i=1}^n RTT_i + 8RTT_0 \end{aligned}$$

b) HTTP 1.0 com conexões TCP paralelas

$$\begin{aligned} T &= \text{DNS} + (\text{handshake} + \text{página inicial}) + (\text{handshake} + \text{objectos}) = \\ &= \sum_{i=1}^n RTT_i + (RTT_0 + RTT_0) + (RTT_0 + RTT_0) = \sum_{i=1}^n RTT_i + 4RTT_0 \end{aligned}$$

c) HTTP 1.1 com *pipelining*

$$\begin{aligned} T &= \text{DNS} + \text{handshake} + \text{página inicial} + \text{objectos} = \\ &= \sum_{i=1}^n RTT_i + RTT_0 + RTT_0 + RTT_0 = \sum_{i=1}^n RTT_i + 3RTT_0 \end{aligned}$$

6. Admita por hipótese que o RTT médio dentro da rede interna da FCT é de 2 ms, que a capacidade dos canais que ligam todos os computadores da FCT à rede interna é de 10 Mbps e que essa rede está bem dimensionada para o tráfego existente, não se formando em geral filas de espera nos routers internos.

Dados:

- $RTT = 2 \text{ ms}$
- $V_t = 10 \text{ Mbps} = 10 \times 10^6 \text{ bps} = 10^7 \text{ bps}$

- a) Qual é o tempo médio necessário para receber a resposta de um pedido HTTP, feito por um PC da FCT a um servidor interno, através do protocolo HTTP 1.0, sabendo que a resposta ao pedido tem um total de 10.000 bits, e assumindo um tempo de processamento do pedido pelo servidor desprezável.

$$D_p = 10^4 \text{ bits}$$

$$T_t = \frac{D_p}{V_t} = \frac{10^4 \text{ (bits)}}{10^7 \text{ (bps)}} = 10^{-3} \text{ (s)} = 1 \text{ ms}$$

$$T = \text{handshake} + \text{Pedido} + T_t = 2 \times RTT + T_t = 2 \times 2 \text{ (ms)} + 1 \text{ (ms)} = 5 \text{ ms}$$

- b) Admita por hipótese que o RTT médio entre um computador da rede da FCT e um servidor HTTP externo é de 200 ms. Decidiu-se instalar um servidor *proxy/cache* HTTP na FCT que todos os computadores internos passaram a usar. Constatou-se que, em 50% dos casos, uma página HTTP solicitada já estava no *proxy* (*cache hit ratio* = 50%). Admita que todas as páginas pedidas tinham 10.000 bits, os PC internos e o *proxy* só usam o protocolo HTTP 1.0 e que o tempo de transmissão da página pelo servidor é igual ao tempo de transmissão da página pelo *proxy*. Qual o tempo médio que dura cada acesso a uma página HTTP?

$$\text{cache hit ratio} = 50\% \quad RTT_{\text{externo}} = 200 \text{ ms} \quad T_t = 1 \text{ ms}$$

$$\begin{aligned} T &= \text{cache hit ratio} \times (\text{handshake}_{B/P} + \text{Pedido}_{B/P} + T_t) \\ &\quad + (1 - \text{cache hit ratio}) [(\text{handshake}_{B/P} + \text{Pedido}_{B/P} + T_t) \\ &\quad + (\text{handshake}_{P/S} + \text{Pedido}_{P/S} + T_t)] = \\ &= 0,5 \times (2 \times 2 \text{ (ms)} + 1 \text{ (ms)}) + 0,5 \\ &\quad \times [(2 \times 2 \text{ (ms)} + 1 \text{ (ms)}) + (2 \times 200 \text{ (ms)} + 1 \text{ (ms)})] = \\ &= 0,5 \times 5 \text{ (ms)} + 0,5 \times (5 \text{ (ms)} + 401 \text{ (ms)}) = 205,5 \text{ ms} \end{aligned}$$