



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Architettura di Internet

a.a. 2022/2023

Esercitazione 3

Ulderico Vagnoni
ulderico.vagnoni2@unibo.it

www.unibo.it

Esercizio

Considerare un collegamento singolo tra due nodi A e B, separati da 900 km e collegati da una fibra ottica con banda 10 Mbps. Assumendo che la velocità di propagazione del segnale sulla fibra sia di $2.5 * 10^8$ m/s e che la grandezza dei pacchetti sia di 15 kbit, calcolare:

- Calcolare il ritardo end-to-end
- Se il server inizia a trasmettere un pacchetto all'istante $t = 0$, dove si trova l'ultimo bit del pacchetto all'istante $t = \frac{d_{trasm}}{v}$
- Se il server inizia a trasmettere un pacchetto all'istante $t = 0$, dove si trova il primo bit del pacchetto all'istante $t = \frac{d_{trasm}}{v}$
- Determinare la distanza tra i due host tale per cui il ritardo di trasmissione è uguale a quello di propagazione



Soluzione

(a)

$$d_{prop} = \frac{900 \cdot 10^3 \text{ m}}{2.5 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 3.6 \text{ ms}$$

$$d_{trasm} = \frac{15 \cdot 10^3 \text{ bit}}{10 \cdot 10^6 \text{ bit/s}} = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ s} = 1.5 \text{ ms}$$

$$d_{end-to-end} = 3.6 + 1.5 = 5.1 \text{ ms}$$

(b) l'ultimo bit del pacchetto si trova all'inizio del collegamento

(c) poiché $d_{prop} > d_{trasm}$, il primo bit del pacchetto si trova a distanza

$$x = d_{trasm} \cdot V = 1.5 \cdot 10^{-3} \cdot 2.5 \cdot 10^8 \text{ m} = 3.75 \cdot 10^5 \text{ m} = 375 \text{ km}$$

dal server A

(d)

$$d_{prop} = d_{trasm}$$

$$\frac{D}{V} = d_{trasm}$$

$$D = d_{trasm} \cdot V = 1.5 \cdot 10^{-3} \cdot 2.5 \cdot 10^8 = 375 \text{ km}$$



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Connessione TCP e 3-way handshake

Il 3-way handshake è un metodo di apertura di una connessione TCP (Transmission Control Protocol) tra due dispositivi, in cui vengono scambiati tre messaggi tra il client e il server per stabilire una connessione affidabile.

Il processo di handshake inizia con il client che invia un pacchetto SYN (synchronize) al server, indicando il numero di sequenza iniziale x . Il server risponde inviando un pacchetto SYN-ACK (synchronize-acknowledge) al client, confermando il numero di sequenza iniziale e indicando anche il suo numero di sequenza iniziale y . Infine, il client invia un pacchetto ACK (acknowledge) al server, confermando il suo numero di sequenza iniziale e il numero di sequenza iniziale del server.



Connessione TCP e 3-way handshake

Il tempo impiegato per eseguire questa operazione è pari a 3 volte il delay di propagazione:

$$d_{conn} = 3 \times d_{prop}$$

Inoltre, nei problemi si dovrà tenere conto del tempo impiegato dai segmenti di ack per arrivare a destinazione. Per ogni pacchetto ricevuto, il client risponde con un segmento di ack, il cui tempo per arrivare al server è pari al delay di propagazione:

$$d_{ack} = d_{prop}$$

La finestra di trasmissione rappresenta il numero massimo di pacchetti che il mittente può inviare senza attendere la conferma di ricezione dei segmenti inviati dal destinatario.



Connessioni persistenti e non persistenti

In una connessione persistente, il client e il server mantengono la connessione aperta dopo l'apertura della connessione TCP, consentendo al client di inviare ulteriori richieste senza dover aprire una nuova connessione. In questo modo, si evita il costo aggiuntivo di aprire e chiudere la connessione per ogni richiesta.

In una connessione non persistente, il client apre una connessione TCP con il server, invia una richiesta HTTP per ottenere una risorsa e attende la risposta del server. Una volta ricevuta la risposta, la connessione viene chiusa. Se il client ha bisogno di accedere ad altre risorse, dovrà aprire una nuova connessione TCP.



Connessioni persistenti e non persistenti (2)

In una connessione persistente, bisogna considerare il 3-way handshake una sola volta.

In una connessione non persistente, bisogna considerarlo tante volte quanti sono i file da inviare.



Connessioni parallele e non parallele

Una connessione parallela si riferisce a una situazione in cui un client apre più di una connessione con lo stesso server per gestire la richiesta di più risorse contemporaneamente.

D'altra parte, una connessione non parallela o singola connessione si riferisce a una connessione in cui il client e il server stabiliscono una sola connessione per la trasmissione di tutti i dati richiesti dal client.

Nel caso di una connessione con **N** connessioni parallele, il tempo di trasmissione del file viene calcolato considerando una banda equamente divisa per ogni connessione parallela:

$$d_{trasm} = \frac{L}{R/N}$$



Esercizio 1

Un host A inizia una connessione TCP con un webserver B posto a 2000km di distanza tramite un collegamento da 1 Mbps, avente un ritardo di propagazione pari a 10 microsecondi per km. I file da scaricare sono 3 file binari, ognuno della dimensione di 5.4 Kbyte. La lunghezza massima dei pacchetti è di 1.8 Kbyte mentre la dimensione della finestra è fissa a 1. Calcolare il tempo impiegato per completare il download di tutti i file nei seguenti casi:

- La connessione è non persistente e non sono permesse connessioni TCP parallele
- La connessione è persistente e non sono permesse connessioni TCP parallele
- La connessione è non persistente e sono permesse fino a 3 connessioni TCP parallele con banda equamente divisa



Esercizio 1 - Soluzioni

(a) Nel caso di connessione non persistente il numero di segmenti scambiati per ogni connessione sono i seguenti:

- 3 segmenti piccoli per aprire la connessione
- 3 segmenti contenenti di dati da 1.8 Kbyte
- 3 segmenti di ack a conferma della ricezione dei dati

I tempi di trasmissione dei segmenti di ack/syn e di quelli con i dati sono:

$$d_{syn} = d_{prop} = \frac{D}{V} = 2000 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ s} = 20 \text{ ms}$$

$$\begin{aligned} d_{dati} &= d_{prop} + d_{trasm} = d_{prop} + \frac{L}{R} = 2 \cdot 10^{-2} + \frac{1.8 \cdot 8 \cdot 10^3}{10^6} \\ &= 2 \cdot 10^{-2} + 14.4 \cdot 10^{-3} = 34.4 \text{ ms} \end{aligned}$$

Il tempo impiegato da ogni connessione è quindi

$$d_{conn} = 6 \cdot d_{syn} + 3 \cdot d_{dati} = 12 \cdot 10^{-2} + 10.32 \cdot 10^{-2} = 22.32 \cdot 10^{-2} \text{ s} = 0.2232 \text{ s}$$

per un tempo totale $d_{tot} = 3 \cdot d_{conn} = 3 \cdot 0.2232 = 0.6696 \text{ s}$



Esercizio 1 - Soluzioni

(b) Nel caso di una sola connessione persistente i segmenti scambiati sono:

- 3 segmenti piccoli per aprire la connessione
- 9 segmenti contenenti di dati da 1.8 Kbyte
- 9 segmenti di ack a conferma della ricezione dei dati

Quindi il tempo totale è $d_{tot} = 12 \cdot d_{sin} + 9 \cdot d_{dati} = 24 \cdot 10^{-2} + 30.96 \cdot 10^{-2} = 0.5496 \text{ s}$



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esercizio 1 - Soluzioni

a) Nel caso di connessione non-persistente e parallela il numero di segmenti scambiati per ogni connessione sono i seguenti:

- 3 segmenti per aprire la connessione
- 3 segmenti contenti dati da 1.8 Kbyte
- 3 segmenti di ack per ognuno dei dati

Inoltre, la banda viene equamente divisa per il numero di connessioni parallele (in questo caso 3):

$$d_{trasm} = \frac{1.8 * 8 * 10^3}{10^6 / 3} = 4.3636 * 10^{-2} s$$

$$d_{dati} = 2 * 10^{-2} + 4.3636 * 10^{-2} = 6.3636 * 10^{-2} s$$

$$\begin{aligned} d_{tot} &= 6 * d_{prop} + 3 * d_{dati} \\ &= 1.2 * 10^{-1} + 1.9 * 10^{-1} = 0.31 s \end{aligned}$$



Esercizio 2

Consideriamo due host posti a 320 km di distanza tramite un collegamento da 7Mbps avente ritardo di propagazione pari a 0.05ms per km. I file da scaricare sono tre file binari, ognuno di dimensione 12 Kbyte. La lunghezza dei pacchetti è di 1500 Byte mentre la dimensione della finestra è fissa a 1. Calcolare il tempo impiegato per completare il download nei seguenti casi:

- La connessione è non persistente e non sono permesse connessioni TCP parallele
- La connessione è persistente e non sono permesse connessioni TCP parallele
- La connessione è non persistente e sono permesse fino a 3 connessioni TCP parallele con banda equamente divisa



Esercizio 2 - Soluzioni

$$D = 320\text{km} = 3.2 * 10^5\text{m}$$

$$d_{prop} = 320\text{km} * 0.05\text{ms} = 16\text{ms} = 1.6 * 10^{-2}\text{s}$$

$$R = 7 * 10^6\text{bit/s}$$

$$L = 1.5\text{K}ylobyte = 1.2 * 10^4\text{bit}$$

$$F = 12\text{k}ylobyte = 9.6 * 10^4\text{bit}$$

$$d_{trasm} = \frac{L}{R} = \frac{1.20 \times 10^4 \text{ bit}}{7.00 \times 10^6 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} = 1.7143 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$d_{dati} = d_{prop} + d_{trasm} = 1.60 \times 10^{-2} \text{ s} + 1.71 \times 10^{-3} \text{ s} = 1.7714 \times 10^{-2} \text{ s}$$



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esercizio 2 - Soluzioni

a) non persistente, non parallela

$$N_{\text{pacchetti}} = \frac{F}{L} = \frac{9.60 \times 10^4 \text{ bit}}{1.20 \times 10^4 \text{ bit}} = 8$$

$$d_{\text{conn}} = 3 \cdot d_{\text{syn}} + N \cdot (d_{\text{syn}} + d_{\text{dati}}) = 3 \cdot 1.60 \times 10^{-2} \text{ s} + 8.0 \cdot (1.60 \times 10^{-2} \text{ s} + 1.77 \times 10^{-2} \text{ s}) = 3.1771 \times 10^{-1} \text{ s}$$

$$d_{\text{tot}} = 3 \cdot d_{\text{conn}} = 9.53 \times 10^{-1} \text{ s}$$

b)  persistente, non parallela

$$d_{\text{tot}} = 3 \cdot d_{\text{syn}} + 3 \cdot (8.0 \cdot (d_{\text{syn}} + d_{\text{dati}})) = 8.5714 \times 10^{-1} \text{ s}$$



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esercizio 2 - Soluzioni

c) non persistente, parallela

$$d_{dati} = d_{prop} + \frac{L}{R/3} = 1.60 \times 10^{-2}s + 3 * \frac{1.20 \times 10^4 bit}{7 \times 10^6 bit/s} = 2.114 \times 10^{-2}s$$

$$d_{tot} = 3 * d_{syn} + N(d_{syn} + d_{dati}) = 3 * 1.6 \times 10^{-2} + 8 * (1.6 \times 10^{-2} + 2.114 \times 10^{-2}) = 3.45 \times 10^{-2}s$$



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Esercizio 3

Consideriamo due host posti a 480km di distanza tramite un collegamento da 10Mbps avente ritardo di propagazione pari a 0.1ms per km. I file da scaricare sono quattro; due file binari di dimensione 10Kbyte e altri due di dimensione 20Kbyte. La lunghezza dei pacchetti è di 1800 Byte mentre la dimensione della finestra è fissa a 1. Calcolare il tempo impiegato per completare il download nei seguenti casi:

- La connessione è non persistente e non sono permesse connessioni TCP parallele
- La connessione è persistente e non sono permesse connessioni TCP parallele
- La connessione è non persistente e sono permesse fino a 2 connessioni TCP parallele con banda equamente divisa



Esercizio 3 - Soluzioni

$$D = 480 \text{ km} = 4.8 * 10^5 \text{ m}$$

$$d_{prop} = 480 \text{ km} * 0.1 \text{ ms} = 48 \text{ ms} = 4.8 * 10^{-2} \text{ s}$$

$$d_{trasm} = \frac{L}{R} = 1.44 * 10^{-3} \text{ s}$$

$$R = 1 * 10^7 \text{ bit/s}$$

$$L = 1.8 \text{ Kbyte} = 1.44 * 10^4 \text{ bit}$$

$$F_1 = 10 \text{ Kbyte} = 8 * 10^4 \text{ bit}$$

$$F_2 = 20 \text{ Kbyte} = 1.6 * 10^5 \text{ bit}$$

$$d_{dati} = d_{prop} + d_{trasm} = 4.80 * 10^{-2} \text{ s} + 1.44 * 10^{-3} \text{ s} = 4.9440 * 10^{-2} \text{ s}$$

per i file da 10kB

$$N_{pacchetti1} = \frac{F}{L} = \frac{9.60 * 10^4 \text{ bit}}{1.44 * 10^4 \text{ bit}} = 5.555555555555555$$

per i file da 20kB

$$N_{pacchetti2} = \frac{F}{L} = \frac{9.60 * 10^4 \text{ bit}}{1.44 * 10^4 \text{ bit}} = 11.11111111111111$$

$$N_{tot} = 2 * (6 + 12) = 36$$

Esercizio 3 - Soluzioni

a) non persistente, non parallela

$$d_{tot} = 4 \cdot 3 \cdot d_{syn} + N_{tot} \cdot (d_{syn} + d_{dati}) = 12 \cdot 4.80 \times 10^{-2} \text{ s} + 36 \cdot (4.80 \times 10^{-2} \text{ s} + 4.94 \times 10^{-2} \text{ s}) = 4.0838 \times 10^0 \text{ s}$$

b) persistente, non parallela

$$d_{tot} = 3 \cdot d_{syn} + (36 \cdot (d_{syn} + d_{dati})) = 3.6518 \times 10^0 \text{ s}$$

c) non persistente, parallela

$$d_{dati-p} = d_{prop} + \frac{L}{\frac{R}{2}} = 4.80 \times 10^{-2} \text{ s} + 2 \cdot \frac{1.44 \times 10^4 \text{ bit}}{1.00 \times 10^7 \frac{\text{bit}}{\text{s}}} = 5.0880 \times 10^{-2} \text{ s}$$

$$d_{par1} = 3 \cdot d_{syn} + N_1 \cdot (d_{syn} + d_{dati}) = 3 \cdot 4.80 \times 10^{-2} \text{ s} + 6 \cdot (4.80 \times 10^{-2} \text{ s} + 5.09 \times 10^{-2} \text{ s}) = 7.3728 \times 10^{-1} \text{ s}$$

$$d_{par2} = 3 \cdot d_{syn} + N_2 \cdot (d_{syn} + d_{dati}) = 3 \cdot 4.80 \times 10^{-2} \text{ s} + 12 \cdot (4.80 \times 10^{-2} \text{ s} + 5.09 \times 10^{-2} \text{ s}) = 1.3306 \times 10^0 \text{ s}$$

$$d_{tot} = d_{par1} + d_{par2} = 2.0678 \times 10^0 \text{ s}$$





ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Campus di Bologna
Corso di Laurea in Informatica per il management

E-mail ulderico.vagnoni2@unibo.it