

# Architetture di Internet – esercizi livello Applicazione

Davide Bresolin

18 Marzo 2016

**Esercizio 1.** Considerare un collegamento a 10 Mbps (Megabit per secondo) tra un server A ed un client B. La distanza tra i due host è di 900 km e la velocità di propagazione del segnale lungo la linea è di  $2.5 \cdot 10^8$  m/s. Il server invia i dati in pacchetti di 15 kbit.

- (a) Calcolare il ritardo end-to-end
- (b) Se il server inizia a trasmettere un pacchetto all'istante  $t = 0$ , dove si trova l'ultimo bit del pacchetto all'istante  $t = d_{trasm}$ ?
- (c) Se il server inizia a trasmettere un pacchetto all'istante  $t = 0$ , dove si trova il primo bit del pacchetto all'istante  $t = d_{trasm}$ ?
- (d) Determinare la distanza tra i due host tale che  $d_{prop} = d_{trasm}$ .

**Soluzione.**

$$\begin{aligned} \text{(a)} \quad d_{prop} &= \frac{900 \cdot 10^3 \text{ m}}{2.5 \cdot 10^8 \text{ m/s}} = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 3.6 \text{ ms} \\ d_{trasm} &= \frac{15 \cdot 10^3 \text{ bit}}{10 \cdot 10^6 \text{ bit/s}} = 1.5 \cdot 10^{-4} \text{ s} = 1.5 \text{ ms} \\ d_{end-to-end} &= 3.6 + 1.5 = 5.1 \text{ ms} \end{aligned}$$

- (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

$$x = d_{trasm} \cdot V = 1.5 \cdot 10^{-4} \cdot 2.5 \cdot 10^8 \text{ m} = 3.75 \cdot 10^5 \text{ m} = 375 \text{ km}$$

dal server A

$$\begin{aligned} \text{(d)} \quad d_{prop} &= d_{trasm} \\ \frac{D}{V} &= d_{trasm} \\ D &= d_{trasm} \cdot V = 1.5 \cdot 10^{-4} \cdot 2.5 \cdot 10^8 = 375 \text{ km} \end{aligned}$$

**Esercizio 2.** Supporre che due host A e B, siano separati da 8000 km e siano collegati da un fibra ottica con banda 100 MBps (Megabyte per secondo). Assumendo che la velocità di propagazione del segnale sulla fibra sia di  $2.5 \cdot 10^8$  metri/secondo, rispondere alle seguenti domande.

- (a) Calcolare prodotto banda-ritardo.

- (b) Assumere ora che un file di 1550 Gbyte sia inviato, in maniera continua, in una unica soluzione come un unico messaggio, da A a B. Qual'è il numero massimo di bit che si troveranno in viaggio sulla fibra ad un dato momento?
- (c) Assumiamo che il file venga inviato usando un protocollo stop-and-wait, e che il ritardo di trasmissione dei pacchetti di conferma sia trascurabile. Calcolare il tempo totale impiegato per inviare il file se i pacchetti hanno dimensione 1500 Byte.

**Soluzione.**

(a)

$$R \cdot d_{prop} = R \cdot \frac{D}{V} = 100 \cdot 8 \cdot 10^6 \cdot \frac{8000 \cdot 10^3}{2.5 \cdot 10^8} \text{ bit} = 25.6 \cdot 10^6 \text{ bit} = 25.6 \text{ Mbit}$$

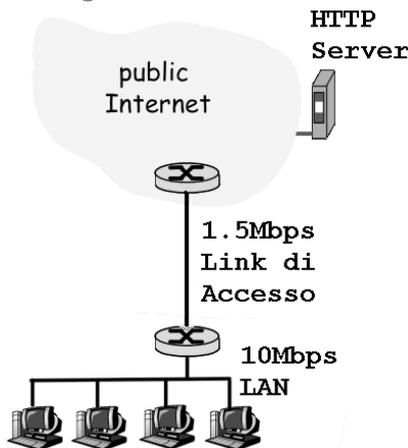
(b) il numero massimo di bit sulla linea è pari al prodotto banda-ritardo: 25.6 Mbit

(c)  $N = \frac{1550 \cdot 10^9}{1500} = 1.033 \cdot 10^9$  pacchetti totali

$$d_{pac} = 2 \cdot d_{prop} + d_{trasm} = 2 \cdot \frac{D}{V} + \frac{L}{R} = 2 \cdot \frac{8000 \cdot 10^3}{2.5 \cdot 10^8} + \frac{1500 \cdot 8}{100 \cdot 10^6} = 6.412 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

$$T = N \cdot d_{pac} = 1.033 \cdot 10^9 \cdot 6.412 \cdot 10^{-2} = 6.623 \cdot 10^7 \text{ s}$$

**Esercizio 3.** In riferimento alla figura, si supponga che la dimensione di una immagine GIF richiesta sia di  $L = 1.5$  KByte. Si supponga anche che il tempo di ritardo introdotto accedendo alla rete Internet sia di 5 secondi in media. Il tempo medio totale di risposta è definito come la somma del ritardo introdotto dalla LAN, del ritardo dovuto al link di accesso (tra i due router) e il ritardo derivante da Internet. Si assuma che i ritardi sulla LAN e sul link di accesso siano univocamente imputabili al tempo di trasmissione dell'immagine GIF.



- (a) Si calcoli il tempo medio di risposta
- (b) Si supponga ora che una cache con un "hit rate" medio del 40% sia installata sulla LAN. Si calcoli il tempo medio totale di risposta.
- (c) Si supponga ora che ogni client possieda una cache locale. Assumendo questo meccanismo abbia un "hit rate" medio del 60%, si calcoli ora il tempo medio totale di risposta.

**Soluzione.**

$$\begin{aligned} (a) \quad d_{tot} &= d_{int} + d_{link} + d_{lan} = d_{int} + \frac{L}{R_{link}} + \frac{L}{R_{lan}} \\ &= 5 + \frac{1.5 \cdot 8 \cdot 10^3}{1.5 \cdot 10^6} + \frac{1.5 \cdot 8 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^6} = 5 + 8 \cdot 10^{-3} + 1.2 \cdot 10^{-3} = 5.0092 \text{ s} \end{aligned}$$

$$(b) \quad d_{medio} = 60\% \cdot d_{tot} + 40\% \cdot d_{lan}$$

$$= 0.6 \cdot 5.0092 + 0.4 \cdot 1.2 \cdot 10^{-3} = 3.00552 + 0.48 \cdot 10^{-3} = 3.006 \text{ s}$$

$$(c) \quad d_{medio} = 60\% \cdot 0 + 40\%(60\% \cdot d_{tot} + 40\% \cdot d_{lan})$$

$$= 0.4 \cdot (0.6 \cdot 5.0092 + 0.4 \cdot 1.2 \cdot 10^{-3}) = 0.4 \cdot (3.00552 + 0.48 \cdot 10^{-3})$$

$$= 0.4 \cdot 3.006 = 1.2024 \text{ s}$$

**Esercizio 4.** Un host A si connette ad un webserver B posto a 2000 km di distanza tramite un collegamento da 1 Mbps avente ritardo di propagazione pari a 10 microsecondi per km. La pagina web da scaricare è composta da un file HTML e di due file binari, ognuno di dimensione 5.4 Kbyte. Il MSS della connessione TCP è di 1.8 Kbyte, 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  $N$  connessioni TCP parallele con banda equamente divisa tra le connessioni

**Soluzione.**

- 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:

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

$$d_{dati} = d_{prop} + d_{trasm} = d_{prop} + \frac{L}{R} = 2 \cdot 10^{-2} + \frac{1.8 \cdot 8 \cdot 10^3}{10^6}$$

$$= 2 \cdot 10^{-2} + 14.4 \cdot 10^{-3} = 34.4 \text{ ms}$$

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  $d_{tot} = 3 \cdot d_{conn} = 3 \cdot 0.2232 = 0.6696 \text{ s}$

- 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  $d_{tot} = 12 \cdot d_{syn} + 9 \cdot d_{dati} = 24 \cdot 10^{-2} + 30.96 \cdot 10^{-2} = 0.5496 \text{ s}$

- Nel caso di connessioni non persistenti parallele, il download si svolge come segue:

- Una prima connessione singola per scaricare il file HTML
- Due connessioni parallele per scaricare i due file binari

Il tempo impiegato dalla prima connessione è quello calcolato al punto a):  $d_{conn} = 0.2232 \text{ s}$

Il tempo impegnato dalle due connessioni parallele si calcola come  $d_{conn}$  al punto a), ma considerando banda  $\frac{R}{2}$  in  $d_{dati}$ :

$$d_{dati} = d_{prop} + d_{trasm} = d_{prop} + \frac{L}{\frac{R}{2}} = 2 \cdot 10^{-2} + \frac{1.8 \cdot 8 \cdot 10^3}{0.5 \cdot 10^6}$$

$$= 2 \cdot 10^{-2} + 28.8 \cdot 10^{-3} = 48.8 \text{ ms}$$

$$d_{par} = 6 \cdot d_{syn} + 3 \cdot d_{dati} = 12 \cdot 10^{-2} + 14.64 \cdot 10^{-2} = 26.64 \cdot 10^{-2} \text{ s} = 0.2664 \text{ s}$$

Il tempo totale è quindi  $d_{tot} = d_{conn} + d_{par} = 0.2232 + 0.2664 = 0.4896 \text{ s}$

**Esercizio 5.** In una trasmissione tra gli USA e l'Europa, si misura un RTT medio di  $150 \text{ ms}$  su una linea terrestre con banda  $300 \text{ kbps}$ . Quando invece si utilizza una connessione satellitare della stessa velocità (sempre  $300 \text{ kbps}$ ), l'RTT medio sale a  $0.5 \text{ s}$ .

- Calcolare il valore massimo della finestra di congestione nei due casi
- Quale dovrebbe essere la grandezza minima dei buffer dei router incontrati lungo la linea satellitare per riuscire ad ottenere una utilizzazione del 100%?

**Soluzione.**

- La finestra di congestione massima è pari alla quantità di dati che si riescono a trasmettere in un RTT

$$CW_t = R \cdot RTT = 300 \cdot 10^3 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 45000 \text{ bit} = 45 \text{ kbit}$$

$$CW_{sat} = R \cdot RTT = 300 \cdot 10^3 \cdot 0.5 = 150 \cdot 10^3 \text{ bit} = 150 \text{ kbit}$$

- La grandezza minima dei buffer è pari alla finestra di congestione massima.