

Architetture di Internet – esercizi livello Applicazione

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.

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

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

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

- (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

$$(d) \quad d_{prop} = d_{trasm}$$

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

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

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)

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

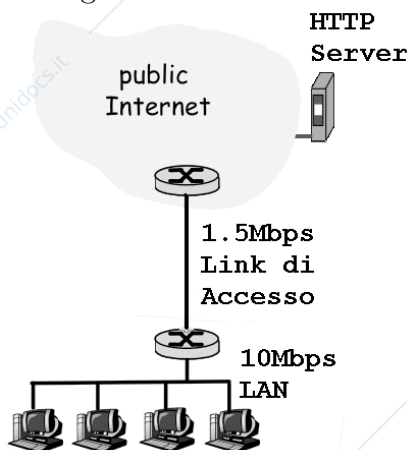
(b) il numero massimo di bit sulla linea è pari al prodotto banda-ritardo: 25.6 Mbit

(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.

- (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:

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

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

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

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

- (c) 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 ms su una linea terrestre con banda 300 kbps . Quando invece si utilizza una connessione satellitare della stessa velocità (sempre 300 kbps), l'RTT medio sale a 0.5 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.