

# Architetture di Internet – esercizi livello di Trasporto

Davide Bresolin

15 Aprile 2016

**Esercizio 1.** Si assuma che in una sessione FTP si utilizzi per il trasporto dei dati il protocollo TCP e che il RTT (round trip time) dei segmenti TCP tra i due host (il client a Bologna e il server a Pasadena) sia fisso e uguale a 15 ms. Si assuma inoltre che i segmenti inviati abbiano lunghezza fissa di 2000 bit e che la banda massima a disposizione tra i due host sia di 2 Megabyte per secondo. Rispondere ai seguenti quesiti.

- a) Calcolare il valore massimo raggiunto dalla finestra di congestione, in segmenti
- b) Da che valore riparte la finestra di congestione se, una volta raggiunto il valore massimo precedentemente calcolato, vengono ricevuti 3 ACK duplicati?
- c) Da che valore riparte, in segmenti, la finestra di congestione dopo un evento di TIMEOUT?
- d) Assumendo ora che:
  - Il file sia composto di 50 segmenti
  - La “Slow Start Threshold” (Soglia di Partenza Lenta) iniziale sia di 10 segmenti
  - La prima volta che vengono trasmessi, il quarto, l’ottavo, il ventitreesimo e il quarantottesimo segmento vengono persi (nessuna altra perdita avviene durante la connessione)

disegnare l’evoluzione della finestra di congestione del TCP

## Soluzione.

- a) Finestra di congestione massima (in bit)  $CW = RTT \cdot R = 15 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 8 \cdot 10^6 \text{ bit} = 240 \cdot 10^3 \text{ bit} = 240Kbit$   
Finestra di congestione in segmenti  $= \frac{CW}{L} = \frac{240 \cdot 10^3}{2000} = 120 \text{ segmenti}$
- b) Nel caso di TCP Reno, la ricezione di 3 ACK duplicati causa il dimezzamento della finestra di congestione. Quindi si riparte da 60 segmenti
- c) Nel caso di TIMEOUT si riparte da 1

d) Per risolvere questo esercizio si può usare una tabella simile a questa:

Round	CW	SSTRESH	Pacchetti Trasmessi	Evento
1	1	10	1	
2	2	10	2, 3	
3	4	10	<del>4</del> , 5, 6, 7	3DUPACK
4	2	2	4, 5	
5	3	2	6, 7, <del>8</del>	TIMEOUT
6	1	1	8	
7	2	1	9, 10	
8	3	1	11, 12, 13	
9	4	1	14, 15, 16, 17	
10	5	1	18, 19, 20, 21, 22	
11	6	1	<del>23</del> , 24, 25, 26, 27, 28	3DUPACK
12	3	3	23, 24, 25	
13	4	3	26 – 29	
14	5	3	30 – 34	
15	6	3	35 – 40	
16	7	3	41 – 47	
17	8	3	<del>48</del> , 49, 50	3DUPACK
18	4	4	48, 49, 50	

**Esercizio 2.** Considerare una connessione TCP su un collegamento con banda  $R = 12Mbps$  su cui viene trasmesso un file di grandi dimensioni. Sapendo che la grandezza massima di ogni segmento TCP è  $MSS = 1500byte$ , che il Round Trip Time (RTT) è di  $150ms$  e che la connessione si trova sempre nello stato di congestion avoidance

- calcolare l'ampiezza massima della finestra, in segmenti, che la connessione può raggiungere;
- calcolare l'ampiezza media della finestra di congestione, e la velocità media di trasmissione;
- calcolare il tempo impiegato dalla connessione per raggiungere di nuovo il valore massimo di finestra dopo la perdita di un pacchetto.

**Soluzione.**

a) Il valore massimo della finestra di congestione è pari a

$$CW_{max} = \frac{R \cdot RTT}{L} = \frac{12 \cdot 10^6 \cdot 150 \cdot 10^{-3}}{1500 \cdot 8} = 150 \text{ segmenti}$$

b) Quando si raggiunge il valore massimo di finestra si verifica congestione, e di conseguenza perdita di pacchetti. Dopo la perdita di un pacchetto la finestra di congestione riparte da  $\frac{CW_{max}}{2}$  e inizia a risalire fino a raggiungere di nuovo  $CW_{max}$ . L'ampiezza media della finestra è quindi

$$CW_{media} = \frac{CW_{max} + \frac{CW_{max}}{2}}{2} = \frac{3}{4} \cdot CW_{max} = \frac{3}{4} \cdot 150 = 112,5 \text{ segmenti}$$

a cui corrisponde una velocità media di trasmissione uguale a

$$V_{media} = \frac{CW_{media} \cdot MSS}{RTT} = \frac{112,5 \cdot 1500 \cdot 8}{150 \cdot 10^{-3}} = 9 \cdot 10^6 \text{ bps} = 9 \text{ Mbps}$$

- c) Dopo la perdita di un pacchetto la finestra riparte da 75 segmenti. Poiché nella fase di congestion avoidance la finestra cresce di uno ad ogni turno di trasmissione, per tornare al valore massimo di 150 sono necessari 75 turni, per un tempo totale uguale a  $75 \cdot RTT = 75 \cdot 150 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 11,25 \text{ s}$ .

**Esercizio 3.** Considerare due connessioni TCP  $C_1$  e  $C_2$  che condividono un collegamento con banda pari a 560 kbps. Assumere che entrambe le connessioni abbiano un Round Trip Time (RTT) costante di 100 ms e dimensione del segmento MSS pari a 4 kbit. Supponete che  $C_1$  e  $C_2$  siano nella fase di congestion avoidance, e che quando il tasso di invio dei dati eccede la velocità del canale tutte le connessioni soffrano di perdita di pacchetti.

- a) Disegnare l'andamento temporale delle finestre di congestione dei due collegamenti supponendo che al tempo  $t_0$  sia  $C_1$  che  $C_2$  abbiano una finestra di congestione pari a 5 segmenti.  
 b) A lungo termine, come sarà divisa la banda del collegamento tra le due connessioni?  
 c) Disegnare l'andamento temporale delle finestre di congestione dei due collegamenti supponendo che la finestra di congestione iniziale di  $C_1$  sia di 8 segmenti, mentre quella di  $C_2$  sia di 3 segmenti.  
 d) A lungo termine, come viene suddivisa la banda del collegamento in questo secondo caso?

**Soluzione.** Poiché entrambe le connessioni hanno lo stesso RTT, abbiamo che la finestra di congestione massima (senza perdite) del collegamento è pari a

$$CW_{max} = \frac{R \cdot RTT}{L} = \frac{560 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-3}}{4000} = 14 \text{ segmenti}$$

Quando la somma delle finestre di  $C_1$  e  $C_2$  è minore o uguale di  $CW_{max}$  non c'è congestione e tutti i segmenti arrivano a destinazione. Quando la somma è superiore a  $CW_{max}$  c'è congestione ed entrambe le connessioni perdono segmenti.

- a) Per risolvere questo esercizio si può usare una tabella simile a questa:

Round	C.W. $C_1$	C.W. $C_2$	C.W. $C_1 + C_2$	Evento
1	5	5	10	
2	6	6	12	
3	7	7	14	
4	8	8	16	3DUPACK
5	4	4	8	
6	5	5	10	
7	6	6	12	
8	7	7	14	
9	8	8	16	3DUPACK
10	4	4	8	

da qui in poi si ripete all'infinito

- b) A lungo termine la banda viene suddivisa equamente (metà e metà) tra le due connessioni

c) Per risolvere questo esercizio si può usare una tabella simile a questa:

Round	C.W. $C_1$	C.W. $C_2$	C.W. $C_1 + C_2$	Evento
1	8	3	11	
2	9	4	13	
3	10	5	15	3DUPACK
4	5	2	7	
5	6	3	9	
6	7	4	11	
7	8	5	13	
8	9	6	15	3DUPACK
9	4	3	7	
10	5	4	9	
11	6	5	11	
12	7	6	13	
13	8	7	15	3DUPACK
14	4	3	7	

da qui in poi si ripete all'infinito

d) A lungo termine la banda viene suddivisa equamente tra le due connessioni

**Esercizio 4.** Consideriamo una modifica all'algoritmo di controllo di congestione TCP in cui al posto di un incremento additivo viene usato un incremento moltiplicativo: la finestra di congestione viene moltiplicata per due. Assumendo le stesse ipotesi dell'esercizio precedente:

- Disegnare l'andamento temporale delle finestre di congestione dei due collegamenti supponendo che al tempo  $t_0$  la finestra di congestione di  $C_1$  sia di 8 segmenti, mentre quella di  $C_2$  sia di 3 segmenti.
- A lungo termine, come viene suddivisa la banda del collegamento?
- Cosa succede se invece sia l'incremento che il decremento sono additivi?

**Soluzione.** Le condizioni sulla somma delle finestre di congestione sono le stesse dell'esercizio precedente.

a) Per risolvere questo esercizio si può usare una tabella simile a questa:

Round	C.W. $C_1$	C.W. $C_2$	C.W. $C_1 + C_2$	Evento
1	8	3	11	
2	16	6	24	3 DUPACK
3	8	3	15	
4	16	6	24	3 DUPACK

da qui in poi si ripete all'infinito

b) A lungo termine la banda è suddivisa in modo *non equo* tra le due connessioni:  $C_1$  riceve sempre più banda di  $C_2$

c) Per risolvere questo esercizio si può usare una tabella simile a questa:

Round	C.W. $C_1$	C.W. $C_2$	C.W. $C_1 + C_2$	Evento
1	8	3	11	
2	9	4	13	
3	10	5	15	3DUPACK
4	9	4	13	
5	10	5	15	3DUPACK

da qui in poi si ripete all'infinito

d) Anche in questo caso la suddivisione è non equa:  $C_1$  riceve sempre più banda di  $C_2$

**Per riassumere** in caso di più connessioni parallele, se l'algoritmo di incremento/decremento della finestra di congestione è:

- **AIMD** (additive increase, multiplicative decrease) allora la suddivisione della banda è equa
- con incremento e decremento moltiplicativo, allora la suddivisione della banda non è equa
- con incremento e decremento additivo, allora la suddivisione della banda non è equa