

0.0.1 Appello del 24/06/2008

ESERCIZIO 1: Consideriamo due host H_1 ed H_2 collegati mediante una linea punto-punto esente da errori ($BER = 0$) e di rate R bps. Supponiamo che i due host utilizzino il TCP/IP e che H_1 voglia trasferire un file ad H_2 di dimensione eguale ad F bits. Assumiamo per semplicità che F si componga di un numero intero (maggiore o eguale a 4) di segmenti di dimensione pari ad MSS . Dopo aver iniziato la procedura di apertura della connessione di trasporto, H_1 inizia il trasferimento del file. Al fine di semplificare i calcoli richiesti supponiamo che:

- (i) tutti i segmenti dati abbiano la stessa dimensione $m = MSS$ bits e tempo di trasmissione $T = m/R$ msec;
- (ii) la latenza dei segmenti dati e dei segmenti di controllo relativi all'apertura della connessione di trasporto tra H_1 ed H_2 sia T msec;
- (iii) i segmenti di *ACK* e *SYN* abbiano tempi di trasmissione trascurabili;
- (iv) la latenza degli *ACK* sia nulla;
- (v) H_1 riceve un *ACK* cumulativo da H_2 relativo all'intero gruppo di segmenti compresi nella *Effective Window*;
- (vi) la finestra di *Flow Control* del TCP sia costante nel tempo e pari ad $8 MSS$.

Indichiamo con Λ il tempo di trasferimento del file definito come intervallo di tempo che intercorre tra l'istante in cui H_1 inizia la fase di apertura della connessione di trasporto e quello in cui H_2 riceve l'*ACK* dell'ultimo segmento del file. Supponiamo che il TCP utilizzi il meccanismo di *slow start* per controllare la congestione. Il candidato:

1. illustri la dinamica del sistema;
2. illustri in una tabella la corrispondenza tra la k .ma $\{k = 1, 2, 3, \dots\}$ *Effective Window*, il numero di segmenti compresi nella *Effective Window* ($EW(k)$) e l'intervallo di tempo ($t(k)$) che intercorre tra la trasmissione del primo bit del primo segmento della k .ma *Effective Window* e l'istante in cui viene ricevuto l'*ACK* cumulativo relativo ai segmenti della *Effective Window* medesima;
3. calcoli il numero N di *Effective Window* necessarie per trasmettere il file ed istanzi la formula nel caso in cui F consti di $63 MSS$;
4. calcoli Λ supponendo che il file abbia dimensione tale da riempire completamente l'ultima *Effective Window*;

5. sotto l'ipotesi del punto precedente calcoli il throughput γ , commentando cosa accade a quest'ultimo quando la dimensione del file tende all'infinito. Nel calcolo di γ si ignori il sovraccarico (overhead) introdotto dalle intestazioni dei vari protocolli (data-link layer, IP, TCP).

Supponiamo adesso che l'ultimo segmento di ogni *Effective Window* si alteri per effetto del rumore sui canali di trasmissione ma che il TCP abbia gli strumenti per capire che non si tratta di congestione. Supponiamo inoltre che ogni ritrasmissione vada a buon fine e che il timeout, impostato sull'ultimo segmento della *Effective Window*, sia pari a T . Il candidato:

6. calcoli di nuovo il throughput γ nel caso in cui la dimensione del file tende all'infinito.

RISOLUZIONE

1. La Figura 1.1 illustra la dinamica del sistema. Come si evince dalla stessa

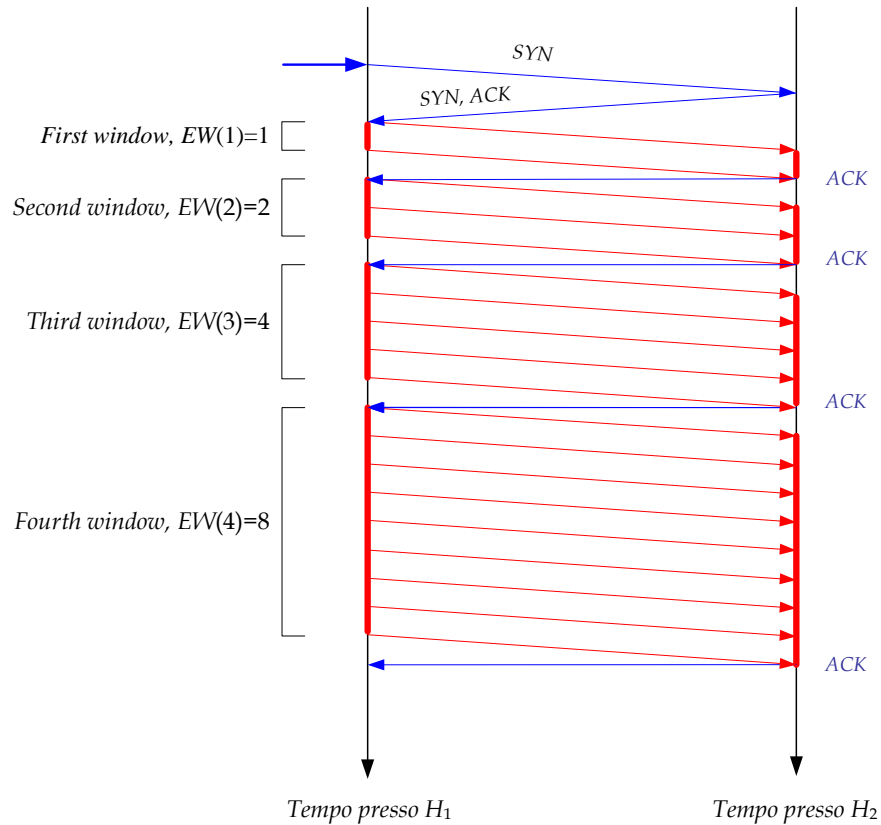


Figura 1.1: Dinamica del sistema nel caso dello *Slow Start*

figura, H_1 apre la connessione di trasporto e quindi inizia con una congestion window di un solo segmento che invia a H_2 nel "terzo ramo" del three-way handshake. Dopo un tempo pari a $2T$ H_1 è perciò in grado di inviare il primo segmento. Dopo il quarto round trip, la EW rimane costante e pari ad 8 MSS come illustrato in Figura 1.2.

2. La Figura 1.3 illustra la corrispondenza richiesta. Dalla Figura 1.3 si deduce che la k -ma $\{k = 1, 2, 3, \dots\}$ *Effective Window* contiene un numero di segmenti pari a

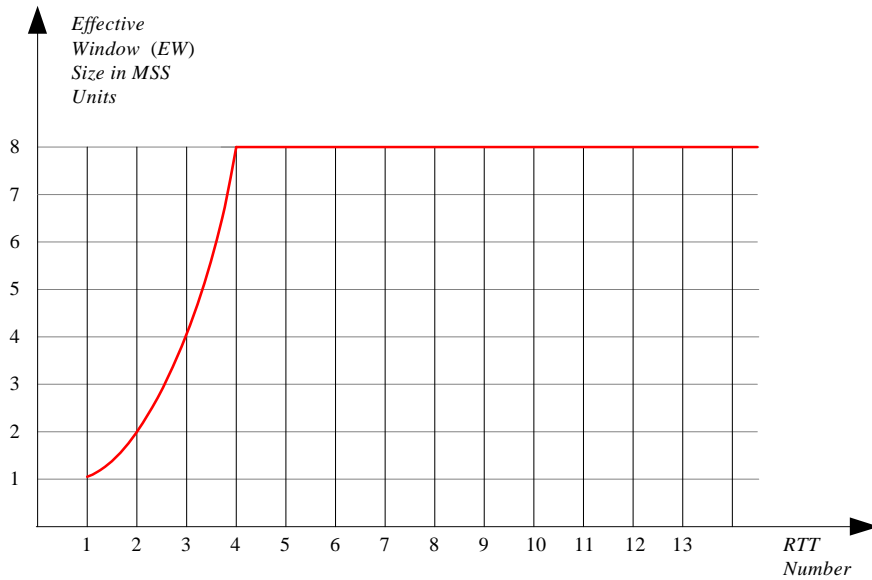


Figura 1.2: EW in funzione di RTT

k	$EW(k)$	$t(k)$
$k=1$	$EW(1)=1=2^0$	$t(1)=T+T=2^0T+T$
$k=2$	$EW(2)=2=2^1$	$t(2)=2T+T=2^1T+T$
$k=3$	$EW(3)=4=2^2$	$t(3)=4T+T=2^2T+T$
$k=4$	$EW(4)=8=2^3$	$t(4)=8T+T=2^3T+T$
$k=5$	$EW(5)=8=2^3$	$t(5)=8T+7T=2^3T+T$
$k=6$	$EW(6)=8=2^3$	$t(6)=8T+7T=2^3T+T$
$k=7$	$EW(7)=8=2^3$	$t(7)=8T+7T=2^3T+T$
\vdots	\vdots	\vdots

Figura 1.3: Relazione tra k , $EW(k)$ e $t(k)$ nel caso di *Slow Start*

$$EW(k) = \begin{cases} 2^{k-1} & 1 \leq k \leq 4 \\ 8 & k > 4 \end{cases} \quad (1.1)$$

mentre

$$t(k) = \begin{cases} (2^{k-1})T & 1 \leq k \leq 4 \\ 8T + T = 9T & k > 4 \end{cases} . \quad (1.2)$$

3. Il numero di segmenti di cui si compone il file risulta F/m . Quindi, l'ultimo segmento del file sarà compreso nella N .ma *Effective Window*, con

$$\begin{aligned} \frac{F}{m} &= \sum_{k=1}^4 2^{k-1} + (N-4) \times 8 \\ &= 15 + (N-4) \times 8 \end{aligned}$$

Quindi

$$N = \frac{1}{8} \times \left(\frac{F}{m} + 17 \right) \quad (1.3)$$

Nel caso in cui la dimensione di F sia pari a 63 MSS ($F/m = 63$) si ottiene $N = 10$.

4. Per calcolare Λ facciamo riferimento alla Figura 1.1 e alla Figura 1.3. Tenendo presente che servono $2T$ msec prima di inviare il primo segmento si ha:

$$\begin{aligned} \Lambda &= 2T + \sum_{k=1}^7 (2^{k-1}T + T) + (N-4)(8T + T) \quad (1.4) \\ &= 2T + 19T + 9T(N-4) = 21T + 9T(N-4) \end{aligned}$$

Dopo alcuni passaggi algebrici

$$\Lambda = (-15 + 9N)T$$

Tenendo conto della (1.3) si ricava

$$\Lambda = \left(-15 + \frac{9}{8} \times \left(\frac{F}{m} + 17 \right) \right) T \quad (1.5)$$

da cui segue

$$\Lambda = 75T \quad (1.6)$$

5. Per quanto riguarda il throughput γ si ha

$$\gamma = \frac{F}{\Lambda} = \frac{F/T}{-15 + \frac{9}{8} \times \left(\frac{F}{m} + 17\right)} \quad (1.7)$$

Se la dimensione del file F tende ad infinito dividendo numeratore e denominatore per F è facile dedurre che

$$\lim_{F \rightarrow \infty} \gamma = \frac{8}{9}R \quad (1.8)$$

Questo risultato era atteso in quanto all'aumentare della dimensione di F la linea risulta occupata per $8T$ ogni $9T$ per cui il throughput tende $(8/9)R$.

6. La dinamica del sistema è riportata in Figura 1.4. La tabella riportata in Figura 1.3 viene adesso sostituita dalla tabella di Figura 1.5 dalla quale si deduce che il tempo di trasmissione $t(k)$ dei segmenti relativi alla k .ma $\{k = 1, 2, 3, \dots\}$ *Effective Window* viene raddoppiato rispetto al caso precedente. Di conseguenza

$$\Lambda = 2T + 2 \sum_{k=1}^{\tau} (2^{k-1}T + T) + 2(N-4)(8T + T) \quad (1.9)$$

Quindi

$$\Lambda = \left(-32 + \frac{18}{8} \times \left(\frac{F}{m} + 17\right)\right)T \quad (1.10)$$

Nel caso in cui F consti di 63 MSS si ha

$$\Lambda = 148T \quad (1.11)$$

Infine

$$\gamma = \frac{F}{\Lambda} = \frac{F/T}{-32 + \frac{18}{8} \times \left(\frac{F}{m} + 17\right)} \quad (1.12)$$

Se la dimensione del file F tende ad infinito dividendo numeratore e denominatore per F è facile dedurre che

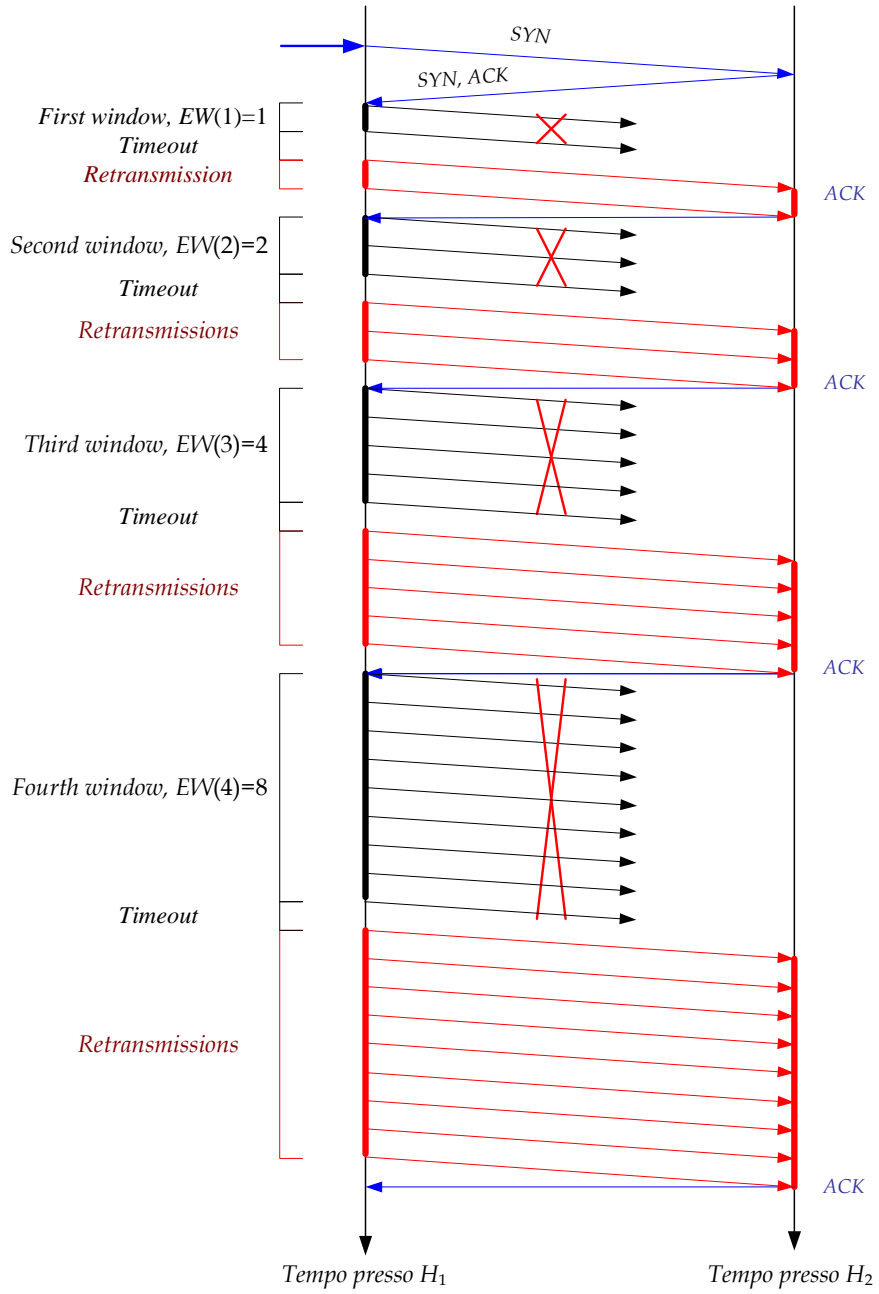


Figura 1.4: Dinamica del sistema nel caso di ritrasmissioni

k	$EW(k)$	$t(k)$
$k=1$	$EW(1)=1=2^0$	$t(1)=2(T+T)=2(2^0T+T)$
$k=2$	$EW(2)=2=2^1$	$t(2)=2(2T+T)=2(2^1T+T)$
$k=3$	$EW(3)=4=2^2$	$t(3)=2(4T+T)=2(2^2T+T)$
$k=4$	$EW(4)=8=2^3$	$t(4)=2(8T+T)=2(2^3T+T)$
$k=5$	$EW(5)=8=2^3$	$t(5)=2(8T+T)=2(2^3T+T)$
$k=6$	$EW(6)=8=2^3$	$t(6)=2(8T+T)=2(2^3T+T)$
$k=7$	$EW(7)=8=2^3$	$t(7)=2(8T+T)=2(2^3T+T)$
\cdot	\cdot	\cdot
\cdot	\cdot	\cdot

Figura 1.5: Relazione tra k , $EW(k)$ e $t(k)$ nel caso di ritrasmissioni

$$\lim_{F \rightarrow \infty} \gamma = \frac{8}{18}R \quad (1.13)$$

Questo risultato era atteso in quanto all'aumentare della dimensione di F la linea risulta occupata per $8T$ ogni $18T$ per cui il throughput tende ad $(8/18)R$.