

0.0.1 Appello del 10/07/2011

ESERCIZIO 1: Si consideri la Figura 1.1 che riporta l'evoluzione dinamica della *Congestion Window* (CW) del TCP in funzione del *numero di round trip time* (RTT) o *transmission round*. L' RTT numero 1 è quello in corrispondenza del quale inizia l'osservazione della traiettoria illustrata in Figura 1.1. Supponiamo: a) che il tempo di trasmissione di ciascun segmento sia costante e pari a T msec; b) che il RTT di ciascun segmento sia anch'esso T msec; c) che il tempo di trasmissione degli ACK sia nullo e che inoltre gli ACK impieghino un tempo nullo per raggiungere il trasmettitore dei segmenti cui essi si riferiscono, d) che il timeout ($T_{timeout}$) sia $4T$ msec. Il candidato:

1. dica se la traiettoria di Figura 1.1 può rappresentare l'evoluzione della *Congestion Window* di una connessione TCP a partire dall'istante in cui questa viene aperta;
2. identifichi gli intervalli nei quali il meccanismo di *slow start* è attivo e spieghi il comportamento della traiettoria tra il 26.mo e il 30.mo transmission round;
3. spieghi quale meccanismo è stato attivato dopo il 16.mo transmission round ed inoltre disegni e commenti lo scenario che ha determinato tale attivazione indicando il numero di sequenza dei segmenti trasmessi;
4. Spieghi per quale motivo dopo il 22.mo RTT la *Congestion Window* viene gestita in modo diverso rispetto a come viene gestita dopo il 16.mo RTT ed inoltre disegni e commenti lo scenario che ha determinato tale comportamento indicando il numero di sequenza dei segmenti trasmessi;
5. specifichi quanti transmission rounds sono necessari all'AIMD per trasmettere gli stessi segmenti relativi al primo slow start della Figura 1.1;
6. ricavi l'espressione generale della durata di una generica fase di slow start, dall'inizio fino alla ritrasmissione del segmento che è andato in timeout e la istanzi sulla traiettoria di Figura 1.1 per valutare la durata della prima fase di slow start. Nel rispondere a tale domanda lo studente assuma che venga scartato l'ultimo segmento compreso in una generica CW .

NOTA. Nel disegnare gli scenari di cui ai punti 3 e 4 precedenti, lo studente numeri i segmenti da 1 fino alla dimensione della CW entro la quale tali segmenti vengono trasmessi. Se ad esempio la CW è 4, i segmenti trasmessi

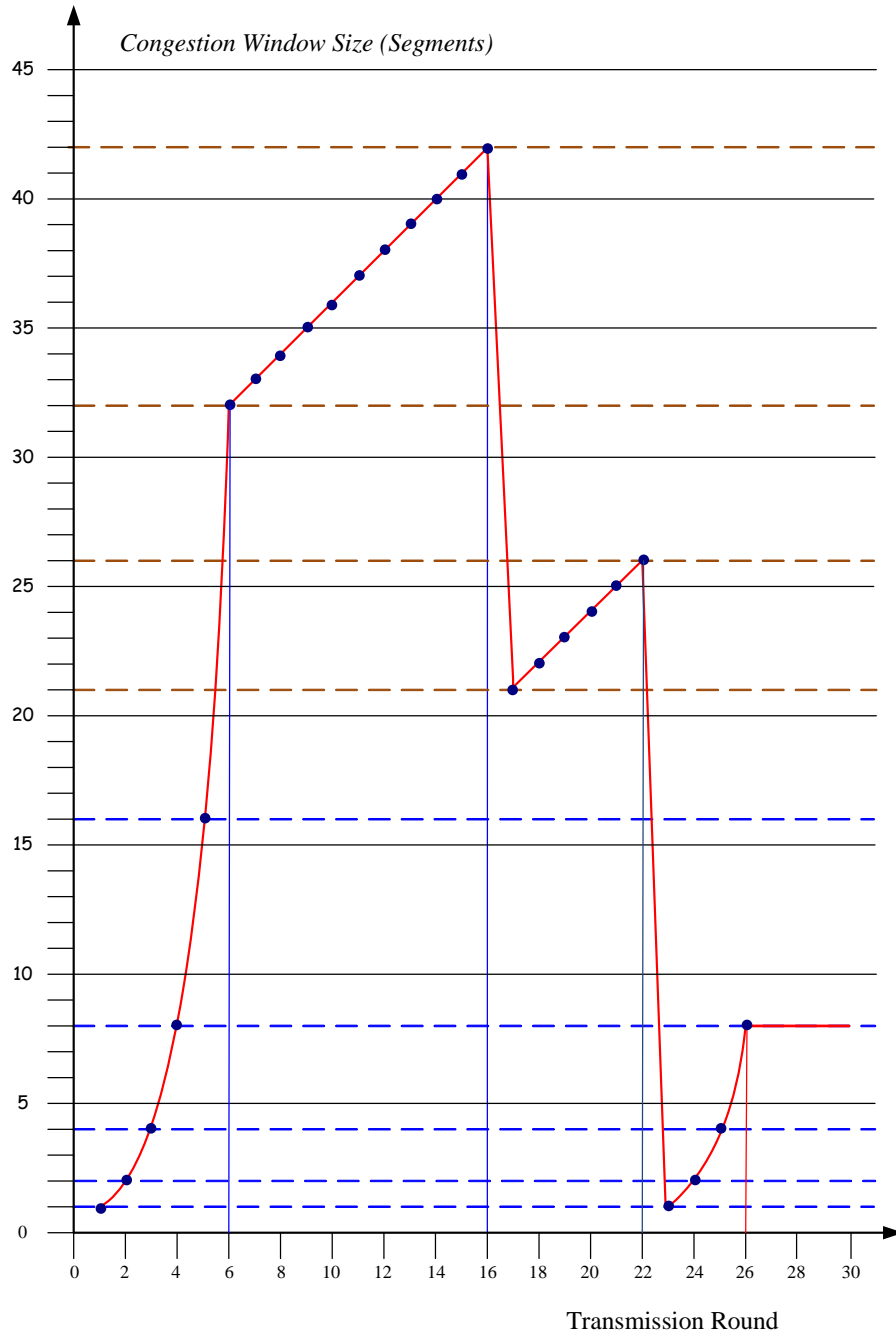


Figura 1.1: Traiettoria della *Congestion Window*

in tale CW vengono numerati 1,2,3,4.

RISOLUZIONE

1. No, in quanto subito dopo l'apertura di una connessione TCP la *Congestion Threshold* è infinita mentre nel caso di Figura 1.1 la *Congestion Threshold* vale 32 MSS.

2. Lo *slow start* è attivo a partire dal primo RTT fino al 16.mo RTT al termine del quale scatta il timeout. Lo *Slow Start* è inoltre attivo a partire dal 23.mo RTT in poi. Tra il 26.mo e il 30.mo round il trasmettitore non ha ulteriori dati da trasmettere.

3. Dopo il 16.mo RTT vengono attivati i meccanismi di *Fast Retransmit* e *Fast Recovery*. In questo caso la congestione (perdita di segmenti) viene rivelata attraverso i DUPACK (*Fast Retransmit*). Inoltre, anziché partire da una *Congestion Window* di 1MSS si riprende da una *Congestion Window* di 21 MSS, ossia dalla *Congestion Threshold* (*Fast Recovery*). Lo scenario che ha determinato l'attivazione del periodo di *Fast Retransmit/Fast Recovery* è evidenziato in Figura 1.2.

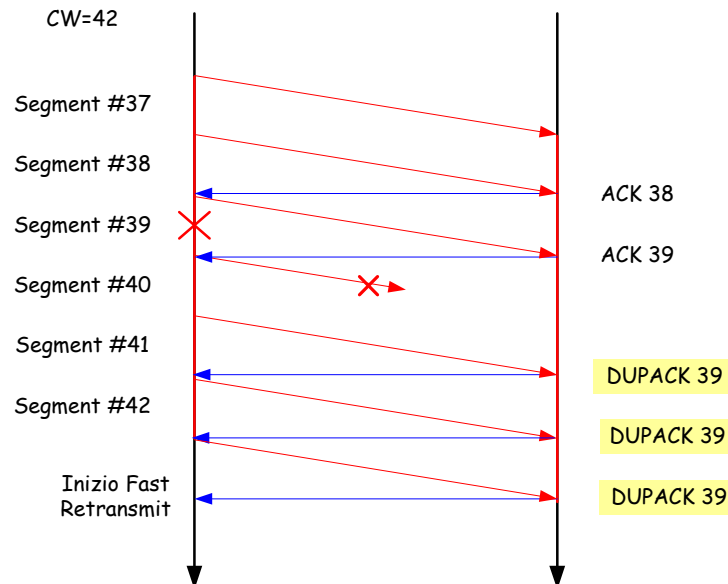


Figura 1.2: Scenario che determina l'attivazione del fast retransmit

4. Un possibile scenario che determina l'attivazione dello *Slow Start* in corrispondenza del 23.mo RTT è riportato in Figura 1.3. Più specificamente , la

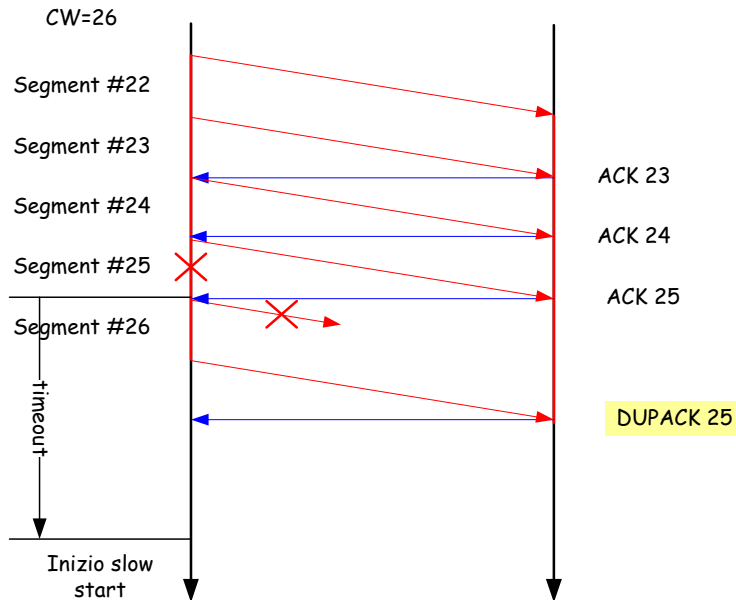


Figura 1.3: Scenario che determina l'attivazione dello slow start

CW in corrispondenza della quale almeno un segmento viene scartato ha l'ampiezza di 26 MSS. Il segmento 25 si altera per cui il trasmettitore acquisisce soltanto 1 DUPACK e non 3 come sarebbe necessario per attivare le fasi di *fast retransmit* e *fast recovery*. Il trasmettitore deve perciò attendere lo scatto del timeout relativo al segmento 25 per attivare la fase di *slow start*. Da notare che lo scenario sarebbe simile se il segmento alterato fosse il 26.mo anziché il 24.mo.

5. Nei primi 6 transmission rounds lo *slow start* consente la trasmissione di 63 segmenti. La $CW(i)$ dell'AIMD, ossia la dimensione della congestion window relativa al transmission round i .mo, vale i , i.e. $CW(i) = i$. Affinché AIMD possa trasmettere 63 segmenti sono necessari un numero di transmission rounds h , deducibile dalla seguente equazione:

$$\sum_{i=0}^h CW(i) = 63$$

ovvero:

$$\sum_{i=0}^h i = 63$$

da cui segue:

$$\frac{h(h+1)}{2} = 63$$

La soluzione (significativa da un punto di vista ingegneristico) della precedente equazione vale approssimativamente:

$$h \approx 11$$

6. La Figura 1.4 illustra in modo dettagliato la struttura della parte esponen-

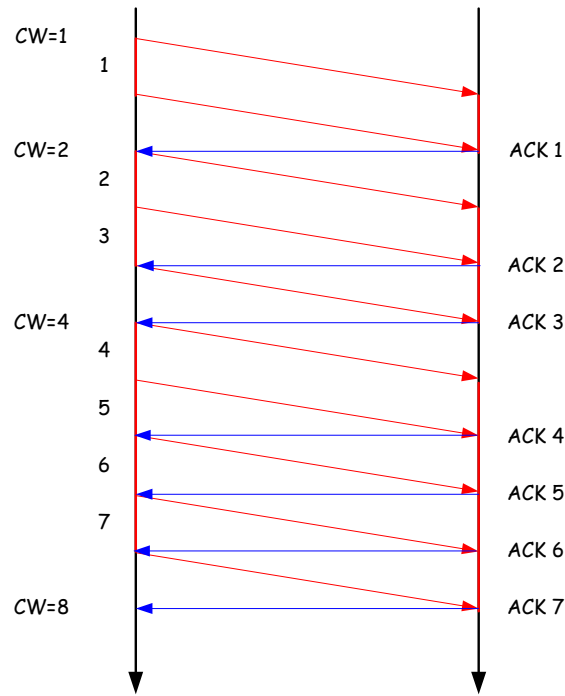


Figura 1.4: Struttura della parte iniziale della fase di slow start

ziale della fase di *slow start*. Osserviamo preliminarmente che la dimensione della CW in corrispondenza del k .mo RTT, indicata con $CW^{(k)}$, risulta essere $CW^{(k)} = 2^{k-1}$, $k = 1, 2, \dots$

Detto T il tempo di trasmissione di un segmento, T il round trip time ed m il numero di rounds in corrispondenza della *Contention Threshold* (CT), il tempo complessivo T_{Exp} per trasmettere tutti i segmenti, compresi quelli relativi alla CT risulta:

$$T_{Exp} = \sum_{h=0}^{m-1} (2^h T + T) = T \left[\sum_{h=0}^{m-1} (2^h + 1) \right] \quad (1.1)$$

$$= T \left[\frac{1-2^m}{1-2} + m \right] = (2^m + m - 1) \times T \quad (1.2)$$

ossia

$$T_{Exp} = (2^m + m - 1)T \quad (1.3)$$

Durante la parte lineare dello *slow start*, che si sviluppa dal round trip $m + 1$ fino al round trip $n > m$ corrispondente alla parte terminale della fase di *slow start* medesima, la *Contention Window* varia da $2^m + 1$ fino a $2^m + n - m$. Il tempo T_{Lin} necessario per trasmettere tutti i segmenti della fase lineare dello *slow start* risulta essere

$$T_{Lin} = T \left[\sum_{k=1}^{n-m} (2^m + k + 1) \right] \quad (1.4)$$

$$T_{Lin} = T \left[(n-m)2^m + \frac{(n-m)(n-m+1)}{2} + (n-m) \right] \quad (1.5)$$

Dopo alcuni passaggi algebrici si perviene al seguente risultato.

$$T_{Lin} = T \left(\frac{n-m}{2} \right) [2^{m+1} + n - m + 3] \quad (1.6)$$

Supponendo adesso che si alteri l'ultimo segmento della n .ma *Contention Window*, la durata complessiva $T_{SlowStart}$ della fase di *slow start* risulta

$$T_{SlowStart} = T_{Exp} + T_{Lin} + T_{timeout} \quad (1.7)$$

Dalla Figura 1.1 risulta $m = 6$ e $n = 16$. Tenendo conto che dai dati dell'esercizio $T_{timeout} = 4T$ si ottiene

$$T_{Exp} = (2^6 + 6 - 1)T = 69T \quad (1.8)$$

$$T_{Lin} = T \left(\frac{16-6}{2} \right) [2^{6+1} + 16 - 6 + 3] = 705T \quad (1.9)$$

e quindi:

$$T_{SlowStart} = 69T + 705T + 4T = 778T \quad (1.10)$$

