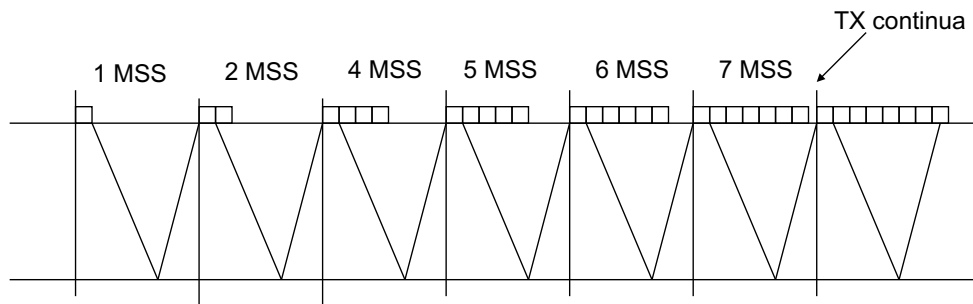
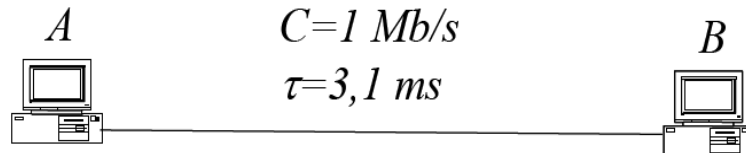


4.2 Esercizi sul LIVELLO di TRASPORTO – parte II

Esercizio 4.21

Si consideri il collegamento in figura tra i due host A e B. A deve trasferire una sequenza di 100 segmenti di lunghezza massima usando TCP. Si calcoli il tempo necessario supponendo:

- $MSS = 1000 [bit]$
- lunghezza degli header di tutti i livelli trascurabile
- la connessione venga aperta da A e la lunghezza dei segmenti di apertura della connessione sia trascurabile
- la lunghezza degli ACK sia trascurabile
- Ssthresh sia pari a 5 MSS



Il tempo di *trasmissione* $T = 1000 [bit] / 1 [Mb/s] = 1 [ms]$, mentre $RTT = 6.2 [ms] + T = 7.2 [ms]$

La trasmissione è dunque discontinua fino a che $WT < RTT$, cioè fino a che $W = 8$.

Il tempo totale di trasferimento è pari a:

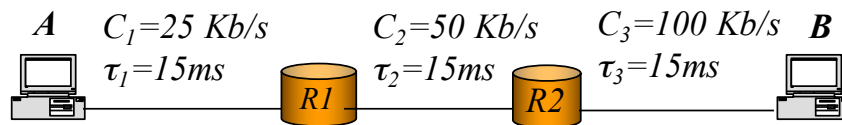
$$2 \tau(\text{setup connessione}) + 6 RTT (\text{Primi 25 MSS}) + 75 T (75 \text{ MSS in trasmissione continua}) + 2 \tau(\text{ritorno ACK dell'ultimo MSS}) = 130.6 [ms]$$

Esercizio 4.22

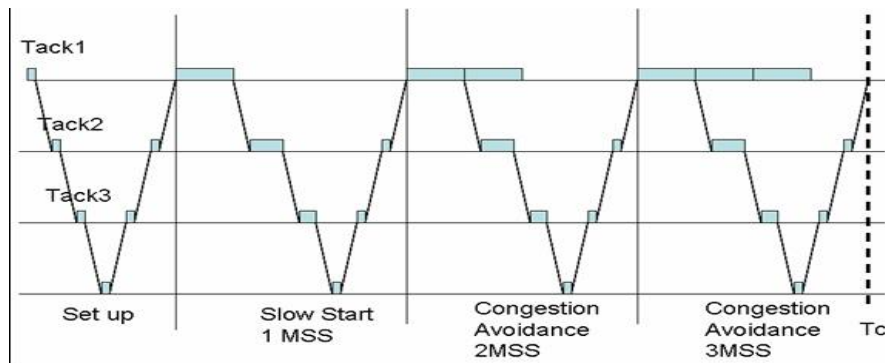
All'istante 0 viene attivata una connessione TCP tra l'host A e l'host B. Si calcoli l'istante di tempo oltre il quale la trasmissione sul link 1 risulta continua, supponendo

- header trascurabili
- link bidirezionali e simmetrici
- $SSTHRESH = 400$ [byte]
- dimensione segmenti $MSS = 200$ [byte]
- dimensione ACK = dimensione segmenti per apertura della connessione = 20 [byte]
- connessione aperta dal terminale A

Quanto tempo occorre per trasferire un file da 2 [kbyte] (dall'istante di attivazione della connessione all'istante di ricezione dell'ACK dell'ultimo segmento) considerando il meccanismo di invio dei riscontri applicato end-to-end?



Soluzione



Cominciamo calcolando i tempi di trasmissione sui vari link, il RTT end-to-end ed il tempo di setup:

$$T_1 = 200 \cdot 8 [\text{bit}] / 25 [\text{Kb/s}] = 64 \text{ ms}$$

$$T_2 = \frac{1}{2} T_1 = 32 \text{ ms}$$

$$T_3 = \frac{1}{2} T_2 = 16 \text{ ms}$$

$$RTT = T_1 + T_2 + T_3 + 2(\tau_2 + \tau_1 + \tau_3) + (Tack_1 + Tack_2 + Tack_3) = 213.2 [\text{ms}]$$

$$T_{setup} = 2(Tack_1 + Tack_2 + Tack_3) + 2(\tau_2 + \tau_1 + \tau_3) = 112.4 [\text{ms}]$$

Il link più lento è il link 1, che sarà il collo di bottiglia, cioè il primo a saturarsi. Dunque la trasmissione è continua sul link 1 quando: $WT_1 > RTT$. Vale a dire $W > RTT/T_1 = 3.3$

L'istante in cui la trasmissione diventa continua è quando la finestra vale 4 MSS, cioè

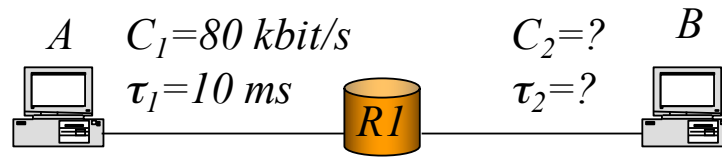
$$T_c = T_{setup} + 3 RTT = 112.4 [\text{ms}] + 639.6 [\text{ms}] = 752 [\text{ms}]$$

Il file da trasferire è di 2 kbyte, equivalenti a 10 MSS. Il tempo per trasferire 10 MSS è:

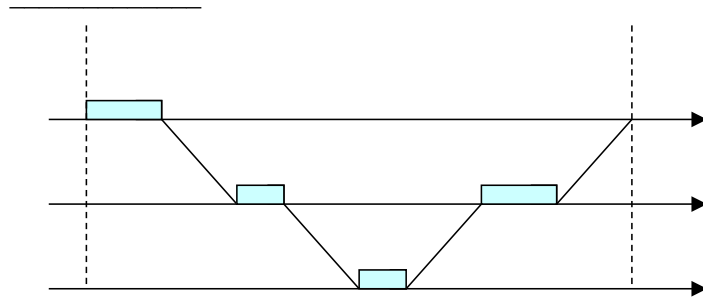
$$T_{tot} = T_{setup} + 4 RTT + 3 T_1 = 1.15 [\text{s}]$$

Esercizio 4.23

Si consideri il collegamento in figura



A vuole conoscere la capacità e il ritardo di propagazione del link 2 e allo scopo invia a B due messaggi di echo: M_1 di lunghezza $m_1 = 1000$ byte, ed M_2 di lunghezza $m_2 = 1500$ byte; per ognuno di essi misura un Round-Trip-Time (RTT) pari a 780 ms e 1130 ms, rispettivamente. Nella risposta, B utilizza messaggi con le stesse lunghezze. Calcolare C_2 e τ_2 nell'ipotesi che le lunghezze degli header siano trascurabili.



Secondo lo scambio in figura, impostiamo un sistema di due equazioni (una per pacchetto) in due incognite (C_2 e τ_2)

$$RTT_1 = 2 \left(\frac{m_1}{C_1} + \tau_1 + \frac{m_1}{C_2} + \tau_2 \right)$$

$$RTT_2 = 2 \left(\frac{m_2}{C_1} + \tau_1 + \frac{m_2}{C_2} + \tau_2 \right)$$

Inserendo i valori numerici abbiamo

$$780 = 2 \left(\frac{8000}{80} + 10 + \frac{8000}{C_2} + \tau_2 \right) = 220 + \frac{16000}{C_2} + 2\tau_2$$

$$1130 = 2 \left(\frac{12000}{80} + 10 + \frac{12000}{C_2} + \tau_2 \right) = 320 + \frac{24000}{C_2} + 2\tau_2$$

E risolvendo

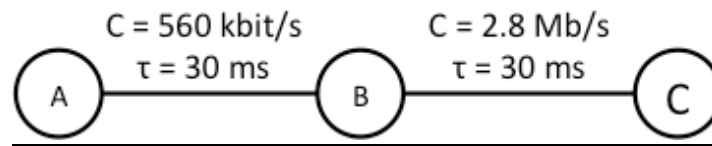
$$\tau_2 = 280 - \frac{8000}{C_2}$$

$$810 = \frac{24000}{C_2} + 2 \left(280 - \frac{8000}{C_2} \right) = \frac{8000}{C_2} + 560;$$

$$C_2 = \frac{8000}{250} = 32 \text{ kbit/s}$$

$$\tau_2 = 280 - \frac{8000}{32} = 30 \text{ ms}$$

Esercizio 4.24



Attraverso il collegamento in figura si vuole aprire una connessione TCP e trasferire un file da 60850 [byte]. La connessione è caratterizzata dai seguenti parametri:

- $MSS = 1200 \text{ byte}$
- Lunghezza header TCP, $H_{TCP} = 40 \text{ byte}$
- Lunghezza totale header inferiori a TCP, $H_{INF} = 160 \text{ byte}$
- Lunghezza ACK, $L_A = 350 \text{ byte}$ (inclusi tutti gli header)
- $SSTHRESH = 60000 \text{ [byte]}$

Si chiede di indicare:

1. Se la trasmissione diventerà mai continua. Se sì, a partire da quale istante?
2. Il tempo totale di trasferimento del file in assenza di errori (fino alla ricezione dell'ultimo ACK alla sorgente).

Punto 1

Il file è composto da 50 MSS + 850 byte, dunque i segmenti di lunghezza massima sono lunghi

$$L = 1200 + 40 + 160 = 1400 \text{ [byte]} = 11200 \text{ bit}$$

mentre l'ultimo segmento è lungo

$$L' = 850 + 40 + 160 = 1050 \text{ [byte]} = 8400 \text{ bit}$$

I tempi di trasmissione sono

$$T_1 = \frac{L}{C_1} = 20 \text{ [ms]}$$

$$T_2 = \frac{L}{C_2} = 4 \text{ [ms]}$$

$$TACK_1 = \frac{ACK}{C_1} = 5 \text{ ms}$$

$$TACK_2 = \frac{ACK}{C_2} = 1 \text{ [ms]}$$

$$T'_1 = \frac{L'}{C_1} = 15 \text{ [ms]}$$

$$T'_2 = \frac{L'}{C_2} = 3 \text{ [ms]}$$

Abbiamo dunque

$$RTT = T_1 + T_2 + TACK_1 + TACK_2 + 4\tau = 150 \text{ [ms]}$$

La trasmissione è continua quando

$$W_c \geq \frac{RTT}{T_1} = 7.5 \implies 8 \text{ MSS} \quad (W=1, W=2, W=4, \text{continua})$$

Considerando il tempo di setup

$$T_{open} = 2 TACK_1 + 2 TACK_2 + 4 \tau = 132 [ms]$$

L'istante in cui la trasmissione è continua

$$T_{continua} = T_{open} + 3RTT = 582 [ms]$$

Punto 2

Vengono inviati 7 MSS prima che la trasmissione diventi continua, dunque abbiamo $50 - 7 = 43$ MSS in trasmissione continua + ultimo segmento più corto

Il RTT del segmento più corto è diverso dagli altri

$$RTT' = T'_1 + T'_2 + TACK_1 + TACK_2 + 4 \tau = 144 [ms]$$

Dunque il tempo totale è

$$T_{tot} = T_{continua} + 43 T_1 + RTT' = 1586 [ms]$$

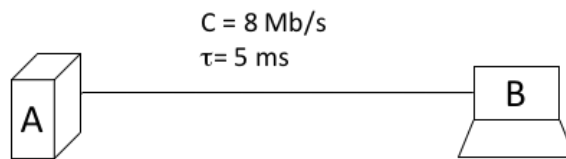
Esercizio 4.25

Una connessione TCP tra l'host A e l'host B è caratterizzata dai seguenti parametri:

- Lunghezze di *header* e *ack* trascurabili;
- *link* bidirezionali;
- $SSTHRESH = 8 \text{ MSS}$
- $MSS = 1 \text{ kbyte}$
- Ritardo di propagazione, $\tau = 5 \text{ ms}$
- Valore iniziale del *Time-Out* = 3 s

Si risponda ai seguenti quesiti:

- Dire se la trasmissione sul link diventa mai continua; in caso affermativo, trovare il tempo oltre cui la trasmissione sul link diventa continua;
- Trovare il tempo di trasferimento di un file di 80 kbyte da A a B;
- Ipotizzando che l'ultimo segmento in trasmissione venga perso, ripetere il punto b)



$$T = \frac{MSS}{C} = \frac{8 \cdot 10^3 \text{ [bit]}}{8 \cdot 10^6 \text{ [b/s]}} = 1 \text{ ms}$$

$$RTT = T + 2\tau = 11 \text{ ms}$$

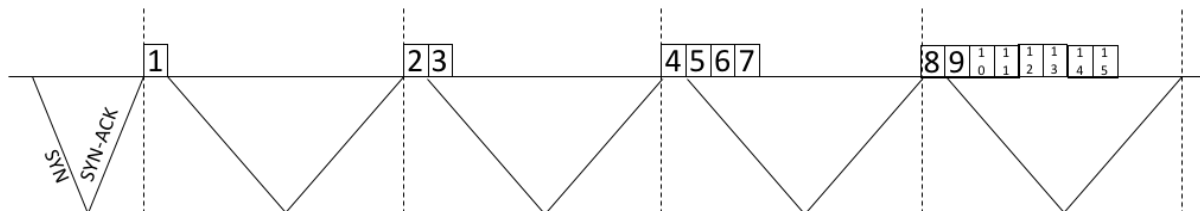
$$\text{Finestra tx continua: } W_c = \frac{RTT}{T} = 11 \text{ MSS}$$

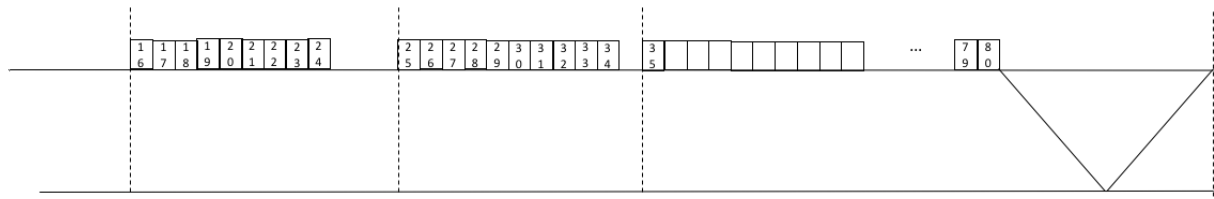
a)

- Apertura connessione: 2τ
- Slow start: (1) – (2) – (4) – (8): $4RTT$
- Congestion avoidance: (9) – (10): $2RTT$

Poi trasmissione continua

$$T_{\text{continua}} = 2\tau + 6RTT = 76 \text{ [ms]}$$





b)

File = 80 MSS

- Apertura connessione: 2τ
- Slow start: (1) – (2) – (4) – (8): $4RTT$
- Congestion avoidance: (9) – (10): $2RTT$

In totale 34 segmenti

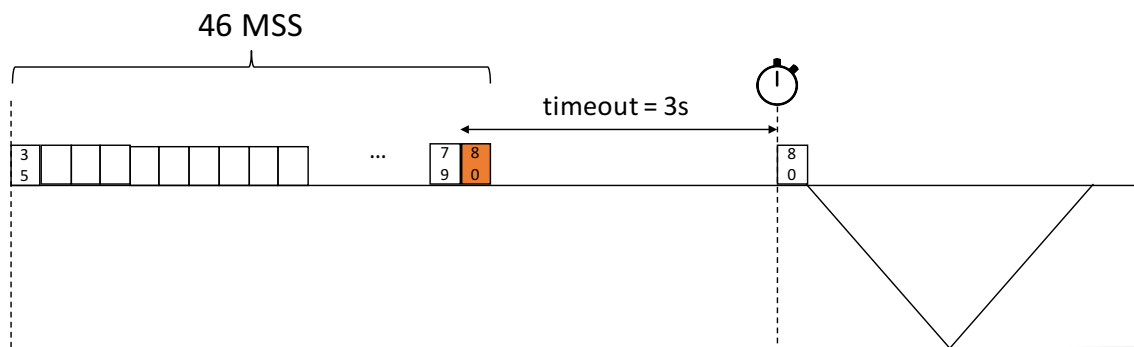
- Trasmissione continua dei restanti 46 segmenti: $46T + 2\tau$

Tempo totale:

$$T_{tot} = 2\tau + 6RTT + 46T + 2\tau = 132 \text{ ms}$$

c)

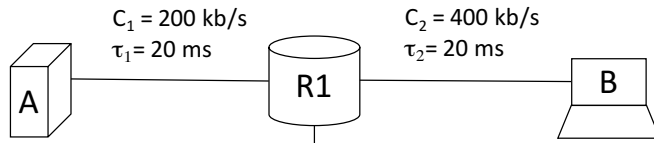
L'ultimo segmento viene ritrasmesso dopo lo scadere del timeout.



e quindi

$$T_{tot} = 2\tau + 6RTT + 45T + T_{out} + T + 2\tau = 3.132 \text{ s}$$

Esercizio 4.26



Una connessione TCP tra l'host A e l'host B nella rete in figura è caratterizzata dai seguenti parametri:

- Link bidirezionali e simmetrici
- $MSS = 200 \text{ byte}$
- Lunghezza header complessivo (tutti i livelli), $H = 50 \text{ byte}$
- Lunghezza ACK e segmenti di apertura, $L_{ACK} = 250 \text{ byte}$
- $RCWND = 1000 \text{ byte}$, $SSTHRESH = 1600 \text{ byte}$

a) Si calcoli il tempo necessario a trasferire un file di dimensione $F = 5 \text{ [kbyte]}$ (dall'apertura della connessione alla ricezione dell'ultimo ACK)

b) Si indichi il rate medio di trasferimento del file da A a B

$$RCWND = 1000 \text{ [byte]} / 200 \text{ [byte]} = 5 \text{ MSS}$$

$$SSTHRESH = 1600 \text{ [byte]} / 200 \text{ [byte]} = 8 \text{ MSS}$$

$$File = 5000 \text{ [byte]} / 200 \text{ [byte]} = 25 \text{ MSS}$$

$$L = MSS + H = 250 \text{ byte}$$

$$T_1 = \frac{L}{C_1} = 250 \cdot 8 / 200000 = 10 \text{ ms}$$

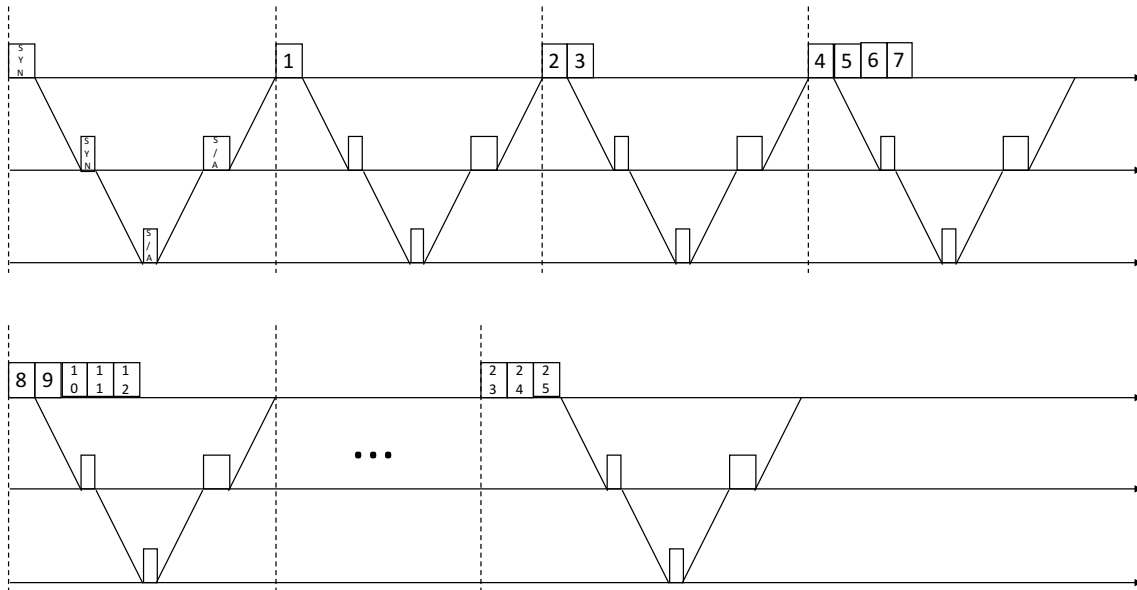
$$T_2 = \frac{L}{C_2} = 250 \cdot 8 / 400000 = 5 \text{ ms}$$

$$T_1^{ACK} = T_1; T_2^{ACK} = T_2$$

$$RTT = 2(T_1 + \tau_1 + T_2 + \tau_2) = 110 \text{ ms}$$

$$W_c = RTT / T_1 = 11 \text{ MSS}$$

$$T_{setup} = RTT = 110 \text{ ms}$$



Dopo i segmenti di apertura della connessione, il TCP parte in modalità Slow Start. Tuttavia, prima di raggiungere la Ssthresh, la finestra è limitata dalla RCWND a 5MSS. Quindi, una volta raggiunto tale valore, la finestra non aumenterà. Inoltre, dato che $Wc > RCWND$, la trasmissione non sarà mai continua.

Il tempo totale di trasferimento è dato da:

$$T_{tot} = T_{setup} + 6RTT + 2T_1 + RTT = 8RTT + 2T_1 = 900 [ms]$$

Il rate medio di trasferimento è dato da:

$$R_{medio} = \frac{F}{T_{tot}} = 5000 * \frac{8}{0.9} = 44,44 [kb/s]$$

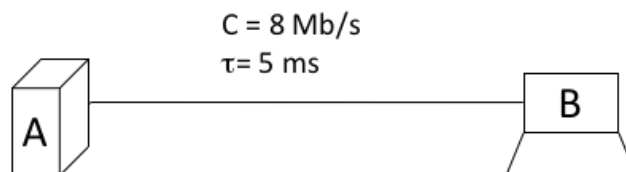
Esercizio 4.27

Una connessione TCP tra l'host A e l'host B è caratterizzata dai seguenti parametri:

- Lunghezze di *header* e *ack* trascurabili;
- *link* bidirezionali;
- $RCWND = 9 MSS$
- $SSTHRESH = 8 MSS$
- $MSS = 1 [kbyte]$
- Ritardo di propagazione, $\tau = 5 [ms]$
- Valore del *Time-Out* = $2RTT$ calcolato a partire dal primo bit di ogni UI inviata

Si risponda ai seguenti quesiti:

- Dire se la trasmissione sul link diventa mai continua; in caso affermativo, trovare il tempo oltre cui la trasmissione sul link diventa continua;
- Trovare il tempo di trasferimento di un file di $60 [kbyte]$ da A a B;
- Si consideri che il penultimo segmento in trasmissione venga perso. Ripetere il punto b) nel caso in cui il protocollo TCP accetti anche i pacchetti fuori sequenza.



a)

$$RTT = T + 2\tau = \frac{8000 [bit]}{8 \left[\frac{Mb}{s} \right]} + 10 [ms] = 11 [ms]$$

$$W_{cont} = \frac{RTT}{T} = \frac{11}{1} = 11 MSS$$

Ma abbiamo una $RCWND$ di 9 MSS, dunque la trasmissione non sarà mai continua.

b)

$$T_{setup} = 2\tau = 10 [ms]$$

$$N_{MSS} = \frac{60 [kB]}{1 [kB]} = 60$$

$$T_{tot} = T_{setup} + 9 RTT (1 - 2 - 4 - 8 - 9 - 9 - 9 - 9 - 9) + 8 T = 117 [ms]$$

Tempo dall'apertura della connessione alla ricezione dell'ultimo ACK

c)

All'invio del primo bit del 59° pacchetto, comincia il conteggio del timeout. Dopo $2RTT$, poiché non è arrivato il riscontro del 59° pacchetto, scatta il timeout. Se il TCP accetta anche i segmenti fuori sequenza, solo il penultimo pacchetto viene ritrasmesso.

$$T_{tot} = T_{setup} + 8 RTT + 7 T + timeout + RTT = T_{setup} + 12 RTT + 7 T = 138 [ms]$$

(per ipotesi il timeout viene avviato all'inizio della trasmissione di ogni UI).

Esercizio 4.28

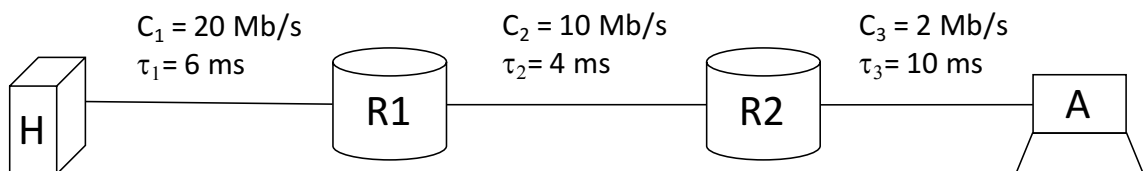
La connessione TCP tra l'host A e l'host H (riportata in figura) è caratterizzata dai seguenti parametri:

- lunghezze di header, ack e segmenti di apertura trascurabili;
- link bidirezionali simmetrici;
- MSS = 1250 Byte,;
- SSTHRESH = 10000 Byte.

a) Tenendo conto delle diverse velocità di trasmissione dei link in figura, si calcoli la lunghezza della finestra W_c (calcolata in numero di MSS) che permette la trasmissione continua.

b) Si calcoli il tempo necessario (dall'istante $t=0$ di inizio dell'apertura della connessione alla ricezione dell'ultimo ack da parte di A) per trasferire un file di 50 KByte da A a H, rappresentando chiaramente il trasferimento del file in un diagramma spazio/temporale (anche in modo sintetico).

c) Si ripeta il calcolo del tempo necessario per trasferire il file da A a H, assumendo che tutti i segmenti della quarta finestra vadano persi e il timeout corrispondente sia $T_{\text{timeout}}=100$ ms (si assuma che il conteggio del timeout inizi all'istante di invio del primo bit di ogni segmento e che i pacchetti fuori sequenza non vengano memorizzati).



Soluzione

$$MSS = 1250 \text{ Byte} = 10.000 \text{ bit} \quad SSTHRESH = 1000 \text{ Byte} = 8 \text{ MSS}$$

$$\text{File } F = 50 \text{ kByte} = 40 \text{ MSS}$$

$$T_l = 0,5 \text{ ms} \quad T_2 = 1 \text{ ms} \quad T_3 = 5 \text{ ms} \quad T_{\text{timeout}} = 100 \text{ ms}$$

$$RTT = 2T_l + 2T_2 + 2T_3 + 2\tau_l + 2\tau_2 + 2\tau_3 = 46,5 \text{ ms}$$

Il collo di bottiglia è rappresentato dal tratto più lento R2->A

a) $W_c = 10$ poiché $RTT / T_3 = 9,3$ trasmissione continua

$$b) \quad T_{\text{open}} = 2\tau_l + 2\tau_2 + 2\tau_3 = 40 \text{ ms}$$

$$T_{\text{tot}} = T_{\text{open}} + 5 RTT (1 - 2 - 4 - 8 - 9) + 15 T_3 + RTT = 395 \text{ ms}$$

Infatti File $F = 40 \text{ MSS}$

Apertura connessione: T_{open}

Slow start: (1) - (2) - (4) - (8): $4RTT$

Congestion avoidance: (9) + 16 MSS finali (continui) e riscontro -> quindi $RTT + 15T_3 + RTT$

d) Si perdono i pacchetti della quarta finestra, cioè 8,9,10,11,12,13,14 e 15. Finita la trasmissione degli 8 pacchetti della quarta finestra si attende l'ACK e trascorre tutto il time-

out. Scaduto il time-out si dimezza Ssthresh \rightarrow nuovo Ssthresh = $8MSS/2 = 4MSS$
e si riparte con la finestra dimensionata a 1MSS

Si hanno quindi 6RTT (per la trasmissione dei pacchetti 8-14 in modalità slow-start e dei pacchetti 15-32 in modalità congestion-avoidance) + 7T3 + RTT (per la trasmissione degli ultimi 8 pacchetti 33-40 + il riscontro)

$$\begin{aligned}
 T_{tot} &= \\
 &= T_{open} + 3 RTT(1 - 2 - 4) + T_{timeout} + 6RTT(1 - 2 - 4 - 5 - 6 - 7) + 7 T3 + RTT = \\
 &= 640 \text{ ms}
 \end{aligned}$$