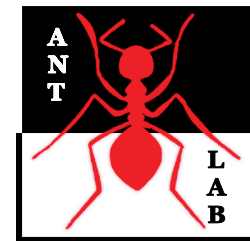




Politecnico di Milano

Advanced **N**etwork **T**echnologies **L**aboratory



Esercizi sul TCP

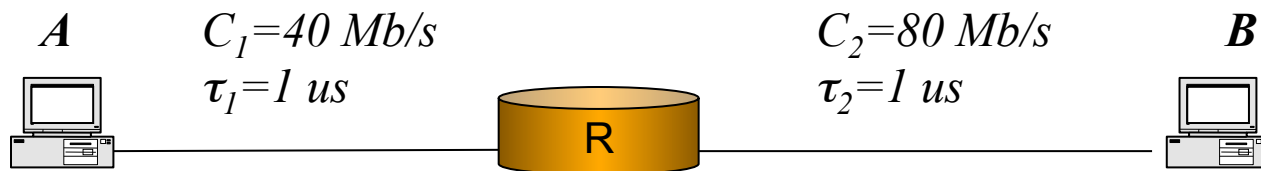
Notazioni, Unità di Misura

- 1 [byte] = 8 [bit]
- 1 [kbyte] = 1000 [byte] = 8000 [bit]
- 1 [Mbyte] = 8 [Mbit]

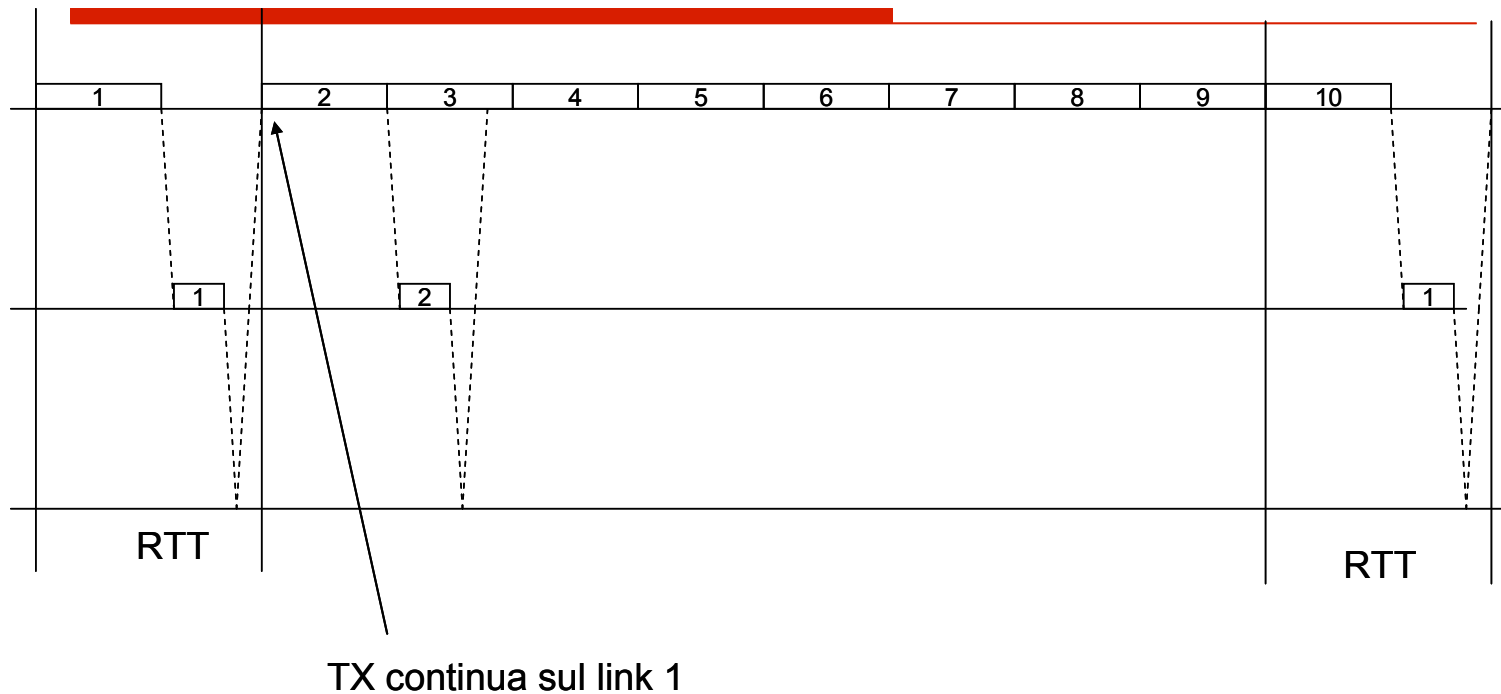
- 1 [ms] = 10^{-3} [s]
- 1 [μ s] = 10^{-6} [s]
- 1 [ns] = 10^{-9} [s]

Esercizio 1

- Si consideri la rete in Figura in cui tra l'host A e l'host B sia attivata una connessione TCP. Si calcoli l'istante di tempo dall'attivazione della connessione oltre il quale la trasmissione sul link 1 risulta continua, supponendo
 - *header* trascurabili
 - *link* bidirezionali e simmetrici
 - RCWND = 4000 byte e Ssthresh = 400 byte
 - dimensione segmenti MSS = 100 byte
 - dimensione ACK = dimensione segmenti per apertura della connessione = trascurabile
- Quanto tempo occorre per trasferire un file da 1 Kbyte sulla connessione TCP sopra specificata (dall'istante di trasmissione del primo segmento all'istante di ricezione dell'ACK dell'ultimo segmento)?
- (N.B. 1 byte = 8 bit, 1 Kbyte = 1000 byte = 8000 bit, 1Mb/s = 10^6 bit/s)

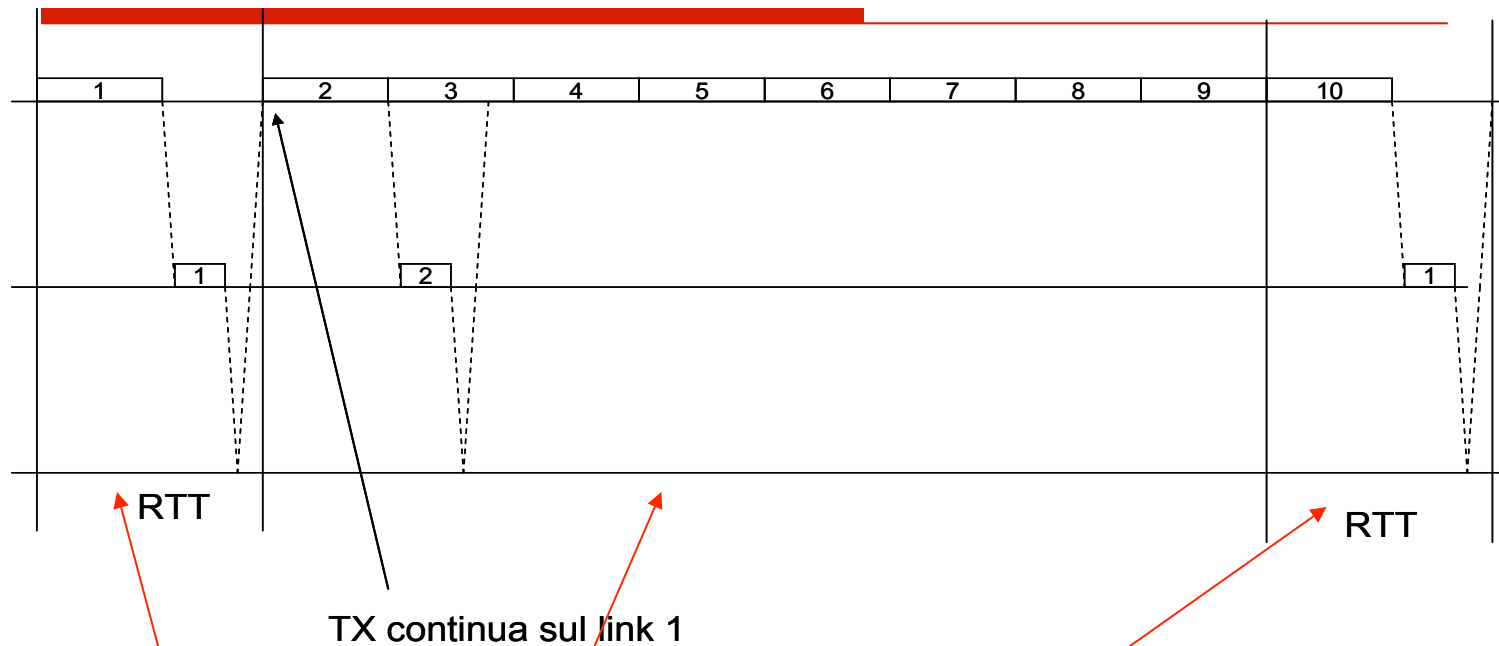


Soluzione 1



- TX continua sul link 1 se: $WT_1 > RTT$, quindi $W > RTT/T_1$
 - $RTT = T_1 + T_2 + 4\tau = 20 [\mu s] + 10 [\mu s] + 4 [\mu s] = 34 [\mu s]$
 - $T_1 = 100 \times 8 [\text{bit}] / 40 [\text{Mb/s}] = 20 [\mu s]$
- $W > RTT/T_1 = 1.7$
- TX continua sul link 1 dopo 1 RTT.

Soluzione 1

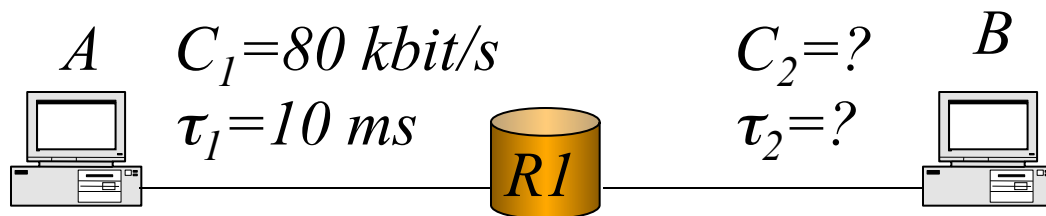


- Il file è composto da
 - $1 \text{ [Kbyte]} / 100 \text{ [byte]} = 10 \text{ MSS}$
- Il tempo totale di trasferimento è:
 - $T = \text{RTT} + 8 T_1 + \text{RTT} + 4\tau = 228 \text{ [\mu s]}$

Set-Up time

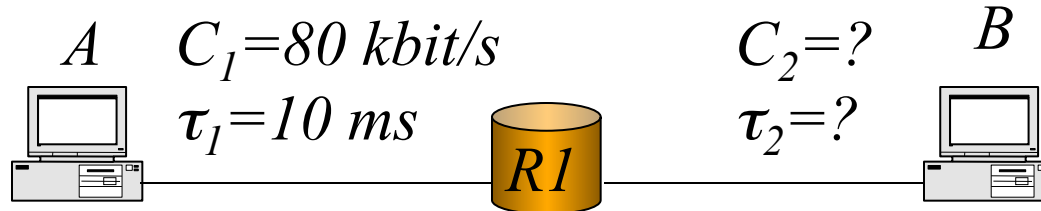
Esercizio 2

- Si consideri il collegamento in figura



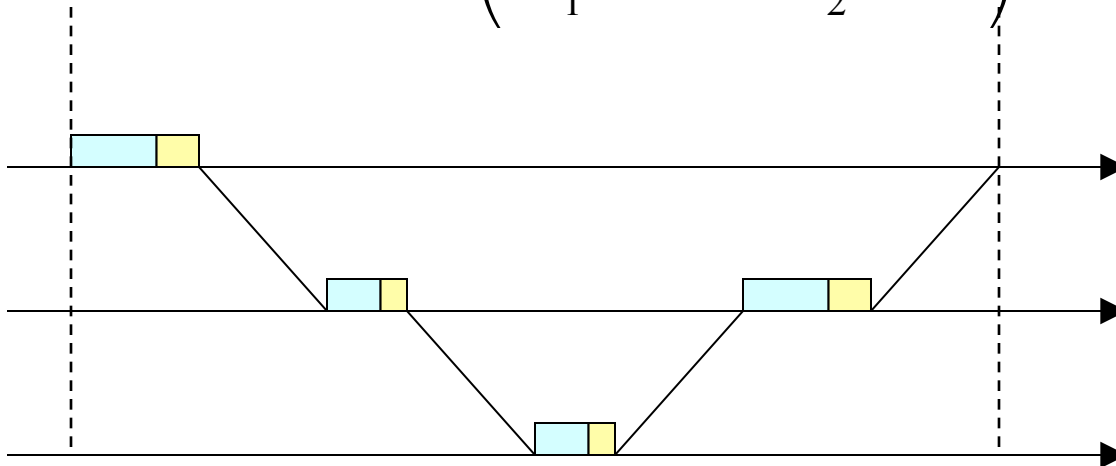
- A vuole conoscere la capacità e il ritardo di propagazione del link 2 e allo scopo invia a B 2 messaggi di echo: M1 di lunghezza $l_1 = 1000$ [byte], ed M2 di lunghezza $l_2 = 1500$ [byte]; per ognuno di essi misura un Round-Trip-Time (RTT) pari a 780 [ms] e 1130 [ms] rispettivamente.
- Nella risposta, B utilizza messaggi con le stesse lunghezze. Calcolare C_2 e τ_2 nell'ipotesi che le lunghezze degli header siano trascurabili.

Soluzione 2

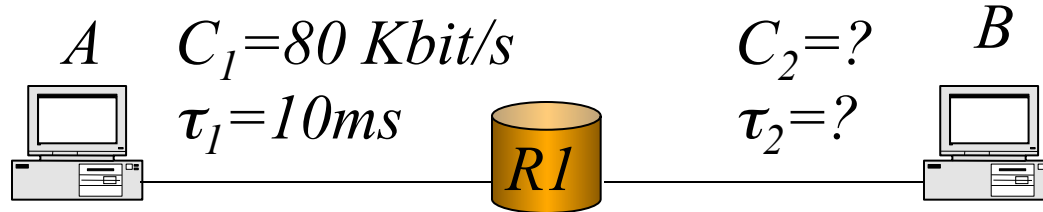


$$RTT_1 = 2 \left(\frac{m_1}{C_1} + \tau_1 + \frac{m_1}{C_2} + \tau_2 \right)$$

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

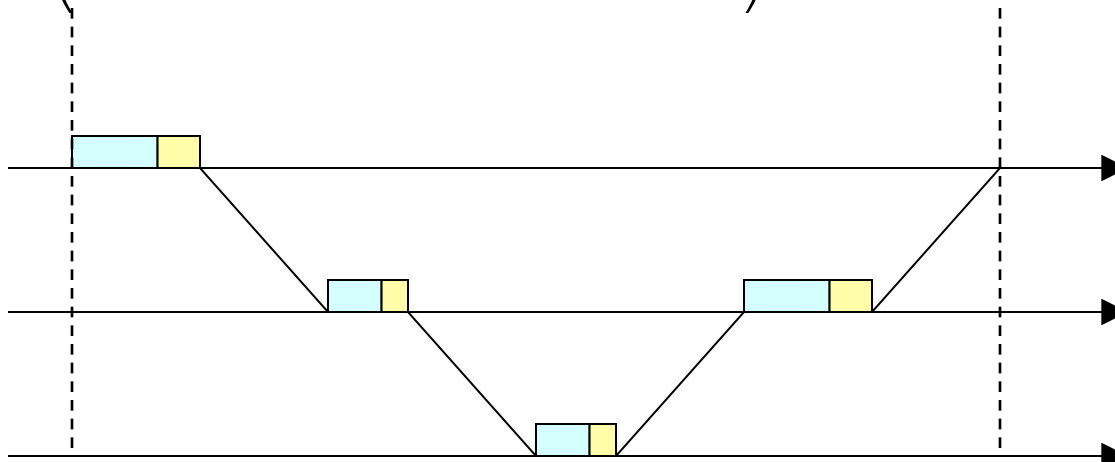


Soluzione 2

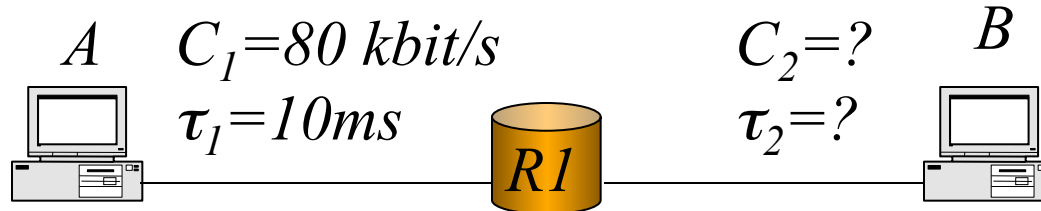


$$780 = 2 \left(\frac{8000}{80} + 10 + \frac{8000}{C_2} + \tau_2 \right) = 220 + \frac{16000}{C_2} + 2\tau_2$$

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



Soluzione 2



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

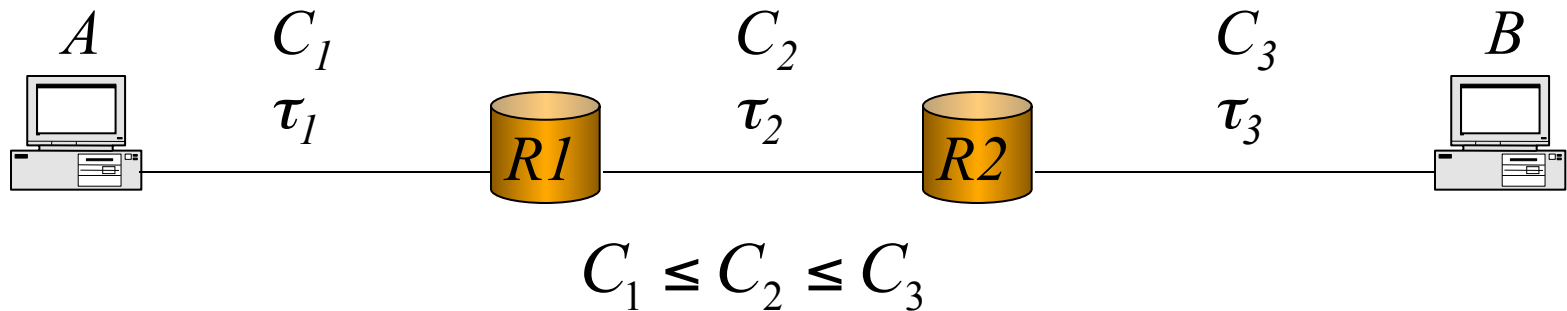
$$810 = \frac{24000}{C_2} + 2 \left(280 - \frac{8000}{C_2} \right) = \frac{8000}{C_2} + 560;$$

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

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

Esercizio 3

- Si consideri il collegamento in figura
 - I link sono bi-direzionali con ugual capacità nelle due direzioni



- Tra A e B è attiva una connessione TCP già a regime con $MSS=250$ [byte]
- Si assume che RCVWND sia minore della CWND e pari a 4 segmenti

Esercizio 3

- Si calcoli il tempo necessario a trasferire una sequenza di byte in arrivo dal livello applicativo lunga 104 [kbit] (dall'istante di trasmissione del primo segmento alla ricezione dell'ACK dell'ultimo). Si assuma
 - Lunghezza Header IP: H_{IP}
 - Lunghezza Header TCP: H_{TCP}
 - Lunghezza Header livelli inferiori: H_{LL}
 - Assenza di errori
 - Nessun altro traffico in rete
 - Lunghezza degli ACK trascurabile
- Qual è il valore della finestra che consentirebbe di avere una trasmissione continua di pacchetti sul link 1?

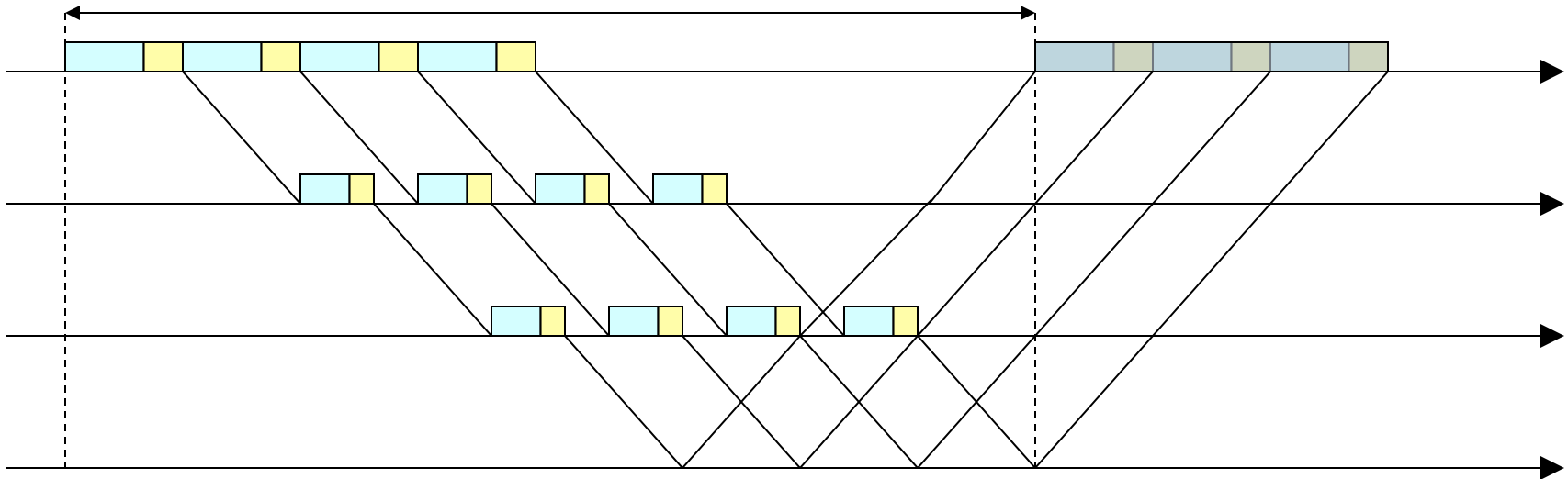
Soluzione 3

PRIMA DOMANDA

- 104 [kbit] equivalgono a 13000 [byte] che possono essere divisi in 52 segmenti da 250 [byte] (MSS)
- Ciascun pacchetto (sul link) ha una lunghezza complessiva di
 - $L = \text{MSS} + \text{HIP} + \text{HTCP} + \text{HLL}$

Soluzione 3

$$RTT = \frac{L}{C_1} + 2\tau_1 + \frac{L}{C_2} + 2\tau_2 + \frac{L}{C_3} + 2\tau_3$$

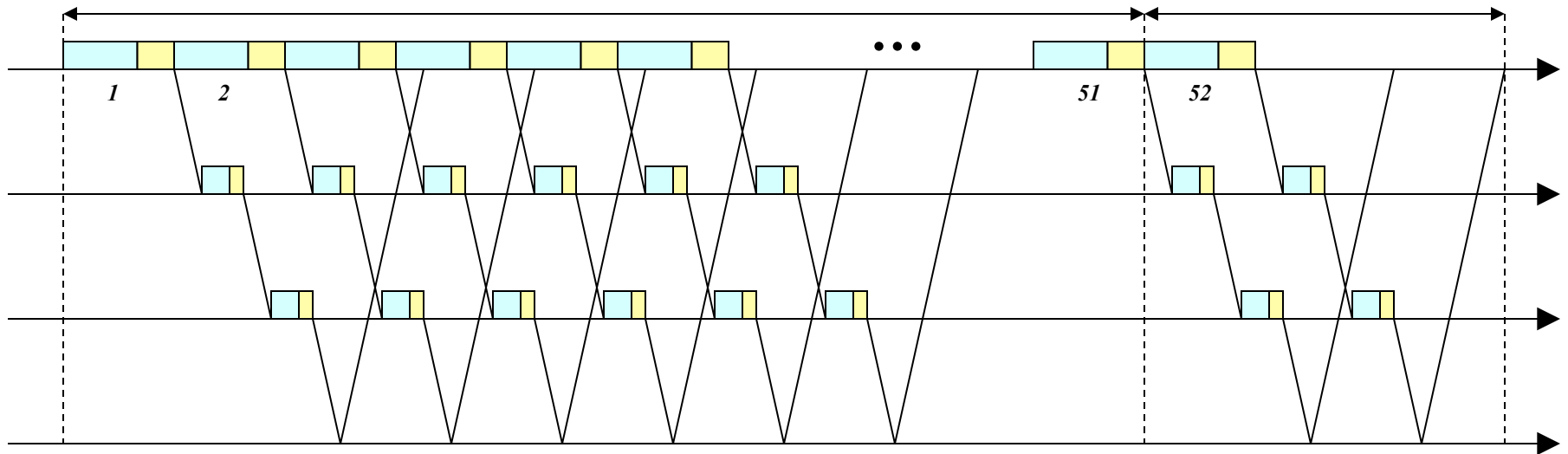


$$\text{Se } 4 \frac{L}{C_1} \leq RTT$$

$$T_{tot} = (52 / 4) \cdot RTT + (4 - 1) \frac{L}{C_1} = 13RTT + 3 \frac{L}{C_1}$$

Soluzione 3

Altrimenti: la trasmissione è continua e quindi



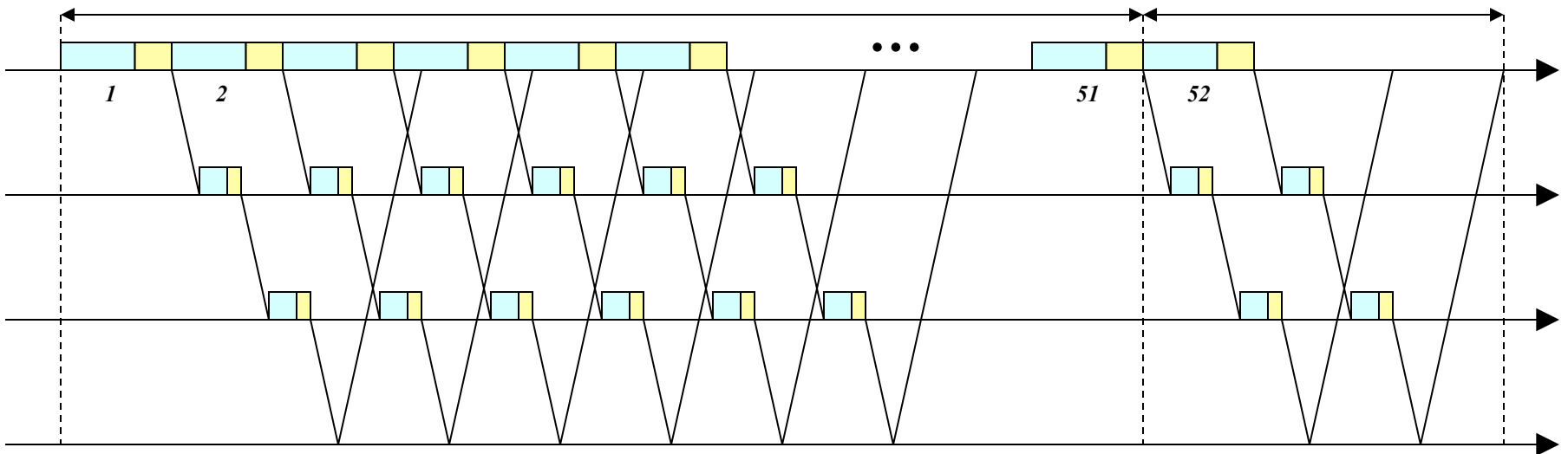
$$T_{\text{tot}} = 51 \frac{L}{C_1} + RTT$$

Soluzione 3

SECONDA DOMANDA

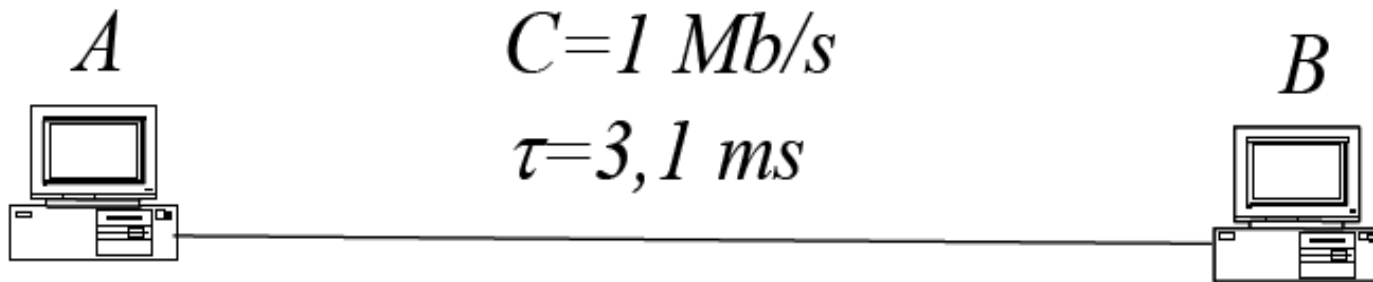
- Il valore minimo della finestra che consente una trasmissione continua si calcola imponendo che il tempo RTT sia minore del tempo di trasmissione dei segmenti della finestra:

$$\text{RTT} \leq w \frac{L}{C_1} \quad w = \left[\frac{C_1}{L} \left(\frac{L}{C_1} + 2\tau_1 + \frac{L}{C_2} + 2\tau_2 + \frac{L}{C_3} + 2\tau_3 \right) \right]$$



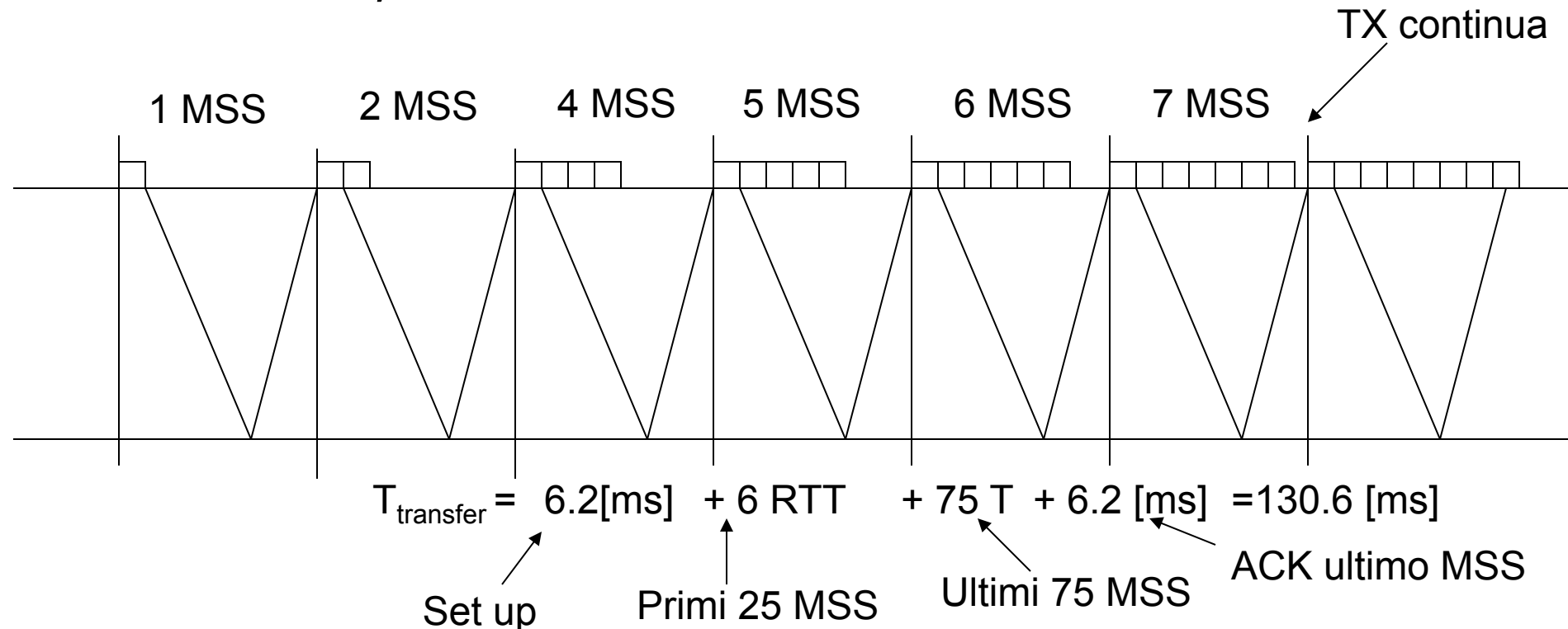
Esercizio 4

- 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 viene aperta da A e la lunghezza dei segmenti di apertura della connessione è trascurabile
 - La lunghezza degli ACK è trascurabile
 - $SSTHRESH$ è pari a 5 MSS



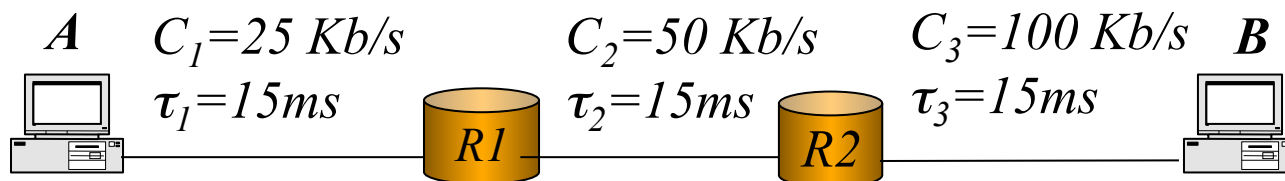
Soluzione 4

- $T = 1000 \text{ [bit]} / 1 \text{ [Mb/s]} = 1 \text{ [ms]}$
- $RTT = 6.2 \text{ [ms]} + T = 7.2 \text{ [ms]}$
- La trasmissione è discontinua fino a che $WT < RTT$, cioè fino a che $W=8$

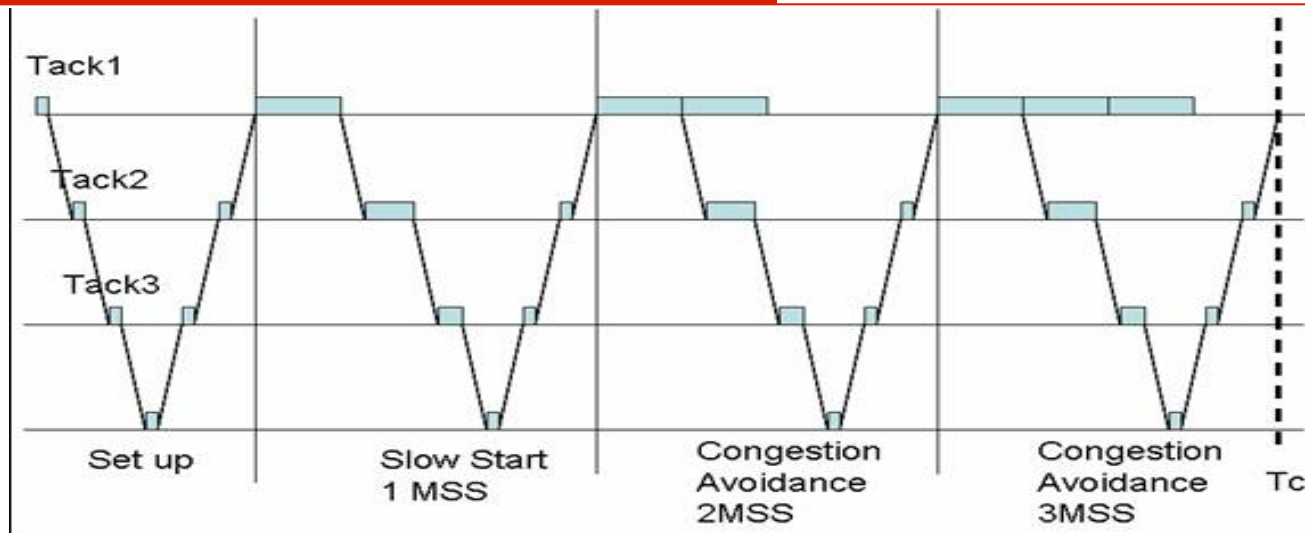


Esercizio 5

- All'istante 0 è 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
 - RCWND = 4000 [byte] e 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 trasmissione del primo segmento all'istante di ricezione dell'ACK dell'ultimo segmento)?
 - (N.B. 1 byte = 8 bit, 1 kbyte= 1000 byte = 8000 bit)



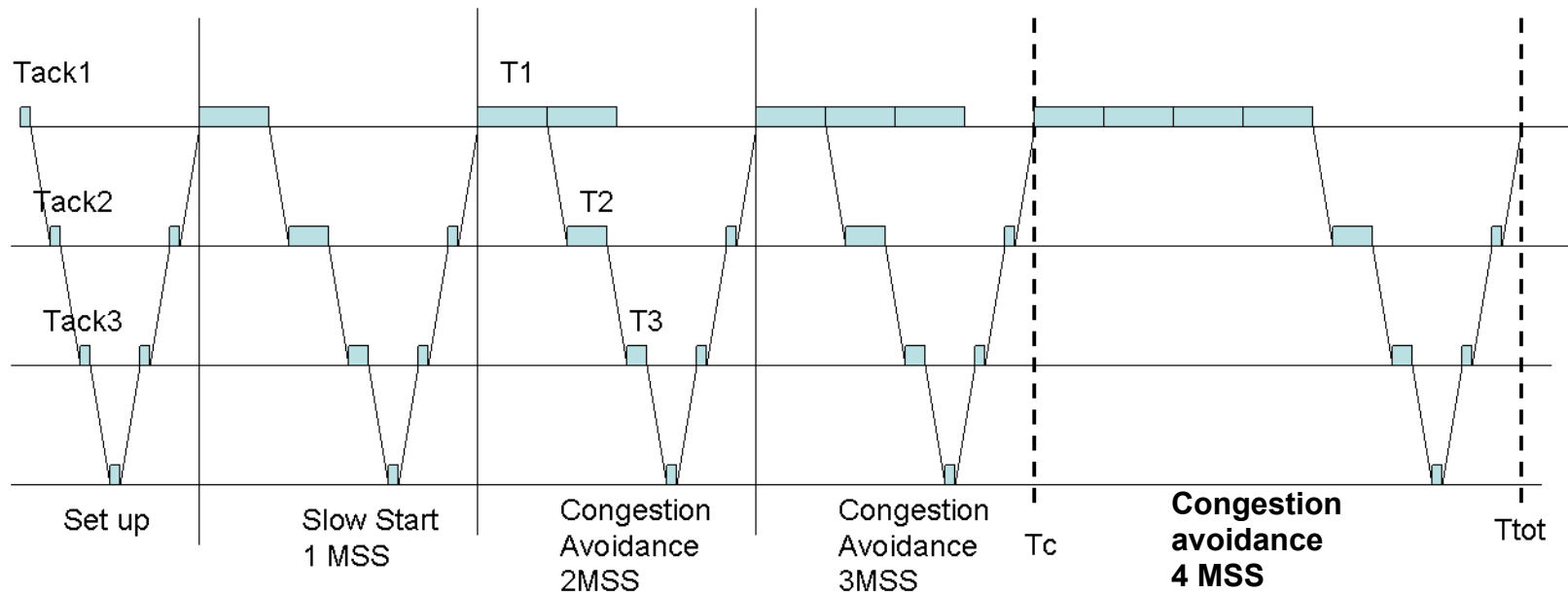
Soluzione 5



- Calcoliamo un po' di valori:
 - $T_1 = 200 \times 8 \text{ [bit]} / 25 \text{ [kbit/s]} = 64 \text{ ms}$, $T_2 = \frac{1}{2} T_1 = 32 \text{ ms}$, $T_3 = \frac{1}{2} T_2 = 16 \text{ ms}$
 - $RTT = T_1 + T_2 + T_3 + 2(\tau_2 + \tau_1 + \tau_3) + (Tack1 + Tack2 + Tack3) = 213.2 \text{ ms}$
 - $T_{\text{setup}} = 2(Tack1 + Tack2 + Tack3) + 2(\tau_2 + \tau_1 + \tau_3) = 112.4 \text{ ms}$
- Il link 1 è il collo di bottiglia, trasmissione è continua sul link 1 quando:
 - $WT_1 > RTT$
- quindi
 - $W > RTT / T_1 = 3,3$
- L'istante in cui la trasmissione diventa continua è
 - $T_c = T_{\text{setup}} + 3 RTT = 112.4 \text{ [ms]} + 649.6 \text{ [ms]} = 752 \text{ [ms]}$

Soluzione 5

- Il file da trasferire è di 2 [kbyte], equivalenti a 10 MSS.
- Il tempo per trasferire 10 MSS è:
 - $T_c = T_{\text{setup}} + 4 \text{ RTT} + 3 T_1 = 1.15 \text{ [s]}$



Esercizio 6

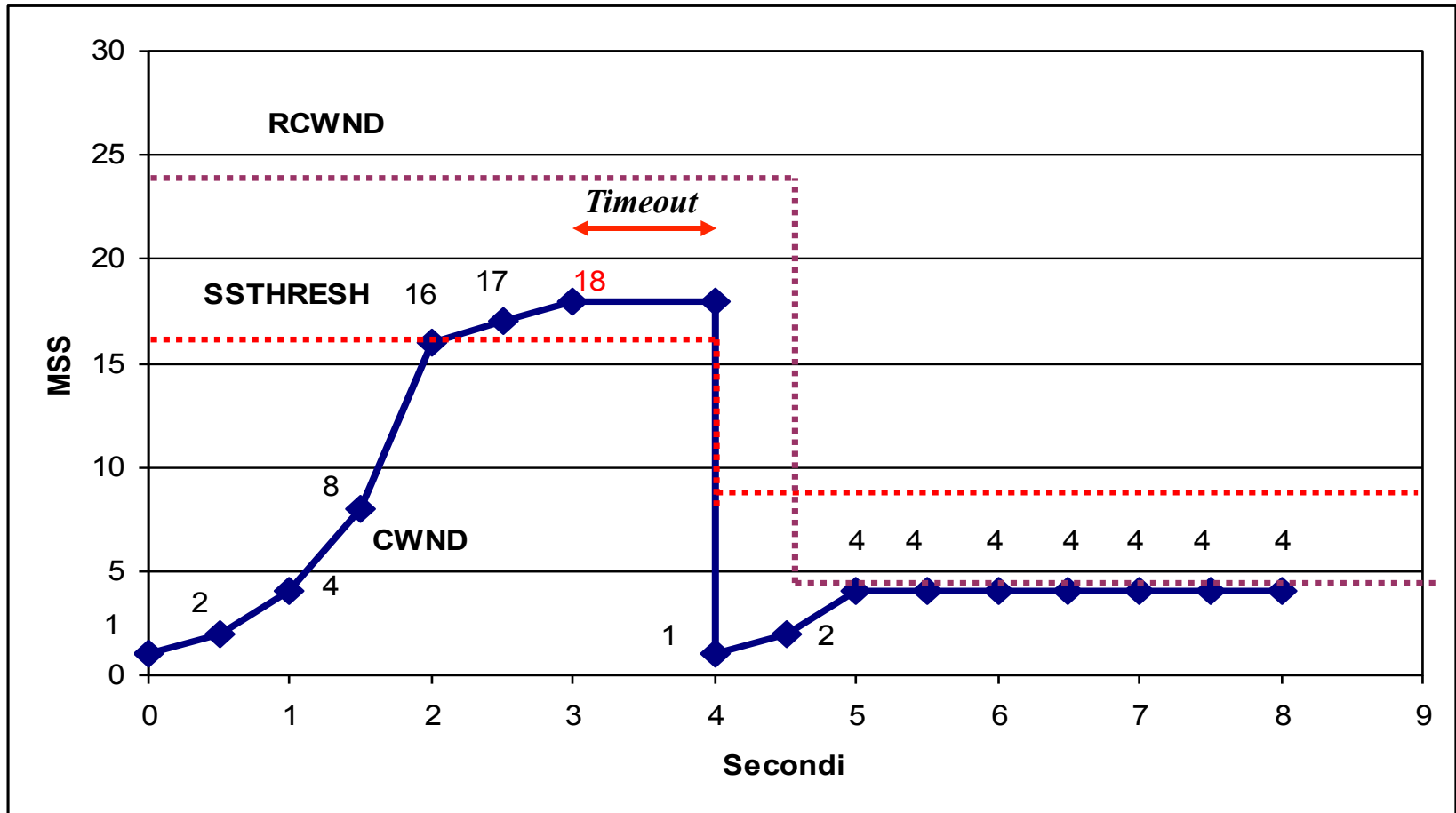
- Una connessione TCP è usata per trasmettere un file da 39.5 [kbyte] utilizzando i seguenti parametri:
 - MSS=500 [byte]
 - RTT = 500 [ms]
 - timeout T1 = 2*RTT.
- Si assuma che le condizioni iniziali delle finestre siano:
 - RCWND = 12 [kbyte]
 - SSTHRESH = 8 [kbyte]
 - CWND = 500 [byte]
- E che inoltre:
 - si verifichi un errore sulla connessione all'istante 3 [s] (tutti i segmenti in trasmissione vengano persi)
 - al tempo 4,5 [s] il ricevitore segnali RCWND = 2 [kbyte]
- Si tracci l'andamento nel tempo di:
 - CWND
 - SSTHRESH
 - RCWND
- Si calcoli il tempo di trasmissione del file

Soluzione 6

- ❑ Conviene ragionare in numero di segmenti trasmessi
- ❑ Dimensione File (in MSS) = $39,5 \text{ [Kbyte]} / 500 \text{ [byte]} = 79 \text{ MSS}$
- ❑ Dobbiamo trovare il tempo necessario per trasferire 79 MSS

- ❑ $\text{RCWND} = 12 \text{ [Kbyte]} / 500 \text{ [byte]} = 24 \text{ MSS}$
- ❑ $\text{SSTHRESH} = 8 \text{ [Kbyte]} / 500 \text{ [byte]} = 16 \text{ MSS}$
- ❑ $\text{Timeout} = 1 \text{ s}$

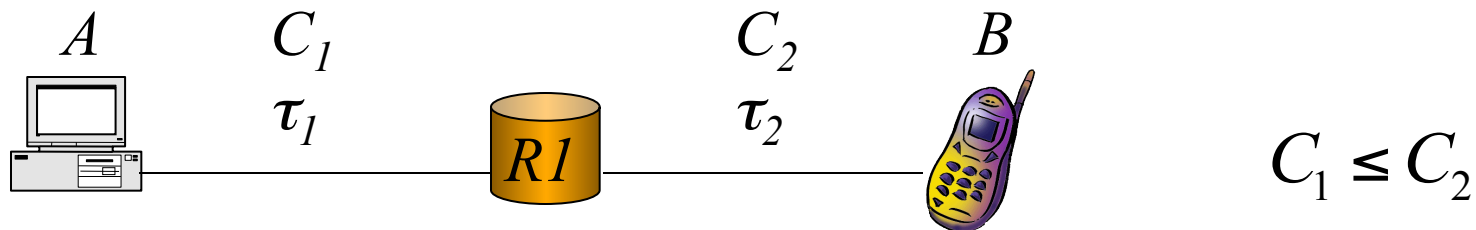
Soluzione 6



□ Tempo di trasferimento del file, $T=8.5s$

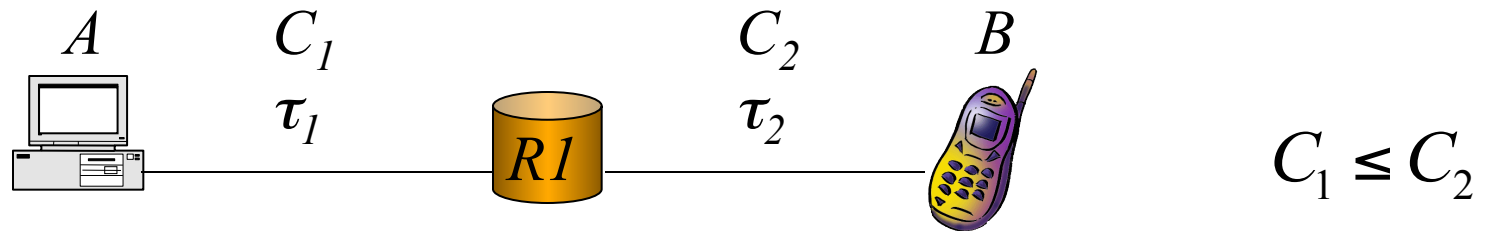
Esercizio 7

- Si consideri il collegamento in figura



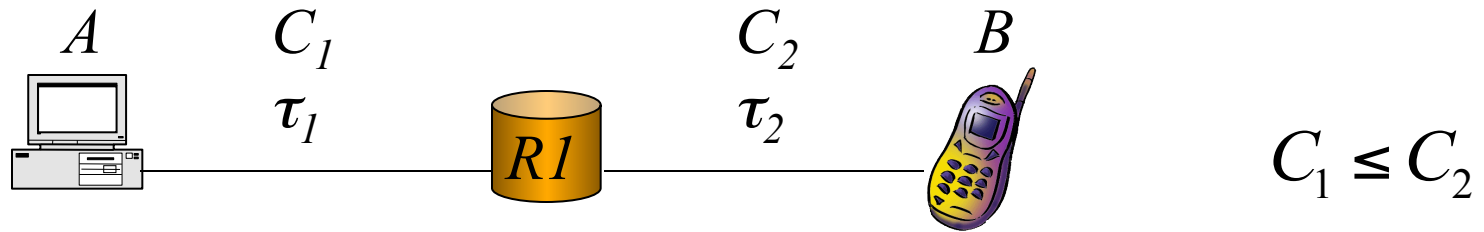
- A deve trasferire un messaggio applicativo di M byte verso B utilizzando UDP
 - Supponendo che la lunghezza massima dei segmenti UDP sia di m byte (dati), e indicando con HLL, HIP, HUDP gli header dei livelli inferiori, IP e UDP rispettivamente, si calcoli il tempo necessario a trasferire il messaggio

Esercizio 7



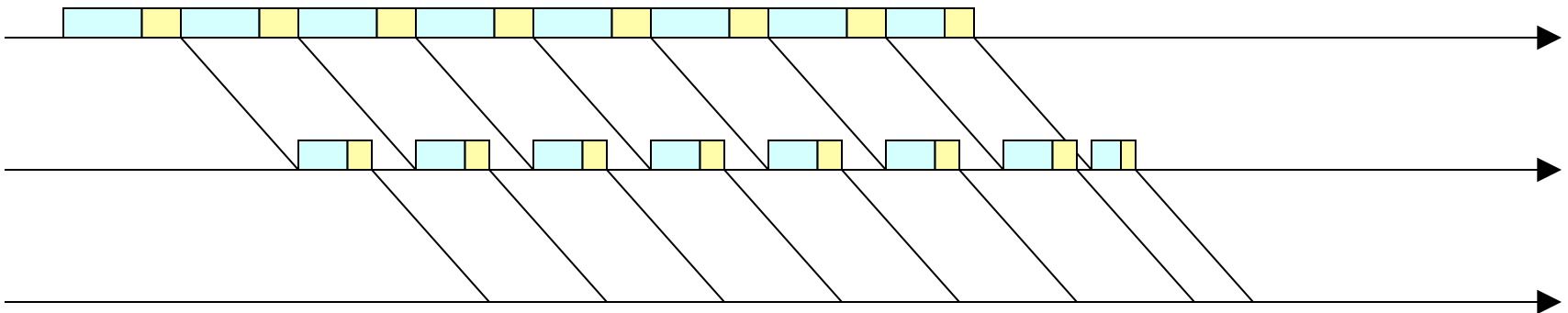
- A deve trasferire un messaggio applicativo di M byte verso B utilizzando UDP
- Come in a) ma ipotizzando che sul link 2 sia attivo un protocollo di livello 2 riscontrato con meccanismo di ritrasmissione di tipo stop-and-wait (lunghezza degli ACK trascurabile)

Soluzione 7

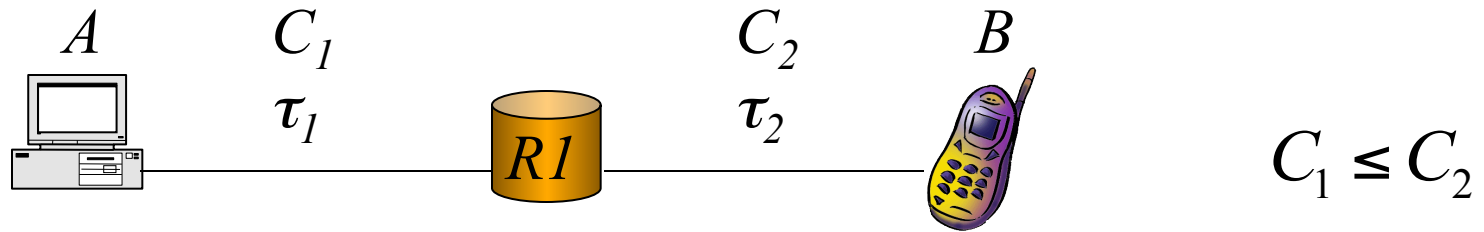


□ Numero di messaggi di lunghezza massima: $n = \left\lfloor \frac{M}{m} \right\rfloor$

□ Lunghezza ultimo messaggio: $l = M - m \left\lfloor \frac{M}{m} \right\rfloor$

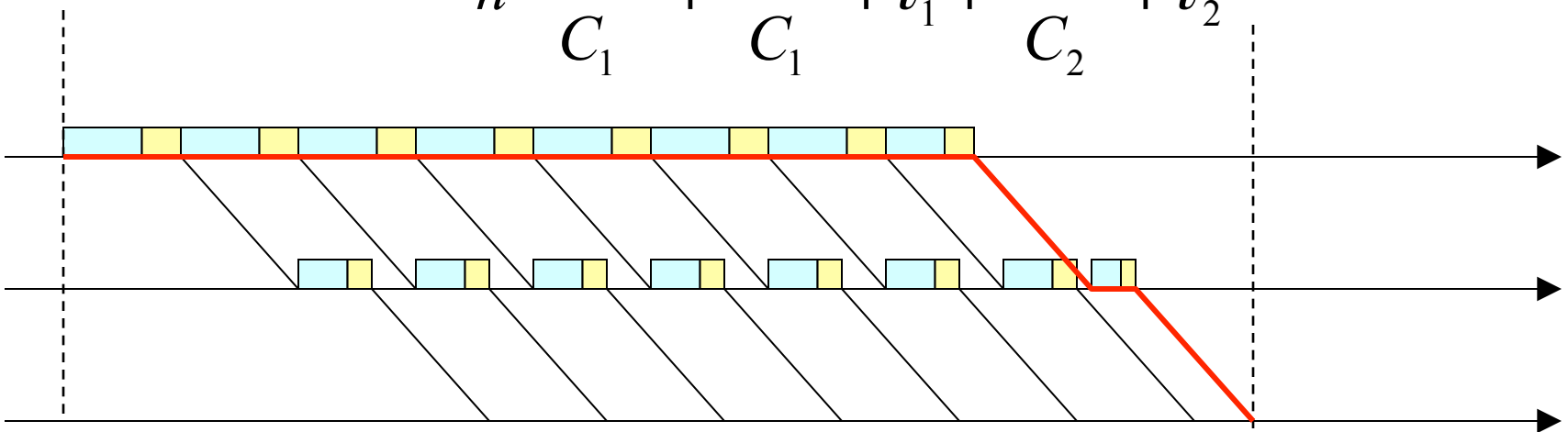


Soluzione 7

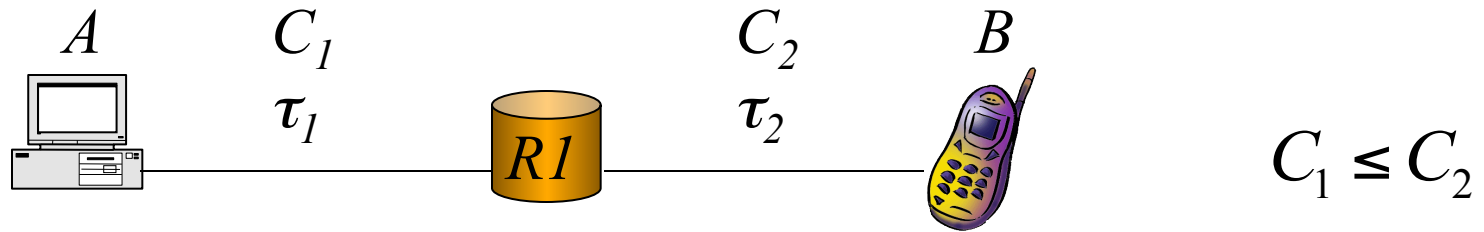


□ Tempo di trasferimento: se $\frac{l+h}{C_1} \geq \frac{m+h}{C_2}$

$$n \frac{m+h}{C_1} + \frac{l+h}{C_1} + \tau_1 + \frac{l+h}{C_2} + \tau_2$$

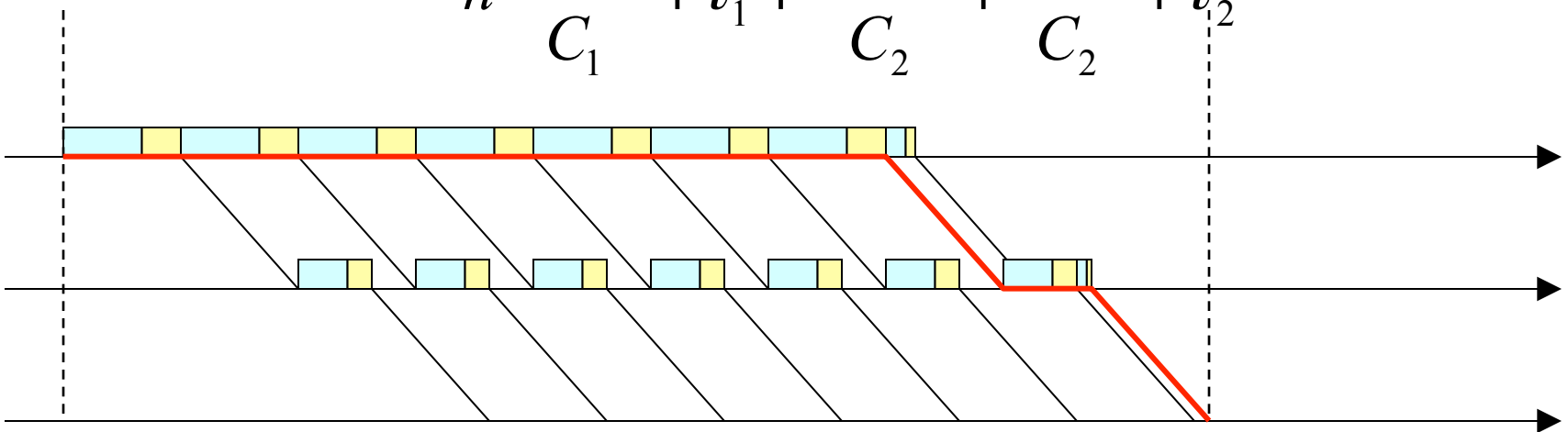


Soluzione 7

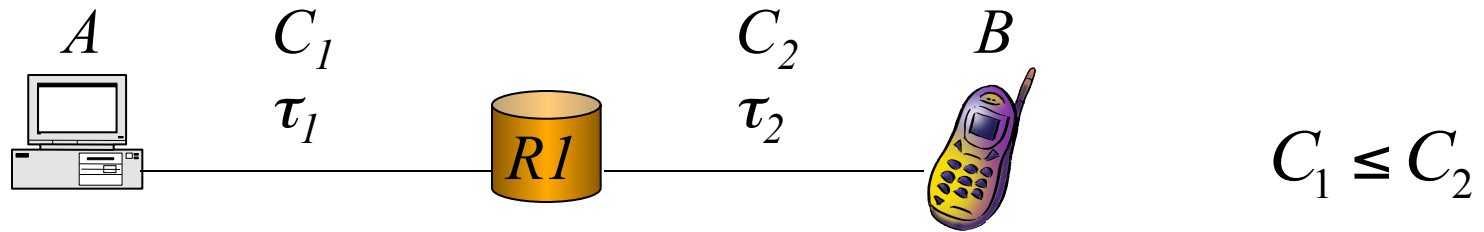


□ Tempo di trasferimento: se $\frac{l+h}{C_1} \leq \frac{m+h}{C_2}$

$$n \frac{m+h}{C_1} + \tau_1 + \frac{m+h}{C_2} + \frac{l+h}{C_2} + \tau_2$$

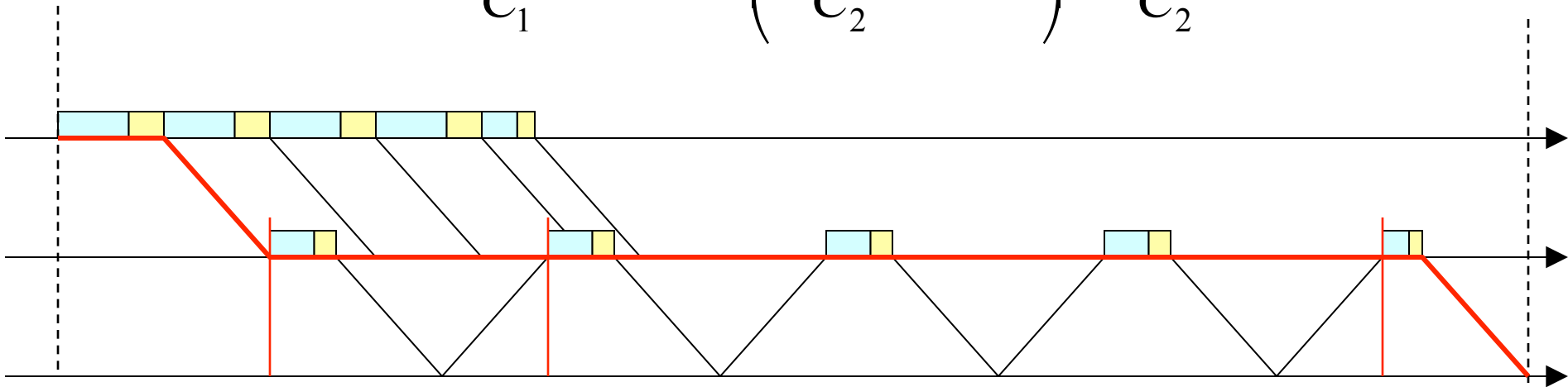


Soluzione 7

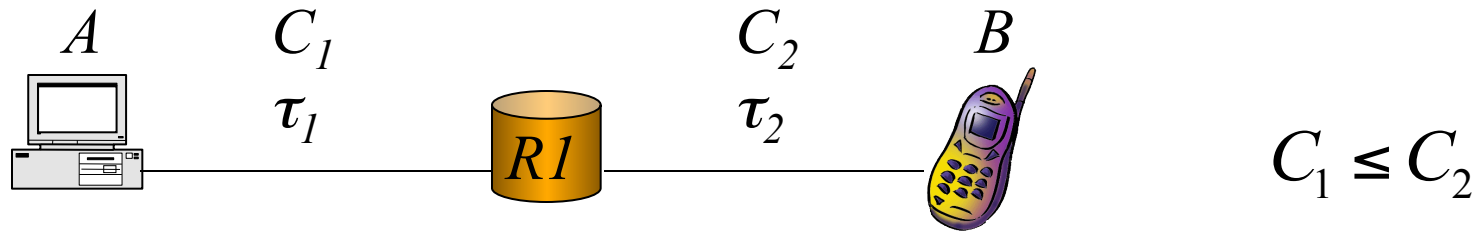


□ Tempo di trasferimento: se $\frac{m+h}{C_1} \leq 2\tau_2 + \frac{m+h}{C_2}$

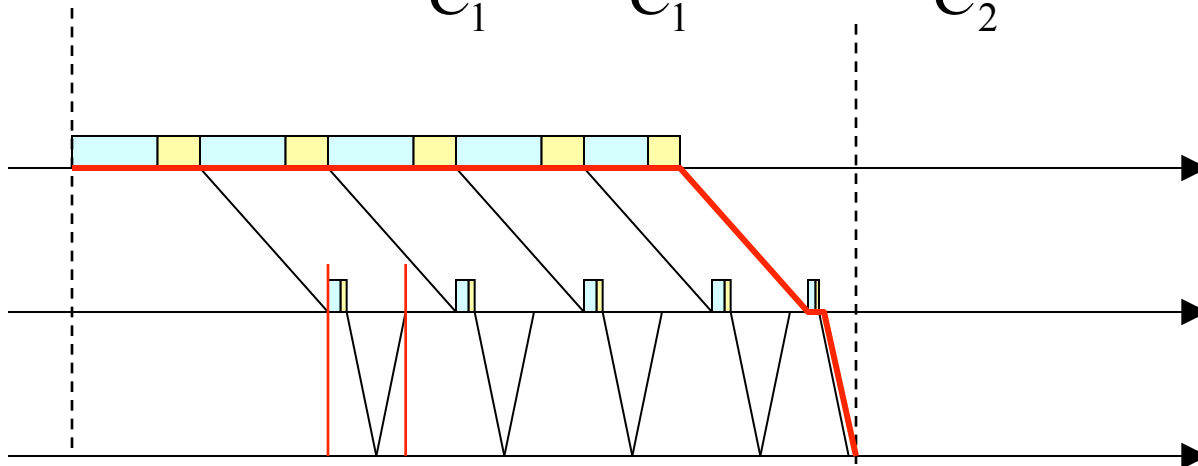
$$\frac{m+h}{C_1} + \tau_1 + n \left(\frac{m+h}{C_2} + 2\tau_2 \right) + \frac{l+h}{C_2} + \tau_2$$



Soluzione 7



- Tempo di trasferimento: se $\frac{m+h}{C_1} \geq 2\tau_2 + \frac{m+h}{C_2}$
- $$n \frac{m+h}{C_1} + \frac{l+h}{C_1} + \tau_1 + \frac{l+h}{C_2} + \tau_2$$



Alcune domande

Una connessione TCP tra due end users direttamente collegati è caratterizzata dai seguenti parametri:

- $C = 10 \text{ Mb/s}$
- $\text{MSS} = 100 \text{ byte}$
- $\text{RCWND} = 4 \text{ MSS}$ e $\text{RCWND} \ll \text{CWND}$
- Propagation delay $\tau = 1 \text{ ms}$

Dire qual è il ritmo medio di trasmissione (bit/s) della connessione TCP. Ripetere il conto nel caso in cui $\text{MSS} = 1000 \text{ byte}$

1) $\text{RTT} = 100 \times 8 / 10^7 + 2\tau = 2.08 \text{ ms}$

$T = 0.08 \text{ ms}$, da cui si ha che $4T < \text{RTT}$, per cui la trasmissione è discontinua. In questo caso la connessione TCP smaltisce 4 MSS per ogni RTT, per cui il rate medio sarà: $R = 4 \times 100 \times 8 / \text{RTT} = 1,53 \text{ Mb/s}$ (circa)

2) Nel secondo caso si ha invece:

$T = 0.8 \text{ ms}$ per cui $4 \times T = 3,2 \text{ ms}$, da cui $4 \times T > \text{RTT}$, quindi la trasmissione è continua e la connessione TCP sfrutta appieno la capacità del link. In conclusione, $R = C = 10 \text{ Mb/s}$