



***Politecnico di Milano***  
*Facoltà di Ingegneria dell'Informazione*

## **ESERCIZI: Livello di trasporto**

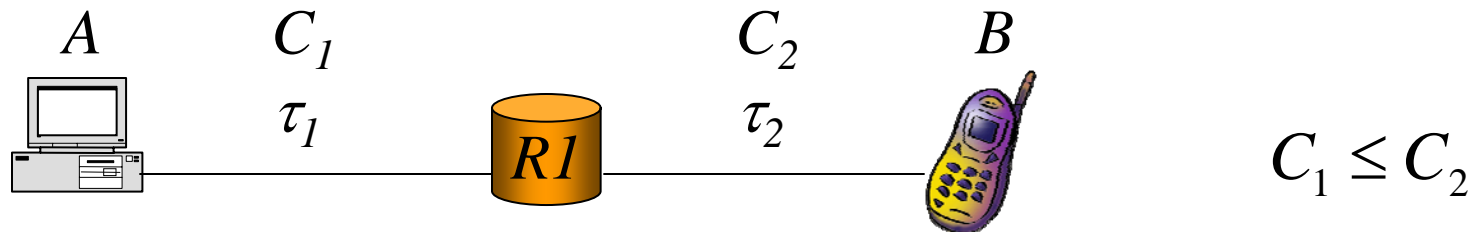
---

**Infrastrutture e Protocolli per Internet**

# Esercizio 1

---

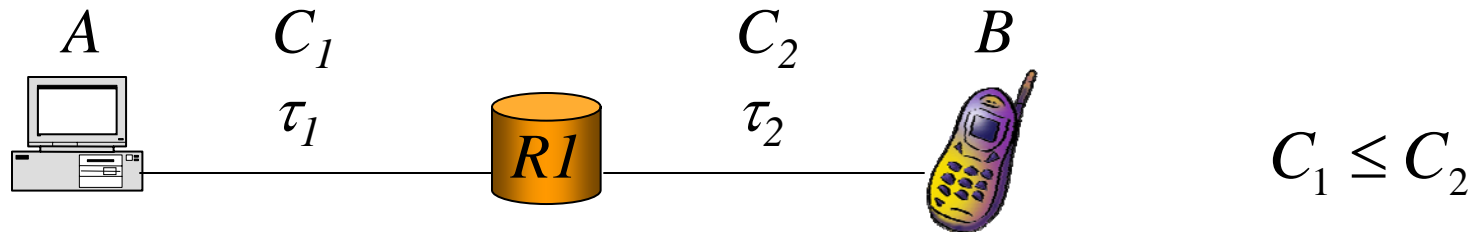
- Si consideri il collegamento in figura



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

# Esercizio 1

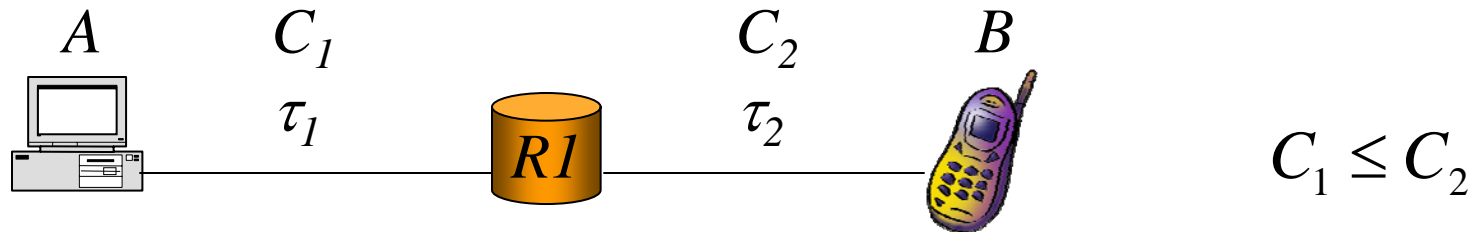
---



- **A deve trasferire un messaggio applicativo di  $M$  byte verso B utilizzando UDP**
  - **b) 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 1

---

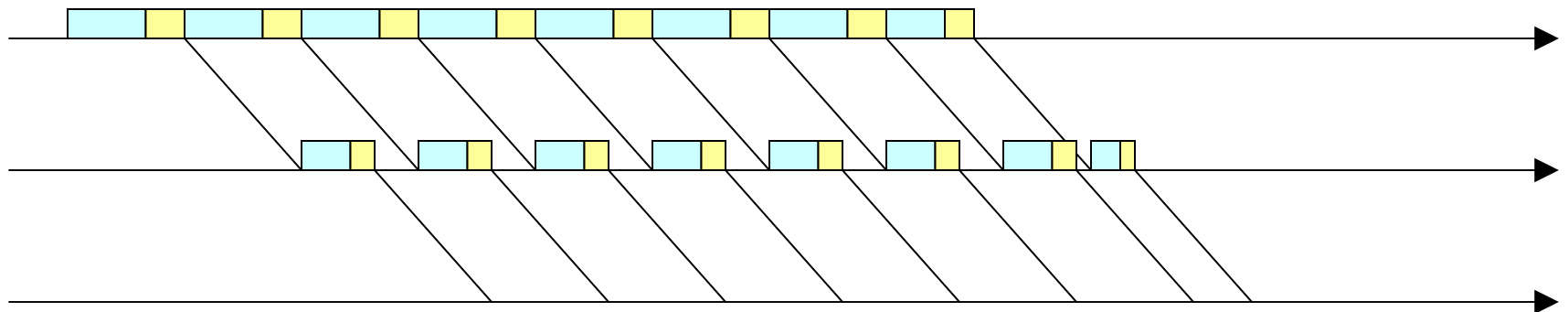


- **Numero di messaggi di lunghezza massima:**

$$n = \left\lfloor \frac{M}{m} \right\rfloor$$

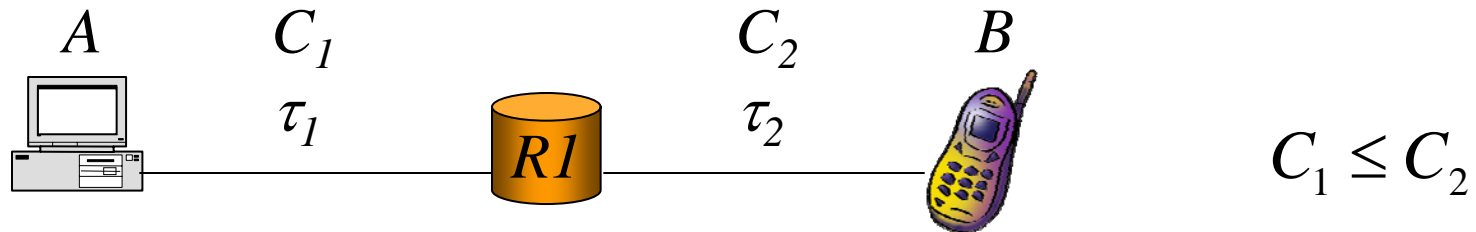
- **Lunghezza ultimo messaggio:**

$$l = M - n \left\lfloor \frac{M}{m} \right\rfloor$$



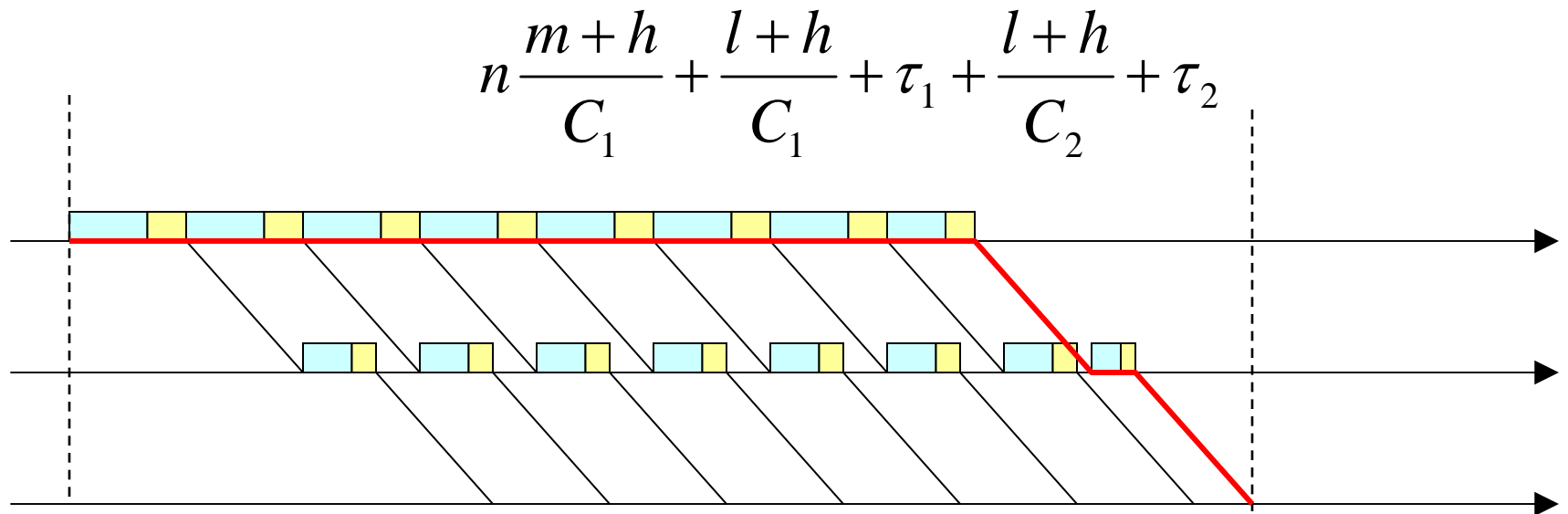
# Soluzione 1

---



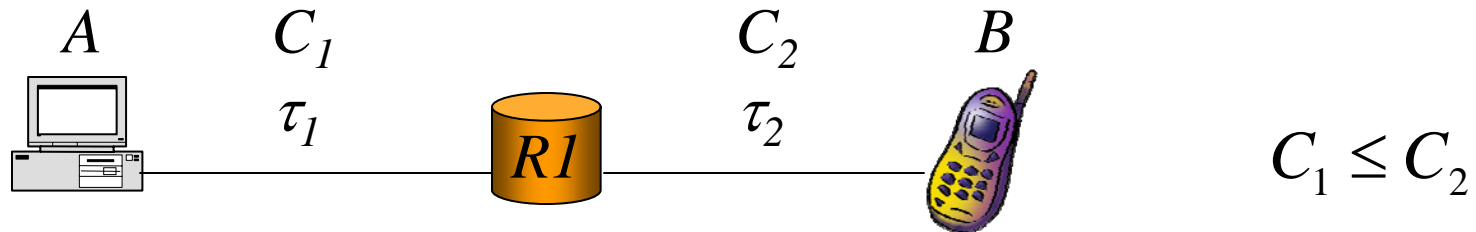
a) **Tempo di trasferimento:**

se  $\frac{l+h}{C_1} \geq \frac{m+h}{C_2}$

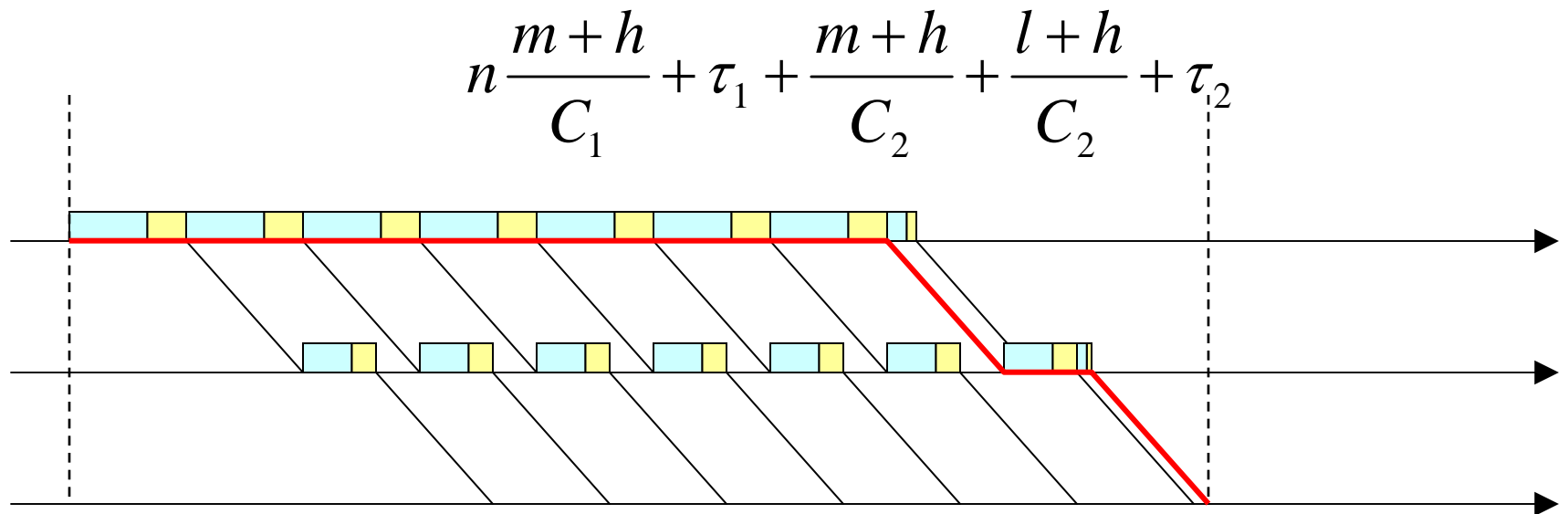


# Soluzione 1

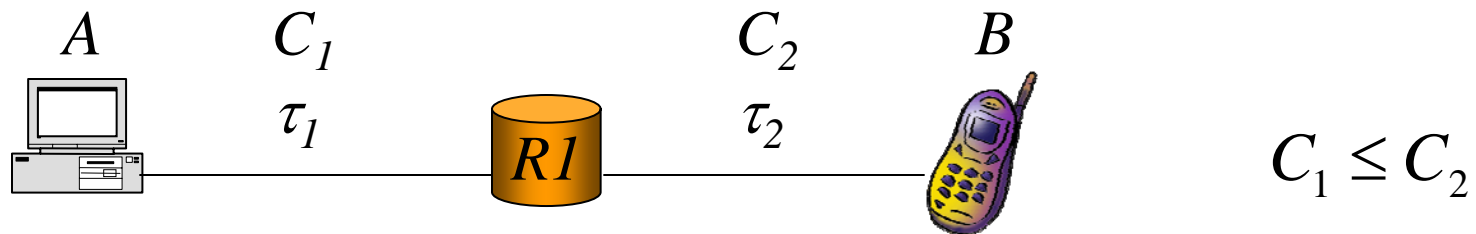
---



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



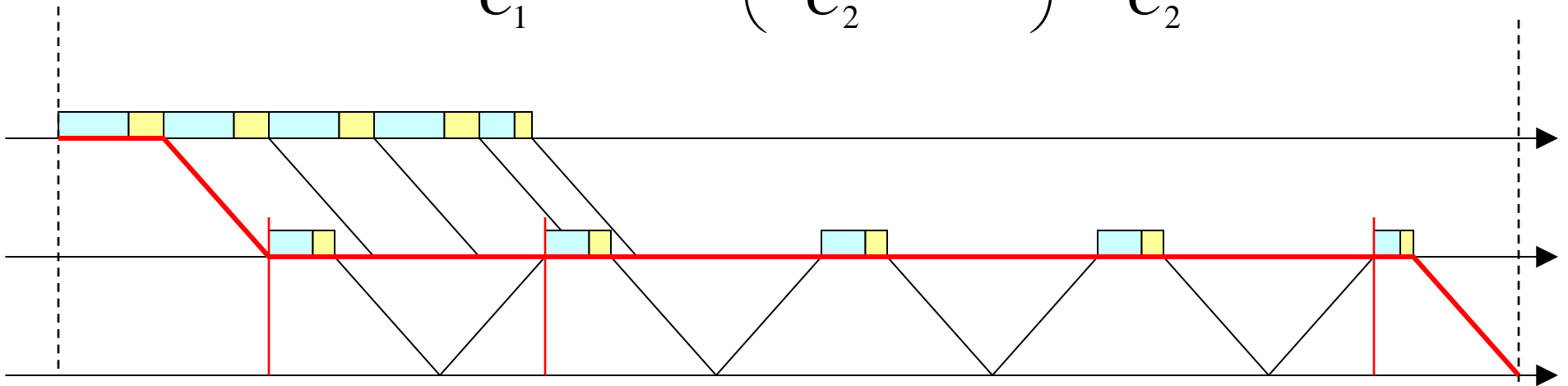
# Soluzione 1



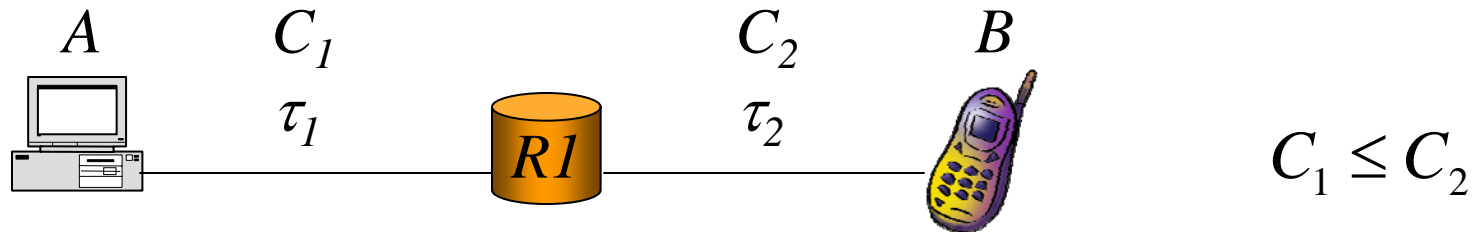
**b) Tempo di trasferimento:**

se  $\frac{m+h}{C_1} \leq 2\tau_2 + \frac{m+h}{C_2}$

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



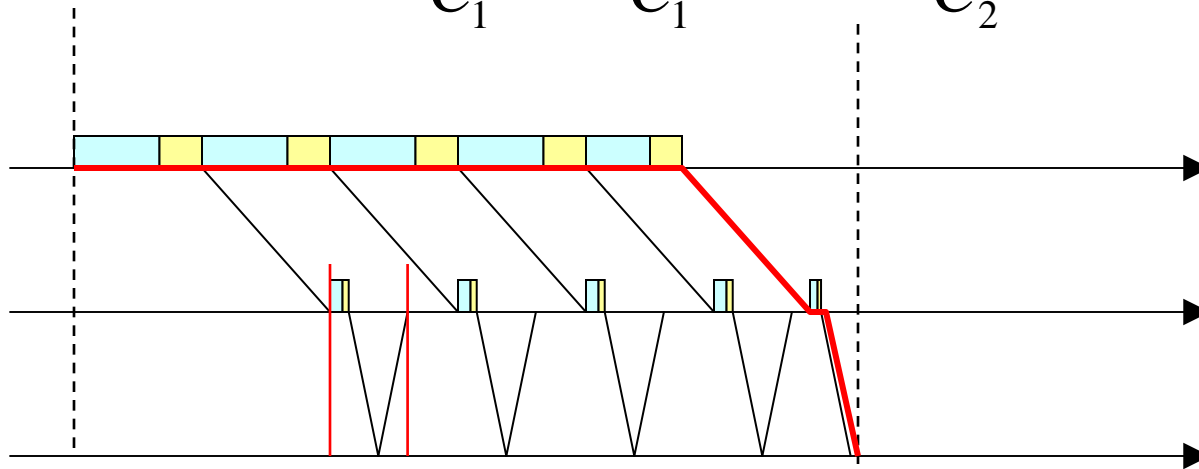
# Soluzione 1



**b) Tempo di trasferimento:**

se  $\frac{m+h}{C_1} \geq 2\tau_2 + \frac{m+h}{C_2}$

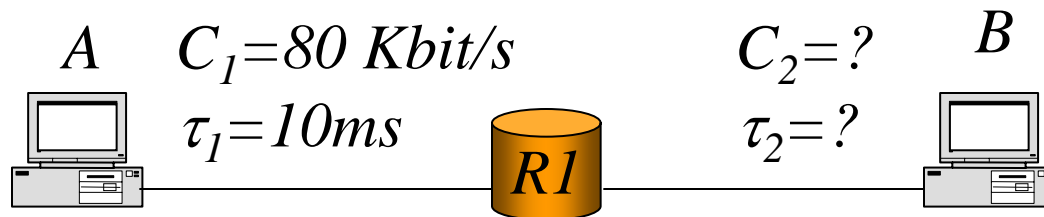
$$n \frac{m+h}{C_1} + \frac{l+h}{C_1} + \tau_1 + \frac{l+h}{C_2} + \tau_2$$



## Esercizio 2

---

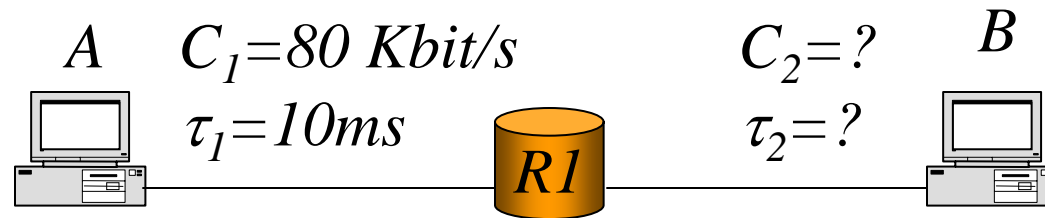
- Si consideri il collegamento in figura



- **A vuole conoscere la capacità e il ritardo di propagazione del link 2 e allo scopo invia a B 2 messaggi di echo  $M_1$  di lunghezza  $l_1 = 1000$  byte, ed  $M_2$  di lunghezza  $l_2 = 1500$  byte e per ognuno di essi misura il Round-Trip-Time (RTT) che risulta pari a 780 ms e 1130 ms rispettivamente. Nella risposta B utilizza le stesse lunghezze di messaggio. Calcolare  $C_2$  e  $\tau_2$  nell'ipotesi che le lunghezze degli header siano trascurabili.**
-

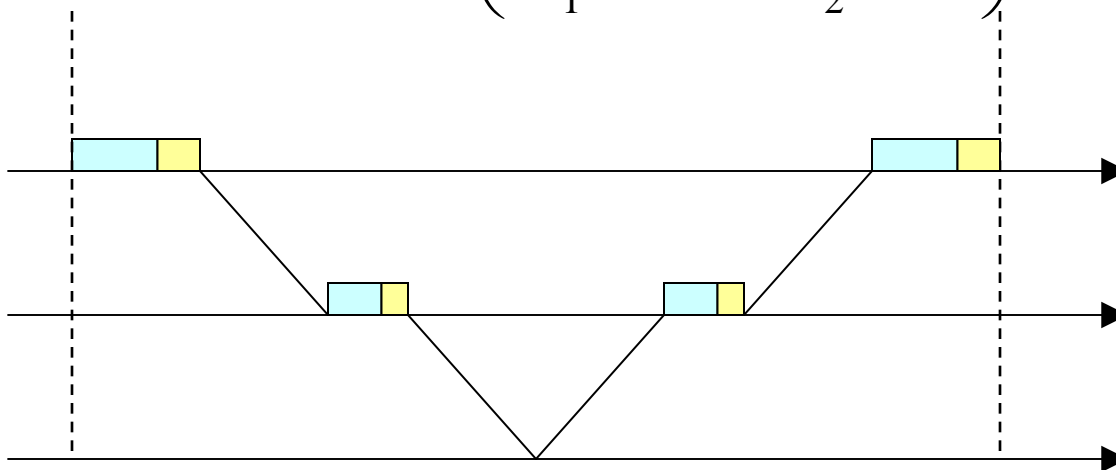
# Soluzione 2

---



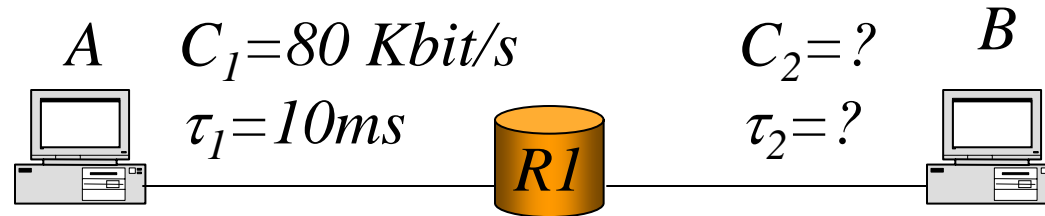
$$RTT_1 = 2 \left( \frac{m_1}{C_1} + \tau_1 + \frac{m_1}{C_2} + \tau_2 \right)$$

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



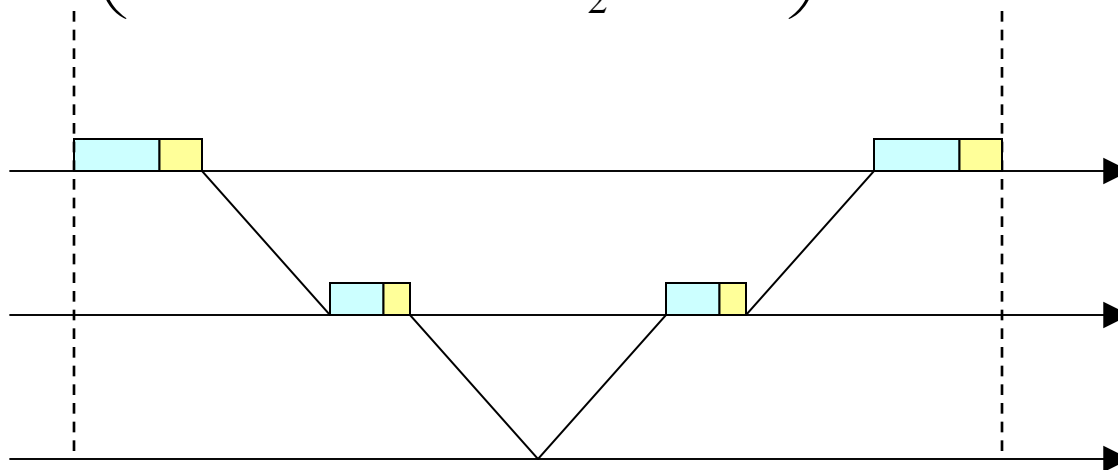
# Soluzione 2

---



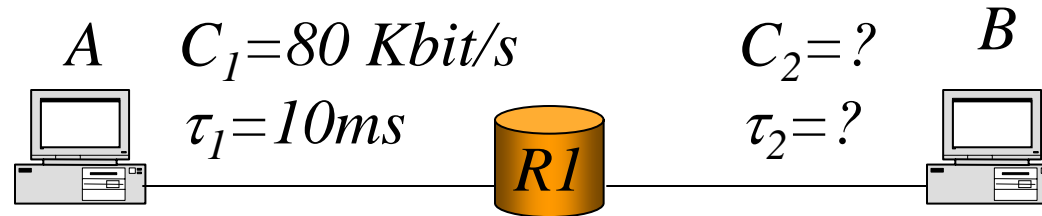
$$780 = 2 \left( \frac{8000}{80} + 10 + \frac{8000}{C_2} + \tau_2 \right) = 220 + \frac{16000}{C_2} + 2\tau_2$$

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



## Soluzione 2

---



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

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

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

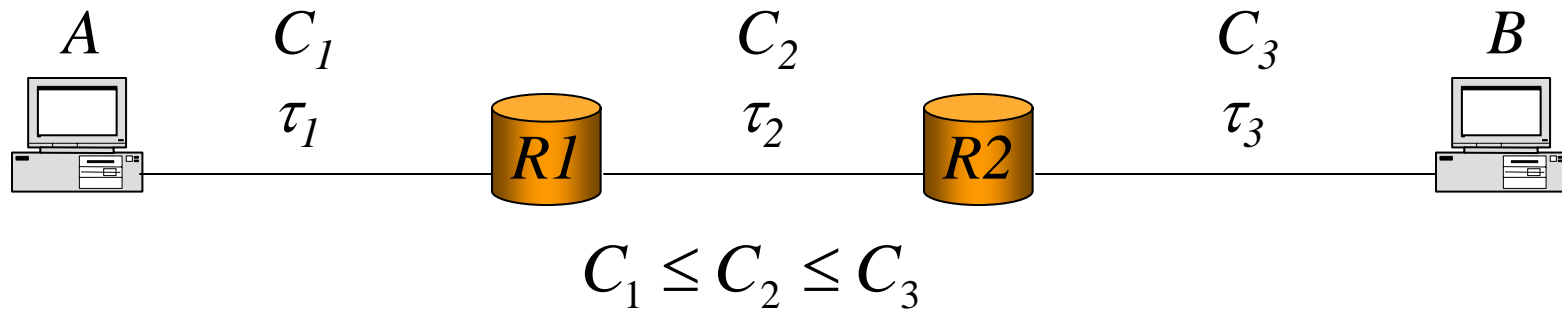
$$\tau_2 = 280 - \frac{8000}{32} = 30 \text{ ms}$$

---

# Esercizio 3

---

- Si consideri il collegamento in figura
  - I link sono bidirezionali 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  $RCWND$  sia minore della  $CWND$  e pari a 4 segmenti e che la  $SNWND$  sia pari alla  $RCWND$
-

# Esercizio 3

---

- a) 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
- b) Qual è il valore della finestra che consentirebbe di avere una trasmissione continua di pacchetti sul link 1?
-

# Soluzione 3

---

- a) 104 Kbit equivalgono a 13000 byte che possono essere divisi in 52 segmenti da 250 byte (MSS)

Ciascun pacchetto ha una lunghezza complessiva di

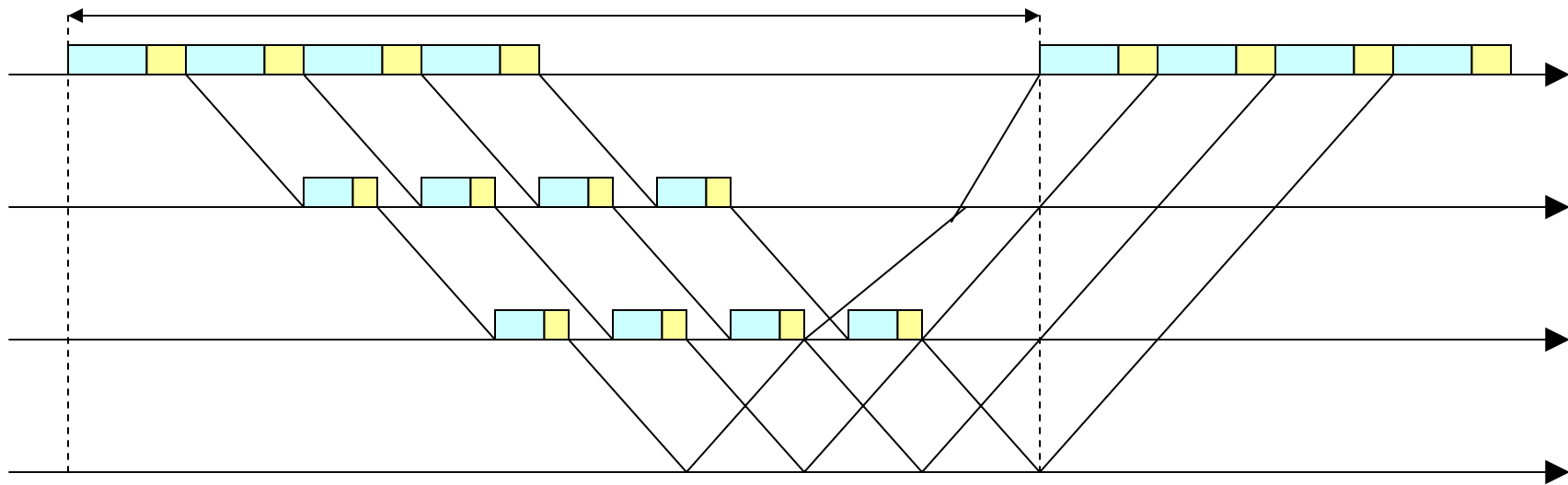
$$L = \text{MSS} + H_{\text{IP}} + H_{\text{TCP}} + H_{\text{LL}}$$

# Soluzione 3

---

a)

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



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

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

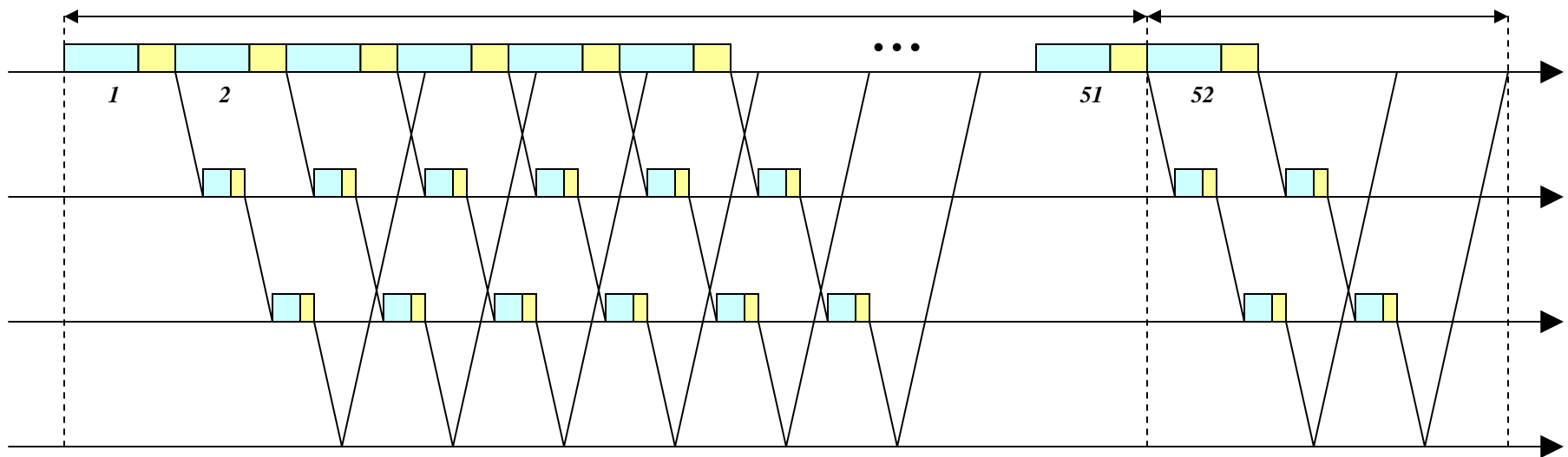
---

# Soluzione 3

---

a)

*Altrimenti: la trasmissione è continua e quindi*



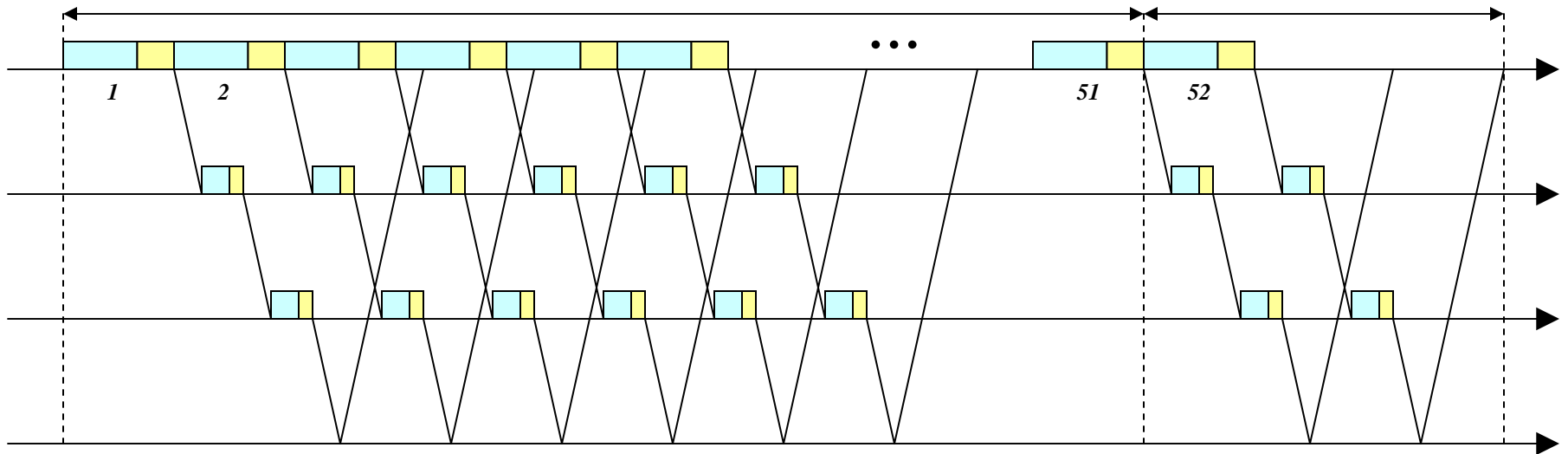
$$T_{tot} = 51 \frac{L}{C_1} + T$$

# Soluzione 3

---

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

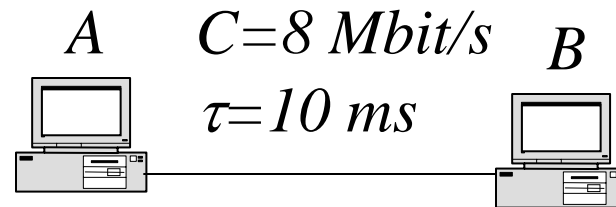
$$T \leq w \frac{L}{C_1} \quad w = \left\lceil \frac{C_1}{L} \left( \frac{L}{C_1} + 2\tau_1 + \frac{L}{C_2} + 2\tau_2 + \frac{L}{C_3} + 2\tau_3 \right) \right\rceil$$



# Esercizio 4

---

- Si consideri il collegamento in figura

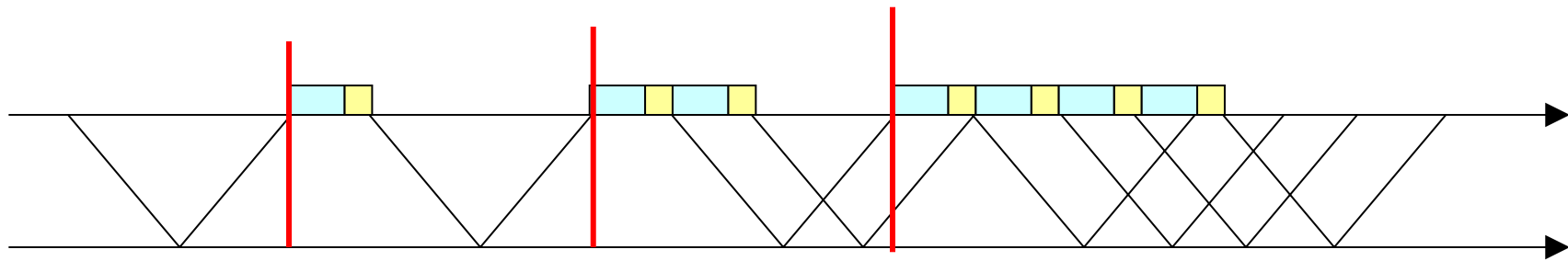


- **A deve trasferire un messaggio applicativo di 18 Kbyte verso B utilizzando TCP**
    - **Si calcoli il tempo necessario supponendo**
      - **MSS=1000 byte**
      - **Lunghezza degli header di tutti i livelli trascurabile**
      - **La connessione viene aperta da A e la lunghezza dei segmenti di apertura della connessione è trascurabile**
      - **La lunghezza degli ACK è trascurabile**
      - **SSTHRESH è pari a 4 MSS**
-

# Esercizio 4

$T = 1 \text{ ms}$

$n = 18$  segmenti



$$1 + 2 + 4 + 5 + 6 = 18$$

ACK ultimi segmenti

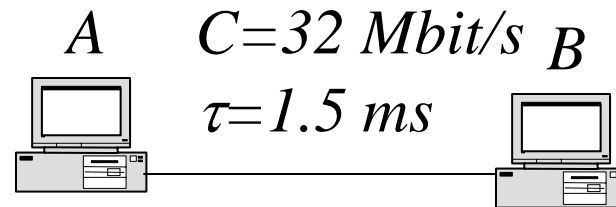
$$T_{tot} = 2\tau + (T + 2\tau) + (T + 2\tau) + (T + 2\tau) + (T + 2\tau) + (T + 2\tau) + (6-1)T$$

$$T_{tot} = 2\tau + 5(T + 2\tau) + (6-1)T = 12\tau + 10T = 130 \text{ ms}$$

# Esercizio 5

---

- Si consideri il collegamento in figura



A deve trasferire una sequenza di 120 segmenti di lunghezza massima usando TCP. Si calcoli il tempo necessario supponendo:

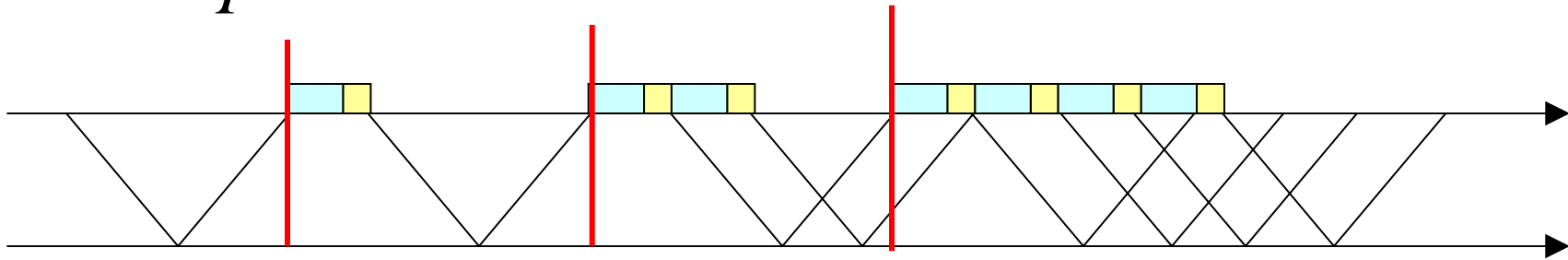
- MSS = 1000 byte
  - Lunghezza degli header di tutti i livelli trascurabile
  - La connessione viene aperta da A e la lunghezza dei segmenti di apertura della connessione è trascurabile
  - La lunghezza degli ACK è trascurabile
  - Ssthresh è pari a 8 MSS
-

# Esercizio 5

---

$$T = 0.25 \text{ ms}$$

$$W = \frac{2\tau + T}{T} = 13 \text{ segmenti}$$



$$1 + 2 + 4 + 8 + 9 + 10 + 11 + 12 = 57$$

$$120 - 57 = 63 \text{ [trasmissione continua]}$$

$$T_{tot} = 2\tau + 8(2\tau + T) + 63T + 2\tau = 47.75 \text{ ms}$$

---

# Esercizio 6

---

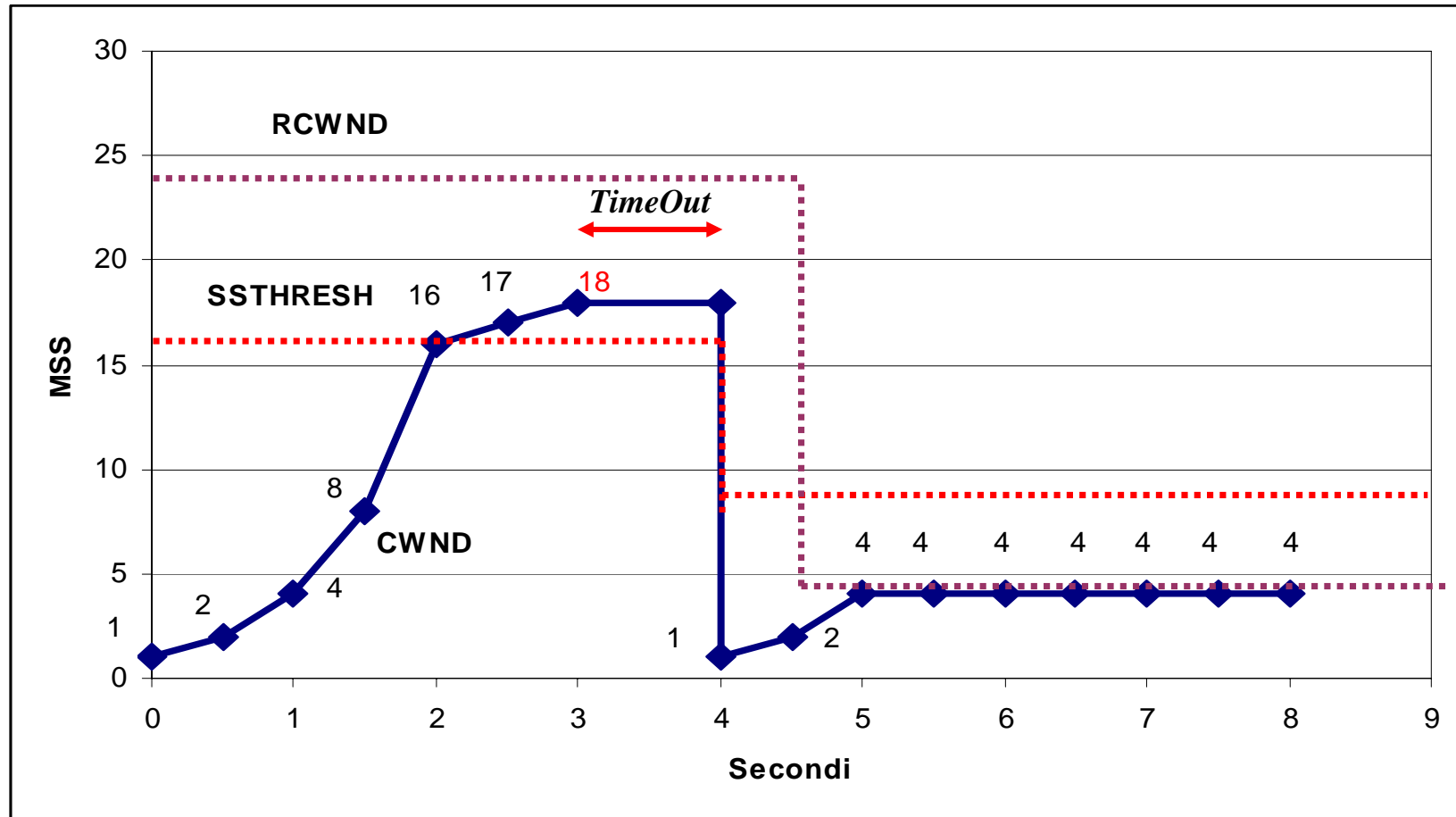
- Una connessione TCP è usata per trasmettere un file da 39.5kbyte utilizzando i seguenti parametri:
    - MSS=500byte
    - RTT = 500 ms.
    - timeout T1 = 2\*RTT.
  - Si assuma che le condizioni iniziali delle finestre siano:
    - RCWND = 12kB
    - Ssthresh = 8kB
    - CWND = 500B
  - E che inoltre:
    - 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 = 2kB
  - 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 =  $39,5\text{KB} / 500\text{B} = 79$  MSS
  - ❑ Dobbiamo trovare il tempo necessario per trasferire 79 MSS
  
  - ❑ RCWND =  $12\text{KB} / 500\text{B} = 24$  MSS
  - ❑ SSTHRESH =  $8\text{KB} / 500\text{B} = 16$  MSS
  - ❑ Time Out = 1 s
-

# Soluzione 6



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