



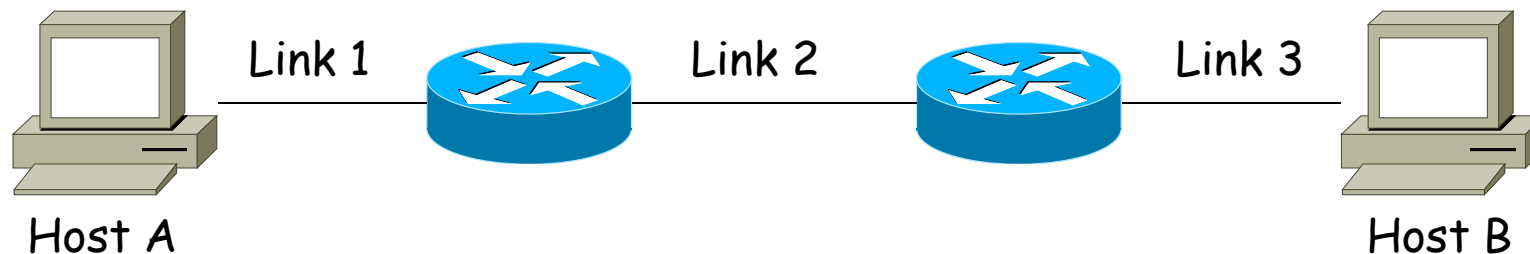
Marco Listanti

Esercizi 1

Ritardi di trasferimento

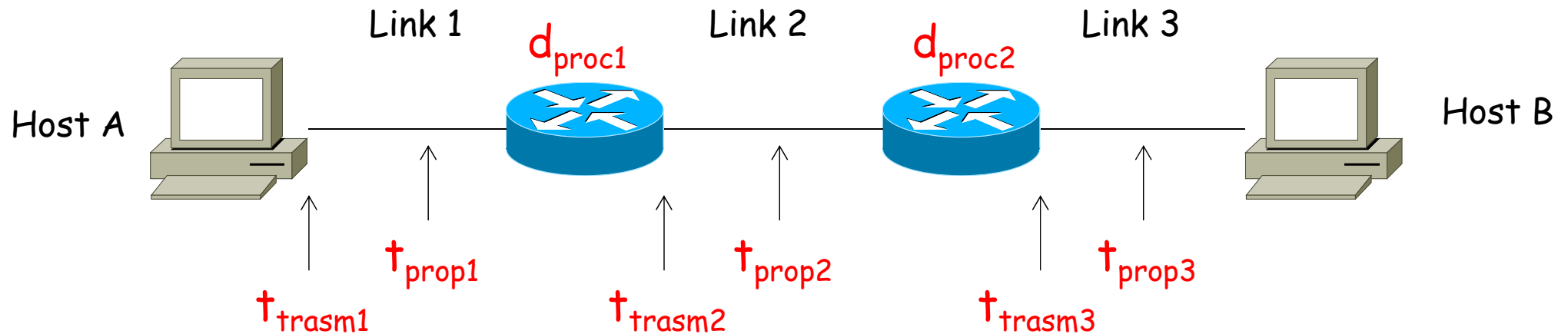
Esercizio 1 (1)

- Consideriamo un pacchetto di lunghezza L (bit) trasmesso da un host A ad un host B attraverso tre link. Siano d_i , v_i , e R_i la lunghezza (km), la velocità di propagazione (m/s) ed il bit rate di trasmissione (bit/s) sul link $i=1,2,3$; sia inoltre d_{proc} il tempo di elaborazione (ms) necessario in ogni router per le operazioni di switching.
- Assumendo che il tempo di accodamento in ogni router sia nullo, si determini il tempo complessivo D_{e2e} di trasferimento del pacchetto dall'host A all'host B.





Esercizio 1 (2)



■ Il ritardo end-to-end (D_{e2e}) è dato da:

$$D_{e2e} = t_{trasm1} + t_{prop1} + d_{proc1} + t_{trasm2} + t_{prop2} + d_{proc2} + t_{trasm3} + t_{prop3}$$

■ quindi

$$\begin{aligned} D_{e2e} &= \frac{L}{R_1} + \frac{d_1}{v_1} + d_{proc1} + \frac{L}{R_2} + \frac{d_2}{v_2} + d_{proc2} + \frac{L}{R_3} + \frac{d_3}{v_3} = \\ &= L \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) + \frac{d_1}{v_1} + \frac{d_2}{v_2} + \frac{d_3}{v_3} + d_{proc1} + d_{proc2} \end{aligned}$$



Esercizio 1 (3)

■ Nelle ipotesi che:

- a) il pacchetto abbia una lunghezza $L=1500$ byte;
- b) la velocità di propagazione sui tre link sia $v=2 \cdot 10^8$ m/s ($5 \mu\text{s/km}$);
- c) il rate di trasmissione sui tre link sia $R=2$ Mbit/s;
- d) il tempo di processamento dei due router sia $d_{\text{proc}}=3$ ms;
- e) le lunghezze dei link siano $d_1=5000$ km, $d_2=4000$ km, $d_3=1000$ km

■ qual è il ritardo end-to-end D_{e2e} del pacchetto ?

■ Si ha

$$\begin{aligned} D_{\text{e2e}} &= L \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) + \frac{d_1}{v_1} + \frac{d_2}{v_2} + d_{\text{proc1}} + d_{\text{proc2}} = \\ &= \frac{3L}{R} + \frac{1}{v} \cdot (d_1 + d_2 + d_3) + 2 \cdot d_{\text{proc}} \end{aligned}$$



Esercizio 1 (4)

■ Quindi

$$D_{e2e} = \frac{3L}{R} + \frac{1}{v} \cdot (d_1 + d_2 + d_3) + 2 \cdot d_{\text{proc}}$$

- $3L = 3 \cdot 1500 \cdot 8 = 36.000 \text{ bit}$

- $d_1 + d_2 + d_3 = 5000 + 4000 + 1000 = 10.000 \text{ km}$

- $2 \cdot d_{\text{proc}} = 6 \text{ ms}$

■ Da cui

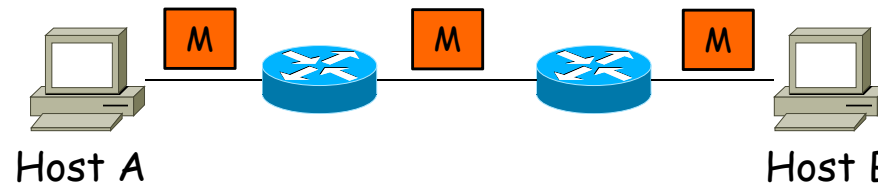
$$\frac{3L}{R} = \frac{36000}{2 \cdot 10^6} = 18 \text{ ms} \quad \frac{1}{v} \cdot (d_1 + d_2 + d_3) = \frac{10000}{2 \cdot 10^5} = 50 \text{ ms} \quad 2 \cdot d_{\text{proc}} = 6 \text{ ms}$$

$$D_{e2e} = 18 + 50 + 6 = 74 \text{ ms}$$



Esercizio 2(1)

- L'host sorgente suddivide i messaggi (per esempio, un'immagine o un file di musica) in pacchetti che trasmette in rete. Il destinatario riassume i pacchetti per ricostruire il messaggio originale. Chiamiamo questo processo segmentazione del messaggio. La Figura illustra il trasporto end-to-end di un messaggio con e senza segmentazione.



- (a) Si consideri un messaggio lungo $M=8 \cdot 10^6$ bit e si supponga che ogni link abbia un bit rate $R=2$ Mbit/s. Si trascurino i ritardi di propagazione, di accodamento e di elaborazione.
 - Calcolare il tempo di trasferimento del messaggio dall'host sorgente al primo router.
 - Qual è il tempo totale richiesto per trasferire il messaggio tra l'host sorgente e quello di destinazione?
- (b) Si consideri ora che il messaggio venga segmentato in $N=800$ pacchetti, di lunghezza $L=10000$ bit.
 - Quanto tempo è richiesto per trasferire il primo pacchetto dall'host sorgente al primo router ?
 - In quale istante il secondo pacchetto sarà completamente ricevuto dal primo router ?
- (c) Quanto tempo richiede la trasmissione del file se si usa la segmentazione del messaggio in pacchetti ?
- Confrontate questo risultato con la risposta del punto (a).



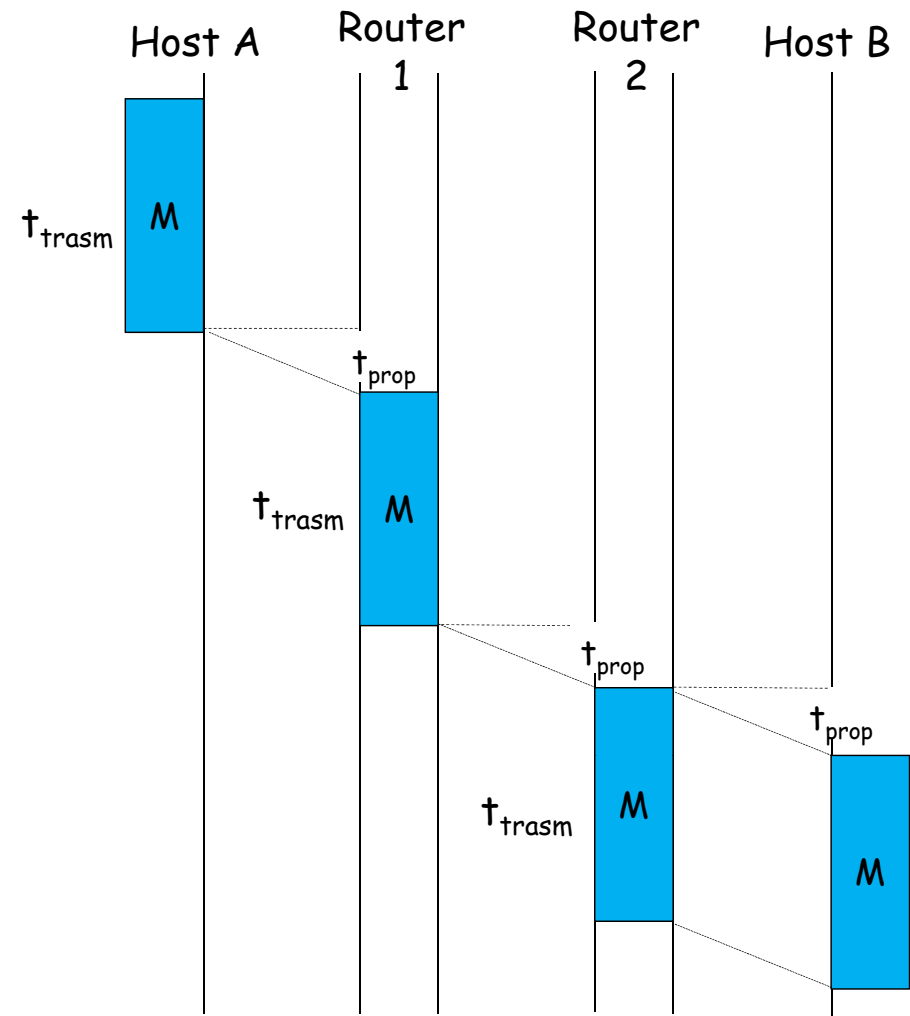
Esercizio 2(2)

■ Quesito (a)

- Riprendendo l'espressione del ritardo di trasferimento calcolato nell'esercizio 1 e considerando che sono trascurabili i tempi di propagazione e di elaborazione, si ha:

$$D_1 = \frac{M}{R} + t_{prop} = \frac{8 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^6} + 0 = 4 \text{ s}$$

$$D_{e2e} = \frac{3M}{R} + 3t_{prop} = \frac{3 \cdot 8 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^6} + 0 = 12 \text{ s}$$

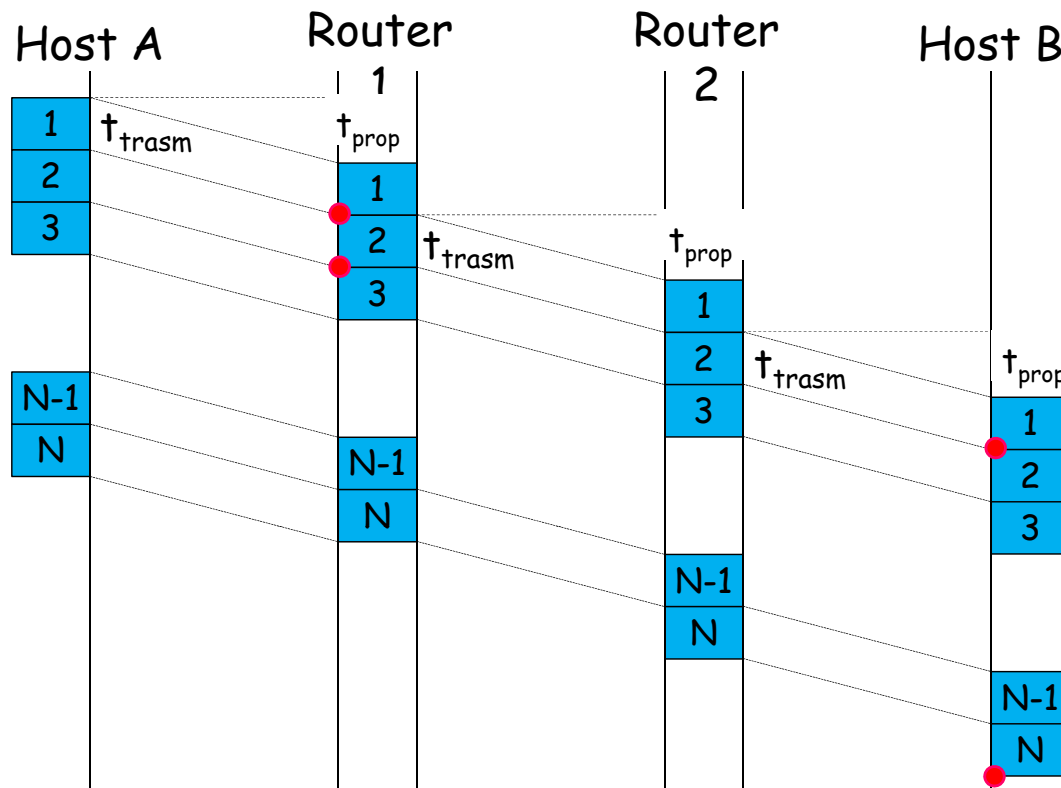




Esercizio 2(3)

■ Quesiti (b) e (c)

- Il trasferimento dei pacchetti avviene secondo lo schema illustrato in figura



$$t_{\text{trasm}} = \frac{L}{R} = \frac{10^4}{2 \cdot 10^6} = 5 \text{ ms}$$

$$T_1 = \frac{L}{R} + t_{\text{prop}} = 5 + 0 = 5 \text{ ms}$$

$$T_2 = \frac{2L}{R} + t_{\text{prop}} = 10 + 0 = 10 \text{ ms}$$

$$D_{\text{e2e}} = [3 \cdot t_{\text{trasm}} + 3 \cdot t_{\text{prop}}] + [(N-1) \cdot t_{\text{trasm}}]$$

Tempo di trasferimento
del primo pacchetto

Tempo di trasmissione dei
restanti (N-1) pacchetti



Esercizio 2(4)

- Il tempo di trasferimento complessivo D_{e2e} sarà:

$$D_{e2e} = [3 \cdot t_{trasm} + 3 \cdot t_{prop}] + [(N - 1) \cdot t_{trasm}] = 3 \frac{L}{R} + 3 \cdot t_{prop} + (N - 1) \frac{L}{R} = 4.01 \text{ s}$$

- (d) Oltre a ridurre il ritardo, ci sono altri vantaggi della segmentazione dei messaggi ?
 - Migliori prestazioni dei meccanismi di error recovery e di ritrasmissione
- (e) Quali sono gli svantaggi della segmentazione dei messaggi.
 - Maggiore overhead

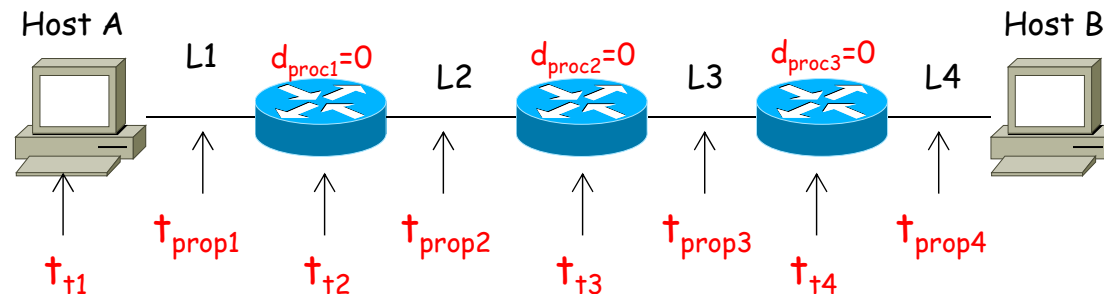


Esercizio 3(1)

- Si consideri il trasferimento di un messaggio di $M=1000$ bit tra due host A e B attraverso una sezione di rete a pacchetto costituita da $K=3$ nodi.
- Si suppone che:
 - il ritardo di propagazione su ogni link sia di $D=0,1$ s
 - il bit rate su ogni link sia $R=400$ bit/s
 - il carico su ogni nodo e il tempo di elaborazione dei nodi siano trascurabili
 - l'intestazione dei pacchetti sia di lunghezza costante $H=20$ bit
- Si vogliono confrontare due soluzioni:
 - a) i pacchetti della rete hanno un campo informativo di dimensione costante $L=80$ bit
 - b) i pacchetti della rete hanno un campo informativo di dimensione variabile di dimensione massima $L=80$ bit
- Si chiede di:
 - 1. calcolare il ritardo di trasferimento del messaggio nelle soluzioni a) e b)
 - 2. indicare, in generale, come la differenza di ritardi di trasferimento delle due soluzioni a) e b) varia al crescere L



Esercizio 3(2)



■ Caso (a): lunghezza pacchetti costante L

- Il messaggio è segmentato in N pacchetti

$$N = \left\lceil \frac{M}{L} \right\rceil = \left\lceil \frac{1000}{80} \right\rceil = 13$$

- Considerando che ogni pacchetto avrà lunghezza complessiva $L_p = H + L = 100$ bit e quindi $t_{ti} = 250$ ms ($i=1, \dots, 4$), il ritardo $D_{e2e}(a)$ è dato da

$$D_{e2e}(a) = 4 \frac{H + L}{R} + 4D + \left(\left\lceil \frac{M}{L} \right\rceil - 1 \right) \frac{(H + L)}{R} = 4 \cdot 250 + 4 \cdot 100 + 12 \cdot 250 = 4400 \text{ ms} = 4.4 \text{ s}$$

Tempo di trasferimento
del primo pacchetto

Tempo di trasmissione dei
restanti (N-1) pacchetti



Esercizio 3(3)

■ Caso (b): pacchetti di lunghezza variabile con lunghezza massima L

- In questo caso il messaggio sarà segmentato in $N=13$ pacchetti, di cui i primi $N-1=12$ saranno di lunghezza massima L , mentre l'ultimo avrà lunghezza L_2

$$L_2 = M - (N - 1) \cdot L = 1000 - 12 \cdot 80 = 40 \text{ bit}$$

- Da cui il tempo di trasferimento $D_{e2e}(b)$

$$\begin{aligned} D_{e2e}(a) &= 4 \frac{H + L}{R} + 4D + \left(\left\lceil \frac{M}{L} \right\rceil - 2 \right) \frac{(H + L)}{R} + \frac{(H + L_2)}{R} = \\ &= 4 \cdot 250 + 4 \cdot 100 + 11 \cdot 250 + 150 = 4300 \text{ ms} = 4.3 \text{ s} \end{aligned}$$



Esercizio 3(4)

■ Differenza dei ritardi al variare di L

■ $\text{Diff} = D_{e2e}(a) - D_{e2e}(b)$



$$\text{Diff} = D_{e2e}(a) - D_{e2e}(b) = \frac{1}{R} \left(\left\lceil \frac{M}{L} \right\rceil \cdot L - M \right)$$

■ I due ritardi sono uguali per valori di L sottomultipli di M

■ Al crescere di L la differenza tendenzialmente cresce perché pesa maggiormente in $D_{e2e}(a)$ il tempo di trasmissione dell'ultimo pacchetto

