

Ritardi di Trasferimento

Addendum #2



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Francesca Cuomo
Mario De Felice

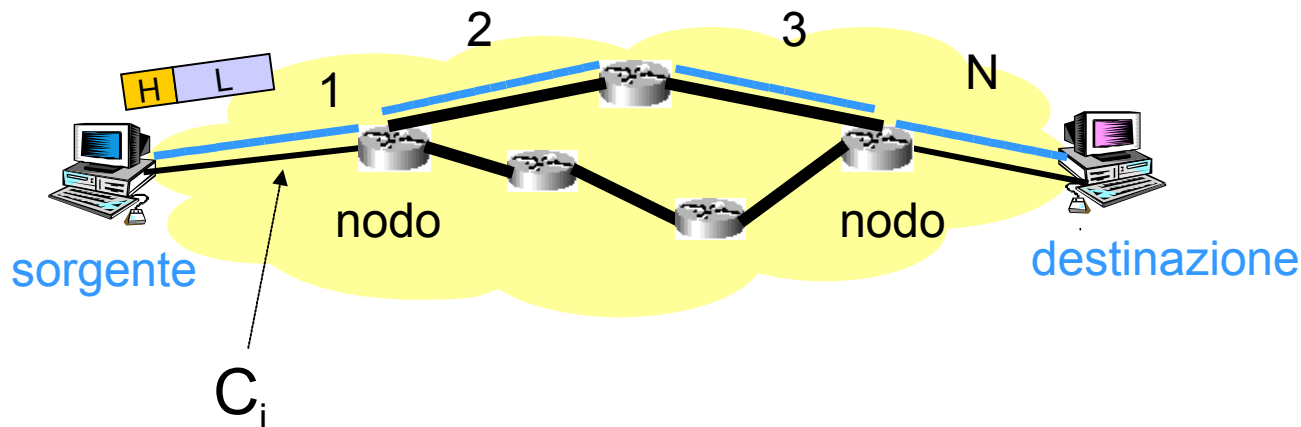
Anno 2014/2015

Ritardo di trasferimento attraverso una rete a pacchetto

- Ritardo di trasferimento (D)
- Si desidera fornire un orientamento circa la scelta della lunghezza del pacchetto;
- A tale scopo si distinguono due casi
 - flusso informativo intermittente (del tipo a messaggi)
 - flusso informativo continuo

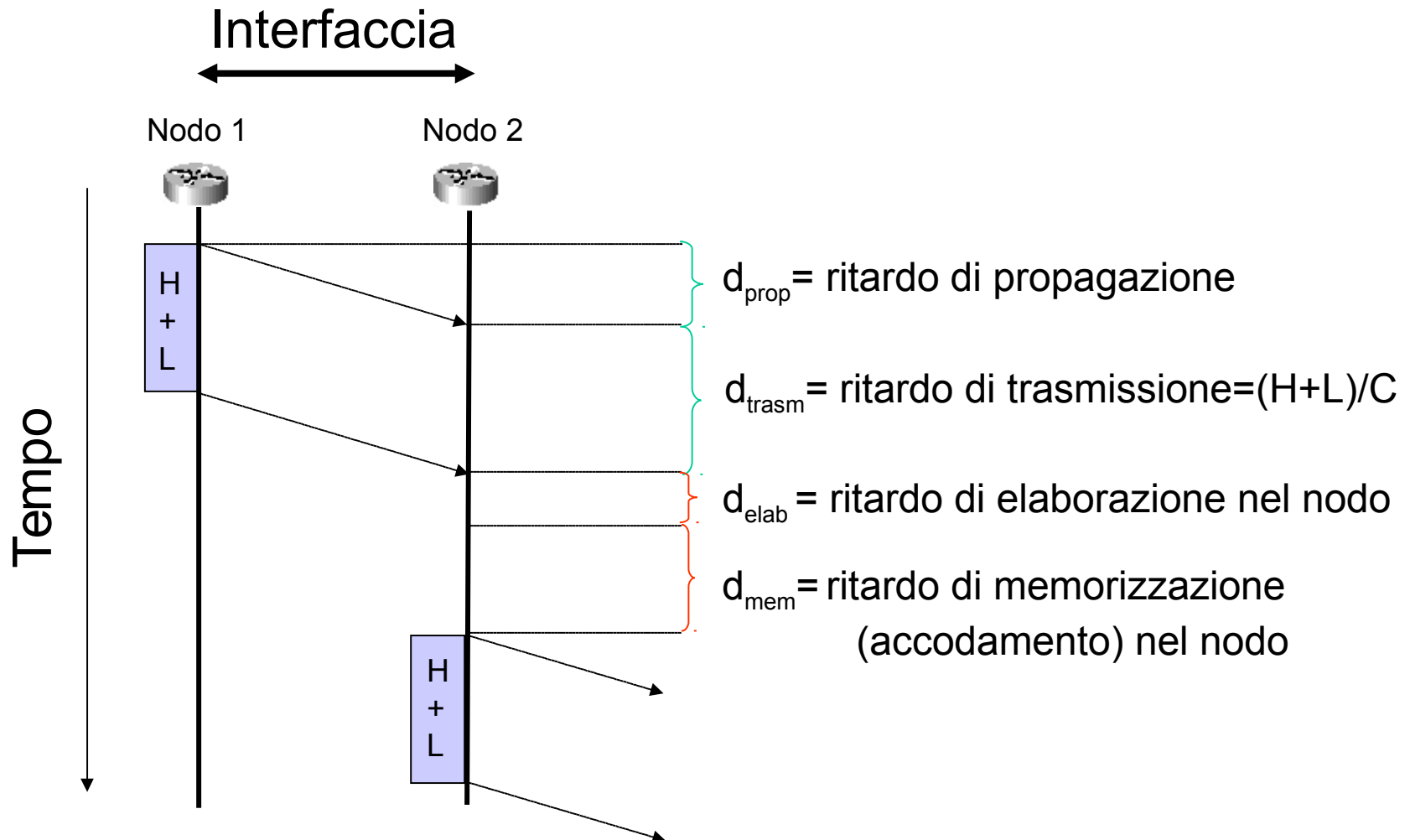
Ritardo di trasferimento attraverso una rete a pacchetto

- Si assume:
 - N =numero di interfacce di rete (rami) attraversate;
 - C_i = il ritmo di trasmissione (bit/s) sull'interfaccia i -esima;
 - $d_{\text{prop},i}$ = ritardo di propagazione (s) sull'interfaccia i -esima;
 - H =lunghezza (bit) dell'intestazione dei pacchetti (supposta costante);
 - L =lunghezza (bit) del "testo" dei pacchetti.

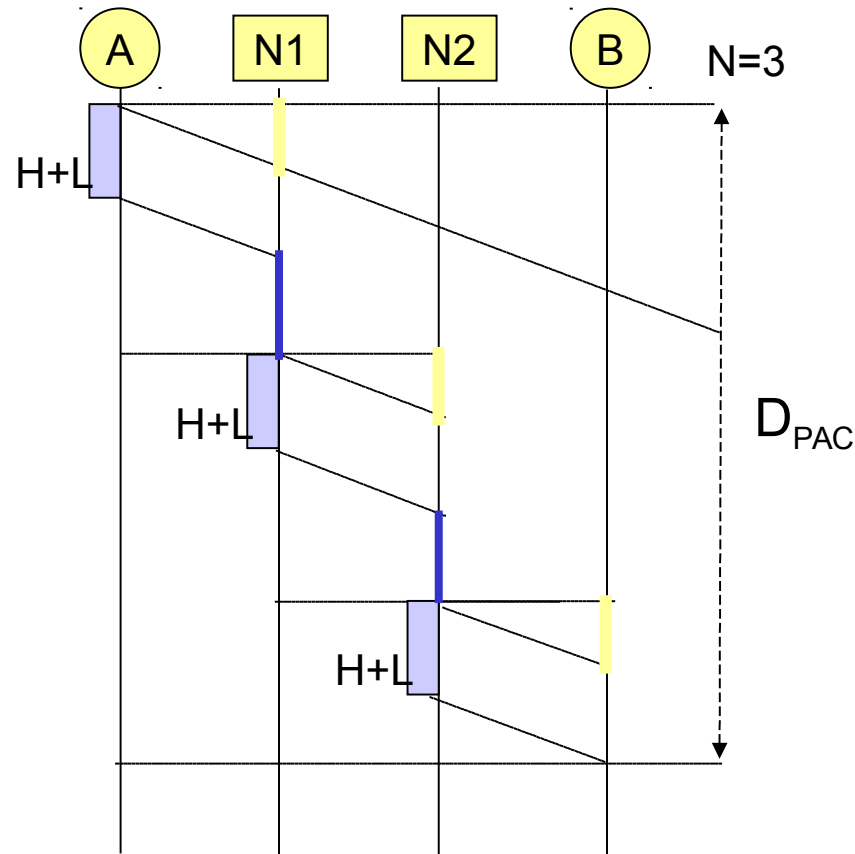


Ritardo di trasferimento di un pacchetto

Componenti di ritardo di trasferimento di un pacchetto
su un'interfaccia



Esempio (trasferimento di un singolo pacchetto)



$$D_{PAC} = \sum_{i=1}^N \underbrace{\left(\frac{H+L}{C_i} + d_{prop,i} \right)}_{\text{Ritardo sull'interfaccia}} + \sum_{j=1}^{N-1} \underbrace{\left(d_{elab,j} + d_{mem,j} \right)}_{\text{Ritardo nel nodo}}$$

Esempio (trasferimento di un singolo pacchetto)

- Assumendo:
 - di avere la stessa capacità C di trasferimento e lo stesso ritardo di propagazione su tutte le interfacce;
 - di poter trascurare il ritardo di elaborazione dei nodi d_{elab} ;
 - che i nodi siano “debolmente caricati” in modo che sia trascurabile il ritardo di accodamento d_{mem} ;
- Si ha:

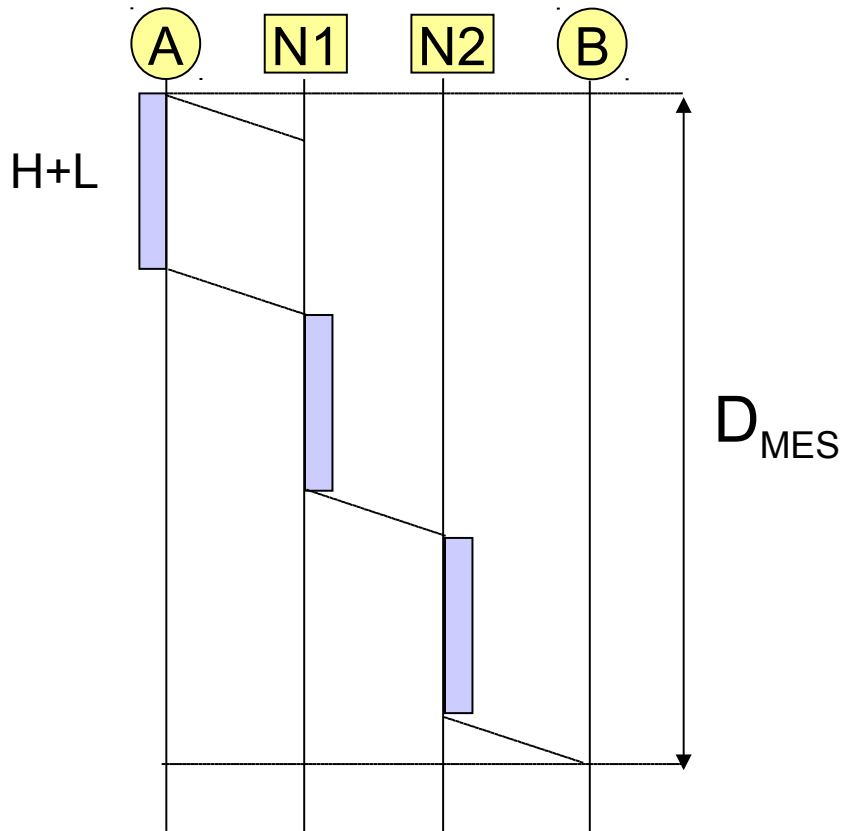
$$D_{PAC} = d_{prop, AB} + \frac{H + L}{C} \cdot N$$

$$\text{con } d_{prop, AB} = N \cdot d_{prop}$$

Ritardo di trasferimento: flusso intermittente immesso in una rete a pacchetto

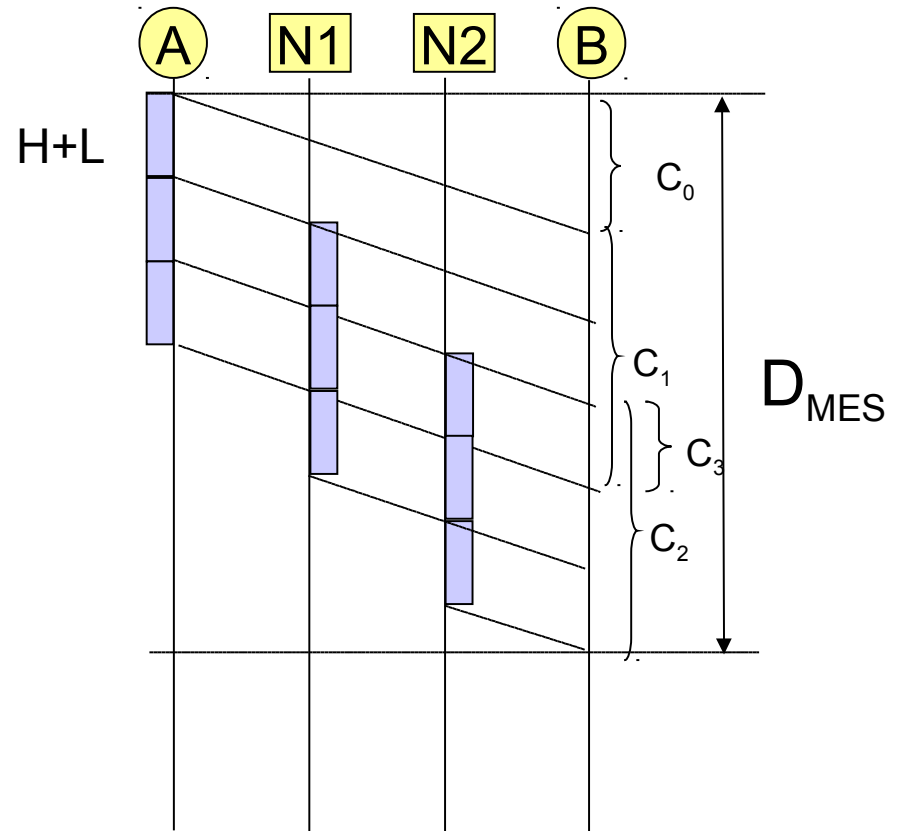
- Supponiamo di voler trasferire un messaggio di X bit attraverso N rami tutti di ugual capacità C
- Il ritardo di trasferimento che interessa in questo caso è quello relativo al messaggio, D_{MES} , (intervallo temporale tra l'emissione del primo bit e la ricezione dell'ultimo bit del messaggio);
- Supponiamo che:
 - la rete sia debolmente caricata ($d_{mem} \approx 0$)
 - sia trascurabile il tempo di elaborazione nei nodi ($d_{elab} = 0$)
- Il messaggio viene suddiviso in un insieme di pacchetti che vengono trasferiti mediante effetto “pipeline”
- Sia L =lunghezza (bit) del “testo” dei pacchetti
 - a) costante
 - b) variabile, di dimensione massima L_{max}

Caso a) testo dei pacchetti di dimensione costante = L



$X \leq L$

Impiego un unico pacchetto per trasferire l'intero messaggio



$X > L$

Impiego una molteplicità di pacchetti per trasferire il messaggio
Effetto parallelismo (pipeline)

Caso a) testo dei pacchetti di dimensione costante = L

C_0 =ritardo di propagazione complessivo sulle N interfacce

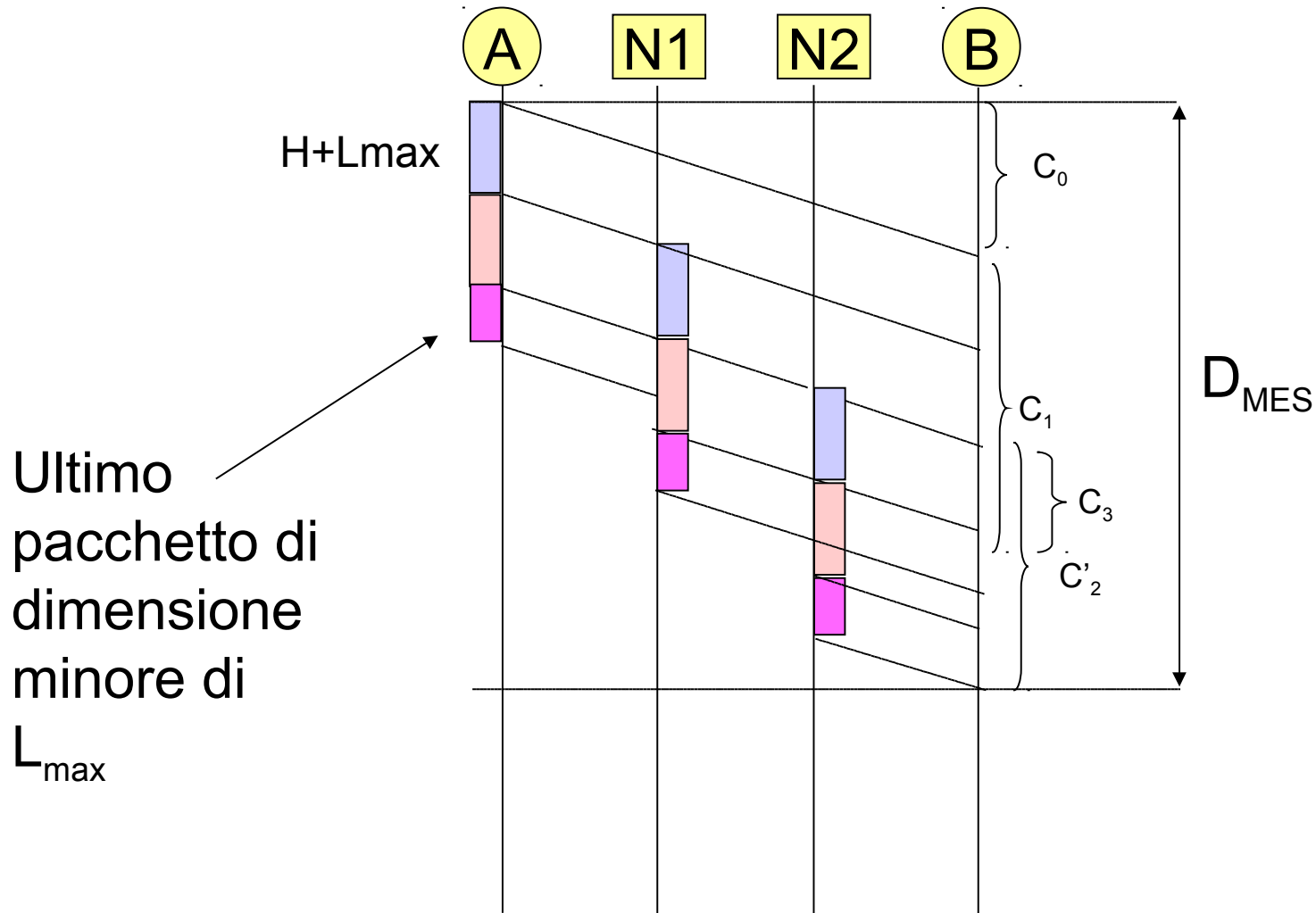
C_1 =ritardo di trasmissione del primo pacchetto attraverso tutte le N interfacce

C_2 =ritardo di trasmissione su una interfaccia di tutti i pacchetti necessari a trasferire il messaggio

C_3 =ritardo di trasmissione del primo pacchetto attraverso una interfaccia

$$D_{MES} = d_{prop, AB} + \frac{H+L}{C} \cdot N + \frac{1}{C} \left\{ \left\lceil \frac{X}{L} \right\rceil \cdot (H+L) \right\} - \frac{H+L}{C}$$

Caso b) testo dei pacchetti di dimensione variabile $\leq L_{\max}$



Caso b) testo dei pacchetti di dimensione variabile $\leq L_{\max}$

C_0 =ritardo di
propagazione
complessivo sulle
N interfacce

C_1 =ritardo di
trasmissione del
primo pacchetto
attraverso tutte le
N interfacce

C'_2 =ritardo di
trasmissione su
una interfaccia di
tutti i pacchetti
necessari a
trasferire il
messaggio

C_3 =ritardo di
trasmissione del
primo pacchetto
attraverso una
interfaccia

$$D_{MES} = d_{prop, AB} + \frac{H + L_{\max}}{C} \cdot N + \frac{1}{C} \left\{ X + \left\lceil \frac{X}{L_{\max}} \right\rceil \cdot H \right\} - \frac{H + L_{\max}}{C} \cdot i$$

Scelta della lunghezza del pacchetto

- Al crescere di L_{\max} diminuisce l'effetto pipeline
- Al diminuire di L_{\max} cresce il peso dell'intestazione H
- Ottimizzazione di L_{\max} :
 - sostituisco parte intera superiore di Y con $Y+1/2$

$$D_{MES} = d_{prop, AB} + \frac{H + L_{\max}}{C} \cdot (N - 1) + \frac{X}{C} + \frac{H}{C} \cdot \frac{X}{L_{\max}} + \frac{H}{2C}$$

- Derivando rispetto a L_{\max}

$$\frac{N-1}{C} = \frac{H}{C} \cdot \frac{X}{L_{\max}^2}$$



$$L_{\max, opt} = \sqrt{\frac{H \cdot X}{N - 1}}$$

Esempio numerico

- Si supponga di volere trasferire un messaggio di 1000 bit da un terminale A ad uno B attraverso una sezione di rete a pacchetto costituita da $K=3$ nodi.
- Si suppone che:
 - il ritardo di propagazione su ogni interfaccia sia di $d_{\text{prop}}=0.1$ s;
 - il ritmo di trasmissione su ogni interfaccia sia di $C=400$ 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 e dimensione massima $L_{\text{max}}=80$ bit.

Ritardo di trasferimento casi a) e b) (espressione e valore numerico)

$$D_{MES,a} = 4d_{prop} + \frac{H+L}{C} \cdot 4 + \frac{1}{C} \cdot \left\lceil \frac{X}{L} \right\rceil \cdot (H+L) - \frac{H+L}{C}$$

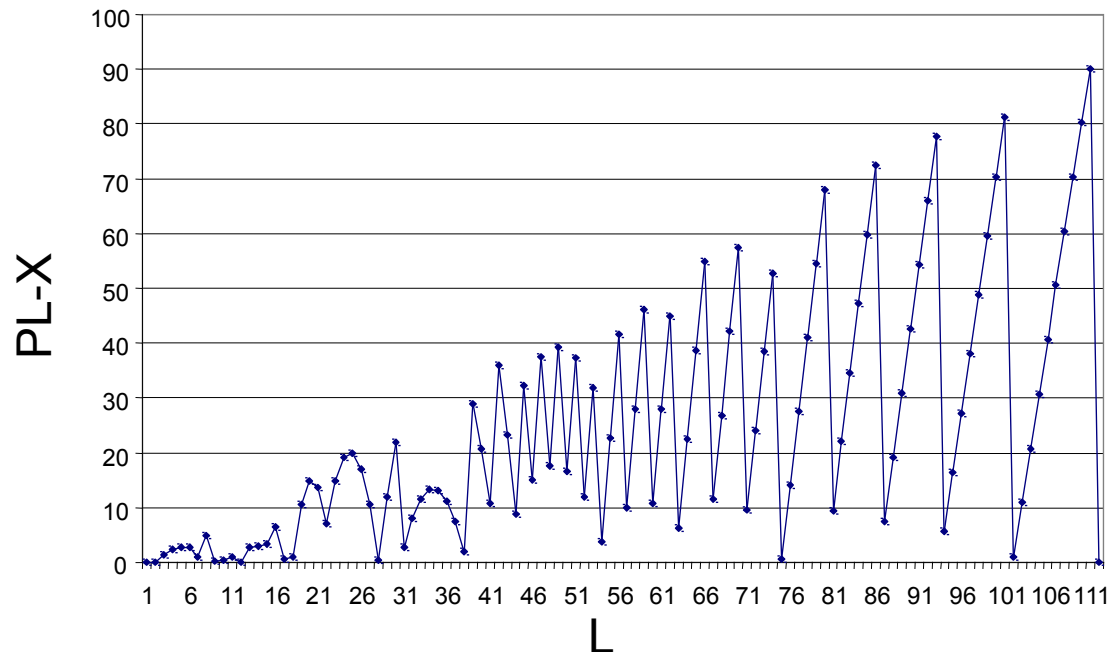
$$D_{MES,a} = 0.4 + \frac{100}{400} \cdot 3 + \frac{1}{400} \cdot 13 \cdot 100 = 4.4 \text{ s}$$

$$D_{MES,b} = 4d_{prop} + \frac{H+L}{C} \cdot 4 + \frac{1}{C} \cdot \left\lceil \frac{X}{L} \right\rceil \cdot H - \frac{H+L}{C}$$

$$D_{MES,b} = 0.4 + \frac{100}{400} \cdot 3 + \frac{1}{400} \cdot \{1000 + 13 \cdot 20\} = 4.3 \text{ s}$$

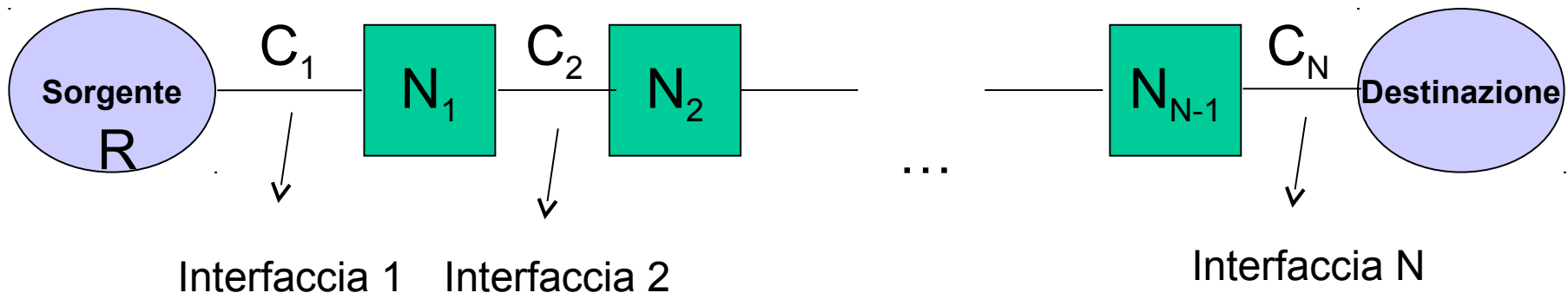
Come la differenza di ritardi di trasferimento delle due soluzioni a) e b) varia al crescere di L

- $D_{MES,a} \leq D_{MES,b}$, in particolare i ritardi sono uguali quando X/L e' un numero intero;
- La differenza $D_{MES,a} - D_{MES,b}$ cresce al crescere di L; tanto più i pacchetti sono grandi tanto più, nel caso in cui si adotti la soluzione a), si "sprecano" bit di testo di pacchetto (bit di riempimento) necessari solo a raggiungere la dimensione costante del pacchetto;
- detto $P = \lceil \frac{X}{L} \rceil$ il numero di pacchetti necessario a trasferire il messaggio, la differenza dei ritardi $D_{MES,a} - D_{MES,b}$ può essere espressa come $PL - X$; tale differenza, in funzione di L, ha l'andamento riportato in figura



Ritardo di trasferimento: flusso continuo impresso in una rete a pacchetto

- Il ritardo di trasferimento che interessa in questo caso è l'intervallo di tempo tra l'istante in cui un dato bit entra nella rete e l'istante in cui lo stesso bit ne esce (D_{BIT})
- Sia:
 R : il ritmo binario di sorgente (costante);



Ritardo di trasferimento: flusso continuo

- Supponiamo che

- per ogni interfaccia appartenente al percorso del flusso informativo, risulti

$$\frac{L+H}{C_i} \leq \frac{L}{R}$$

cioè i pacchetti siano trasferiti con l'intervallo temporale imposto dal tempo di riempimento del pacchetto (ritardo di pacchettizzazione) e subiscano su ogni interfaccia un ritardo (tempo di trasmissione) che è sempre non superiore a quello di pacchettizzazione

- i ritardi di propagazione e di elaborazione siano trascurabili;
- la rete sia debolmente caricata in modo che possa essere trascurato il ritardo di attesa nei buffer dei nodi dovuto a contese di utilizzazione

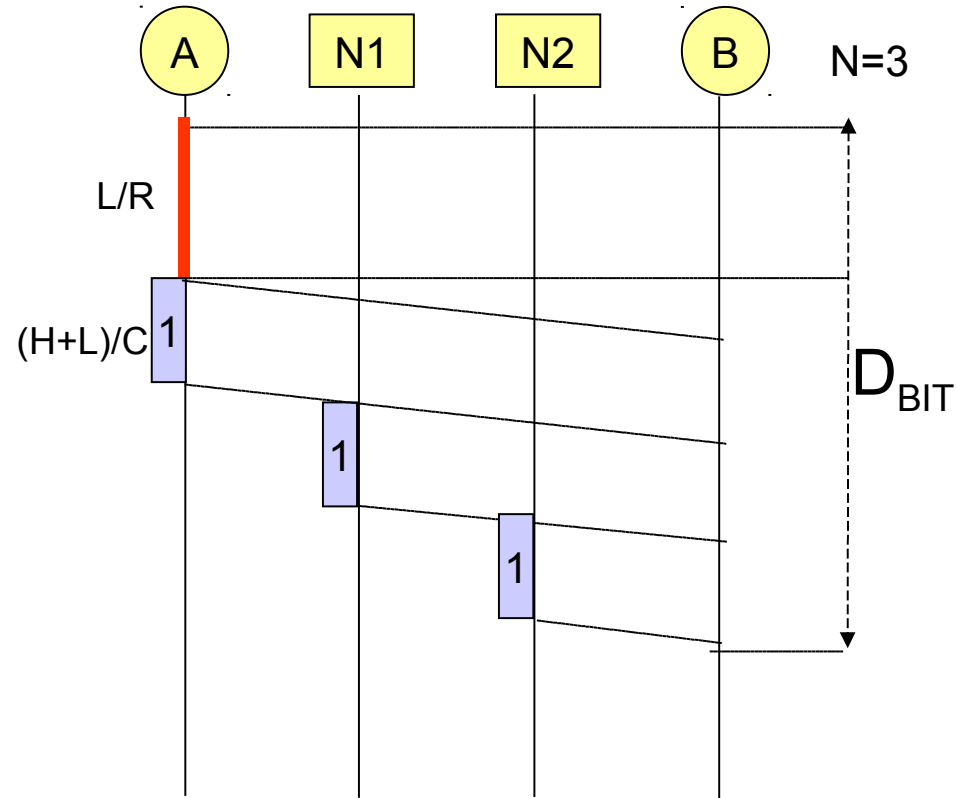
Ritardo di trasferimento: flusso continuo

Allora

$$D_{BIT} = \frac{L}{R} + (L+H) \sum_{i=1}^N \frac{1}{C_i}$$

ove

- il primo addendo è il ritardo di pacchettizzazione
- il secondo addendo è il tempo di emissione di un pacchetto sull'insieme delle varie interfacce che costituiscono il percorso del flusso informativo



Ritardo di trasferimento: flusso continuo

- D_{BIT} diminuisce quando L diminuisce, finché per una o più interfaccia risulti

$$\frac{L+H}{C_i} = \frac{L}{R}$$

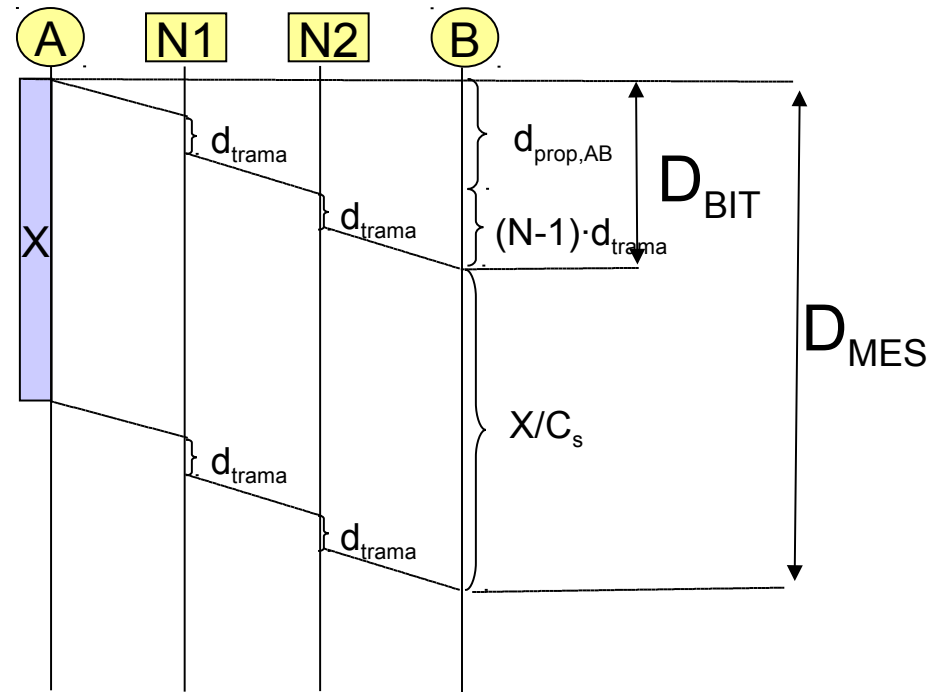
- questo è il minimo ritardo di trasferimento
- diminuendo ulteriormente L , il ritardo di trasferimento diventa infinito, in quanto si ha accumulo indefinito di pacchetti sull'interfaccia per cui

$$\frac{L}{R} < \frac{L+H}{C_i}$$

- all'aumentare della capacità di trasferimento C_i , l'addendo dominante nell'espressione di D_{BIT} è L/R (termine che non è influenzato dalla presenza di altro traffico)

Ritardo di trasferimento attraverso una rete a circuito

- Ad un flusso viene pre-assegnato individualmente un sub-canale di capacità C_s (in uno schema di moltiplicazione statica)
- I ritardi di trasferimento che interessano in questo caso sono:
 - l'intervallo di tempo tra l'istante in cui un dato bit entra nella rete e l'istante in cui lo stesso bit ne esce (D_{BIT})
 - il tempo necessario a trasferire un messaggio di lunghezza X (D_{MES})
- Si indica con d_{trama} il ritardo di attraversamento di un nodo a circuito (dovuto in questo caso alla memorizzazione di una trama)



$$D_{BIT} = N \cdot d_{prop} + (N - 1) \cdot d_{trama}$$

$$D_{MES} = D_{BIT} + \frac{X}{C_s}$$