



Università di Bergamo

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e
Metodi Matematici*

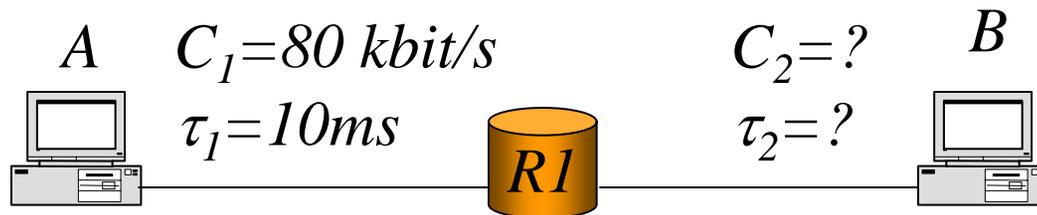
**B - ESERCIZI:
IP e TCP:**

F. Martignon

Architetture e Protocolli per Internet

Esercizio b.2

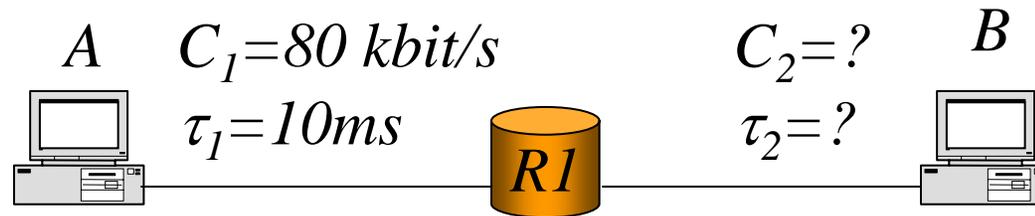
- Si consideri il collegamento in figura



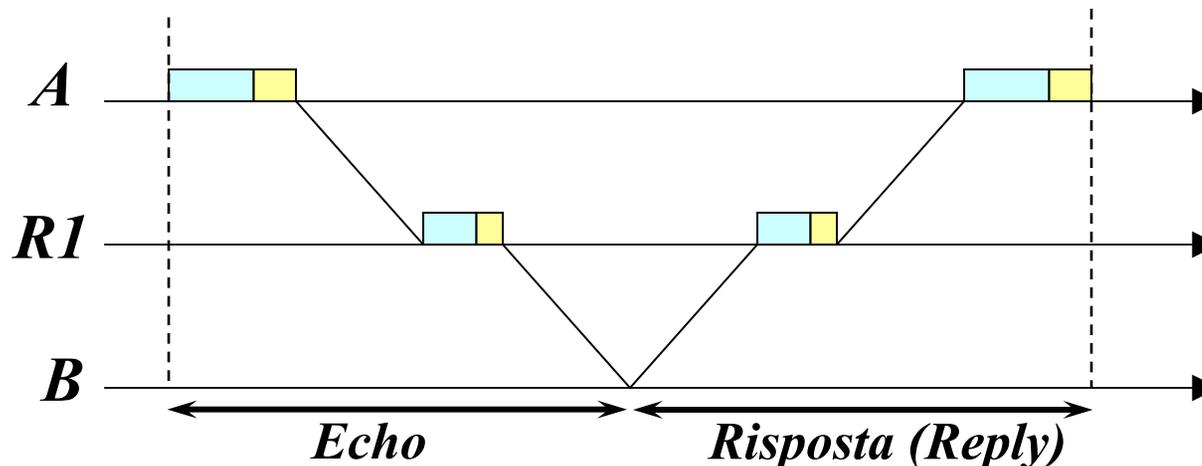
- A vuole conoscere la capacità e il ritardo di propagazione del link 2 e allo scopo invia a B due messaggi di echo M_1 di lunghezza $l_1 = 1000$ byte, ed M_2 di lunghezza $l_2 = 1500$ byte e per ognuno di essi misura il Round-Trip-Time (RTT) che risulta pari a 780 ms e 1130 ms rispettivamente. Nella risposta B utilizza le stesse lunghezze di messaggio. Calcolare C_2 e τ_2 nell'ipotesi che le lunghezze degli header siano trascurabili.



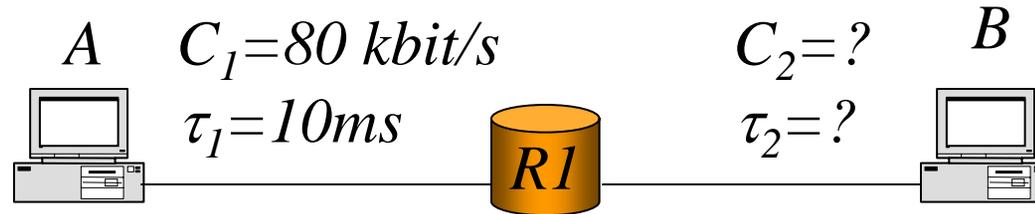
Soluzione b.2



- E' sufficiente impostare un sistema di due equazioni in due incognite (C_2 e τ_2)
- Il tempo necessario (che chiameremo RTT_1) affinché il messaggio di echo M_1 (lungo 1000 byte=8000 bit) giunga a B ed il corrispondente messaggio di reply (di uguale lunghezza) giunga da B ad A risulta pari a 780 ms
- Analogamente, il tempo necessario (che chiameremo RTT_2) affinché il messaggio di echo M_2 (lungo 1500 byte=12000 bit) giunga a B ed il corrispondente messaggio di reply (di uguale lunghezza) giunga da B ad A risulta pari a 1130 ms

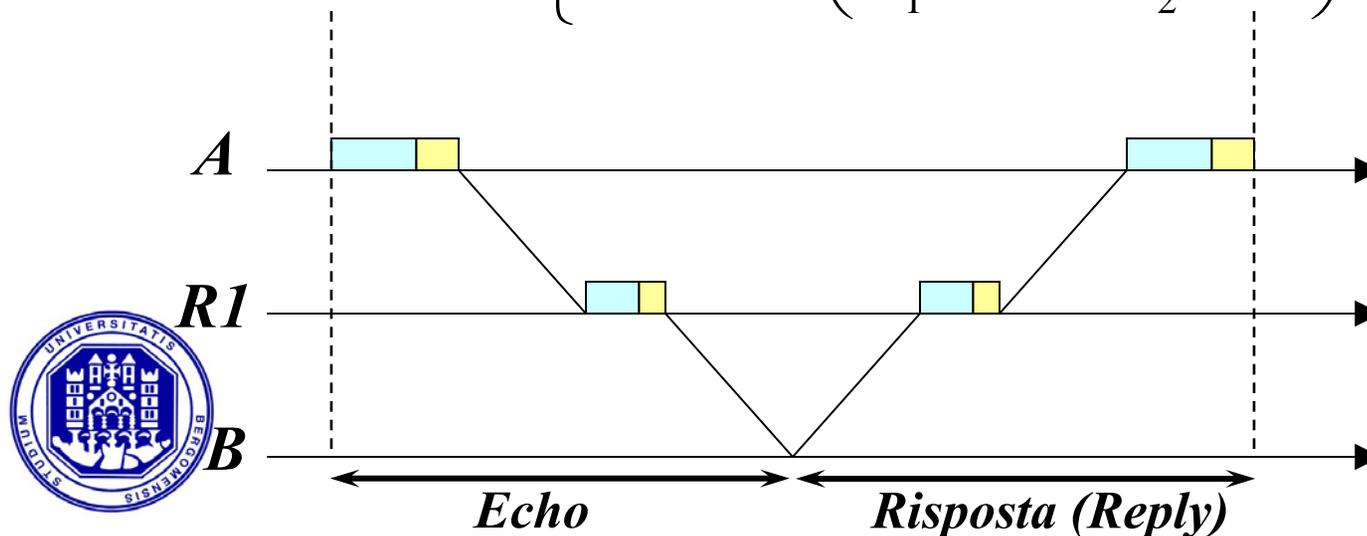


Soluzione b.2

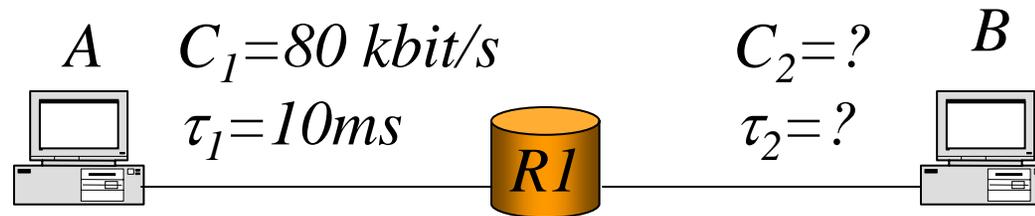


■ Quindi, in formule:

$$\begin{cases}
 RTT_1 = 2 \left(\frac{l_1}{C_1} + \tau_1 + \frac{l_1}{C_2} + \tau_2 \right) \\
 RTT_2 = 2 \left(\frac{l_2}{C_1} + \tau_1 + \frac{l_2}{C_2} + \tau_2 \right)
 \end{cases}$$

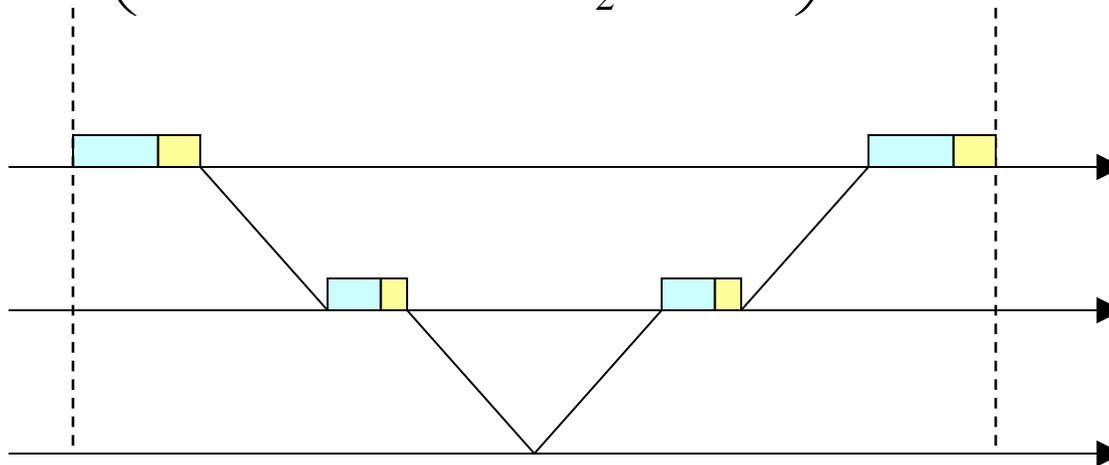


Soluzione b.2

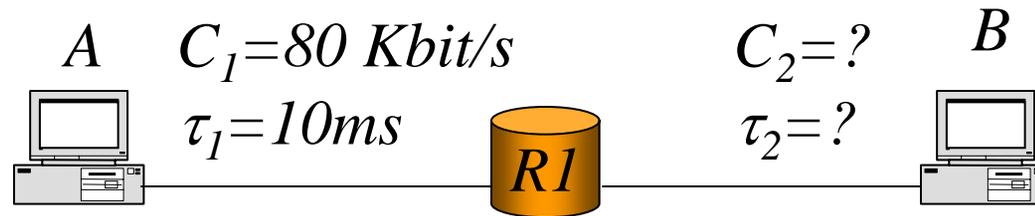


- Sostituendo i dati del problema, e facendo attenzione alle unità di misura (i tempi sono espressi in millisecondi, le capacità in kbit/s), si ottiene:

$$\begin{cases} 780 = 2 \left(\frac{8000}{80} + 10 + \frac{8000}{C_2} + \tau_2 \right) = 220 + \frac{16000}{C_2} + 2\tau_2 \\ 1130 = 2 \left(\frac{12000}{80} + 10 + \frac{12000}{C_2} + \tau_2 \right) = 320 + \frac{24000}{C_2} + 2\tau_2 \end{cases}$$



Soluzione b.2



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

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

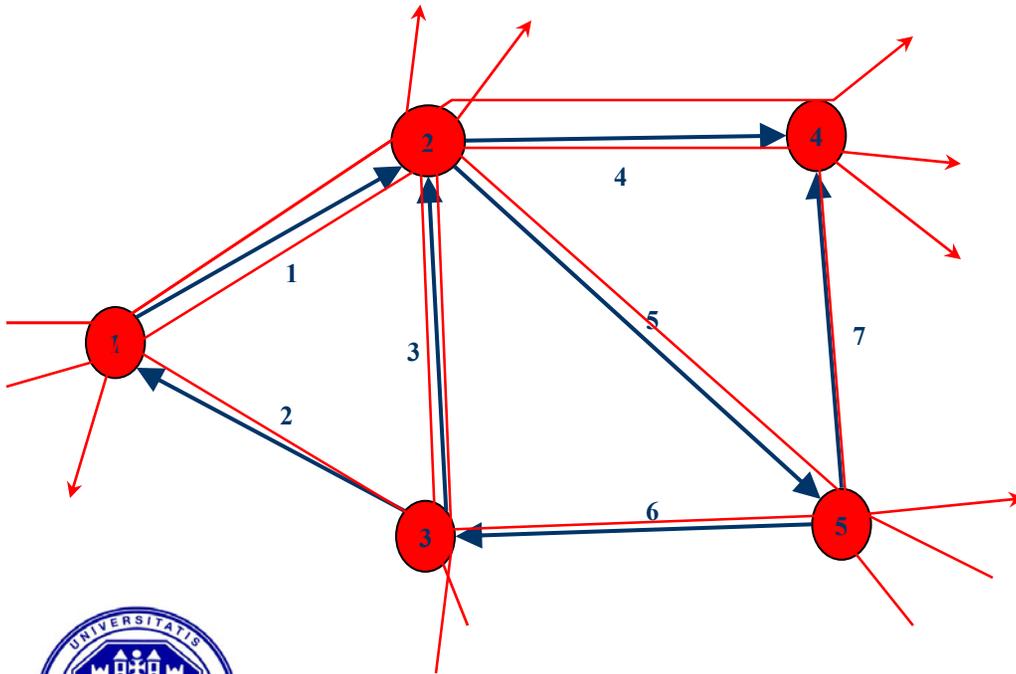
$$C_2 = \frac{8000}{250} = 32 \text{ kbit/s}$$

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



Esercizio b.4

Sia data la rete in figura. Sono noti il numero di flussi informativi tra ogni coppia di nodi, l'instradamento di ogni flusso e la capacità di ogni link. Si calcoli il fair-share e la capacità non utilizzata di ogni link.



i	j	n_{ij}	<i>percorso</i>
1	4	3	1,4
1	5	2	1,5
3	2	4	3
3	4	2	3,4
5	1	5	6,2
5	4	3	7

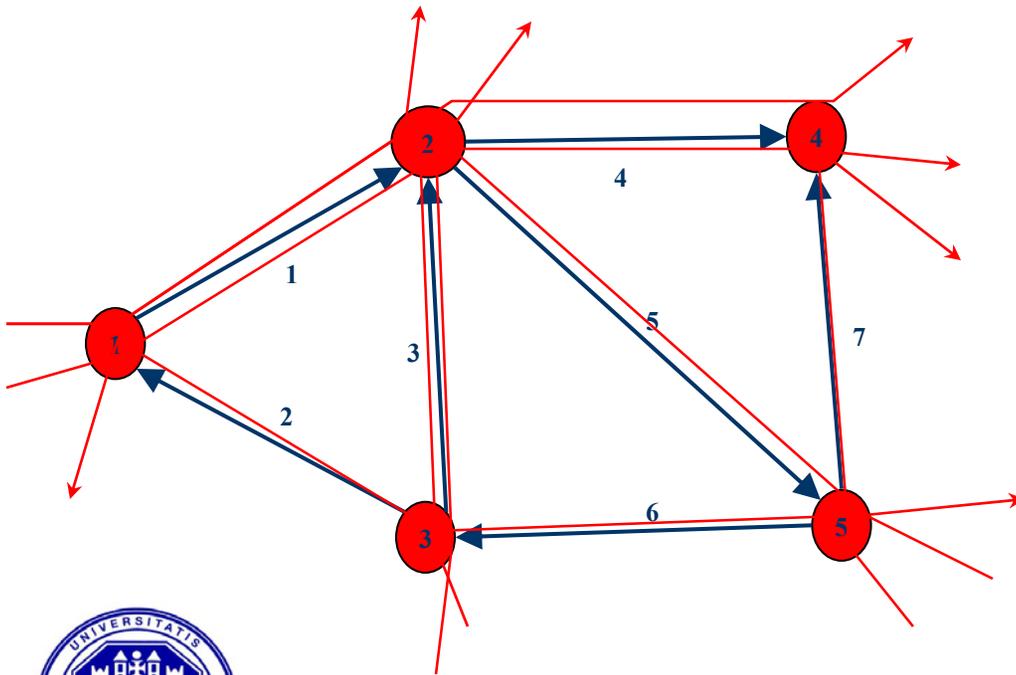
Capacità

<i>link</i>	C_k
1	20
2	5
3	12
4	15
5	10
6	10
7	9



Esercizio b.4

Soluzione: si veda l'esercizio, del tutto analogo, già svolto in classe al termine della serie di lezioni relative al “Livello di Trasporto”



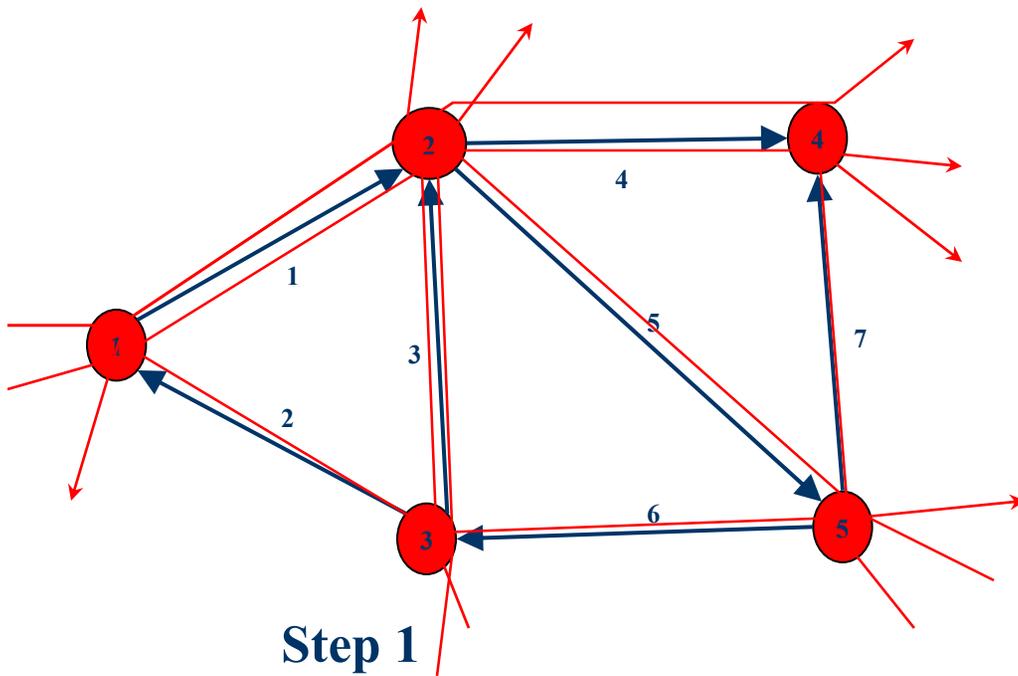
<i>i</i>	<i>j</i>	n_{ij}	<i>percorso</i>
1	4	3	1,4
1	5	2	1,5
3	2	4	3
3	4	2	3,4
5	1	5	6,2
5	4	3	7

Capacità

<i>link</i>	C_k
1	20
2	5
3	12
4	15
5	10
6	10
7	9



Soluzione b.4



<i>i</i>	<i>j</i>	n_{ij}	<i>percorso</i>
1	4	3	1,4
1	5	2	1,5
3	2	4	3
3	4	2	3,4
5	1	5	6,2
5	4	3	7

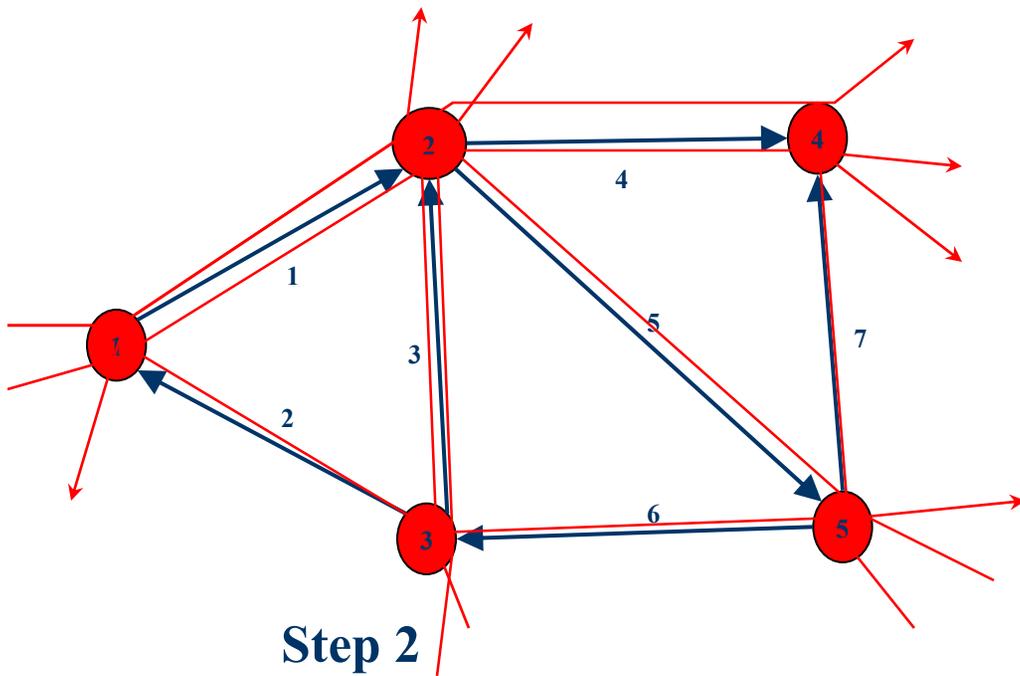
<i>link</i>	C_k	n_k	F_k
1	20	5	4
2	5	5	1
3	12	6	2
4	15	5	3
5	10	2	5
6	10	5	2
7	9	3	3

<i>i</i>	<i>j</i>	n_{ij}	f_{ij}^k
1	4	3	0
1	5	2	0
3	2	4	0
3	4	2	0
5	1	5	1
5	4	3	0

<i>link</i>	C_k	n_k	F_k
1	20	5	4
2	0	0	--
3	12	6	2
4	15	5	3
5	10	2	5
6	5	0	--
7	9	3	3



Soluzione b.4



<i>i</i>	<i>j</i>	n_{ij}	<i>percorso</i>
1	4	3	1,4
1	5	2	1,5
3	2	4	3
3	4	2	3,4
5	1	5	6,2
5	4	3	7

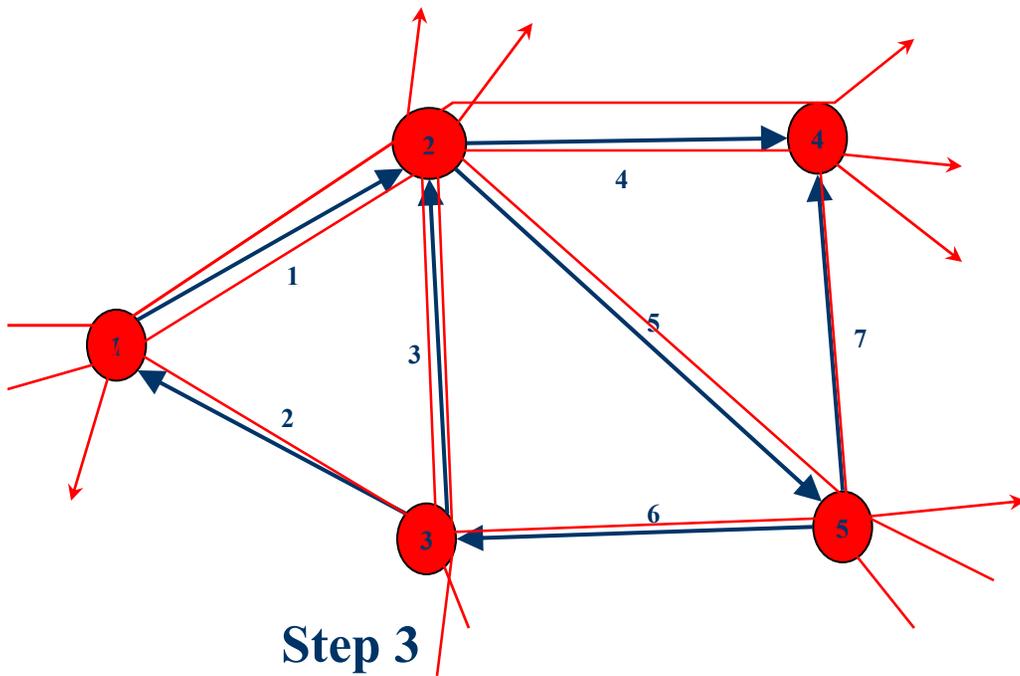
<i>link</i>	C_k	n_k	F_k
1	20	5	4
2	0	0	--
3	12	6	2
4	15	5	3
5	10	2	5
6	5	0	--
7	9	3	3

<i>i</i>	<i>j</i>	n_{ij}	f_{ij}^k
1	4	3	0
1	5	2	0
3	2	4	2
3	4	2	2
5	1	5	1
5	4	3	0

<i>link</i>	C_k	n_k	F_k
1	20	5	4
2	0	0	--
3	0	0	--
4	11	3	3.67
5	10	2	5
6	5	0	--
7	9	3	3



Soluzione b.4



i	j	n_{ij}	<i>percorso</i>
1	4	3	1,4
1	5	2	1,5
3	2	4	3
3	4	2	3,4
5	1	5	6,2
5	4	3	7

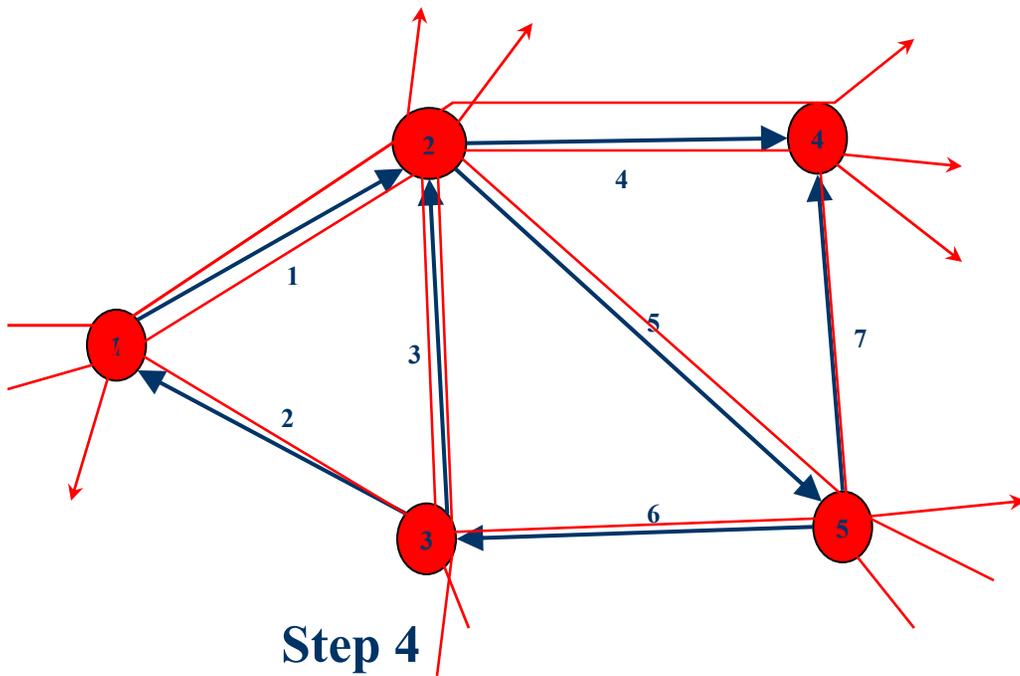
<i>link</i>	C_k	n_k	F_k
1	20	5	4
2	0	0	--
3	0	0	--
4	11	3	3.67
5	10	2	5
6	5	0	--
7	9	3	3

i	j	n_{ij}	f_{ij}^k
1	4	3	0
1	5	2	0
3	2	4	2
3	4	2	2
5	1	5	1
5	4	3	3

<i>link</i>	C_k	n_k	F_k
1	20	5	4
2	0	0	--
3	0	0	--
4	11	3	3.67
5	10	2	5
6	5	0	--
7	0	0	--



Soluzione b.4



Step 4

<i>i</i>	<i>j</i>	<i>n_{ij}</i>	<i>percorso</i>
1	4	3	1,4
1	5	2	1,5
3	2	4	3
3	4	2	3,4
5	1	5	6,2
5	4	3	7

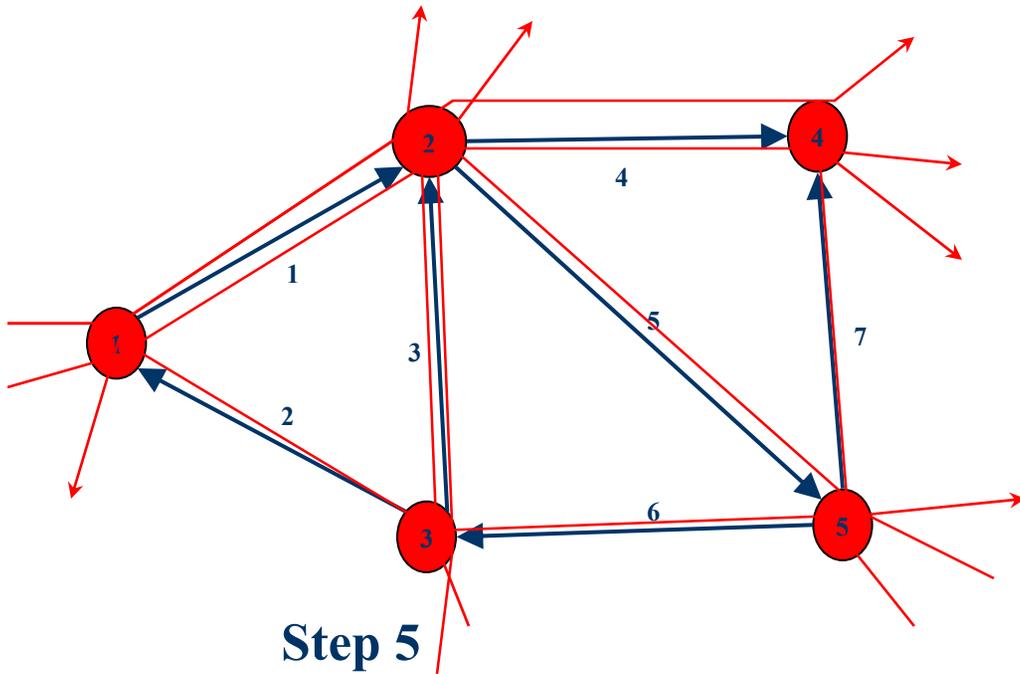
<i>link</i>	<i>C_k</i>	<i>n_k</i>	<i>F_k</i>
1	20	5	4
2	0	0	--
3	0	0	--
4	11	3	3.67
5	10	2	5
6	5	0	--
7	0	0	--

<i>i</i>	<i>j</i>	<i>n_{ij}</i>	<i>f_{ij}^k</i>
1	4	3	3.67
1	5	2	0
3	2	4	2
3	4	2	2
5	1	5	1
5	4	3	3

<i>link</i>	<i>C_k</i>	<i>n_k</i>	<i>F_k</i>
1	9	2	4.5
2	0	0	--
3	0	0	--
4	0	0	--
5	10	2	5
6	5	0	--
7	0	0	--



Soluzione b.4



Step 5

<i>i</i>	<i>j</i>	n_{ij}	<i>percorso</i>
1	4	3	1,4
1	5	2	1,5
3	2	4	3
3	4	2	3,4
5	1	5	6,2
5	4	3	7

<i>link</i>	C_k	n_k	F_k
1	9	2	4.5
2	0	0	--
3	0	0	--
4	0	0	--
5	10	2	5
6	5	0	--
7	0	0	--

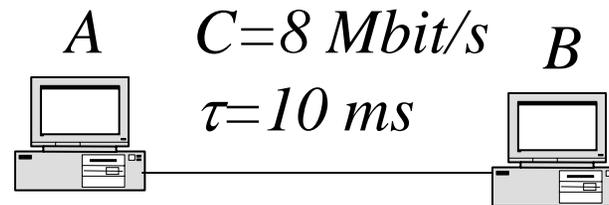
<i>i</i>	<i>j</i>	n_{ij}	f_{ij}^k
1	4	3	3.67
1	5	2	4.5
3	2	4	2
3	4	2	2
5	1	5	1
5	4	3	3

<i>link</i>	C_k	n_k	F_k
1	0	0	--
2	0	0	--
3	0	0	--
4	0	0	--
5	1	0	--
6	5	0	--
7	0	0	--



Esercizio b.5

- Si consideri il collegamento in figura

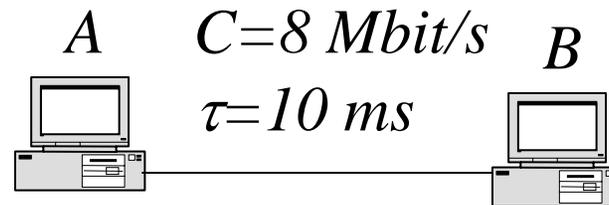


- A deve trasferire un messaggio applicativo di 18 kbyte verso B utilizzando TCP
 - Si calcoli il tempo necessario supponendo
 - MSS=1000 byte
 - Lunghezza degli header di tutti i livelli trascurabile
 - La connessione viene aperta da A e la lunghezza dei segmenti di apertura della connessione è trascurabile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



Esercizio b.5

■ Soluzione



- Si suggerisce di disegnare in scala (su foglio a quadretti) lo scambio di segmenti ed ACK che avviene fra A e B.
- Dai dati del problema risulta:
 - Tempo di trasmissione di un segmento:
 $T = 8000 / 8000000$ secondi = 1 ms
 - Numero di segmenti necessari per trasferire il file:
 $n = 18000 / 1000 = 18$ segmenti lunghi ciascuno 1000 byte
 - Ritardo di propagazione $\tau = 10$ ms

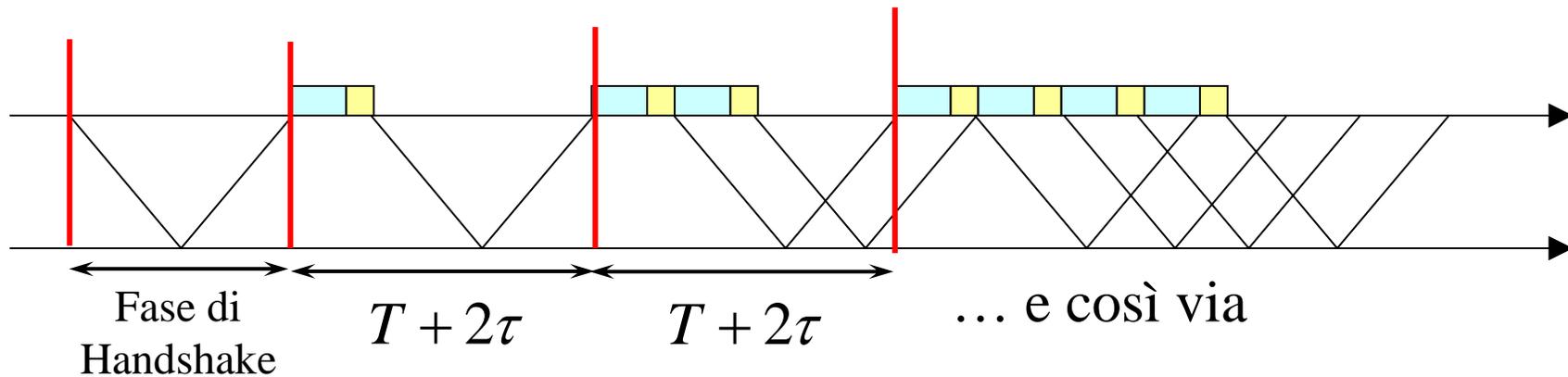


Esercizio b.5

$$T = 1 \text{ ms}$$

(Nota: il disegno non è in scala per motivi di spazio)

$$n = 18 \text{ segmenti}$$



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

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



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

Esercizio b.5

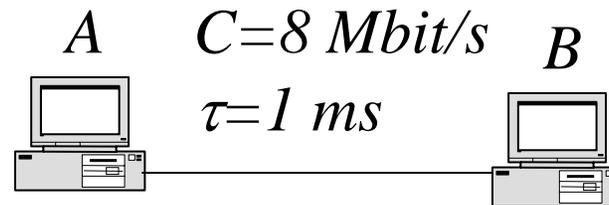
- **Infatti:**
- **La fase di handshake dura 2τ**
- **Nel primo intervallo, di durata $T+2\tau$, A invia al nodo B 1 segmento, essendo la Congestion Window $CWND=1$ inizialmente.**
- **Nel secondo intervallo, sempre di durata $T+2\tau$, A invia a B 2 segmenti, (infatti $CWND=2$).**
- **Nel terzo intervallo, sempre di durata $T+2\tau$, A invia a B 4 segmenti, (infatti $CWND$ diventa $=4$).**
- **Poiché adesso $CWND=SSTHRESH=4$, la connessione TCP entra in fase di Congestion Avoidance, e la $CWND$ cresce linearmente. Quindi:**
- **Nel quarto intervallo, sempre di durata $T+2\tau$, A invia a B 5 segmenti, (infatti $CWND$ diventa $=5$)**
- **Nel quinto intervallo, sempre di durata $T+2\tau$, A invia a B 6 segmenti, (infatti $CWND$ diventa $=6$). Poiché $1+2+4+5+6=18$, A ha inviato a B tutti i segmenti necessari.**
- **Ora, chi ha fatto il disegno si accorge che al termine del quinto intervallo, di durata $T+2\tau$, A ha ricevuto solo il primo dei 6 ACK che sta attendendo dopo aver trasmesso i 6 segmenti nell'ultima finestra. Affinché la trasmissione del file sia completa, A deve dunque attendere di ricevere anche i restanti $6-1=5$ ACK per i restanti 5 segmenti, e per questo deve attendere un tempo ulteriore pari appunto a $(6-1)T=5T$. Dunque il tempo totale di trasferimento del file vale:**



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

Esercizio b.5.bis

- 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

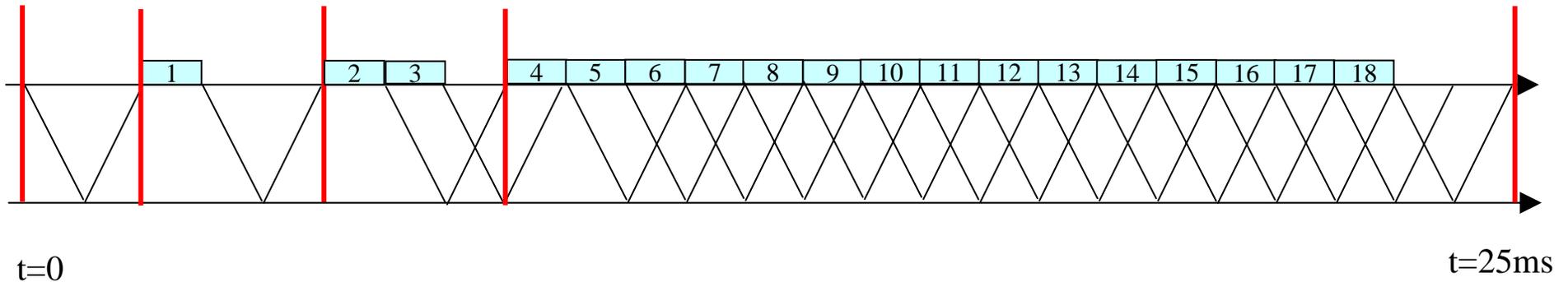


Esercizio b.5.bis

$$T = 1 \text{ ms}$$

$$n = 18 \text{ segmenti}$$

(Nota: il disegno è in scala)



$$T_{tot} = 2\tau + (T + 2\tau) + (T + 2\tau) + (15T + 2\tau)$$

$$T_{tot} = 8\tau + 17T = 8 + 17 \text{ ms} = 25 \text{ ms}$$



Esercizio b.5.bis

- A differenza di prima, τ è più piccolo (1ms)
- La fase di handshake dura 2τ
- Nel primo intervallo, di durata $T+2\tau$, A invia al nodo B 1 segmento, essendo la Congestion Window $CWND=1$ inizialmente.
- Nel secondo intervallo, sempre di durata $T+2\tau$, A invia a B 2 segmenti, (infatti $CWND=2$).
- In seguito, quello che succede è che la dimensione della finestra ($CWND$) è tale per cui il trasmettitore A non esaurisce mai il suo credito di segmenti da spedire verso B, visto che nel frattempo riceve gli ACK che ritornano dal nodo B (si veda il disegno della slide precedente). Quindi la trasmissione di segmenti da A verso B diventa continua e prosegue fino a che A invia il 18esimo e ultimo segmento. Dopodiché dovrà attendere ulteriori 2τ secondi per ricevere l'ACK relativo appunto a questo ultimo segmento. Quindi il tempo totale di trasferimento risulta pari a:

$$T_{tot} = 8\tau + 17T = 8 + 17 \text{ ms} = 25 \text{ ms}$$

