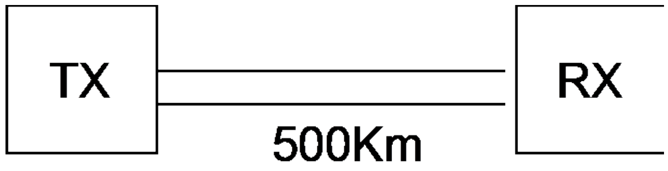
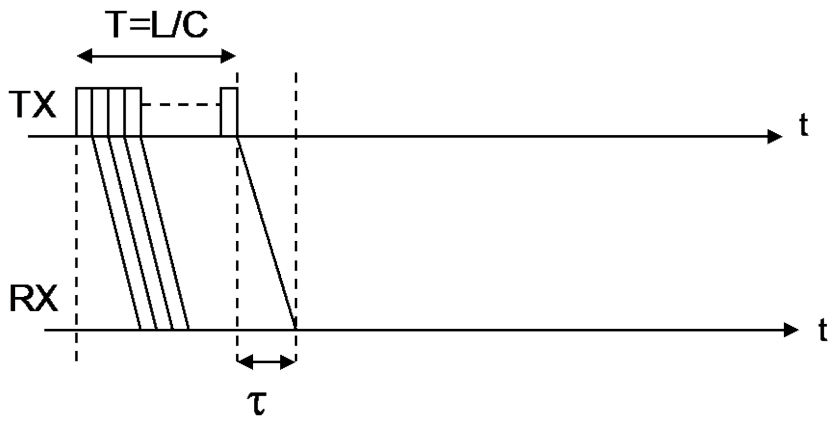
1 Introduzione

Esercizio 1.1

Un sistema trasmissivo della velocità di 100 [kb/s] presenta una lunghezza di 500 [km]. Si calcoli il tempo che intercorre fra la trasmissione del primo bit e la ricezione dell'ultimo bit di un pacchetto lungo 2000 [bit], assumendo che il ritardo di propagazione sia di 5 [μs/km].





Il tempo di trasmissione è: T = 2000 [bit] / 100 [kb/s] = 20 [ms]

mentre il tempo di propagazione è

τ= 5 [μs/km] · 500 [km] = 2500 [μs] = 2.5 [ms]

Il tempo cercato è dunque di

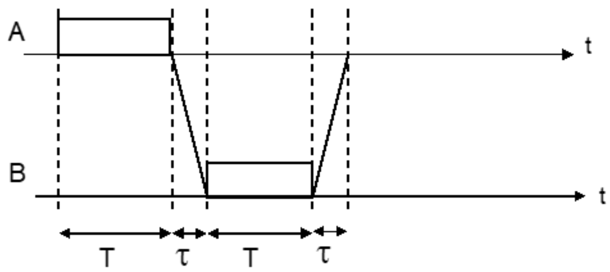
T + τ = 22.5 [ms].

Esercizio 1.2

Un pacchetto di 10000 [bit] viene inviato dal nodo A alla velocità di 100 [kb/s] su un collegamento di 100 [km]. Il pacchetto viene ricevuto tutto in B e poi viene rimandato al mittente A alla stessa velocità di trasmissione.

Si calcoli l'intervallo di tempo che intercorre fra la trasmissione del primo bit in A e la ricezione dell'ultimo bit, sempre in A, assumendo che la velocità del segnale sia di 200.000 [km/s].

Si ripeta il conto nel caso in cui la velocità di trasmissione sia di 10 [Gb/s].



Il tempo cercato si può esprimere come:

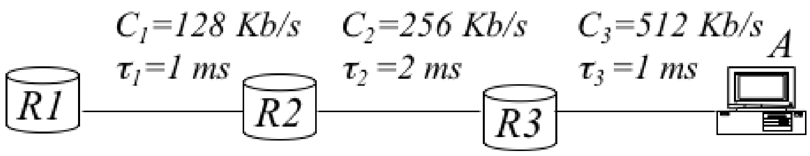
$$T = 2(T + \tau) = 2\left(\frac{10[kb]}{100\ [kb/s]} + \frac{100\ [Km]}{200.000\ [Km/s]}\right) = 2(100\ [ms]\ + 0.5\ [\mathrm{ms}]) = 201\ [\mathrm{ms}]$$

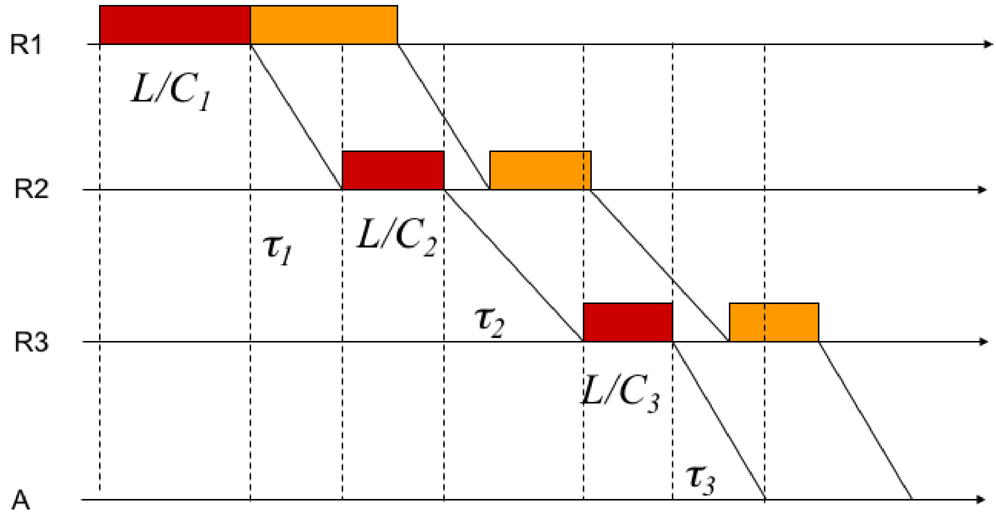
Nel caso in cui la velocità del collegamento sia 10 [Gb/s], si ha:

$$T = 2(T + \tau) = 2\left(\frac{10[kb]}{10\ [Gb/s]} + \frac{100\ [Km]}{200.000\ [Km/s]}\right) = 2(0.001\ [ms]\ + 0.5\ [\mathrm{ms}]) = 1.002\ [\mathrm{ms}]$$

Esercizio 1.3

Si consideri la rete in figura. Al tempo t=0 la coda di uscita di R1 ha 2 pacchetti diretti ad A. Assumendo lunghezza dei pacchetti di L=512 [bits], si indichi per ciascun pacchetto l'istante in cui viene completamente ricevuto a destinazione.





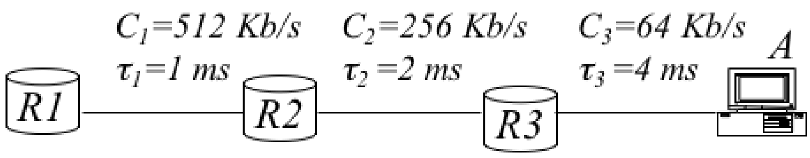
Non abbiamo casi di accodamento. Ad ogni nodo attraversato, il secondo pacchetto finisce la propria ricezione dal nodo precedente dopo che il primo pacchetto ha finito la propria trasmissione verso il nodo successivo. In questo modo, appena finita la ricezione, il secondo pacchetto può essere immediatamente ritrasmesso verso il nodo successivo.

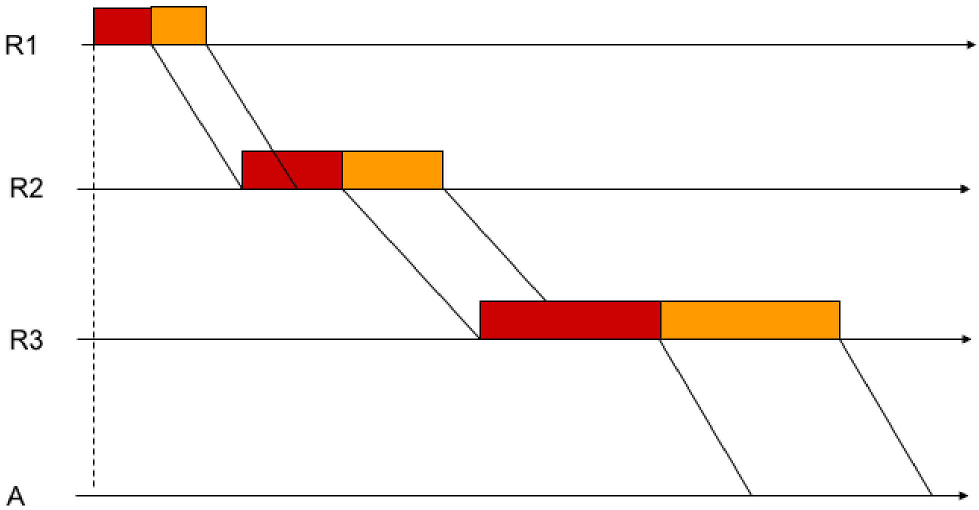
$$T_1 = \frac{L}{C_1} + \tau_1 + \frac{L}{C_2} + \tau_2 + \frac{L}{C_3} + \tau_3 = 4 + 1 + 2 + 2 + 1 + 1 = 11 \text{ ms}$$

$$T_2 = \frac{2L}{C_1} + \tau_1 + \frac{L}{C_2} + \tau_2 + \frac{L}{C_3} + \tau_3 = 15 \text{ ms}$$

Esercizio 1.4

Si consideri la rete in figura. Al tempo t=0 la coda di uscita di R1 ha 2 pacchetti diretti ad A. Assumendo lunghezza dei pacchetti di L=512 [bits], si indichi per ciascun pacchetto l'istante in cui viene completamente ricevuto a destinazione.





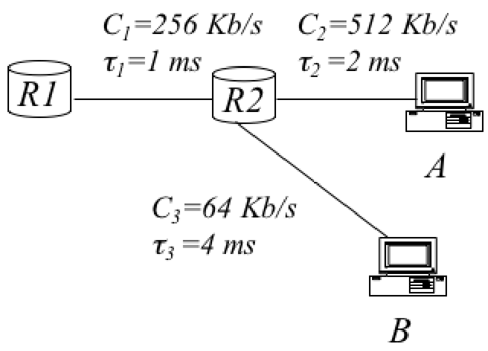
Il link tra R2 e R3 ha un rate trasmissivo minore del link tra R1 e R2, dunque il secondo pacchetto finisce la propria ricezione nel nodo R2 mentre il primo pacchetto è ancora in trasmissione da R2 a R3. Il secondo pacchetto non può essere immediatamente ritrasmesso verso R3, ma deve attendere la fine della trasmissione del primo pacchetto, che sta occupando l'interfaccia trasmissiva tra R2 e R3. Il secondo pacchetto viene dunque accodato in attesa che l'interfaccia si liberi. Lo stesso accade nell'hop successivo.

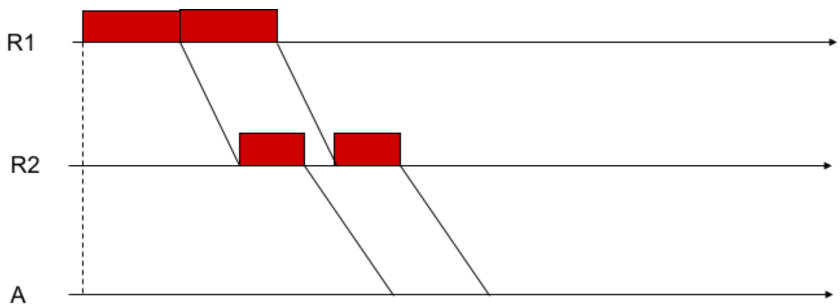
$$T_1 = \frac{L}{C_1} + \tau_1 + \frac{L}{C_2} + \tau_2 + \frac{L}{C_3} + \tau_3 = 1 + 1 + 2 + 2 + 8 + 4 = 18\ [ms]$$

$$T_2 = \frac{L}{C_1} + \tau_1 + \frac{L}{C_2} + \tau_2 + \frac{2L}{C_3} + \tau_3 = T_1 + \frac{L}{C_3} = 26\ [ms]$$

Esercizio 1.5

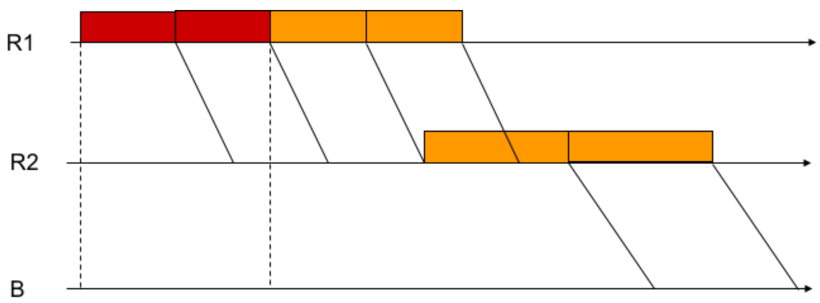
Si consideri la rete in figura. Al tempo t=0 la coda di uscita di R1 ha 4 pacchetti diretti rispettivamente a A, A, B, B. Assumendo lunghezza dei pacchetti di L=512 [bits], si indichi per ciascun pacchetto l'istante in cui viene completamente ricevuto a destinazione.





$$T_1 = \frac{L}{C_1} + \tau_1 + \frac{L}{C_2} + \tau_2 = 2 + 1 + 1 + 2 = 6\ ms$$

$$T_2 = \frac{L + L}{C_1} + \tau_1 + \frac{L}{C_2} + \tau_2 = 8\ ms$$



Una volta ricevuti al nodo R2, i pacchetti diretti ad A e B verranno gestisti in maniera indipendente. Infatti, i primi verranno accodati in uscita all'interfaccia tra R2 e A, mentre i secondi all'interfaccia tra R2 e B.

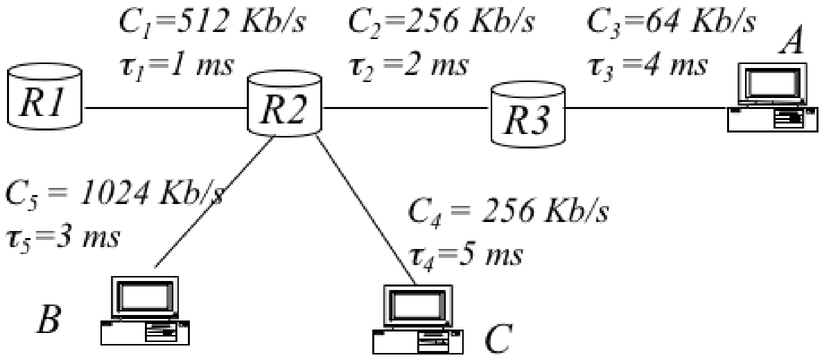
Dato che il link R2-B ha un rate trasmissivo minore del link R1-R2, i pacchetti diretti a B verranno accodati in uscita da R2

$$T_3 = \frac{L + L + L}{C_1} + \tau_1 + \frac{L}{C_3} + \tau_3 = 6 + 1 + 8 + 4 = 19\ ms$$

$$T_4 = T_3 + \frac{L}{C_3} = 19 + 8 = 27\ ms$$

Esercizio 1.6

Si consideri la rete in figura. Al tempo t=0 la coda di uscita di R1 ha 6 pacchetti diretti rispettivamente a A, A, B, B, C, C. Assumendo lunghezza dei pacchetti di L=512 [bits], si indichi per ciascun pacchetto l'istante in cui viene completamente ricevuto a destinazione.



Il primo pacchetto arriva al nodo A senza incontrare altri pacchetti in rete. Il secondo pacchetto, sempre diretto a A, verrà accodato, dato che i link successivi al primo hanno un rate trasmissivo minore.

$$T_1 = \frac{L}{C_1} + \tau_1 + \frac{L}{C_2} + \tau_2 + \frac{L}{C_3} + \tau_3 = 18 \text{ ms}$$

$$T_2 = T_1 + \frac{L}{C_3} = 26 \text{ ms}$$

I pacchetti diretti a B vengono trasmessi da R1 dopo quelli diretti a A, e da R2 in poi ne diventano indipendenti. Non c'è accodamento tra i pacchetti di B perché il link R2-B ha un rate trasmissivo maggiore di R1-R2

$$T_3 = \frac{3L}{C_1} + \tau_1 + \frac{L}{C_5} + \tau_5 = 7.5 \text{ ms}$$

$$T_4 = \frac{4L}{C_1} + \tau_1 + \frac{L}{C_5} + \tau_5 = 8.5 \text{ ms}$$

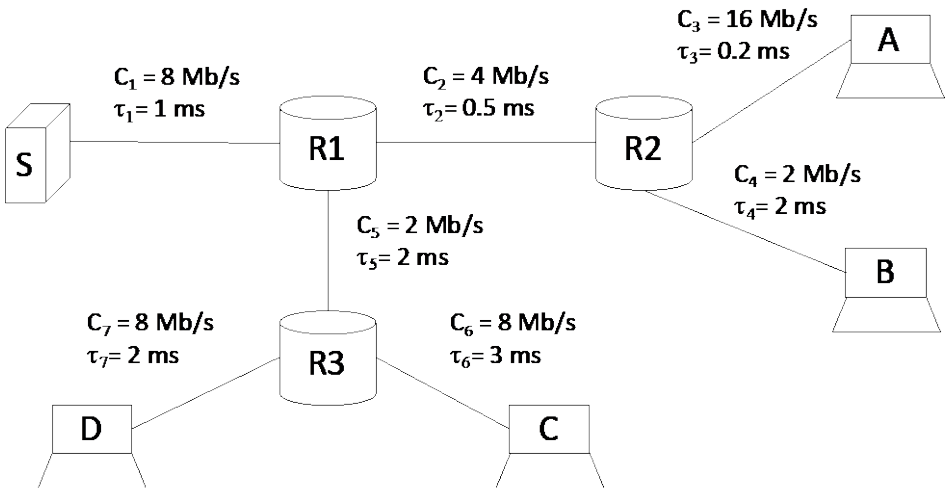
I pacchetti diretti a C vengono trasmessi da R1 dopo quelli diretti a A e B, e da R2 in poi ne diventano indipendenti. Dato che R2-C ha un rate trasmissivo minore di R1-R2, abbiamo accodamento tra i pacchetti diretti a C.

$$T_5 = \frac{5L}{C_1} + \tau_1 + \frac{L}{C_4} + \tau_4 = 13 \text{ ms}$$

$$T_6 = T_5 + \frac{L}{C_4} = 15 \text{ ms}$$

Esercizio 1.7 (E)

In una rete a commutazione di pacchetto al tempo t=0 sono presenti 8 pacchetti in S diretti rispettivamente alle seguenti destinazioni: A, A, B, A, C, C, D, D. Calcolare il tempo di ricezione di ciascuno dei pacchetti assumendo che i pacchetti abbiano le seguenti dimensioni: pacchetti verso A, L_A=1000 [byte]; pacchetti verso B, L_B=2000 [byte]; pacchetti verso C, L_C=500 [byte]; pacchetti verso D, L_D=1000 [byte].



$$T_1^A = \frac{L_A}{C_1} = \frac{8\ 10^3}{8\ 10^6} = 1\ ms$$

$$T_2^A = \frac{L_A}{C_2} = 2\ ms$$

$$T_3^A = \frac{L_A}{C_3} = 0.5\ ms$$

$$T_1^B = \frac{L_B}{C_1} = 2\ ms$$

$$T_2^B = \frac{L_B}{C_2} = 4\ ms$$

$$T_4^B = \frac{L_B}{C_4} = 8\ ms$$

$$T_1^C = \frac{L_C}{C_1} = 0.5\ ms$$

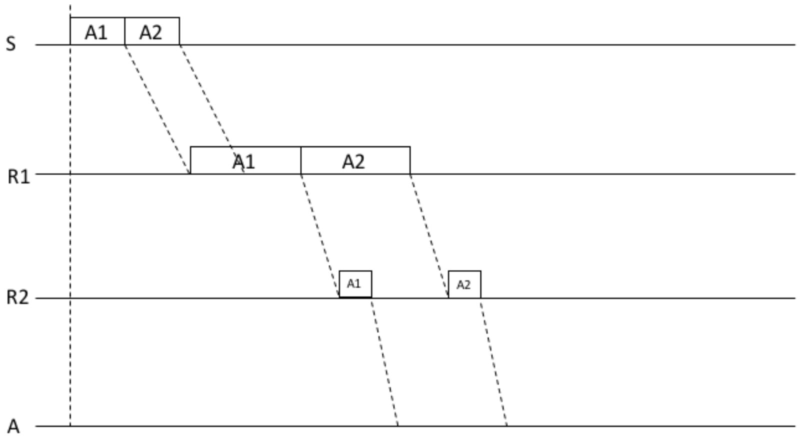
$$T_5^C = \frac{L_C}{C_5} = 2\ ms$$

$$T_6^C = \frac{L_C}{C_6} = 0.5\ ms$$

$$T_1^D = \frac{L_D}{C_1} = 1\ ms$$

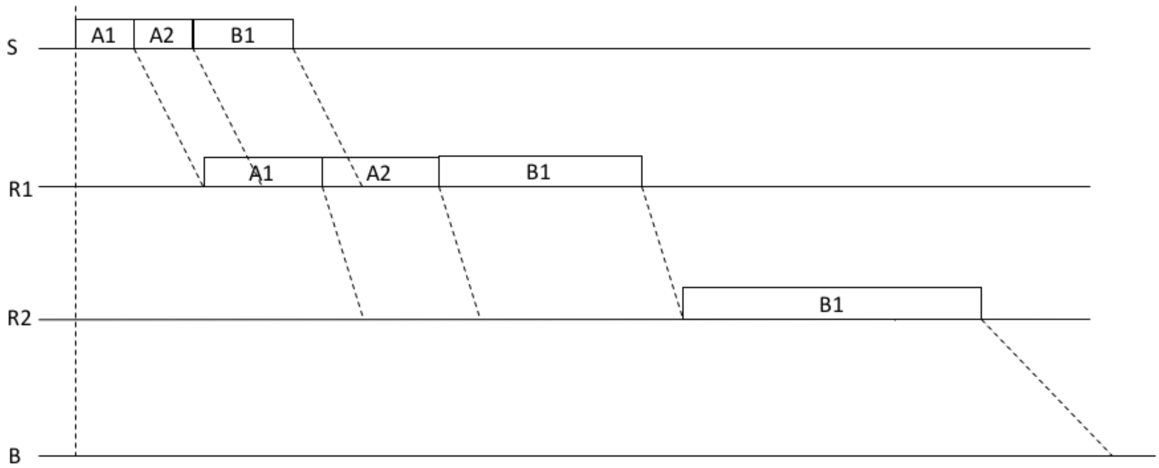
$$T_5^D = \frac{L_D}{C_5} = 4\ ms$$

$$T_7^D = \frac{L_{CD}}{C_7} = 1\ ms$$

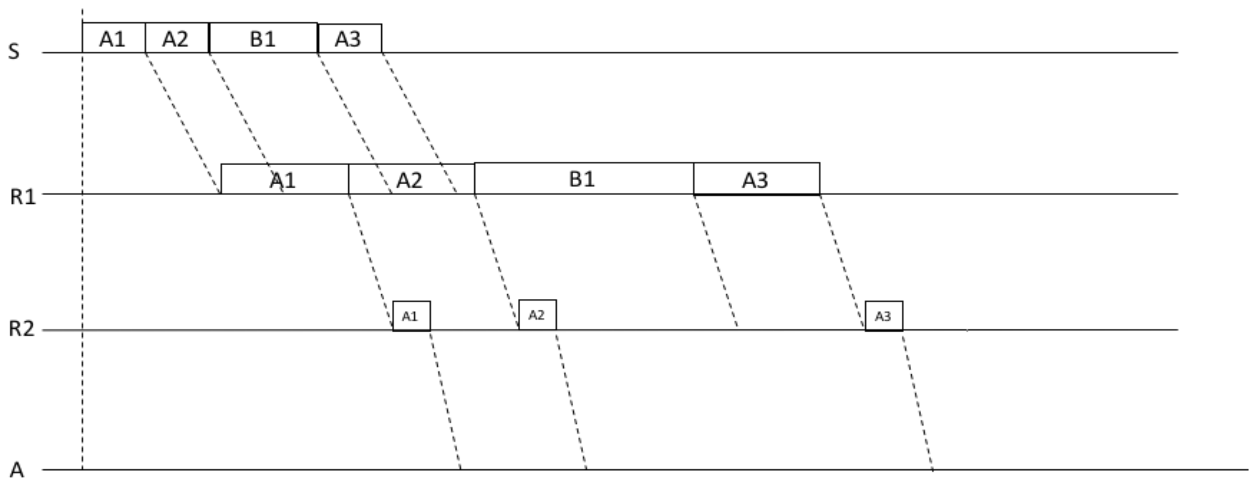


$$T_{A1} = T_1^A + \tau_1 + T_2^A + \tau_2 + T_3^A + \tau_3 = 5.2\,ms$$

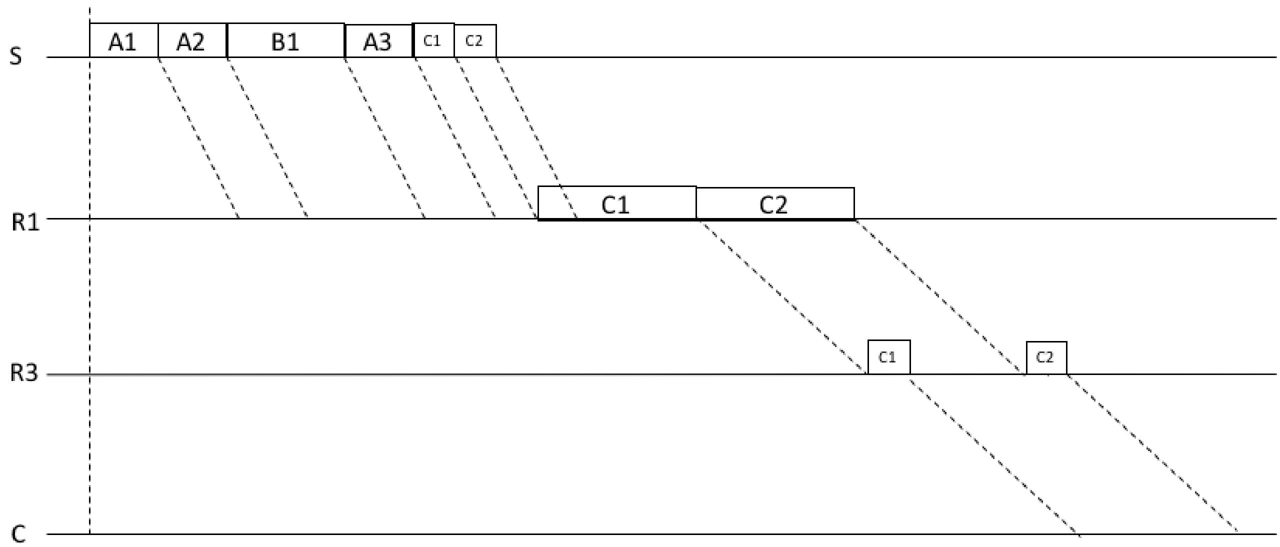
$$T_{A2} = T_{A1} + T_2^A = 7.2\,ms$$



$$T_{B1} = T_1^A + \tau_1 + 2T_2^A + T_2^B + \tau_2 + T_4^B + \tau_4 = 1 + 1 + 2x2 + 4 + 0.5 + 8 + 2 = 20.5\,ms$$

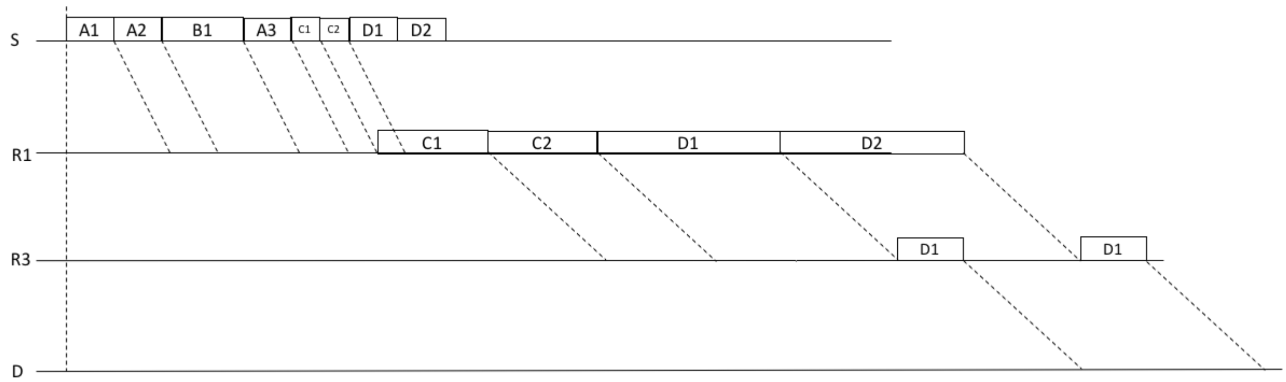


$$T_{A3} = T_1^A + \tau_1 + 3T_2^A + T_2^B + \tau_2 + T_3^A + \tau_3 = 1 + 1 + 3x2 + 4 + 0.5 + 0.5 + 0.2 = 13.2\,ms$$



$$T_{C1} = 3\,T_1^A + T_1^B + T_1^C + \tau_1 + T_5^C + \tau_5 + T_6^C + \tau_6 = 14\,ms$$

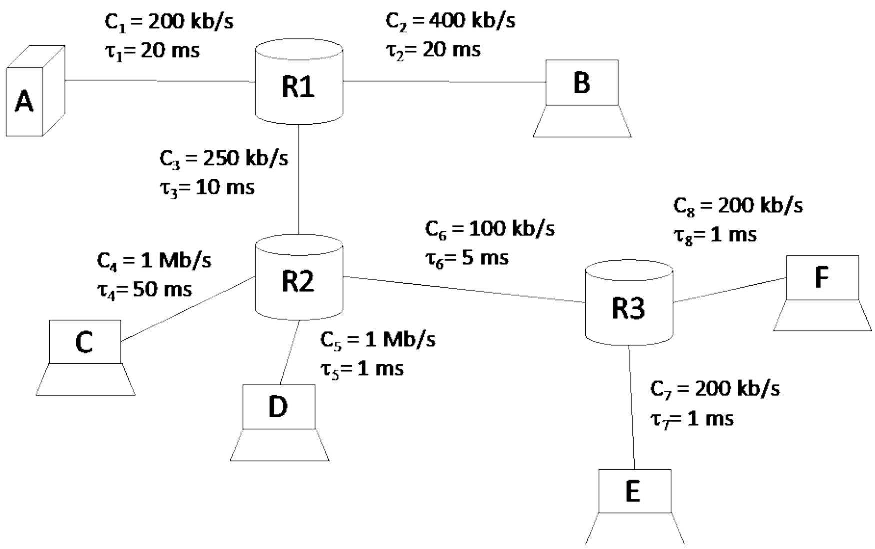
$$T_{C2} = T_{C1} + T_5^C = 16\,ms$$



$$T_{D1} = 3\,T_1^A + T_1^B + T_1^C + \tau_1 + 2T_5^C + T_5^D + \tau_5 + T_7^D + \tau_7 = 19.5\,ms$$

$$T_{D1} = \ T_{D1} + T_5^D = 23.5\,ms$$

Esercizio 1.8 (E)



Nella rete a commutazione di pacchetto in figura, al tempo t=0 sono presenti 5 pacchetti in A diretti rispettivamente alle seguenti destinazioni: C, D, E, F, E. *Calcolare* l'istante di fine ricezione <u>degli ultimi 3 pacchetti</u> a destinazione assumendo che i pacchetti abbiamo le seguenti dimensioni: pacchetti verso C, L_C = 375 [byte]; pacchetti verso D, L_D = 250 [byte]; pacchetti verso E, L_E= 375 byte; pacchetti verso F, L_F= 125 [byte].

$$T_1^C = \frac{L_C}{C_1} = \frac{375 * 8\ bit}{200\ kbps} = 15\ ms$$

$$T_3^C = \frac{L_C}{C_3} = \frac{375 * 8\ bit}{250\ kbps} = 12\ ms$$

$$T_1^D = \frac{L_D}{C_1} = \frac{250 * 8\ bit}{200\ kbps} = 10\ ms$$

$$T_3^D = \frac{L_D}{C_3} = \frac{250 * 8\ bit}{250\ kbps} = 8\ ms$$

$$T_1^E = \frac{L_E}{C_1} = \frac{375 * 8\ bit}{200\ kbps} = 15\ ms$$

$$T_3^E = \frac{L_E}{C_3} = \frac{375 * 8\ bit}{250\ kbps} = 12\ ms$$

$$T_6^E = \frac{L_E}{C_6} = \frac{375 * 8\ bit}{100\ kbps} = 30\ ms$$

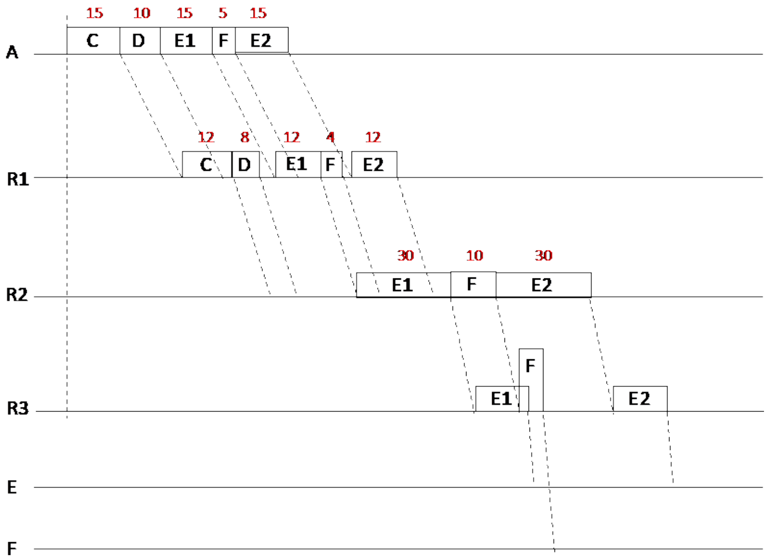
$$T_7^E = \frac{L_E}{C_7} = \frac{375 * 8\ bit}{200\ kbps} = 15\ ms$$

$$T_1^F = \frac{L_F}{C_1} = \frac{125 * 8\ bit}{200\ kbps} = 5\ ms$$

$$T_3^F = \frac{L_F}{C_3} = \frac{125 * 8\ bit}{250\ kbps} = 4\ ms$$

$$T_6^F = \frac{L_F}{C_6} = \frac{125 * 8\ bit}{100\ kbps} = 10\ ms$$

$$T_8^F = \frac{L_F}{C_8} = \frac{125 * 8\ bit}{200\ kbps} = 5\ ms$$



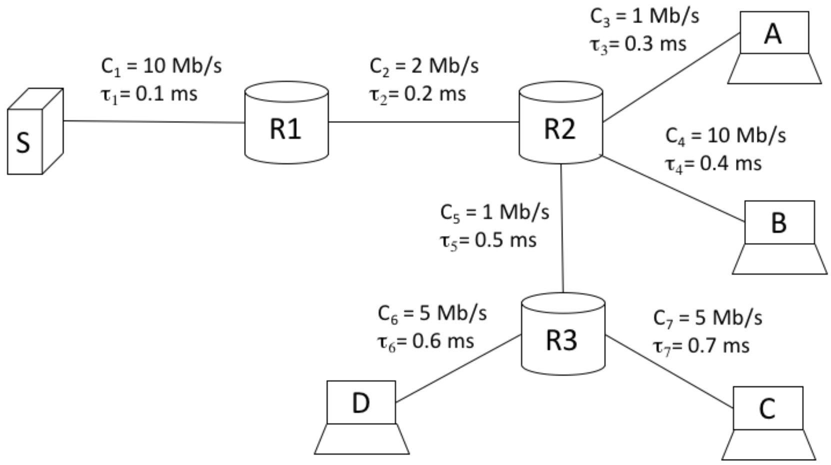
$$T_{E1} = T_1^C + T_1^D + T_1^E + \tau_1 + T_3^E + \tau_3 + T_6^E + \tau_6 + T_7^E + \tau_7$$
$$= 15 + 10 + 15 + 20 + 12 + 10 + 30 + 5 + 15 + 1 = 133\ ms$$

$$T_F = T_1^C + T_1^D + T_1^E + \tau_1 + T_3^E + \tau_3 + T_6^E + T_6^F + \tau_6 + T_8^F + \tau_8$$
$$= 15 + 10 + 15 + 20 + 12 + 10 + 30 + 10 + 5 + 5 + 1 = 133\ ms$$

$$T_{E2} = T_{E1} + T_6^E + T_6^F = 133 + 30 + 10 = 173\ ms$$

Esercizio 1.9 (E)

In una rete a commutazione di pacchetto al tempo t=0 sono presenti 6 pacchetti in S diretti rispettivamente alle seguenti destinazioni: A, A, B, B, C, D. Calcolare il tempo di ricezione di ciascuno dei pacchetti assumendo che i pacchetti abbiamo le seguenti dimensioni: pacchetti verso A, L_A=1250 [byte]; pacchetti verso B, L_B=250 [byte]; pacchetti verso C, L_C=1250 [byte]; pacchetti verso D, L_D=1250 [byte].



$$T_{A1} = T_1^A + \tau_1 + T_2^A + \tau_2 + T_3^A + \tau_3 = 16.6\, ms$$

$$T_{A2} = T_{A1} + T_3^A = 26.6\, ms$$

$$T_{B1} = T_1^A + \tau_1 + 2\,T_2^A + T_2^B + \tau_2 + T_4^B + \tau_4 = 12.9\, ms$$

$$T_{B2} = T_{B1} + T_2^B = 13.9\, ms$$

$$T_{C1} = T_1^A + \tau_1 + 2\,T_2^A + 2\,T_2^B + T_2^C + \tau_2 + T_5^C + \tau_5 + T_7^C + \tau_7 = 31.5\, ms$$

$$T_{D1} = T_1^A + \tau_1 + 2\,T_2^A + 2\,T_2^B + T_2^C + \tau_2 + T_5^C + T_5^D + \tau_5 + T_6^D + \tau_6 = 41.4\, ms$$