



Marco Listanti

## Esercizi 6

# Controlli di errore e di flusso



# Esercizio 1 (1)

- Si consideri un protocollo per il recupero di errore Stop&Wait in un ambiente "error free".
- Dato un canale trasmissivo di capacità  $C=64$  kbit/s e un ritardo di propagazione  $\Delta=0.125$  ms, calcolare la durata minima del timeout  $T_{out}$  e la durata del tempo di ciclo  $T_c$  nel caso in cui:
  - la dimensione delle PDU sia di  $X=200$  byte (di cui  $H=20$  byte di header e  $L=180$  byte di payload)
  - il tempo di elaborazione delle unità informative sia trascurabile
  - La probabilità di errore sia nulla

# Esercizio 1 (2)

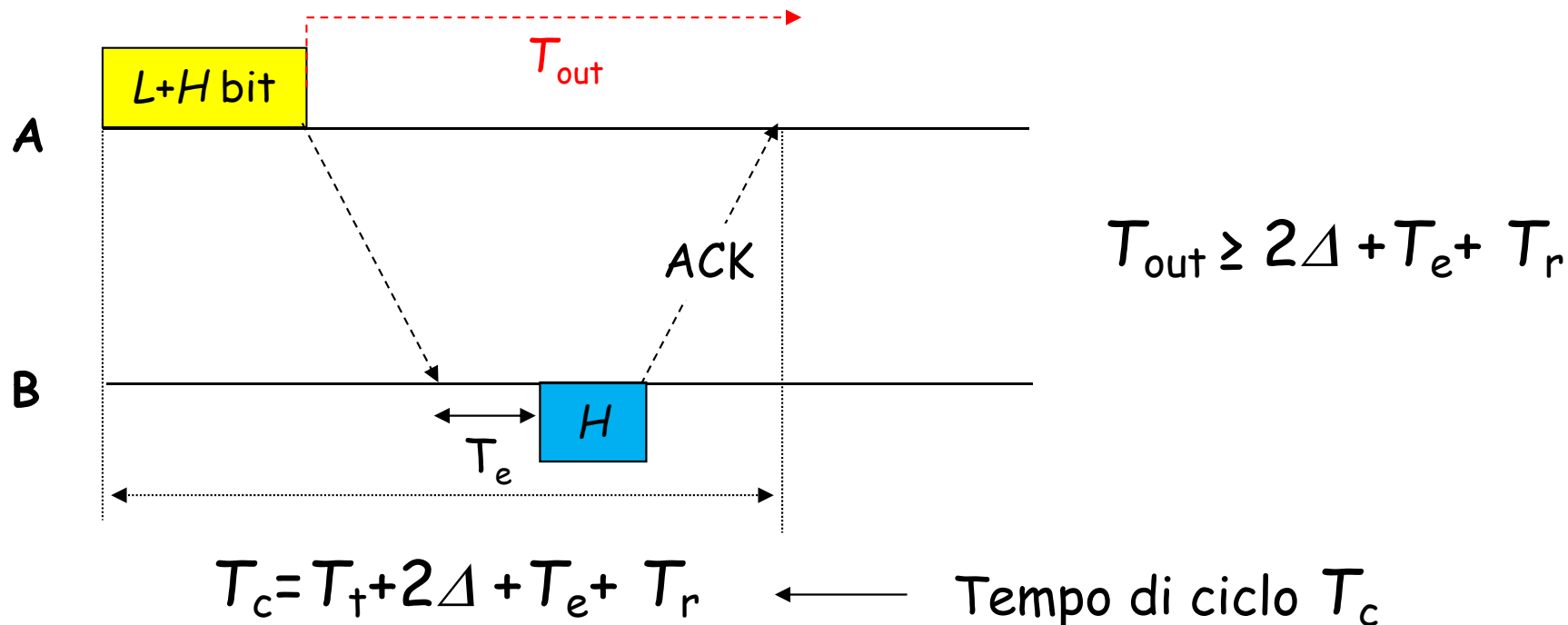
$T_t$  = tempo di trasmissione di una PDU da A a B

$\Delta$  = ritardo di propagazione

$T_e$  = ritardo di elaborazione di una PDU in ricezione

$T_r$  = tempo di trasmissione di una PDU di riscontro (ACK) da B a A

$C$  = ritmo binario di trasferimento sull'interfaccia A-B



# Esercizio 1 (3)

- Il timeout  $T_{out}$  ed il tempo di ciclo  $T_c$  sono

$$T_{out} = 2\Delta + T_e + T_r$$

$$T_c = T_t + 2\Delta + T_e + T_r$$

- dove  $T_t$  e  $T_r$  sono date da

$$T_t = \frac{L + H}{C} = \frac{200 \cdot 8}{64000} = 25 \text{ ms}$$

$$T_r = \frac{H}{C} = \frac{20 \cdot 8}{64000} = 2,5 \text{ ms}$$

- Si ha

$$T_{out} = 2\Delta + T_r = 2 \cdot 0.125 + 2.5 = 2.75 \text{ ms}$$

$$T_c = T_t + 2\Delta + T_r = 25 + 2 \cdot 0.125 + 2.5 = 27.75 \text{ ms}$$

## Esercizio 2 (1)

- Calcolare la portata media massima ( $\Lambda_s$ ) e l'efficienza ( $\rho$ ) con i valori dell'esercizio precedente
- I parametri prestazionali richiesti sono dati da

- Portata media massima

$$\Lambda_s = \frac{1}{T_c} \quad (\text{PDU/s})$$

$$P_s = \frac{L}{T_c} \quad (\text{bit/s})$$

- Efficienza (rendimento di utilizzazione)

$$\rho = \frac{L / C}{T_c}$$



## Esercizio 2 (2)

■ Quindi

$$\Lambda_s = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{0.02775} = 36.036 \quad (\text{PDU/s}) =$$

$$P_s = \frac{L}{T_c} = \frac{180 \cdot 8}{0.02775} = 51.892 \quad (\text{kbit/s}) =$$

$$\rho = \frac{L / C}{T_c} = \frac{180 \cdot 8}{0.02775 \cdot 64000} = 0.81$$

## Esercizio 3 (1)

- Si consideri un protocollo per il recupero di errore Stop&Wait in un ambiente "error free".
- Dato un canale trasmissivo di capacità  $C$  e un ritardo di propagazione  $\Delta=0,125$  ms, la dimensione delle PDU sia di  $X=200$  byte (di cui  $H=20$  byte di header e  $L=180$  byte di payload) e il tempo di elaborazione delle unità informative nullo
- Calcolare la capacità minima  $C_{\min}$  necessaria affinché la portata sia maggiore o uguale a  $P_0=64$  kbit/s

## Esercizio 3 (2)

■ Si deve avere

$$P_s = \frac{L}{T_c} = \frac{L}{T_t + 2\Delta + T_e + T_r} \geq P_0 \quad (\text{bit/s}) \quad \longrightarrow \quad \frac{LC}{L + 2\Delta C + H} \geq P_0 \quad (\text{bit/s})$$

$$C \cdot \left(1 - \frac{2\Delta \cdot P_0}{L}\right) \geq P_0 \cdot \left(1 - \frac{2H}{L}\right)$$

■ da cui

$$C_{\min} = \frac{P_0 \cdot \left(1 - \frac{2H}{L}\right)}{\left(1 - \frac{2\Delta \cdot P_0}{L}\right)} = 79.10 \text{ kbit/s}$$





## Esercizio 4 (1)

- Dato un collegamento di capacità  $C=640$  kbit/s con un ritardo di propagazione di  $\Delta=125$   $\mu$ s, si consideri un protocollo Stop&Wait in un ambiente "error free".
- La dimensione delle PDU è di  $L+H$  bit di cui  $H=20$  bit di intestazione e  $L$  di payload.
- Il tempo di elaborazione della PDU è trascurabile
- Determinare la valore minimo di  $L$ , affinché sia possibile il trasferimento di un flusso informativo di una sorgente ON-OFF deterministica con le seguenti caratteristiche:
  - $T_{on}=50$  ms;  $T_{off}=100$  ms;  $R_p=1536$  kbit/s



## Esercizio 4 (2)

### ■ Bit rate medio della sorgente

$$R_m = R_p \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = \frac{1536}{3} = 512 \text{ kbit/s}$$

### ■ Per trasmettere tale flusso la portata del collegamento ( $P_s$ ) deve essere superiore al bit rate medio ( $R_m$ ) della sorgente, quindi

$$R_m \leq P_s = \frac{L}{T_c} = \frac{L}{T_t + 2\Delta + T_e + T_r} = \frac{L \cdot C}{L + 2(H + C\Delta)}$$

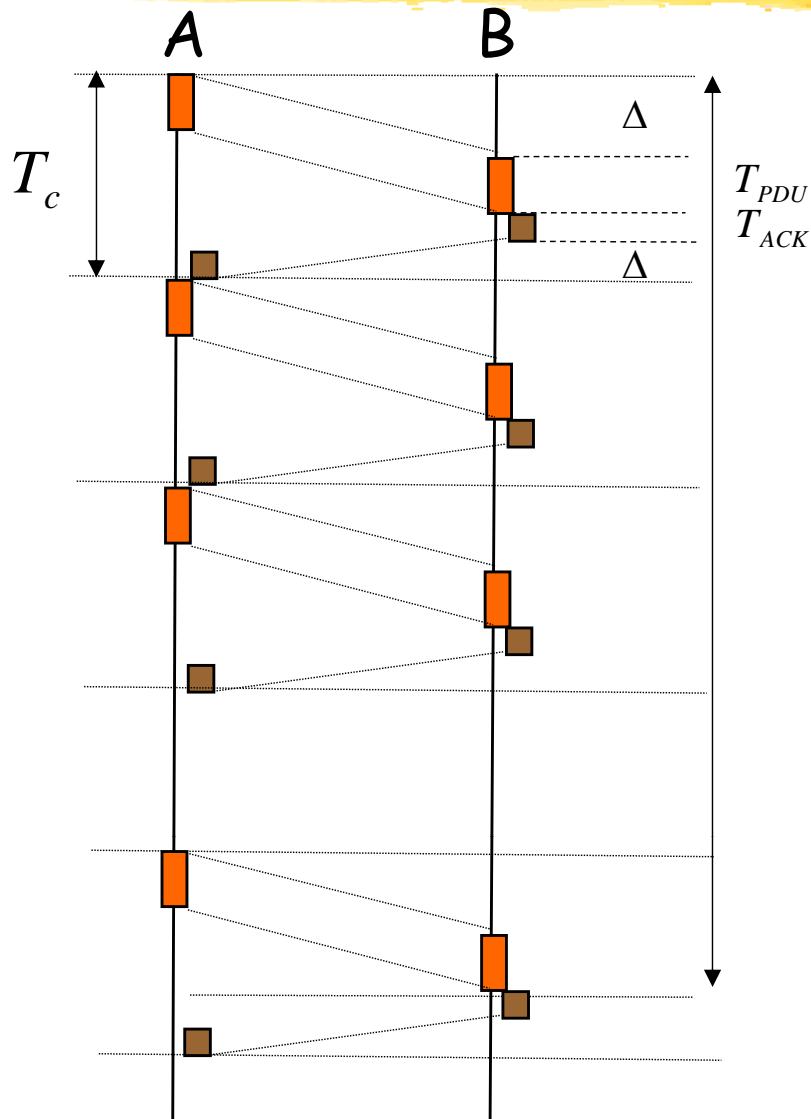
### ■ da cui

$$L = \frac{2R_m(H + C\Delta)}{C - R_m} = 800 \text{ bit}$$

## Esercizio 5 (1)

- Calcolare il ritardo di trasferimento  $D$  di una PDU e di  $N=7$  PDU su un collegamento di capacità  $C=320$  kbit/s e una lunghezza di  $d=100$  km con un ritardo di propagazione di  $4 \mu\text{s/km}$ , nel caso in cui si utilizzi un protocollo Stop&Wait
- Si assuma che
  - La dimensione delle PDU sia  $X=500$  byte di cui  $H=20$  byte di header e  $L=480$  byte di payload
  - La probabilità di errore e il ritardo di elaborazione siano nulli

# Esercizio 5 (2)



■ Si ha

$$\Delta = d \cdot 4 = 0.4 \quad ms$$

$$T_c = \frac{L + 2H}{C} + 2\Delta = 13.8 \quad ms$$

$$D = \frac{L + H}{C} + \Delta = \frac{500 \cdot 8}{320} + 0.4 = 12.9 \quad ms$$

■ da cui

$$D_{tot} = (N - 1)T_c + \frac{L + H}{C} + \Delta =$$

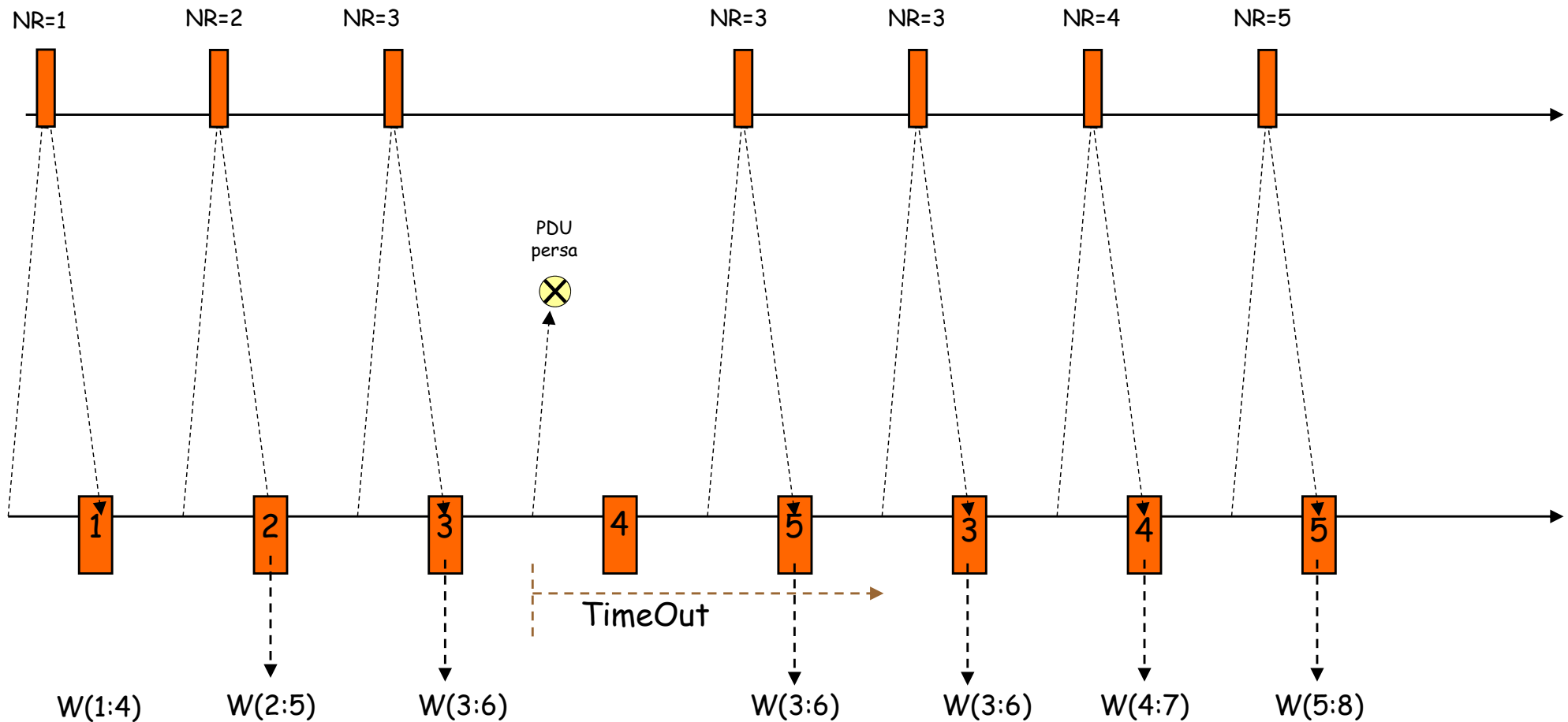
$$= 82.8 + 12.9 = 95.7 \quad ms$$



## Esercizio 6 (1)

- Si consideri un protocollo di livello 2 tra le entità A e B con funzioni di recupero d'errore del tipo Go-back N. La larghezza della finestra di emissione in A sia  $W=4$ .
- Si assuma che:
  - i) le PDU emesse da A abbiano lunghezza costante
  - ii) i tempi di propagazione siano di durata pari a  $1/4$  del tempo di trasmissione di una PDU
  - iii) siano trascurabili i ritardi di elaborazione delle PDU in B e i tempi di trasmissione dei riscontri da B verso A
  - iv) l'entità B riscontri immediatamente le PDU di A rivelate senza errori
  - v) si usino esclusivamente riscontri positivi
  - vi) il Timeout sia uguale a 2 volte il tempo di trasmissione di una PDU
- Assumendo che la PDU numero 3 sia persa, si chiede di riportare l'evoluzione del protocollo, della finestra di emissione in A e i numeri di ricezione in B.

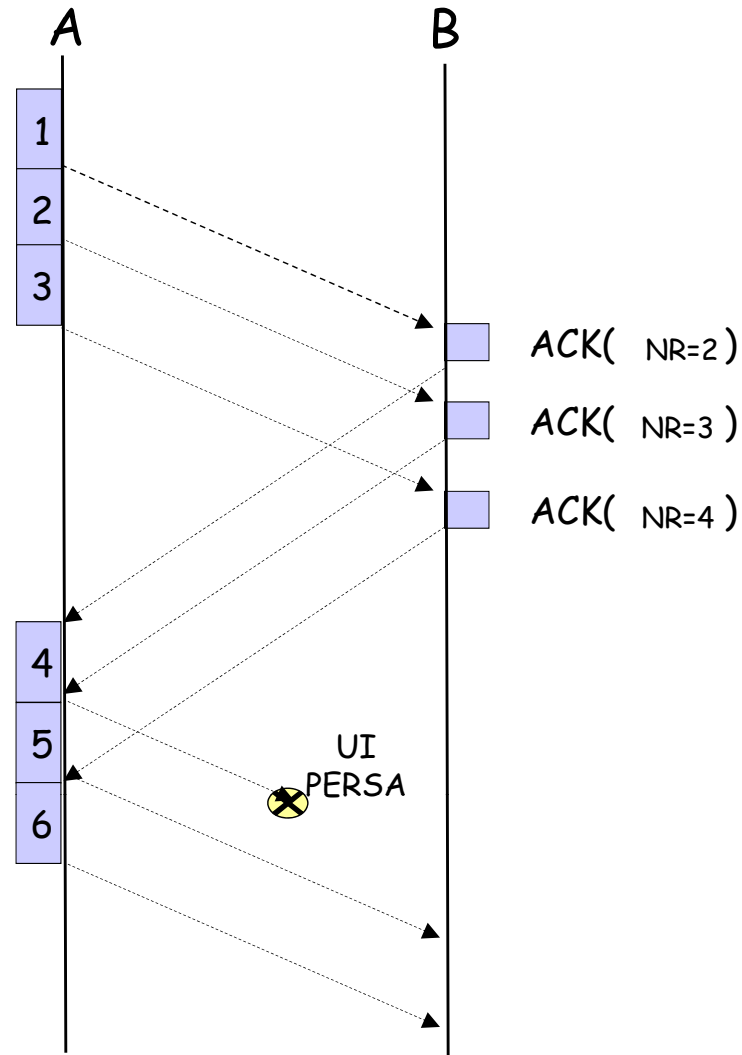
# Esercizio 6 (2)



## Esercizio 7 (1)

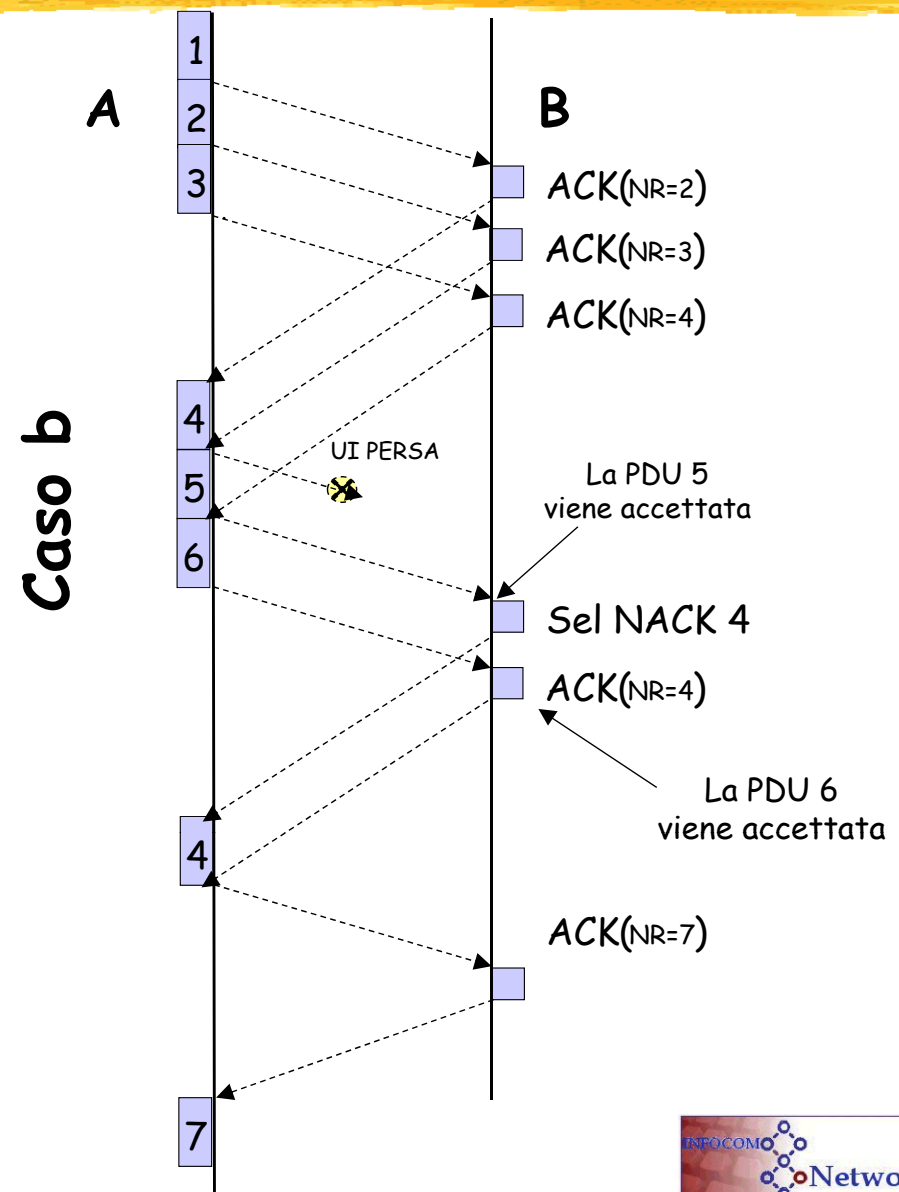
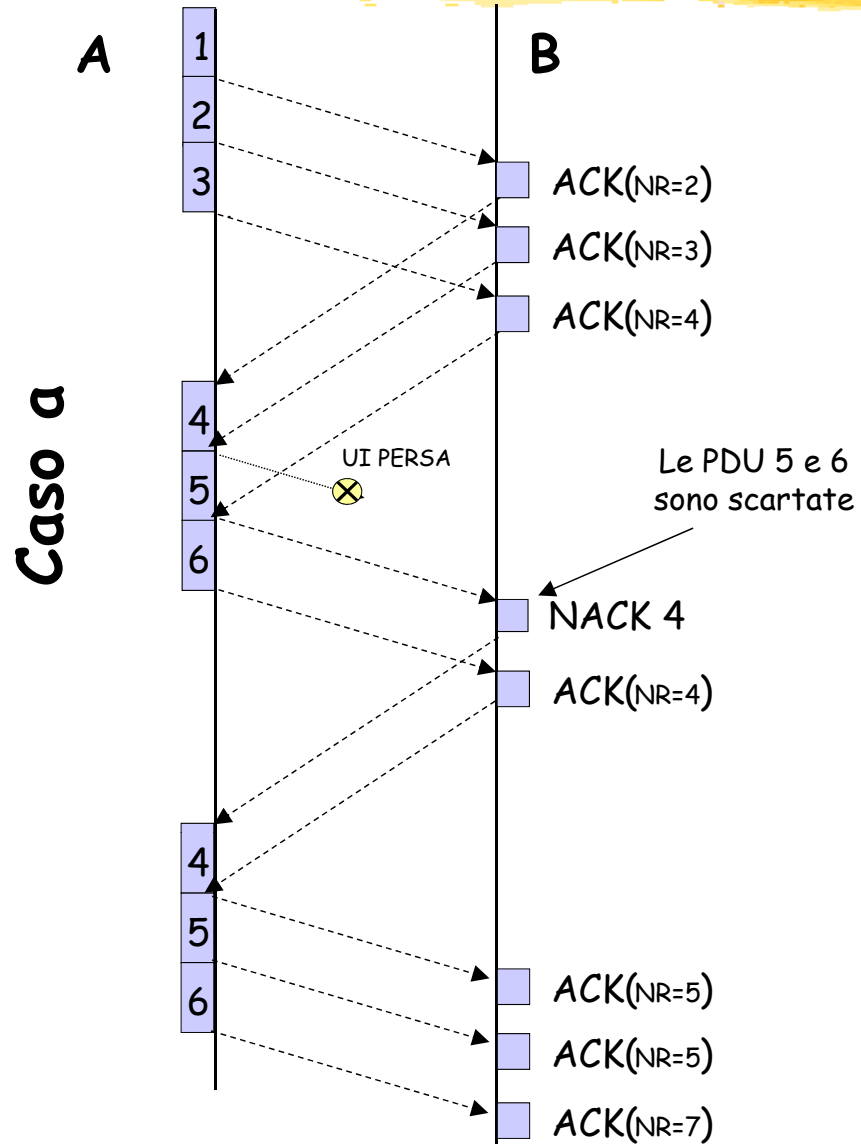
- Si consideri la funzione di recupero d'errore a finestra scorrevole tra due entità A e B. L'entità A deve trasferire  $N=6$  PDU all'entità B e queste PDU possono incorrere in errori di tipo trasmissivo
- La finestra in emissione ha larghezza  $W_S=3$ . Sono previsti sia riscontri positivi (ACK) che negativi (NACK). Si considerino le due modalità di funzionamento del protocollo
  - a) a ri-emissione non selettiva con finestra di ricezione  $W_R=1$
  - b) a ri-emissione selettiva con finestra di ricezione  $W_R=3$
- Si assuma l'andamento temporale rappresentato nella Figura. Si chiede di completare il diagramma spazio-tempo nei casi a) e b).

# Esercizio 7 (2)





# Esercizio 7 (3)

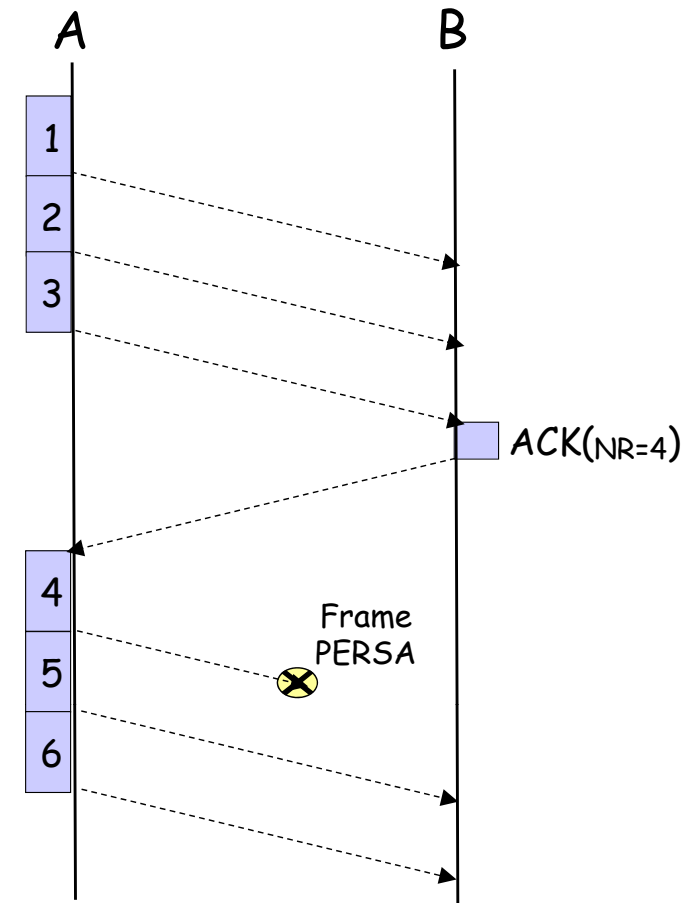




## Esercizio 8 (1)

- Considerando lo schema in figura, calcolare l'incremento  $\Delta\rho$  del rendimento di trasferimento delle 6 frame del caso b (ritrasmissione selettiva) rispetto al caso a (ritrasmissione non selettiva), assumendo

- $C$  : capacità di trasferimento
- $L$  : dimensione delle trame informative
- $L/2$  : la dimensione dei riscontri
- $\tau=L/2C$  il ritardo di propagazione in ognuno dei due versi





## Esercizio 8 (2)

### ■ Ritrasmissione non selettiva

- Per calcolare il rendimento  $\rho_A$  occorre calcolare il tempo  $T_6^A$  necessario per la ricezione delle sei trame da parte di B

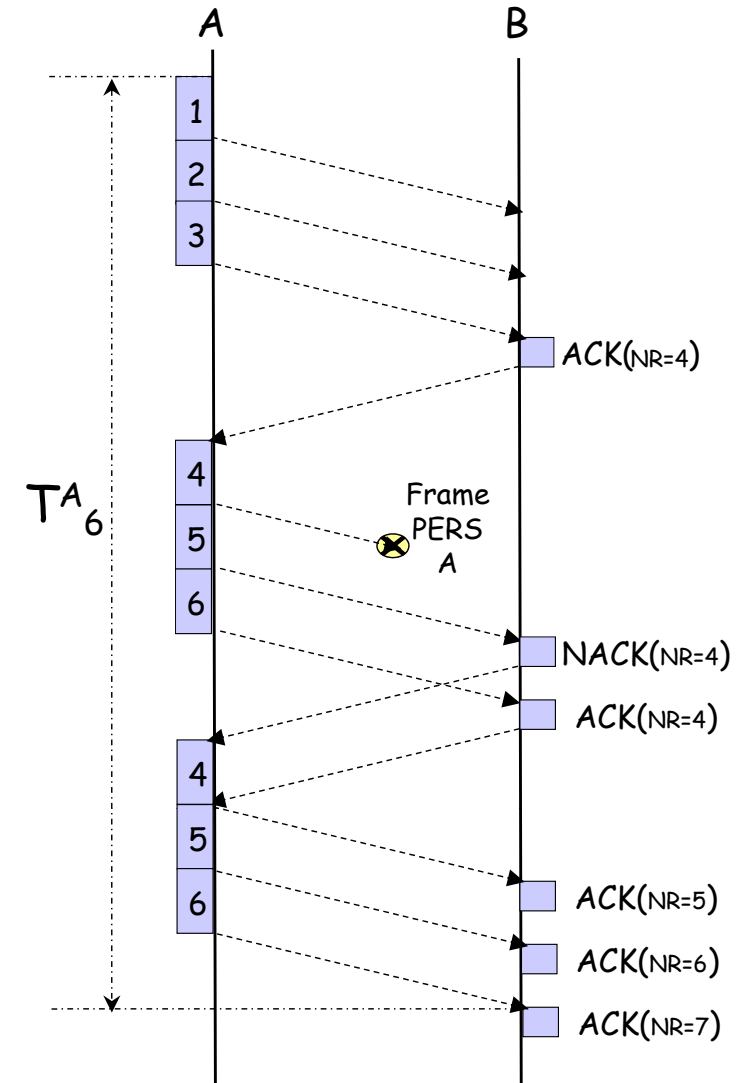
$$T_6^A = 3T_I + \tau + T_{ACK} + \tau + 2T_I + \tau + T_{NACK} + \tau + 3T_I + \tau = \\ = 8T_I + 5\tau + 2T_{ACK}$$

■ da cui

$$T_6^A = 23 \frac{T_I}{2}$$

■ quindi

$$\rho_A = \frac{6T_I}{23 \frac{T_I}{2}} = \frac{12}{23} = 0.522$$





# Esercizio 8 (3)

## ■ Ritrasmissione selettiva

- In modo analogo al caso precedente si ha

$$T_6^B = 6T_I + 5\tau + 2T_{ACK}$$

- da cui

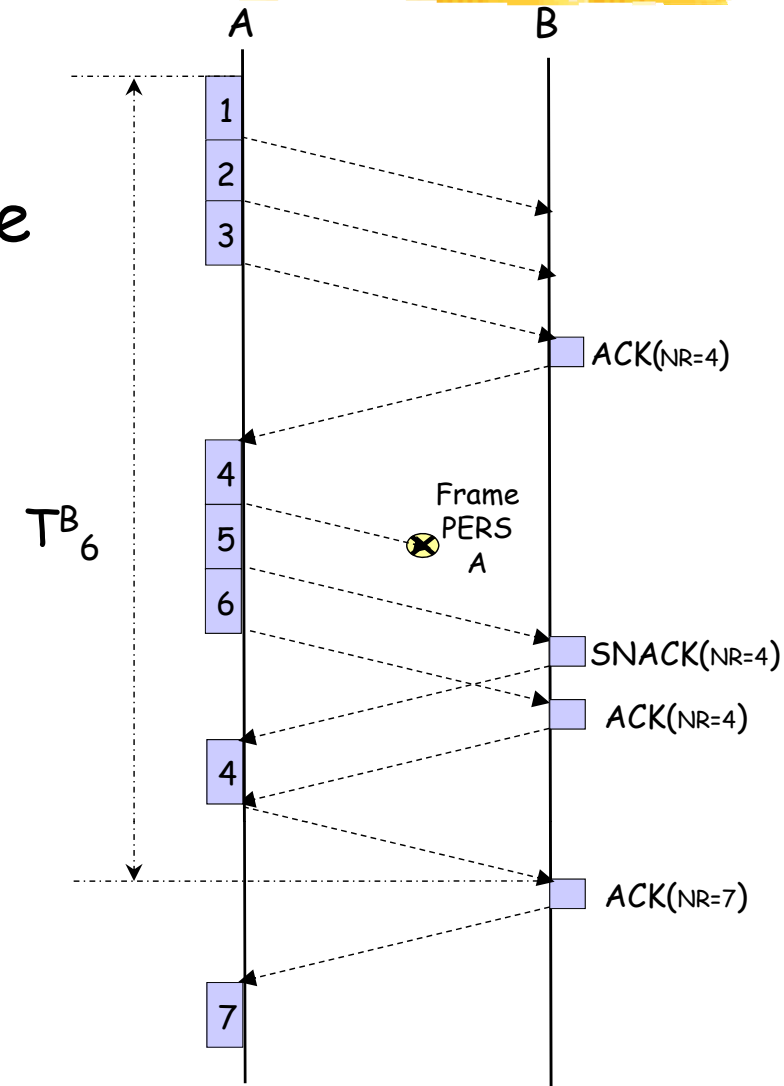
$$T_6^B = 19 \frac{T_I}{2}$$

- Quindi

$$\rho_B = \frac{6T_I}{19 \frac{T_I}{2}} = \frac{12}{19} = 0.632$$

- infine

$$\Delta\rho = \rho_B - \rho_a = 0.632 - 0.522 = 0.11$$





# Esercizio 9 (1)

- Si consideri un protocollo a finestra scorrevole per il recupero d'errore tra due entità A e B.
- Si assuma che:
  - le frame emesse da A a B siano costituite da  $H=30$  bit di intestazione e  $L=1000$  bit di payload
  - i riscontri emessi da B verso A siano individuali, vengano inoltrati immediatamente dopo la ricezione di una frame di A e abbiano lunghezza complessiva di  $L_{ACK}=850$  bit
  - il ritardo di propagazione unidirezionale sia di  $d=40$  ms;
  - la capacità di trasferimento a disposizione per ognuno dei due versi sia di  $C=20$  kbit/s
  - non avvengano errori nei due versi di trasmissione
- Si chiede di:
  - Calcolare la larghezza della finestra di emissione  $W_S$  tale per cui A è in grado di emettere frame senza soluzione di continuità
  - derivare il valore della portata media che si avrebbe nel verso  $A \rightarrow B$  se la finestra in emissione fosse di larghezza uguale a  $W_S/2$ .



## Esercizio 9 (2)

### ■ Calcolo finestra $W_s$

- Il tempo di ciclo  $T_c$ , ovvero il tempo che intercorre tra l'inizio della trasmissione di una frame e la ricezione del riscontro, è dato da

$$T_c = \frac{H + L}{C} + d + \frac{L_{ACK}}{C} + d$$

- si ha trasmissione senza interruzioni se

$$W_s \frac{H + L}{C} \geq T_c$$

- da cui

$$W_s = \left\lceil \frac{C}{H + L} \left( \frac{H + L}{C} + 2d + \frac{L_{ACK}}{C} \right) \right\rceil = \lceil 1 + 1.553 + 0.825 \rceil = \lceil 3.378 \rceil = 4$$



## Esercizio 9 (3)

### ■ Calcolo portata media $P$ (per $W_s/2$ )

- Poiché per una finestra uguale a  $W_s/2$  si ha interruzione della trasmissione delle frame,  $P$  è data dal rapporto dal numero di bit utili emessi in una finestra ed il tempo di ciclo  $T_c$

- quindi

$$P = \frac{\frac{W_s}{2} L}{T_c} = \frac{2L}{\frac{H+L}{C} + 2d + \frac{L_{ACK}}{C}} = \frac{2LC}{H+L+2dC+L_{ACK}}$$

- da cui

$$P = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 20}{30 + 1000 + 1600 + 850} = \frac{40000}{3480} = 11.494 \quad kbit / s$$