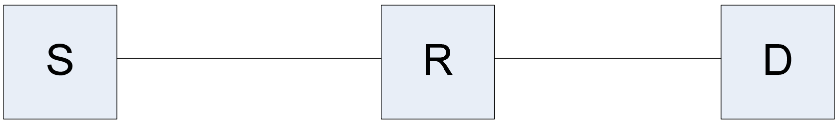
Esercizio
Si consideri un sistema di trasmissione formato da *tre* stazioni, *source (S)*, *relay (R)* e *destination (D)*, come da figura. R è un nodo *store-and-forward*, che si interfaccia sia con S che con D. Sulla tratta S-R è attivo un protocollo *go-back-n*, mentre sulla tratta R-D è attivo uno *stop-and-wait*.



S ha un backlog infinito di messaggi (di lunghezza costante *L*), che vuole inviare a *D*. R invia una trama su RD non appena gli è possibile farlo.

Elenco delle grandezze:
- C_{SR}, C_{RD} : rate trasmissivo di ciascuna tratta
- l_{SR}, l_{RD} : latenza di ciascuna tratta (in unità di tempo), costante nei due sensi
- n : numero di trame consecutive del *go-back-n*

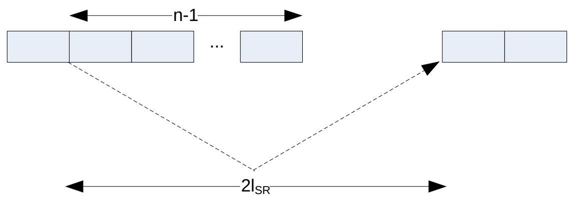
Si supponga che:
- nessun ACK e nessuna trama informativa si alterino
- il tempo di trasmissione degli ACK sia trascurabile
- il tempo di elaborazione su ciascuna stazione sia trascurabile

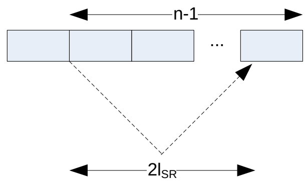
Il candidato:
1) calcoli la capacità di ciascuna tratta. Per la tratta R-D, assuma (ai fini di questo calcolo) che R abbia sempre backlog da trasmettere.
2) supponendo *n*=2, calcoli l'istante di ricezione su D delle prime *n* trame, supponendo che tutte vengano generate su S all'istante 0.
3) Interpreti fisicamente il risultato del punto precedente.
4) Calcoli il throughput del sistema

Soluzione
1) per la tratta SR, la capacità è pari a:

$$\rho_{SR} = \begin{cases} \dfrac{n \cdot L/C_{SR}}{L/C_{SR} + 2 \cdot l_{SR}} & \text{se} \quad 2 \cdot l_{SR} \geq (n-1) \cdot L/C_{SR} \\ 1 & \text{altrimenti} \end{cases}$$

Nel primo caso, la finestra di trasmissione si chiude prima che la prima trama sia stata riscontrata; nel secondo caso, rimane sempre aperta.





Per la tratta RD, la capacità è pari a:

$$\rho_{RD} = \frac{L/C_{RD}}{L/C_{RD} + 2 \cdot l_{RD}}$$

2) Si noti che, essendo la domanda focalizzata sulle trame della *prima finestra di trasmissione* del go-back-n, il meccanismo a finestra del medesimo non entra mai in gioco. Si può quindi considerare che, nella prima tratta, tutte le trame vengano trasmesse *back-to-back*.
L'ultimo bit della prima trama arriva su R all'istante $t_1^R = L/C_{SR} + l_{SR}$. Analogamente, la 2° trama parte da S non appena è stata trasmessa la prima, e quindi, per tutte le trame *j* dalla 1° all'n-sima si ha $t_j^R = j \cdot L/C_{SR} + l_{SR}$.
La 1° trama viene trasmessa su R-D appena arrivata, e giunge su D all'istante:

$$t_1^D = t_1^R + L/C_{RD} + l_{RD} = L/C_{SR} + L/C_{RD} + l_{SR} + l_{RD}$$

R inizia a trasmettere la 2° trama
- non prima che l'ultimo bit della 2° trama sia arrivato su R, cioè non prima dell'istante t_1^R.
- non prima che la prima trama sia stata riscontrata da D, cioè non prima dell'istante $t_1^D + l_{RD}$.

In entrambi i casi, la trama arriva a D dopo $L/C_{RD} + l_{RD}$ dall'istante in cui e' partita. Pertanto, si ha:

$$\begin{aligned} t_2^D &= \max\left\{t_2^R, \left(t_1^D + l_{RD}\right)\right\} + L/C_{RD} + l_{RD} \\ &= \max\left\{\left(2L/C_{SR} + l_{SR}\right), \left(L/C_{SR} + l_{SR} + L/C_{RD} + 2l_{RD}\right)\right\} + L/C_{RD} + l_{RD} \\ &= L/C_{SR} + l_{SR} + L/C_{RD} + l_{RD} + \max\left\{\left(L/C_{SR}\right), \left(L/C_{RD} + 2l_{RD}\right)\right\} \end{aligned}$$

3) il sistema formato da due tratte va alla velocità della tratta più lenta. Se $L/C_{SR} \geq L/C_{RD} + 2l_{RD}$, la tratta più lenta è la prima (S-R), e quindi le trame vengono trasmesse su R-D non appena arrivano su R. Se, invece, $L/C_{SR} < L/C_{RD} + 2l_{RD}$, la tratta più lenta è la seconda, e le trame si accodano su R in attesa che le trame precedenti vengano riscontrate.

4) In assenza di errori, il throughput è $\gamma = \min\left\{C_{SR} \cdot \rho_{SR}, C_{RD} \cdot \rho_{RD}\right\}$.