

ESERCIZIO 3: Si considerino due stazioni A e B in comunicazione tramite un protocollo di accesso al mezzo (MAC). Tale protocollo preveda il riscontro immediato delle trame ricevute correttamente tramite un messaggio di *acknowledgment* di durata h s. Si supponga che ad ogni istante la stazione A abbia almeno una trama in coda da trasmettere alla stazione B, la quale invece risulti sempre idle.

La dimensione del *payload* delle trame di A sia costante e pari a L bits, e l'instanzione MAC abbia durata pari ad h s. Sia il rate trasmissivo del canale wireless pari a C b/s. Si considerino la latenza del mezzo e il tempo di elaborazione delle stazioni trascurabili rispetto agli altri parametri di sistema.

1. Nell'ipotesi che le trame ed i messaggi di riscontro non vengano mai alterati, il candidato calcoli la capacità ρ del protocollo in funzione degli altri parametri di sistema. Inoltre, disegni l'andamento qualitativo della capacità al variare della lunghezza della trama L , giustificando in particolare il risultato ottenuto nei casi $L \rightarrow 0$ e $L \rightarrow \infty$.

Si supponga ora che la trasmissione di una trama di A venga sempre alterata. Tale evento venga rilevato da A grazie ad un *timeout* impostato all'istante di trasmissione dell'ultimo bit della trama con durata pari ad h s. A quel punto A effettui la seguente procedura di *backoff*. Anzitutto, estragga un numero intero x compreso tra 0 e 2^m , estremi inclusi. Prima di ritrasmettere la trama, attenda quindi un tempo pari a $x \cdot S$, ove S è in secondi. La ritrasmissione di una trama avvenga sempre con successo.

2. Il candidato calcoli la capacità ρ del protocollo in funzione degli altri parametri di sistema.
3. Inoltre, il candidato riporti il throughput, in b/s, con $h = 500 \mu\text{s}$, $C = 1 \text{ Mb/s}$, $L = 1000 \text{ bits}$, $m = 5$, $S = 125 \mu\text{s}$, nell'ipotesi che l'evento di alterazione della prima trasmissione di una trama avvenga con probabilità 0.5, altrimenti la prima trasmissione avvenga con successo.

Infine, si consideri il caso in cui la trasmissione con successo di una trama di A avvenga **esattamente** dopo k ritrasmissioni:

4. Supponendo che A incrementi il valore m di una unità per ogni ritrasmissione, il candidato calcoli la capacità ρ del protocollo in funzione degli altri parametri di sistema.

RISOLUZIONE ESERCIZIO

1. Al fine del calcolo della capacità è necessario identificare il *periodo di rigenerazione* (T), cioè un intervallo di operazione del sistema alla fine del quale vengono ripristinate le medesime condizioni ad inizio intervallo. Quindi, la capacità può semplicemente essere calcolata come il rapporto tra il tempo impiegato a trasmettere dati “utili” e la durata del periodo di rigenerazione. Nel caso in cui le trame non vengano mai alterate T corrisponde esclusivamente alla fase di invio della trama e ricezione di un messaggio di riscontro, come illustrato in Figura 1.

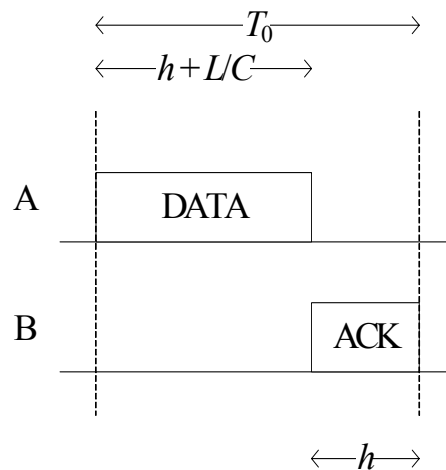


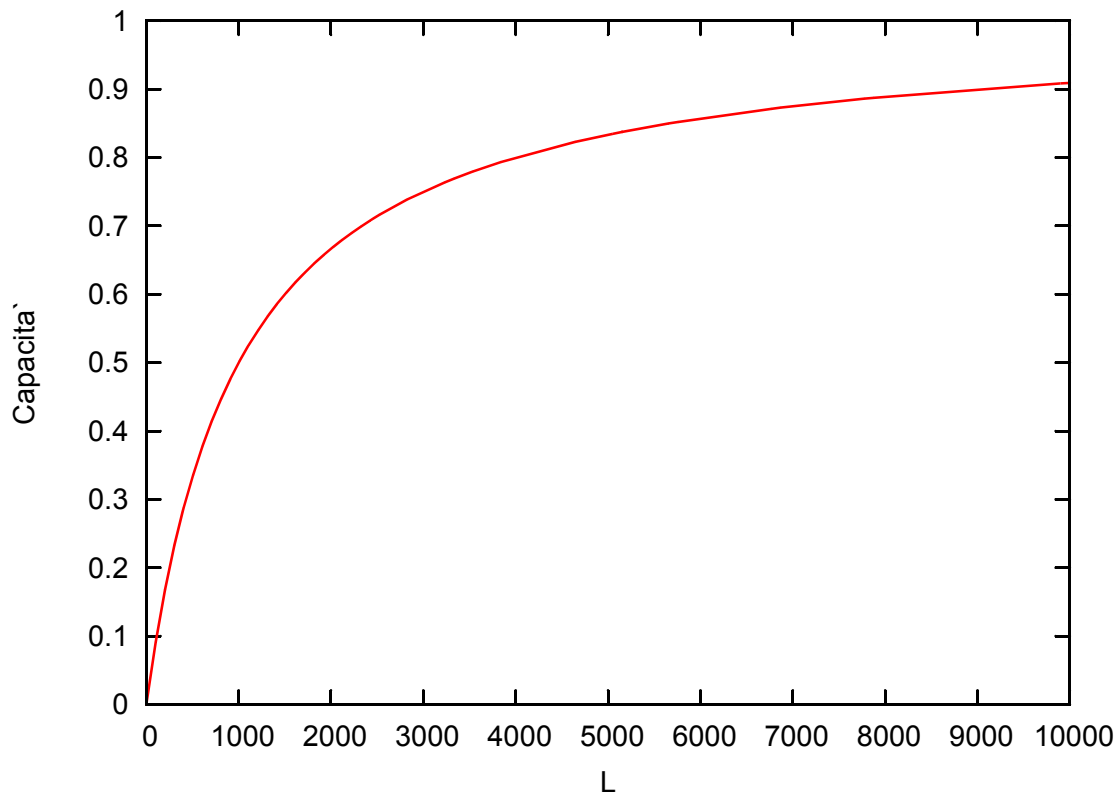
Figure 1 Fase di invio di una trama con successo e conseguente ricezione del messaggio di riscontro.

La capacità può quindi essere espressa come:

$$\rho = \frac{\frac{L}{C}}{h + \left(h + \frac{L}{C}\right)} = \frac{1}{1 + \frac{2hC}{L}}$$

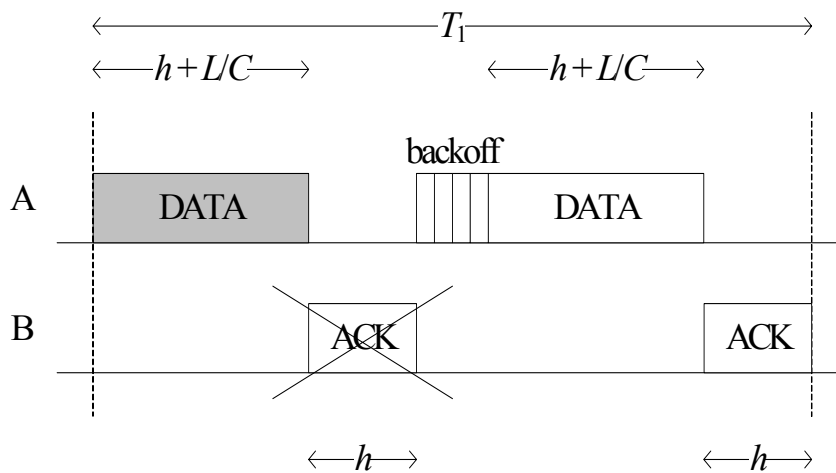
L'andamento della capacità ρ in funzione della lunghezza della trama L è riportato in Figura 2, con $h = 500 \mu\text{s}$ e $C = 1 \text{ Mb/s}$. Come si può evincere la capacità tende ad essere nulla quando $L \rightarrow 0$ in quanto l'intero periodo viene ad essere “consumato” dalla trasmissione della intestazione e del messaggio di riscontro, mentre con $L \rightarrow \infty$ il mezzo risulta essere sempre impegnato in trasmissione utile, per cui la capacità tende a 1.

Figure 2 Andamento della capacita' ρ in funzione della dimensione della trama L .



2. Consideriamo il caso in cui la prima trasmissione di una trama venga alterata. In questo caso il periodo di rigenerazione T e' illustrato in Figura 3.

Figure 3 Fase di invio di una trama alterata e successiva ritrasmissione con successo.



La durata del periodo di backoff e' variabile, a seconda del numero casuale estratto dalla stazione in fase di ritrasmissione. Ai fini del calcolo di T dobbiamo

amo quindi considerare il caso medio di estrazione, cioè lo slot centrale della finestra di backoff: $0.5 \cdot 2^m = 2^{m-1}$:

$$T_1 = h + \left(h + \frac{L}{C}\right) + 2^{m-1} \cdot S + h + \left(h + \frac{L}{C}\right) = 2^{m-1} \cdot S + 2\left(2h + \frac{L}{C}\right)$$

La capacità è dunque ricavabile come:

$$\rho = \frac{\frac{L}{C}}{2^{m-1} \cdot S + 2\left(2h + \frac{L}{C}\right)}$$

3. Calcoliamo anzitutto la capacità in base ai risultati ottenuti fino ad ora:

$$\rho = \frac{\frac{L}{C}}{E[T]} = \frac{\frac{L}{C}}{(1-p)T_0 + pT_1}$$

Che dopo semplici passaggi algebrici può essere ridotta a:

$$\rho = \frac{\frac{L}{C}}{2^{m-1}Sp + (1+p)\left(2h + \frac{L}{C}\right)}$$

Il throughput τ è definito come la quantità di dati che A invia nell'unità di tempo, cioè ρC . È quindi sufficiente sostituire i valori specificati nella formula del punto precedente, ottenendo $\tau = 0.25$ Mb/s.

4. Il valore della capacità nel caso di k ritrasmissioni è già stato calcolato nei punti precedenti per $k = 0, 1$. Al fine di generalizzare tali formule, notiamo anzitutto che il periodo di rigenerazione T_k è costituito da una parte fissa, dovuta all'ultima trasmissione corretta, e una parte variabile dipendente dal numero di ritrasmissioni. Quest'ultima è esprimibile come la somma delle attese medie dovute ai k backoff, più la somma di k trasmissioni alterate. Si ottiene quindi complessivamente:

$$T_k = 2h + \frac{L}{C} + \sum_{j=0}^{k-1} \left(\frac{1}{2} \cdot S \cdot 2^{m+j}\right) + k\left(2h + \frac{L}{C}\right)$$

L'espressione precedente puo` essere semplificata ricordando la seguente somma notevole:

$$\sum_{j=0}^k a^j = \frac{1-a^{k+1}}{1-a}$$

Ottenendo:

$$T_k = (k+1)\left(2h + \frac{L}{C}\right) + (2^K - 1) \cdot 2^{m-1} \cdot S$$

Dalla quale:

$$\rho = \frac{\frac{L}{C}}{(k+1)\left(2h + \frac{L}{C}\right) + (2^K - 1) \cdot 2^{m-1} \cdot S}$$

