

---

# Internet e Reti di Comunicazione

Prof. Stefano Bregni

I Appello d'Esame – 14 luglio 2010

Cognome e nome:

(stampatello)  
(firma leggibile)

Matricola:

*NB1: In ogni esercizio, ogni risposta non giustificata adeguatamente, anche con pochissime parole, avrà valore nullo (esempi di risposte non accettabili: SI, NO, T=5.43). NB2: leggere le domande prima di rispondere!*

## Domanda 1

(svolgere su questo foglio negli spazi assegnati) (6 punti)

In una connessione TCP è trasferito un file lungo 506 kbyte a partire dal tempo  $t = 0$ . Si assuma che:

- TCP Maximum Segment Size (MSS) = 2 kbyte;
- Round Trip Time (RTT) = 500 ms, costante durante tutto il trasferimento;
- valore base TIMEOUT = 2·RTT; nel caso di TIMEOUT scaduti consecutivamente, secondo l'algoritmo di Karn TIMEOUT = 4·RTT dopo 1 pacchetto non riscontrato, TIMEOUT = 8·RTT dopo 2 pacchetti consecutivi non riscontrati, TIMEOUT = 16·RTT dopo 3 o più pacchetti consecutivi non riscontrati;
- Ssthresh( $t = 0$ ) = 64 kbyte;
- RcvWnd( $t = 0$ ) = 32 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host le seguenti dichiarazioni:
  - RcvWnd( $t = 3$  s) = 64 kbyte;
  - RcvWnd( $t = 7.5$  s) = 32 kbyte;
  - RcvWnd( $t = 9.5$  s) = 50 kbyte;
- CWnd( $t = 0$ ) = 2 kbyte;
- il trasferimento dei pacchetti in rete avviene senza errori o perdite; la capacità di trasmissione è abbastanza grande da rendere il tempo di trasmissione dei pacchetti trascurabile rispetto a RTT;
- il ricevitore riscontra immediatamente i segmenti ricevuti;
- la rete va fuori servizio negli intervalli di tempo aperti  $t = (4$  s, 4.5 s),  $t = (10$  s, 10.5 s),  $t = (13$  s, 18 s);
- vengono trasmessi segmenti di lunghezza MSS; se SNDWND non è un multiplo intero di MSS, si arrotondi il numero di segmenti trasmessi all'intero più vicino;
- la procedura di *congestion avoidance* abbia luogo per  $CWND \geq Ssthresh$ .

Si tracci sul foglio allegato l'andamento nel tempo di CWND e SNDWND usando la notazione specificata in legenda.

Si determinino in particolare:

- il tempo totale di trasferimento del file  $T_{END}$  [s] (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto alla ricezione dell'ultimo ACK);
- i valori di CWND quando diversi da SNDWND, e in particolare i valori:  $CWND(t = 13$  s),  $CWND(t = T_{END})$ ;
- il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo, specificando se ne vengono ricevuti gli ACK o no;
- i valori assunti da Ssthresh durante il trasferimento.

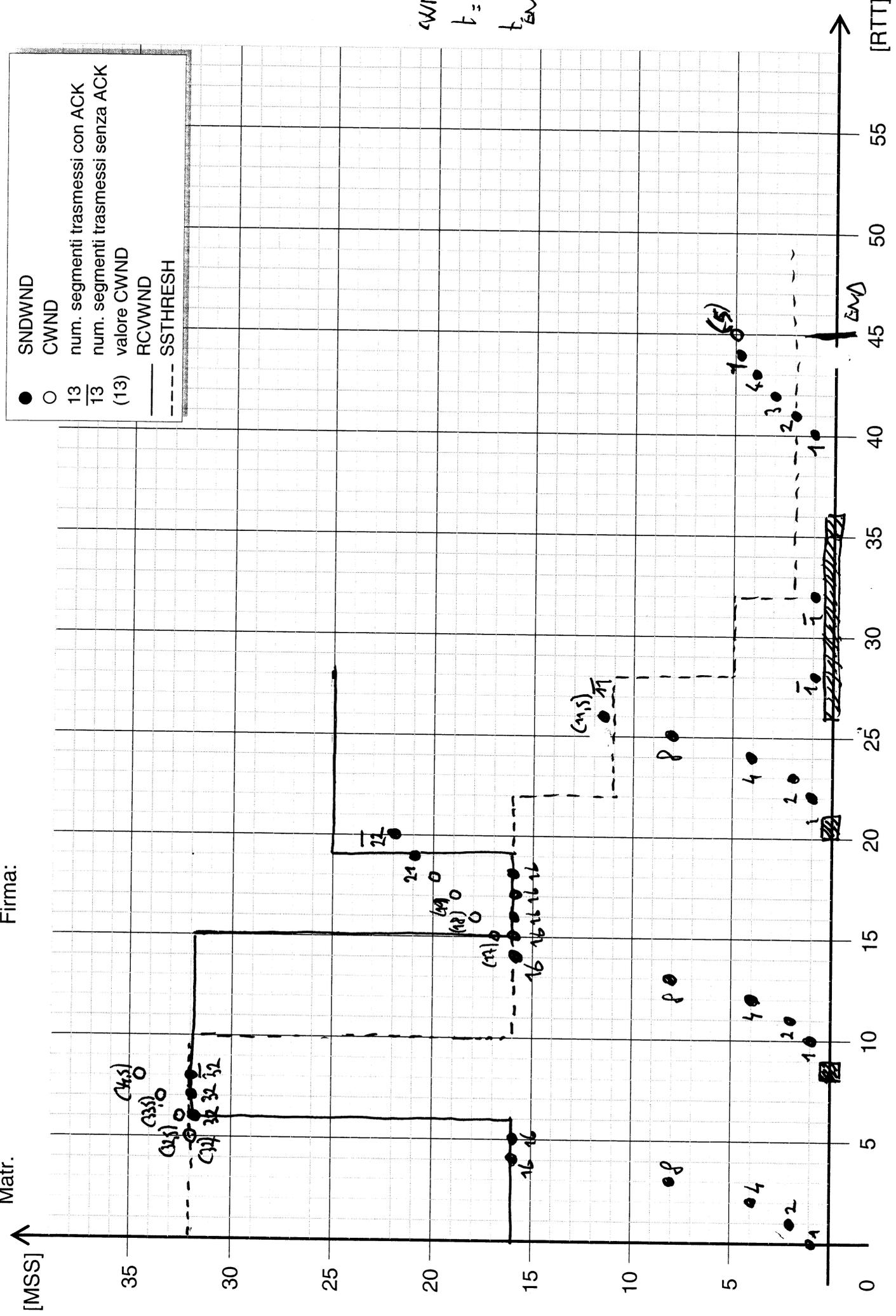
Cognome e nome:

Matr.

Firma:

N=153

WMS  
t=26  
t<sub>EMJ</sub>



- SNDWND
- CWND
- 13 num. segmenti trasmessi con ACK
- 13 num. segmenti trasmessi senza ACK
- (13) valore CWND
- RCVWND
- - - SSTHRESH

**Domanda 2**

(svolgere su questo foglio negli spazi assegnati) (6 punti)

In un sistema di indirizzamento IP CIDR, ci è stato assegnato il blocco di indirizzi 196.0.0.0/12.

Si partizioni il blocco 196.0.0.0/12 in  $N$  sottoreti  $/n$  che permettano di indirizzare almeno 200000 *host* ognuna.

$$/n = /14 \quad N = 2^2 = 4$$

Si partizioni la sottorete #1  $/n$  in  $P = 128$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/p$ .

$$\underline{196.0000|01|00.000000|000.00000000} \quad /p = /21$$

Si partizioni la sottorete #2  $/n$  in  $M = 16$  (sotto)<sup>2</sup>reti  $/m$ .

$$\underline{196.0000|10|00.00|000000.00000000} \quad /m = /18$$

- a) Il blocco di indirizzi IP CIDR 196.0.0.0/12 può essere visto come l'unione di quanti indirizzi di rete *classful* e di che classe? (1 punto)

$2^{12}$  indirizzi di classe C

- b) Si scriva l'indirizzo della (sotto)<sup>2</sup>rete #1-32  $/p$ . Si partizioni la (sotto)<sup>2</sup>rete #1-32  $/p$  in  $Q = 16$  (sotto)<sup>3</sup>reti  $/q$ . (1 punto)

$$\underline{196.0000|01|01.0000|000.00000000} \quad /21$$

$$196.5.0.0 \quad /21$$

$$\underline{196.0000|01|11.0000|000.00000000} \quad /q = /25$$

- c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo *broadcast* della (sotto)<sup>3</sup>rete  $/q$  #1-32-2. (1 punto)

$$\underline{196.0000|01|01.0000|001.0|11111111}$$

$$196.5.1.127$$

- d) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'*host* #512 della (sotto)<sup>2</sup>rete  $/m$  #2-2. (1 punto)

$$\underline{196.0000|10|00.10|000010.00000000}$$

$$196.8.130.0$$

- e) All'indirizzo 196.7.0.255 corrisponde l'*host* # 255 della (sotto)  $\frac{2}{1}$  rete # 1 - 96 - 21 (1 punto)

$$\underline{196.0000|01|11.0000|000.11111111}$$

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

---

f) All'indirizzo 196.3.1.129 corrisponde l'host # <sup>196843</sup> \_\_\_\_\_ della (sotto) <sup>1</sup> rete # 0 - \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ / 14 (1 punto)

196.0000|00|11.00000|001.10000001

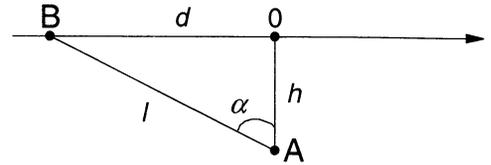
**Note:**

- **tutti gli indirizzi richiesti vanno indicati in formato decimale** (scrivere gli indirizzi anche in formato binario è consigliabile per evitare errori);
- **tutti gli indirizzi di rete vanno espressi specificando la lunghezza del relativo prefisso /x;**
- **tutte le sottoreti sono numerate a partire da #0;**
- **in tutti gli indirizzi di rete in formato binario sottolineare una volta il prefisso di rete; sottolineare due volte l'estensione del prefisso di rete che con esso forma il prefisso di sottorete** (es.: 11111111.11111111.00000000.00000000); **alternativamente, specialmente nel caso di partizionamenti successivi VLSM, si suggerisce di separare le estensioni con una barra " | ".**

**Domanda 3**

(svolgere su questo foglio negli spazi assegnati) (5 punti)

Una stazione terrestre A scambia dati con il sistema di bordo B di un aereo che vola ad altezza  $h = 10$  km attraverso un collegamento radio di capacità  $C = 2$  Mbit/s. Sia  $d$  la distanza tra B e la verticale su A. Sia  $l$  la distanza AB.



Il protocollo di livello 2, che controlla la trasmissione delle trame su questo collegamento, sia così caratterizzato:

- pacchetti dati di dimensione fissa  $L_D = 10$  byte, consistenti in 8 byte di carico utile e 2 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK e NACK) di dimensione fissa  $L_A = 2$  byte;
- tempo di elaborazione pacchetto dati da parte della stazione ricevente (tempo che intercorre tra la ricezione di un pacchetto dati e la trasmissione dell'ACK) trascurabile;
- tempo di elaborazione pacchetto ACK da parte della stazione ricevente (tempo che intercorre tra la ricezione di un pacchetto ACK e la trasmissione del pacchetto dati successivo) trascurabile.

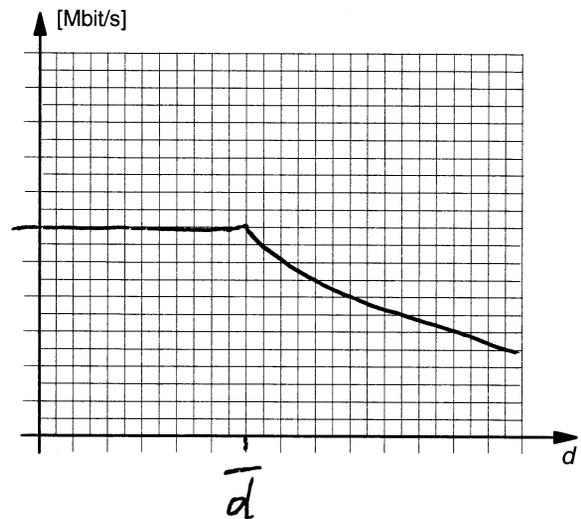
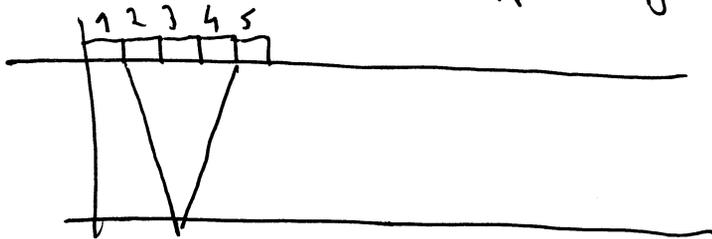
Il protocollo sia di tipo *go-back-N*, con soli riscontri positivi (ACK), con dimensione della finestra di trasmissione pari a  $W = 4$  pacchetti dati e Timeout di ritrasmissione  $TO = 500 \mu s$  (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del  $TO$  senza che sia ricevuto l'ACK).

Si calcoli la velocità effettiva di trasferimento dei dati  $T(d)$  al variare della distanza  $d$  ( $d \geq 0$ ). Per quale intervallo di valori  $d_{MIN} \leq d \leq d_{MAX}$  la velocità di trasferimento è massima? Si tracci l'andamento di  $T(d)$ , non omettendo di precisarne i valori limite per  $d = 0$  e  $d \rightarrow \infty$ .

$$l = \sqrt{d^2 + h^2} \quad c = \frac{l}{t}$$

$$T_D = 40 \mu s \quad T_A = 8 \mu s$$

$$T_{trans. cont.} \approx 2c + T_A \leq 3T_D$$



$$\frac{2}{c} \sqrt{d^2 + h^2} \leq 3T_D - T_A \quad d \leq \sqrt{\frac{c^2}{4} (3T_D - T_A)^2 - h^2} = 13.5 \text{ km}$$

$$TMR(d) = \begin{cases} C & d \leq \bar{d} \\ \frac{4L_D}{T_D + T_A + 2\Delta} & d > \bar{d} \end{cases}$$

(7)

$$TMR(20 \text{ km}) = 1,62 \text{ Mbit/s}$$

**Domanda 4***(svolgere su questo foglio negli spazi assegnati) (5 punti)*

Otto segnali PCM primari E1 sono multiplati a interallacciamento di byte da un moltiplicatore numerico sincrono. La trama del segnale multiplo è composta da 2 ottetti di overhead e 12 ottetti di informazione (ottetti di tributario).

- a) Calcolare la frequenza di cifra  $f_m$  e il periodo di trama  $T_m$  del segnale di multiplo. (1 punto)

$$f_m = 8 \cdot 2.048 \text{ Mbit/s} \frac{14}{12} = 19.11 \text{ Mbit/s}$$

$$T_m = \frac{L_m}{f_m} = 5.86 \mu\text{s}$$

- b) Nei byte OH del segnale di multiplo, viene trasmesso un segnale multitrama (MT) che copre 16 trame base. La trama di questo segnale MT è quindi composta da 32 ottetti, i primi 4 dei quali dedicati a funzioni di allineamento e di servizio (byte  $\text{OH}_{\text{MT}}$ ). Si calcoli:

- la frequenza di cifra  $f_{\text{MT}}$  del segnale multitrama e il periodo di multitrama  $T_{\text{MT}}$ ; (1 punto)

$$f_{\text{MT}} = f_m \frac{2}{14} = 2.73 \text{ Mbit/s}$$

$$T_{\text{MT}} = 16 T_m = 93.75 \mu\text{s}$$

- la capacità riservata alle funzioni di allineamento e di servizio del segnale MT (byte  $\text{OH}_{\text{MT}}$ ). (1 punto)

$$f_{\text{OH}_{\text{MT}}} = f_{\text{MT}} \frac{4}{32} = 341 \text{ Kbit/s}$$

- c) Nei byte  $\text{OH}_{\text{MT}}$  del segnale multitrama, viene trasmesso un segnale ipertrama (IT) che copre 64 multitrame, ossia 64 · 16 trame base. I primi 4 ottetti dell'ipertrama (byte  $\text{OH}_{\text{IT}}$ ) sono dedicati a funzioni di allineamento e di servizio. Si calcoli:

- la lunghezza dell'ipertrama  $L_{\text{IT}}$ , la frequenza di cifra  $f_{\text{IT}}$  del segnale ipertrama e il periodo di ipertrama  $T_{\text{IT}}$ ; (2 punti)

$$L_{\text{IT}} = 64 \cdot 4 \text{ byte} = 256 \text{ byte}$$

$$f_{\text{IT}} = f_{\text{OH}_{\text{MT}}} = 341 \text{ Mbit/s}$$

$$T_{\text{IT}} = 64 T_{\text{MT}} = 6 \text{ ms}$$

**Domanda 5**

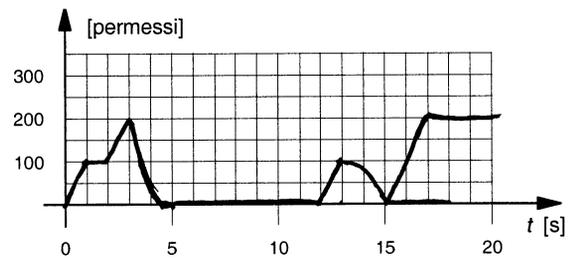
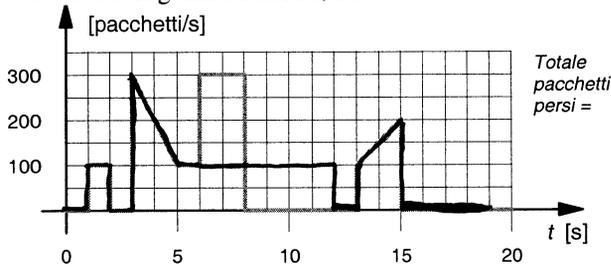
(rispondere su questo foglio negli spazi assegnati) (14 punti)

(NB: ogni risposta non giustificata adeguatamente, anche con pochissime parole, avrà valore nullo).

1) Si consideri un sistema *token bucket* caratterizzato dai seguenti parametri (pacchetti di lunghezza costante):

- dimensione del buffer dei permessi:  $W=200$  permessi;
- dimensione del buffer dei pacchetti: infinita;
- frequenza di arrivo dei permessi di ritrasmissione (1 permesso rilascia 1 pacchetto): 1 permesso ogni 10 ms.  $= 100 \text{ tk/s}$

Sia dato l'andamento della frequenza di arrivo dei pacchetti rappresentato nel grafico a sinistra. Tracciare sullo stesso grafico l'andamento della frequenza di ritrasmissione e indicare il numero di pacchetti persi nell'intervallo 0-20 s. Nel grafico a destra, tracciare l'andamento del numero di permessi nel buffer  $N(t)$ . (3 punti)



2) Si consideri una coda M/M/1. Il numero medio di utenti nel sistema (buffer + linea) è dato da  $E[N] = \rho/(1-\rho)$ . I pacchetti sono lunghi  $L = 1500$  byte e arrivano con ritmo medio  $\lambda = 125$  pacchetti/s. Quanto deve valere la capacità della linea  $C$  perché il numero medio di pacchetti in coda, escluso quello in corso di trasmissione sulla linea, sia non superiore a 3? Qual è la probabilità di avere la linea occupata? (3 punti)

$$\mu = \frac{C}{L} \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad \frac{\rho}{1-\rho} \leq 3 \Rightarrow \rho \leq 3/4$$

$$\frac{L\lambda}{C} \leq 3/4 \Rightarrow C \geq \frac{4}{3} L\lambda = 2 \text{ Mbit/s}$$

$$P(\text{linea occupata}) = \rho$$

**Cognome e nome:***(stampatello)**(firma leggibile)***Matricola:**

---

3) Illustrare la tecnica di *Random Early Discard*. In cosa consiste? Dove viene messa in atto? A quale scopo? (2 punti)

---

4) Perché è necessario prevedere il meccanismo di frammentazione dei datagrammi IP? Non può essere sufficiente impostare un valore corretto di MTU negli host? Motivare adeguatamente la risposta. (2 punti)

- 5) Cos'è un *Interior Gateway Protocol* (IGP)? A cosa serve? Dove viene messo in atto? Quali protocolli appartengono a questa categoria? (4 punti)