

Cognome e nome:

(stampatello)
(firma leggibile)

Matricola:

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

Domanda 1

(svolgere sul diagramma allegato) (6 punti)

In una connessione TCP è trasferito un file lungo 1056 kbyte a partire dal tempo $t = 0$. Si assuma che:

- TCP Maximum Segment Size (MSS) = 2 kbyte;
- Round Trip Time (RTT) = 250 ms, costante durante tutto il trasferimento;
- valore base TIMEOUT = 2·RTT; nel caso di TIMEOUT scaduti consecutivamente, secondo 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($t = 0$) = 48 kbyte;
- RCVWND($t = 0$) = 16 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
 - RCVWND($t = 2.00$ s) = 60 kbyte;
 - RCVWND($t = 4.25$ s) = 70 kbyte;
 - RCVWND($t = 6.50$ s) = 22 kbyte;
 - RCVWND($t = 8.50$ s) = 70 kbyte;
- CWND($t = 0$) = 1 MSS;
- 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 $t = (4.25 \text{ s}, 4.50 \text{ s})$, $t = (8.50 \text{ s}, 8.75 \text{ s})$, $t = (11.00 \text{ s}, 14.00 \text{ s})$;
- vengono trasmessi segmenti di lunghezza MSS; se SNDWND non è multiplo intero di MSS, si arrotondi il numero di segmenti trasmessi all'intero più vicino;
- la procedura di *congestion avoidance* abbia luogo per $\text{CWND} \geq \text{Ssthresh}$.

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 (anche per $t = T_{\text{END}}$);
- 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.

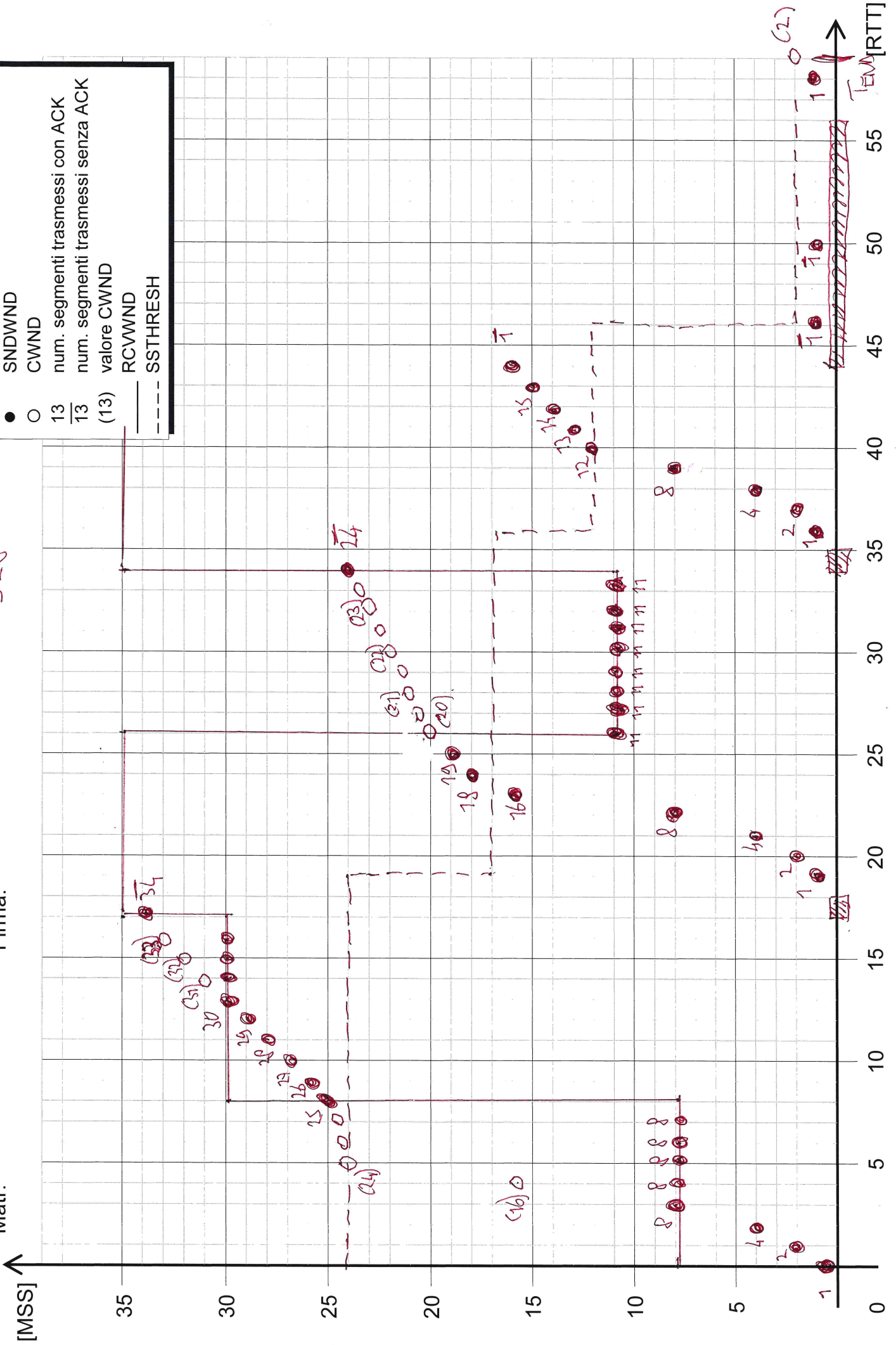
Cognome e nome:

Matr.

Firma:

$N=528$

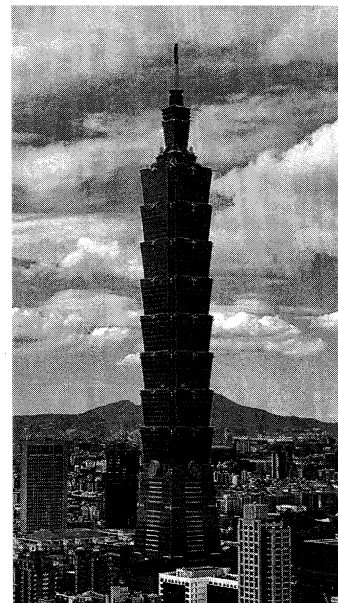
- SNDWND
- CWND
- 13 num. segmenti trasmessi con ACK
- 13 num. segmenti trasmessi senza ACK
- (13) valore CWND
- RCWND
- - - Ssthresh



Domanda 2

(svolgere su questo foglio nello spazio assegnato) (6 punti)

Un terminale A in cima al grattacielo Taipei 101, ad altezza $h = 508$ m dal suolo, invia dati a un terminale B sito a terra a distanza d dalla verticale OA attraverso un sistema di trasmissione radio che fornisce un canale libero da errori, eccetto quando diversamente indicato, di capacità $C = 50$ Mbit/s. Sia α l'angolo con cui B vede A rispetto a terra (l'angolo tra AB e il piano orizzontale).



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

- pacchetti dati di dimensione fissa L_D , consistenti in X byte di carico utile e 8 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa $L_A = 8$ 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 *selective repeat*, con riscontri positivi e negativi (ACK e NACK), con dimensione delle finestre di trasmissione e ricezione pari a W pacchetti dati e Time Out di ritrasmissione $TO = 20 \mu s$ (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del TO senza che sia ricevuto l'ACK).

- 1) Si consideri il sistema con $d = 350$ m, $W = 3$. Qual è il minimo valore di X [byte] (numero intero), per cui il trasferimento dati avviene con continuità senza interruzioni?
- 2) Si consideri il sistema con $d = 1000$ m, $X = 8$ byte, $W = 5$. Si calcoli il tempo totale di trasferimento da B a A di un segmento dati di lunghezza 66 byte (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto dati al termine della ricezione dell'ultimo ACK), nel caso in cui il 3° pacchetto trasmesso da B non venga ricevuto correttamente da O.

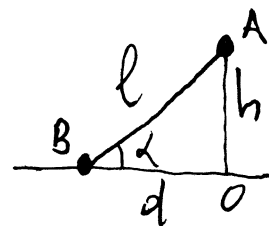
$$1) l = \sqrt{h^2 + d^2} = 616,9 \text{ m} \quad \tau = \frac{l}{c} = 2,05 \mu s \quad T_A = 1,28 \mu s$$

$$Tx \text{ cont. se } 2\tau + T_A \leq 2T_D$$

$$T_D = \frac{X}{C} + T_A$$

$$\Rightarrow X \geq 216 \text{ bit}$$

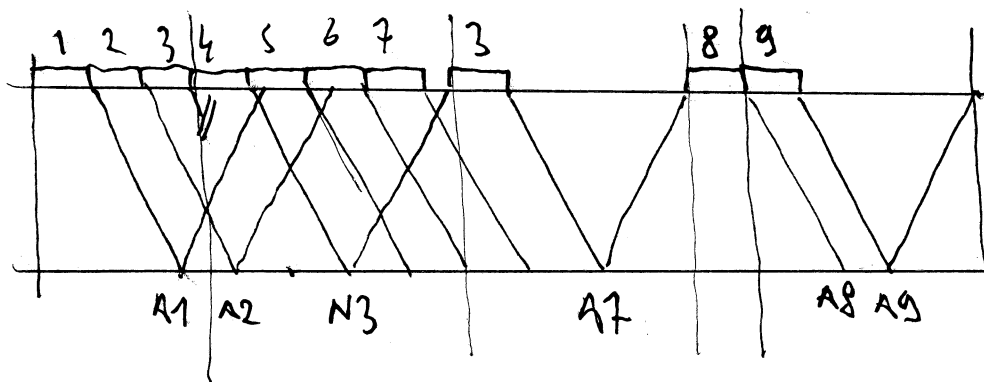
$$X \geq 9 \text{ byte}$$



$$2) l = 1121,6 \text{ m} \quad \tau = 3,74 \mu s \quad T_A = 1,28 \mu s \quad T_D = 3,56 \mu s \quad N = \left\lceil \frac{66}{8} \right\rceil = 9$$

$$2\tau + T_A \approx 3,4 T_D \Rightarrow Tx \text{ cont.}$$

$$< TO \Rightarrow TO \text{ suff.}$$



$$T_{TOT} = 3T_D + 3(T_A + T_D + 2\tau) + T_D = 44,19 \mu s$$

Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

I Appello d'Esame 2025-26 – 20 gennaio 2026

Cognome e nome:

(stampatello)
(firma leggibile)

Matricola:

Domanda 3

(svolgere su questo foglio nello spazio assegnato) (5 punti)

In un sistema di indirizzamento IP CIDR, ci è stato assegnato il blocco di indirizzi 4.0.0/6.

Si partizioni il blocco in $N = 8$ sottoreti $/n$.

Si partizioni la sottorete #3 $/n$ in $M = 512$ (sotto)²reti $/m$.

Si partizioni la sottorete #6 $/n$ in P (sotto)²reti $/p$, tali che possano indirizzare almeno 20000 host ognuna.

Si partizioni la (sotto)²rete #3-16 $/m$ in $Q = 128$ (sotto)³reti $/q$.

a) Quanto valgono le lunghezze dei prefissi $/n$, $/m$, $/p$, $/q$? Scrivere la maschera in formato decimale delle (sotto)²reti $/p$.

$/n = /9$ $/m = /18$ $/p = /17$ $/q = /25$ 255.255.128.0

b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo *broadcast* della (sotto)²rete #3-4 $/m$.

000001 | 01.1 | 0000001.00 | 111111.111111 5.128.63.255

c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'*host* #257 della (sotto)²rete #6-17 $/p$.

000001 | 11.0 | 0001000.1 | 0000001.00000001 4.8.128.1

d) All'indirizzo 4.0.1.0 corrisponde l'host # 256 della (sotto)¹ rete # 0 - - / 9

000001 | 00.0 | 0000000.00000001.00000000

e) All'indirizzo 5.132.8.63 corrisponde l'host # 63 della (sotto)³ rete # 3 - 16 - 16 / 25

000001 | 01.1 | 0000100.00 | 001000.00111111

Note:

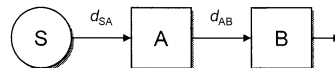
- tutti gli indirizzi richiesti vanno indicati in formato decimale (scrivere gli indirizzi anche in formato binario è consigliabile per evitare errori);
- tutti gli indirizzi di rete vanno espressi specificando la lunghezza del relativo prefisso $/x$;
- tutte le sottoreti sono numerate a partire da #0;
- 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 4

(rispondere su questo foglio negli spazi assegnati) (19 punti)

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

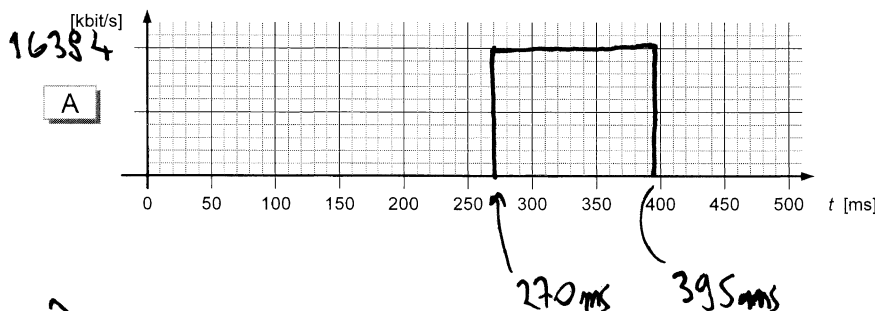
1) Si consideri il sistema in figura, dove la sorgente S invia dati al nodo A, il quale a sua volta li inoltra a valle. (4 punti)



S è una sorgente di tipo ON-OFF deterministica che alterna regolarmente intervalli di attività di durata costante T_{ON} , durante i quali trasmette segmenti di dati di lunghezza $L = 64$ kbyte a frequenza costante $P_S = 2048$ kbit/s a periodi di inattività di durata costante T_{OFF} , per una frequenza media di trasmissione pari a $A_S = 128$ kbit/s.

Il nodo A incapsula ogni segmento ricevuto in pacchetti, costituiti dal segmento stesso (payload) di lunghezza L più un'intestazione (overhead) di lunghezza $L_{OH} = 3L$. Il nodo A inoltra i pacchetti a valle verso B trasmettendo alla frequenza $P_A = 8P_S$, iniziando a ritrasmettere ogni pacchetto immediatamente dopo averlo interamente ricevuto (modalità Store & Forward), con ritardo di elaborazione trascurabile. Il collegamento tra S e A è in fibra ottica di lunghezza $d_{SA} = 4000$ km. Al tempo $t = 0$, la sorgente S inizia a trasmettere.

- Calcolare l'intervallo di attività della sorgente S: $T_{ON} = 250 \text{ ms}$.
- Calcolare l'intervallo di inattività della sorgente S: $T_{OFF} = 3750 \text{ ms}$.
- Solo per il primo segmento, disegnare nel grafico sotto la frequenza di trasmissione [kbit/s] all'uscita del nodo A in funzione del tempo t [ms].



$$T_{ON} = \frac{L}{P_S} = 250 \text{ ms}$$

$$\frac{L}{T_{ON} + T_{OFF}} = A_S \rightarrow T_{OFF} = 15 T_{ON} = 3750 \text{ ms}$$

$$\tau_{SA} = 20 \text{ ms}$$

$$T_{ON/A} = T_{ON} \frac{1}{2} = 125 \text{ ms}$$

2) Un segnale audio viene codificato in forma numerica con frequenza di campionamento $f_c = 12$ kHz, 4096 livelli di quantizzazione, compresso con rapporto 1/8, e quindi trasmesso su rete a pacchetto (VoIP). I pacchetti VoIP sono composti da 20 byte di intestazione IP, 20 byte di intestazione UDP, 80 byte di payload. Qual è la frequenza di trasmissione dei pacchetti [pacch/s]? Quanti pacchetti sono generati dalla codifica di 16 minuti di audio? (2 punti)

$$f_b = (12 \text{ kHz}) \cdot (12 \text{ bit/campione}) \cdot \frac{1}{8} = 18 \text{ Kbit/s}$$

$$f_{\text{pacchetti}} = 28,125 \text{ pacchetti/s}$$

$$\Rightarrow 27000 \text{ pacchetti in } 16'$$

- 3) 16 flussi numerici con frequenza di cifra $f_t = 2048$ kbit/s sono multiplati a interlacciamento di bit. La trama di multiplo è composta da 12 bit di overhead e X bit per ogni tributario. Quali sono i valori ammissibili per X , se la frequenza di multiplo deve essere non superiore a 33 Mbit/s? (2 punti)

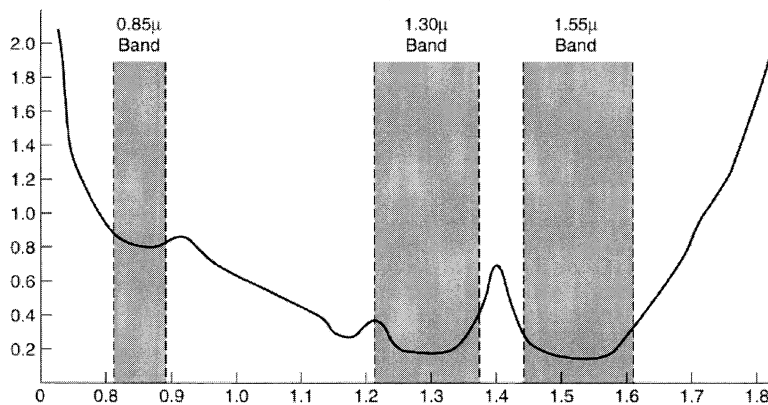
$$16 \cdot (2048 \text{ Mbit/s}) \cdot \frac{12 + 16X}{16X} \leq 33 \text{ Mbit/s}$$
$$\Rightarrow X \leq 106 \text{ bit}$$

- 4) Un terminale S invia un pacchetto IP al terminale D . Il pacchetto segue il percorso da S a D rappresentato in figura, attraverso i tre router $R1$, $R2$, $R3$, e viene consegnato senza errori. (2 punti)



- E' necessario che l'host S conosca l'indirizzo MAC di D ?
- Il terminale D apprende l'indirizzo IP di $R1$? dove lo legge?

- 5) Cosa indica la curva $y = y(x)$ rappresentata dalla linea nera? Quali sono le unità di misura delle grandezze sui due assi x e y ? Cosa sono le tre finestre disegnate in grigio? (3 punti)



Cognome e nome:

(stampatello)
(firma leggibile)

Matricola:

6) Descrivere sinteticamente il meccanismo di funzionamento del programma TRACEROUTE. (2 punti)

7) Spiegare a cosa servono i campi *Preamble* e *Start Frame Delimiter* nella trama Ethernet CSMA-CD, e perché sono necessari prima uno e poi l'altro. (2 punti)

8) Quale grandezza è calcolata tramite l'*Algoritmo di Jacobson*? Perché non usare un valore costante invece di eseguire quei calcoli? (2 punti)