
Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

II Appello d'Esame 2025-26 – 12 febbraio 2026

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 2116 kbyte a partire dal tempo $t = 0$. Si assuma che:

- TCP Maximum Segment Size (MSS) = 4 kbyte;
- Round Trip Time (RTT) = 500 ms, costante durante tutto il trasferimento;
- valore base TIMEOUT = $2 \cdot \text{RTT}$; nel caso di TIMEOUT scaduti consecutivamente, secondo Karn TIMEOUT = $4 \cdot \text{RTT}$ dopo 1 pacchetto non riscontrato, TIMEOUT = $8 \cdot \text{RTT}$ dopo 2 pacchetti consecutivi non riscontrati, TIMEOUT = $16 \cdot \text{RTT}$ dopo 3 o più pacchetti consecutivi non riscontrati;
- Ssthresh($t = 0$) = 144 kbyte;
- RCVWND($t = 0$) = 40 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
 - RCVWND($t = 3.00$ s) = 160 kbyte;
 - RCVWND($t = 5.00$ s) = 20 kbyte;
 - RCVWND($t = 6.50$ s) = 36 kbyte;
 - RCVWND($t = 8.50$ s) = 160 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 $t = (3.00 \text{ s}, 3.50 \text{ s})$, $t = (13.50 \text{ s}, 14.00 \text{ s})$, $t = (20.00 \text{ s}, 20.50 \text{ s})$, $t = (24.50 \text{ s}, 26.00 \text{ s})$;
- 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.

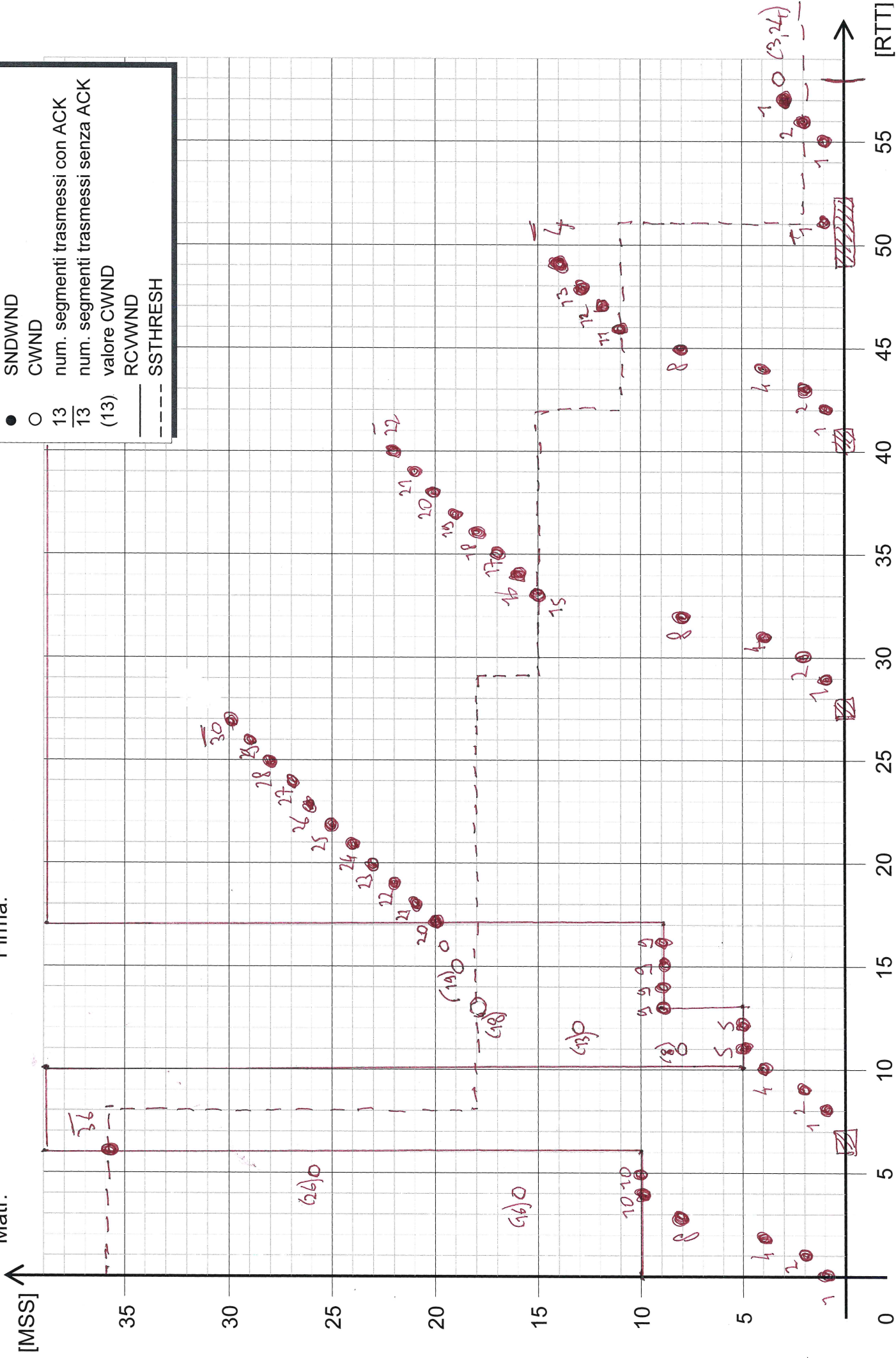
Cognome e nome:

Matr.

Firma:

N = 529

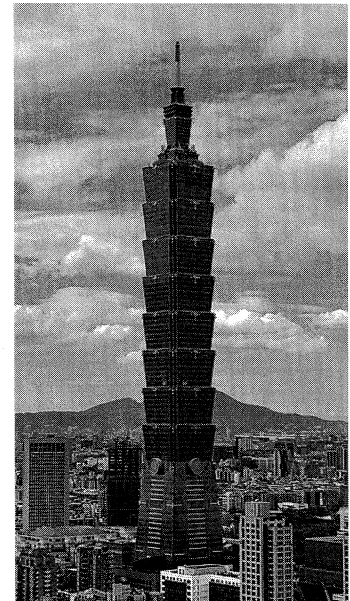
- SNDWND
- CWND
- 13 num. segmenti trasmessi con ACK
- 13 num. segmenti trasmessi senza ACK
- (13) valore CWND
- RCVWND
- - - Ssthresh



Domanda 2

(svolgere su questo foglio 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 $d = 800$ m 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).

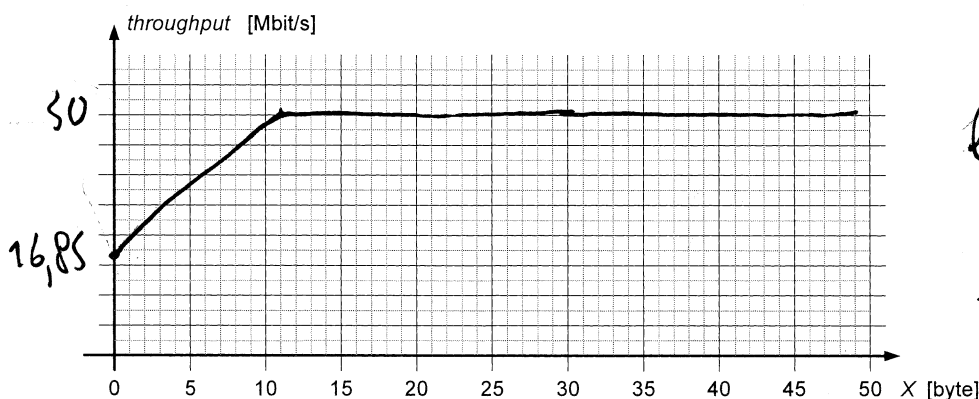
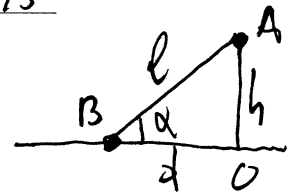


Il protocollo di livello 2, che controlla la trasmissione delle trame su questo collegamento, sia così caratterizzato:

- pacchetti dati di dimensione fissa L_D , consistenti in X byte di carico utile e 4 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa $L_A = 4$ 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 $W = 4$ pacchetti dati e Time Out di ritrasmissione $TO = 1$ ms (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del TO senza che sia ricevuto l'ACK).

Si calcoli la velocità effettiva di trasferimento dei dati (incluso overhead) al variare di X e se ne tracci l'andamento nel grafico sottostante. Calcolare il valore limite di X per cui la trasmissione diventa discontinua (se ciò avviene). Il valore del Time Out è sufficiente in tutti i casi di interesse per questo esercizio.

Throughput ($X = 0$ byte) = 16,85 Mb/sThroughput ($X \rightarrow \infty$) = 50 Mb/sTrasmissione continua per $X < \underline{\hspace{2cm}}$ oppure $X > \underline{11}$ [byte]

$$l = \sqrt{h^2 + d^2} = 947.7 \text{ m}$$

$$\tau = l/c = 3,16 \mu\text{s}$$

$$T_A = 9,64 \mu\text{s} \quad T_D = \frac{X}{C} + T_A$$

$$\begin{aligned} \text{Tx cont se } 2\tau + T_A &\leq 3T_D \\ \Rightarrow X &\geq 84 \text{ Lib} \\ X &\geq 11 \text{ byte} \end{aligned}$$

$$\text{THR}(X=0) = \frac{4L_A}{2\tau + T_A + T_A} = 16,85 \text{ Mbit/s}$$

$$\text{THR}(X) = \frac{4(L_A + X)}{2\tau + T_A + \frac{4\text{byte} + X}{C}}$$

Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

II Appello d'Esame 2025-26 – 12 febbraio 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 8.0.0.0/5.

Si partizioni il blocco in $N = 4$ sottoreti $/n$.Si partizioni la sottorete #1 $/n$ in $M = 256$ (sotto)²reti $/m$.Si partizioni la sottorete #2 $/n$ in P (sotto)²reti $/p$, tali che possano indirizzare almeno 300 host ognuna.Si partizioni la (sotto)²rete #2-512 $/p$ in $Q = 32$ (sotto)³reti $/q$.

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

$$/n = 17 \quad /m = 15 \quad /p = 13 \quad /q = 12 \quad 255.254.0.0$$

- b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #384 della (sotto)²rete #1-128 $/m$.

$$\underline{00001|01|1.0000000|0.00000001.10000000} \quad 11.0.1.128$$

- c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo *broadcast* della (sotto)²rete #2-512-1 $/q$.

$$\underline{00001|10|0.00000100.0000000|0.0001|1111} \quad 12.4.0.31$$

- d) All'indirizzo 15.0.0.0 corrisponde l'host # ²⁴2 della (sotto) ¹rete # 3 - - / 7

$$\underline{00001|111.0000000.0000000.0000000}$$

- e) All'indirizzo 12.0.129.0 corrisponde l'host # 256 della (sotto) ²rete # 2 - 64 - / 23

$$\underline{00001|100.0000000.10000001.0000000}$$

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) Un segnale audio viene codificato in forma numerica PCM con frequenza di campionamento $f_c = 32$ kHz e 16384 livelli di quantizzazione, e quindi trasmesso su rete a pacchetto (VoIP). (3 punti)
- Se i pacchetti VoIP sono trasmessi a frequenza costante 200 pacchetti/s, qual è la lunghezza del loro payload [byte]?
 - Se dimezzo la frequenza di campionamento a $(1/2) \cdot f_c$ e uso 2 bit per campione in meno, ma mantengo la stessa frequenza dei pacchetti VoIP, quale diventa la lunghezza del payload dei pacchetti?

$$f_b = (32 \text{ KHz}) \cdot (14 \text{ bit/campione}) = 448 \text{ Kbit/s}$$

$$\bullet L_{AL} = \frac{448 \text{ Kbit/s}}{200 \text{ pacchetti/s}} = 2240 \text{ byte}$$

$$\bullet f_2 = f_b \frac{1}{2} \frac{12}{14} = f_b \frac{3}{7} \Rightarrow L_{PL} = 120 \text{ byte}$$

- 2) N sorgenti casuali con frequenza media 24 Mbit/s e coefficiente di *burstiness* 1/5 trasmettono pacchetti aventi lunghezza media $L_D = 150$ byte. I pacchetti sono trasmessi a un moltiplicatore statistico con buffer infinito e linea di uscita di capacità C . (3 punti)
- Qual è la durata media T_D dei pacchetti trasmessi dalle sorgenti?
 - Quale dovrebbe essere la capacità della linea C , affinché possa moltiplicare fino a $N = 50$ sorgenti mantenendo il coefficiente di utilizzo della linea non superiore al 5%?
 - Qual è la frequenza media dei pacchetti trasmessi da ciascuna sorgente [pacchetti/s]?

$$a) T_D = 10 \mu s$$

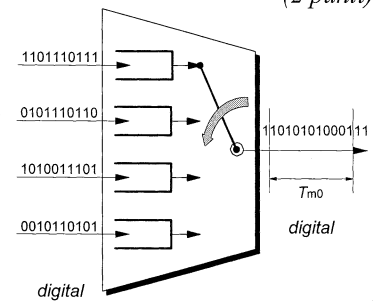
$$b) C \geq 24 \text{ Gbit/s}$$

$$c) 20000 \text{ pacchetti/s}$$

$$P = 120 \text{ nbit/s}$$

- 3) Nell'Ethernet CSMA-CD, come fa una stazione a determinare se la trama appena trasmessa è stata ricevuta correttamente dalla stazione destinataria o no? (2 punti)

- 4) Si consideri un moltiplicatore numerico di segnali CBR come nello schema in figura. Spiegare il suo funzionamento e perché sono necessarie le memorie di moltiplicazione. (2 punti)



- 5) Quali informazioni contiene un *Link State Packet*? Chi lo invia? A chi viene indirizzato? (2 punti)

- 6) Cosa calcola l'*Algoritmo di Dijkstra*? Per cosa viene utilizzato nei router IP? (2 punti)

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

Matricola:

- 7) Spiegare in cosa consiste la *quantizzazione dell'ampiezza* nel processo di conversione analogico/digitale di un segnale. In che modo influenza: a) la frequenza di cifra del segnale digitale codificato? b) la qualità del segnale analogico riprodotto a valle del decodificatore? *(3 punti)*

-
- 8) Un programma riceve un pacchetto UDP. Cosa succede se il valore del CHECKSUM risulta sbagliato?
Un programma riceve un pacchetto TCP. Cosa succede se il valore del CHECKSUM risulta sbagliato? *(2 punti)*