
Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

III Appello d'Esame 2023-24 – 15 giugno 2024

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 1600 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;
- $\text{SSTHRESH}(t = 0) = 80 \text{ kbyte}$;
- $\text{RCVWND}(t = 0) = 4 \text{ kbyte}$; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
 - $\text{RCVWND}(t = 2.50 \text{ s}) = 48 \text{ kbyte}$;
 - $\text{RCVWND}(t = 3.00 \text{ s}) = 128 \text{ kbyte}$;
 - $\text{RCVWND}(t = 13.50 \text{ s}) = 80 \text{ kbyte}$;
 - $\text{RCVWND}(t = 14.50 \text{ s}) = 128 \text{ kbyte}$;
- $\text{CWND}(t = 0) = 1 \text{ MSS}$;
- 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 $t = (6.50 \text{ s}, 7.00 \text{ s})$, $t = (15.50 \text{ s}, 16.00 \text{ s})$, $t = (17.50 \text{ s}, 18.00 \text{ s})$, $t = (19.00 \text{ s}, 25.00 \text{ s})$;
- 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:

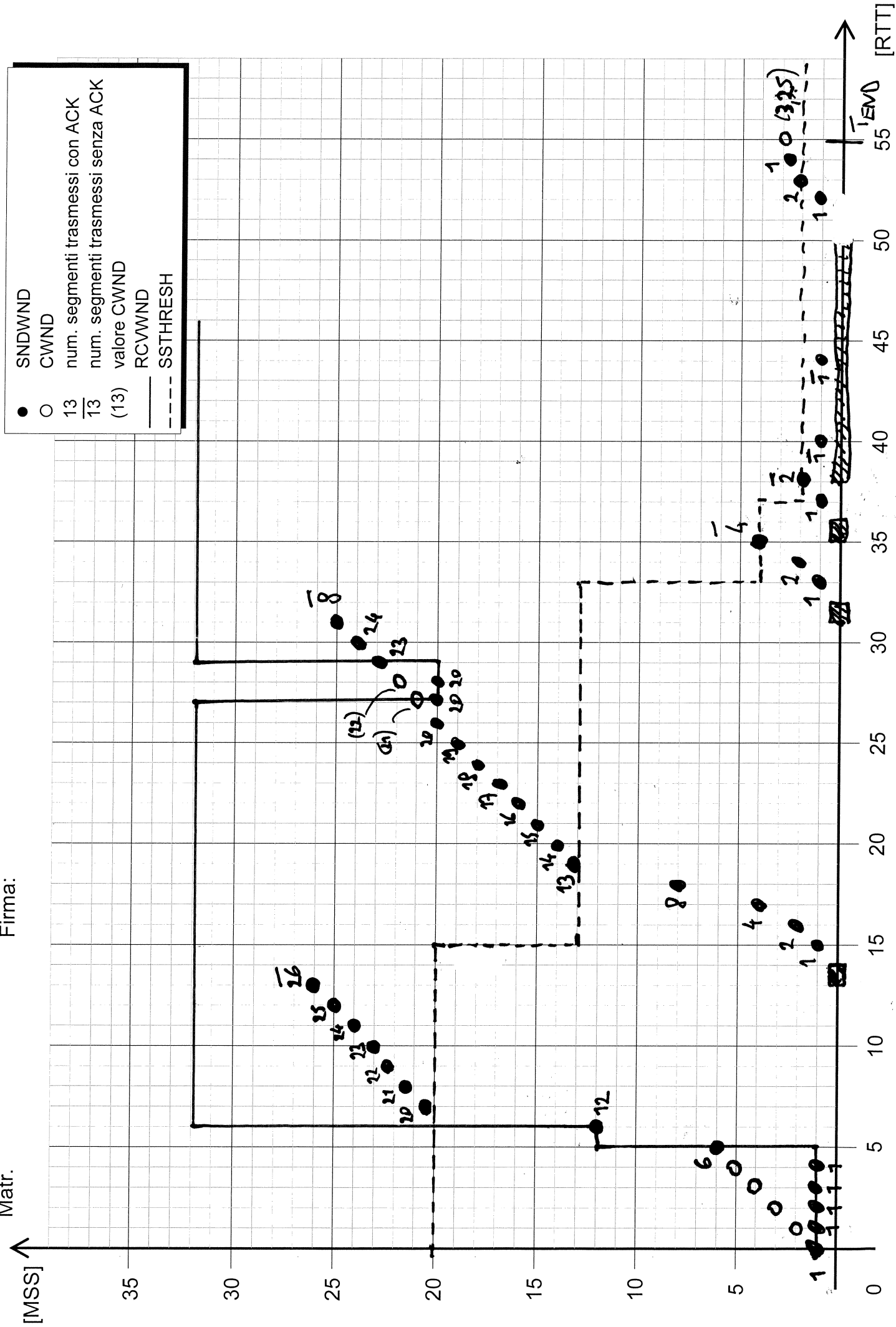
- il tempo totale di trasferimento del file T_{END} [s] (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto alla ricezione dell'ultimo ACK);
- i valori di CWND quando diversi da SNDWND (anche per $t = T_{\text{END}}$);
- il numero di segmenti trasmessi ad ogni intervallo, specificando se ne vengono ricevuti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

Cognome e nome:

Matr.

Firma:

$N=400$



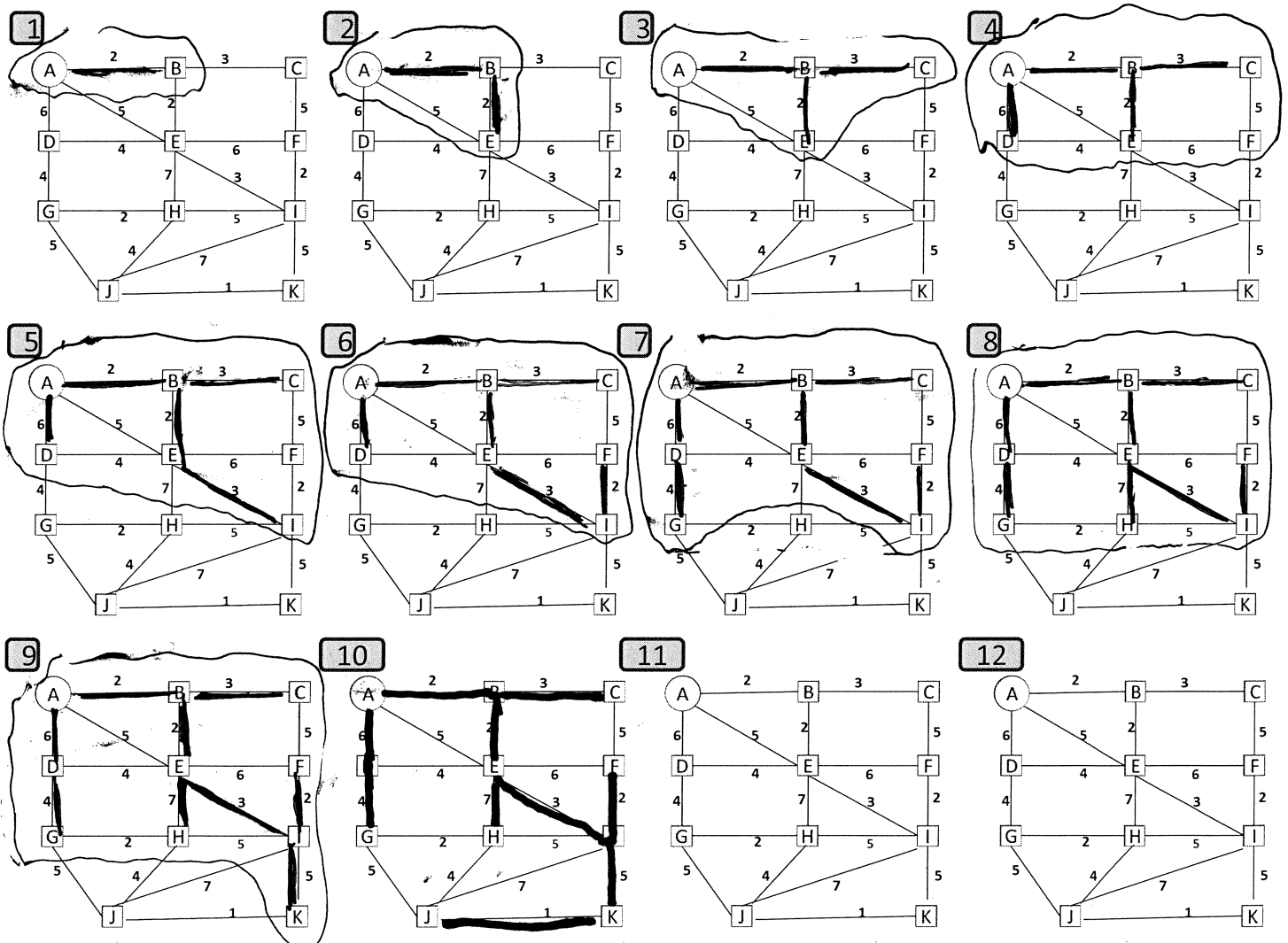
Domanda 2

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

1) E' possibile che i percorsi di instradamento calcolati dall'*Algoritmo Link State* portino ad anelli chiusi? Se si risponde SI, in quale caso?

2) Quale regola deve essere necessariamente compresa in qualsiasi versione dell'algoritmo di instradamento *flooding* (base, selettivo, o pesato), per evitare l'aumento incontrollato esponenziale del numero di pacchetti in rete?

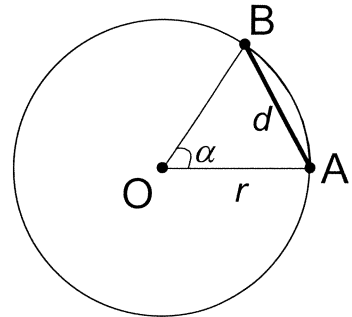
3) Applicare l'algoritmo di Dijkstra alla rete rappresentata nel grafo in figura (costo dei collegamenti indicato dal numero a fianco di ognuno), partendo dal nodo (A) in alto a sinistra, aggiungendo un ramo ad ogni passo (contrassegnare, possibilmente con una biro colorata, sia il ramo che il nodo che si aggiungono).



Domanda 3

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

Due satelliti A e B sono sulla stessa orbita circolare intorno alla Terra di raggio $r = 40000$ km. B trasmette dati ad A, attraverso un sistema di trasmissione radio diretto lungo il segmento AB che fornisce un canale libero da errori, eccetto quando diversamente indicato, di capacità $C = 256$ kbit/s. A e B si trovano quindi su una circonferenza di centro O e raggio r , come rappresentato in figura, dove α è l'angolo formato da OB e OA.



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 500 byte di carico utile e 200 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa $L_A = 50$ 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 $TO = 200$ ms (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del TO senza che sia ricevuto l'ACK; se il TO scade durante la trasmissione di un pacchetto, la trasmissione viene interrotta per ritrasmettere il pacchetto perso).

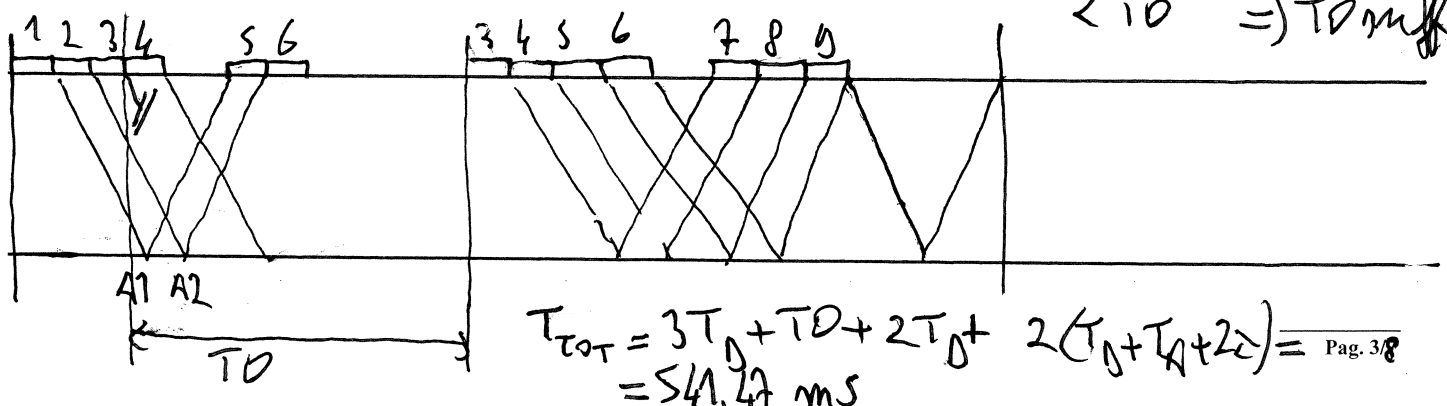
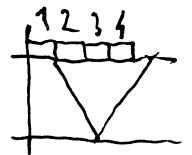
- Si calcoli il valore limite di α [gradi] per cui la trasmissione è continua e la velocità effettiva di trasferimento dei dati raggiunge C .
- Si calcoli il tempo di trasferimento da B ad A di un segmento di dati di lunghezza 4200 byte (dall'inizio della trasmissione del primo pacchetto dati al termine della ricezione dell'ultimo ACK), per $\alpha = 20^\circ$, nel caso in cui il 3° pacchetto trasmesso da B non venga ricevuto correttamente da A.

$$T_A = \frac{L_A}{C} = 1,5625 \text{ ms} \quad T_D = \frac{L_D}{C} = 21,875 \text{ ms} \quad N = \left\lceil \frac{4200}{500} \right\rceil = 9 \text{ pacchetti}$$

$$d = 2r \sin \frac{\alpha}{2} \quad c = d/c$$

$$a) \text{ TX cont. ne } 2c + T_A \leq 3T_D \rightarrow d \leq 9609,375 \quad \alpha \leq 13,8^\circ$$

$$b) \alpha = 20^\circ \rightarrow d = 13892 \text{ km} \quad c = 46,3 \text{ ms} \quad 2c + T_A \approx 4,3T_D \Rightarrow \text{TX discon.}$$



Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

Domanda 4

(rispondere su questo foglio negli spazi assegnati) (18 punti)

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

- 1) In un sistema di indirizzamento IP CIDR, ci è stato assegnato il blocco di indirizzi 4.0.0.0/6. (4 punti)

Si partizioni il blocco in $N = 8$ sottoreti $/n$.Si partizioni la sottorete #2 $/n$ in $M = 16$ (sotto)²reti $/m$.Si partizioni la sottorete #3 $/n$ in P (sotto)²reti $/p$, tali che possano indirizzare almeno 100.000 host ognuna.Si partizioni la (sotto)²rete #3-4 $/p$ in $Q = 16$ (sotto)³reti $/q$.

- a) Quanto valgono le lunghezze dei prefissi
- $/n$
- ,
- $/m$
- ,
- $/p$
- ,
- $/q$
- ?

$$/n = 19 \quad /m = 13 \quad /p = 15 \quad /q = 19$$

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

$$0000010100010111.1111111.1111111$$

$$5.23.255.255$$

- c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'
- host*
- #512 della (sotto)
- ³
- rete #3-4-8
- $/q$
- .

$$00000101.1001001.00000000$$

$$5.137.2.0$$

- d) All'indirizzo 5.136.63.255 corrisponde l'
- host*
- #
- BC
- della (sotto)
- ³
- rete #
- 3
-
- 4
-
- 1
- /
- 19

$$00000101.1001001.00011111.1111111$$

- e) All'indirizzo 6.1.0.0 corrisponde l'
- host*
- #
- 65536
- della (sotto)
- ⁴
- rete #
- 4
-
-
-
-
- /
- 9

$$00000110.0000001.00000000.00000000$$

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.

- 2)
- N
- sorgenti casuali con frequenza di picco 150 Mbit/s e coefficiente di
- burstiness*
- $1/30$
- trasmettono pacchetti di durata casuale avente media
- $T = 25 \mu s$
- . I pacchetti sono trasmessi su linee in rame di lunghezza
- $l = 1000$
- km a un moltiplicatore statistico con buffer infinito e linea di uscita di capacità
- C
- . (3 punti)

- a) Quale dovrebbe essere la capacità della linea
- C
- , affinché possa moltiplicare fino a
- $N = 1000$
- sorgenti mantenendo il coefficiente di utilizzo della linea non superiore al 25%?

- b) Ricalcolare il risultato
- C
- del punto precedente per
- $T = 250 \mu s$
- e
- $l = 10$
- km.

- c) Quanti bit sono trasmessi in media in ogni pacchetto?

$$a) 1000 \cdot 150 \text{ Mbit/s} \cdot \frac{1}{30} \leq 0.25 \cdot C \rightarrow C \geq 20 \text{ Gbit/s}$$

$$b) \text{idem}$$

$$c) 25 \mu s \cdot 150 \text{ Mbit/s} = 3750 \text{ bit}$$

- 3) Un segnale vocale telefonico viene codificato in forma numerica con frequenza di campionamento $f_c = 8000$ Hz e 256 livelli di quantizzazione (standard PCM) e quindi trasmesso su rete a pacchetto (VoIP). Se i pacchetti VoIP sono trasmessi a frequenza costante 50 pacchetti/s, qual è la lunghezza del loro payload [byte]? (2 punti)

$$f_0 = (8000 \text{ Hz}) \cdot (8 \text{ bit/campione}) = 64 \text{ Kbit/s}$$

$$L_{PL} = \frac{64 \text{ Kbit/s}}{50 \text{ pacchetti/s}} = 1280 \text{ byte}$$

- 4) Spiegare cosa sono *Traffic Conditioning Agreement* (TCA) e *Service Level Agreement* (SLA) stipulati tra un ISP e un cliente. (2 punti)

- 5) Fare un esempio, se lo si ritiene possibile, di due connessioni TCP distinte e indipendenti stabilite tra le coppie di endpoint $(A, p) - (B, x)$ e $(C, p) - (B, x)$, in cui tre numeri (p, B, x) sono gli stessi, mentre solo il primo numero (A, C) differisce. (2 punti)

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

6) Su cosa è calcolato il *checksum* nel pacchetto UDP? A cosa serve?

E nel pacchetto IP?

(3 punti)

7) Cos'è la *Send Window* nel protocollo TCP?

(2 punti)