
Reti di Telecomunicazione

Prof. Stefano Bregni

II Appello d'Esame 2024-25 – 10 febbraio 2025

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 1680 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 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($t = 0$) = 8 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
 - RcvWnd($t = 2.00$ s) = 56 kbyte;
 - RcvWnd($t = 6.50$ s) = 76 kbyte;
 - RcvWnd($t = 12.50$ s) = 22 kbyte;
 - RcvWnd($t = 14.50$ s) = 76 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 $t = (6.50$ s, 7.00 s), $t = (16.50$ s, 17.00 s), $t = (26.50$ s, 27.00 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 $CWND \geq Ssthresh$.

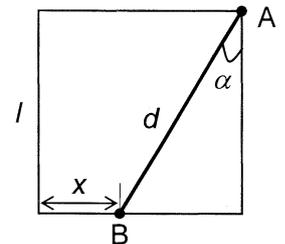
Si tracci sul foglio allegato l'andamento nel tempo di CWND e SNDWND usando la notazione specificata in legenda. Si determinino in particolare:

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

Domanda 2

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

Un'automobile B si muove verso destra lungo il lato inferiore del quadrato in figura. Sia $l = 10$ km il lato del quadrato, x la distanza percorsa dall'automobile lungo il lato ($0 \leq x \leq l$), d la distanza tra B e il vertice A, α l'angolo tra AB e il lato verticale di destra. L'automobile B trasmette dati a una stazione ricevente sita in A attraverso un sistema di trasmissione radio che fornisce un canale libero da errori, eccetto quando diversamente indicato, di capacità $C = 20$ Mbit/s.



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 75 byte di carico utile e 25 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa $L_A = 25$ 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.

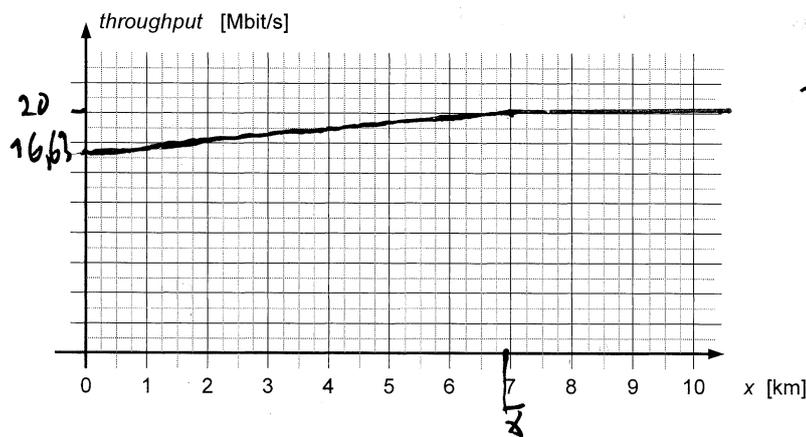
Il protocollo sia di tipo *selective repeat*, con riscontri positivi e negativi (ACK e NACK), con dimensione delle finestre di trasmissione e ricezione pari a $W = 3$ pacchetti dati e Time Out di ritrasmissione $TO = 200 \mu s$ (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del TO senza che sia ricevuto l'ACK).

Si calcoli la velocità effettiva di trasferimento dei dati (incluso overhead) al variare della distanza x percorsa da B e se ne tracci l'andamento nel grafico sottostante. Calcolare il valore limite di x per cui la trasmissione diventa discontinua (se ciò avviene) e il valore limite di x per cui il Time Out diventa insufficiente. ($0 \text{ km} \leq x \leq 10 \text{ km}$)

Throughput ($x = 0 \text{ km}$) = 16,63 Mb/s Throughput ($x = 10 \text{ km}$) = 20 Mb/s

Trasmissione continua per $x < \underline{\hspace{2cm}}$ oppure $x > \underline{6,8 \text{ km}}$

Time Out = 200 μs insufficiente per $x < \underline{\text{MAI}}$ oppure $x > \underline{\hspace{2cm}}$



$$d = \sqrt{l^2 + (l-x)^2} = \sqrt{x^2 - 2lx + 2l^2}$$

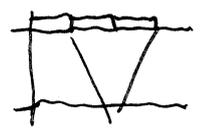
$$T_D = 10 \mu s \quad T_A = 40 \mu s$$

• TX cont ne $2\tau + T_A \leq 2T_D$

$$\Rightarrow \tau \leq 35 \mu s$$

$$d \leq 10.5 \text{ km}$$

$$x \geq 6.8 \text{ km } (\bar{x})$$



$$x^2 - (20 \text{ km})x + 2 \cdot (10 \text{ km})^2 - (10.5 \text{ km})^2 = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4c}}{2} = 10 \text{ km} \pm 3.2 \text{ km}$$

$$\bullet \text{ THR}(x=0) = \frac{3L_D}{2\tau + T_D + T_A} =$$

$$= 16,63 \text{ Mb/s}$$

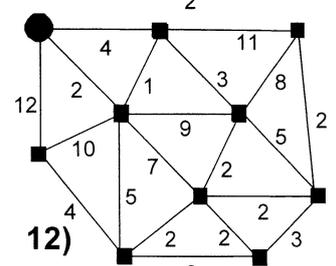
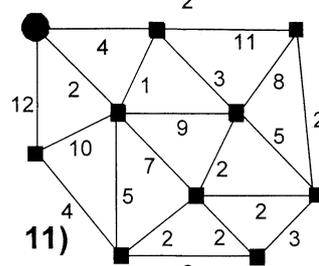
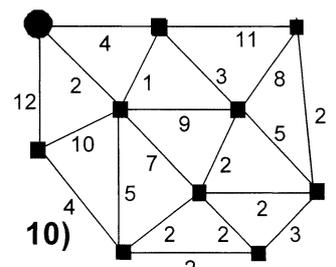
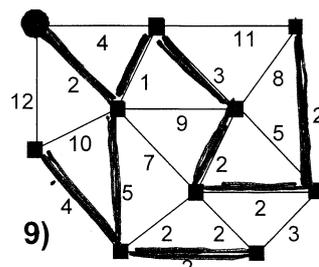
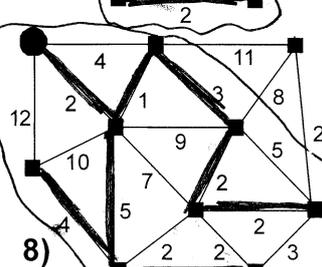
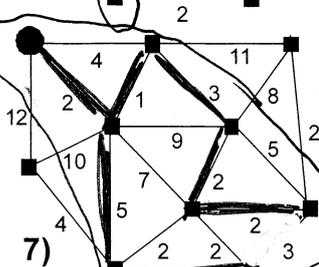
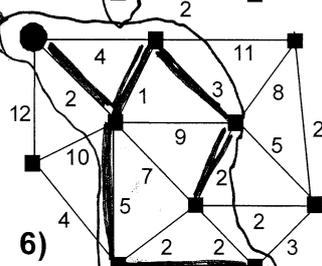
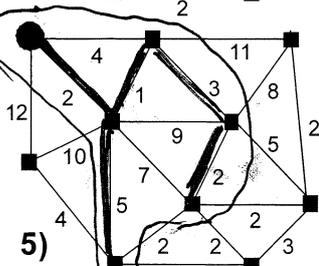
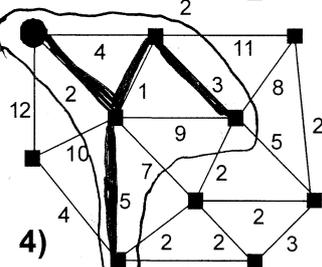
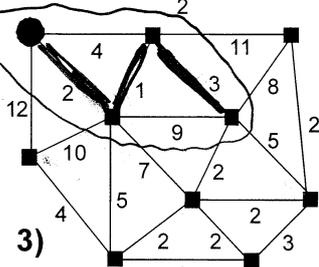
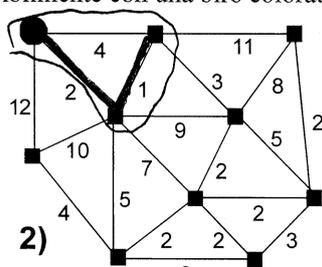
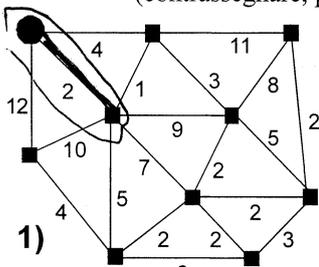
Domanda 3

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

1) A cosa serve l'Algoritmo di Dijkstra?

2) Quali informazioni contiene un *Link State Packet*? Chi lo invia e a chi?

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 indicato con il pallino, aggiungendo un ramo ad ogni passo (contrassegnare, possibilmente con una biro colorata, sia il ramo che il nodo che si aggiungono).



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) In un sistema di indirizzamento IP CIDR, ci è stato assegnato il blocco di indirizzi 16.0.0.0/7. (3 punti)

- Si partizioni il blocco in $N = 4$ sottoreti $/n$.
- Si partizioni la sottorete #1 $/n$ in $M = 1024$ (sotto)²reti $/m$.
- Si partizioni la sottorete #2 $/n$ in P (sotto)²reti $/p$, tali che possano indirizzare almeno 1500 host ognuna.
- Si partizioni la (sotto)²rete #2-8 $/p$ in $Q = 16$ (sotto)³reti $/q$.

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

$$/n = /9 \quad /m = /19 \quad /p = /21 \quad /q = /25$$

b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo *broadcast* della (sotto)³rete #2-8-8 $/q$.

$$\underline{0001000|1.0|0000000.01000|100.0|1111111} \quad 17.0.63.127$$

c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'*host* #258 della (sotto)²rete #2-9 $/p$.

$$\underline{0001000|1.0|0000000.01001|0000000} \quad 17.0.73.2$$

d) All'indirizzo 16.129.1.0 corrisponde l'*host* # 256 della (sotto)² rete # 1 - 8 - / 19

$$\underline{0001000|0.1|0000001.000|00001,00000000}$$

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 P , frequenza media A , e intervalli di silenzio tra un pacchetto e l'altro di durata media I , trasmettono pacchetti di lunghezza casuale aventi durata media T . I pacchetti sono trasmessi a un moltiplicatore statistico con buffer infinito e linea di uscita di capacità $C = 2$ Gbit/s. (3 punti)

- a) Quanto vale il coefficiente di utilizzo della linea η se $N = 16$, $P = 250$ Mbit/s, $I = 750$ μ s, e $T = 250$ μ s?
- b) Qual è la frequenza media dei pacchetti sulla linea se $N = 5$, $P = 100$ Mbit/s, $I = 1750$ μ s, e $T = 250$ μ s?
- c) Qual è l'intervallo medio di silenzio I tra un pacchetto e l'altro sulla linea se $N = 32$, $A = 62.5$ Mbit/s, $T = 10$ μ s?

$$a) \eta = 0,5$$

$$b) 2500 \text{ pacch/s}$$

$$c) I = 0 \quad (\eta = 1)$$

Cognome e nome:

(stamatello)
(firma leggibile)Matricola:

- 3) Un segnale vocale telefonico viene codificato in forma numerica con frequenza di campionamento $f_c = 16$ kHz, 512 livelli di quantizzazione, compresso con rapporto 1/2, e quindi trasmesso su rete a pacchetto (VoIP). I pacchetti VoIP sono composti da 20 byte di intestazione IP, 20 byte di intestazione UDP, 60 byte di payload. Qual è la frequenza di trasmissione dei pacchetti? Quanti pacchetti sono generati dalla codifica di 2 minuti di voce? (3 punti)

$$f_b = (16 \text{ kHz}) \cdot (9 \text{ bit/campione}) \cdot \frac{1}{2} = 72 \text{ Kbit/s}$$

$$f_{\text{PACCHETTI}} = 150 \text{ pacchetti/s}$$

$$18000 \text{ pacchetti}$$

-
- 4) Spiegare cosa sono e la funzione di a) *Send Window* e b) *Receive Window* nel protocollo TCP.

(3 punti)

-
- 5) Cos'è la *Random Early Detection (RED)*? Come funziona? Perché tutti i router la implementano? Se non lo facessero, che problema sorgerebbe?

(2 punti)

- 6) Su un sistema di monitoraggio di rete noto due connessioni TCP contemporaneamente attive, distinte e indipendenti, tra le due coppie di *endpoint*
(131.75.187.72, 1024) - (200.3.145.32, 25);
(131.75.190.10, 1024) - (200.3.145.32, 25).
E' possibile? Cosa sta succedendo? Descrivere la situazione in poche parole. (2 punti)

-
- 7) Illustrare il processo di moltiplicazione numerica di N segnali tributari CBR. Qual è la funzione delle memorie in ingresso? Se i tributari sono 4 e hanno frequenza 5 Mbit/s, quale sarà la frequenza del segnale all'uscita? (3 punti)