

Reti di Telecomunicazioni

Prof. Stefano Bregni

II Appello d'Esame – 2 settembre 2008

Cognome e nome:

(stampatello)
(firma leggibile)

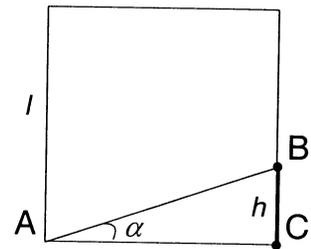
Matricola:

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) (5 punti)

Una stazione B si muove lungo il lato destro del quadrato di lato $l = 150$ km in figura. La stazione C si mantiene in posizione fissa nel vertice inferiore destro. B trasmette dati a C in continuazione, attraverso un sistema di trasmissione radio che fornisce un canale libero da errori, eccetto quando diversamente indicato, di capacità $C = 10$ Mbit/s. Sia α l'angolo formato da AB rispetto alla base AC del quadrato.

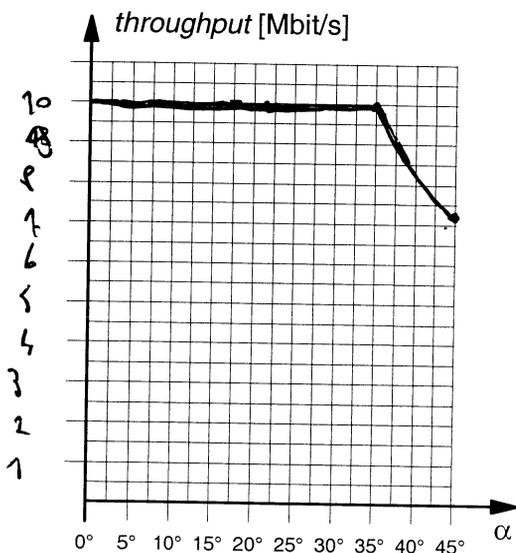


Il protocollo di livello 2, che controlla la trasmissione delle trame su questo collegamento, sia così caratterizzato:

- pacchetti dati di dimensione fissa L_D , consistenti in 80 byte di carico utile e 20 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 $W = 10$ pacchetti dati e Timeout di ritrasmissione $TO = 2$ ms (il trasmettitore interpreta come NACK lo scadere del TO senza che sia ricevuto l'ACK).

- a) Si calcoli la velocità effettiva di trasferimento dei dati al variare dell'angolo α nell'intervallo $0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$. Se ne tracci l'andamento in funzione di α nello stesso intervallo, non omettendo di precisare i valori limite per $\alpha = 0^\circ$ e $\alpha = 45^\circ$.



$$h = l \sin \alpha \quad z = \frac{l}{c} \sin \alpha$$

$$T_D = 10 \mu s \quad T_A = 20 \mu s$$

trasmissione continua per $2T_D + T_A \leq 9T_D$

$$l \sin \alpha < (9T_D - T_A) \frac{c}{2} \quad \alpha \leq 35^\circ$$

$$THR = \begin{cases} C & 0 \leq \alpha \leq 35^\circ \\ \frac{10 L_D}{T_D + 2 \frac{l}{c} \sin \alpha + T_A} & 35^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ \end{cases}$$

$$THR(0) = 10 \text{ Mb/s}$$

$$THR(45^\circ) = 7,27 \text{ Mb/s}$$

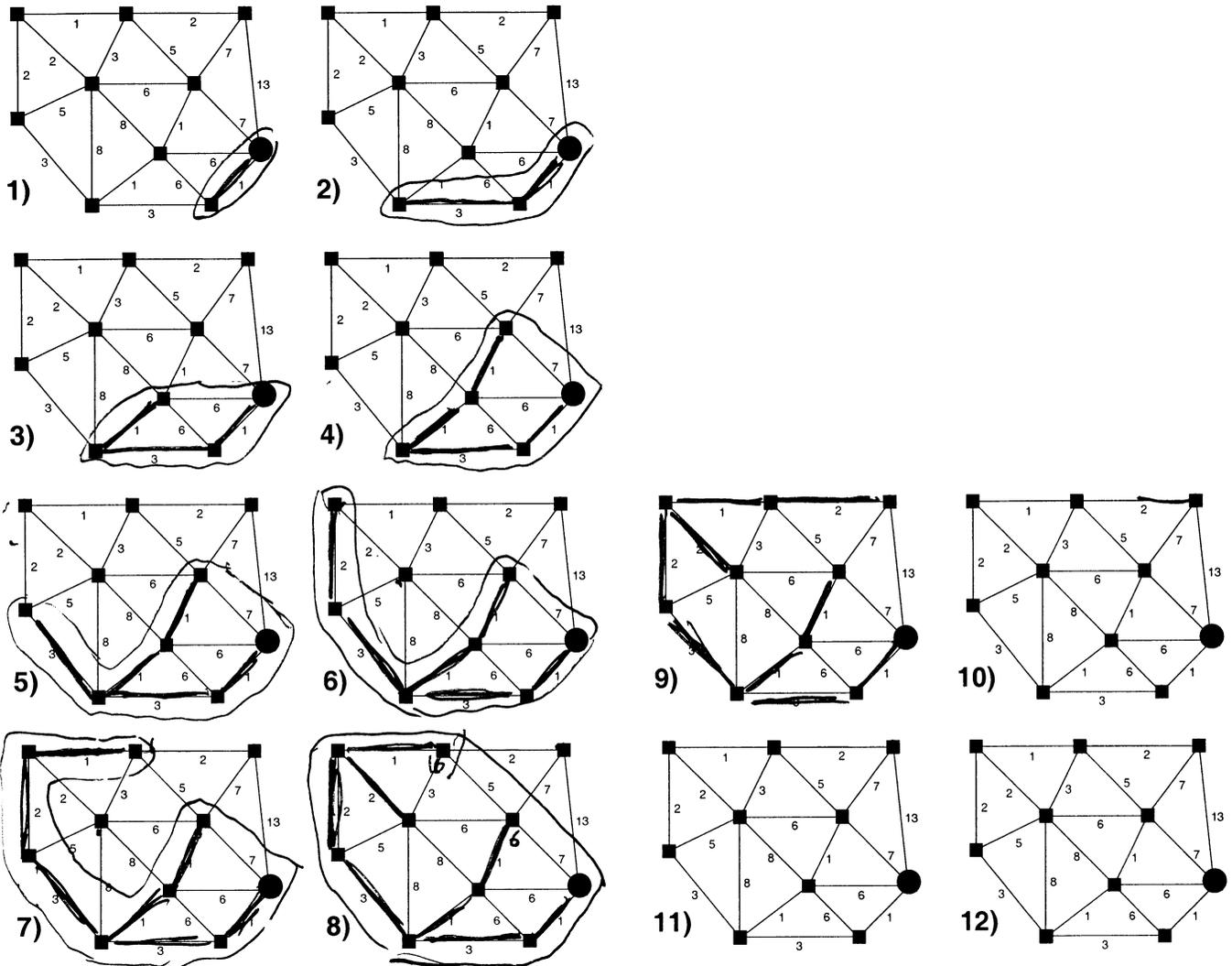
Domanda 2

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

1) Cos'è e a cosa serve l'algoritmo di Dijkstra?

2) Perché può essere utilizzato nella costruzione delle tabelle di instradamento attraverso *Link State Packet* e non attraverso lo scambio di *Distance Vector*?

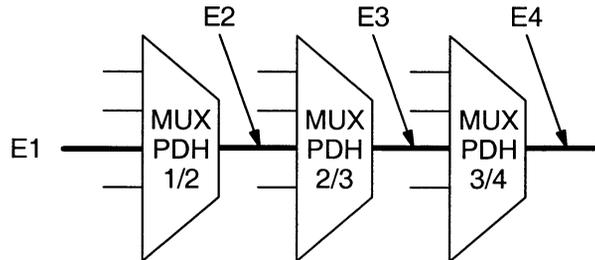
3) Applicare l'algoritmo di Dijkstra alla rete rappresentata nel grafo in figura (costo dei collegamenti indicato dal numero a fianco di ognuno), partendo dal nodo indicato con il pallino, aggiungendo un ramo ad ogni passo (contrassegnare, possibilmente con una biro colorata, sia il ramo che il nodo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



Domanda 3

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

Sia dato il sistema di multiplazione PDH in figura.



Si ricordano i seguenti parametri dei segnali PDH:

	E2	E3	E4
Frequenza di cifra nominale	8.448 Mbit/s	34.368 Mbit/s	139.264 Mbit/s
Numero di settori $2(k+1)$	4	4	6
Lunghezza di trama	848 bit	1536 bit	2928 bit
Numero di bit per settore	212 bit	384 bit	488 bit
Numero di bit di overhead e servizio nel 1° settore	12 bit	12 bit	16 bit
Numero di bit di opportunità di giustificazione (per trama, per tributario)	1	1	1
Numero di bit di controllo di giustif. $2k+1$ (per trama, per tributario)	3	3	5

Si supponga che:

- la deviazione assoluta di frequenza del segnale E2 rispetto al valore nominale sia pari a $\Delta f_{E2} = +80$ bit/s;
- il rapporto di giustificazione (frazione di opportunità di giustificazione occupate da cifre non significative) del segnale E1 multiplato nel segnale E2 valga $\rho_2=0.43$, del segnale E2 multiplato nel segnale E3 sia $\rho_3=0.42$;
- la deviazione normalizzata di frequenza del segnale E4 valga $\Delta f_{E4}/f_{E4} = -5 \cdot 10^{-6}$.

Si calcolino la deviazione normalizzata di frequenza $\Delta f_{E1}/f_{E1}$ del segnale E1 e il rapporto di giustificazione ρ_4 del segnale E3 multiplato nel segnale E4.

$$f_{E1} = 8.448 \text{ Mbit/s} \frac{206 - 243}{848}$$

$$\frac{\Delta f_{E1}}{f_{E1}} = -28.54 \text{ ppm}$$

$$8.448 \text{ Mbit/s} = f_{E3} \frac{378 - 0.42}{1536}$$

$$\rightarrow f_{E3} = 34.3669 \text{ Mbit/s}$$

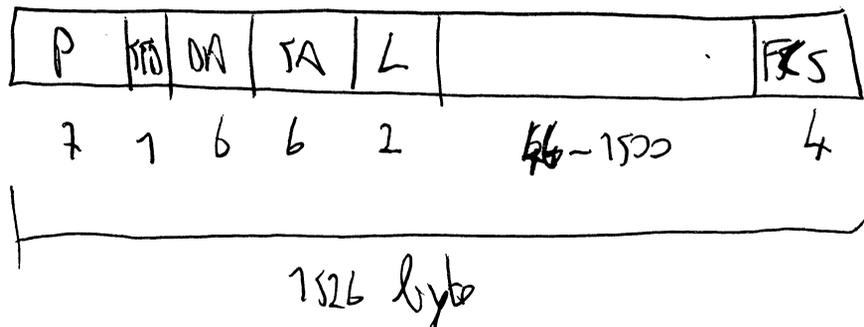
$$f_{E3} = 139.264 \text{ Mbit/s} (1 - 5 \cdot 10^{-6}) \frac{723 - \rho_4}{2928}$$

$$\rightarrow \rho_4 = 0.438815$$

Domanda 4

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

a) Illustrare il formato di trama del segnale Ethernet 10 Mbit/s.



b) A cosa serve l'interframe gap?

c) Si calcoli la capacità massima di trasmissione dati raggiungibile da una stazione solitaria su Ethernet 10 Mbit/s in assenza di collisioni. Si considerino trame di lunghezza massima, tutti gli overhead e anche la presenza degli interframe gap.

$$\frac{1500 \cdot 8 \text{ bit}}{9.6 \mu\text{s} + 1526 \cdot 8 / 10 \text{ mb/s}} = 9.753 \text{ Mb/s}$$

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

Domanda 5

(rispondere su questo foglio negli spazi assegnati) (16 punti)

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

- 1) Un *writer* traccia nottetempo uno scarabocchio senza accorgersi che una telecamera di sorveglianza lo riprende. La telecamera cattura 1 immagine con risoluzione 1024×768 e 65K colori ogni T secondi. Le immagini sono compresse JPG con fattore $1/50$. I dati sono inviati al server attraverso una connessione TCP (pila TCP/IP/HDLC) senza errori e ritrasmissioni. I pacchetti IP hanno lunghezza 576 byte, di cui 20 di overhead. I pacchetti TCP 20 byte di overhead e 536 byte di dati. La trama HDLC comprende 1 pacchetto IP e 8 byte di overhead. Il segnale HDLC è trasmesso su un canale a 2.048 Mbit/s al server. Quante immagini del *writer* sono state registrate in centrale durante i suoi 2 minuti di permanenza sotto il campo della telecamera? (2 punti)

$$1 \text{ foto: } 1024 \cdot 768 \cdot 16 \cdot \frac{1}{50} \text{ bit} = 251.6 \text{ Kbit}$$

$$C = 2.048 \text{ Kbit/s} \cdot \frac{536}{584}$$

$$\rightarrow \sim 7.5 \text{ foto/sec} \quad \text{In } 2': 90 \text{ immagini}$$

- 2) Si consideri una rete di connessione a divisione di spazio 128×128 , realizzata a tre stadi secondo la regola di Clos. Le matrici del primo stadio siano tutte uguali e abbiano N ingressi; le matrici del terzo stadio siano tutte uguali e abbiano N uscite. Calcolare il numero totale minimo possibile di punti di incrocio. (2 punti)

$$N = \sqrt{\frac{128}{2}} = 8 \quad I_3 = 16 \cdot 8 \cdot 15 \cdot 2 + 15 \cdot 16 \cdot 16 = 7680$$

$$r_2 = 2 \cdot 8 - 1 = 15$$

- 3) N segnali numerici con frequenza nominale $f_i = 150$ kbit/s sono multiplati in modo asincrono a interallacciamento di bit. Il segnale di multiplo ha frequenza nominale $f_m = 720$ kbit/s. Il coefficiente di giustificazione nominale vale $\rho = 0.5$. La sua trama ha lunghezza $L = 180$ bit e include 16 bit di allineamento e servizio, $3N$ bit di controllo di giustificazione, N bit di opportunità di giustificazione. Si calcoli il numero N di tributari. (2 punti)

$$N \cdot 150 \text{ Kbit/s} = 720 \text{ Kbit/s} \cdot \frac{180 - 16 - 3N - \frac{1}{2}N}{180}$$

$$\rightarrow N = 4$$

- 4) Si consideri una coda M/M/1. Il tempo medio di permanenza dei pacchetti nel sistema (attesa nel buffer più il tempo di trasmissione in linea) è dato da $E[T] = (1/\mu)/(1-\rho)$. I pacchetti sono lunghi $L = 1500$ byte, la linea ha capacità $C = 100$ Mbit/s ed $E[T]$ vale 1.2 ms. Si calcoli il ritmo medio di arrivo dei pacchetti, il coefficiente di utilizzo della linea e il numero medio di pacchetti in coda (escluso quello in corso di trasmissione). (2 punti)

$$\frac{1}{\mu} = \frac{L}{C} = 120 \mu s \quad \frac{1}{\mu} \frac{1}{1-\rho} = 1200 \mu s \rightarrow \rho = 0.9$$

$$\lambda = \mu \rho = 7500 \text{ pacchetti/s} \quad E[Q] = (E[T] - \frac{1}{\mu}) / (1/\mu) = 9$$

- 5) Enunciare la regola di Clos. (2 punti)

- 6) Un nodo riceve un *Distance Vector*. In una delle righe del DV, si trova il dato: (X, n) . In quali casi questo dato viene incluso nella tabella di instradamento? (4 punti)

Caso 1:

Caso 2:

Caso 3:

- 7) Descrivere sinteticamente la procedura ARQ e specificare a cosa serve. (2 punti)