
Reti di Telecomunicazioni

Prof. Stefano Bregni

III Appello d'Esame 2016-17 – 28 giugno 2017

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 su questo foglio negli spazi assegnati) (6 punti)

In una connessione TCP è trasferito un file lungo 650 kbyte da 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 = $2 \cdot \text{RTT}$; 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($t = 0$) = 32 kbyte;
- RcvWnd($t = 0$) = 8 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
 - RcvWnd($t = 4.50$ s) = 48 kbyte;
 - RcvWnd($t = 9.00$ s) = 64 kbyte;
 - RcvWnd($t = 22.00$ s) = 12 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 $t = (9.00 \text{ s}, 9.50 \text{ s})$, $t = (13.50 \text{ s}, 14.00 \text{ s})$, $t = (18.00 \text{ s}, 22.00 \text{ s})$;
- 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 $\text{CWND} \geq \text{Ssthresh}$.

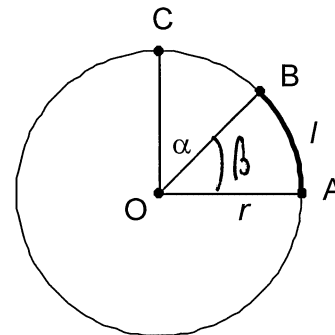
Si tracci sul foglio allegato l'andamento nel tempo di CWND e SNDWND usando la notazione specificata in legenda. Si determinino in particolare:

- 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.

Domanda 2

(svolgere su questo foglio negli spazi assegnati) (6 punti)

Un sensore B in un acceleratore di particelle di diametro 20 km trasmette dati alla base A, attraverso un sistema di trasmissione su fibra ottica stesa lungo il tunnel che fornisce un canale libero da errori, eccetto quando diversamente indicato, di capacità $C = 1$ Gbit/s. A e B si trovano su una circonferenza di centro O, come rappresentato in figura. B si muove da C fino ad A con velocità angolare $\omega = \pi/10$ rad/s. Sia α l'angolo formato da OC e OB ($0 \leq \alpha \leq \pi/2$). L'arco AB ha lunghezza l .



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

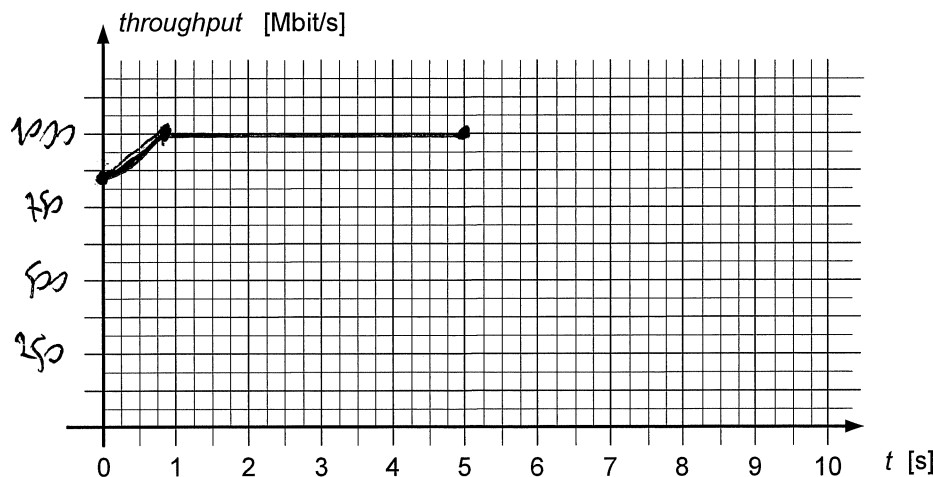
- pacchetti dati di dimensione fissa L_D , consistenti in 1400 byte di carico utile e 100 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa $L_A = 100$ byte;
- tempo di elaborazione pacchetto dati da parte della stazione ricevente (tempo che intercorre tra la ricezione di un pacchetto 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 $W = 12$ pacchetti dati e Timeout di ritrasmissione $TO = 600 \mu s$ (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 la velocità effettiva di trasferimento dei dati al variare di $t \geq 0$ ($0 \leq \alpha \leq \pi/2$) e se ne tracci l'andamento nel grafico sottostante. Calcolare il valore limite di t per cui la trasmissione diventa discontinua.

Throughput ($\alpha = 0$) = 847,65 Mb/s Throughput ($\alpha = \pi/2$) = 1 Gbit/s

Trasmissione continua per $t < \underline{\hspace{2cm}}$ oppure $t > \underline{0,8237}$ [s]

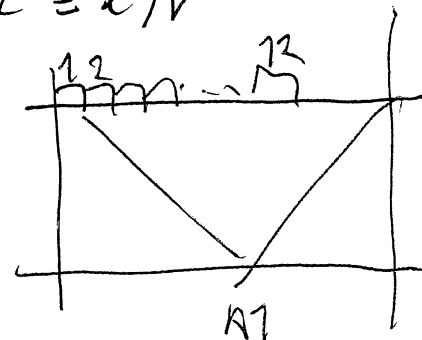


$L_D = 12 \mu s$

$L_A = 0,1 \mu s$

$l = r(\pi/2 - \alpha)$ $\beta = \pi/2 - \alpha$

$\tau = l/v$



TX cont. se $2\tau + T_A \leq 11 T_D \rightarrow \tau \leq 65,6 \mu s$

$t=0 \quad \alpha=0 \quad \beta=\pi/2 \quad l=r \cdot \pi/2 = 15,7 \text{ km}$

$t=5 \text{ sec} \quad \alpha=\pi/2 \quad \beta=0 \quad l=0$

$l \leq 13,12 \text{ km}$

$\alpha \geq 0,2588 \text{ rad} \quad t \geq 0,8237 \text{ sec}$

$\text{THR}(L_D=0) = \frac{12 L_D}{2\tau + T_A + T_D} = 847,65 \text{ Mb/s}$

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

Domanda 3

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

Ci è stato assegnato il blocco di indirizzi CIDR 192.192.0.0 /10.

Si partizioni il blocco in $N = 16$ sottoreti /n. Si partizioni la sottorete #1 /n in $M = 8$ (sotto)²reti /m.Si partizioni la sottorete #4 /n in $P = 512$ (sotto)²reti /p. Si partizioni la (sotto)²rete #4-2 /p in $Q = 8$ (sotto)³reti /q.

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

(0 punti)

$$/n = /14 \quad /m = /17 \quad /p = /23 \quad /q = /26$$

b) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #131072 della sottorete #3 /n.

(1 punto)

$$192.11 | 0011 | 10.00000000.00000000 \quad 192.206.0.0$$

c) Si scriva in formato decimale l'indirizzo dell'host #1 della (sotto)²rete #4-66 /p.

(1 punto)

$$192.11 | 0100 | 00.1000010 | 0.00000001 \quad 192.208.132.1$$

d) Si scriva in formato decimale l'indirizzo broadcast della (sotto)³rete #4-2-1 /q.

(1 punto)

$$192.11 | 0100 | 00.0000010 | 0.01 | 111111 \quad 192.208.4.127$$

e) All'indirizzo 192.198.1.255 corrisponde l'host # 511 della (sotto) 2 rete # 1 - 4 - 17 (1 punto)

$$192.11 | 0001 | 10.0 | 0000001.11111111$$

f) All'indirizzo 192.210.1.0 corrisponde l'host # 256 della (sotto) 2 rete # 4 - 256 - 23 (1 punto)

$$192.11 | 0100 | 10.00000000 | 1.00000000$$

Note:

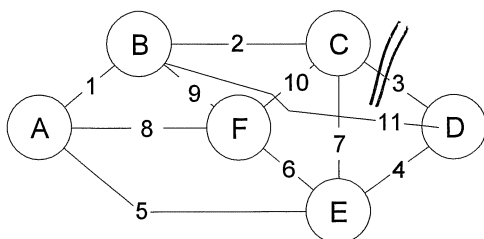
- tutti gli indirizzi richiesti vanno indicati in formato decimale (scrivere gli indirizzi anche in formato binario è consigliabile per evitare errori);
- tutti gli indirizzi di rete vanno espressi specificando la lunghezza del relativo prefisso /x;
- tutte le sottoreti sono numerate a partire da #0;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

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

- a) Applicare l'algoritmo *Distance Vector* (DV) alla rete in figura (nodi A-F, collegamenti 1-11) e per le condizioni iniziali specificate al tempo $t=t_0$, senza applicare la regola dello *split horizon*. Il costo di tutti i collegamenti sia unitario. Si aggiornino le tabelle di *routing* e si scrivano i DV a ogni passaggio, supponendo che i DV tra i nodi siano scambiati nella sequenza indicata ($t_i < t_{i+1}$) e non vengano inviati altri DV oltre a quelli indicati.

NB: Aggiornando le tabelle di *routing*, limitarsi a completare solo le tabelle diverse rispetto al passo precedente. Si mantengano le righe delle tabelle in ordine alfabetico.



- b) Cosa cambia se si applica la regola dello *split horizon con poisonous reverse*? Apportare le modifiche necessarie alle tabelle compilate, inserendo i nuovi valori tra parentesi a destra dei precedenti.

Tabelle di *routing* al tempo $t=t_0$:

| A → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | - | 0 |
| B | 1 | 2 |
| C | 1 | 4 |
| D | 5 | 1 |
| E | 5 | 1 |

| B → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 2 | 4 |
| B | - | 0 |
| C | 2 | 4 |
| E | 11 | 2 |

| C → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 10 | 5 |
| B | 3 | 4 |
| C | - | 0 |
| D | 7 | 3 |

| D → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 4 | 5 |
| B | 3 | 4 |
| C | 4 | 6 |
| D | - | 0 |
| E | 11 | 4 |

| E → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 7 | 3 |
| D | 7 | 2 |
| E | - | 0 |

| F → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 6 | 1 |
| B | 10 | 4 |
| D | 10 | 1 |
| F | - | 0 |

Al tempo $t=t_1$ si interrompe il collegamento C-D.

DV inviato C → E al tempo $t=t_2$: (7)

| A → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | - | 0 |
| B | 1 | 2 |
| C | 1 | 4 |
| D | 5 | 1 |
| E | 5 | 1 |

DV inviato D → B al tempo $t=t_3$: (11)

| B → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 2 | 4 |
| B | - | 0 |
| C | 2 | 4 |
| E | 11 | 2 |

DV inviato F → C al tempo $t=t_4$: (10)

| C → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 10 | 5 |
| B | 3 | 4 |
| C | - | 0 |
| D | 7 | 3 |

Tabelle di *routing* al tempo $t=t_5$:

| A → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | - | 0 |
| B | 1 | 2 |
| C | 1 | 4 |
| D | 5 | 1 |
| E | 5 | 1 |

| B → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 2 | 4 |
| B | - | 0 |
| C | 2 | 4 |
| E | 11 | 2 |

| C → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 10 | 5 |
| B | 10 (3) | 4 |
| C | - | 0 |
| D | 10 (7) | 3 |

| D → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 4 | 5 |
| B | 3 | 4 |
| C | 4 | 6 |
| D | - | 0 |
| E | 11 | 4 |

| E → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 7 | 3 |
| D | 7 | 2 |
| E | - | 0 |

| F → | Collegam. | Costo |
|-----|-----------|-------|
| A | 6 | 1 |
| B | 10 | 4 |
| D | 10 | 1 |
| F | - | 0 |

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

Domanda 5

(rispondere su questo foglio negli spazi assegnati) (14 punti)

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

- 1) N sorgenti con frequenza di picco 1 Gbit/s e coefficiente di *burstiness* $B = 1\%$ trasmettono pacchetti di durata media $T = 25 \mu\text{s}$. I pacchetti sono inviati a un moltiplicatore statistico con buffer infinito e linea di capacità C . Quale dovrebbe essere la capacità della linea C , affinché possa moltiplicare fino a $N = 100$ sorgenti mantenendo il coefficiente di utilizzo della linea non superiore al 40%? (2 punti)

$$N \cdot (1 \text{ Gbit/s}) \cdot B \leq C \cdot 40\%$$

$$\rightarrow C \geq 2,5 \text{ Gbit/s}$$

- 2) Un brano musicale di durata $T = 3'47''$ è codificato in un file MPX di lunghezza $L_{\text{MPX}} = 1.75 \text{ Mbyte}$ ($M = 1024^2 \times$). Qual è il rapporto di compressione di questa codifica rispetto a una semplice conversione in forma digitale PCM non compressa, realizzata con $Q = 65536$ livelli di quantizzazione ed assumendo una banda del segnale audio $B = 22.050 \text{ kHz}$ (codifica classica musicale hifi)? Qual è la velocità f_{MP3} [bit/s] del flusso di bit prodotto da questa codifica MPX sul segnale musicale? (2 punti)

$$\text{PCM: } N = 16 \text{ bit/comp} \quad f_c = 44,1 \text{ kHz} \quad T = 227 \text{ sec}$$

$$L_{\text{PCM}} = T \cdot f_c \cdot N = 160,1712 \cdot 10^6 \text{ bit}$$

$$\eta = \frac{L_{\text{PCM}}}{L_{\text{MPX}}} = 10,91$$

$$f_{\text{MPX}} = \frac{L_{\text{MPX}}}{T} = 64,67 \text{ Kbit/s}$$

- 3) Descrivere il principio di funzionamento di un codice FEC, fornendo anche un esempio, precisando le operazioni svolte dal trasmettitore e dal ricevitore. (3 punti)

- 4) Quali informazioni contiene la tabella di instradamento di un nodo di commutazione di pacchetto a *connessioni virtuali*? (2 punti)

-
- 5) E' vero che un protocollo CSMA dà sempre un *throughput* migliore di quello fornito da ALOHA? Per quale motivo? Se non è sempre vero, quando questo avviene e perché? (2 punti)

-
- 6) Chiarire in cosa consistono il *controllo della congestione* e il *controllo di flusso*, distinguendone i diversi contesti e obiettivi. (3 punti)

Cognome e nome:

Firma:

$N = 375$

