
Reti di Telecomunicazioni

Prof. Stefano Bregni

III Appello d'Esame 2017-18 – 28 giugno 2018

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 2000 kbyte da a partire dal tempo $t = 0$. Si assuma che:

- TCP Maximum Segment Size (MSS) = 4 kbyte;
- Round Trip Time (RTT) = 250 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($t = 0$) = 128 kbyte;
- RcvWnd($t = 0$) = 32 kbyte; in seguito, il trasmettitore riceve dall'altro host la seguente dichiarazione:
 - RcvWnd($t = 1.25$ s) = 16 kbyte;
 - RcvWnd($t = 3.75$ s) = 160 kbyte;
 - RcvWnd($t = 4.75$ s) = 64 kbyte;
 - RcvWnd($t = 7.00$ 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 $t = (4.75 \text{ s}, 5.00 \text{ s})$, $t = (10.00 \text{ s}, 10.25 \text{ s})$, $t = (12.00 \text{ s}, 13.00 \text{ s})$;
- 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 $\text{CWND} \geq \text{Ssthresh}$.

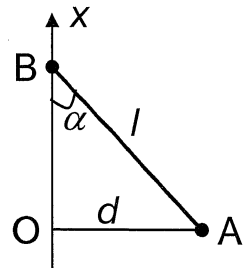
Si tracci sul foglio allegato l'andamento nel tempo di CWND e SNDWND usando la notazione specificata in legenda. Si determinino in particolare:

- 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 terminale B viaggia su un treno a velocità $v = 300$ km/h lungo l'asse x e scambia dati con la stazione A posta a distanza $d = 10$ km dalla ferrovia. Sia l la distanza AB. L'origine dell'asse x sia nel punto O a minima distanza da A. Si ponga inoltre l'origine dei tempi $t = 0$ nell'istante in cui B si trova in O. Il canale radio ha capacità $C = 25$ 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 40 byte di carico utile e 20 byte di overhead;
- pacchetti di riscontro (ACK) di dimensione fissa $L_A = 20$ 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 $W = 3$ pacchetti dati e Timeout di ritrasmissione $TO = 1$ 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).

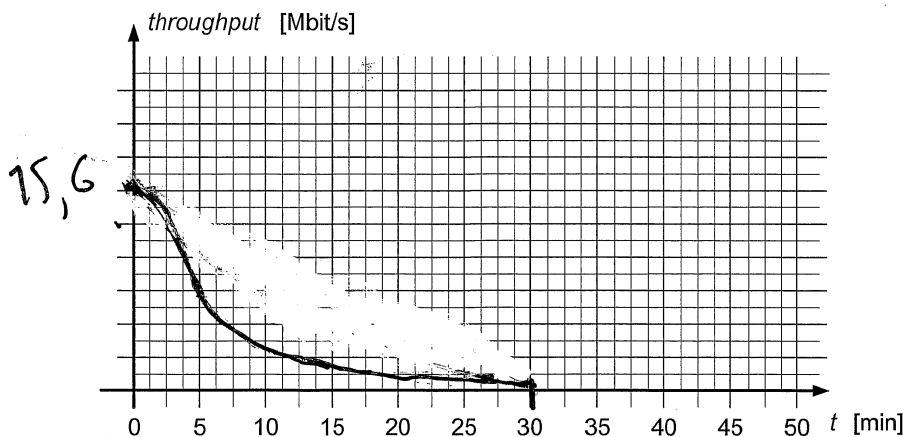
Si calcoli la velocità effettiva di trasferimento dei dati al variare del tempo $t \geq 0$ [min] e se ne tracci l'andamento in funzione di t nel grafico sottostante. Calcolare:

- il valore limite di t (t_A) per cui la trasmissione passa da continua a discontinua (o viceversa);
- il valore limite di t (t_B) per cui il TO diventa insufficiente;
- il valore limite del throughput raggiunto appena prima che la trasmissione si interrompa per $t = t_B$.

Throughput ($t = 0$) = 15,6 Mbit/s

Throughput ($t = t_B^-$) = 1,41 Mbit/s

Trasmissione continua per $t < t_A =$ NAI [min] oppure $t > t_A =$ NAI [min]



$$T_A = 64 \mu s \quad l = \sqrt{d^2 + x^2}$$

$$T_D = 192 \mu s \quad x = vt \approx l/c$$

$$Tx \text{ cont} \Leftrightarrow 2d + T_A \leq 2T_D$$

$$2 \frac{\sqrt{d^2 + x^2}}{c} \leq 2T_D - T_A$$

$$\Rightarrow Tx \text{ discontin} \text{ per } \forall x$$

$$TO \text{ suff} \Leftrightarrow 2d + T_A \leq TO$$

$$\sqrt{d^2 + x^2} \leq \frac{c}{2}(TO - T_A) \rightarrow x \leq 148,7 \text{ km}$$

$$t \leq 29,74 \text{ min} (t_B)$$

$$THR(t = t_B^-) = \frac{3L_D}{2\tau(t_B) + T_A + T_D} = 1,41 \text{ Mbit/s}$$

$$\tau(t_B) = 496,8 \mu s$$

$$THR(0) = \frac{3L_D}{2\tau(0) + T_A + T_D} = 15,6 \text{ Mbit/s}$$

Domanda 3

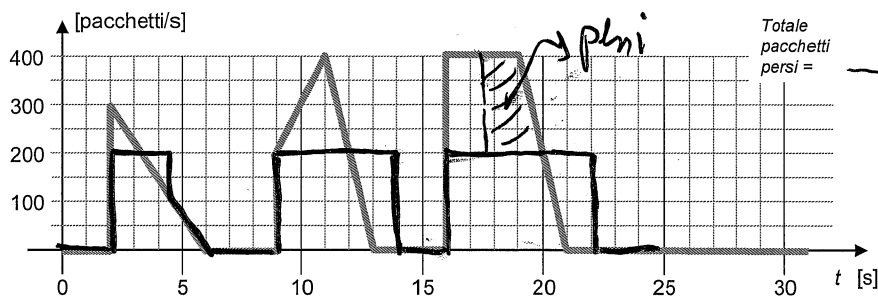
(svolgere su questo foglio negli spazi assegnati) (5 punti)

a) Si consideri un sistema *leaky bucket* caratterizzato dai seguenti parametri (pacchetti di lunghezza costante):

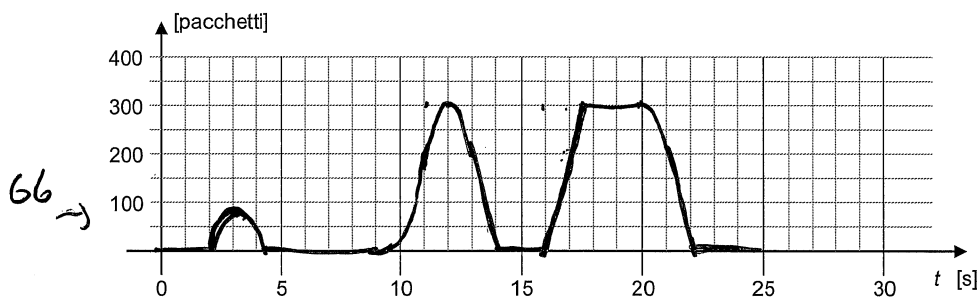
- dimensione del buffer: $W = 300$ pacchetti;
- frequenza di arrivo dei permessi di ritrasmissione (1 permesso rilascia 1 pacchetto): $f_t = 1$ permesso ogni 5 ms.

200 pk/s

Sia dato l'andamento della frequenza di arrivo dei pacchetti rappresentato nel grafico soprastante. Tracciare sullo stesso grafico l'andamento della frequenza di ritrasmissione e indicare il numero di pacchetti persi nell'intervallo 0-30 s. Nel grafico sotto, tracciare l'andamento del numero di pacchetti nel buffer $N(t)$.



$$\begin{aligned} &\rightarrow 1,5 \Delta \cdot 200 \text{ p/s} + \\ &+ 1 \Delta \cdot 200 \text{ p/s} \cdot \frac{1}{2} = \\ &= 400 \text{ pacch.} \end{aligned}$$



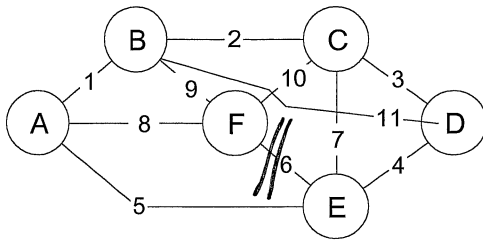
c) Descrivere le funzioni di un *policer* e di uno *shaper* e in particolare per cosa si differenziano. Come dovrei modificare i parametri del *leaky bucket* di questo esercizio, al fine di renderlo un *policer*? e per renderlo uno *shaper*?

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	5	3
D	5	3

B →	Collegam.	Costo
A	9	3
B	-	0
C	2	2
D	9	3

C →	Collegam.	Costo
B	2	5
C	-	0
D	7	2
E	2	4

D →	Collegam.	Costo
A	11	5
C	11	2
D	-	0

E →	Collegam.	Costo
A	6	2
B	6	3
C	5	3
D	5	3
E	-	0

F →	Collegam.	Costo
A	6	2
C	9	3
D	8	2
F	-	0

Al tempo $t=t_1$ si interrompe il collegamento E-F.

DV inviato E → A al tempo $t=t_2$: (5)

A	∞
B	∞
C	3 (∞)
D	3 (∞)
E	0

DV inviato C → E al tempo $t=t_3$: (7)

B	5
C	0
D	2 (∞)
E	4

DV inviato B → F al tempo $t=t_4$: (9)

A	3 (∞)
B	1
C	2 (∞)
D	3 (∞)

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

A →	Collegam.	Costo
A	-	0
B	1	2
C	5	4 (∞)
D	5	4 (∞)
E	5	1

B →	Collegam.	Costo
A	9	3
B	-	0
C	2	1
D	9	3
E	9	0

C →	Collegam.	Costo
B	2	5
C	-	0
D	7	2
E	2	4

D →	Collegam.	Costo
A	11	5
C	11	2
D	-	0

E →	Collegam.	Costo
A	6	∞
B	6	6
C	5	1
D	5	3
E	-	0

F →	Collegam.	Costo
A	9 (6)	4 (∞)
B	9	1
C	9	3
D	8	2
F	-	0

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) Un brano musicale di durata $T = 5'$ è codificato in un file MP6 di lunghezza $L_{MP6} = 2$ Mbyte ($M = 1024^2 \times$). (3 punti)
- 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 $B = 22.050$ kHz (codifica classica musicale hifi)?
 - Con quanti livelli di quantizzazione dovrebbe essere la codifica PCM non compressa del punto precedente, per ottenere un file di lunghezza non superiore al file codificato MP6? (cioè $\leq L_{MP6}$)

a) PCM: $N = 16 \text{ bit/campione}$ $f_c = 44.1 \text{ KHz}$ $T = 300 \text{ s}$

$$L_{PCM} = T \cdot f_c \cdot N = 211,680 \cdot 10^6 \text{ bit}$$

$$\eta = \frac{L_{PCM}}{L_{MP6}} \approx 12,6$$

b) $T \cdot f_c \cdot N \leq L_{MP6} \rightarrow N \leq 1,27 \text{ bit/campione}$

$$\Rightarrow Q = 2 \text{ livelli}$$

- 2) N sorgenti casuali con frequenza di picco 20 Mbit/s e coefficiente di *burstiness* 1/50 trasmettono pacchetti di durata casuale con media $T = 100 \mu\text{s}$. I pacchetti sono inviati su linee in rame di lunghezza $l = 10$ km a un moltiplicatore statistico con buffer infinito e linea di uscita di capacità C . (4 punti)
- 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%?
 - Ricalcolare il risultato C del punto precedente per $T = 10$ ms e $l = 100$ m.
 - Quale dovrebbe essere la dimensione minima del buffer [bit] per essere sicuri di non perdere mai neanche un pacchetto?

a) $100 \cdot 20 \text{ Mbit/s} \cdot \frac{1}{50} \leq 0,40 \cdot C \rightarrow C \geq 100 \text{ Mb/s}$

b) idem

c) ∞

- 3) Quali informazioni contiene, come minimo, la tabella di instradamento di un nodo di commutazione di datagramma? (2 punti)

-
- 4) Descrivere la struttura di una fibra ottica e il suo principio di funzionamento. Fare un esempio di dispositivo utilizzato per generare i segnali trasmessi. (3 punti)

-
- 5) Perché, mentre i protocolli di rete LAN su cavo non utilizzano ACK e NACK per il riscontro delle trame inviate, nelle Wireless LAN gli ACK sono stati invece ritenuti necessari? Illustrare due motivazioni (non limitarsi ad enunciare). (2 punti)

Cognome e nome:

Matr.

Firma:

$N=500$

