

Fondamenti di Internet e Reti – SOLUZIONE!!!!!!!!!!!!

Proff. A. Capone, M. Cesana, F. Musumeci, A. Pattavina

4° Appello – 14 Gennaio 2020

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

Es.1

Es.2

Es.3

Ques.

Lab.

Esercizio 1*

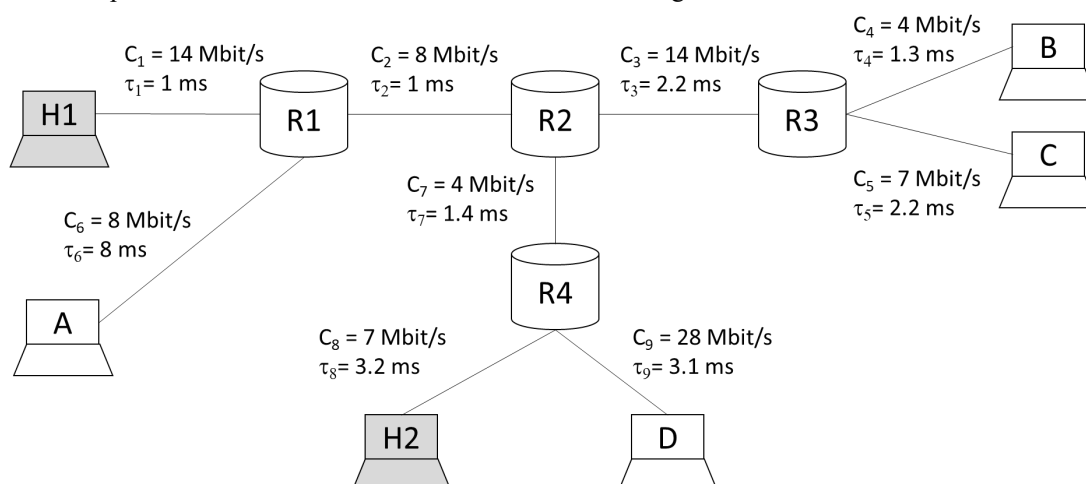
(5 punti)

Nella rete a commutazione di pacchetto in figura, al tempo $t=0$ sono presenti 2 pacchetti in H1 diretti alle due destinazioni D, B e 3 pacchetti in H2 diretti alle tre destinazioni C, A, B (al tempo $t=0$ sia H1 che H2 iniziano la trasmissione). **Si indichino tali pacchetti, rispettivamente, con D1, B1, C1, A1, B2.** Si assuma che tutti i router (R1, R2, R3 e R4) siano nodi store&forward, e che abbiano tutti ritardo di elaborazione trascurabile.

Si assuma che i pacchetti abbiano tutti dimensione fissa e pari a $L = 7$ kbyte.

- Si utilizzino le tabelle sottostanti per indicare gli istanti di inizio trasmissione di ciascun pacchetto nei vari nodi attraversati.
- Calcolare l'istante di fine ricezione di ciascuno dei pacchetti, indicando tali istanti, rispettivamente, con T_{D1} , T_{B1} , T_{C1} , T_{A1} , T_{B2} e riportando tali valori nell'ultima colonna delle tabelle sottostanti.

Si riportino nello spazio vuoto al disotto della tabella i calcoli e/o i disegni necessari a determinare i risultati in tabella.



Pacchetti inviati da H1

Pacchetto	inizio tx in H1	inizio tx in R1	inizio tx in R2	inizio tx in R3	inizio tx in R4	fine ricezione a destinazione
D1 (H1→D)	$T_{D1,H1}=0$ ms	$T_{D1,R1}=5$ ms	$T_{D1,R2}=13$ ms		$T_{D1,R4}=28.4$ ms	$T_{D1}=33.5$ ms
B1 (H1→B)	$T_{B1,H1}=4$ ms	$T_{B1,R1}=12$ ms	$T_{B1,R2}=20$ ms	$T_{B1,R3}=26.2$ ms		$T_{B1}=41.5$ ms

Pacchetti inviati da H2

Pacchetto	inizio tx in H2	inizio tx in R4	inizio tx in R2	inizio tx in R1	inizio tx in R3	fine ricezione a destinazione
C1 (H2→C)	$T_{C1,H2}=0$ ms	$T_{C1,R4}=11.2$ ms	$T_{C1,R2}=26.6$ ms		$T_{C1,R3}=32.8$ ms	$T_{C1}=43$ ms
A1 (H2→A)	$T_{A1,H2}=8$ ms	$T_{A1,R4}=25.2$ ms	$T_{A1,R2}=40.6$ ms	$T_{A1,R1}=48.6$ ms		$T_{A1}=63.6$ ms
B2 (H2→B)	$T_{B2,H2}=16$ ms	$T_{B2,R4}=39.2$ ms	$T_{B2,R2}=54.6$ ms		$T_{B2,R3}=60.8$ ms	$T_{B2}=76.1$ ms

* NOTA BENE: Per TUTTI GLI ESERCIZI si adotta il PUNTO (".") come separatore delle cifre decimali. Non si usa separatore per le migliaia.

SOLUZIONE

$$T_1 = \frac{L}{C_1} = \frac{7 * 8 \text{ kbit}}{14 \text{ Mbit/s}} = 4 \text{ ms}$$

$$T_2 = \frac{L}{C_2} = \frac{7 * 8 \text{ kbit}}{8 \text{ Mbit/s}} = 7 \text{ ms}$$

$$T_3 = \frac{L}{C_3} = \frac{7 * 8 \text{ kbit}}{14 \text{ Mbit/s}} = 4 \text{ ms}$$

$$T_4 = \frac{L}{C_4} = \frac{7 * 8 \text{ kbit}}{4 \text{ Mbit/s}} = 14 \text{ ms}$$

$$T_5 = \frac{L}{C_5} = \frac{7 * 8 \text{ kbit}}{7 \text{ Mbit/s}} = 8 \text{ ms}$$

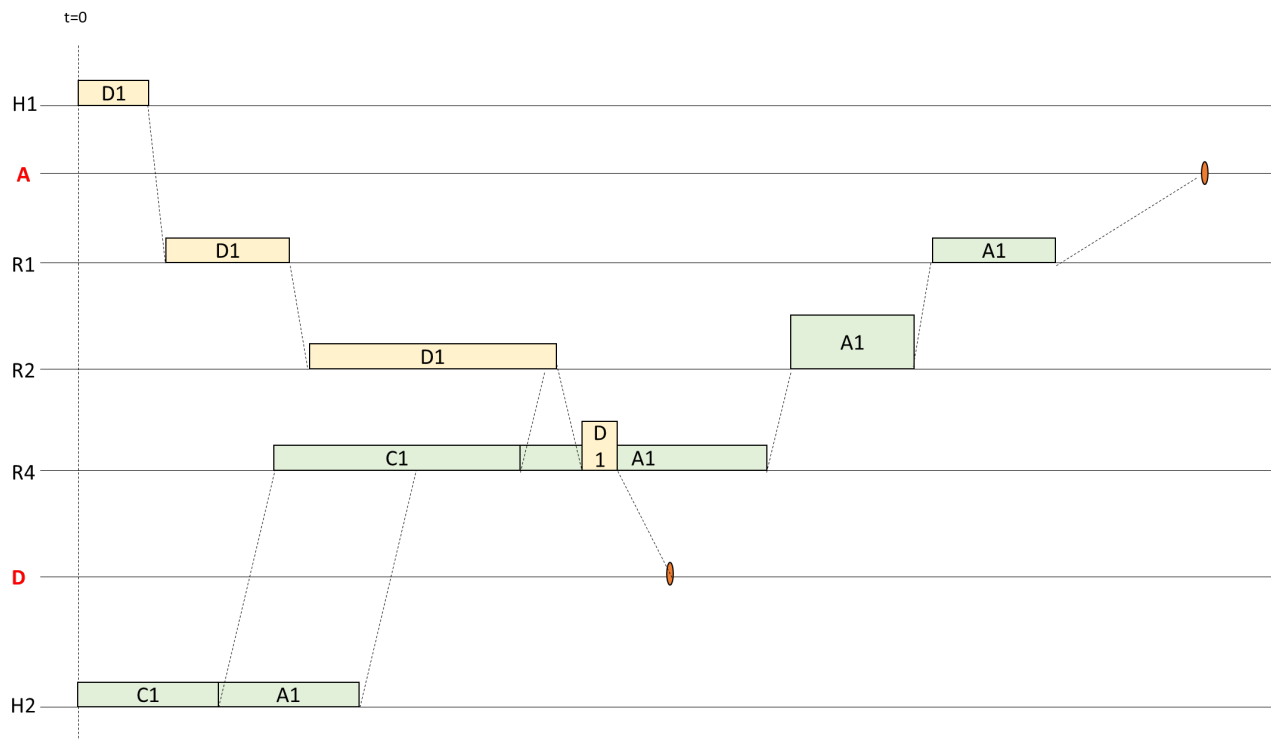
$$T_6 = \frac{L}{C_6} = \frac{7 * 8 \text{ kbit}}{8 \text{ Mbit/s}} = 7 \text{ ms}$$

$$T_7 = \frac{L}{C_7} = \frac{7 * 8 \text{ kbit}}{4 \text{ Mbit/s}} = 14 \text{ ms}$$

$$T_8 = \frac{L}{C_8} = \frac{7 * 8 \text{ kbit}}{7 \text{ Mbit/s}} = 8 \text{ ms}$$

$$T_9 = \frac{L}{C_9} = \frac{7 * 8 \text{ kbit}}{28 \text{ Mbit/s}} = 2 \text{ ms}$$

Pacchetti verso A-D



Con riferimento alla figura sopra, si ha

$$T_{D1} = T_1 + \tau_1 + T_2 + \tau_2 + T_7 + \tau_7 + T_9 + \tau_9 = 33.5 \text{ ms}$$

$$T_{A1} = T_8 + \tau_8 + 2T_7 + \tau_7 + T_2 + \tau_2 + T_6 + \tau_6 = 63.6 \text{ ms}$$

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

Pacchetti verso B-C

Si noti che al nodo R2 convergono i pacchetti provenienti da H1/H2 e diretti alle destinazioni B/C, che si contendono la risorsa trasmissiva sul link R2-R3 (C₃).

Per stabilire l'ordine di trasmissione dei pacchetti B1, C1 e B2 sul collegamento R2-R3 bisogna calcolare gli istanti di arrivo di questi pacchetti al nodo R2.

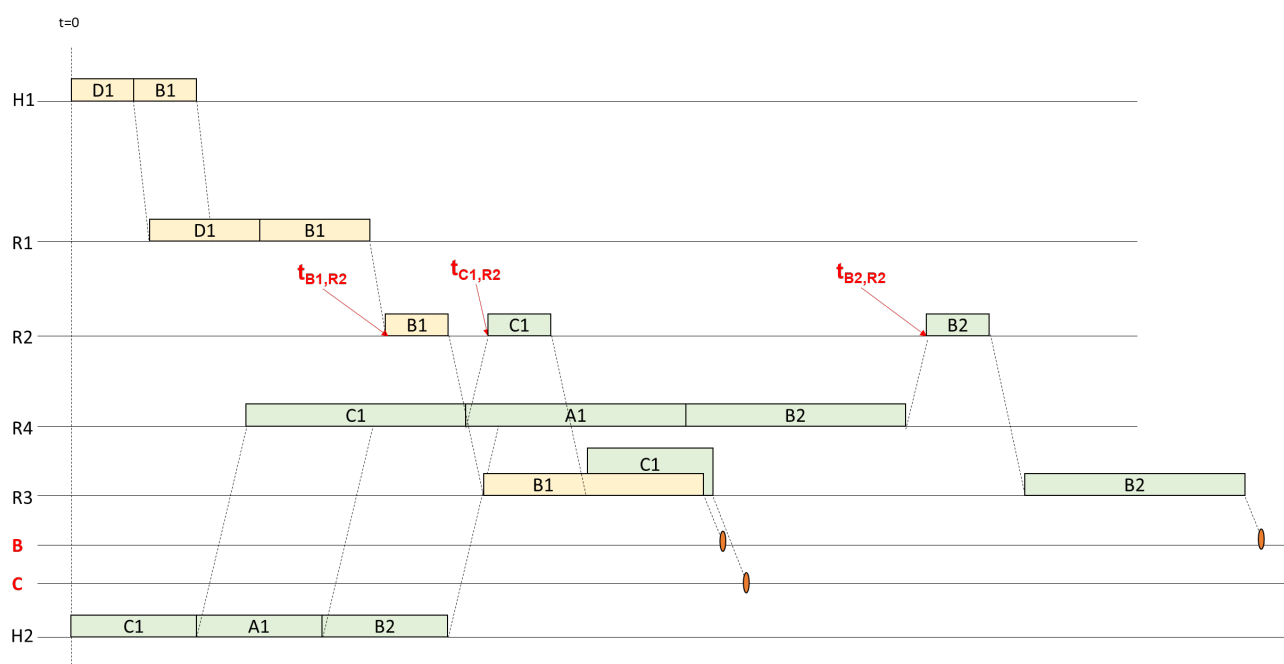
$$t_{B1,R2} = T_1 + \tau_1 + 2T_2 + \tau_2 = 20 \text{ ms}$$

$$t_{C1,R2} = T_8 + \tau_8 + T_7 + \tau_7 = 26.6 \text{ ms}$$

$$t_{B2,R2} = T_8 + \tau_8 + 3T_7 + \tau_7 = 54.6 \text{ ms}$$

Pertanto, l'ordine con cui vengono trasmessi tali pacchetti è B1, C1, B2 (si veda la figura sotto).

(N.B. Tali istanti di tempo coincidono con gli istanti di inizio trasmissione dei pacchetti B1, C1 e B2 sul collegamento R2-R3. Ciò non però è sempre verificato, in quanto dipende dalle differenze di capacità tra i vari link attraversati.).



Si ha, in definitiva:

$$T_{B1} = t_{B1,R2} + T_3 + \tau_3 + T_4 + \tau_4 = T_1 + \tau_1 + 2T_2 + \tau_2 + T_3 + \tau_3 + T_4 + \tau_4 = 41.5 \text{ ms}$$

$$T_{C1} = t_{C1,R2} + T_3 + \tau_3 + T_5 + \tau_5 = T_8 + \tau_8 + T_7 + \tau_7 + T_3 + \tau_3 + T_5 + \tau_5 = 43 \text{ ms}$$

$$T_{B2} = t_{B2,R2} + T_3 + \tau_3 + T_4 + \tau_4 = T_8 + \tau_8 + 3T_7 + \tau_7 + T_3 + \tau_3 + T_4 + \tau_4 = 76.1 \text{ ms}$$

Esercizio 2

(6 punti)

Un router ha la seguente configurazione (interfacce e tabella di *routing*).

Interfaccia	IP	Netmask	MTU	
Eth0	72.10.12.5	255.255.254.0	400 [byte]	72.10.12.0/23
Eth1	200.1.69.50	255.255.192.0	1200 [byte]	200.1.64.0/18
Wifi2	72.10.2.23	255.255.248.0	800 [byte]	72.10.0.0/21

Tabella di routing:

Riga n.	Network	Netmask	Next hop	
1	72.10.94.64	255.255.255.192	72.10.2.33	Wifi2
2	200.8.0.0	255.248.0.0	72.10.12.254	Eth0
3	200.1.0.0	255.255.224.0	72.10.1.10	Wifi2
4	70.10.0.0	255.255.0.0	72.10.13.7	Eth0
5	0.0.0.0	0.0.0.0	200.1.66.10	Eth1

Il router riceve al livello 3 i pacchetti elencati sotto, per ciascuno dei quali è riportato l'IP di destinazione, l'interfaccia da cui è stato ricevuto il pacchetto, la dimensione, il valore del *flag do-not-fragment* (D), ed il valore corrente del Time To Live (TTL).

Compilando la tabella sottostante, si indichi, per ciascun pacchetto, quale delle seguenti azioni viene operata: **pacchetto inoltrato**, **pacchetto scartato**, **pacchetto inviato ai livelli superiori**. Nel caso il pacchetto venga inoltrato, si specifichi se si tratta di un inoltro diretto o indiretto, su quale interfaccia viene inoltrato il pacchetto ed eventualmente la relativa riga della tabella di routing. Nel caso il pacchetto venga scartato, se ne specifichi il motivo, indicando anche le informazioni (tipo di inoltro, interfaccia ed eventualmente riga della tabella di routing) eventualmente usate per l'inoltro (diretto o indiretto) qualora non fosse stato necessario scartare il pacchetto.

N.	IP destinazione	Interfaccia ingresso	Dimensione	Flag D	TTL
1	200.10.12.4	Eth1	600 [byte]	D=1	20
2	72.10.1.7	Eth1	500 [byte]	D=1	2
3	72.10.13.255	Eth0	200 [byte]	D=1	1
4	200.13.0.7	Eth1	600 [byte]	D=1	1
5	200.1.6.2	Wifi2	700 [byte]	D=1	4
6	200.1.70.2	Eth0	600 [byte]	D=1	25

Pacchetto n.	Azione	Tipo di inoltro (diretto/indiretto)	Riga tabella di routing	Interfaccia (<u>solo se usata</u>)	Motivo di scarto (<u>solo se il pacchetto è scartato</u>)
1	scartato	(indiretto)*	(2)*	(Eth0)*	dim<MTU e D=1
2	inoltrato	diretto	-	Wifi2	-
3	passato ai liv. superiori	-	-	-	-
4	scartato	(indiretto)*	(2)*	(Eth0)*	TTL=0
5	inoltrato	indiretto	3	Wifi2	-
6	inoltrato	diretto	-	Eth1	-

* tra parentesi sono indicate le informazioni che si sarebbero avute nel caso il pacchetto non fosse stato scartato

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

Esercizio 3

(7 punti)

All'istante $t=0$ l'host A apre una connessione TCP (**senza fast-retransmit**) per inviare all'host B un file di dimensione $D = 1.3$ Mbyte (**si ipotizzi una apertura di connessione di tipo *two-way handshake***). Il ritardo di propagazione su ciascuno dei tre link sia dato da $\tau = 4$ ms. La connessione TCP tra gli host A e B è caratterizzata dai seguenti parametri: lunghezze di header e ack trascurabili, link bidirezionali e simmetrici (uguale capacità in entrambe le direzioni), RCWND = 6 MSS, Ssthresh = 4 MSS, MSS = 30 kbyte, valore del time out iniziale $T_o = 50$ ms (**si assuma che il time-out per un dato segmento venga avviato all'inizio della trasmissione del segmento stesso**).

- a) Stabilire se la trasmissione su uno dei tre link diventa mai continua e, in caso affermativo, indicare di seguito l'istante di tempo t_c a partire dal quale diventa continua e su quale link si verifica la condizione di continuità:

$t_c =$ _____ (trasmissione continua sul link _____)

- b) Si indichi di seguito l'istante di tempo t_{tot} in cui il trasferimento del file viene completato (ovvero l'istante in cui si completa la ricezione dell'ultimo riscontro in A):

$t_{tot} =$ _____

- c) Ripetere il punto b) nel caso in cui il terzo e il quarto segmento trasmessi da A siano persi, **supponendo che il TCP scarti i segmenti ricevuti fuori sequenza**. Indicare inoltre quanti e quali segmenti vengono ricevuti fuori sequenza (si indichino di seguito i risultati):

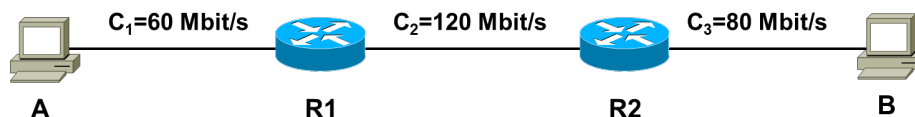
$t_{tot}' =$ _____

segmenti ricevuti fuori sequenza: _____

- d) Ripetere il punto c) nel caso in cui la connessione TCP usata adotti la tecnica di **fast retransmit**, **supponendo che il TCP scarti i segmenti ricevuti fuori sequenza**. Indicare inoltre quanti e quali segmenti vengono ricevuti fuori sequenza (si indichino di seguito i risultati):

$t_{tot}'' =$ _____

segmenti ricevuti fuori sequenza: _____



SOLUZIONE

Il file è costituito da un numero di segmenti pari a $N = \left\lceil \frac{D}{MSS} \right\rceil = 44$

di cui

- $(N-1) = 43$ di lunghezza massima pari a $L = MSS = 30$ kbyte,
- e l'ultimo di lunghezza inferiore pari a $L' = D - (N-1)L = 1300$ kbyte - 1290 kbyte = 10 kbyte

$$T_1 = L/C_1 = 4 \text{ ms}$$

$$T_2 = L/C_2 = 2 \text{ ms}$$

$$T_3 = L/C_3 = 3 \text{ ms}$$

$$RTT = T_1 + T_2 + T_3 + 6\tau = L/C_1 + L/C_2 + L/C_3 + 6\tau = 4 \text{ ms} + 2 \text{ ms} + 3 \text{ ms} + 24 \text{ ms} = 33 \text{ ms}$$

a)

La trasmissione può diventare continua sul link 1 non appena la finestra di trasmissione W_c è tale da soddisfare la condizione $W_c T_1 > RTT$, da cui $W_c > RTT / T_1 = 8.25 \text{ MSS} \rightarrow W_c = 9 \text{ MSS}$.

Poiché la finestra di ricezione ha valore fisso $RCWND = 6 \text{ MSS}$, la trasmissione non è mai continua.

b)

Facendo riferimento alla figura qui sotto, si ha:

$$t_{\text{setup}} = 6\tau = 24 \text{ ms}$$

$$T_1' = L'/C_1 = 1.33 \text{ ms}$$

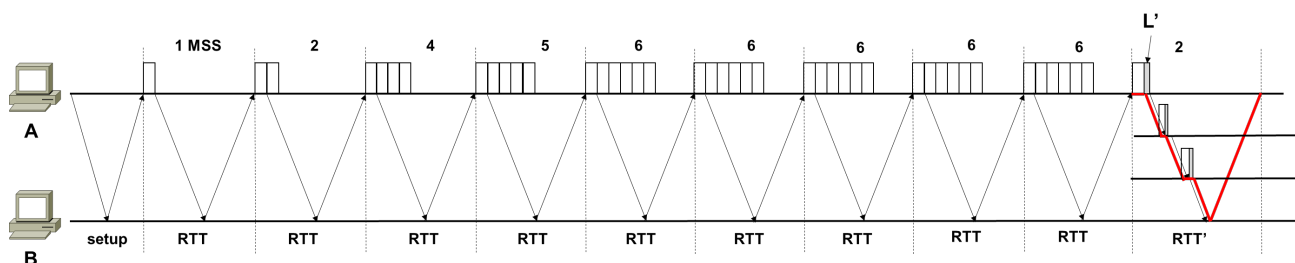
$$T_2' = L'/C_2 = 0.66 \text{ ms}$$

$$T_3' = L'/C_3 = 1 \text{ ms}$$

$$RTT' = T_1 + \tau + T_2 + \tau + T_3 + \tau + T_3' = RTT + T_3' = RTT + L'/C_3 = 34 \text{ ms}$$

N.B. L'accodamento peggiore è subito dal pacchetto L' sul collegamento R2-B, in quanto $T_3 > T_2 > T_1$

$$t_{tot} = t_{\text{setup}} + 9\text{RTT} + \text{RTT}' = (24 + 297 + 34) \text{ ms} = 355 \text{ ms}$$

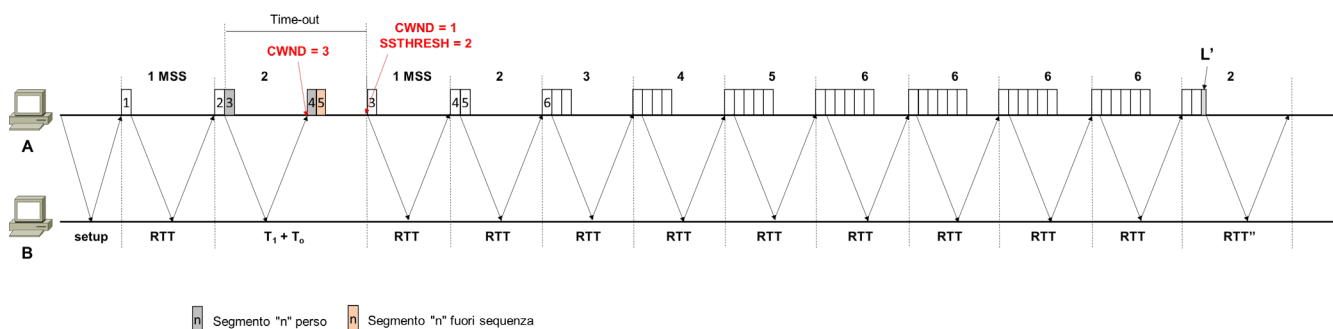


c)

Facendo riferimento alla figura qui sotto, si ha:

$$RTT'' = RTT' + T_1 = 38 \text{ ms}$$

$$t_{tot}' = t_{\text{setup}} + \text{RTT} + T_1 + T_o + 9\text{RTT} + \text{RTT}'' = t_{\text{setup}} + 10\text{RTT} + T_1 + T_o + \text{RTT}'' = (24 + 330 + 4 + 50 + 38.33) \text{ ms} = 446 \text{ ms}$$



Si notino i nuovi valori di CWND e SSTHRESH nel momento in cui scade il timeout del segmento n. 3.

L'unico segmento ricevuto fuori sequenza (e scartato) è il numero 5.

d)

Utilizzare fast retransmit in questo caso non ha alcun vantaggio perché i segmenti fuori sequenza vengono scartati, pertanto:

$$t_{tot}'' = t_{tot}' = 446 \text{ ms}$$

Anche in questo caso, l'unico segmento ricevuto fuori sequenza (e scartato) è il numero 5.

Cognome e nome:*(stampatello)**(firma leggibile)***Matricola:****Esercizio 4 - Domande**

(9 punti)

- a) Un moltiplicatore TDM sfrutta un canale di capacità $C=150$ Mbit/s per servire $N=50$ utenti suddivisi in due tipologie, ovvero, $n_A=40$ utenti di tipologia A trasmettono ciascuno a velocità C_A , ed $n_B=10$ utenti di tipologia B trasmettono ciascuno a velocità $C_B=2 \cdot C_A$. Il sistema definisce una struttura di trama da $S=120$ slot; in ciascuno slot vengono trasmessi $k=500$ kbit. Si calcolino:
- la durata della trama di moltiplicazione, T_T [s] e di ciascuno slot, T_S [s],
 - il numero di slot assegnati a ciascun utente di tipologia A (S_A) e tipologia B (S_B) e le corrispondenti velocità di trasmissione C_A e C_B .

*(3 punti)***SOLUZIONE**

$$T_T = \frac{S \cdot k}{C} = \frac{120 \cdot 500 \text{ [kbit]}}{150 \text{ [Mbit/s]}} = 400 \text{ ms}$$

$$T_S = \frac{T_T}{S} = \frac{k}{C} = 3.33 \text{ ms}$$

$$n_A C_A + n_B C_B = C \rightarrow n_A C_A + n_B 2 C_A = C \rightarrow C_A = \frac{C}{(n_A + 2 n_B)} = \frac{150 \text{ [Mbit/s]}}{60} = 2.5 \text{ Mbit/s}$$

$$C_B = 2 C_A = 5 \text{ Mbit/s}$$

Poiché gli utenti di tipologia B trasmettono a velocità doppia rispetto agli utenti di tipologia A, sarà valida anche la relazione $S_B = 2 \cdot S_A$, pertanto si ottiene:

$$S = n_A S_A + n_B S_B = n_A S_A + n_B 2 S_A = (n_A + 2 n_B) S_A \rightarrow S_A = \frac{S}{(n_A + 2 n_B)} = \frac{120}{60} = 2 \rightarrow S_B = 2 S_A = 4$$

- b) Indicare se le seguenti osservazioni sono vere o false motivando la risposta. RISPOSTE NON MOTIVATE SARANNO CONSIDERATE ERRATE.
- 1 – Nell'esecuzione dell'algoritmo di routing Bellman-Ford, ad ogni passo si ottiene un sotto-albero del MST ottenuto al passo finale.
 - 2 – Nell'header UDP il campo Window serve ad indicare il valore corrente della finestra di ricezione.
 - 3 – Con il protocollo CSMA/CD non possono mai verificarsi collisioni di trame perché le stazioni ascoltano il canale prima di trasmettere.

*(3 punti)***SOLUZIONE**

1 – FALSO, ciò è vero invece per l'algoritmo di Dijkstra.

2 – FALSO, nell'header UDP non viene usato il campo Window. E' usato invece nell'header TCP.

3 – FALSO, le collisioni possono comunque avvenire a causa del ritardo di propagazione non nullo delle LAN.

- c) Si consideri il blocco di indirizzi CIDR 140.27.96.0/20. Quante sottoreti /26 si possono ottenere da questo blocco e quanti sono gli indirizzi assegnabili ad host in ciascuna sottorete? Scrivere in formato decimale (D) e binario (B) l'indirizzo della sottorete /26 n° 17 (si assuma che la prima rete è la n° 0, la seconda rete è la n° 1 e così via) e l'indirizzo di broadcast diretto.

(3 punti)

Numero sottoreti /26: 2²⁶⁻²⁰=2⁶=64

Numero di indirizzi assegnabili ad host: 2³²⁻²⁶-2=2⁶-2=62

Indirizzo della rete n° 17 (D): 140.27.100.64/26

Indirizzo della rete n° 17 (B): 10001100.00011011.01100100.01000000

Indirizzo di broadcast della rete n° 17 (D): 140.27.100.127/26

Indirizzo di broadcast della rete n° 17 (B): 10001100.00011011.01100100.01111111