
Fondamenti di Internet e Reti

Prof. Francesco Musumeci

1° Appello – 27 Giugno 2018

Cognome e nome: **SOLUZIONE**

(stampatello)
(firma leggibile)

Matricola:

Esercizio 1*

(7 punti)

Un ISP gestisce il blocco di indirizzi 154.22.0.0/18. Nel **Gennaio 2017**, la società Alfa, inizialmente costituita dalle sole reti A, B, C, D ed E, interconnesse attraverso i router R1, R2, R3 ed R4 come in figura (porzione di rete a sinistra), si rivolge ad un ISP per ottenere un blocco di indirizzi IP sufficiente a soddisfare le proprie necessità di indirizzamento. L'ISP assegna così ad Alfa il blocco di indirizzi 154.22.0.0/22. Nel frattempo, nel mese di **Maggio 2017**, anche un'altra società, la società **Beta**, si rivolge allo stesso ISP per ottenere degli indirizzi IP in grado di ospitare, all'interno di un'unica rete IP, **1624 host**. L'ISP assegnerà a Beta un blocco di dimensioni minime a soddisfarne le esigenze, con indirizzi IP immediatamente successivi e contigui a quelli già assegnati ad Alfa.

- a) Si indichi di seguito il blocco assegnato a **Beta**, usando la notazione decimale puntata:

_____ **154.22.8.0** _____ / _____ **21** _____

- b) Effettuare il piano di indirizzamento per la società Alfa. Per ciascuna sottorete definire l'indirizzo di rete, la *netmask* (in formato decimale puntato), e l'indirizzo di broadcast diretto, usando la Tabella 1. **Assegnare gli indirizzi alle sottoreti a partire da quelli più bassi del blocco 154.22.0.0/22.** (Suggerimento: fare attenzione alla presenza dei collegamenti punto-punto tra i router. Indicare con la dicitura "Net-Rx-Ry" le sottoreti di questo tipo eventualmente presenti in Alfa.)
- c) Durante il 2017, i profitti per la società Alfa sono in crescita, pertanto nel **Gennaio 2018** la società Alfa decide di estendere il proprio insieme di host con le reti F e G ed installando il router R5 (si veda la figura, porzione di rete a destra). Alfa quindi tenta di sfruttare gli indirizzi residui nel blocco precedentemente assegnatole, **senza modificare l'indirizzamento per le reti presenti già nell'anno precedente**. Indicare se la società Alfa ha necessità di richiedere ulteriori indirizzi all'ISP. Qualora ciò sia necessario, assumere che l'ISP assegni ad Alfa un blocco di dimensioni minime a soddisfarne le esigenze, con indirizzi IP immediatamente successivi e contigui a quelli assegnati a Beta.

Si indichi di seguito il blocco aggiuntivo eventualmente assegnato ad Alfa, usando la notazione decimale puntata:

_____ **154.22.16.0** _____ / _____ **25** _____

- d) Effettuare l'assegnamento degli indirizzi per le nuove reti completando la Tabella 1.
- e) Assegnare a ogni interfaccia di router l'indirizzo più grande possibile compatibilmente con i vincoli sugli indirizzi riservati, compilando la Tabella 2. Si usi la notazione "*RnX*" (*n*=1,2,3,4,5; *X*=A,B,...) per indicare l'interfaccia del router *Rn* verso la rete *X*, ed "*Rn-Rm*" per indicare l'interfaccia del router *Rn* verso il router *Rm*.
- f) Scrivere nella Tabella 3 la tabella di inoltro (diretto e indiretto) del router R4 nel modo più compatto possibile e che minimizzi il numero di salti per raggiungere la rete di destinazione. Si preveda l'utilizzo di un'opportuna rotta per indirizzare le (sotto)reti al di fuori della società Alfa.

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

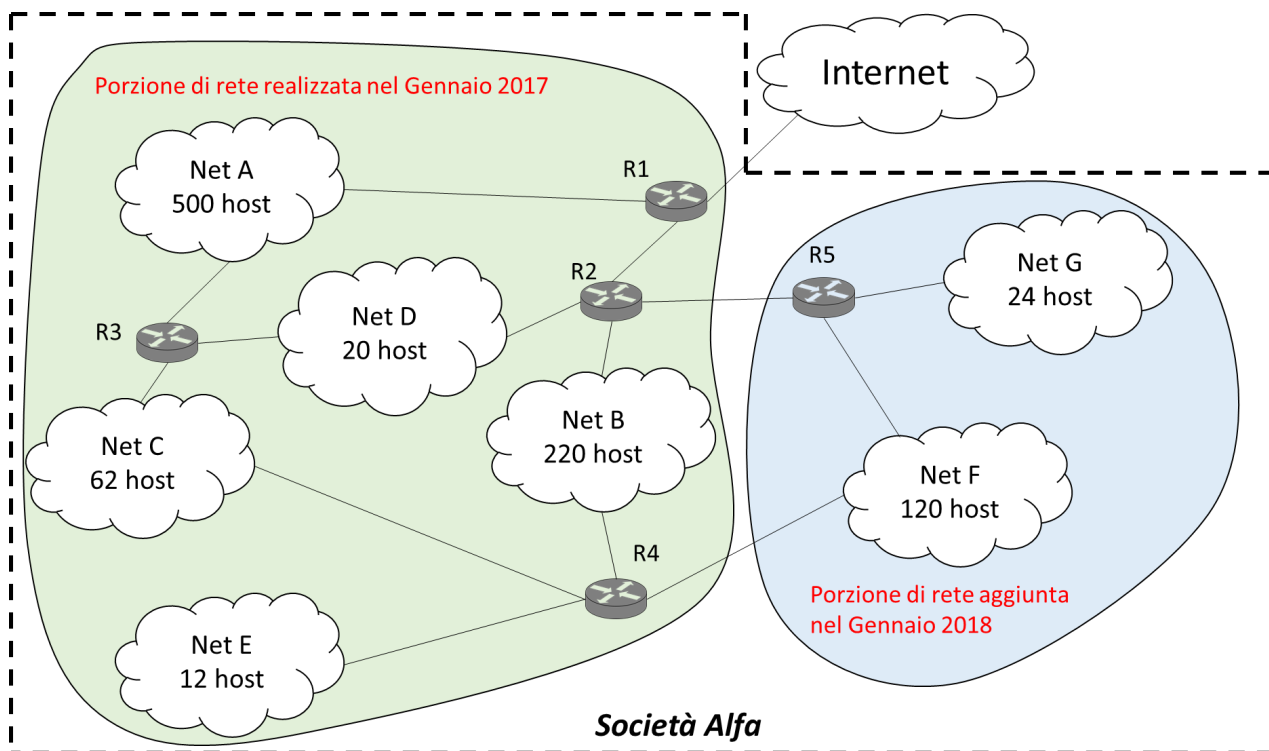


Tabella 1 (Usare la notazione decimale puntata)

Rete	Indirizzo di rete	Netmask	Ind. broadcast diretto
A	154.22.0.0	255.255.254.0	154.22.1.255
B	154.22.2.0	255.255.255.0	154.22.2.255
C	154.22.3.0	255.255.255.128	154.22.3.127
D	154.22.3.128	255.255.255.224	154.22.3.159
E	154.22.3.160	255.255.255.240	154.22.3.175
Net-R1-R2	154.22.3.176	255.255.255.252	154.22.3.179
F	154.22.16.0	255.255.255.128	154.22.8.127
G	154.22.3.192	255.255.255.224	154.22.3.223
Net-R2-R5	154.22.3.180	255.255.255.252	154.22.3.183

Tabella 2 (Usare la notazione decimale puntata)

Interfacce Router

R1	R1A	154.22.1.254	255.255.254.0
	R1-R2	154.22.3.178	255.255.255.252
R2	R2B	154.22.2.254	255.255.255.0
	R2D	154.22.3.158	255.255.255.224
	R2-R1	154.22.3.177	255.255.255.252
	R2-R5	154.22.3.182	255.255.255.252

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

R3	R3A	154.22.1.253	255.255.254.0
	R3C	154.22.3.126	255.255.255.128
	R3D	154.22.3.157	255.255.255.224
R4	R4B	154.22.2.253	255.255.255.0
	R4C	154.22.3.125	255.255.255.128
	R4E	154.22.3.174	255.255.255.240
	R4F	154.22.16.126	255.255.255.128
R5	R5F	154.22.16.125	255.255.255.128
	R5G	154.22.3.222	255.255.255.224
	R5-R2	154.22.3.181	255.255.255.252

Tabella 3 (Usare la notazione decimale puntata)

Tabella di Routing di R4

B	154.22.2.0	255.255.255.0	direct
C	154.22.3.0	255.255.255.128	direct
E	154.22.3.160	255.255.255.240	direct
F	154.22.16.0	255.255.255.128	direct
A*	154.22.0.0	255.255.254.0	154.22.3.126 (R3C)
G	154.22.3.192	255.255.255.224	154.22.16.125 (R5F)
Default (incl. D, R1-R2, R2-R5, Int.)*	0.0.0.0	0.0.0.0	154.22.2.254 (R2B)

* si può prevedere anche una default route alternativa (verso R3C), che include A, D e Int., ed una rotta aggregata per Net-R1-R2 e Net-R2-R5 (verso R2B) in sostituzione alla riga dedicata ad A (rimane la riga dedicata a G)

Rete A: $500 (\text{host}) + 2 (\text{interfaccia router}) + 2 (\text{rete \& broadcast})$ indirizzi → /23

Rete B: $220 + 2 + 2$ indirizzi → /24

Rete C: $62 + 2 + 2$ indirizzi → /25

Rete D: $20 + 2 + 2$ indirizzi → /27

Rete E: $12 + 1 + 2$ indirizzi → /28

Net-R1-R2: $0 + 2 + 2$ indirizzi → /30

Beta: $1624 + 1 + 2$ → /21

Rete F: $120 + 2 + 2$ indirizzi → /25 (nuovo blocco)

Rete G: $24 + 1 + 2$ indirizzi → /27

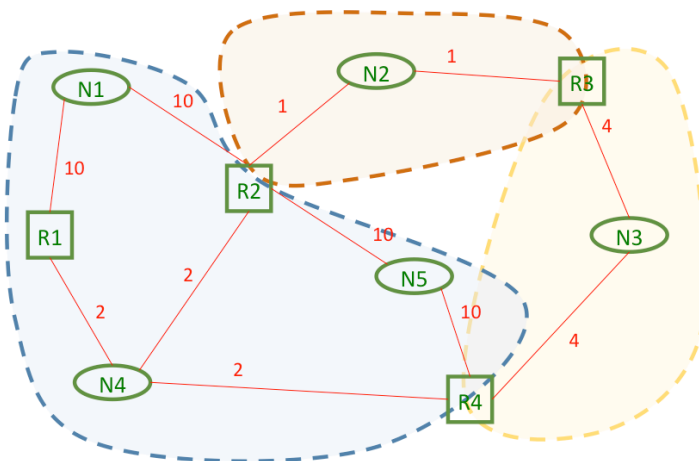
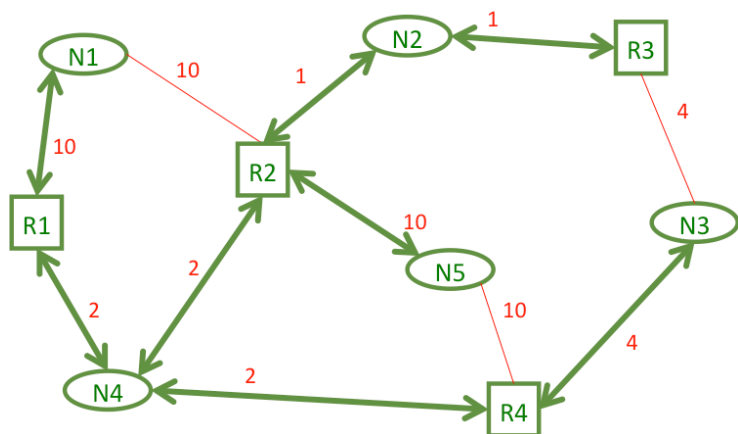
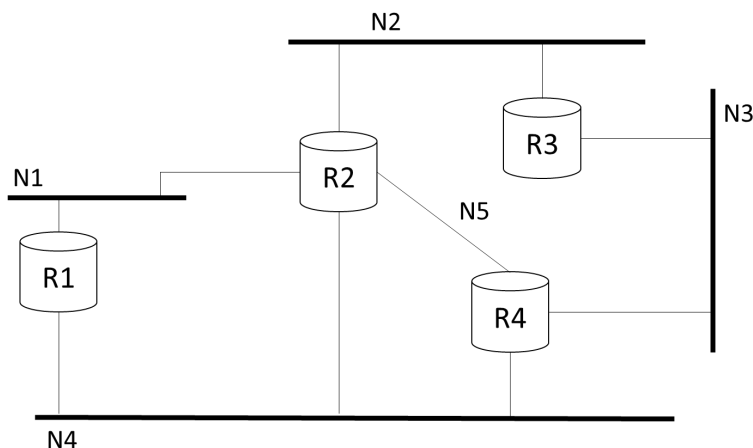
Net-R2-R5: $0 + 2 + 2$ indirizzi → /30

Esercizio 2

(5 punti)

Si consideri la rete in figura composta da **4 router** (R1, R2, R3, R4) e **5 reti** (N1, N2, N3, N4, N5).

- Si rappresenti la rete con un grafo che ha come nodi i **router** (indicati con **quadrati**) e le reti (indicati con **cerchi**), e come archi le interfacce dei **router** con le reti. Il peso di ciascun arco del grafo è pari a $100/C$, dove C è la capacità della rete in Mbit/s. Le velocità delle reti sono: $C_{N1} = 10$ Mbit/s, $C_{N2} = 100$ Mbit/s, $C_{N3} = 25$ Mbit/s, $C_{N4} = 50$ Mbit/s, $C_{N5} = 10$ Mbit/s.
- Si calcolino i cammini minimi da R1 verso tutti i nodi usando l'algoritmo di *Dijkstra*, compilando la tabella sottostante. Per ciascun passo si riportino nella colonna "MST" i nodi del grafo che sono parte del MST.
- Si assuma la rete usi il protocollo OSPF e sia divisa in tre aree. Area 1 (R1, R2, R4, N1, N4, N5), Area 2 (R2, R3, N2), Area 3 (R3, R4, N3). Si disegni la topologia della rete vista dal router R1.



Fondamenti di Internet e Reti

Prof. Francesco Musumeci

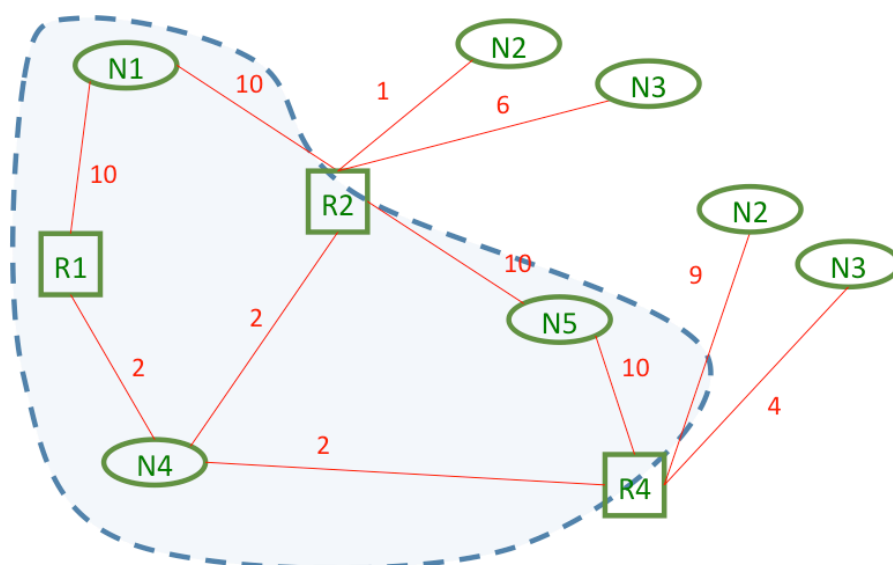
1° Appello – 27 Giugno 2018

Cognome e nome:

(stampatello)
(firma leggibile)

Matricola:

Step	MST	R1	R2	R3	R4	N1	N2	N3	N4	N5
0	(vuoto)	(-, 0)	(-, inf)	(-, inf)	(-, inf)	(R1, 10)	(-, inf)	(-, inf)	(R1, 2)	(-, inf)
1	R1		(-, inf)	(-, inf)	(-, inf)	(R1, 10)	(-, inf)	(-, inf)	(R1, 2)	(-, inf)
2	R1, N4		(N4, 4)	(-, inf)	(N4, 4)	(R1, 10)	(-, inf)	(-, inf)		(-, inf)
3	..., R2			(-, inf)	(N4, 4)	(R1, 10)	(R2, 5)	(-, inf)		(R2, 14)
4	..., R4			(-, inf)		(R1, 10)	(R2, 5)	(R4, 8)		(R2, 14)
5	..., N2			(N2, 6)		(R1, 10)		(R4, 8)		(R2, 14)
6	..., R3					(R1, 10)		(R4, 8)		(R2, 14)
7	..., N3					(R1, 10)				(R2, 14)
8	..., N1									(R2, 14)
9	..., N5									



Esercizio 3

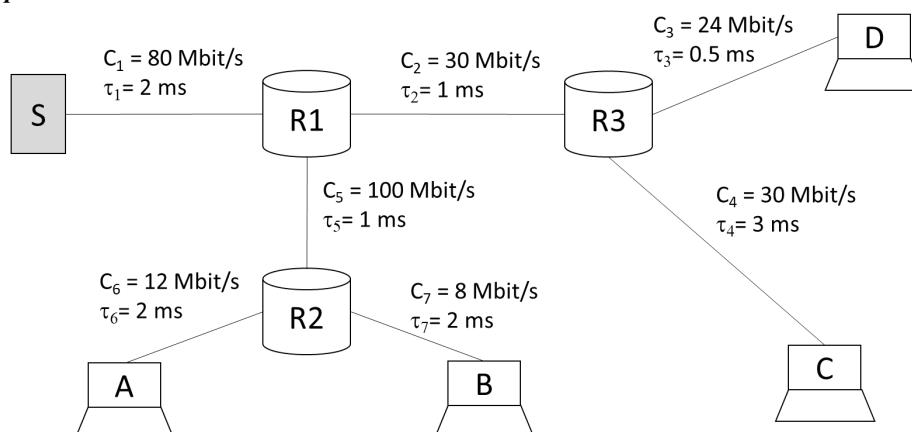
(5 punti)

Nella rete in figura sono rappresentati 3 router (R1, R2 e R3), un client (C) e un server HTTP (S). Accanto ad ogni collegamento è indicata la capacità di trasmissione del canale e il ritardo di propagazione del collegamento stesso. Nella rete sono presenti anche 3 ulteriori host (A, B, D) tra cui sono stati instaurati i seguenti flussi interferenti di lunga durata: 4 tra A e D, 4 tra B e D.

Si assuma che il client HTTP in C voglia scaricare una pagina web contenuta del server in S. La capacità del collegamento tra S e C è limitata dal collegamento che costituisce il collo di bottiglia della rete. La pagina web è composta da un documento base (html) di $L_{\text{html}}=3$ kbyte e da 12 immagini ciascuna di $L_{\text{ogg}}=450$ kbyte. Assumendo che i messaggi di controllo usati per aprire una connessione TCP ed i messaggi di GET HTTP abbiano lunghezza trascurabile, si chiede di calcolare il tempo di trasferimento dell'intera pagina web (documento base e 12 immagini) nei seguenti casi:

- il client C utilizza un'unica connessione TCP persistente per il documento base e le immagini;
- il client C utilizza connessioni TCP non persistenti; qualora sia possibile, le connessioni TCP sono aperte in parallelo (in modalità *senza pipelining*);
- il client C utilizza connessioni TCP non persistenti senza la possibilità di aprirne diverse in parallelo.

N.B. Per il calcolo delle velocità di trasmissione utilizzabili dalle varie connessioni TCP, si assuma il principio di *condivisione equa delle risorse*.



Si indichino di seguito i risultati finali e si usi lo spazio sottostante per mostrare i conti fatti.

- $T_{\text{tot},a} =$ _____
- $T_{\text{tot},b} =$ _____
- $T_{\text{tot},c} =$ _____

SOLUZIONE

$$RTT_{CS} = 12 \text{ ms}$$

$$a) \quad C_{CS, \text{html}} = C_{CS, \text{ogg}} = 10 \text{ Mbit/s} (= C_{R1-R3} - (C_{R2-A} + C_{R2-B}))$$

$$T_{CS, \text{html}} = L_{\text{html}} / C_{CS, \text{html}} = 24[\text{kbit}] / 10[\text{Mbit/s}] = 2.4 \text{ ms}$$

$$T_{CS, \text{ogg}} = L_{\text{html}} / C_{CS, \text{ogg}} = 3600[\text{kbit}] / 10[\text{Mbit/s}] = 360 \text{ ms}$$

$$T_{\text{tot},a} = RTT_{CS} + (RTT_{CS} + T_{CS, \text{html}}) + 12 (RTT_{CS} + T_{CS, \text{ogg}}) = 4490.4 \text{ ms}$$

$$b) \quad C'_{CS, \text{html}} = 10 \text{ Mbit/s} (= C_{R1-R3} - (C_{R2-A} + C_{R2-B}))$$

$$C'_{CS, \text{ogg}} = 1.5 \text{ Mbit/s} (= C_{R1-R3} / 20)$$

$$T'_{CS, \text{html}} = L_{\text{html}} / C'_{CS, \text{html}} = 24[\text{kbit}] / 10[\text{Mbit/s}] = 2.4 \text{ ms}$$

$$T'_{CS, \text{ogg}} = L_{\text{html}} / C'_{CS, \text{ogg}} = 3600[\text{kbit}] / 1.5[\text{Mbit/s}] = 2400 \text{ ms}$$

Cognome e nome:*(stampatello)**(firma leggibile)***Matricola:**

$$T_{\text{tot,b}} = RTT_{\text{CS}} + (RTT_{\text{CS}} + T'_{\text{CS,html}}) + RTT_{\text{CS}} + (RTT_{\text{CS}} + T'_{\text{CS,ogg}}) = 2450.4 \text{ ms}$$

c) $C_{\text{CS,html}} = C_{\text{CS,ogg}} = 10 \text{ Mbit/s} (= C_{\text{R1-R3}} - (C_{\text{R2-A}} + C_{\text{R2-B}}))$

$$T_{\text{CS,html}} = L_{\text{html}} / C_{\text{CS,html}} = 24[\text{kbit}] / 10[\text{Mbit/s}] = 2.4 \text{ ms}$$

$$T_{\text{CS,ogg}} = L_{\text{ogg}} / C_{\text{CS,ogg}} = 3600[\text{kbit}] / 10[\text{Mbit/s}] = 360 \text{ ms}$$

$$T_{\text{tot,a}} = RTT_{\text{CS}} + (RTT_{\text{CS}} + T_{\text{CS,html}}) + 12 [RTT_{\text{CS}} + (RTT_{\text{CS}} + T_{\text{CS,ogg}})] = 4634.4 \text{ ms}$$

Esercizio 4

(9 punti)

- a) Una sorgente ON-OFF emette dati ad una **frequenza media** di $A=1$ Mbit/s. Sapendo che ad ogni ciclo $T_{ON}+T_{OFF}$ la durata dei periodi di attività della sorgente è pari a 2 ms, si determini il **massimo** valore del fattore di burstiness della sorgente, B_{max} , tale per cui un blocco dati di $D = 20$ kbyte sia trasmesso in meno di $N=10$ cicli completi $T_{ON}+T_{OFF}$.

(3 punti)

SOLUZIONE

$$L = D/N = 16 \text{ kbit}$$

$$P_{min} = L / T_{ON} = 8 \text{ Mbit/s}$$

$$B_{max} = A / P_{min} = 1/8$$

- b) Durante una sessione TCP, l'algoritmo di Jacobson stima valor medio (RTT_{av}) e deviazione standard (RTT_{dev}) del RTT per calcolare il timeout secondo la formula

$$T = RTT_{av} + 2 RTT_{dev}$$

Si assuma che ad un dato istante, siano date le seguenti stime di tali valori, $RTT_{av}^{(0)} = 8$ ms e $RTT_{dev}^{(0)} = 2$ ms. Per i due segmenti successivi si misura un RTT di $RTT_{last}^{(1)} = 24$ ms e $RTT_{last}^{(2)} = 8$ ms.

Si indichino nella tabella i valori di RTT_{av} , RTT_{dev} , e del Timeout alla ricezione di ciascuno dei due segmenti considerando $(1-\alpha) = 7/8$ come peso della stima precedente di RTT_{av} e $(1-\beta) = 3/4$ come peso della stima precedente di RTT_{dev} .

Si usi la tabella per indicare i risultati finali e lo spazio sottostante per mostrare i conti fatti.

	RTT_{last}	RTT_{av}	RTT_{dev}	Timeout
$RTT_{av}^{(0)} = 8$ ms				
$RTT_{dev}^{(0)} = 2$ ms	$RTT_{last}^{(1)} = 24$	$RTT_{av}^{(1)} = 10$ ms	$RTT_{dev}^{(1)} = 5.5$ ms	$T^{(1)} = 21$ ms
	$RTT_{last}^{(2)} = 8$	$RTT_{av}^{(2)} = 9.75$ ms	$RTT_{dev}^{(2)} = 4.625$ ms	$T^{(2)} = 19$ ms

(3 punti)

SOLUZIONE

$$RTT_{av}^{(1)} = (1-\alpha) RTT_{av}^{(0)} + \alpha RTT_{last}^{(1)} = (7/8 * 8 + 1/8 * 24) \text{ ms} = 10 \text{ ms}$$

$$RTT_{dev}^{(1)} = (1-\beta) RTT_{dev}^{(0)} + \beta |RTT_{last}^{(1)} - RTT_{av}^{(0)}| = (3/4 * 2 + 1/4 * |24-8|) \text{ ms} = 5.5 \text{ ms}$$

$$T^{(1)} = RTT_{av}^{(1)} + 2 RTT_{dev}^{(1)} = 21 \text{ ms}$$

$$RTT_{av}^{(2)} = (1-\alpha) RTT_{av}^{(1)} + \alpha RTT_{last}^{(2)} = (7/8 * 10 + 1/8 * 8) \text{ ms} = 9.75 \text{ ms}$$

$$RTT_{dev}^{(2)} = (1-\beta) RTT_{dev}^{(1)} + \beta |RTT_{last}^{(2)} - RTT_{av}^{(1)}| = (3/4 * 5.5 + 1/4 * |8-10|) \text{ ms} = (4.125+0.5) \text{ ms} = 4.625 \text{ ms}$$

$$T^{(2)} = RTT_{av}^{(2)} + 2 RTT_{dev}^{(2)} = 19 \text{ ms}$$

SOLUZIONE ALTERNATIVA (“meno corretta”)

$$RTT_{av}^{(1)} = (1-\alpha) RTT_{av}^{(0)} + \alpha RTT_{last}^{(1)} = (7/8 * 8 + 1/8 * 24) \text{ ms} = 10 \text{ ms}$$

$$RTT_{dev}^{(1)} = (1-\beta) RTT_{dev}^{(0)} + \beta |RTT_{last}^{(1)} - RTT_{av}^{(1)}| = (3/4 * 2 + 1/4 * |24-10|) \text{ ms} = 5 \text{ ms}$$

$$T^{(1)} = RTT_{av}^{(1)} + 2 RTT_{dev}^{(1)} = 20 \text{ ms}$$

Cognome e nome:

(stampatello)

(firma leggibile)

Matricola:

$$RTT_{av}^{(2)} = (1-\alpha) RTT_{av}^{(1)} + \alpha RTT_{last}^{(2)} = (7/8 * 10 + 1/8 * 8) \text{ ms} = 9.75 \text{ ms}$$

$$RTT_{dev}^{(2)} = (1-\beta) RTT_{dev}^{(1)} + \beta |RTT_{last}^{(2)} - RTT_{av}^{(2)}| = (3/4 * 5 + 1/4 * |8-9.75|) \text{ ms} = (3.75+0.4375) \text{ ms} = 4.1875 \text{ ms}$$

$$T^{(2)} = RTT_{av}^{(2)} + 2 RTT_{dev}^{(2)} = 18.125 \text{ ms}$$

- c) In un collegamento punto-punto tra due stazioni A e B, che adottano il protocollo di linea di tipo HDLC, la stazione B riceve la seguente stringa di bit

0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0

Si ipotizza che il numero dei bit che costituiscono i vari campi della trama, ad eccezione dei flag, sia arbitrario (anche nullo) e quindi diverso da quello previsto nello standard HDLC. Sapendo che il polinomio divisore è $D(X)=X^5+X^4+X^3+X$ si chiede di:

- Indicare il numero di bit b_{FCS} = _____ che costituiscono il campo FCS
- Riportare di seguito tali bit: _____
- Determinare se la stringa ricevuta è affetta da errore, riportando i calcoli necessari ad ottenere la risposta. Suggerimento: indicare di seguito le espressioni dei polinomi $P(X)$, $R(X)$ e $P'(X)$, secondo la notazione usata in aula.

$P(X) =$ _____

$R(X) =$ _____

$P'(X) =$ _____

(3 punti)

SOLUZIONE

- $b_{FCS}=5=k$
- FCS: 11011
- $P(X) = X^{10}+X^9+X^8+X^7+X^6 + X^4+X^3+X^2+X^1+X^0$
 $R(X) = X^4+X^3 + X^1+X^0$
 $P'(X)=P(X)*X^5+R(X)= X^{15}+X^{14}+X^{13}+X^{12}+X^{11} + X^9+X^8+X^7+X^6+X^5+X^4+X^3 + X^1+X^0$

$X^{15}+X^{14}+X^{13}+X^{12}+X^{11} + X^9+X^8+X^7+X^6+X^5+X^4+X^3 + X^1+X^0$	$D(X)= X^5+X^4+X^3+X$
$X^{15}+X^{14}+X^{13} + X^{11}$	$X^{10}+X^7+X^6+X$
$X^{12} + X^9+X^8+X^7+X^6+X^5+X^4+X^3 + X^1+X^0$	
$X^{12}+X^{11}+X^{10} + X^8$	
$X^{11}+X^{10}+X^9 + X^7+X^6+X^5+X^4+X^3 + X^1+X^0$	
$X^{11}+X^{10}+X^9 + X^7$	
$X^6+X^5+X^4+X^3 + X^1+X^0$	
$X^6+X^5+X^4 + X^2$	
$X^3+X^2+X^1+X^0$	

$R(X) \neq 0 \rightarrow$ stringa errata