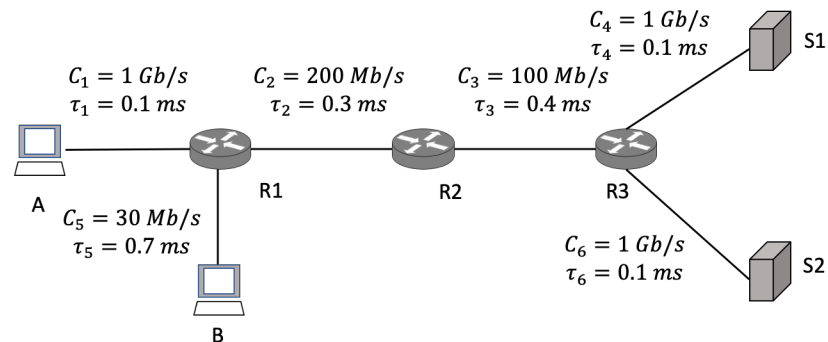


# Fondamenti di Comunicazioni e Internet

Esame del 14-06-2021

## Esercizio 1

(6 punti)



Si consideri la rete in figura. Al tempo  $t=0$ , le code di uscita di A e di B contengono i pacchetti destinati alle seguenti destinazioni

Coda di A: S\_1 S\_1 R\_3

Coda di B: S\_2 S\_1

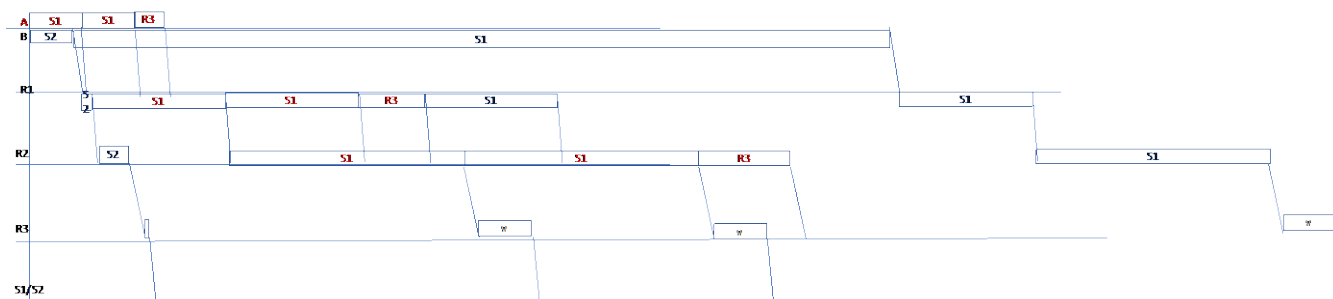
I pacchetti destinati a S\_1 hanno lunghezza  $LS_1 = 1200$  kbyte, i pacchetti destinati a S\_2 hanno lunghezza  $L_{S_2} = 30$  kbyte e il pacchetto destinato a R\_3 ha lunghezza 700 kbyte. Si calcoli il tempo di ricezione dei 5 pacchetti alle loro destinazioni finali.

Soluzione:

I tempi di trasmissione dei singoli pacchetti sui singoli link sono dati da (in [ms]):

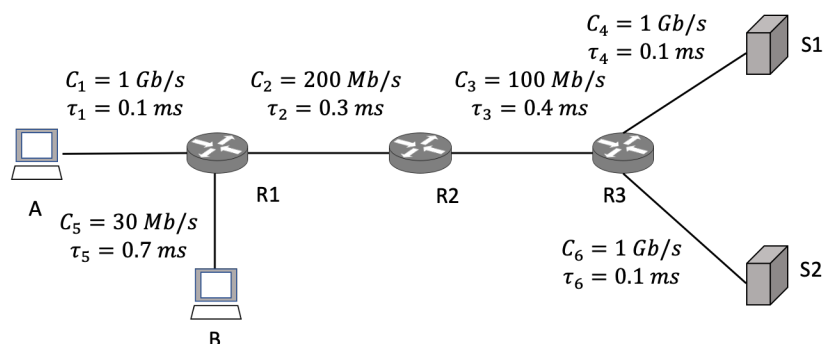
	Link 1	Link 2	Link 3	Link 4	Link 5	Link 6
S1	9,6	48	96	9,6	320	NA
S2	NA	1,2	2,4	NA	8	0,24
R3	5,6	28	56	NA	NA	NA

	Partenza da A	Partenza da B	Arrivo R1	Partenza R1	Arrivo R2	Partenza R2	Arrivo R3	Partenza R3	Arrivo S1/S2
A-S1	0		9,7	9,9	58,2	58,2	154,6	154,6	164,3
A-S1	9,6		19,3	57,9	106,2	164,2	250,6	250,6	260,3
A-R3	19,2		24,9	105,9	134,2	250,2	306,6		
B-S2		0	8,7	8,7	10,2	10,2	13	13	13,34
B-S1		8	328,7	328,7	377	377	473	473	483,1



## Esercizio 2

(6 punti)



Si consideri la rete in figura. Il server S2 deve trasferire un file di  $F=70$  kB al client A usando una connessione TCP. Si assuma che la connessione TCP sia già aperta, che  $MSS=700$  B,  $SSTHRESH=11200$  B, segmenti di riscontro trascurabili,  $RCVWND$  molto grande.

- Si calcoli il tempo di trasferimento complessivo (fino alla ricezione dell'ultimo riscontro) in assenza di errori.
- Si calcoli il tempo di trasferimento complessivo (fino alla ricezione dell'ultimo riscontro) assumendo che vada perso il 16esimo segmento, che il time out sia pari a 5 ms (avviato all'inizio della trasmissione di ciascun pacchetto), e che il ricevitore accetti anche pacchetti fuori sequenza ricevuti correttamente.

Soluzione:

$F=100$  MSS

$SSTHRESH=16MSS$

$RTT=1,8952$  ms

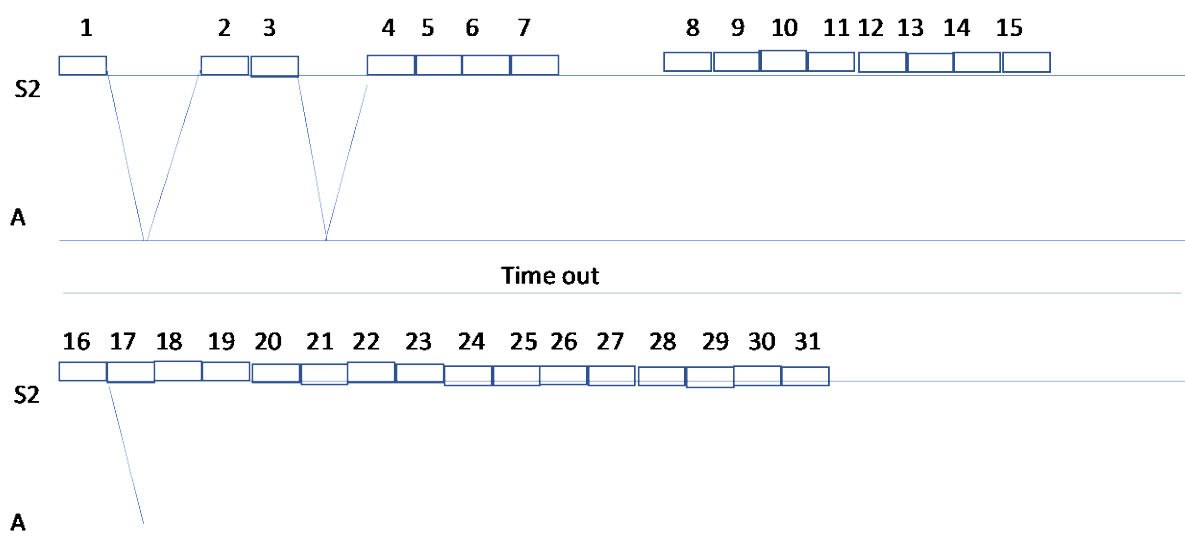
a)

TX continua sul link 3 quando  $W \geq 33,84$  MSS

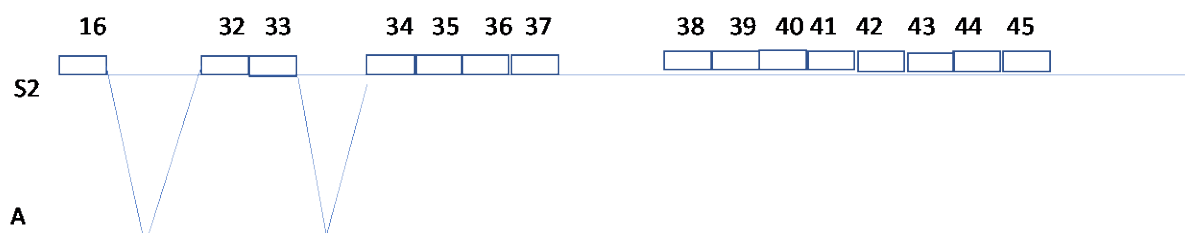
1MSS-2MSS-4MSS-8MSS-16MSS-17MSS-18-MSS-19MSS-15MSS

$T_{tot}=9RTT+14T_3=17,84$ ms

b)  $T_{tot} = 4RTT + 5ms + 9RTT + 12T_3 = 30,3ms$



Allo scadere del time out,  $CWND=1MSS$  e  $SSTHRESH=8MSS$



L'evoluzione dopo la scadenza del time out sarà: 1 MSS-2MSS-4MSS-8MSS-9MSS-10MSS-11MSS-12MSS-13MSS

### Esercizio 3

#### (6 punti)

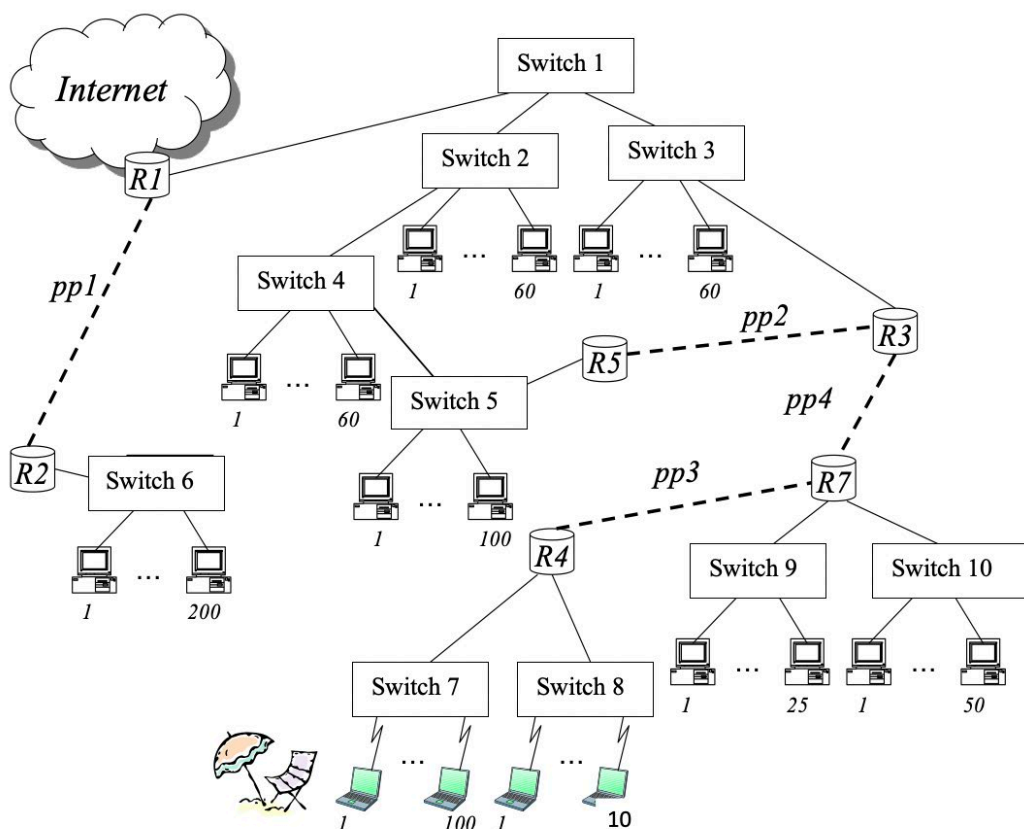
Una organizzazione possiede il seguente spazio di indirizzamento IP: 124.121.64.0/22. L'architettura di rete è rappresentata in figura. Definire un piano di indirizzamento in grado di supportare il numero di *host* indicato nella figura (il numero di host comprende anche le interfacce dei router collegati alle rispettive sottoreti).

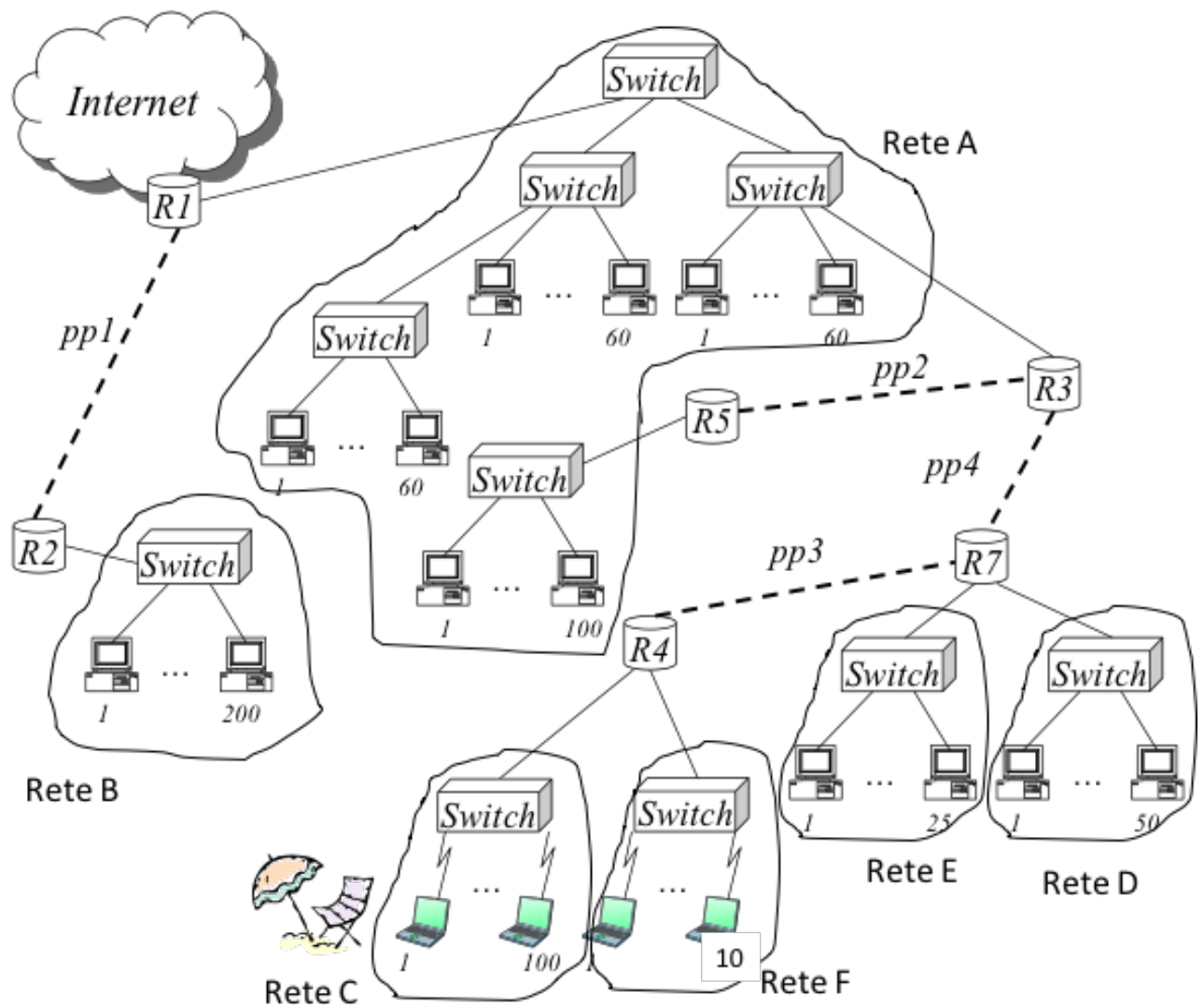
- Indicare le sottoreti IP graficamente nella figura, mettendo in evidenza i confini tra le reti IP ed assegnando una lettera identificativa a ciascuna rete. Assegnare le lettere in ordine alfabetico iniziando dalla rete più grande e procedendo per dimensione decrescente ( $\#$  indirizzi rete  $A \leq \#$  indirizzi rete  $B \leq \dots$ ). 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 124.121.64.0/22.
- Scrivere nella tabella 2 la tabella di instradamento del router R7 nel modo più compatto possibile dopo aver assegnato opportunamente degli indirizzi ai router a cui R7 è connesso direttamente.

### Versione online

Una organizzazione possiede il seguente spazio di indirizzamento IP: 124.121.64.0/22. L'architettura di rete è rappresentata in figura. Definire un piano di indirizzamento in grado di supportare il numero di *host* indicato nella figura (il numero di *host* comprende anche le interfacce dei router collegati alle rispettive sottoreti).

- Indicare le sottoreti IP specificando quali switch e rispettivi utenti fanno parte della stessa rete IP ed assegnando una lettera identificativa a ciascuna rete. Assegnare le lettere in ordine alfabetico iniziando dalla rete IP più grande e procedendo per dimensione decrescente ( $\# \text{ indirizzi rete A} \leq \# \text{ indirizzi rete B} \leq \dots$ ). 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 124.121.64.0/22.
- Scrivere nella tabella 2 la tabella di instradamento del router R7 nel modo più compatto possibile dopo aver assegnato opportunamente degli indirizzi ai router a cui R7 è connesso direttamente.





Rete A:	280 host,	9 bit necessari nella parte di host dell'indirizzo di rete
Rete B:	200 host,	8 bit necessari nella parte di host dell'indirizzo di rete
Rete C:	100 host,	7 bit necessari nella parte di host dell'indirizzo di rete
Rete D:	50 host,	6 bit necessari nella parte di host dell'indirizzo di rete
Rete E:	25 host	5 bit necessari nella parte di host dell'indirizzo di rete
Rete F:	10 host	4 bit necessari nella parte di host dell'indirizzo di rete
pp1-pp4:	2 host,	2 bit necessari nella parte di host dell'indirizzo di rete

Indirizzo originale: 124.121.64/22

Applico una netmask con un "1" in più (/23) definendo così 2 sottoreti con 9 bit disponibili per la parte di host.

124.121.64.0/23	Rete A, indirizzo di broadcast diretto: 124.121.65.255
124.121.66.0/23	disponibile

A partire dall'indirizzo 124.121.66.0/23, applico una netmask con un "1" in più (/24) definendo così 2 sottoreti con 8 bit disponibili per la parte di host.

124.121.66.0/24 Rete B, indirizzo di broadcast diretto: 124.121.66.255  
124.121.67.0/24

A partire dall'indirizzo 124.121.67.0/24, applico una netmask con un "1" in più (/25) definendo così 2 sottoreti con 7 bit disponibili per la parte di host.

124.121.67.0/25 Rete C, indirizzo di broadcast diretto: 124.121.67.127  
124.121.67.128/25 disponibile

A partire dall'indirizzo 124.121.67.128/25, applico una netmask con un "1" in più (/26) definendo così 2 sottoreti con 7 bit disponibili per la parte di host.

124.121.67.128/26 Rete D, indirizzo di broadcast diretto: 124.121.67.191  
124.121.67.192/26

A partire dall'indirizzo 124.121.67.192/26, applico una netmask con un "1" in più (/27) definendo così 2 sottoreti con 5 bit disponibili per la parte di host.

124.121.67.192/27 Rete E, indirizzo di broadcast diretto: 124.121.67.223  
124.121.67.224/27 disponibile

A partire dall'indirizzo 124.121.67.224/27, applico una netmask con un "1" in più (/28) definendo così 2 sottoreti con 4 bit disponibili per la parte di host.

124.121.67.224/28 Rete F, indirizzo di broadcast diretto: 124.121.67.239  
124.121.67.240/28 disponibile

A partire dall'indirizzo 124.121.67.240/28, applico una netmask con due "1" in più (/30) definendo così 4 sottoreti con 2 bit disponibili per la parte di host.

124.121.67.240/30 pp1, indirizzo di broadcast diretto: 124.121.67.243  
124.121.67.244/30 pp2, indirizzo di broadcast diretto: 124.121.67.247  
124.121.67.248/30 pp3, indirizzo di broadcast diretto: 124.121.67.251  
124.121.67.252/30 pp4, indirizzo di broadcast diretto: 124.121.67.255

La tabella di routing più compatta possibile per il router R7

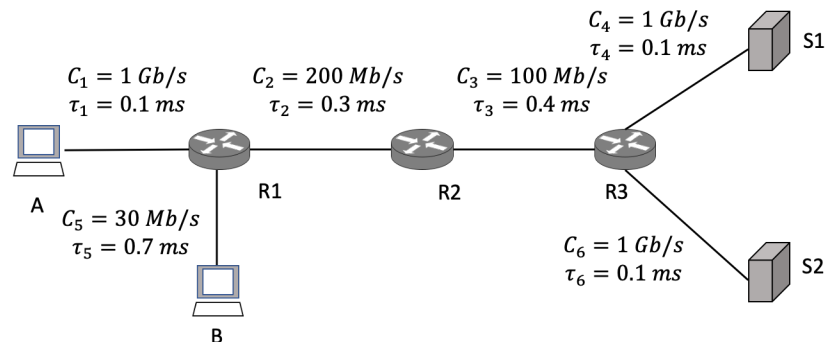
124.121.67.0/25 R4  
124.121.67.224/28 R4  
0.0.0.0 R3



## Quesiti 4

### Domanda 1

(3 punti)



Nella rete in figura il client A vuole scaricare una pagina web dal server S1 costituita da un documento base html di e 8 oggetti. Nella rete sono anche presenti 2 flussi interferenti di lunga durata tra S2 e B. Trovare il rate di trasferimento della pagina html e del singolo oggetto quando si usa il protocollo HTTP in modalità non persistente e con trasferimento in parallelo degli oggetti

Soluzione:

$$R_{html} = 70 \text{ Mb/s}$$

(Link 5 collo di bottiglia per flussi S2-B, Link 3 collo di bottiglia per flusso S1-A con capacità residua  $100-30=70 \text{ Mb/s}$ )

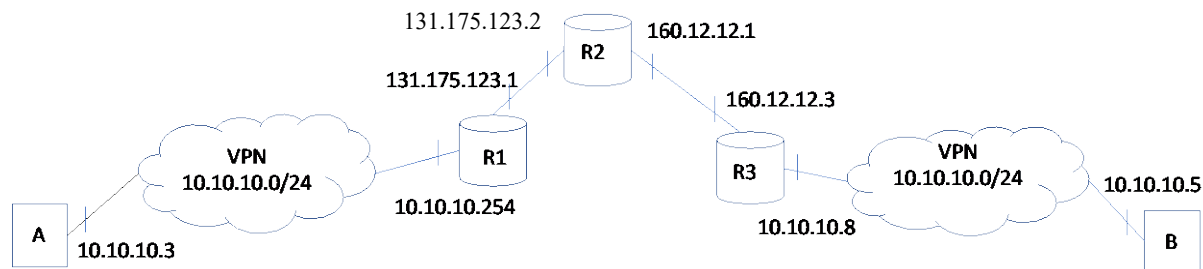
$$R_{obj} = 10 \text{ Mb/s}$$

(Link 3 collo di bottiglia per tutti i  $8+2=10$  flussi)

## Domanda 2

### (3 punti)

La stazione A e la stazione B fanno parte della stessa rete privata virtuale 10.10.10.0/24. I router R1 e R3 implementano incapsulamento IP. R2 è un router della rete pubblica. A invia un pacchetto IP sulla rete privata virtuale verso B. Indicare gli indirizzi IP di sorgente e destinazione del pacchetto in transito tra A e R1, R1-R2, R2-R3 e R3-B.





### Soluzione

	IP Sorgente	IP destinazione
A-R1	10.10.10.3	10.10.10.5
R1-R2	131.175.123.1	160.12.12.3
R2-R3	131.175.123.1	160.12.12.3
R3-B	10.10.10.3	10.10.10.5

### Domanda 3

(3 punti)

Un brano musicale della durata  $t=2$  minuti viene digitalizzato a partire da un segnale musicale di banda  $B=22$  kHz campionato a frequenza di Nyquist e quantizzato con  $l=256$  livelli.

- Quanti brani musicali INTERI dello stesso tipo possono essere memorizzati su una chiavetta USB della capacità di 0,5 Gbyte?

- Nel caso in cui il brano fosse trasmesso su una rete a commutazione di pacchetto tramite pacchetti di lunghezza pari a  $L=1000$  bit a cui sono aggiunti  $h=100$  bit di header, si calcoli la velocità media (in bit/s) del flusso di pacchetti.

### Soluzione

- La dimensione del brano digitalizzato è  $D=44000$  [campioni/s]  $\times$  8 [bit/campione]  $\times$  120[s] = 42,24 Mbit. La chiavetta USB può memorizzare  $N=0,5\text{Gbyte}/42,24\text{ Mbit} = 94,6$  brani ( $\rightarrow$  94 brani interi).

-  $R_b=44000 \times 8$  [bit/s] = 352 kb/s

-  $R_p=R_b/L=352$  pacchetti/s

-  $R_b'=R_p \times (L+h)=387.2$  kb/s