

Fondamenti di Internet e Reti

Esercizi

4 - Esercizi sul livello di rete
Parte A: Indirizzamento e Inoltro

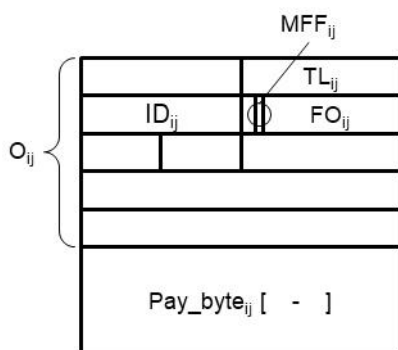
4a.1 - Esercizio

Si consideri la trasmissione di un datagram IP avente campo dati (payload) di $P = 4904$ byte e identificativo 25678, che deve essere trasferito tramite una rete di livello 2 con $MTU = 1172$ byte.

- Disegnare i datagram risultanti in seguito alla necessaria operazione di frammentazione, indicando per ciascuno il valore dei campi: *Total length*, *Identification*, *Fragment offset*, *More-fragment-flag*
- Si supponga che il primo dei datagram di cui al punto a) transiti attraverso una rete di livello 2 con $MTU = 596$ byte. Ripetere il punto precedente per gli ulteriori frammenti risultanti

Si assuma che tutti i datagram IP abbiano header di lunghezza minima (senza campi opzionali).

Soluzione



P = payload of the original IP datagram
 MFF_{ij} = more fragment flag
 TL_{ij} = total length
 FO_{ij} = fragment offset
 ID_{ij} = fragment identifier
 O_{ij} = fragment header length
 P_{ij} = fragment payload
 $Pay_byte_{ij} [b1 \div b2]$ = first and last byte of the payload
 MFF_{ij} = more fragment flag
 MTU_i = maximum transmission unit
 MTU'_i = maximum IP payload
 N_i = number of fragments after fragmentation i

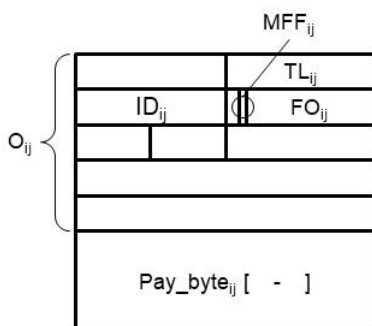
- $i = 1 \rightarrow$ prima frammentazione; $i = 2 \rightarrow$ seconda frammentazione
- j = numero d'ordine del frammento
- $O_{ij} = O = 20 \text{ byte} \forall ij$; $ID_{ij} = 25678 \forall ij$
- $MTU'_1 = MTU_1 - O = 1152 \text{ byte} = \max \{P_{ij}\} \forall j \rightarrow N_1 = \lceil P / MTU'_1 \rceil = 5$
 $P_{11} = P_{12} = P_{13} = MTU'_1 = 1152 \text{ byte}$; $P_{14} = P - 4 \cdot MTU'_1 = 296 \text{ byte}$
- $TL_{ij} = P_{ij} + O \rightarrow TL_{11} = TL_{12} = TL_{13} = TL_{14} = 1172 \text{ byte}$; $TL_{15} = 316 \text{ byte}$
- $MFF_{11} = MFF_{12} = MFF_{13} = MFF_{14} = 1$; $MFF_{15} = 0$
- $Pay_byte_{11} = [0 \div 1151]$; $Pay_byte_{12} = [1152 \div 2303]$; $Pay_byte_{13} = [2304 \div 3455]$; $Pay_byte_{14} = [3456 \div 4607]$; $Pay_byte_{15} = [4608 \div 4903]$
- $FO_{ij} = Pay_byte_{ij}(1) / 8 \rightarrow$
- $FO_{11} = 0$; $FO_{12} = 144$; $FO_{13} = 288$; $FO_{14} = 432$; $FO_{15} = 576$
- $MTU'_2 = MTU_2 - O = 576 \text{ byte} = \max \{P_{2j}\} \forall j \rightarrow N_2 = \lceil P_{11} / MTU'_2 \rceil = 2$
 $P_{21} = P_{22} = MTU'_2 = 576 \text{ byte}$
- $TL_{21} = TL_{22} = 596 \text{ byte}$
- $MFF_{21} = 1$; $MFF_{22} = 1$
- $Pay_byte_{21} = [0 \div 575]$; $Pay_byte_{22} = [576 \div 1151]$
- $FO_{21} = 0$; $FO_{22} = 72$

4a.2 - Esercizio

Si consideri la trasmissione di un datagram IP avente campo dati (payload) di $P = 1175$ byte e identificativo 319, che deve essere trasferito tramite una rete di livello 2 con $MTU_1 = 356$ byte.

- Disegnare i datagram risultanti in seguito alla necessaria operazione di frammentazione, indicando per ciascuno il valore dei campi: *Total length*, *Identification*, *Fragment offset*, *More-fragment-flag*
 - Si supponga che l'ultimo dei datagram di cui al punto a) transiti attraverso una rete di livello 2 con $MTU_2 = 132$ byte. Ripetere il punto precedente per gli ulteriori frammenti risultanti
- a). Si assuma che tutti i datagram IP abbiano header di lunghezza minima (senza campi opzionali).

Soluzione



P = payload of the original IP datagram
 MFF_{ij} = more fragment flag
 TL_{ij} = total length
 FO_{ij} = fragment offset
 ID_{ij} = fragment identifier
 O_{ij} = fragment header length
 P_{ij} = fragment payload
 $Pay_byte_{ij} [b_1 \div b_2]$ = first and last byte of the payload
 MFF_{ij} = more fragment flag
 MTU_1 = maximum transmission unit
 MTU'_1 = maximum IP payload
 N_i = number of fragments after fragmentation i

- $i = 1 \rightarrow$ prima frammentazione; $i = 2 \rightarrow$ seconda frammentazione
- j = numero d'ordine del frammento
- $O_{ij} = O = 20$ byte $\forall ij$; $ID_{ij} = 319 \forall ij$
- $MTU'_1 = MTU_1 - O = 336$ byte = $\max \{P_{1j}\} \forall j \rightarrow$
 $N_1 = \lceil P / MTU'_1 \rceil = 4$
 $P_{11} = P_{12} = P_{13} = MTU'_1 = 336$ byte; $P_{14} = P - 3 \cdot MTU'_1 = 167$ byte
- $TL_{ij} = P_{ij} + O \rightarrow TL_{11} = TL_{12} = TL_{13} = 356$ byte; $TL_{14} = 187$ byte
- $MFF_{11} = MFF_{12} = MFF_{13} = 1$; $MFF_{14} = 0$
- $Pay_byte_{11} = [0 \div 335]$; $Pay_byte_{12} = [336 \div 671]$; $Pay_byte_{13} = [672 \div 1007]$; $Pay_byte_{14} = [1008 \div 1174]$
- $FO_{ij} = Pay_byte_{ij}(1) / 8 \rightarrow$
 $FO_{11} = 0$; $FO_{12} = 42$; $FO_{13} = 84$; $FO_{14} = 126$
- $MTU'_2 = MTU_2 - O = 112$ byte = $\max \{P_{2j}\} \forall j \rightarrow$
 $N_2 = \lceil P_{14} / MTU'_2 \rceil = 2$
 $P_{21} = MTU'_2 = 112$ byte; $P_{22} = P_{14} - 1 \cdot MTU'_2 = 55$ byte
- $TL_{21} = 132$ byte; $TL_{22} = 75$ byte
- $MFF_{21} = 1$; $MFF_{22} = 0$
- $Pay_byte_{21} = [1008 \div 1119]$; $Pay_byte_{22} = [1120 \div 1174]$
- $FO_{21} = 126$; $FO_{22} = 140$

4a.3 - Esercizio

Nel sistema di indirizzamento IP classful, si consideri l'indirizzo della rete 141.12.0.0.

- b). Quante sottoreti /26 si possono ricavare dalla rete base (supponendo che anche gli indirizzi di sottorete con tutti 0 e tutti 1 siano associabili a sottoreti effettive)?
- c). Scrivere in formato decimale puntato la maschera (netmask) delle sottoreti /26
- d). Completare: la sottorete 141.12.168.64 è la sottorete # _____ della rete base [Nota: le sottoreti sono numerate a partire da # 0]

Soluzione

- 141.12.0.0 → classe B, cioè /16
- Numero sottoreti /26: $2^{26-16} = 2^{10} = 1024$
- /22 → 11111111.11111111.11111111.11000000 → 255.255.255.192
- 141.12.168.64 → 10001101.00001100.[10101000.01]000000 →
- # sottorete = 1010100001 = 673

4a.4 - Esercizio

Nel sistema di indirizzamento IP *classfull*, si consideri l'indirizzo della rete 129.16.0.0.

- a) Quante sottoreti /22 possono essere ricavate dalla rete base, assumendo che un identificatore di subnet può anche essere costituito da tutti 0 o tutti 1?

$$N_{22} =$$

- b) Completare: la sottorete 129.16.248.0/22 è la sottorete # _____ della rete base.

- c) Si partizioni ulteriormente la sottorete 129.16.248.0/22 in N sottoreti / n che permettano di indirizzare almeno 64 host ognuna (a questi host si assegnano host-id adiacenti a partire dal valore più piccolo possibile).

- ☐ Qual è la lunghezza del prefisso di sottorete n ? Quante sottoreti N_n con prefisso / n è possibile creare?

$$n = \underline{\hspace{2cm}} \quad N_n = \underline{\hspace{2cm}}$$

- ☐ Si scriva in formato decimale (D) la maschera (netmask) delle sottoreti / n

Netmask (D):

- d) Si scrivano in formato decimale (D) e binario (B):

1. l'indirizzo broadcast della sottorete / n #0

D:

B:

2. l'indirizzo dell'ultimo host (quello dall'indirizzo più alto) della sottorete / n #3.

D:

B:

Soluzione

Nel sistema di indirizzamento IP *classfull*, si consideri l'indirizzo della rete 129.16.0.0 (CLASSE B /16).

- a) Quante sottoreti /22 possono essere ricavate dalla rete base, assumendo che un identificatore di subnet può anche essere costituito da tutti 0 o tutti 1?

$$N_{22} = 2^{22-16} = 2^6 = 64$$

- b) Completare: la sottorete 129.16.248.0/22 (129.16.11111000.0) è la sottorete # 62 della rete base.

- c) Si partizioni ulteriormente la sottorete 129.16.248.0/22 in N sottoreti / n che permettano di indirizzare almeno 64 host ognuna (a questi host si assegnano host-id adiacenti a partire dal valore più piccolo possibile).

64 host \rightarrow 66 indirizzi. $2^6 = 64 < 66 / 2^7 = 128 > 66 \rightarrow$ occorrono almeno 7 bit per hostID

- ☐ Qual è la lunghezza del prefisso di sottorete n ? Quante sottoreti N_n con prefisso / n è possibile creare?

$$n = \underline{25} = 32 - 7 \quad N_n = \underline{2^{25-22}} = 2^3 = 8$$

- ☐ Si scriva in formato decimale (D) la maschera (netmask) delle sottoreti / n

Netmask (D): 255.255.255.10000000 \rightarrow 255.255.255.128

- d) Si scrivano in formato decimale (D) e binario (B):

- a. l'indirizzo broadcast della sottorete / n #0

D: 129.16.248.127/25

B: 10000001.00010000.11111000.01111111

- b. l'indirizzo dell'ultimo host (quello dall'indirizzo più alto) della sottorete / n #3.

D: 129.16.249.254/25

B: 10000001.00010000.11111001.11111110

- e) A cosa corrisponde l'indirizzo 129.16.249.127 nel sistema di indirizzamento costruito in questo esercizio?
(completare la frase o le frasi nel modo opportuno)

129.16.249.127 → 10000001.00010000.11111001.01111111 opp. 10000001.00010000.11111001.01111111

L'indirizzo broadcast della (sotto)rete # 2 avente indirizzo decimale(D) 129.16.249.0 / 25

4a.5 - Esercizio

Nel sistema di indirizzamento IP *classfull*, si consideri l'indirizzo della rete 105.0.0.0 di classe ...

- a) Quante sottoreti /11 possono essere ricavate dalla rete base, assumendo che un identificatore di subnet può anche essere costituito da tutti 0 o tutti 1?

$$N_{11} =$$

- b) Completare: la sottorete 105.96.0.0/11 è la sottorete #_____ della rete base.

- c) Si partizioni ulteriormente la sottorete 105.160.0.0/11 in N sottoreti / n che permettano di indirizzare almeno 512 host ognuna (a questi host si assegnano host-id adiacenti a partire dal valore più piccolo possibile).

- ☐ Qual è la lunghezza del prefisso di sottorete n ? Quante sottoreti N_n con prefisso / n è possibile creare?

$$n = \underline{\hspace{2cm}} \qquad N_n = \underline{\hspace{2cm}}$$

- ☐ Si scriva in formato decimale (D) la maschera (netmask) delle sottoreti / n

Netmask (D):

- d) Si scrivano in formato decimale (D) e binario (B):

- a. l'indirizzo broadcast della sottorete / n #0

D:

B:

- b. l'indirizzo dell'ultimo host (quello dall'indirizzo più alto) della sottorete / n #1.

D:

B:

- e) A cosa corrisponde l'indirizzo 105.160.239.255 nel sistema di indirizzamento costruito in questo esercizio?

Note:

tutti gli indirizzi richiesti vanno indicati in formato decimale; specificare gli indirizzi anche in formato binario è facoltativo (ma 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).

Soluzione

Nel sistema di indirizzamento IP *classfull*, si consideri l'indirizzo della rete 105.0.0.0 di classe A (/8).

- a) Quante sottoreti /11 possono essere ricavate dalla rete base, assumendo che un identificatore di subnet può anche essere costituito da tutti 0 o tutti 1?

$$N_{11} = 2^{11-8} = 2^3 = 8$$

- b) Completare: la sottorete 105.96.0.0/11 (105.01100000.0.0) è la sottorete # 3 della rete base.
- c) Si partizioni ulteriormente la sottorete 105.160.0.0/11 in N sottoreti $/n$ che permettano di indirizzare almeno 512 host ognuna (a questi host si assegnano host-id adiacenti a partire dal valore più piccolo possibile).

512 host \rightarrow 514 indirizzi. $2^9 = 512 < 514 / 2^{10} = 1024 > 514 \rightarrow$ occorrono almeno 10 bit per host-ID

- ☐ Qual è la lunghezza del prefisso di sottorete n ? Quante sottoreti N_n con prefisso $/n$ è possibile creare?

$$n = \underline{22} = 32 - 10$$

$$N_n = \underline{2^{22-11}} = 2^{11} = 2048$$

- ☐ Si scriva in formato decimale (D) la maschera (netmask) delle sottoreti $/n$

Netmask (D): 255.255.11111100.0 \rightarrow 255.255.252.0

- d) Si scrivano in formato decimale (D) e binario (B):

- a. l'indirizzo broadcast della sottorete $/n$ #0

D: 105.160.3.255/22

B: 01101001.10100000.00000011.11111111

- b. l'indirizzo dell'ultimo host (quello dall'indirizzo più alto) della sottorete $/n$ #1.

D: 105.160.7.254/22

B: 01101001.10100000.00000111.11111110

- e) A cosa corrisponde l'indirizzo 105.160.239.255 nel sistema di indirizzamento costruito in questo esercizio? (completare la frase o le frasi nel modo opportuno)

105.160.239.255 \rightarrow 01101001.10100000.11101111.11111111 op.
01101001.10100000.11101111.11111111

L'indirizzo broadcast della (sotto)rete # 59 avente indirizzo decimale(D) 150.160.236.0 / 22

4a.6 - Esercizio

Un operatore gestisce le seguenti reti fisiche: rete I che collega 92 host; rete II che collega 18 host; rete III che collega 5 host; rete IV che collega 4 host. Ottiene dall'autorità di gestione di Internet (InterNIC) un blocco di indirizzi che inizia da 201.184.237.0.

- Nell'ipotesi di indirizzamento di tipo classful, individuare che tipo di rete è stata assegnata all'operatore, scrivere la default netmask corrispondente in formato decimale puntato e nel formato /n
- Sempre nel caso classful si supponga che il gestore intenda associare a ciascuna delle reti fisiche da I a IV una subnet con le seguenti regole: 1) tutti i router supportano Variable Length Subnet Mask (VLSM), che consente di assegnare netmask di lunghezza variabile alle diverse sottoreti; 2) la subnet associata a ciascuna rete fisica deve essere tale che il numero di indirizzi non utilizzati dagli host sia il più piccolo possibile; 2) alle quattro reti fisiche siano associati blocchi di indirizzi contigui nell'ordine da I a IV. Si compili la seguente tabella (esprimere gli indirizzi della seconda colonna in forma decimale puntata).

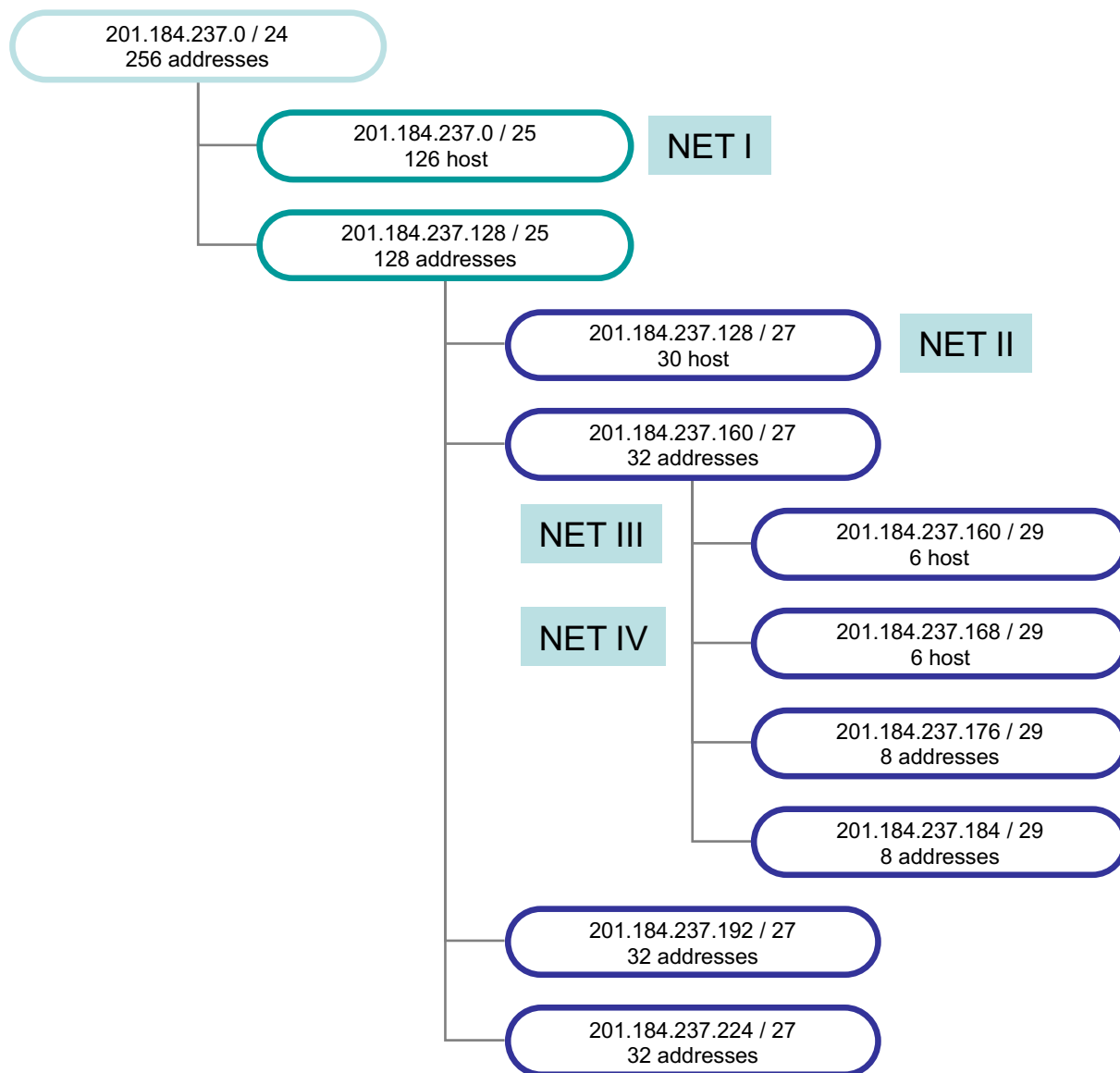
Rete	Extended network prefix (SubNet ID)	/ n	Numero host richiesti	Numero indirizzi assegnabili

Soluzione

- 201.184.237.0: rete di classe C;
default netmask: 255.255.255.0 (o, equivalentemente, /24)
- La configurazione di subnetting nel caso classful è la seguente

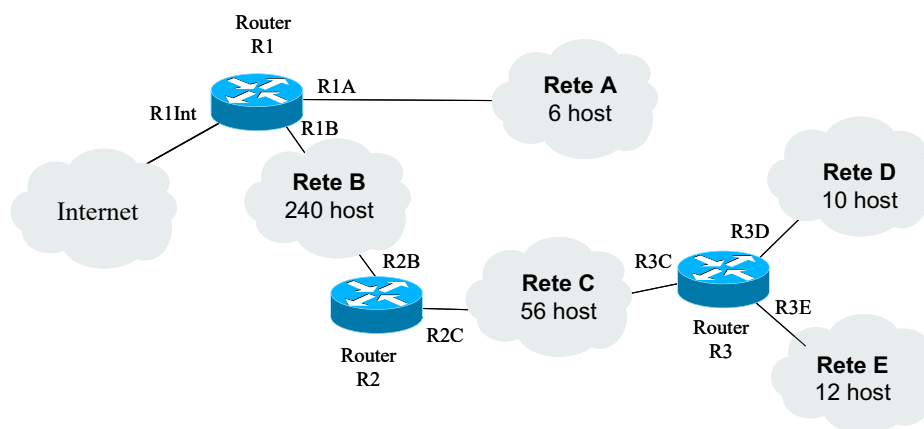
Rete	Extended network prefix (SubNet ID)	/ n	Numero host richiesti	Numero indirizzi assegnabili
I	201.184.237.0	25	92	126
II	201.184.237.128	27	18	30
III	201.184.237.160	29	5	6
IV	201.184.237.168	29	4	6

- Schema completo della configurazione di subnetting VLSM da cui si possono facilmente ricavare i risultati precedenti
- Nel caso CIDR e senza subnetting si devono assegnare indirizzi a $(92 + 18 + 5 + 4) = 119$ host
 \Rightarrow sono necess. e suff. $2^7 = 128$ indirizzi $\Rightarrow 32 - n = 7 \Rightarrow n = 25$



4a.7 - Esercizio

Si consideri la seguente configurazione di rete di una società Alfa che vuole connettersi alla rete Internet.



La società Alfa riceve la disponibilità di indirizzi IP da un Internet Service Provider (ISP) che dispone del blocco di indirizzi 87.10.0.0/16. Di questi indirizzi l'ISP ne ha già assegnati i primi 2048 ad altri clienti. Si chiede di

- Assegnare gli indirizzi alle 5 reti da realizzare (A, B, C, D, E) con tecnica VLSM minimizzando gli indirizzi che risulteranno inutilizzati alla fine dell'assegnazione degli indirizzi richiesti. I vincoli da rispettare sono i seguenti:
 - A partire dall'indirizzo IP libero più basso nel blocco a disposizione, assegnare ordinatamente blocchi di indirizzi IP crescenti e adiacenti a reti con identificatore crescente, a parità di maschera di rete (netmask, /n) adottata, riempiendo la seguente tabella

Rete	Indirizzo
A	
B	
C	
D	
E	

- Scrivere in notazione /n l'indirizzo di rete che la società Alfa impiega:

- Assegnare a ogni interfaccia di router RnX (n=1,2,3, X=A;B;C;D;E) l'indirizzo più grande possibile compatibilmente con i vincoli sugli indirizzi riservati, compilando la tabella seguente (ai fini di questa assegnazione l'ISP non deve servire nessun altro cliente)

Interfaccia	Indirizzo

- Compilare la tabella di instradamento del router R1

Indirizzo di rete	Netmask	Next hop

Soluzione

- Cerchiamo la soluzione migliore: blocchi di indirizzi tutti adiacenti tra loro.
- In VLSM i subnetID 0 e 255 possono essere assegnati a reti fisiche.
- Il blocco di indirizzi dell'ISP 87.10.0.0/16 ha netmask 255.255.0.0
- Per rappresentare i primi 2048 indirizzi sono necessari 11 bit ($2048=2^{11}$) e $32-11=21$. Pertanto a questo primo gruppo di clienti è assegnato l'indirizzo 87.10.0.0/21. Possiamo vedere meglio questo fatto osservando la netmask: 11111111.11111111.00000000.00000000.
- A questo punto dobbiamo assegnare un indirizzo ad ogni rete da A ad E: per ogni rete è necessario aggiungere 2 indirizzi riservati e 1 indirizzo per ogni interfaccia router.

Rete	Host necessari	Potenza di 2 superiore più vicina - 1
A	$6+3=9$	15
B	$240+4=244$	255
C	$56+4=60$	63
D	$10+3=13$	15
E	$12+3=15$	15

Rete	Indirizzo decimale	Indirizzo binario	/n
A	87.10.9.64	01010111.00001010.00001001.01000000	/28
B	87.10.8.0	01010111.00001010.00001000.00000000	/24
C	87.10.9.0	01010111.00001010.00001001.00000000	/26
D	87.10.9.80	01010111.00001010.00001001.01010000	/28
E	87.10.9.96	01010111.00001010.00001001.01100000	/28

- L'indirizzo di rete che la società Alfa impiega è 87.10.8.0/23.
- L'assegnamento degli indirizzi IP alle interfacce avviene come segue:

Interfaccia	Indirizzo	/n
R1A	87.10.9.78	/28
R1B	87.10.8.254	/24
R1int (ad esempio)	87.10.17.254	/28
R2B	87.10.8.253	/24
R2C	87.10.9.62	/26
R3C	87.10.9.61	/26
R3D	87.10.9.94	/28
R3E	87.10.9.110	/28

- La tabella di instradamento del router R1 è la seguente. L'instradamento sarà diretto verso tutte quelle reti su cui il router ha un'interfaccia (reti A e B). Negli altri casi, R1 instraderà i pacchetti sulle reti opportune.
- L'interfaccia R1int farà poi instradamento diretto verso la rete internet, o più in particolare verso un altro router (chiamiamolo X) il cui indirizzo appartiene all'ISP ma non è tra quelli assegnati alla società Alfa.

Indirizzo di rete	Netmask	Next hop
87.10.9.64	/28	DIRETTO
87.10.8.0	/24	DIRETTO
87.10.9.0	/26	87.10.8.253
87.10.9.80	/28	87.10.8.253
87.10.9.96	/28	87.10.8.253
0.0.0.0	/0	87.10.17.253 (router X ad esempio)

4a.8 - Esercizio

Ad un'organizzazione viene assegnato lo spazio di indirizzamento 131.175.0.0/21. Tale organizzazione ha la necessità di definire le seguenti sottoreti: 1 sottorete con almeno 1000 *host*, 3 sottoreti con almeno 220 *host* ciascuna, 3 sottoreti con almeno 56 *host* ciascuna, 4 sottoreti con esattamente 2 *host*

Definire un piano di partizionamento dello spazio di indirizzamento congruente con le specifiche sopra indicando per ogni sottorete l'indirizzo IP di rete e l'indirizzo di *broadcast* diretto.

Soluzione

Lo spazio di indirizzamento originale comprende 11 bit nella parte di *host*. La sottorete più grande che deve essere definita è quella con 1000 *host*. Per supportare 1000 *host* servono 10 bit nel campo di *host* ($2^{10}=1024$). Si può quindi allungare la *netmask* originale di 1 bit (/22) definendo così spazio per due sottoreti ciascuna in grado di supportare 1022 *host* (1024 meno i due indirizzi speciali).

Uno dei due spazi di indirizzamento così definiti può essere assegnato alla sottorete con 1000 *host*:

131.175.0.0/22 rete con almeno 1000 *host*, *broadcast* 131.175.3.255

L'altro spazio di indirizzamento 131.175.4.0/22 può essere ulteriormente suddiviso.

Le sottoreti più grandi a questo punto sono quelle con 220 *host*. Per supportare 220 *host* servono 8 bit nel campo di *host* ($2^8=256$). Si può quindi allungare la *netmask* originale di 2 bit (/24) definendo così spazio per quattro sottoreti ciascuna in grado di supportare 254 *host* (256 meno i due indirizzi speciali).

Tre dei quattro spazi di indirizzamento così definiti possono essere assegnati alle sottoreti con 220 *host*:

131.175.4.0/24 rete con almeno 220 *host*, *broadcast* 131.175.4.255

131.175.5.0/24 rete con almeno 220 *host*, *broadcast* 131.175.5.255

131.175.6.0/24 rete con almeno 220 *host*, *broadcast* 131.175.6.255

L'altro spazio di indirizzamento 131.175.7.0/24 può essere ulteriormente suddiviso.

Le sottoreti più grandi a questo punto sono quelle con 56 *host*. Per supportare 56 *host* servono 6 bit nel campo di *host* ($2^6=64$). Si può quindi allungare la *netmask* originale di 2 bit (/26) definendo così spazio per quattro sottoreti ciascuna in grado di supportare 62 *host* (64 meno i due indirizzi speciali).

Tre dei quattro spazi di indirizzamento così definiti possono essere assegnati alle sottoreti con 56 *host*:

131.175.7.0/26 rete con almeno 56 *host*, *broadcast* 131.175.7.63

131.175.7.64/26 rete con almeno 56 *host*, *broadcast* 131.175.7.127

131.175.7.128/26 rete con almeno 56 *host*, *broadcast* 131.175.7.191

L'altro spazio di indirizzamento 131.175.7.192/26 può essere ulteriormente suddiviso.

Rimangono a questo punto solo le sottoreti con 2 *host*. Per supportare 2 *host* servono 2 bit nel campo di *host* ($2^2=4$). Si può quindi allungare la *netmask* originale di 4 bit (/30) definendo così spazio per sedici sottoreti ciascuna in grado di supportare 2 *host* (4 meno i due indirizzi speciali).

Quattro dei sedici spazi di indirizzamento così definiti possono essere assegnati alle sottoreti con 2 *host*:

131.175.7.192/30 rete con esattamente 2 *host*, *broadcast* 131.175.7.195
131.175.7.196/30 rete con esattamente 2 *host*, *broadcast* 131.175.7.199
131.175.7.200/30 rete con esattamente 2 *host*, *broadcast* 131.175.7.203
131.175.7.204/30 rete con esattamente 2 *host*, *broadcast* 131.175.7.207

4a.9 - Esercizio

Ad un'organizzazione è assegnato lo spazio d'indirizzamento 195.123.224.0/21. Da questo gruppo d'indirizzi occorre ricavare le seguenti sottoreti:

- 1 sottorete con almeno 500 indirizzi di *host* disponibili
- 1 sottorete con almeno 210 indirizzi di *host* disponibili
- 3 sottoreti con almeno 30 indirizzi di *host* disponibili
- 4 sottoreti con almeno due indirizzi di *host* disponibili.

Pianificare il partizionamento dello spazio d'indirizzamento dato specificando per ciascuna delle sottoreti sopra elencate:

- indirizzo in formato decimale e *netmask*
- numero di utenti indirizzabili
- indirizzo di *broadcast* diretto

Soluzione

Lo spazio di indirizzamento originale comprende 11 bit nella parte di *host*. La sottorete più grande che deve essere definita è quella con 500 *host*. Per supportare 500 *host* servono 9 bit nel campo di *host* ($2^9=512$). Si può quindi allungare la *netmask* originale di 2 bit (/23) definendo così spazio per quattro sottoreti ciascuna in grado di supportare 510 *host* (512 meno i due indirizzi speciali).

Uno degli spazi di indirizzamento così definiti può essere assegnato alla sottorete con 500 *host*:

195.123.224.0/23, rete con 510 *Host* massimo, broadcast (BD): 195.123.225.255

Gli altri tre spazi di indirizzamento 195.123.226.0/23, 195.123.228.0/23, 195.123.230.0/23 possono essere ulteriormente suddivisi.

La sottorete più grande a questo punto è quella con 210 *host*. Per supportare 210 *host* servono 8 bit nel campo di *host* ($2^8=256$). Si può quindi allungare la *netmask* originale di 1 bit (/24) definendo così spazio per due sottoreti ciascuna in grado di supportare 254 *host* (256 meno i due indirizzi speciali).

Uno dei due spazi di indirizzamento così definiti può essere assegnato alla sottorete con 210 *host*

195.123.226.0/24, rete con 254 *host* massimo, BD: 195.123.226.255

L'altro spazio di indirizzamento 195.123.227.0/24 può essere ulteriormente suddiviso.

Le sottoreti più grandi a questo punto sono quelle con 30 *host*. Per supportare 30 *host* servono 5 bit nel campo di *host* ($2^5=32$). Si può quindi allungare la *netmask* originale di 3 bit (/27) definendo così spazio per otto sottoreti ciascuna in grado di supportare 30 *host* (32 meno i due indirizzi speciali).

Tre degli otto spazi di indirizzamento così definiti possono essere assegnati alle sottoreti con 30 *host*:

195.123.227.0/27, rete con 30 *host*, BD: 195.123.227.31
195.123.227.32/27, rete con 30 *host*, BD: 195.123.227.63
195.123.227.64/27, rete con 30 *host*, BD: 195.123.227.95

Gli altri cinque spazi di indirizzamento 195.123.227.128/27, 195.123.227.96/27, 195.123.227.192/27, 195.123.227.160/27, 195.123.227.224/27 possono essere ulteriormente suddivisi.

Rimangono a questo punto solo le sottoreti con 2 *host*. Per supportare 2 *host* servono 2 bit nel campo di *host* ($2^2=4$). Si può quindi considerare uno degli spazi di indirizzamento sopra definiti ed allungare la *netmask* originale di 3 bit (/30) definendo così spazio per otto sottoreti ciascuna in grado di supportare 2 *host* (4 meno i due indirizzi speciali).

Quattro degli otto spazi di indirizzamento così definiti possono essere assegnati alle sottoreti con 2 *host*:

195.123.227.128/30, rete con 2 *host*, *BD*: 195.123.227.131

195.123.227.132/30, rete con 2 *host*, *BD*: 195.123.227.135

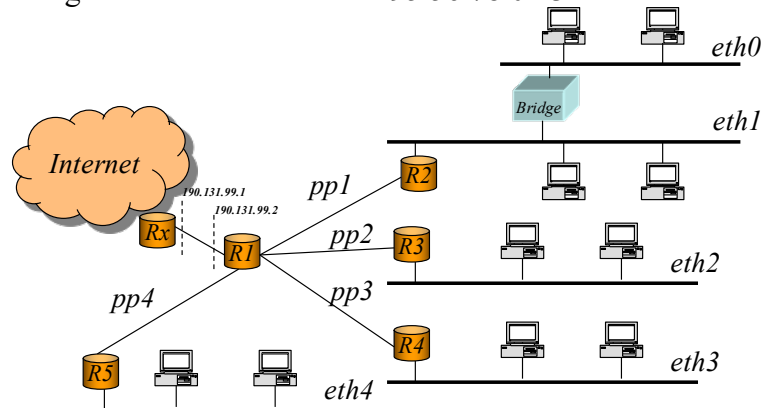
195.123.227.136/30, rete con 2 *host*, *BD*: 195.123.227.139

195.123.227.140/30, rete con 2 *host*, *BD*: 195.123.227.143

La soluzione proposta non è l'unica, essendo il numero di indirizzi disponibile molto maggiore rispetto alle dimensioni delle sottoreti IP da definire.

4a.10 - Esercizio

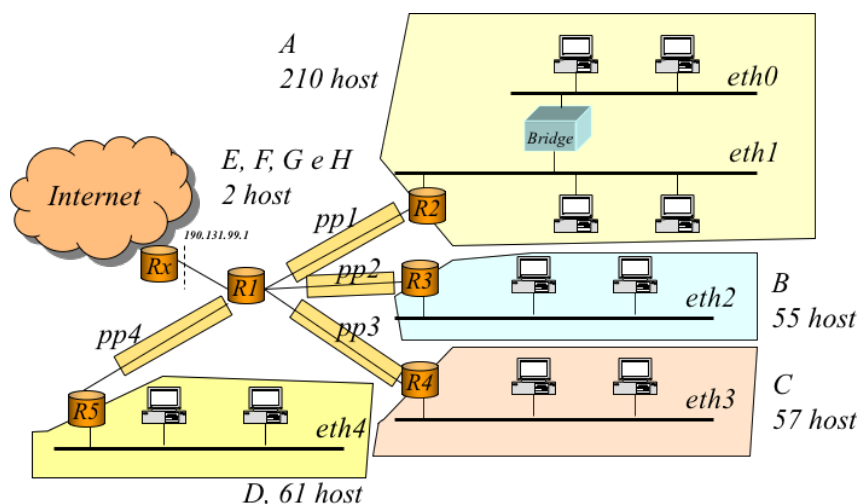
Alla rete in figura è assegnato l'indirizzo di rete 195.56.78.0/23



Le reti devono contenere almeno un numero di *host* (includendo anche le interfacce dei router) pari a eth0: 150, eth1: 60, eth2: 55, eth3: 57, eth4: 61. I collegamenti “pp” sono collegamenti punto-punto (ottenuti ad esempio con giga-ethernet full duplex) e necessitano di due indirizzi IP. Suddividere la rete in sottoreti indicando per ognuna indirizzo e *netmask* (sia per le LAN *ethernet* che per i collegamenti punto-punto). Assegnare alle interfacce dei *router* degli indirizzi compatibili con quelli delle reti a cui sono collegate. Scrivere tabelle di *routing* consistenti per tutti i *router*.

Soluzione

Innanzitutto, dobbiamo capire quali siano le reti IP. Il criterio generale è il seguente: gli *host* che sono separati da dispositivi di livello di rete (*router*) o di livello superiore (*proxy*) appartengono a due reti/sottoreti IP diverse, mentre gli *host* che sono separati da dispositivi di livello più basso (*bridge*, *switch*, *repeater*) appartengono alla stessa sottorete IP. Le reti IP “vere” sono quindi quelle indicate in figura.

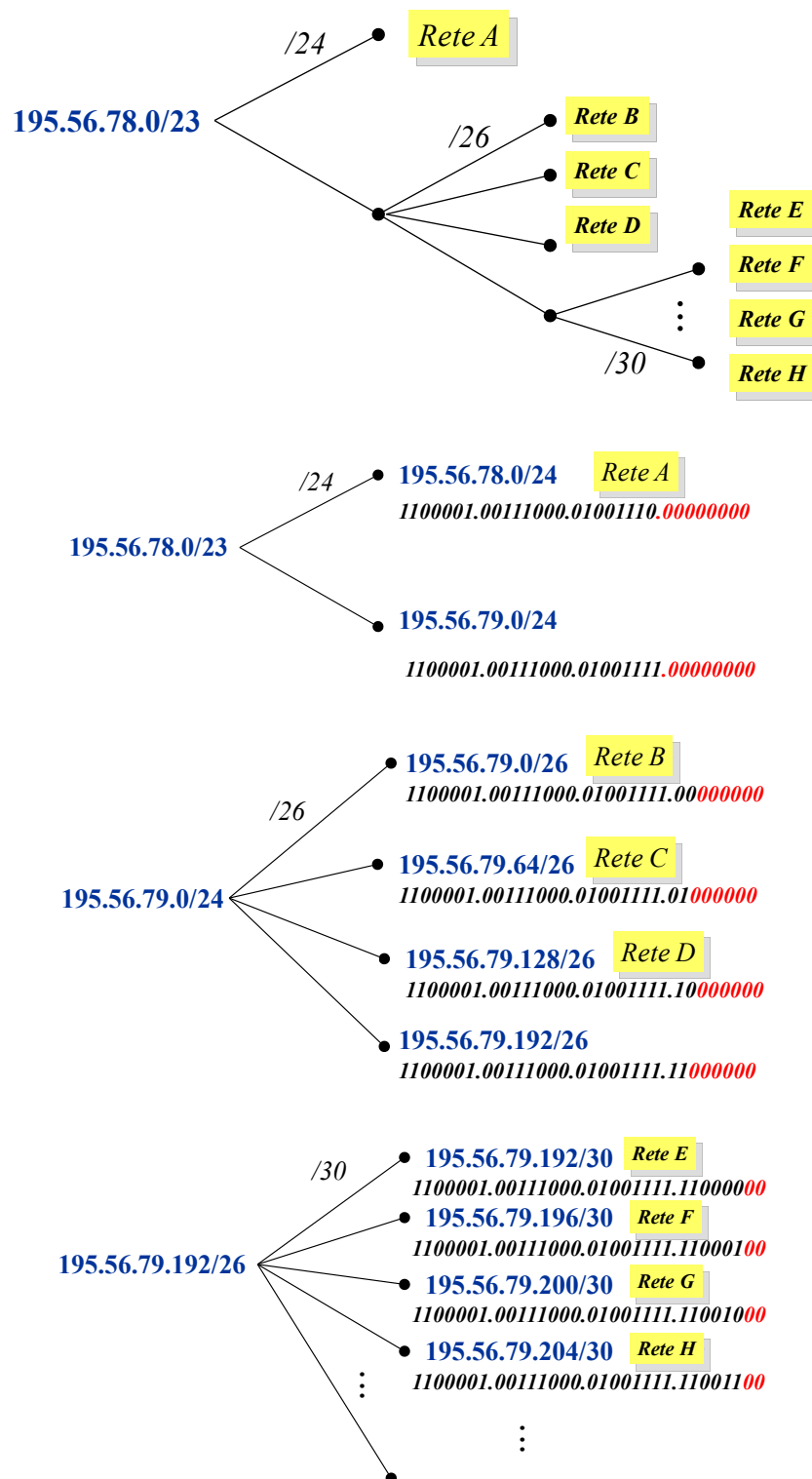


Per la rete A serve un campo *hostID* di 8 bit

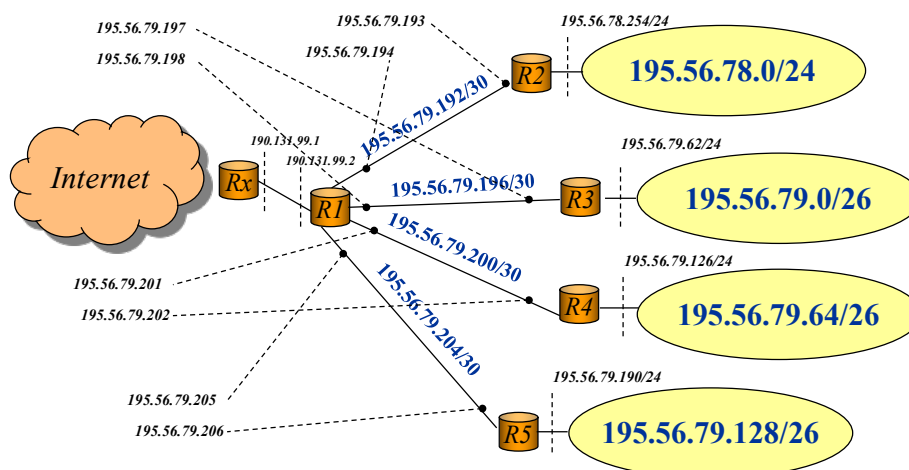
Per le reti B, C e D serve un campo *hostID* di 6 bit

Per le reti E, F, G e H serve un campo *hostID* di 2 bit

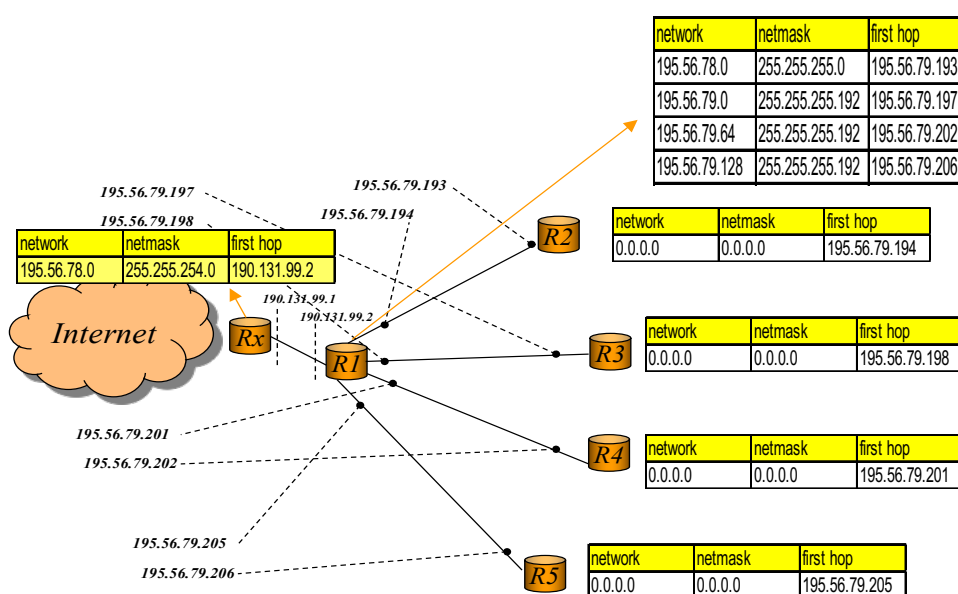
Possiamo ora procedere al partizionamento partendo dalle reti IP più “grandi”. Di seguito viene riportato l'albero di partizionamento.



Un possibile assegnamento indirizzi/interfacce è riportato di seguito:



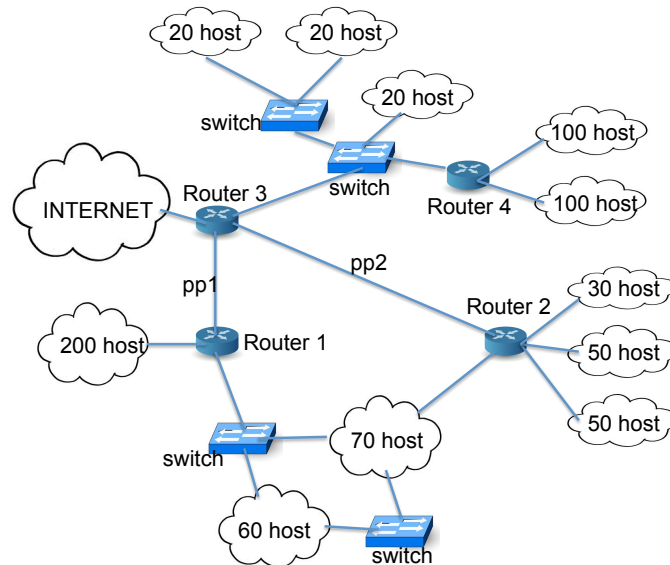
Le tabelle di *routing* sono le seguenti



4a.11 - Esercizio

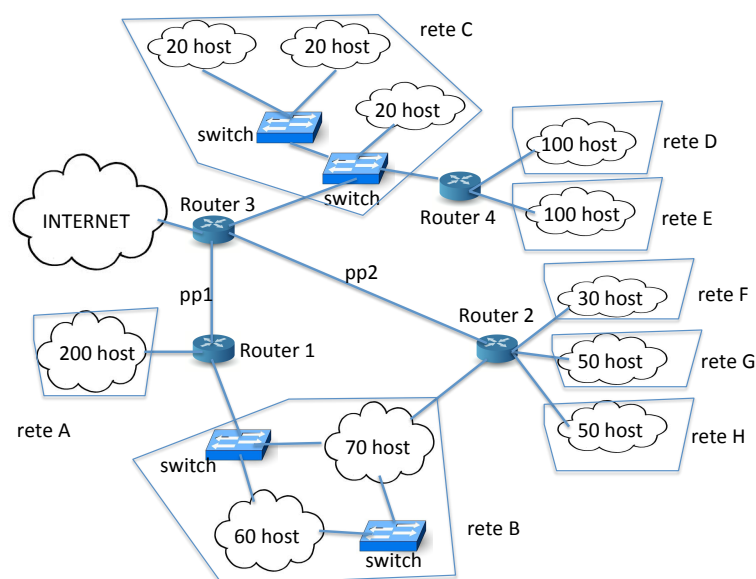
Un Internet Service Provider (ISP) ha a disposizione lo spazio di indirizzamento 164.143.128.0/22. Si chiede di partizionare lo spazio di indirizzamento sulla base della struttura di rete dell'ISP riportata in figura (per ogni rete locale è indicato il numero dei dispositivi connessi). Indicare chiaramente sulla figura quali porzioni di rete sono sottoreti IP, assegnare un indirizzo di rete ad ogni sottorete IP ed indicare chiaramente quale è l'indirizzo di broadcast diretto per ogni sottorete definita. Scrivere la tabella di routing più compatta possibile per il *router* R4.

N.B. Si assuma che il numero di host indicato per ciascuna rete includa anche le interfacce dei router ad essa connesse.



Soluzione

La suddivisione delle sottoreti IP è riportata in figura.



Rete A: 200 *host*, 8 *bit* nel campo di *host*

Rete B: 130 *host*, 8 *bit* nel campo di *host*

Rete C: 60 *host*, 6 *bit* nel campo di *host*

Rete D, Rete E: 100 *host*, 7 *bit* nel campo di *host*
Rete F: 30 *host*, 5 *bit* nel campo di *host*
Rete G, Rete H: 50 *host*, 6 *bit* nel campo di *host*
Pp1, pp2: 2 *host*, 2 *bit* nel campo di *host*

164.143.128.0/22 da partizionare

164.143.128.0/24: assegnato a Rete A, broadcast diretto: 164.143.128.255
164.143.129.0/24: assegnato a Rete B, *BROADCAST DIRETTO*: 164.143.129.255
164.143.130.0/24: da partizionare
164.143.131.0/24: da partizionare

164.143.130.0/25: assegnato a Rete D, *BROADCAST DIRETTO*: 164.143.130.127
164.143.130.128/25: assegnato a Rete E, *BROADCAST DIRETTO*: 164.143.130.255

164.143.131.0/26: assegnato a Rete C, *BROADCAST DIRETTO*: 164.143.131.63
164.143.131.128/26: assegnato a Rete G, *BROADCAST DIRETTO*: 164.143.131.191
164.143.131.64/26: assegnato a Rete H, *BROADCAST DIRETTO*: 164.143.131.127
164.143.131.192/26: da partizionare

164.143.131.192/27: assegnato a Rete F, *BROADCAST DIRETTO*: 164.143.131.223
164.143.131.224/27: da partizionare

164.143.131.224/28: assegnato a pp1, *BROADCAST DIRETTO*: 164.143.131.239
164.143.131.240/28: assegnato a pp2, *BROADCAST DIRETTO*: 164.143.131.245

Le sottoreti relative ai collegamenti punto punto avrebbero potuto anche essere definite con *netmask* /30.

Il *router* R4 ha una sola via d'uscita (oltre le interfacce locali). Quindi la tabella di *routing* minima è:
0.0.0.0/0 next-hop: *Router* 3

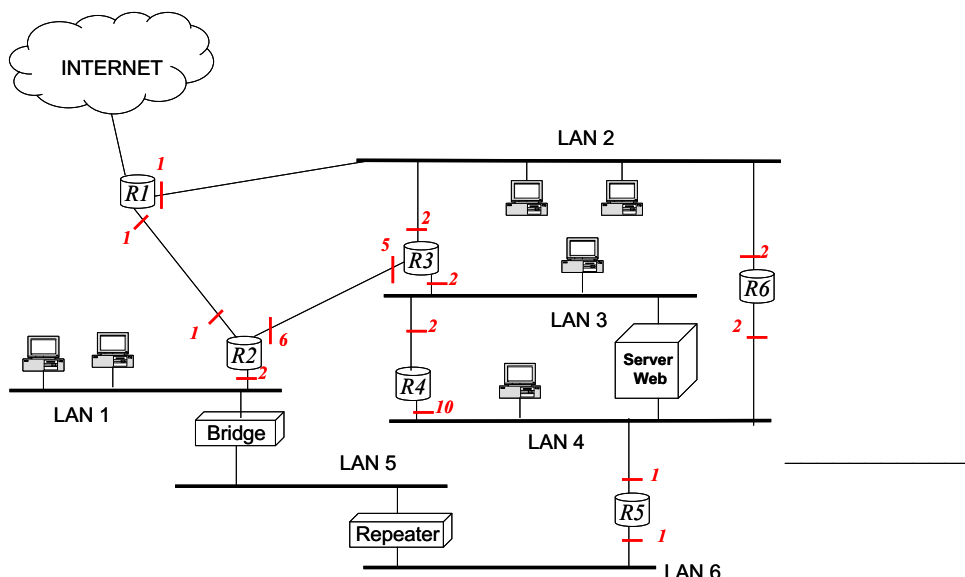
4a.12 - Esercizio

Il Dipartimento di Biofisica dell'Università della Svizzera possiede il seguente spazio di indirizzamento IP: 120.13.192.0/22. La rete complessiva è rappresentata in figura. Definire un piano di indirizzamento in grado di supportare il numero di *indirizzi* indicato di seguito:

- LAN1 deve supportare 62 *indirizzi*
- LAN2 deve supportare 510 *indirizzi*
- LAN3 deve supportare 110 *indirizzi*
- LAN4 deve supportare 21 *indirizzi*
- LAN5: deve supportare 60 *indirizzi*
- LAN6: deve supportare 60 *indirizzi*
- le connessioni punto-punto (R1-R2, R2-R3) devono supportare 2 *indirizzi*.

Per ogni sottorete, IP indicare l'indirizzo di sottorete, la *netmask*, l'indirizzo di *broadcast* diretto ed il numero di indirizzi IP ancora disponibili (oltre a quelli specificati nel piano).

N.B. Si assuma che il numero di host indicato per ciascuna rete includa anche le interfacce dei router ad essa connesse.



Soluzione

Si noti che LAN 1, LAN 5 e LAN 6 costituiscono un'unica rete IP. I requisiti di indirizzamento sono quindi:

LAN1+LAN5+LAN6: 182 indirizzi

LAN2: 510 indirizzi

LAN3: 110 indirizzi

LAN4: 21 indirizzi

punto-punto R1-R2: 2 indirizzi

punto-punto R2-R3: 2 indirizzi

Lo spazio di indirizzamento da partizionare è: 120.13.192.0/22.

Allungando di 1 *bit* la *netmask*, definisco due sottoreti con 9 *bit* nella parte di *host*, quindi in grado di indirizzare 510 *host* ($2^9-2=510$). Posso usare una delle due sottoreti per indirizzare le *macchine* di LAN2 ed usare l'altra rete per ulteriore partizionamento.

LAN2: 120.13.192.0/23, *broadcast* diretto: 120.13.193.255

Lo spazio di indirizzamento rimanente da partizionare è: 120.13.194.0/23.

Allungando di 1 *bit* la *netmask*, definisco due sottoreti con 8 *bit* nella parte di *host*, quindi in grado di indirizzare 254 *macchine* ($2^8-2=254$). Posso usare una delle due sottoreti per indirizzare le *macchine* di LAN1+LAN5+LAN6 ed usare l'altra rete per ulteriore partizionamento.

LAN1+LAN5+LAN6: 120.13.194.0/24, *broadcast* diretto: 120.13.194.255

Lo spazio di indirizzamento rimanente da partizionare è: 120.13.195.0/24.

Allungando di 1 *bit* la *netmask*, definisco due sottoreti con 7 *bit* nella parte di *host*, quindi in grado di indirizzare 126 *macchine* ($2^7-2=126$). Posso usare una delle due sottoreti per indirizzare le *macchine* di LAN3 ed usare l'altra rete per ulteriore partizionamento.

LAN3: 120.13.195.0/25, *broadcast* diretto: 120.13.195.127

Lo spazio di indirizzamento rimanente da partizionare è: 120.13.195.128/25.

Per indirizzare le *macchine* di LAN4 posso usare una *netmask* di 27 "1" (5 *bit* rimanenti nella parte di *host*) con cui si è in grado di supportare fino a $2^5-2=30$ indirizzi.

LAN4: 120.13.195.128/27, *broadcast* diretto: 120.13.195.159

Lo spazio di indirizzamento rimanente da partizionare è: 120.13.195.192/27, 120.13.195.160/27, 120.13.195.224/27.

Per definire sottoreti IP relative ai collegamenti punto-punto, posso prendere due delle sottoreti "avanzate", applicare una *netmask* di 30 "1".

punto –punto R1-R2: 120.13.195.192/30, *broadcast* diretto: 120.13.195.195

punto –punto R2-R3: 120.13.195.160/30, *broadcast* diretto: 120.13.195.163

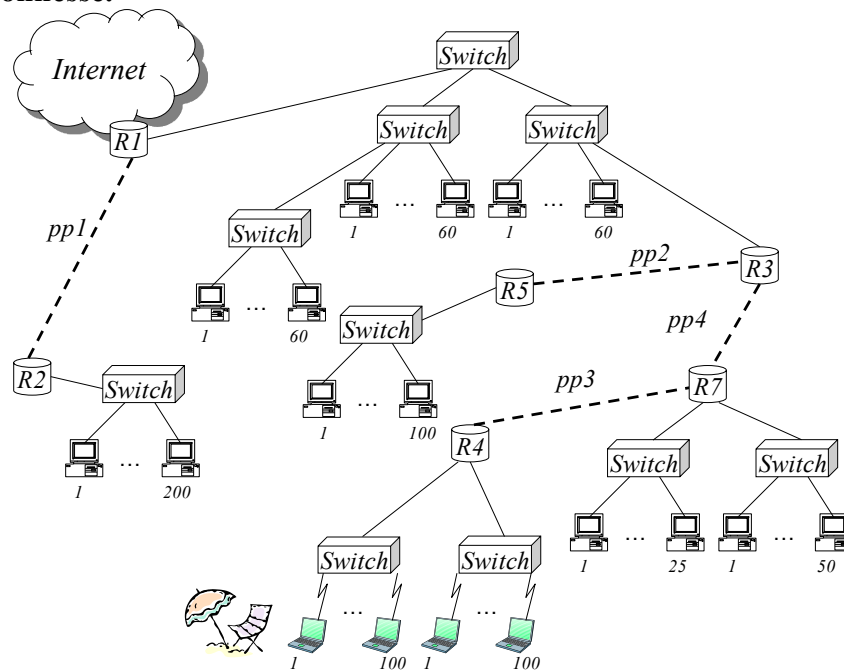
4a.13 - Esercizio

Il Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università delle Marche possiede il seguente spazio di indirizzamento IP: 135.155.64.0/22. La rete complessiva del dipartimento è rappresentata in figura. Definire un piano di indirizzamento in grado di supportare il numero di *host* indicato nella figura.

Indicare le sottoreti IP graficamente nella figura (evidenziare i confini e assegnare una lettera identificativa). Per ciascuna sottorete definire l'indirizzo di rete, la *netmask*, e l'indirizzo di *broadcast* diretto.

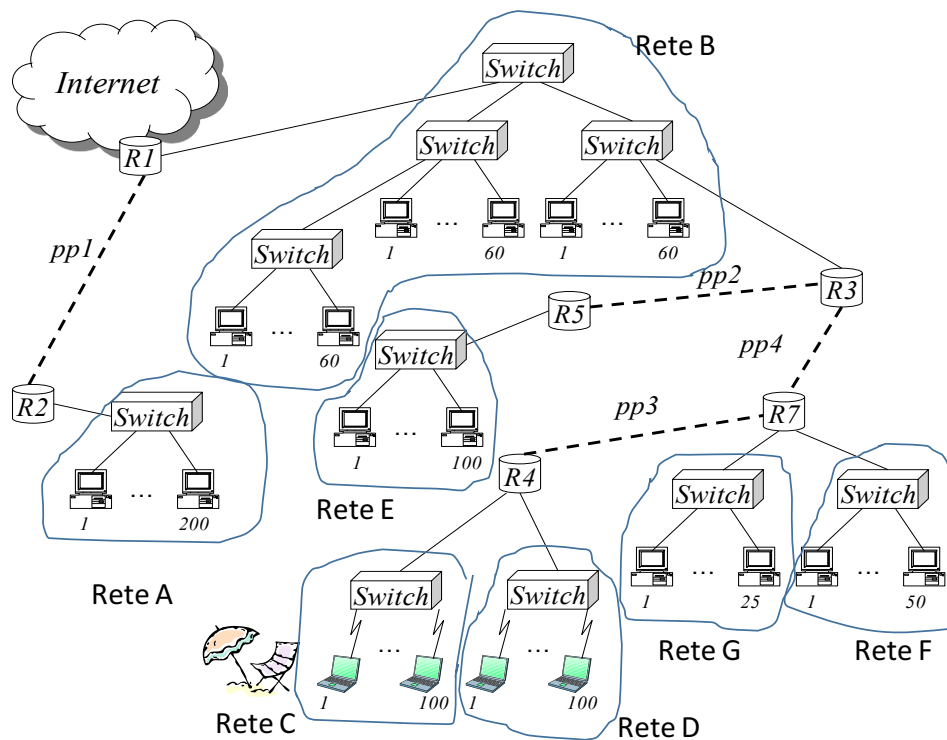
Scrivere la tabella di instradamento del *router* R5 nel modo più compatto possibile dopo aver assegnato opportunamente degli indirizzi ai *router* a cui R5 è connesso direttamente.

N.B. Si assuma che il numero di host indicato per ciascuna rete includa anche le interfacce dei router ad essa connesse.



Soluzione

Le reti IP sono messe in evidenza nella figura qui sotto. Il criterio generale per capire quali sono le reti IP “vere” è il seguente: gli *host* che sono separati da dispositivi di livello di rete (*router*) o di livello superiore (*proxy*) appartengono a due reti/sottoreti IP diverse, mentre gli *host* che sono separati da dispositivi di livello più basso (*bridge, switch, repeater*) appartengono alla stessa sottorete IP.



Rete A: 200 *host*, 8 bit nella parte di *host* dell'indirizzo

Rete B: 180 *host*, 8 bit nella parte di *host* dell'indirizzo

Reti C, D, E: 100 *host*, 7 bit nella parte di *host* dell'indirizzo

Rete F: 50 *host*, 6 bit nella parte di *host* dell'indirizzo

Rete G: 25 *host*, 5 bit nella parte di *host* dell'indirizzo

Pp1, pp2, pp3, pp4: 2 *host*, 2 bit nella parte di *host* dell'indirizzo

Indirizzo iniziale: 135.155.64.0/22

Allungando di 2 *bit* la *netmask*, definisco 4 sottoreti con 8 *bit* nella parte di *host*, quindi in grado di indirizzare 254 *host* ($2^8 - 2 = 254$). Posso usare una delle quattro sottoreti per indirizzare gli *host* di Rete A ed usare un'altra sottorete per indirizzare gli *host* di Rete B.

Rete A: 135.155.64.0/24, *broadcast* diretto: 135.155.64.255

Rete B: 135.155.65.0/24, *broadcast* diretto: 135.155.65.255

Rimangono due sottoreti per ulteriore partizionamento:

135.155.66.0/24

135.155.67.0/24

Allungando di 1 *bit* la *netmask* per entrambe le sottoreti rimaste, definisco 4 sottoreti con 7 *bit* nella parte di *host*, quindi in grado di indirizzare 126 *host* ($2^7 - 2 = 126$). Posso usare tre delle quattro sottoreti per indirizzare gli *host* di Rete C, Rete D e Rete E.

Rete C: 135.155.66.0/25, *broadcast* diretto: 135.155.66.127

Rete D: 135.155.66.128/25, *broadcast* diretto: 135.155.66.255

Rete E: 135.155.67.0/25, *broadcast* diretto: 135.155.67.127

Rimane una sottorete per ulteriore partizionamento:

135.155.67.128/25

Allungando di 1 *bit* la *netmask*, definisco 2 sottoreti con 6 *bit* nella parte di *host*, quindi in grado di indirizzare 62 *host* ($2^6-2=62$). Posso usare una delle due sottoreti per indirizzare gli *host* di Rete F.

Rete F: 135.155.67.128/26, *broadcast* diretto: 135.155.67. 191

Rimane una sottorete per ulteriore partizionamento:
135.155.67.192/26

Allungando di 1 *bit* la *netmask*, definisco 2 sottoreti con 5 *bit* nella parte di *host*, quindi in grado di indirizzare 30 *host* ($2^5-2=30$). Posso usare una delle due sottoreti per indirizzare gli *host* di Rete G.

Rete G: 135.155.67.192/27, *broadcast* diretto: 135.155.67.223

Rimane una sottorete per ulteriore partizionamento:
135.155.67.224/27

Allungando di 3 *bit* la *netmask*, definisco 8 sottoreti con 2 *bit* nella parte di *host*, quindi in grado di indirizzare 2 *host* ($2^2-2=2$). Posso usare quattro delle otto sottoreti per indirizzare gli *host* di pp1, pp2, pp3, pp4

Pp1: 135.155.67.224/30, *broadcast* diretto: 135.155.67.227

Pp2: 135.155.67.228/30, *broadcast* diretto: 135.155.67.231

Pp3: 135.155.67.232/30, *broadcast* diretto: 135.155.67.235

Pp4: 135.155.67.236/30, *broadcast* diretto: 135.155.67.239

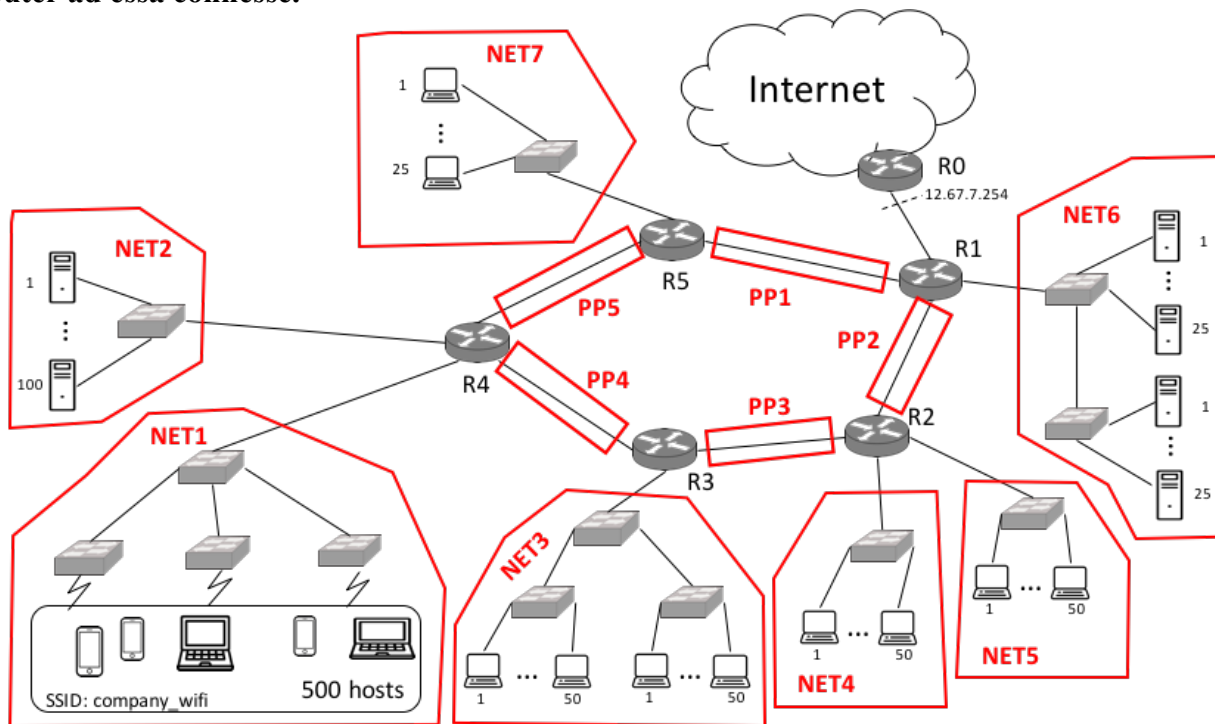
Il *router* R5 ha due interfacce di rete su Rete E e pp2. E' sufficiente una tabella di *routing* con un'unica riga per raggiungere tutte le reti IP non direttamente connesse. Supponendo che l'indirizzo IP dell'interfaccia di R5 collegata a pp2 sia 131.155.67.230, allora la tabella di *routing* di R5 più compatta possibile è:

0.0.0.0	0.0.0.0	131.155.67.229
---------	---------	----------------

4a.14 - Esercizio

Un ISP possiede il seguente spazio di indirizzamento IP: 29.88.192.0/22. La rete complessiva dell'ISP è rappresentata in figura. Indicare le sotto-reti IP graficamente nella figura (mettere in evidenza i confini e assegnare una lettera identificativa). Si escluda dal piano il collegamento tra il router R0 e il router R1. Definire un piano di indirizzamento in grado di supportare il numero di *host* indicato nella figura. Per ciascuna sottorete definire l'indirizzo di rete, la *netmask*, e l'indirizzo di broadcast diretto. Scrivere la tabella di instradamento del router R1 dopo aver assegnato opportunamente degli indirizzi ai router a cui R1 è connesso direttamente.

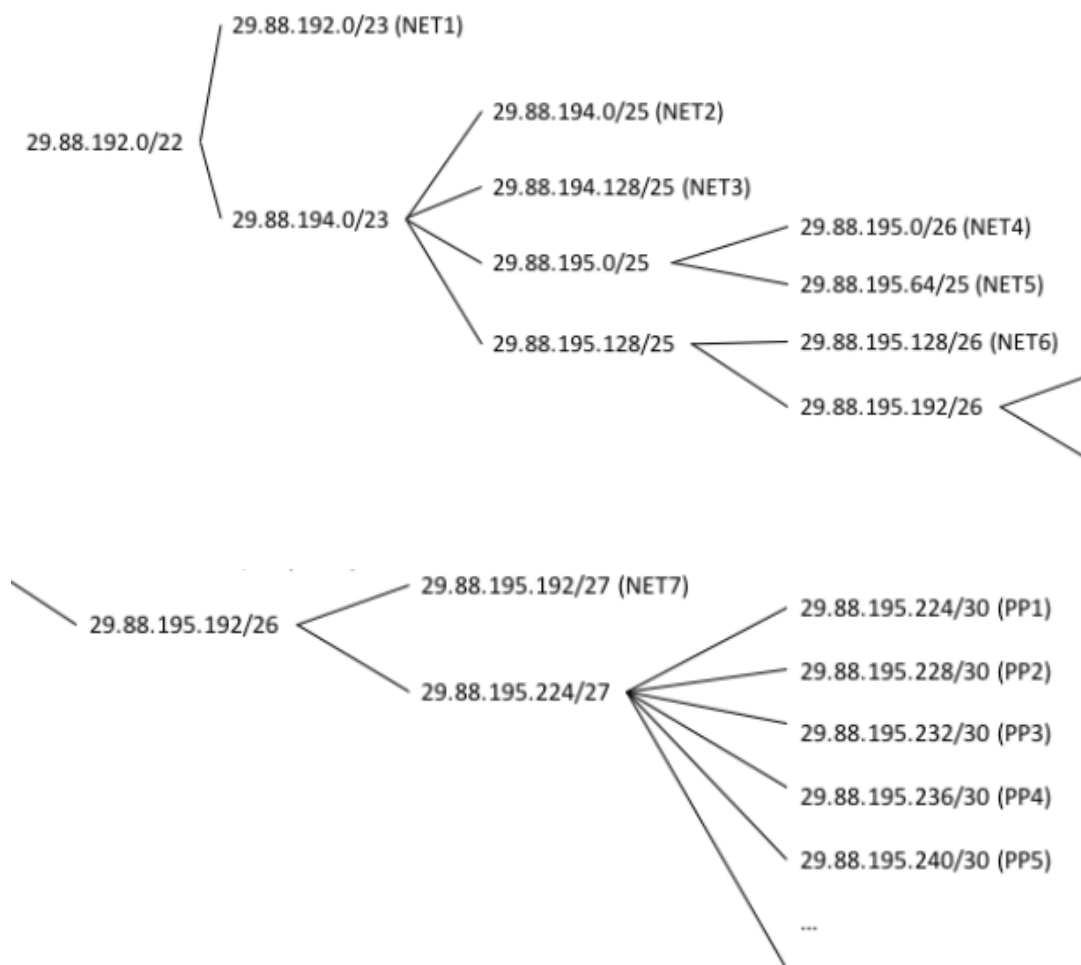
N.B. Si assuma che il numero di host indicato per ciascuna rete includa anche le interfacce dei router ad essa connesse.



Soluzione

Le sottoreti IP sono indicate in rosso in figura.

L'albero di partizionamento dello spazio di indirizzamento disponibile è riportato di seguito:



In sintesi, la tabella qui sotto riporta nome della sottorete IP, indirizzo assegnato ed indirizzo di broadcast diretto.

Nome	Network	Broadcast
NET1	29.88.192.0/23	29.88.193.255
NET2	29.88.194.0/25	29.88.194.127
NET3	29.88.194.128/25	29.88.194.255
NET4	29.88.195.0/26	29.88.195.63
NET5	29.88.195.64/26	29.88.195.127
NET6	29.88.195.128/26	29.88.195.191
NET7	29.88.195.192/27	29.88.195.223
PP1	29.88.195.224/30	29.88.195.227
PP2	29.88.195.228/30	29.88.195.231
PP3	29.88.195.232/30	29.88.195.235
PP4	29.88.195.236/30	29.88.195.239
PP5	29.88.195.240/30	29.88.195.243

Il router R1 è collegato ai router R5 e R2. Una possibile configurazione delle interfacce di R2 e R5 collegate a R1 è la seguente:

Interfaccia di R5 su PP1: 29.88.195.225

Interfaccia di R2 su PP2: 29.88.195.229

Una possibile tabella di routing di R1 è:

Network	Netmask	Next-hop
29.88.192.0	255.255.254.0	29.88.195.225

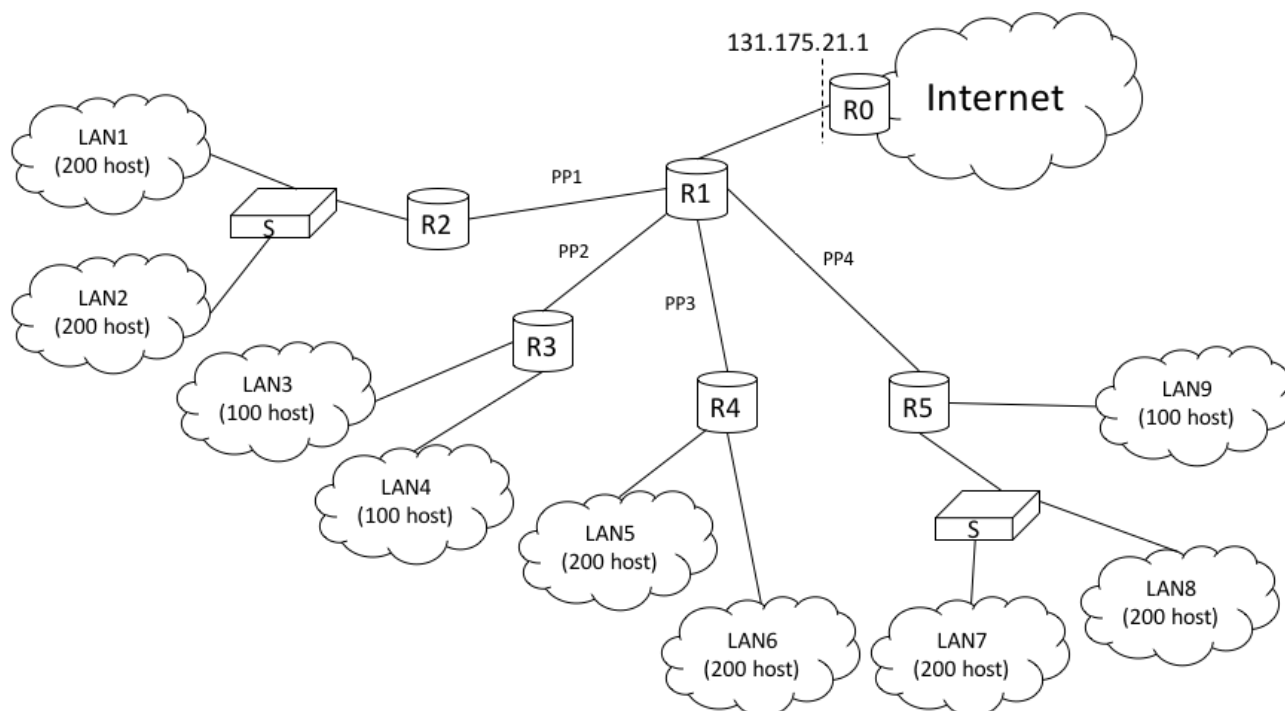
29.88.194.0	255.255.255.128	29.88.195.225
29.88.194.128	255.255.255.128	29.88.195.229
29.88.195.0	255.255.255.192	29.88.195.229
29.88.195.64	255.255.255.192	29.88.195.229
29.88.195.192	255.255.255.224	29.88.195.225
29.88.194.232	255.255.255.252	29.88.195.225
29.88.194.236	255.255.255.252	29.88.195.225
29.88.194.240	255.255.255.252	29.88.195.229
0.0.0.0	0.0.0.0	12.67.7.254

4a.15 - Esercizio

Si consideri la rete in figura a cui è assegnato lo spazio di indirizzamento IP 2.34.16.0/21.

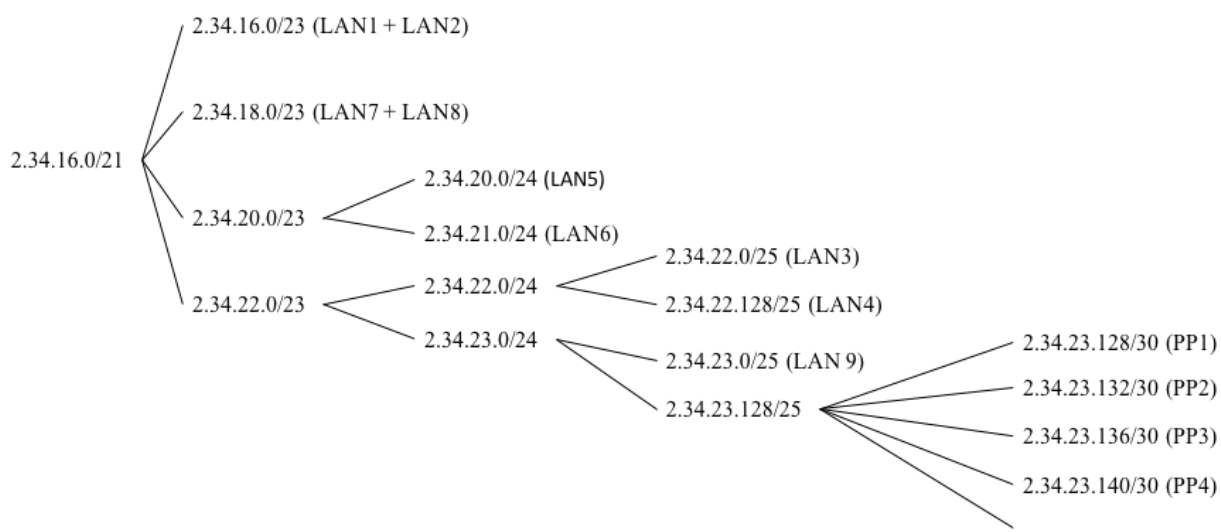
- Si suddivida la rete in sotto-reti (si escluda il collegamento R1-R0). Per ciascuna rete si scriva l'indirizzo, la *netmask*, l'indirizzo broadcast.
- Si scriva la tabella di routing di R1 assegnando opportunamente degli indirizzi ai *router* vicini.

N.B. Si assuma che il numero di host indicato per ciascuna rete includa anche le interfacce dei router ad essa connesse.



Soluzione

- L'albero di partizionamento è il seguente:



Network addr.	Netmask	Broadcast add.
2.34.16.0/23	255.255.254.0	2.34.17.255
2.34.18.0/23	255.255.254.0	2.34.19.255

2.34.20.0/24	255.255.255.0	2.34.20.255
2.34.21.0/24	255.255.255.0	2.34.21.255
2.34.22.0/25	255.255.255.128	2.34.22.127
2.34.22.128/25	255.255.255.128	2.34.22.255
2.34.23.0/25	255.255.255.128	2.34.23.127
2.34.23.128/30	255.255.255.252	2.34.23.131
2.34.23.132/30	255.255.255.252	2.34.23.135
2.34.23.136/30	255.255.255.252	2.34.23.139
2.34.23.140/30	255.255.255.252	2.34.23.143

b) Tabella di routing di R1

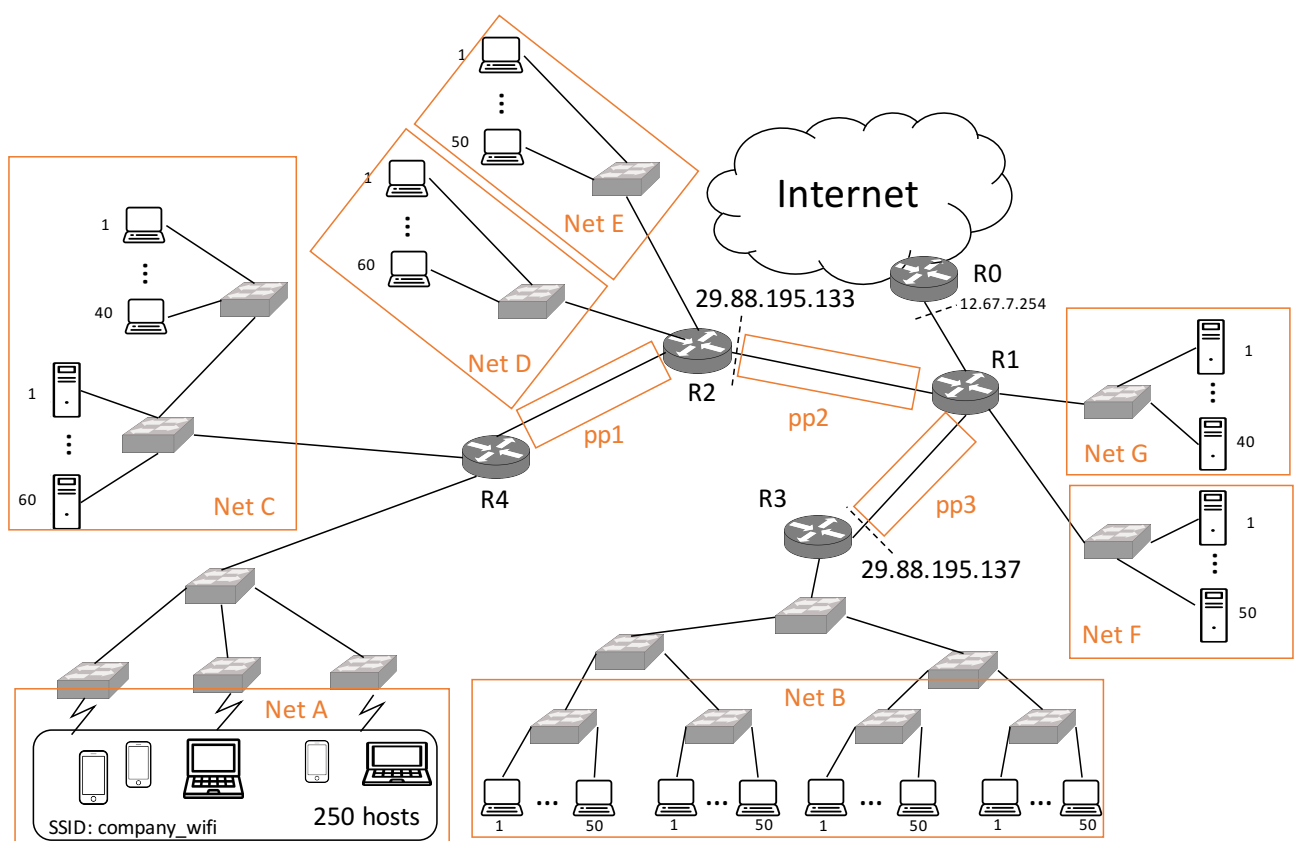
Network	Netmask	Next-hop
2.34.16.0/23	255.255.254.0	2.34.23.129 (R2)
2.34.18.0/23	255.255.254.0	2.34.23.141 (R5)
2.34.20.0/24	255.255.255.0	2.34.23.137 (R4)
2.34.21.0/24	255.255.255.0	2.34.23.137 (R4)
2.34.22.0/25	255.255.255.128	2.34.23.133 (R3)
2.34.22.128/25	255.255.255.128	2.34.23.133 (R3)
2.34.23.0/25	255.255.255.128	2.34.23.141 (R5)
0.0.0.0	0.0.0.0	131.175.21.1

4a.16 - Esercizio

Un ISP possiede il seguente spazio di indirizzamento IP: 29.88.192.0/22 La rete complessiva dell'ISP è rappresentata in figura

- Indicare le sotto-reti IP graficamente nella figura (mettere in evidenza i confini e assegnare una lettera identificativa). Si escluda dal piano il collegamento tra il *router* R0 e il *router* R1
- Definire un piano di indirizzamento in grado di supportare il numero di *host* indicato nella figura. Per ciascuna sottorete riportare in tabella l'indirizzo di rete, la *netmask*, e l'indirizzo di broadcast diretto.
- Riempire la tabella di instradamento del *router* R1 nel modo più compatto possibile dopo aver assegnato opportunamente degli indirizzi ai *router* a cui R1 è connesso direttamente.

N.B. Si assuma che il numero di host indicato per ciascuna rete includa anche le interfacce dei router ad essa connesse.



Soluzione

I primi due ottetti degli indirizzi di rete sono sempre 29.88 (nel seguito si omettono)

PIANO INDIRIZZAMENTO

Nome	Network Address	Broadcast
Net A	192.0/24	192.255

4a.17 - Esercizio

Un *router* ha la seguente tabella di *routing*. E' possibile ridurre la dimensione della tabella di *routing*? Se sì, come?

Destinazione	<i>Netmask</i>	Next Hop
131.175.132.0	255.255.255.0	131.123.124.125
131.175.21.0	255.255.255.0	131.124.123.121
131.175.20.0	255.255.255.0	131.124.123.121
131.175.133.0	255.255.255.0	131.123.124.125
131.175.135.0	255.255.255.0	131.123.124.128
0.0.0.0	0.0.0.0	131.123.124.126

Soluzione

La seconda e la terza sottorete in tabella hanno indirizzi IP contigui (differiscono per l'ultimo *bit* del terzo *byte*) e hanno *next hop* in comune.

La prima, la quarta e la quinta sottorete hanno indirizzi IP uguali fino al terzultimo *bit* del terzo *byte*; la prima e la quarta sottorete hanno anche *next hop* comune. E' possibile ridurre la tabella di *routing* come segue.

Destinazione	<i>Netmask</i>	Next Hop
131.175.20.0	255.255.254.0	131.124.123.121
131.175.132.0	255.255.254.0	131.123.124.125
131.175.135.0	255.255.255.0	131.123.124.128
0.0.0.0	0.0.0.0	131.123.124.126

4a.18 - Esercizio

Un *router* ha la seguente tabella di *routing*. E' possibile ridurre la dimensione della tabella di *routing*? Se sì, come?

Destinazione	Netmask	Next Hop
131.175.132.0	255.255.255.0	131.123.124.125
131.175.21.0	255.255.255.0	131.124.123.121
131.175.20.0	255.255.255.0	131.124.123.121
131.175.133.0	255.255.255.0	131.123.124.125
131.175.134.0	255.255.255.0	131.123.124.130
131.175.135.0	255.255.255.0	131.123.124.125
131.175.50.0	255.255.254.0	131.123.124.126
0.0.0.0	0.0.0.0	131.123.124.126

Soluzione

La seconda e la terza sottorete in tabella hanno indirizzi IP contigui (differiscono per l'ultimo *bit* del terzo *byte*) e hanno *next hop* in comune. Possono dunque essere aggregate:

131.175.20.0	255.255.254.0	131.124.123.121
--------------	---------------	-----------------

La prima, la quarta, la quinta e la sesta sottorete hanno indirizzi IP uguali fino al terzultimo *bit* del terzo *byte*; la prima, la quarta e la sesta sottorete hanno anche *next hop* comune.

131.175.132.0	255.255.252.0	131.123.124.125
131.175.134.0	255.255.255.0	131.123.124.130

La settima sottorete ha lo stesso next-hop della route di default e quindi può essere eliminata.

E' dunque possibile ridurre la tabella di *routing* come segue:

Destinazione	Netmask	Next Hop
131.175.20.0	255.255.254.0	131.124.123.121
131.175.132.0	255.255.252.0	131.123.124.125
131.175.134.0	255.255.255.0	131.123.124.130
0.0.0.0	0.0.0.0	131.123.124.126

In generale le regole da seguire per l'aggregazione sono:

1. Si possono aggregare gruppi di reti contigue che hanno lo stesso next-hop. Ovviamente il numero di reti deve essere una potenza di 2 (gruppi di 2, 4, 8, ... reti). Il gruppo è sostituito da un'unica riga che contiene l'aggregato, ovvero la *supernet*, ed è ottenuto accorciando la *netmask*.
2. Si possono aggregare reti contigue come nella prima regola anche se per alcune il next-hop è diverso. In questo caso il gruppo è sostituito da un'unica riga che contiene l'aggregato, più una riga per ciascuna delle righe del gruppo con diverso next-hop (*exception route*) che sono lasciate inalterate.
3. Si possono aggregare reti contigue come nella prima regola anche se mancano nella tabella alcune reti. In questo caso il gruppo è sostituito da un'unica riga che contiene l'aggregato, più una riga per ciascuna delle reti mancanti con next-hop pari a quello della rotta di default.
4. Si possono eliminare tutte le reti con next-hop pari alla rotta di default.

4a.19 - Esercizio

Nel seguito è riportata la tabella d instradamento di un router IP. Si chiede di riportare nella tabella successiva il next hop che il router utilizza per instradare i datagrammi il cui indirizzo IP di destinazione è riportato nella tabella stessa, applicando l'algoritmo del "longest prefix match". Indicare inoltre, per ciascun datagramma, tutte le righe della tabella di routing per cui si ha un match positivo (A titolo di esempio, se per il pacchetto "P1" si ha match positivo per le righe n. 5, 9 e 10, si inseriscano tali numeri nella colonna "Match con righe n. ...")

<i>Riga n.</i>	<i>Network ID</i>	<i>Netmask</i>	<i>Next hop</i>
1	0.0.0.0	/0	A
2	40.0.0.0	/6	B
3	42.0.0.0	/7	C
4	42.128.0.0	/10	D
5	42.32.0.0	/12	E
6	40.48.0.0	/12	F
7	42.32.128.0	/19	G
8	42.160.64.0	/20	H
9	42.168.128.0	/22	I
10	42.168.224.0	/26	J

<i>Pacchetto n.</i>	<i>Address</i>	<i>Match con righe n. ...</i>	<i>Next hop</i>
P1	42.160.128.64		
P2	40.62.1.24		
P3	42.0.6.32		
P4	40.168.1.80		
P5	42.32.7.4		
P6	41.32.27.43		
P7	42.48.128.7		
P8	42.32.156.0		
P9	40.168.130.24		
P10	44.48.0.32		

Soluzione

Riscriviamo gli indirizzi di rete in formato binario (evidenziando il campo host-id):

- 0.0.0.0/0 **00000000.00000000.00000000.00000000**
- 40.0.0.0/6 001010**00.00000000.00000000.00000000**
- 42.0.0.0/7 0010101**0.00000000.00000000.00000000**
- 42.128.0.0/10 00101010.10**000000.00000000.00000000**
- 42.32.0.0/12 00101010.0010**0000.00000000.00000000**
- 40.48.0.0/12 00101000.0011**0000.00000000.00000000**
- 42.32.128.0/19 00101010.00100000.100**00000.00000000**
- 42.160.64.0/20 00101010.10100000.0100**0000.00000000**
- 42.168.128.0/22 00101010.10101000.100000**00.00000000**

- 42.168.224.0/26 00101010.10101000.11100000.00**000000**

Confrontando ciascun indirizzo di destinazione dei pacchetti P1-P10 con gli indirizzi di rete ottenuti si ottengono i seguenti match e, di conseguenza, i next hop come in tabella:

<i>Pacchetto n.</i>	<i>Address</i>	<i>Match con righe n. ...</i>	<i>Next hop</i>
P1	42.160.128.64	1, 2, 3, 4	D
P2	40.62.1.24	1,2,6	F
P3	42.0.6.32	1,2,3	C
P4	40.168.1.80	1,2	B
P5	42.32.7.4	1,2,3,5	E
P6	41.32.27.43	1,2	B
P7	42.48.128.7	1,2,3	C
P8	42.32.156.0	1,2,3,5,7	G
P9	40.168.130.24	1,2	B
P10	44.48.0.32	1	A

4a.20 - Esercizio

Un router riceve sull'interfaccia *eth1* una serie di pacchetti. L'interfaccia ha come indirizzo MAC `bbbb:6c3c:5656:3b34` e l'indirizzo IP: `131.175.21.254`. Il router ha una tabella di *routing* che include un *route* di *default*. Per ciascun pacchetto dire come si comporta il router (scartato dal livello MAC, scartato dal livello IP, passato al livello superiore indicato nel campo *protocol*, inoltrato ad un altro router senza modificare il pacchetto IP)

Pacchetto 1:IP sorg: `131.175.21.204`IP dest: `155.45.56.78`MAC dest: `bbbb:6c3c:5656:3b34`**Pacchetto 2:**IP sorg: `131.175.21.250`IP dest: `131.175.21.254`MAC dest: `bbbb:6c3c:5656:3b34`**Pacchetto 3:**IP sorg: `131.175.21.144`IP dest: `131.175.21.133`MAC dest: `aaaa:bbbb:7866:5c2b`**Soluzione**

Per ogni pacchetto ricevuto, il router effettua i seguenti controlli:

- I. il livello MAC del router controlla se la trama è indirizzata al router a livello 2 (indirizzo MAC di destinazione è *broadcast* o uno degli indirizzi MAC del router stesso). Se la trama non è indirizzata al router viene scartata dal livello MAC stesso;
- II. Se la trama MAC è indirizzata al router, la trama MAC viene passata al livello IP che controlla se il pacchetto IP è indirizzato al router (IP *broadcast* o uno degli IP del router stesso). Se il pacchetto IP è indirizzato al router, il pacchetto IP viene passato ai livelli superiori come indicato dal campo *protocol* nell'*header* IP
- III. Altrimenti, il pacchetto IP è da inoltrare in modo indiretto (si noti che in questo caso il router possiede solo una interfaccia, dalla quale riceve i pacchetti 1-3, quindi l'inoltro diretto su quella interfaccia può essere ignorato) ed il router controlla nella tabella di *routing* verso quale *next hop* inoltrare il pacchetto IP stesso.

Seguendo il procedimento qui sopra sia ha:

Pacchetto 1: il MAC di destinazione è uguale al MAC del router (*eth1*). L'indirizzo IP di destinazione non è un indirizzo del router. Il router inoltra il pacchetto attraverso la *route* di *default*.

Pacchetto 2: sia il MAC che l'IP di destinazione sono indirizzi del router. Il pacchetto è destinato a livello 2 e 3 al router, quindi il router passa il pacchetto al livello superiore indicato nel campo *protocol*

Pacchetto 3: il MAC di destinazione non è uguale all'indirizzo MAC dell'interfaccia da cui il router riceve il pacchetto. Il router scarta il pacchetto a livello 2.

4a.21 - Esercizio

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

eth0: 192.170.123.4, 255.255.255.0

eth1: 192.170.124.4, 255.255.255.0

Network	Netmask	Next Hop
191.138.112.0	255.255.240.0	192.170.123.1
191.138.96.0	255.255.224.0	192.170.124.1
191.138.0.0	255.255.0.0	192.170.123.2
191.138.160.0	255.255.224.0	192.170.124.2
0.0.0.0	0.0.0.0	192.170.123.3

Il livello 3 del router riceve dei pacchetti i cui indirizzi di destinazione sono:

191.138.163.13

191.138.113.32

131.175.123.244

255.255.255.255

192.170.123.255 proveniente dall'interfaccia *eth1*

0.0.0.3 proveniente dall'interfaccia *eth0*

Indicare come avviene l'inoltro di ciascuno dei pacchetti sopra specificando il tipo di inoltro (diretto o indiretto), il *Next hop* e la riga della tabella di *routing* corrispondente in caso di inoltro indiretto e l'interfaccia d'uscita in caso di inoltro diretto.

Soluzione

Il procedimento generale è il seguente:

- I. Il router controlla se il pacchetto IP è destinato al router stesso (IP di destinazione uguale ad uno degli IP del router). Se sì, il pacchetto IP è passato ai livelli superiori.
- II. Altrimenti (pacchetto IP non destinato al router), il router controlla se l'indirizzo IP di destinazione appartiene ad una delle sottoreti a cui il router è direttamente collegato; per fare questo, il router effettua un AND bit a bit tra l'indirizzo IP di destinazione del pacchetto e la *netmask* di ognuna delle sue interfacce locali; se il risultato dell'AND bit a bit è uguale all'indirizzo di una sottorete locale a cui il router è collegato, il pacchetto IP viene inoltrato in modo diretto attraverso l'interfaccia corrispondente.
- III. Se il confronto precedente tra indirizzo IP di destinazione ed indirizzi delle sottoreti a cui il router è direttamente collegato da esito negativo, il pacchetto IP è da inoltrare in modo indiretto (inviarlo ad un altro router). Per fare questo, il router effettua l'AND bit a bit tra indirizzo IP di destinazione nel pacchetto e gli indirizzi di sottorete memorizzati nella tabella di *routing*; per tutte le sottoreti (righe della tabella di *routing*) per cui il confronto è positivo, il router inoltra il pacchetto IP verso il *next hop* che corrisponde nella tabella di *routing* alla sottorete di destinazione con la *netmask* più lunga.

Applicando questo procedimento nel caso dell'esercizio si ha:

Pacchetto 1: 191.138.163.13

E' facile verificare che il pacchetto non è indirizzato ad un *host* presente nelle sottoreti direttamente collegate al router. Il router, quindi, deve procedere all'inoltro indiretto attraverso la tabella di *routing*.

191.138.163.13 AND

1. /20 = 191.138.160.0

2. /19 = 191.138.160.0

3. /16 = 191.138.0.0 — OK

4. /19 = 191.138.160.0 — OK

5. /0 = 0.0.0.0

	Network	Netmask	Next Hop
1	191.138.112.0	255.255.240.0	192.170.123.1
2	191.138.96.0	255.255.224.0	192.170.124.1
3	191.138.0.0	255.255.0.0	192.170.123.2
4	191.138.160.0	255.255.224.0	192.170.124.2
5	0.0.0.0	0.0.0.0	192.170.123.3

Inoltro indiretto a
192.170.124.2

Interfaccia uscita *eth1*

Pacchetto 2: 191.138.113.32

E' facile verificare che il pacchetto non è indirizzato ad un *host* presente nelle sottoreti direttamente collegate al router. Il router, quindi, deve procedere all'inoltro indiretto attraverso la tabella di *routing*.

191.138.113.32 AND

1. /20 = 191.138.112.0 — OK

2. /19 = 191.138.96.0 — OK

3. /16 = 191.138.0.0 — OK

4. /19 = 191.138.112.0 — OK

5. /0 = 0.0.0.0

	Network	Netmask	Next Hop
1	191.138.112.0	255.255.240.0	192.170.123.1
2	191.138.96.0	255.255.224.0	192.170.124.1
3	191.138.0.0	255.255.0.0	192.170.123.2
4	191.138.160.0	255.255.224.0	192.170.124.2
5	0.0.0.0	0.0.0.0	192.170.123.3

Inoltro indiretto verso
192.170.123.1

Interfaccia uscita *eth0*

Pacchetto 3: 131.175.123.244

E' facile verificare che il pacchetto non è indirizzato ad un *host* presente nelle sottoreti direttamente collegate al router. Il router, quindi, deve procedere all'inoltro indiretto attraverso la tabella di *routing*.

131.175.123.244 AND

1. /20 No match

2. /19 No match

3. /16 No match

4. /19 No match

5. /0 = 0.0.0.0 — OK

	Network	Netmask	Next Hop
1	191.138.112.0	255.255.240.0	192.170.123.1
2	191.138.96.0	255.255.224.0	192.170.124.1
3	191.138.0.0	255.255.0.0	192.170.123.2
4	191.138.160.0	255.255.224.0	192.170.124.2
5	0.0.0.0	0.0.0.0	192.170.123.3

Inoltro indiretto a
192.170.123.3

Interfaccia uscita *eth0*

Pacchetto 4: 255.255.255.255

Si tratta di un pacchetto di *broadcast* limitato. Il router non procede ad alcun inoltro.

Pacchetto 5: 192.170.123.255 proveniente dall'interfaccia *eth1*

L'indirizzo di destinazione appartiene alla sottorete IP a cui il router è collegato tramite *eth0*. Il router procede quindi all'inoltro diretto attraverso *eth0*. L'indirizzo IP di destinazione, in particolare, è l'indirizzo di *broadcast* diretto della sottorete 192.170.123.0/24. La trama di livello 2 usata dal router per incapsulare il pacchetto IP avrà indirizzo MAC di destinazione *broadcast* (ffff:ffff:ffff:ffff).

Pacchetto 6: 0.0.0.3 proveniente dall'interfaccia *eth0*

L'indirizzo di destinazione è di tipo *unicast* limitato. Il router procede con l'inoltro diretto sull'interfaccia *eth0*.

4a.22 - Esercizio

Un router ha la seguente tabella di *routing* e la seguente configurazione delle interfacce. Dire come avviene l'inoltro per pacchetti con indirizzo di destinazione:

131.17.123.88

131.56.78.4

190.78.90.2

network	netmask	first hop
131.175.21.0	255.255.255.0	131.17.123.254
131.175.16.0	255.255.255.0	131.17.78.254
131.56.0.0	255.255.0.0	131.17.15.254
131.155.0.0	255.255.0.0	131.17.15.254
0.0.0.0	0.0.0.0	131.17.123.254

interface eth0	
IP address	131.17.123.1
netmask	255.255.255.0
interface eth1	
IP address	131.17.78.1
netmask	255.255.255.0
interface eth2	
IP address	131.17.15.12
netmask	255.255.255.0

Soluzione

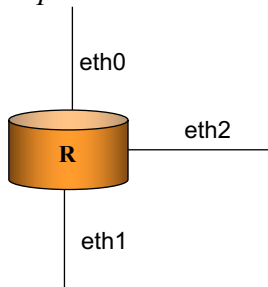
131.17.123.88: viene inoltrato sull'interfaccia *eth0*

131.56.78.4: viene inoltrato al *next hop* 131.17.15.254

190.78.90.2: viene inoltrato al *next hop* 131.17.123.254

4a.23 - Esercizio

Un router ha la seguente configurazione delle interfacce e la seguente tabella di *routing*. Il livello 3 del router riceve gli 8 pacchetti riportati di seguito, per ciascuno dei quali vengono riportati l'indirizzo IP di destinazione e l'interfaccia attraverso cui il router riceve il pacchetto. Si chiede di indicare il comportamento del router per ciascuno dei pacchetti specificando se il router scarta o inoltra il pacchetto. Nel caso in cui il router decida di inoltrare il pacchetto, specificare l'indirizzo IP del *next hop* e se l'inoltro è di tipo diretto o indiretto.



Interface	IP Address	Netmask
Eth0	131.175.123.35	255.255.255.128
Eth1	131.175.123.129	255.255.255.128
Eth2	131.175.122.1	255.255.255.0

Tabella di *routing*

Network	Netmask	Next Hop
130.170.0.0	255.255.0.0	131.175.123.1
130.171.0.0	255.255.0.0	131.175.123.132
130.171.4.0	255.255.252.0	131.175.122.2
130.170.10.0	255.255.254.0	131.175.122.3
0.0.0.0	0.0.0.0	131.175.123.3

Pacchetti ricevuti

- A. 131.175.123.64 da eth2
- B. 131.175.123.255 da eth0
- C. 131.175.122.132 da eth2
- D. 130.170.132.240 da eth1
- E. 130.170.11.64 da eth1
- F. 130.171.5.125 da eth1
- G. 156.198.34.14 da eth0
- H. 0.0.0.4 da eth1

Soluzione

- A. 131.175.123.64 da eth2, Inoltro diretto attraverso eth0
- B. 131.175.123.132 da eth0, Inoltro diretto attraverso eth1
- C. 131.175.122.132 da eth2. E' un inoltro diretto nella rete 131.175.122.0 che dovrebbe essere stato filtrato ai livelli inferiori perché non diretto al router. Nel caso arrivasse comunque al livello IP del router, sarebbe necessario effettuare comunque inoltro diretto su eth2.
- D. 130.170.132.240 da eth1, Inoltro indiretto, prima linea *routing table*, *NextHop*: 131.175.123.1, Interfaccia uscita: Eth0
- E. 130.170.11.64 da eth1, Inoltro indiretto, quarta linea *routing table*, *NextHop*: 131.175.122.3, Interfaccia uscita: Eth2
- F. 130.171.5.125 da eth1, Inoltro indiretto, terza linea *routing table*, *NextHop*: 131.175.122.2, Interfaccia uscita: Eth2
- G. 156.198.34.14 da eth0, Inoltro indiretto, ultima linea *routing table*, *NextHop*: 131.175.123.3, Interfaccia uscita: Eth0
- H. 0.0.0.4 da eth1, *Unicast* all'interno della sottorete, inoltro diretto su eth1.

4a.24 - Esercizio

Un router ha le seguenti interfacce e tabella di *routing*. Il livello 3 del router riceve i pacchetti con destinazione e dimensioni indicati sotto. Si dica per ciascuno di essi come si comporta il router: inoltro diretto o indiretto, interfaccia di uscita, riga della tabella, motivazione pacchetto scartato

Eth0 - Address: 131.175.21.254 – *Netmask*: 255.255.255.128 – MTU: 1500 B

Eth1: Address: 131.175.20.126 – *Netmask*: 255.255.255.128 – MTU: 1000 B

Network	<i>Netmask</i>	<i>Next-hop</i>
131.175.70.0	255.255.254.0	131.175.21.133
131.175.71.128	255.255.255.128	131.175.21.145
131.175.72.0	255.255.254.0	131.175.20.5
0.0.0.0	0.0.0.0	131.175.20.1

131.175.21.1 (1200B, D=1)

131.175.71.72 (1200B, D=1)

131.175.73.12 (1000B, D=1)

255.255.255.255 (500B, D=1) da *Eth0*

131.175.21.200 (1000B) da *Eth0*

131.175.20.12 (1000B) da *Eth0*

Soluzione

131.175.21.1 (1200B, D=1)

Dovrebbe andare su riga 4

Ma viene scartato perché eccede MTU e D=1

131.175.71.72 (1200B, D=1)

Inoltro indiretto riga 1

131.175.73.12 (1000B, D=1)

Inoltro indiretto riga 3

255.255.255.255 (500B, D=1) da *Eth0*

Inoltrato al livello superiore
indicato nel
campo *protocol*

131.175.21.200 (1000B) da *Eth0*

Inoltro diretto su *Eth0*

131.175.20.12 (1000B) da *Eth0*

Inoltro diretto su *Eth1*

4a.25 - Esercizio

Un router è caratterizzato dalla seguente configurazione delle interfacce locali e della seguente tabella di *routing*. Il livello 3 del router riceve i seguenti pacchetti. Per ciascuno dei pacchetti indicati di seguito (caratterizzati da interfaccia di provenienza, indirizzo di destinazione, dimensione e valore dei flag D) dire come si comporta il router specificando se procede con inoltro diretto, indiretto o se scarta il pacchetto. Indicare chiaramente l'interfaccia di inoltro, la riga della tabella di *routing* "scelta" per l'inoltro indiretto ed eventualmente il motivo per cui il pacchetto viene scartato.

Eth0: 131.175.192.1, 255.255.192.0 MTU=1500[byte]

Eth1: 131.175.128.1, 255.255.192.0 MTU=1500[byte]

WiFi0: 128.10.10.1, 255.255.255.0 MTU=500[byte]

Destinazione	Netmask	Next Hop
131.175.32.0	255.255.224.0	128.10.10.123
131.175.64.0	255.255.192.0	131.175.220.14
131.175.144.0	255.255.240	128.10.10.123
131.0.0.0	255.0.0.0	128.10.10.123
0.0.0.0	0.0.0.0	131.175.145.13

- | | | | |
|--------------------|----------------|-------------------------|-----|
| 1) 175.123.12.123 | da WiFi0 | dimensione=500[byte] | D=1 |
| 2) 131.175.64.12 | da <i>eth1</i> | dimensione = 180 [byte] | D=1 |
| 3) 131.175.65.120 | da <i>eth0</i> | dimensione = 180 [byte] | D=1 |
| 4) 131.175.192.1 | da <i>eth1</i> | dimensione = 200[byte] | D=1 |
| 5) 131.175.228.13 | da <i>eth1</i> | dimensione = 1200[byte] | D=1 |
| 6) 131.175.191.255 | da <i>eth0</i> | dimensione = 400[byte] | D=1 |
| 7) 131.175.33.12 | da <i>eth0</i> | dimensione=1200[byte] | D=0 |
| 8) 131.175.1.120 | da <i>eth1</i> | dimensione= 1300[byte] | D=1 |

Soluzione

- Inoltro indiretto, ultima riga tabella di *routing*, attraverso *eth1*
- Inoltro indiretto, seconda riga tabella di *routing*, attraverso *eth0*
- Inoltro indiretto, seconda riga tabella di *routing*, attraverso *eth0*
- Pacchetto passato ai livelli superiori
- Inoltro diretto attraverso *eth0*
- Inoltro diretto attraverso *eth1*
- Inoltro indiretto, prima riga tabella di *routing*, attraverso WiFi0 (pacchetto frammentato)
- Inoltro indiretto, quarta riga tabella di *routing* ma pacchetto scartato perché da inoltrare su WiFi0, frammentazione richiesta e flag D=1

4a.26 - Esercizio

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

Interfaccia	IP	Netmask	MTU
<i>Eth0</i>	125.170.123.76	255.255.255.128	500[byte]
<i>Eth1</i>	125.174.124.169	255.255.255.128	600 [byte]

Network	Netmask	Next hop	Interfaccia
125.170.122.128	255.255.255.128	125.174.124.254	<i>eth1</i>
125.170.122.0	255.255.254.0	125.170.123.1	<i>eth0</i>
125.174.124.0	255.255.255.128	125.170.123.2	<i>eth0</i>
125.174.122.0	255.255.254.0	125.170.123.3	<i>eth0</i>
0.0.0.0	0.0.0.0	125.174.124.253	<i>eth1</i>

Per ognuno dei pacchetti elencati nella seguente tabella, dire come si comporta il router. La tabella riporta (per ogni pacchetto): l'IP di destinazione, l'interfaccia da cui è stato ricevuto, la dimensione, il valore del *flag* di *do-not-fragment*, ed il valore corrente del Time To Live (TTL). Specificare nella risposta se il pacchetto richiede inoltrato diretto o indiretto.

No	Destinazione	Interfaccia ingresso	Dimensione	Flag	D	TTL
1	125.170.123.127	<i>Eth1</i>	600 [byte]	D=1	18	
2	125.174.123.12	<i>Eth0</i>	500[byte]	D=1	2	
3	125.174.123.6	<i>Eth1</i>	400[byte]	D=1	16	
4	125.170.122.66	<i>Eth1</i>	400 [byte]	D=0	16	
5	128.174.124.136	<i>Eth0</i>	400[byte]	D=0	1	

Soluzione

Il processo di soluzione è simile a quello degli esercizi precedenti con un paio di “novità”. Il testo fornisce anche informazione su TTL, *flag* di *do-not-fragment* e dimensione del pacchetto IP. Dobbiamo quindi verificare due cose: (i) che il pacchetto IP non sia scaduto (una volta ricevuto il pacchetto, si decrementa il valore del TTL e se il nuovo valore è uguale a 0 si scarta il pacchetto), e (ii) che a valle della decisione sull'inoltrato, la rete locale scelta per l'inoltrato supporti la dimensione del pacchetto da inoltrare e, nel caso di necessità di frammentazione, il *flag* di *do-not-fragment* sia =0.

Pacchetto 1: 125.170.123.127 da *Eth1* dim: 600 [byte] D=1 TTL=18

Il router riceve il pacchetto, decrementa il campo di TTL che diventa 17. Il pacchetto può essere inoltrato ancora.

Controllo se il pacchetto è destinato ad una sottorete locale.

125.170.123.127 AND 255.255.255.128 = 125.170.123.0 che è uguale all'indirizzo della sottorete a cui il router è collegato attraverso *eth0*. Il router dovrebbe procedere all'inoltrato diretto attraverso *eth0*. Tuttavia, il pacchetto è di 600[byte], mentre la dimensione massima consentita delle trame che possono essere inoltrate attraverso *eth0* è di 500[byte], ed il pacchetto non può essere frammentato (D=1). **Il router scarta il pacchetto** ed eventualmente notifica al mittente dello stesso l'evento di errore attraverso un messaggio ICMP.

Pacchetto 2: 125.174.123.12 da *Eth0* dim: 500 [byte] D=1 TTL=2

E' evidente che il pacchetto non sia destinato a nessuna delle reti locali. Il confronto con le prime due righe della tabella di *routing* darà sicuramente esito negativo. Per la terza riga della tabella si ha: 125.174.123.12 AND 255.255.255.128 = 125.174.123.0, confronto con esito negativo. Per la quarta

riga si ha: $125.174.123.12 \text{ AND } 255.255.254.0 = 125.174.122.0$, confronto con esito positivo. L'ultima riga della tabella di *routing* ha sempre confronto con esito positivo. Dunque, il router procede per un inoltro indiretto verso il *next hop* indicato dalla quarta riga della tabella di *routing*. Il TTL viene decrementato dal 2 a 1, mentre la dimensione del pacchetto non supera la MTU di tutte le interfacce d'uscita del router.

Pacchetto 3: 125.174.123.6 da *Eth1* dim: 400 [byte] D=1 TTL=16

Il router riceve il pacchetto, decrementa il campo di TTL che diventa 15. Il pacchetto può essere inoltrato ancora.

Controllo se il pacchetto è destinato ad una sottorete locale.

Eth0: $125.174.123.6 \text{ AND } 255.255.255.128 = 125.174.123.0$ che non è uguale all'indirizzo di sottorete a cui il router è connesso tramite *Eth0*. Il router deve quindi procedere all'inoltro indiretto attraverso le tabella di *routing*. Il router scandisce tutte le righe della tabella di *routing* e verifica se l'indirizzo di destinazione del pacchetto IP "appartiene" ad una o più delle sottoreti in tabella di *routing*. Il confronto da esito negativo per la prime due righe della tabella di *routing* (il secondo byte dell'indirizzo di destinazione è diverso dal secondo byte degli indirizzi di rete). Il confronto da esito negativo anche per la terza riga della tabella di *routing* (il terzo byte dell'indirizzo di destinazione è diverso dal terzo byte dell'indirizzo di rete). Per la quarta riga della tabella di *routing* si ha:

$125.174.123.6 \text{ AND } 255.255.254.0 = 125.174.122.0$ che è uguale all'indirizzo di sottorete in tabella di *routing*, quindi il router potrebbe usare questa riga della tabella di *routing* per inoltrare il pacchetto in questione.

L'ultima riga della tabella di *routing*, per definizione, può essere usata per inoltrare il pacchetto.

Il router quindi dovrebbe procedere **all'inoltro indiretto verso il *next hop* specificato dalla quarta riga della tabella di *routing***: 125.170.123.3 attraverso *eth0*. Il pacchetto da inoltrare è di 400[byte], dimensione inferiore alla dimensione massima consentita su *eth0*. Quindi l'inoltro indiretto può avvenire.

Pacchetto 4: 125.170.122.66 da *Eth1* dim: 400 [byte] D=0 TTL=16

Applicando lo stesso procedimento visto per i pacchetti precedenti, si ha che il pacchetto in questione viene **inoltrato in maniera indiretta usando la seconda riga della tabella di *routing*** (*next hop*: 125.170.122.0 attraverso *eth0*).

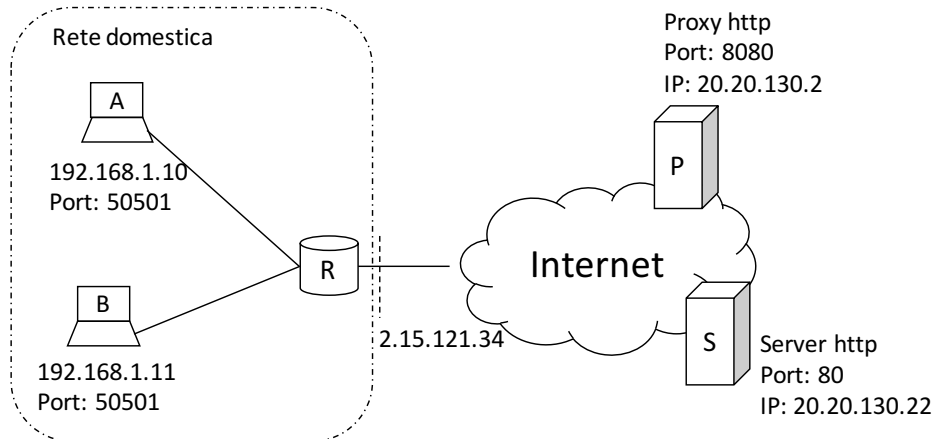
Pacchetto 5: 128.174.124.136 *Eth0* 400[byte] D=0 1

Il router riceve il pacchetto, decrementa il campo di TTL che diventa 0. Il pacchetto dovrebbe essere inoltrato usando la riga di default della tabella di *routing*. Tuttavia, il pacchetto è "scaduto". **Il router scarta il pacchetto** ed eventualmente segnala al mittente l'evento di errore tramite messaggio di ICMP "Time Exceeded"

4a.27 - Esercizio

Nella rete domestica in figura connessa ad Internet tramite un collegamento ad un provider, il router R utilizza il meccanismo di Network Address and Port Translation (NAPT o PAT) per tradurre gli indirizzi privati della rete domestica nell'unico indirizzo pubblico fornito dal provider ed indicato in figura. Il client A è collegato al proxy http P. Successivamente, il client B, anch'esso configurato per usare il proxy P, vuole visitare il server S.

Si indichino per il client B gli indirizzi IP (sorgente e destinazione) e i numeri di porta (sorgente e destinazione) dei pacchetti in viaggio da B a S tra coppie di elementi di rete: client B, router R, proxy P, server S.



Soluzione

Nella tratta da B a R: Sorgente 192.168.1.11, 50501, Destinazione: 20.20.130.2, 8080

Nella tratta da R a P: Sorgente 2.15.121.34, Y, Destinazione: 20.20.130.2, 8080

Nella tratta da P a S: 20.20.130.2, X → 20.20.130.22, 80

Essendo X e Y > 1024 e Y diverso da 50501, X diverso da 8080

4a.28 - Esercizio

Un router ha le seguenti interfacce e tabella di routing

Rete	Indirizzo	Netmask
eth0	192.168.1.254	255.255.255.0
eth1	131.175.23.13	255.255.255.128
eth2	123.17.4.5	255.255.255.0
eth3	17.7.4.27	255.255.255.128

	Destination	Netmask	Next Hop
#1	13.14.190.0	255.255.255.128	123.17.4.34
#2	12.13.0.0	255.255.128.0	131.175.23.27
#3	12.13.192.0	255.255.192.0	123.17.4.34
#4	0.0.0.0	0.0.0.0	17.7.4.93

Il router ha configurato un NAT che assegna agli indirizzi privati della rete eth0, l'indirizzo pubblico del router sulla rete eth2, 123.17.4.5. Inoltre, è configurato un Port Forwarding che mappa (123.17.4.5,80) in (192.168.1.3,80) sulla rete eth0.

Il livello 3 del router riceve i seguenti pacchetti IP. Si chiede di indicare come verranno gestiti i seguenti pacchetti, in cui sono indicati IP e porta sorgente, IP e porta destinazione e porta d'ingresso. Occorre indicare la tipologia di inoltro (scartato, diretto o indiretto), l'eventuale riga della tabella utilizzata, l'interfaccia d'uscita, l'eventuale modifica agli indirizzi IP sorgente o destinazione subita dal pacchetto in transito.

SRC: 192.168.1.5, 2345	DST: 192.168.1.8, 2346	da eth0
SRC: 192.168.1.6, 4356	DST: 12.13.205.7, 1234	da eth0
SRC: 137.12.5.3, 1234	DST: 12.13.129.11, 80	da eth2
SRC: 137.15.7.2, 2345	DST: 123.17.4.5, 80	da eth2
SRC: 137.23.8.1, 25	DST: 123.17.4.7, 1026	da eth1
SRC: 192.168.1.17, 115	DST: 131.175.23.195, 6534	da eth0

Soluzione

SRC: 192.168.1.5, 2345 DST: 192.168.1.8, 2346 da eth0

Il pacchetto è inoltrato in modo diretto all'interfaccia eth0.

SRC: 192.168.1.6, 4356 DST: 12.13.205.7, 1234 da eth0

Il pacchetto è inoltrato in modo indiretto secondo la riga #3 della tabella di routing sull'interfaccia d'uscita eth2. L'indirizzo IP sorgente viene modificato in 123.17.4.5

SRC: 137.12.5.3, 1234 DST: 12.13.129.11, 80 da eth2

Il pacchetto è inoltrato in modo indiretto secondo la riga #4 della tabella di routing sull'interfaccia d'uscita eth3. Nessuna modifica agli indirizzi IP.

SRC: 137.15.7.2, 2345 DST: 123.17.4.5, 80 da eth2

Il pacchetto è inoltrato in modo diretto tramite port forwarding attraverso l'interfaccia *eth0*. L'indirizzo IP di destinazione diventa 192.168.1.3

SRC: 137.23.8.1, 25 DST: 123.17.4.7, 1026 da eth1

Il pacchetto è inoltrato in modo diretto attraverso l'interfaccia eth2.

SRC: 192.168.1.17, 115 DST: 131.175.23.195, 6534 da eth0

Il pacchetto è inoltrato in modo indiretto secondo la riga #4 della tabella di routing sull'interfaccia d'uscita eth3. L'indirizzo IP di sorgente diventa: 123.17.4.5

4a.29 - Esercizio

Un router riceve una serie di pacchetti attraverso una delle sue interfacce seguenti:

nome interfaccia	indirizzo MAC	indirizzo IP	netmask
<i>eth1</i>	bbbb:6c3c:5656:3b34	131.175.21.254	255.255.255.0
<i>wifi0</i>	cccc:9911:aabb:22cc	10.10.10.254	255.255.255.0

Il router ha una tabella di *routing* che include una *route* di *default* ed ha attivo il NAT. Per ciascun pacchetto dire come si comporta il router (scartato a livello MAC/IP, passato ai livelli superiori, inoltrato senza modificarlo, inoltrato modificando indirizzi IP, ecc.). In caso il pacchetto venga inoltrato, indicare gli indirizzi IP (sorgente e destinazione) nel pacchetto inoltrato.

Pacchetto 1

IP sorg: 131.175.21.204

IP dest: 155.45.56.78

MAC dest: bbbb:6c3c:5656:3b34

Pacchetto 2

IP sorg: 131.175.21.250

IP dest: 131.175.21.254

MAC dest: bbbb:6c3c:5656:3b34

Pacchetto 3:

IP sorg: 10.10.10.233

IP dest: 10.10.10.203

MAC dest: aaaa:bbbb:7866:5c2b

Pacchetto 4:

IP sorg: 10.10.10.233

IP dest: 155.45.56.78

MAC dest: cccc:9911:aabb:22cc

Pacchetto 5:

IP sorg: 131.175.21.144

IP dest: 131.175.21.133

MAC dest: aaaa:bbbb:7866:5c2b

Soluzione

Pacchetto 1

IP sorg: 131.175.21.204

IP dest: 155.45.56.78

MAC dest: bbbb:6c3c:5656:3b34

Inoltrato usando la rotta di default

Pacchetto 2

IP sorg: 131.175.21.250

IP dest: 131.175.21.254

MAC dest: bbbb:6c3c:5656:3b34

Passato ai livelli superiori

Pacchetto 3:

IP sorg: 10.10.10.233

IP dest: 10.10.10.203

MAC dest: aaaa:bbbb:7866:5c2b

Scartato a livello MAC

Pacchetto 4:

IP sorg: 10.10.10.233

IP dest: 155.45.56.78

MAC dest: cccc:9911:aabb:22cc

Inoltrato cambiando IP sorgente

Pacchetto 5:

IP sorg: 131.175.21.144

IP dest: 131.175.21.133

MAC dest: aaaa:bbbb:7866:5c2b

Scartato a livello MAC