

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica



Corso di Reti di Calcolatori I

Roberto Canonico (roberto.canonico@unina.it)

Giorgio Ventre (giorgio.ventre@unina.it)

**Il protocollo IP: indirizzamento
Classi di indirizzi e subnetting**

**I lucidi presentati al corso sono uno strumento didattico
che NON sostituisce i testi indicati nel programma del corso**

Nota di copyright per le slide COMICS



Nota di Copyright

Questo insieme di trasparenze è stato ideato e realizzato dai ricercatori del Gruppo di Ricerca COMICS del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli Federico II. Esse possono essere impiegate liberamente per fini didattici esclusivamente senza fini di lucro, a meno di un esplicito consenso scritto degli Autori. Nell'uso dovranno essere esplicitamente riportati la fonte e gli Autori. Gli Autori non sono responsabili per eventuali imprecisioni contenute in tali trasparenze né per eventuali problemi, danni o malfunzionamenti derivanti dal loro uso o applicazione.

Autori:

Simon Pietro Romano, Antonio Pescapè, Stefano Avallone,
Marcello Esposito, Roberto Canonico, Giorgio Ventre

Indirizzi IP



- Ad ogni host è assegnato un indirizzo IP o indirizzo Internet
 - È un numero di 32 bit = 4 byte
 - Unico in tutta Internet
- Ogni indirizzo IP è diviso in un prefisso e un suffisso
 - Il prefisso indica la rete alla quale l'host è collegato
 - Due reti differenti hanno numero di rete differente
 - Il suffisso identifica l'host all'interno della rete
 - Due host sulla stessa rete non possono avere lo stesso suffisso, ma host su reti diverse possono avere lo stesso suffisso



3

Notazione *dotted decimal*



- La notazione dotted decimal rappresenta gli indirizzi IP come 4 numeri decimali separati da punto
- Ogni numero decimale, poiché rappresenta un byte, è compreso tra 0 e 255

| 32-bit Binary Number | Equivalent Dotted Decimal |
|-------------------------------------|---------------------------|
| 1000001 00110100 00000110 00000000 | 129 . 52 . 6 . 0 |
| 11000000 00000101 00110000 00000011 | 192 . 5 . 48 . 3 |
| 00001010 00000010 00000000 00100101 | 10 . 2 . 0 . 37 |
| 10000000 00001010 00000010 00000011 | 128 . 10 . 2 . 3 |
| 10000000 10000000 11111111 00000000 | 128 . 128 . 255 . 0 |

4

Sistema di numerazione decimale (cenni)



- La base è 10. Questo vuol dire che:
 - Si utilizzano 10 simboli (le cifre da 0 a 9)
 - Ogni cifra è pesata secondo una potenza di 10 con esponente crescente da destra verso sinistra

- es.

$$(2536)_{10} = 2 \cdot 10^3 + 5 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 6 \cdot 10^0$$

5

Sistema di numerazione binaria (cenni)



- La base è 2. Questo vuol dire che:
 - Si utilizzano 2 simboli (le cifre 0 e 1)
 - Ogni cifra è pesata secondo una potenza di 2 con esponente crescente da destra verso sinistra

- es.

$$(11010)_2 = 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = (26)_{10}$$

- Abbiamo così visto anche il modo per convertire un numero da base 2 a base 10

6

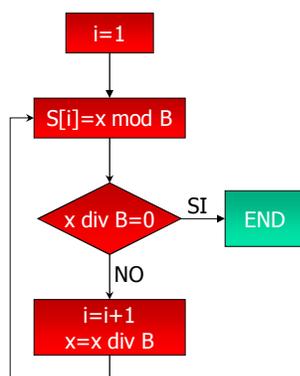
Sistema di numerazione esadecimale (cenni)



- La base è 16. Questo vuol dire che:
 - Si utilizzano 16 simboli (le cifre da 0 a 9 e le lettere da A a F)
 - Ogni cifra è pesata secondo una potenza di 16 con esponente crescente da destra verso sinistra
- es.
 $(1E5)_{16} = 1 \cdot 16^2 + 14 \cdot 16^1 + 5 \cdot 16^0 = (485)_{10}$
- Abbiamo così visto anche il modo per convertire un numero da base 16 a base 10

7

Conversione da decimale (cenni)



i: contatore
S: stringa risultato
x: numero da convertire
B: base

Esempio

Vogliamo convertire 25 in binario:

$25 \bmod 2 = 1 \Rightarrow S=1$
 $25 \text{ div } 2 = 12$
 $12 \bmod 2 = 0 \Rightarrow S=01$
 $12 \text{ div } 2 = 6$
 $6 \bmod 2 = 0 \Rightarrow S=001$
 $6 \text{ div } 2 = 3$
 $3 \bmod 2 = 1 \Rightarrow S=1001$
 $3 \text{ div } 2 = 1$
 $1 \bmod 2 = 1 \Rightarrow S=11001$
 $1 \text{ div } 2 = 0$
END

$(25)_{10} = (11001)_2$

8

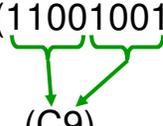
Relazione tra numeri binari ed esadecimali



- Una stringa di 4 bit può assumere $2^4=16$ diversi valori
- Se consideriamo ogni stringa come numero binario, essa rappresenta un numero compreso tra 0 e 15
- In base 16 abbiamo 16 cifre che assumono un valore compreso tra 0 e 15



- 1 cifra esadecimale “rappresenta” 4 cifre decimali

- es. $(201)_{10}$  $(11001001)_2$
 $(C9)_{16}$

9

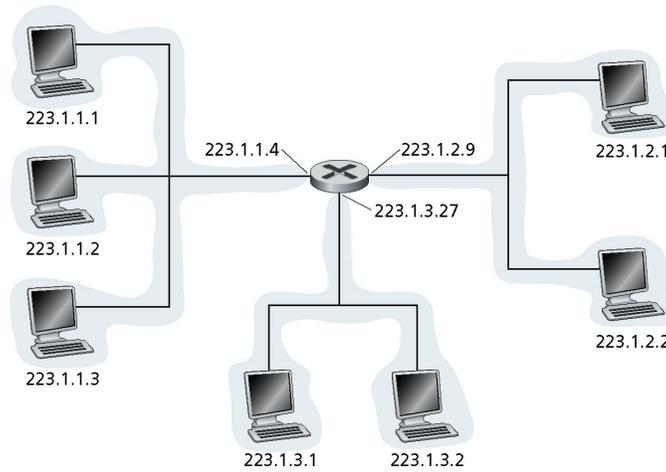
Chi assegna gli indirizzi IP?



- **ICANN:**
 - Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
- Assegna gli indirizzi
- Gestisce il DNS
- Assegna i nomi dei domini
- Risolve eventuali dispute (conflitti di nomi e/o indirizzi)

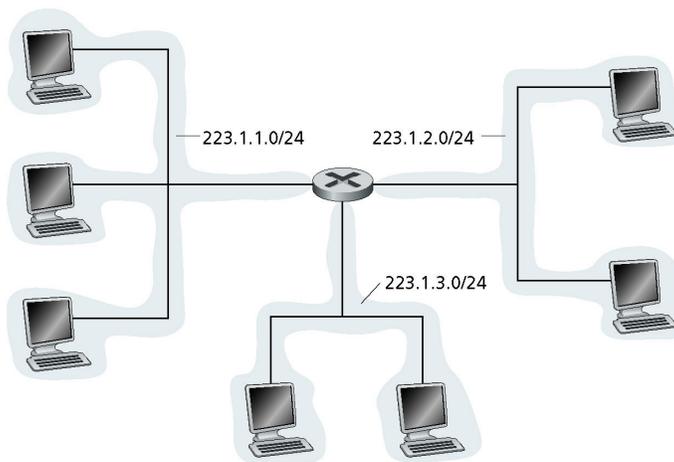
10

Indirizzi delle interfacce...



11

...indirizzi delle reti

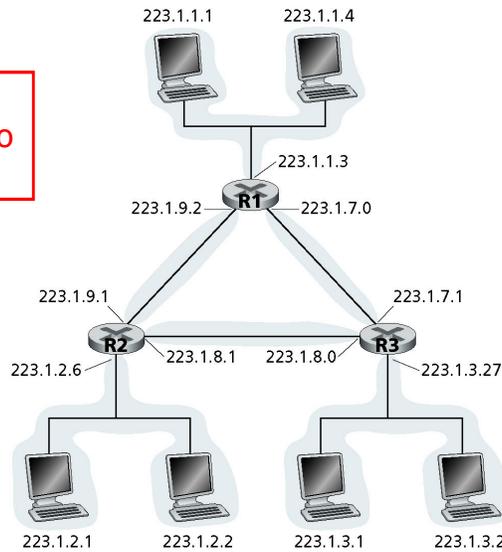


12

Tre router che interconnettono sei host



Domanda:
Quante sono
le reti?



13

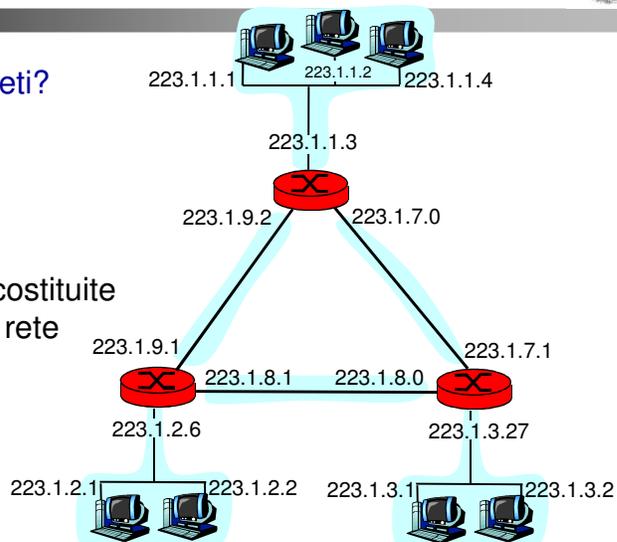
Soluzione...



Come trovare le reti?

- 'Staccare' ogni interfaccia dal corrispondente router/host
- Creare "isole" costituite da segmenti di rete disgiunti

Nell'esempio:
sistema
interconnesso
costituito da sei
reti



14

Classi di indirizzi



- La parte di indirizzo che specifica la rete e quella che specifica l'host non hanno lunghezza fissa, ma variano a seconda della *classe* a cui appartiene l'indirizzo
- Sono state definite 5 classi:
 - 3 (A, B, C) sono usate per gli indirizzi degli host e si differenziano per la lunghezza della parte rete/host
 - 1 (D) è usata per il *multicast*
 - 1 (E) è riservata per usi futuri

15

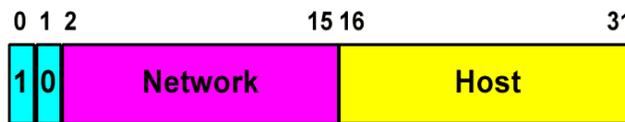
Indirizzi di classe A



- Campo rete
 - 7 bit
 - Massimo 128 reti
 - Il primo byte è compreso tra 0 e 127
- Campo host
 - 24 bit
 - Massimo $2^{24} \approx 16\text{M}$ host

16

Indirizzi di classe B



- Campo rete
 - 14 bit
 - Massimo 16k reti
 - Il primo byte è compreso tra 128 e 191
- Campo host
 - 16 bit
 - Massimo $2^{16} \approx 64k$ host

17

Indirizzi di classe C



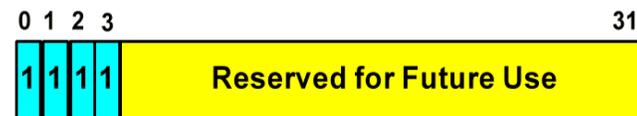
- Campo rete
 - 21 bit
 - Massimo 2M reti
 - Il primo byte è compreso tra 192 e 223
- Campo host
 - 8 bit
 - Massimo 256 host

18

Indirizzi di classe D e E



Classe D



Classe E

19

Indirizzi IP “speciali”



- **Network address**
 - La rete stessa ha un indirizzo, il cui suffisso è costituito da tutti '0'
 - Nessun host può quindi avere tutti '0' nel suffisso
- **Directed broadcast address**
 - Per mandare un messaggio in broadcast ad una rete il suffisso è costituito da tutti '1': il pacchetto è inviato a tutti gli host di una specifica rete
- **Limited broadcast address**
 - L'intero indirizzo (sia la parte rete che la parte host) è costituito da tutti '1': 255.255.255.255
 - Broadcast sulla LAN locale

20

Indirizzi IP “speciali”



- **This computer address**
 - L'intero indirizzo è costituito da tutti '0'
 - Per ottenere un indirizzo automaticamente all'avvio, si potrebbe usare IP per comunicare...
 - ...ma non abbiamo ancora un indirizzo:
 - vedremo che per l'assegnazione di tale indirizzo si utilizzano protocolli quali DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) e BOOTP (Boot Protocol)
- **Loopback address**
 - Ogni indirizzo che comincia con 127 indica il computer locale
 - 127.0.0.1 è il più comune, ma va bene anche 127.0.44.53
 - Usato per test, nessun pacchetto esce sulla rete
 - Utile quando il computer non ha schede di rete

21

Indirizzi IP



- La suddivisione degli indirizzi IP in classi non è efficiente perché comporta lo spreco di indirizzi
- 32 bit $\Rightarrow 2^{32} \approx 4$ miliardi di indirizzi diversi, ma non tutti vengono usati
- Rimedi:
 - Indirizzi privati
 - Sottoreti

22

Indirizzi IP privati



- L'RFC 1597 riserva i seguenti blocchi di indirizzi per uso privato:
 - 10.0.0.0 - 10.255.255.255 Classe A
 - 172.16.0.0 - 172.31.255.255 Classe B
 - 192.168.0.0 - 192.168.255.255 Classe C
- I router di Internet non inoltrano pacchetti aventi indirizzo sorgente o destinazione compreso in uno di questi blocchi
- Vedremo dopo il modo per tradurre tali indirizzi in indirizzi Internet pubblici (NAT)

23

Sottoreti



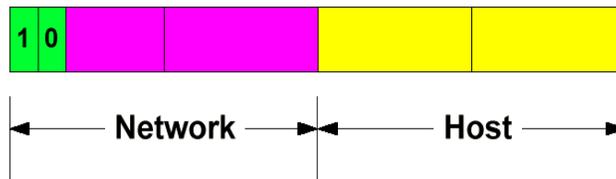
- Gli indirizzi IP sono assegnati in modo che tutti gli host sulla stessa rete locale appartengono alla stessa sottorete
- Una sottorete è individuata dai bit del prefisso più alcuni bit presi in prestito dal suffisso, come specificato dalla **subnet mask**
- Una subnet mask è una stringa di 32 bit associata ad ogni host:
 - Gli '1' definiscono la porzione di indirizzo che identifica la sottorete
 - Gli '0' definiscono la porzione di indirizzo che identifica l'host
- **L'indirizzo della sottorete si ottiene mediante un AND bit a bit tra l'indirizzo dell'host e la netmask**
- Esempio: vogliamo utilizzare un unico indirizzo di classe B avendo diverse reti fisiche. Se prendiamo in prestito 8 bit dal suffisso avremo a disposizione 256 sottoreti, ognuna delle quali potrà avere 254 host
 - L'host 128.192.56.50 con netmask 255.255.255.0 appartiene alla sottorete 128.192.56.0

24

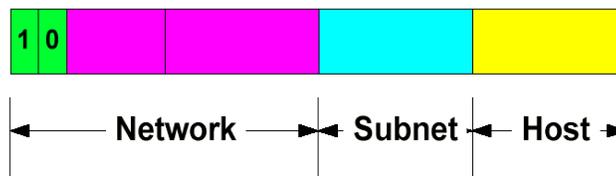
Sottoreti



Indirizzo di classe B prima del subnetting

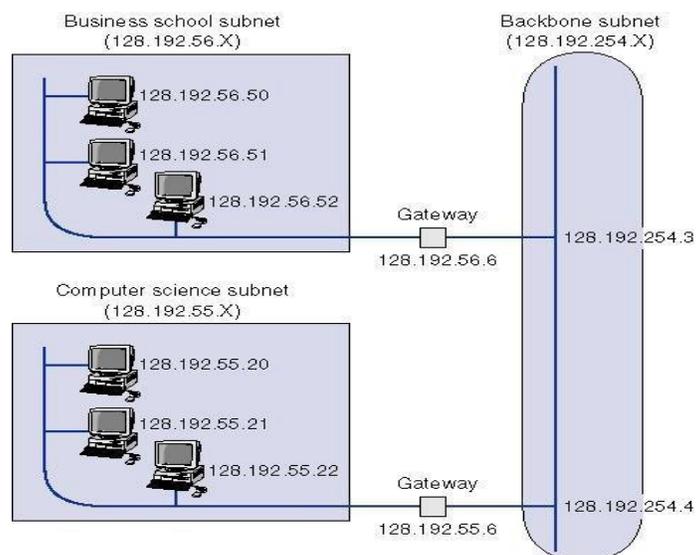


Indirizzo di classe B dopo il subnetting



25

Sottoreti: un esempio



26

Sottoreti



- Suddividere una rete in sottoreti ci consente di allocare in maniera efficiente gli indirizzi, migliorando al tempo stesso le prestazioni (il traffico relativo ad una sottorete non viene introdotto nelle altre)
- Come viene utilizzata una subnet mask?
 - Da un host che deve trasmettere un pacchetto:
 - Confronta la destinazione con la propria subnet mask
 - Se la dest è sulla stessa sottorete, invia sulla LAN
 - Altrimenti, invia al gateway
 - Da un router all'interno della rete suddivisa in sottorete
 - Utilizza la subnet mask con l'indirizzo di rete delle reti collegate per determinare la giusta destinazione

27

Come viene utilizzata la subnet mask da un host



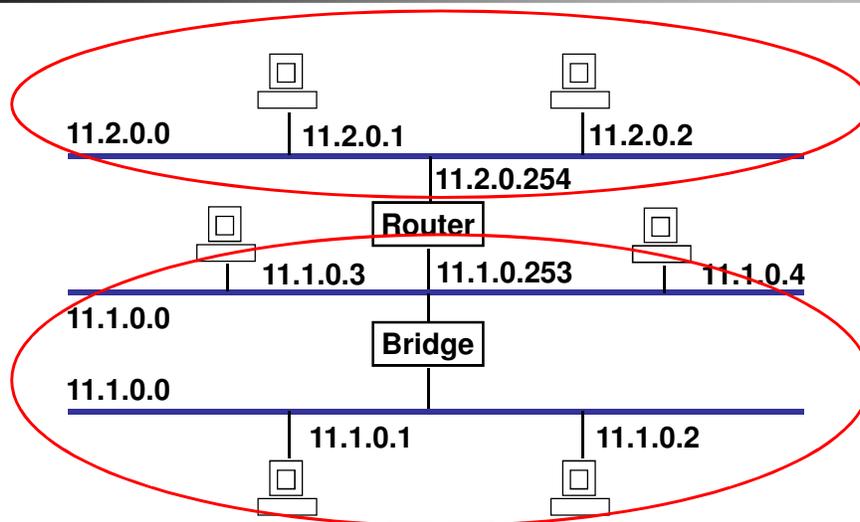
- RFC 950 (Internet Standard Subnetting Procedure)

```
IF bitwise_and(dg.ip_dest, my_ip_mask) ==  
    bitwise_and(my_ip_addr, my_ip_mask)  
THEN  
    send_dg_locally(dg, dg.ip_dest)  
ELSE  
    send_dg_locally(dg, gateway_to(bitwise_and(dg.ip_dest, my_ip_mask)))
```

- dg sta per datagram
- gateway_to è l'indirizzo del next hop router ottenuto dalla routing table

28

Reti logiche e fisiche



29

Netmask



- Parametro che specifica il subnetting
 - bit a 1 in corrispondenza dei campi network e subnetwork
 - bit a 0 in corrispondenza del campo host
- Esempio: si supponga di voler partizionare una rete di classe B in 16 subnet da 4096 host
 - Netmask 11111111 11111111 11110000 00000000
 - Netmask esadecimale ff ff f0 00
 - Netmask decimale 255.255.240.0
 - /20

30

Subnet e reti fisiche



- IP assume una corrispondenza biunivoca tra reti fisiche e subnet:
 - routing implicito all'interno di una subnet
- Il routing tra subnet diverse è esplicito
 - gestito dai router tramite tabelle di instradamento

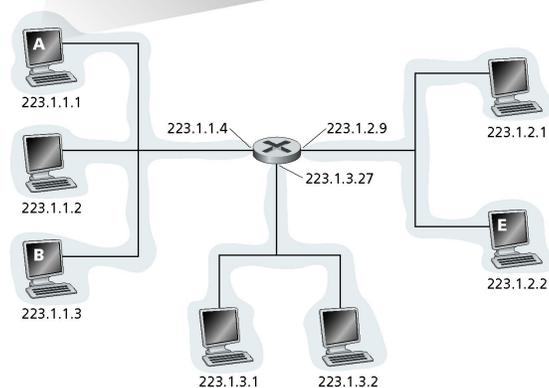
31

Es: tabella di routing nell'host A



Tabella di rilancio in A

| Rete di destinazione | Router successivo | Numero salti |
|----------------------|-------------------|--------------|
| 223.1.1.0/24 | | 1 |
| 223.1.2.0/24 | 223.1.1.4 | 2 |
| 223.1.3.0/24 | 223.1.1.4 | 2 |



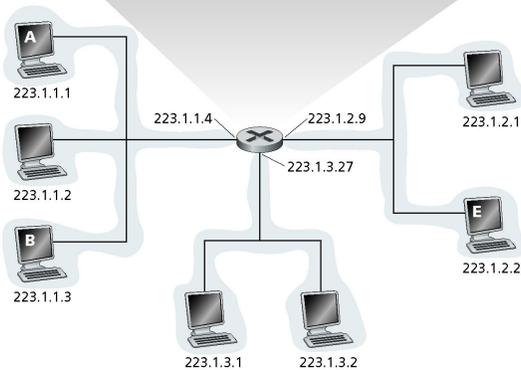
32

Es: tabella di routing nel router



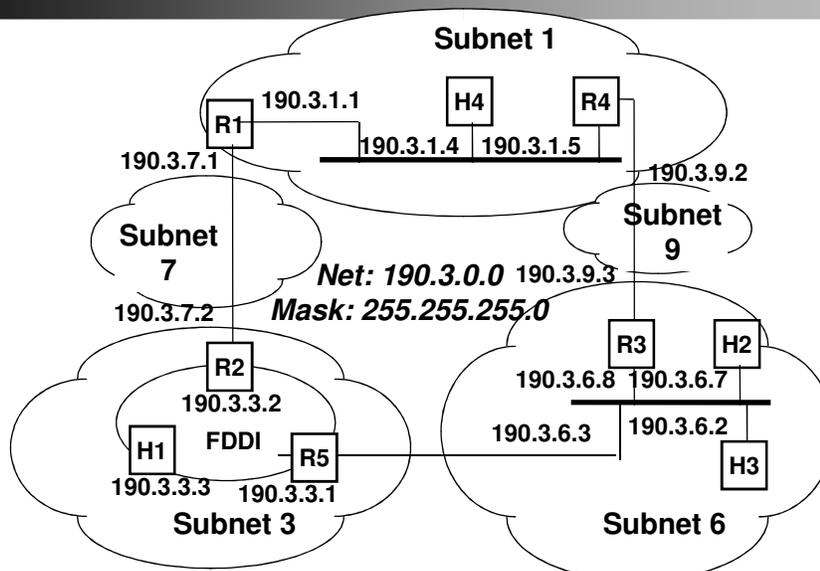
Tabella di rilancio nel router

| Rete di destinaz. | Router success. | N. hop | Interfaccia |
|-------------------|-----------------|--------|-------------|
| 223.1.1.0/24 | — | 1 | 223.1.1.4 |
| 223.1.2.0/24 | — | 1 | 223.1.2.9 |
| 223.1.3.0/24 | — | 1 | 223.1.3.27 |



33

Esempio



34

Subnet: instradamento



- All'interno della subnet l'instradamento deve essere fornito dalla rete fisica
- Corrispondenza tra gli indirizzi di subnet (indirizzi IP) e gli indirizzi di livello 2 gestita da ARP (Address Resolution Protocol)
- Indirizzi di livello 2
 - Indirizzi MAC sulle LAN
 - Indirizzi di DTE in X.25
 - Identificatori di LCI in Frame Relay
 -

35

Default Route



- Gli host devono conoscere almeno un router presente sulla loro rete fisica
- Il protocollo ICMP permette di ottimizzare dinamicamente il routing
- Ad esempio sull'host H4
 - `route add default gw 190.3.1.5`

36

Tabelle di Instradamento



- L'instradamento tra subnet diverse viene gestito da tabelle di instradamento presenti sui router
- Esempio:
 - tabelle di instradamento del router R5
 - 3 subnet non raggiungibili direttamente

| Subnet di Destinazione | Indirizzo del router |
|------------------------|----------------------|
| 190.3.1.0 | 190.3.3.2 |
| 190.3.7.0 | 190.3.3.2 |
| 190.3.9.0 | 190.3.6.8 |