



**POLITECNICO**  
MILANO 1863



# **Fondamenti di Internet e Reti**

**Antonio Capone, Matteo Cesana,  
Ilario Filippini, Guido Maier**



## **4 - Livello di Rete (parte 2)**

**Antonio Capone, Matteo Cesana,  
Ilario Filippini, Guido Maier**

# Agenda

- Introduzione agli indirizzi IPv4
- Inoltro dei pacchetti IP
- IP addressing
  - Indirizzamento CIDR
  - Indirizzamento classful
  - Subnetting
  - Aggregazione di indirizzi (supernetting)



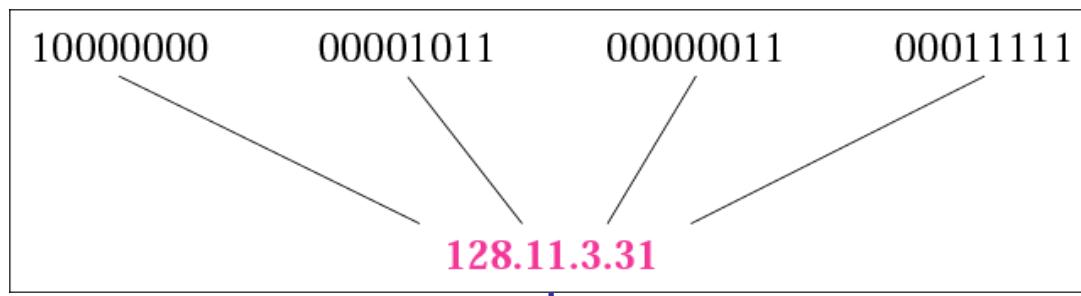
# Agenda

- Introduzione agli indirizzi IPv4
- Inoltro dei pacchetti IP
- IP addressing
  - Indirizzamento CIDR
  - Indirizzamento classful
  - Subnetting
  - Aggregazione di indirizzi (supernetting)



# Indirizzo IP (IPv4)

- E' un numero binario di 32 bit
- "A beneficio degli esseri umani", viene scritto nella forma x.y.z.w.  
Ciascuno dei x,y,z,w
  - rappresenta 8 bit
  - può assumere tutti i valori da 00000000 a 11111111 (0 – 255 in base 10)
- Sempre "a beneficio degli esseri umani" si usa scriverlo nella forma decimale (notazione decimale puntata)

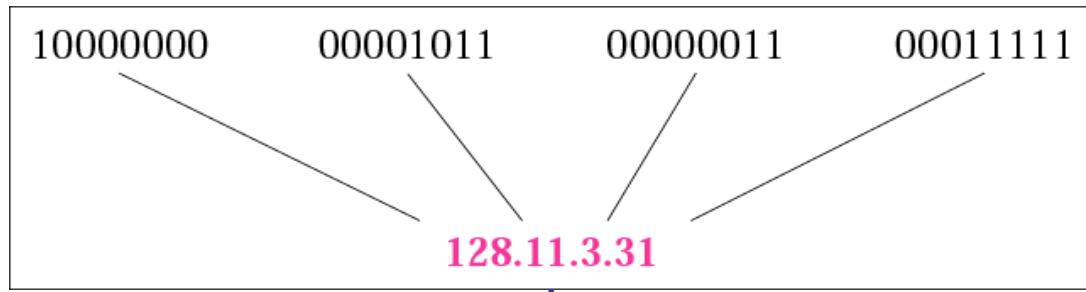


"Dotted decimal notation"

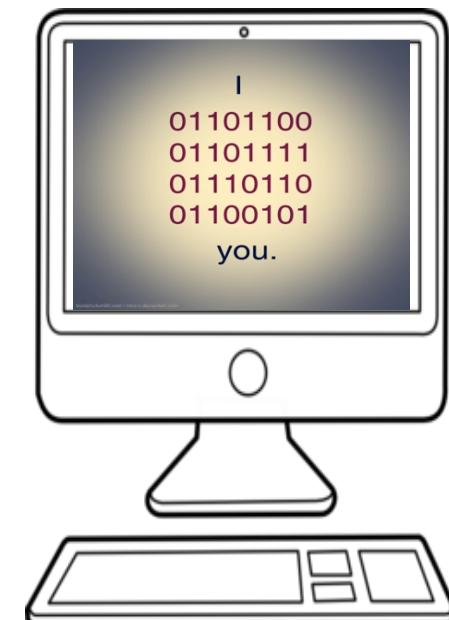


# Indirizzo IP (IPv4)

- E' associato in modo univoco ad un'interfaccia di rete di un host o di un router
  - Non è associato direttamente a un host o a un router perché questi possono avere più interfacce di rete
- Indirizzo IP deve avere valenza e univocità universali (in tutto Internet)
  - Il routing in IP è basato sull'indirizzo dell'host destinazione
- Ogni gestore di rete ha a disposizione un blocco di indirizzi che distribuisce alle interfacce dei singoli apparati

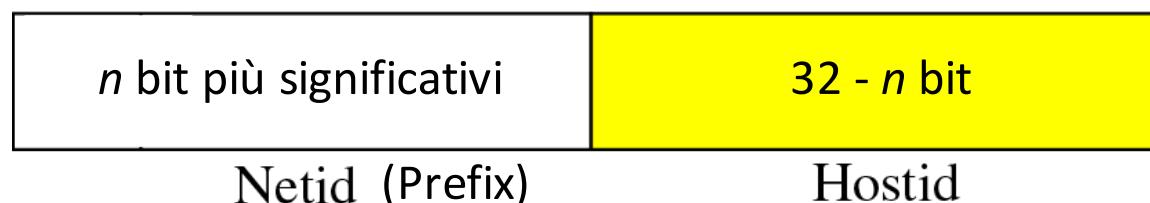


“Dotted decimal notation”



# IP Network, Network prefix (NetID)

- Un blocco elementare di indirizzi IP è assegnato alle interfacce di una **rete IP**
- Gli indirizzi del blocco devono avere identici i primi  $n$  bit
- Questi primi  $n$  bit si chiamano **prefisso** (o **identificativo**) di rete (**network prefix** o **NetID**)
- L'indirizzo IP è dunque diviso in due campi (o livelli)
  - I primi  $n$  bit (prefix o NetID) identificano la rete
  - I rimanenti bit (**HostID**) sono usati per identificare un host specifico (un'interfaccia) nell'ambito della rete
- Il valore di  $n$  dipende dal tipo di rete



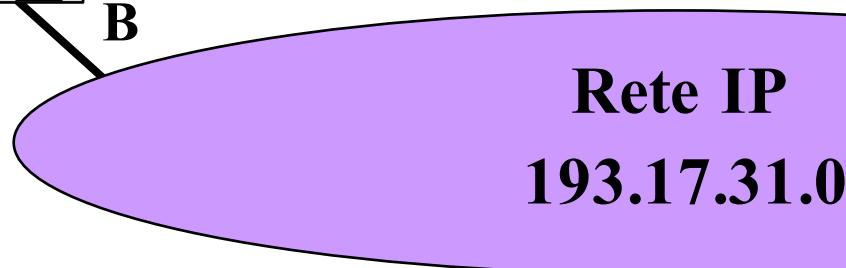
# IP Network $\leftrightarrow$ rete fisica

IP-B: 193.17.31.55

MAC-B: 05:98:76:6c:4a:7b



B



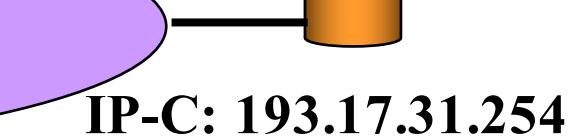
IP-A: 193.17.31.45

MAC-A: 00:9f:7a:89:90:7a



A

C

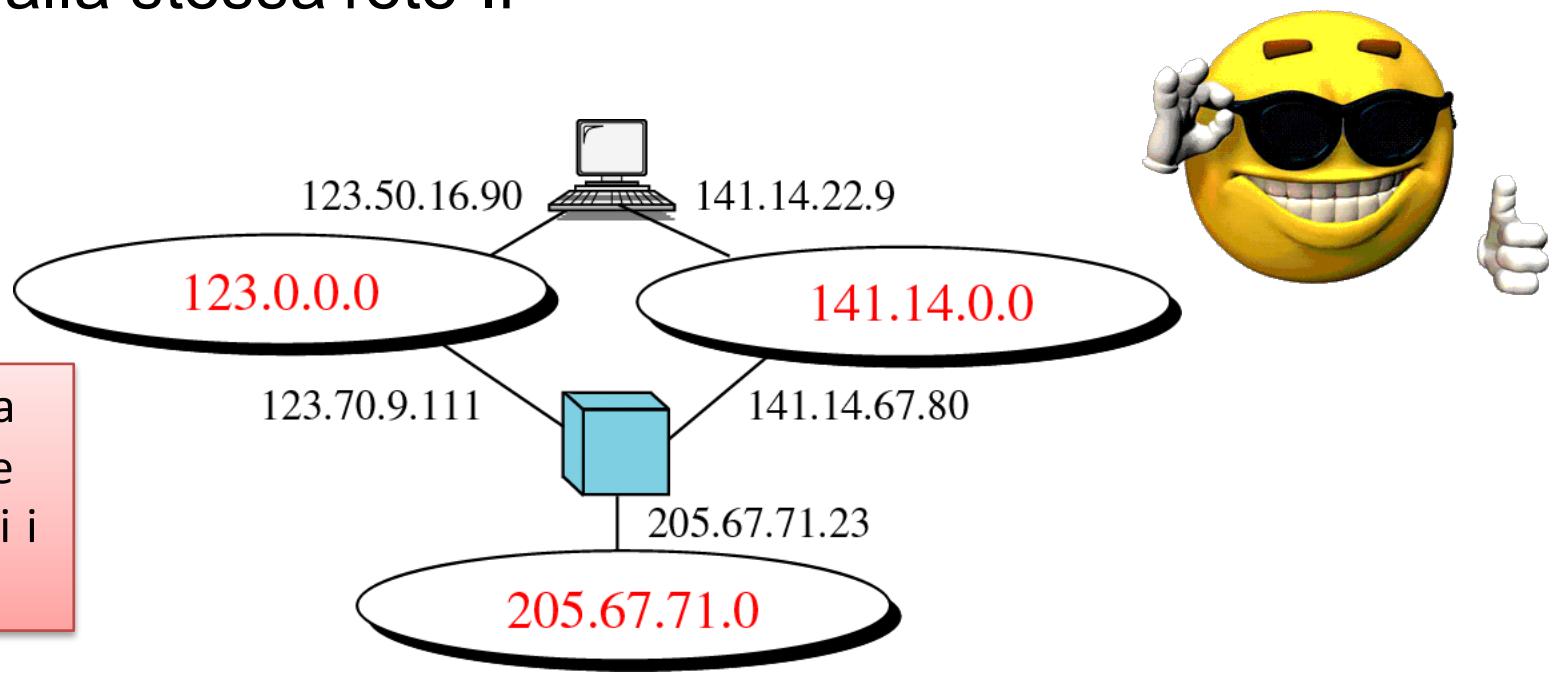


- Una rete IP, identificata da un NetID, è una insieme di interfacce (host + router) fisicamente interconnesse, tipicamente con switch e hub
- Le Ethernet card degli hosts sono stazioni della LAN e sono identificate da un indirizzo MAC (oltre che dall'indirizzo IP)
- E' necessario che vi sia almeno un router con un'interfaccia collegata alla rete IP per comunicare con altre reti IP



# Esempio

- Notare che anche un host può avere più interfacce di rete (dual homing)
- Ogni interfaccia di un router (e di un host) deve appartenere a reti IP diverse
- Non è possibile assegnare due interfacce dello stesso apparato alla stessa rete IP



# Netmask

11111111 11111111 11111111 00000000

- La netmask è un numero binario di 32 bit associato ad una rete IP
  - Inizia con  $n$  bit a 1(dal più significativo), con  $n$  pari alla lunghezza del NetID
  - I restanti  $32 - n$  bit sono a 0
  - Indica quali bit di un indirizzo IP sono assegnati al NetID
  - Viene indicata con *dotted decimal notation*
- Esempio:
  - Indirizzo IP 193.17.31.45 e Netmask: 255.255.255.0
  - La rete a cui appartiene l'indirizzo è 193.17.31.0



# NetID: notazioni alternative equivalenti

- Esempio: NetID 130.86.0.0
  - Rappresenta tutti i  $2^{16}$  indirizzi IP che iniziano con il pattern di bit 10000010 01010110
- Questo si può scrivere come
  - Coppia: 130.86.0.0 + Netmask 255.255.0.0
  - 130.86.0.0/16
  - 130.86.\*.\*
  - Intervallo (range) [130.86.0.0, 130.86.255.255]



# Agenda

- Introduzione agli indirizzi IPv4
- Inoltro dei pacchetti IP
- IP addressing
  - Indirizzamento CIDR
  - Indirizzamento classful
  - Subnetting
  - Aggregazione di indirizzi (supernetting)



# Inoltro dei pacchetti

- IP è una tecnica di internetworking
  - Nel trasferimento di pacchetti tra due *host* si serve della capacità di **inoltro delle reti (locali) attraversate**
- **Inoltro diretto:**
  - quando la destinazione è nella stessa rete IP (e rete locale)
- **Inoltro indiretto:**
  - quando la destinazione non è nella stessa rete IP (e rete locale)
- Trasmissione di pacchetti nelle reti locali attraversate
  - Incapsulati in trame di livello 2
  - Si basa sugli indirizzi di livello 2 (indirizzi MAC) dei dispositivi



# Inoltro diretto negli host

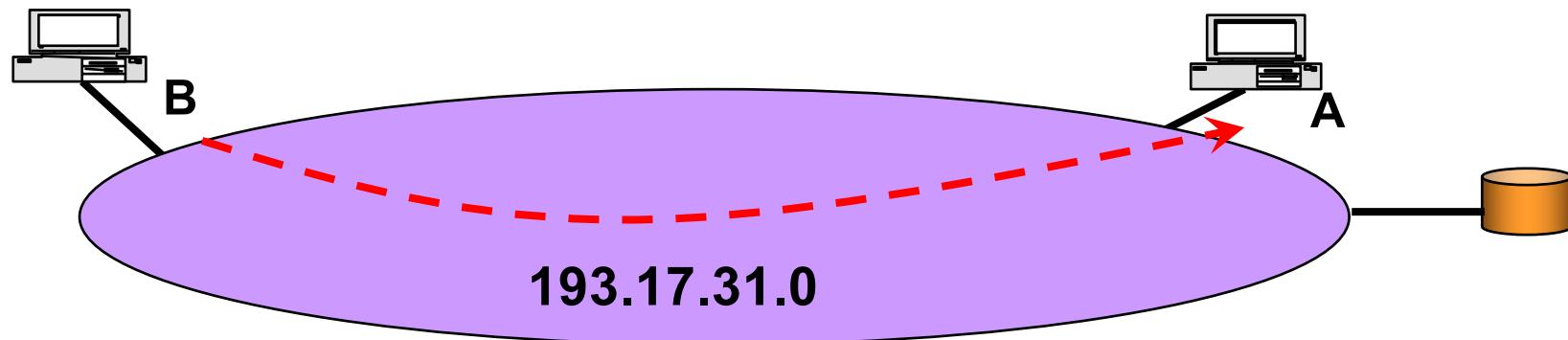
- Rete locale coincidente con rete IP

IP-B: 193.17.31.55

MAC-B: 05:98:76:6c:4a:7b

IP-A:193.17.31.45

MAC-A: 00:9f:7a:89:90:7a

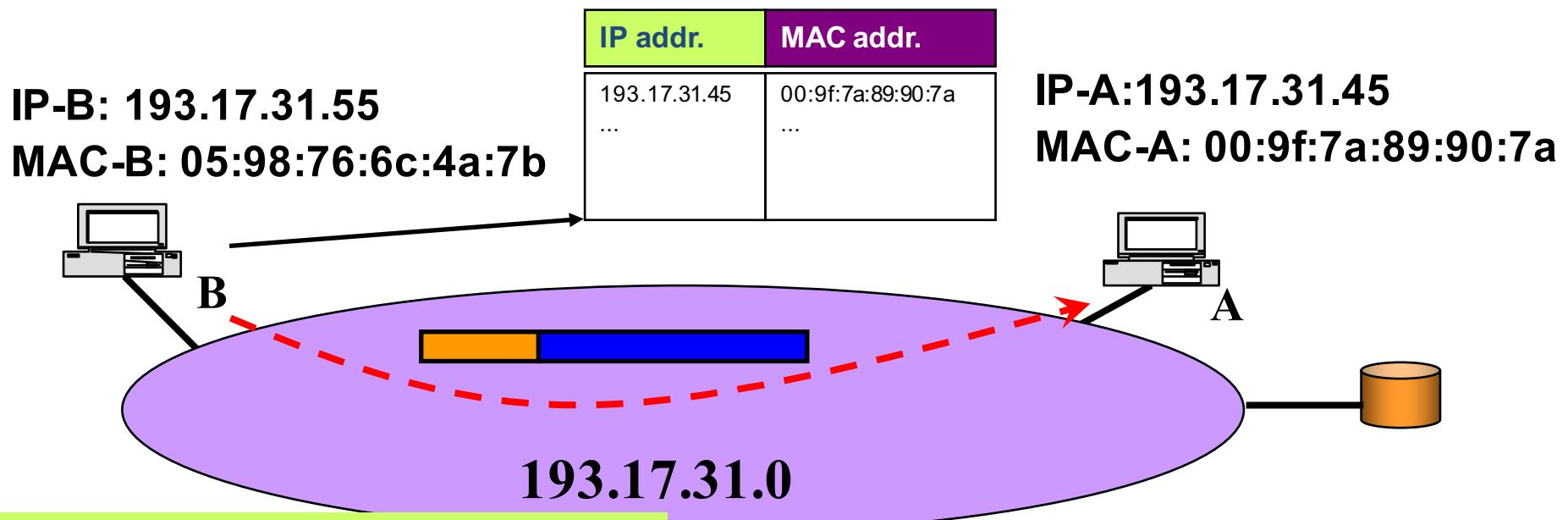


**1. L'entità IP di B deve spedire un pacchetto all'indirizzo IP-A**

**2. B conosce l'indirizzo IP-B della propria interfaccia e dal confronto con IP-A capisce che A si trova nella stessa rete**



# Inoltro diretto negli host



**3. B consulta una tabella di corrispondenza tra indirizzi IP e indirizzi della rete (indirizzi MAC nel caso di rete locale) per reperire l'indirizzo MAC-A**

**4. L'entità IP di B passa il pacchetto al livello inferiore che crea un pacchetto con destinazione MAC-A**



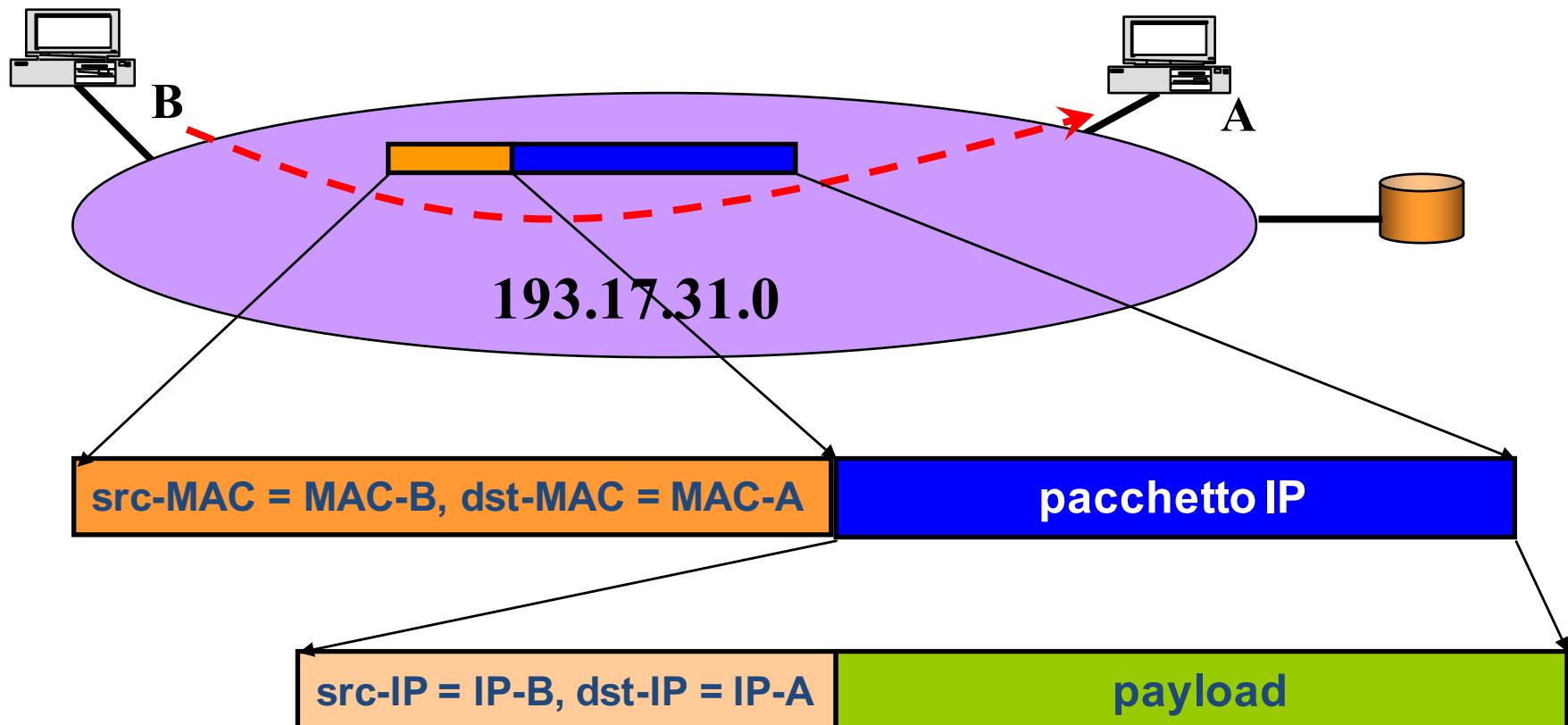
# Inoltro diretto negli host

IP-B: 193.17.31.55

MAC-B: 05:98:76:6c:4a:7b

IP-A: 193.17.31.45

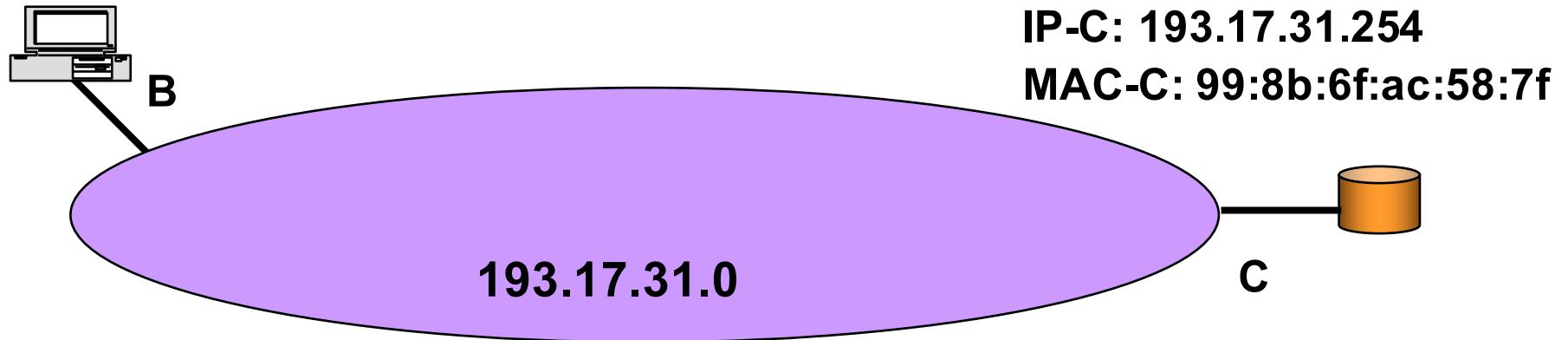
MAC-A: 00:9f:7a:89:90:7a



# Inoltro indiretto negli host

IP-B: 193.17.31.55

MAC-B: 05:98:76:6c:4a:7b

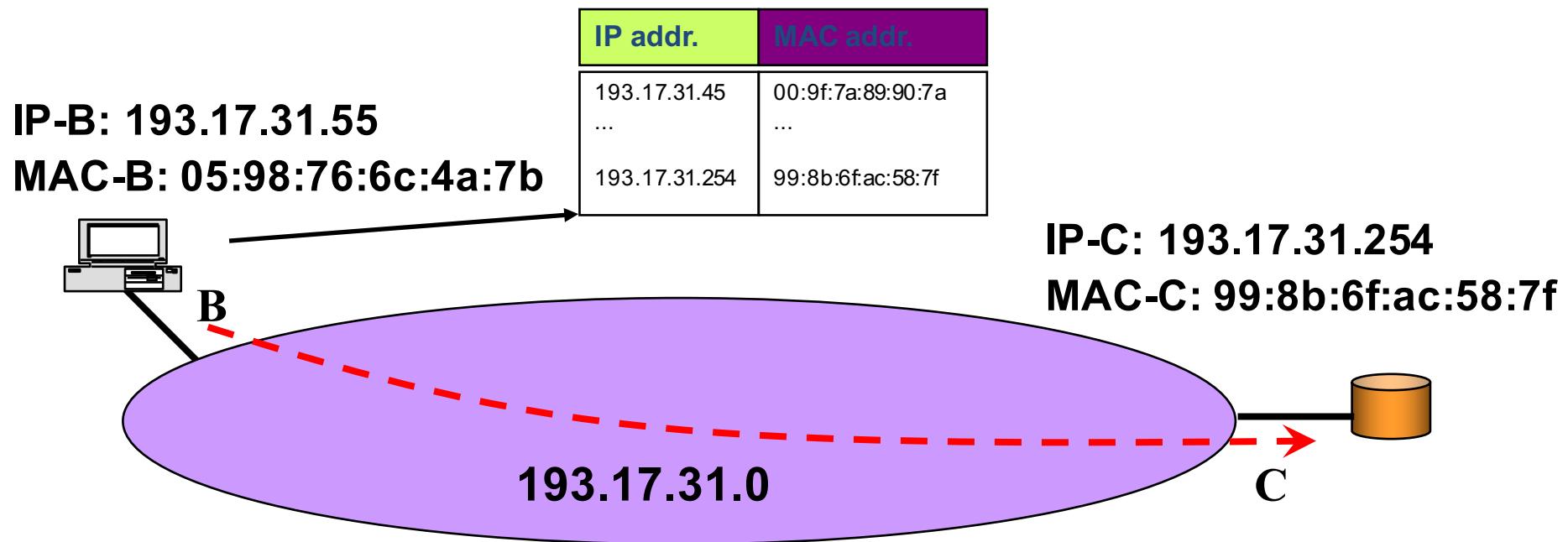


**1. L'entità IP di B deve spedire un pacchetto all'indirizzo IP-D=131.17.23.4**

**2. B conosce l'indirizzo IP-B della propria interfaccia e dal confronto con IP-D capisce che D NON si trova nella stessa rete**



# Inoltro indiretto negli host



**3. B deve dunque inoltrare il pacchetto ad un router (di solito è configurato un solo default router)**

**4. B recupera l'indirizzo MAC del router nella tabella di corrispondenza e passa il pacchetto al livello inferiore**



# Inoltro indiretto negli host

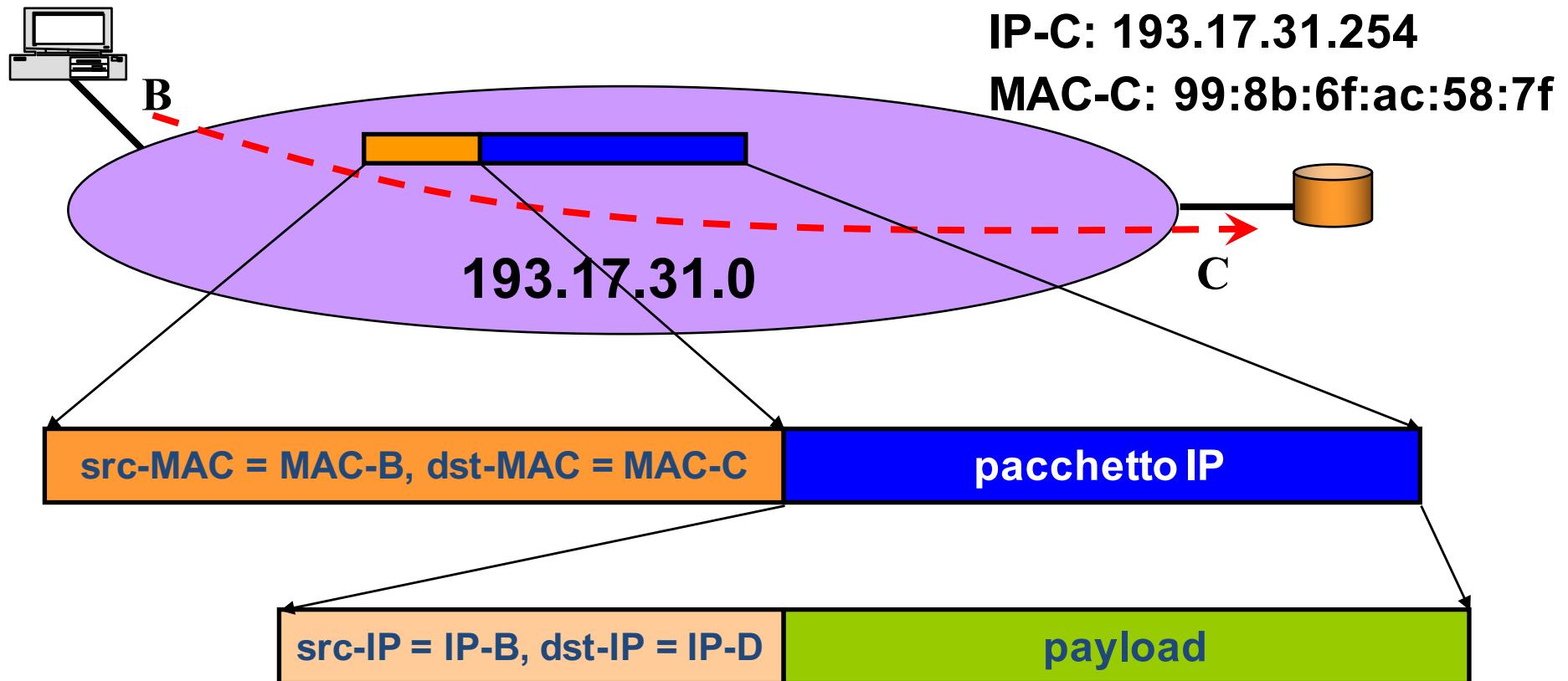
5. il pacchetto viene costruito e spedito sull'interfaccia

IP-B: 193.17.31.55

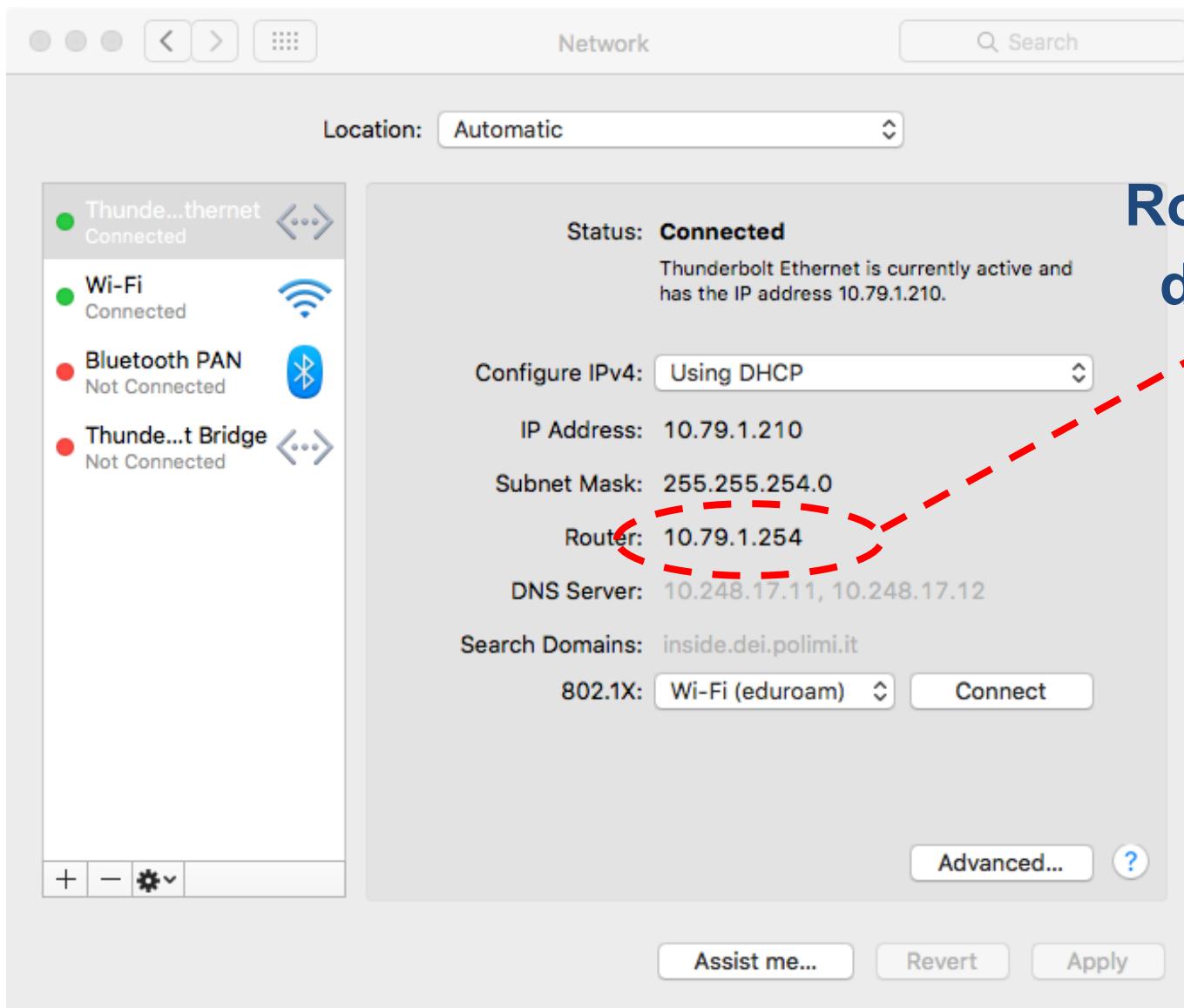
MAC-B: 05:98:76:6c:4a:7b

IP-C: 193.17.31.254

MAC-C: 99:8b:6f:ac:58:7f



# Configurazione degli host



Router di  
default



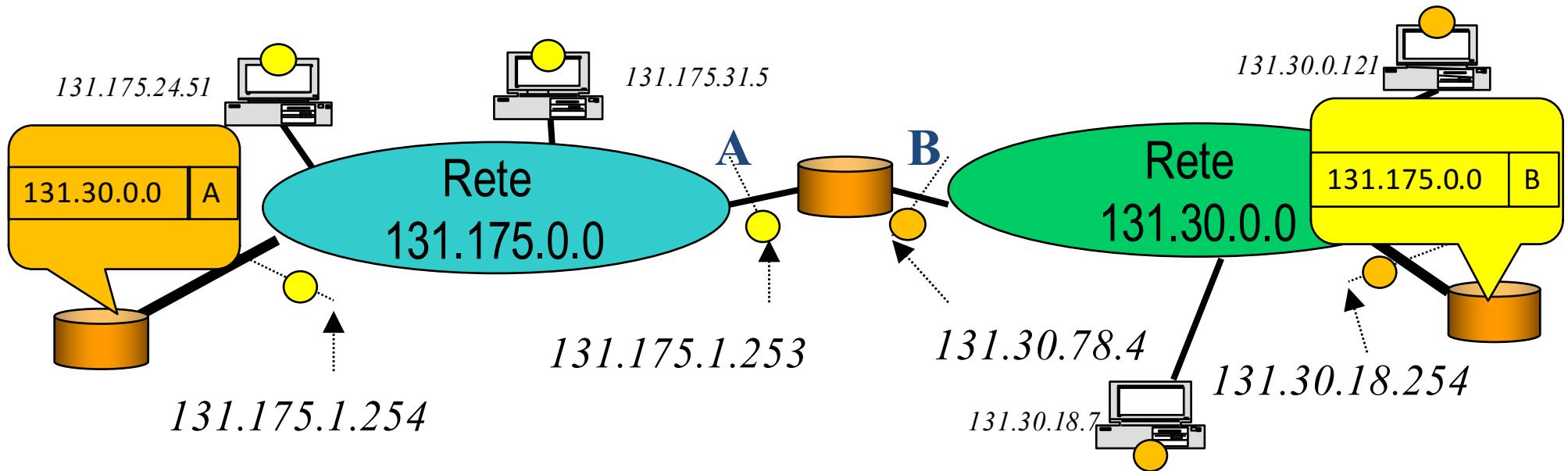
# Inoltro nei router

- *Router*: dispositivi di internetworking con interfacce di uscita multiple.
- Anche i *router* seguono le tecniche di inoltro diretto ed indiretto ma:
  - Inoltro diretto: hanno di solito più di una interfaccia dove poter effettuare l'inoltro diretto
  - Inoltro indiretto: si basa su *tabelle di routing* dove è definita la “rotta” di instradamento
- Caratteristiche dell'inoltro:
  - **DESTINATION BASED**: L'inoltro IP è basato sul solo indirizzo di destinazione
  - **NEXT HOP ROUTING**: Nelle tabelle di routing per ogni rete di destinazione è indicato solo il prossimo router (next-hop) nel percorso verso la destinazione



# Inoltro nei router

- L'inoltro avviene da router a router attraverso le reti IP
- I router inoltrano i pacchetti basandosi esclusivamente sulla parte di NetID dell'indirizzo di destinazione
- Tutti gli host che appartengono alla rete di destinazione sono identificati nelle tabelle di routing da una singola entry (il prefisso di rete) → **Address Aggregation**



# Tabella di routing (routing table)



Destination prefix	Next-hop	Output interface
24.40.32/20	192.41.177.148	2
130.86/16	191.41.177.181	6
208.12.16/20	192.41.177.241	4
208.12.21/24	192.41.177.196	1
167.24.103/24	192.41.177.148	2



Tutti gli indirizzi nell'intervallo: 167.24.103.0 –  
167.24.103.255



# Inoltro diretto e indiretto con le netmask

- Per inoltrare un pacchetto occorre capire se appartiene alla sottorete di una delle interfacce
- Per effettuare la verifica si fa un AND bit a bit tra indirizzo dell'interfaccia e netmask e tra indirizzo di destinazione e netmask
- Se i due risultati coincidono allora la sottorete è la stessa e si procede all'**inoltro diretto**

**destinazione: (131.175.21.77) AND (255.255.255.0) = 131.175.21.0**

Nota: gli indirizzi a bordo dei PACCHETTI non hanno MAI NETMASK.

**confronto  
positivo**

**interfaccia: (131.175.21.96) AND (255.255.255.0) = 131.175.21.0**



# Tabelle di routing con le netmask

- Se i confronti con le interfacce sono negativi occorre procedere ad un inoltro indiretto
- Occorre analizzare la tabella di *routing* del router
- Il confronto riga per riga si effettua allo stesso modo (AND bit a bit) usando la *netmask* relativa a ciascuna riga
- Se il confronto dà esito positivo per più righe della tabella viene selezionata la tabella con la *netmask* che ha il maggior numero di 1 (si dice comunemente che vale il principio del prefisso più lungo o *longest prefix matching*).
  - Prefisso più lungo equivale a rottura più “specifica”



# Tabelle di routing con le netmask

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

default router:

il confronto dà sempre  
esito positivo ma la  
netmask è lunga 0 bit



# Tabelle di routing: esempio (1)

network	netmask	first hop
131.175.15.0	255.255.255.0	131.175.21.1
131.175.16.0	255.255.255.0	131.175.21.2
131.175.17.0	255.255.255.0	131.175.21.3
131.180.23.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.18.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.21.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.0.0	255.255.0.0	131.175.21.5
0.0.0.0	0.0.0.0	131.175.12.254

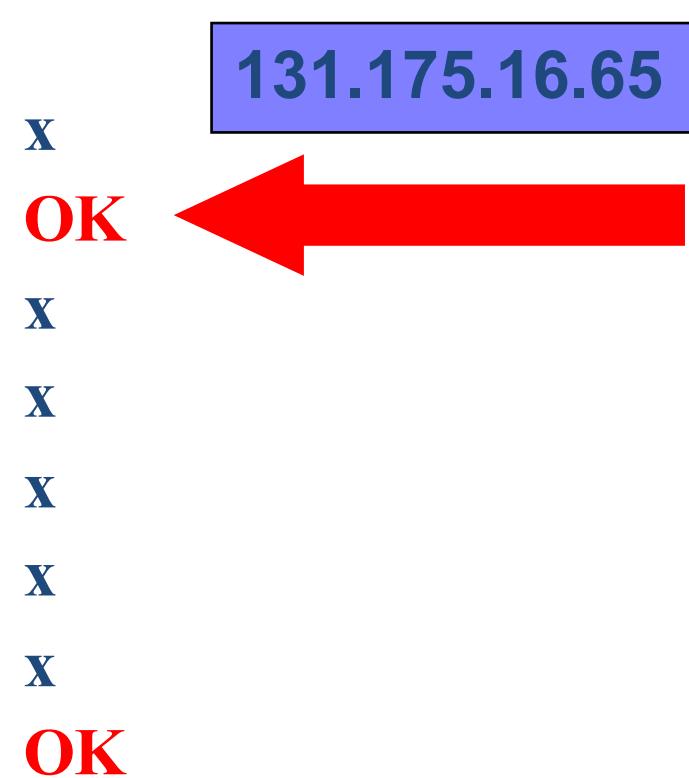
131.175.21.86

interfaccia 1: 131.175.21.254, 255.255.255.0  
interfaccia 2: 131.175.12.253, 255.255.255.0



# Tabelle di routing: esempio (2)

network	netmask	first hop
131.175.15.0	255.255.255.0	131.175.21.1
131.175.16.0	255.255.255.0	131.175.21.2
131.175.17.0	255.255.255.0	131.175.21.3
131.180.23.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.18.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.21.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.0.0	255.255.0.0	131.175.21.5
0.0.0.0	0.0.0.0	131.175.12.254



**interfaccia 1: 131.175.21.254, 255.255.255.0 X**

**interfaccia 2: 131.175.12.253, 255.255.255.0 X**



# Tabelle di routing: esempio (3)

network	netmask	first hop
131.175.15.0	255.255.255.0	131.175.21.1
131.175.16.0	255.255.255.0	131.175.21.2
131.175.17.0	255.255.255.0	131.175.21.3
131.180.23.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.18.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.21.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.0.0	255.255.0.0	131.175.21.5
0.0.0.0	0.0.0.0	131.175.12.254

131.180.21.78

X

X

X

X

X

OK

OK

OK



interfaccia 1: 131.175.21.254, 255.255.255.0 X

interfaccia 2: 131.175.12.253, 255.255.255.0 X



# Tabelle di routing: esempio (4)

network	netmask	first hop
131.175.15.0	255.255.255.0	131.175.21.1
131.175.16.0	255.255.255.0	131.175.21.2
131.175.17.0	255.255.255.0	131.175.21.3
131.180.23.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.18.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.21.0	255.255.255.0	131.175.21.4
131.180.0.0	255.255.0.0	131.175.21.5
0.0.0.0	0.0.0.0	131.175.12.254

200.45.21.84

X

X

X

X

X

X

X

OK

interfaccia 1: 131.175.21.254, 255.255.255.0 X

interfaccia 2: 131.175.12.253, 255.255.255.0 X



# Formato della tabella di routing

Netmask	Destination	Next Hop (Gateway)	Flag	Metric	Use	Interface
255.0.0.0	124.0.0.0	145.6.7.23	UG	4	20	Eth1
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	....	.....	.....	....	.....

- Flag:
  - U: route attiva
  - G: destinatario fuori dalla sottorete (default gateway)
  - H: destinatario è un host specifico (non una rete)
  - D: rota dinamica creata da protocollo di routing o reindirizzamento ICMP
  - M: rota modificata da protocollo di routing o reindirizzamento ICMP
- Reference Count: numero connessioni attive per quella rota
- Use: numero pacchetti verso il destinatario (numero di lookup)
- Interface: nome interfaccia di uscita



# Agenda

- Introduzione agli indirizzi IPv4
- Inoltro dei pacchetti IP
- IP addressing
  - Indirizzamento CIDR
  - Indirizzamento classful
  - Subnetting
  - Aggregazione di indirizzi (supernetting)

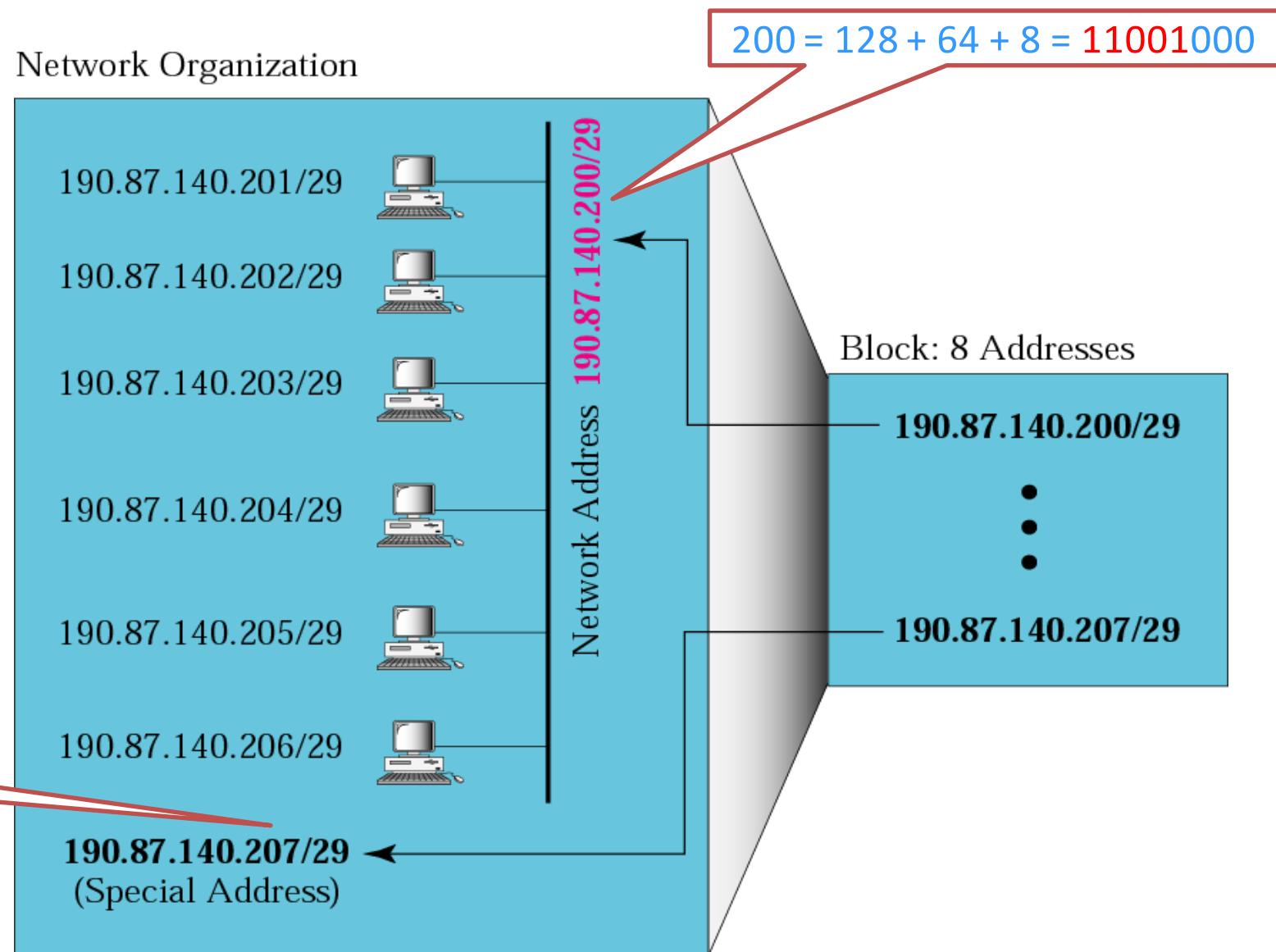


# Classless Inter-Domain Routing (CIDR)

- CIDR sviluppato negli anni '90 e introdotto in via definitiva nel settembre 1993
  - RFC 1517, 1518, 1519, 1520
  - x.y.z.w/n significa che viene allocato a una rete un insieme di indirizzi **contigui** con
    - Primo indirizzo: x.y.z.w e  $2^{32-n}$  indirizzi in totale
- Esempio: 134.76.96.0/19 sono 8192 indirizzi IP adiacenti da 134.76.96.0 a 134.76.127.255
- Ha razionalizzato l'assegnazione di indirizzi del poco flessibile sistema ***classful*** (si veda oltre), anche se non è la soluzione definitiva alla carenza di indirizzi IPv4



# CIDR: esempio



# Requisiti di CIDR

- L'instradamento è basato su longest prefix matching
- Nelle tabelle di routing deve sempre essere indicata per ogni entry in modo esplicito la lunghezza del NetID
  - La divisione tra NetID e HostID non potrebbe essere determinata altrimenti
- I *protocolli di routing* devono supportare l'invio dell'informazione di Netmask insieme agli indirizzi di rete in tutti i messaggi di annuncio di rotte (route advertisement)
  - In passato non tutti i protocolli di routing lo consentivano (es. RIP v1)
- Per consentire l'aggregazione delle rotte in modo significativo è opportuno che i blocchi CIDR vengano assegnati su base geografica (blocchi adiacenti nella stessa area)



# Procedure di assegnamento degli indirizzi



ICANN, Los Angeles, USA

- Internet Assigned Numbers Authority (IANA)
  - Coordina e pianifica l'assegnazione degli indirizzi IP su base mondiale (sia per IPv4 che per IPv6)
  - E' un Dipartimento di ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers, organizzazione no-profit americana), istituito nel 1998
  - Amministra anche i DNS root
- IANA assegna blocchi di indirizzi a 5 Regional Internet Registries (RIRs)
  - Tipicamente alloca indirizzi delle dimensioni di /8 ai RIR che li richiedono



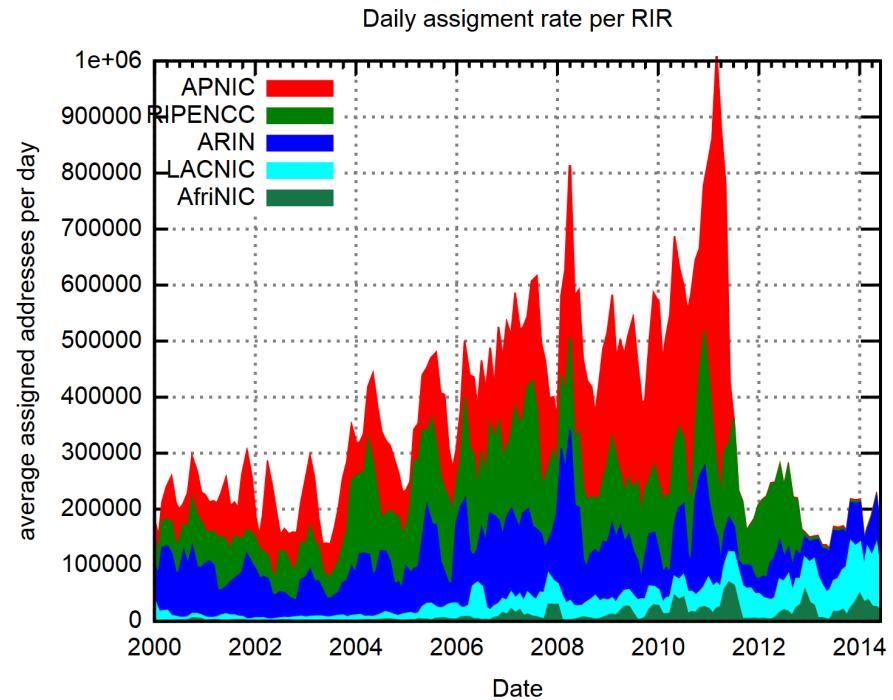
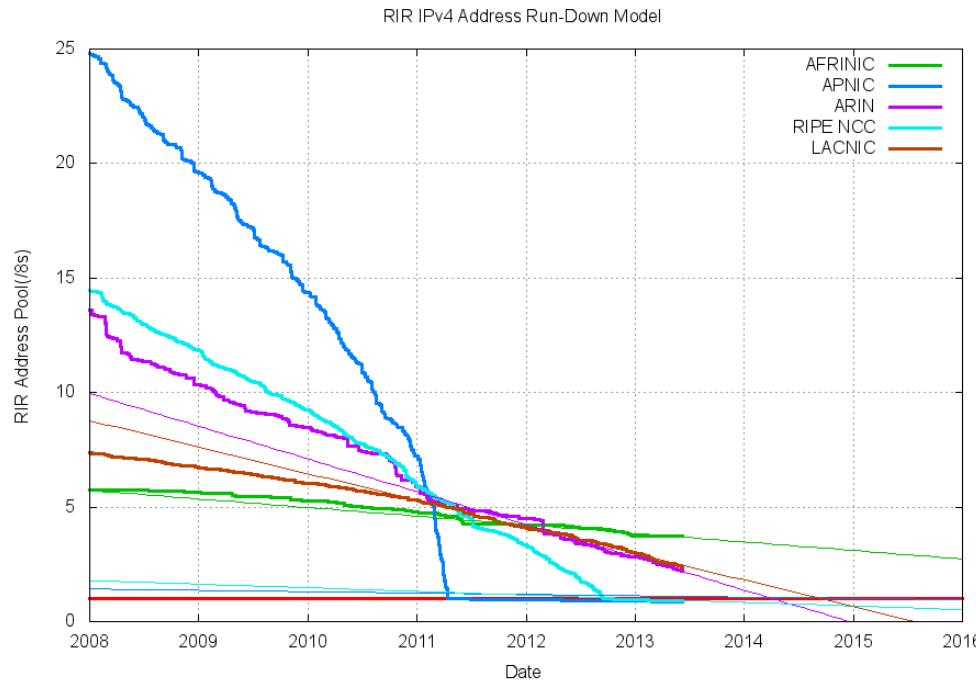
# Procedure di assegnamento degli indirizzi

- I RIR sono:
  - African Network Information Centre (AfriNIC): Africa
  - American Registry for Internet Numbers (ARIN): Stati Uniti, Canada, molti stati caraibici e Antartide.
  - Asia-Pacific Network Information Centre (APNIC): Asia, Australia, Nuova Zelanda e stati limitrofi
  - Latin America and Caribbean Network Information Centre (LACNIC): America Latina e stati caraibici rimanenti
  - Réseaux IP Européens Network Coordination Centre (RIPE NCC): Europa, Russia, Medio Oriente e Asia Centrale
- Ciascun RIR assegna blocchi al Local Internet Registries (LIRs), che sono ISP o istituzioni che a loro volta possono assegnare prefissi di rete ai propri clienti

Liste complete: <http://www.iana.org/assignments/ipv4-address-space/ipv4-address-space.xhtml>



# Esaурimento degli indirizzi IPv4



- Tutti gli indirizzi IPv4 sono ormai ESAURITI!!
  - IANA ha assegnato tutti gli indirizzi ai RIR nel 2011
  - Quasi ogni RIR ha terminato gli indirizzi disponibili
- L'utilizzo di soli 32 bit per gli indirizzi IPv4 si è rivelata una scelta sbagliata
  - Nessuno poteva aspettarsi negli anni '70-80 l'attuale sviluppo di Internet
- L'unica possibilità di assegnare nuovi indirizzi è passare a IPv6 (indirizzi lunghi 128 bit →  $2^{128}$  indirizzi)



# Agenda

- Introduzione agli indirizzi IPv4
- Inoltro dei pacchetti IP
- IP addressing
  - Indirizzamento CIDR
  - Indirizzamento classful
  - Subnetting
  - Aggregazione di indirizzi (supernetting)

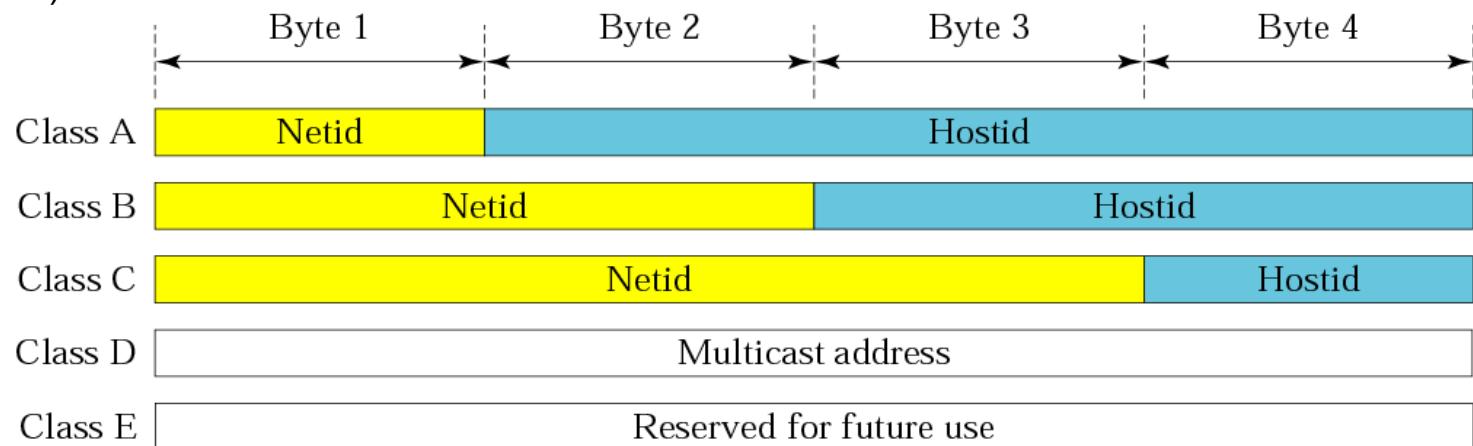


# Indirizzamento classful

- Gli indirizzi IPv4 erano divisi in 5 classi:
  - Classe A: poche reti grandi:
    - NetID 7 bit ( $x=1, \dots, 126$ ), HostID 24 bit
  - Classe B: reti medio-grandi:
    - NetID 14 bit ( $x=128, \dots, 191$ ), HostID 16 bit
  - Classe C: tante reti piccole:
    - NetID 21 bit ( $x=192, \dots, 223$ ), HostID 8 bit
  - Classe D: indirizzi multicast:
    - ( $x=224, \dots, 239$ )
  - Classe E: riservato a uso futuro
    - ( $x=240, \dots, 255$ )



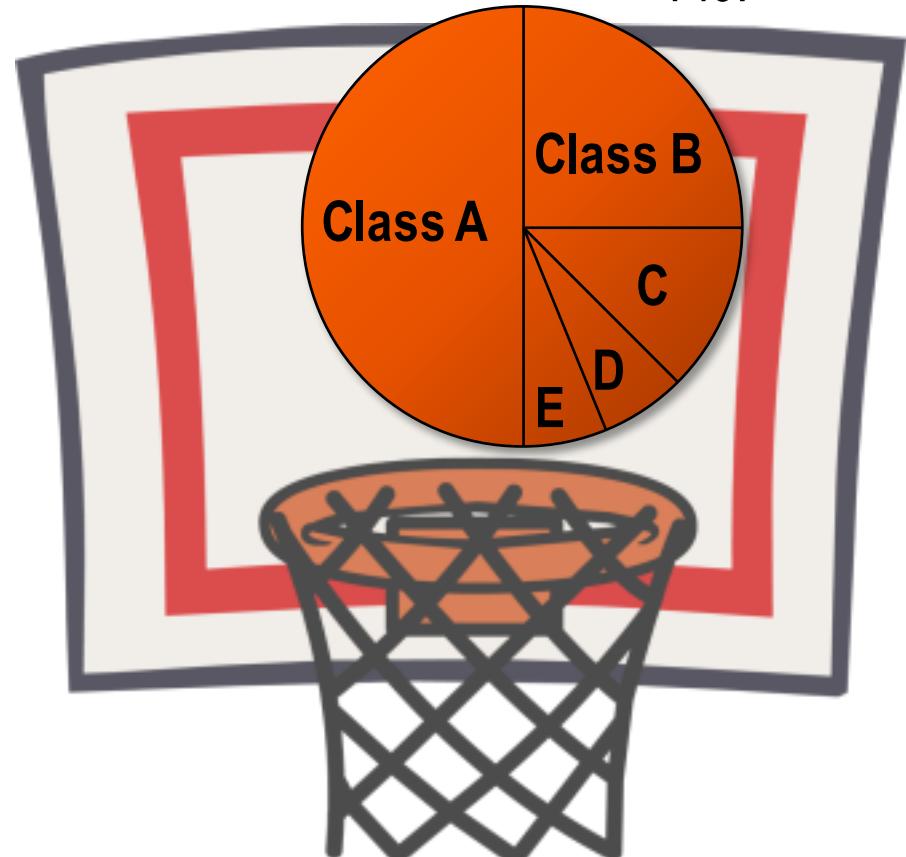
	First byte	Second byte	Third byte	Fourth byte
Class A	<b>0</b>			
Class B	<b>10</b>			
Class C	<b>110</b>			
Class D	<b>1110</b>			
Class E	<b>1111</b>			



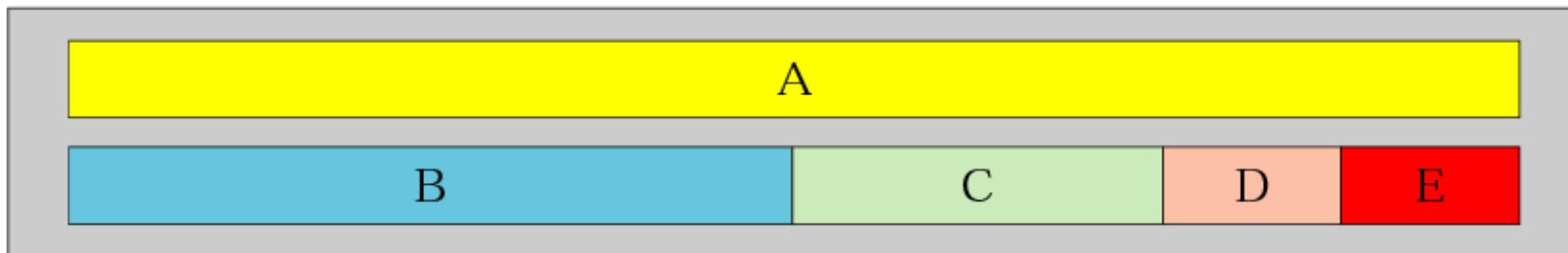
# Indirizzamento classful

The IP address  
Pie!

Classe	Numero Indirizzi	Perc.
A	$2^{31}=2,147\,483\,648$	50%
B	$2^{30}=1,073,741,824$	25%
C	$2^{29}=536,870,912$	12.5 %
D	$2^{28}=268,435,456$	6.25 %
E	$2^{28}=268,435,456$	6.25 %



Address space



# Classful vs. CIDR

- Nel sistema classful i router deducono la lunghezza del prefisso dai primi bit del primo byte:
  - Non occorre la netmask per ciascuna entry della tabella di routing. In CIDR è fondamentale
  - Non occorre che i protocolli di routing supportino la netmask nei messaggi. In CIDR è necessario
- Problemi principali delle classi
  - Le reti di classe A e B sono troppo grandi
    - Reti di classe B con meno di 100 host effettivi sono frequenti
  - Le reti di classe B sono troppo poche
  - Le reti di classe C sono troppo piccole
- Eliminando completamente la distinzione tra reti di classe A, B e C, CIDR resolve il problema



# Classful vs. CIDR

10.23.64.0/20      00001010.00010111.01000000.00000000

130.5.0.0/20      10000010.00000101.00000000.00000000

200.7.128.0/20      11001000.00000111.10000000.00000000

Blocchi che nel sistema classful appartengono a classi di dimensioni diverse  
Sono blocchi CIDR tutti della stessa dimensione (fino a 4094 host)!

Interpretiamo **200.7.128.0/20**:

Una singola rete in CIDR:  
200.7.128.0

16 blocchi contigui di indirizzi di classe C nel sistema classful:  
200.7.128.0, 200.7.129.0, 200.7.130.0,  
200.7.131.0, 200.7.132.0, 200.7.133.0,  
200.7.134.0, 200.7.135.0, 200.7.136.0,  
200.7.137.0, 200.7.138.0, 200.7.139.0,  
200.7.140.0, 200.7.141.0, 200.7.142.0,  
200.7.143.0



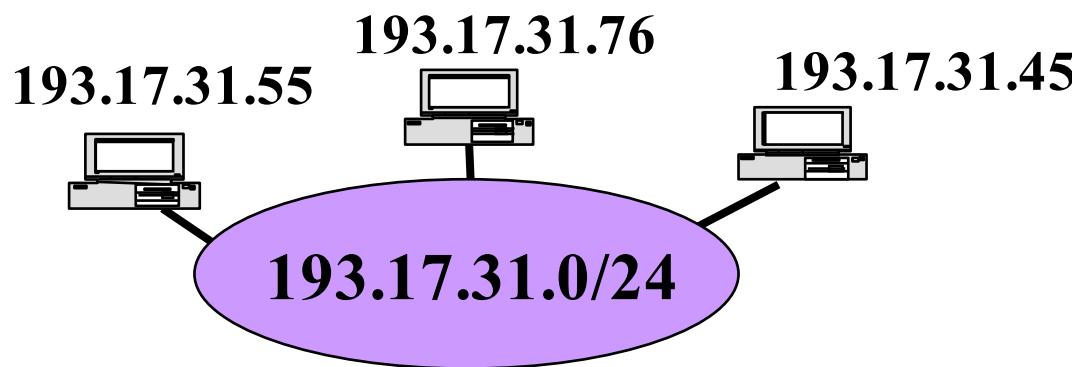
# Indirizzi privati

- Utilizzabili da chiunque ma solo in ambito privato. In Internet possono essere riutilizzati più volte → Non sono univoci
  - Tre blocchi (usati anche in CIDR)
    - I: 10.0.0.0 - 10.255.255.255
      - 1 intero blocco di classe A
    - II: 172.16.0.0 - 172.31.255.255
      - 16 blocchi adiacenti di classe B
    - III: 192.168.0.0 - 192.168.255.255
      - 256 blocchi adiacenti di classe C
- Un router non deve mai inoltrare un pacchetto con destinazione un indirizzo IP privato verso una propria interfaccia di uscita che abbia un indirizzo IP pubblico



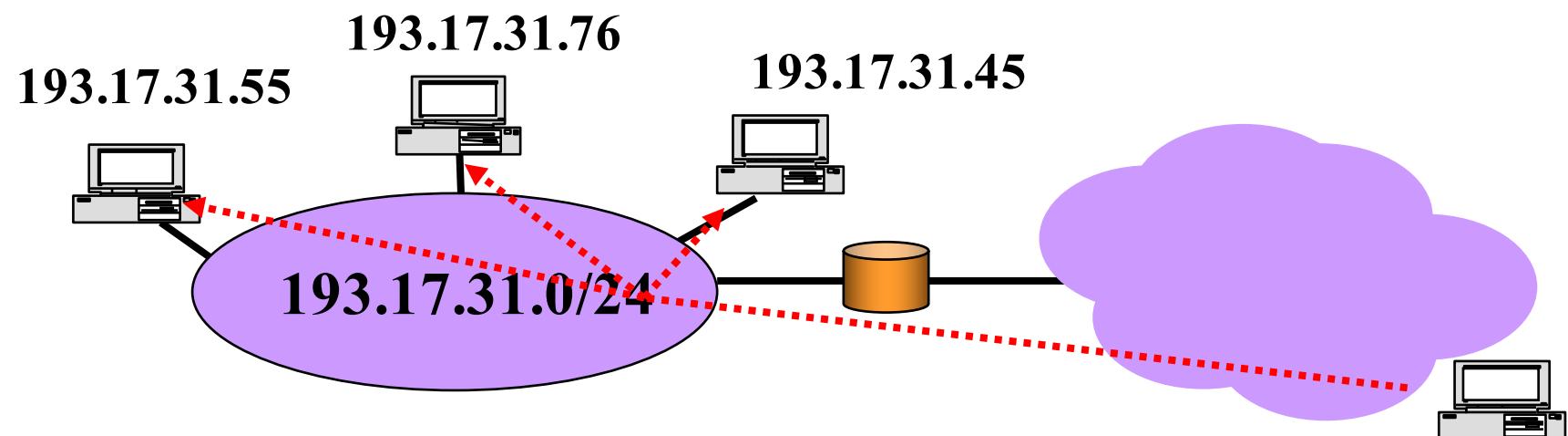
# Indirizzi Speciali

- Indirizzo di rete
  - L'indirizzo con il campo *HostID* posto a 0 serve ad indicare la rete il cui indirizzo è contenuto nel campo *NetID* (usato solo nelle tabelle di instradamento)
  - esempio:
    - rete /16: 131.175.0.0
    - rete /24: 193.17.31.0



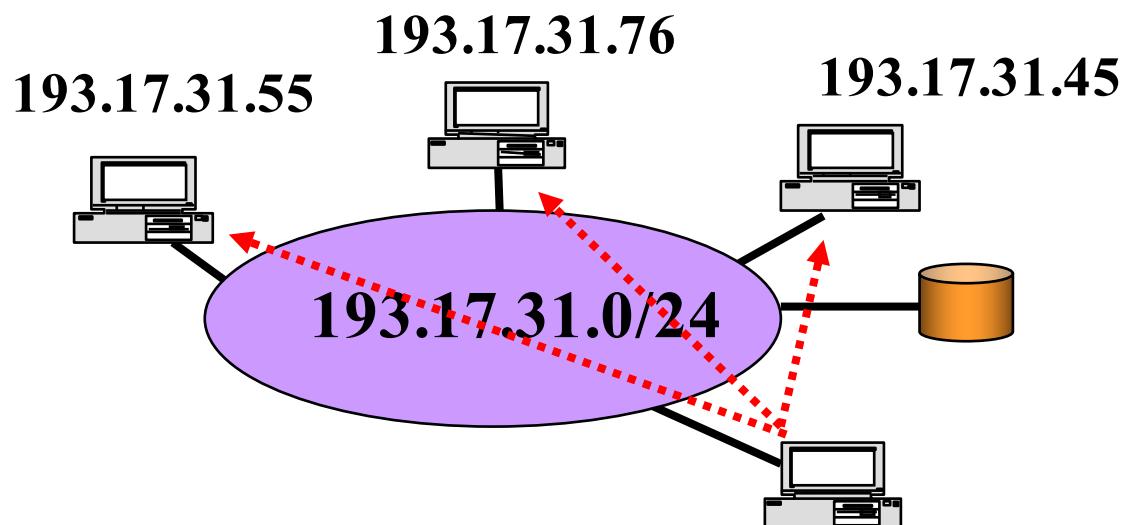
# Indirizzi Speciali

- Indirizzo *broadcast* diretto (Directed Broadcast):
  - Un indirizzo con il campo *HostID* di soli 1 assume il significato di indirizzo *broadcast* della rete indicata nel campo *NetID* (usato nel campo destinatario di un pacchetto IP)
  - I router di transito lo trattano come un normale pacchetto (inoltrano al next hop)
  - Il router della rete di destinazione esegue il broadcast (a livello 2) solo se è abilitato a farlo
  - esempio: 193.17.31.255



# Indirizzi Speciali

- Indirizzo *broadcast* limitato (Limited Broadcast):
  - Un indirizzo di soli 1 assume il significato di indirizzo *broadcast* nella stessa rete di chi invia il pacchetto. Il pacchetto non può oltrepassare il *router* (usato nel campo destinatario del pacchetto IP) 255.255.255.255



# Indirizzi Speciali

- Quando il campo *NetID* è posto a zero, l'indirizzo indica l'host il cui indirizzo è contenuto nel campo *host* sulla stessa rete del mittente.
  - usato come campo destinazione, filtrato dai router
  - esempio: 0.0.21.173 (in una rete /16)
- Se anche il campo *host* è posto a zero l'indirizzo indica il mittente stesso del pacchetto
  - Usato come campo sorgente quando l'host non conosce il proprio indirizzo, ad es. in fase di bootstrap
  - esempio: 0.0.0.0
- Infine, l'indirizzo con il primo ottetto pari a 127 e gli altri campi qualsivoglia indica il *loopback* sullo stesso *host*
  - (usato nei sistemi operativi per testare le funzionalità di rete).
  - esempio: 127.x.y.z



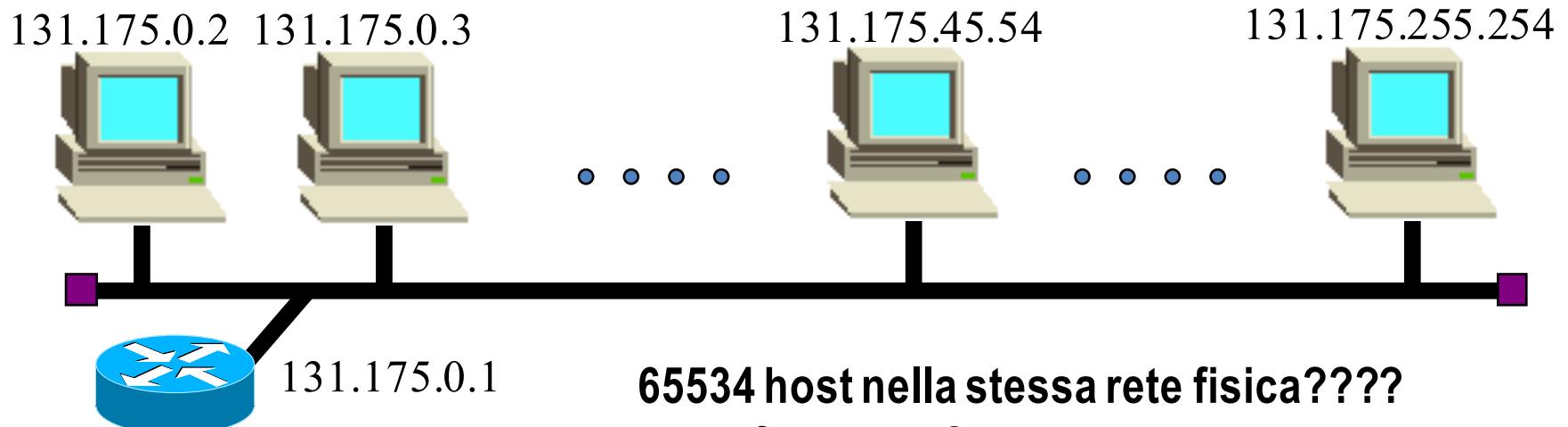
# Agenda

- Introduzione agli indirizzi IPv4
- Inoltro dei pacchetti IP
- IP addressing
  - Indirizzamento CIDR
  - Indirizzamento classful
  - Subnetting
  - Aggregazione di indirizzi (supernetting)



# Problema: reti IP troppo grandi

- Le reti IP possono essere troppo grandi
  - Es. Le reti di classe B e A sono poco adatte a corrispondere ad uniche reti di livello 2



Classe B:

Da: 131.175.0.1  
A: 131.175.255.254

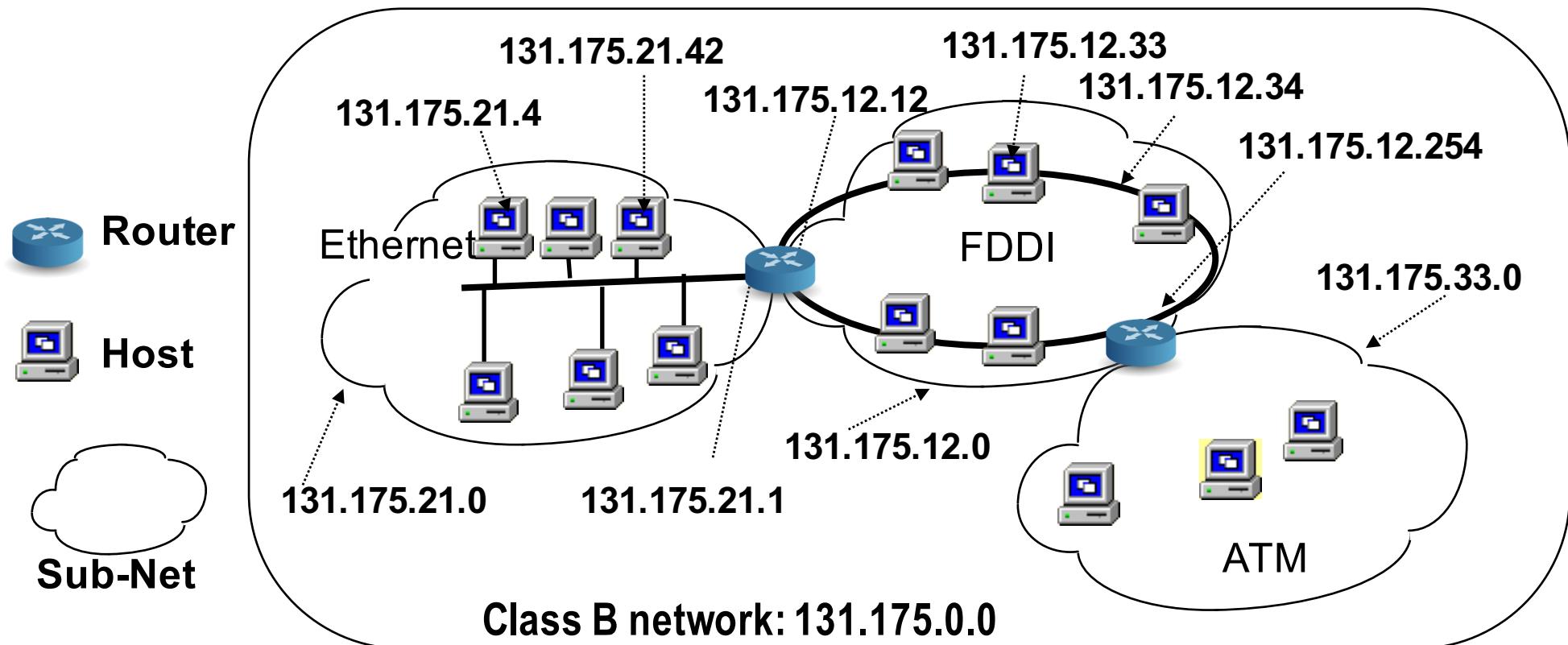
65534 host nella stessa rete fisica?????  
- performance?  
- management?

*Nota che in classful sarebbe stato molto meglio definire gli indirizzi di classe C come /22 invece di /24*



# Soluzione: introdurre una gerarchia nelle reti IP

- Suddividere la rete in molte subnetwork (o subnet)
- Ciascuna subnet = una rete fisica

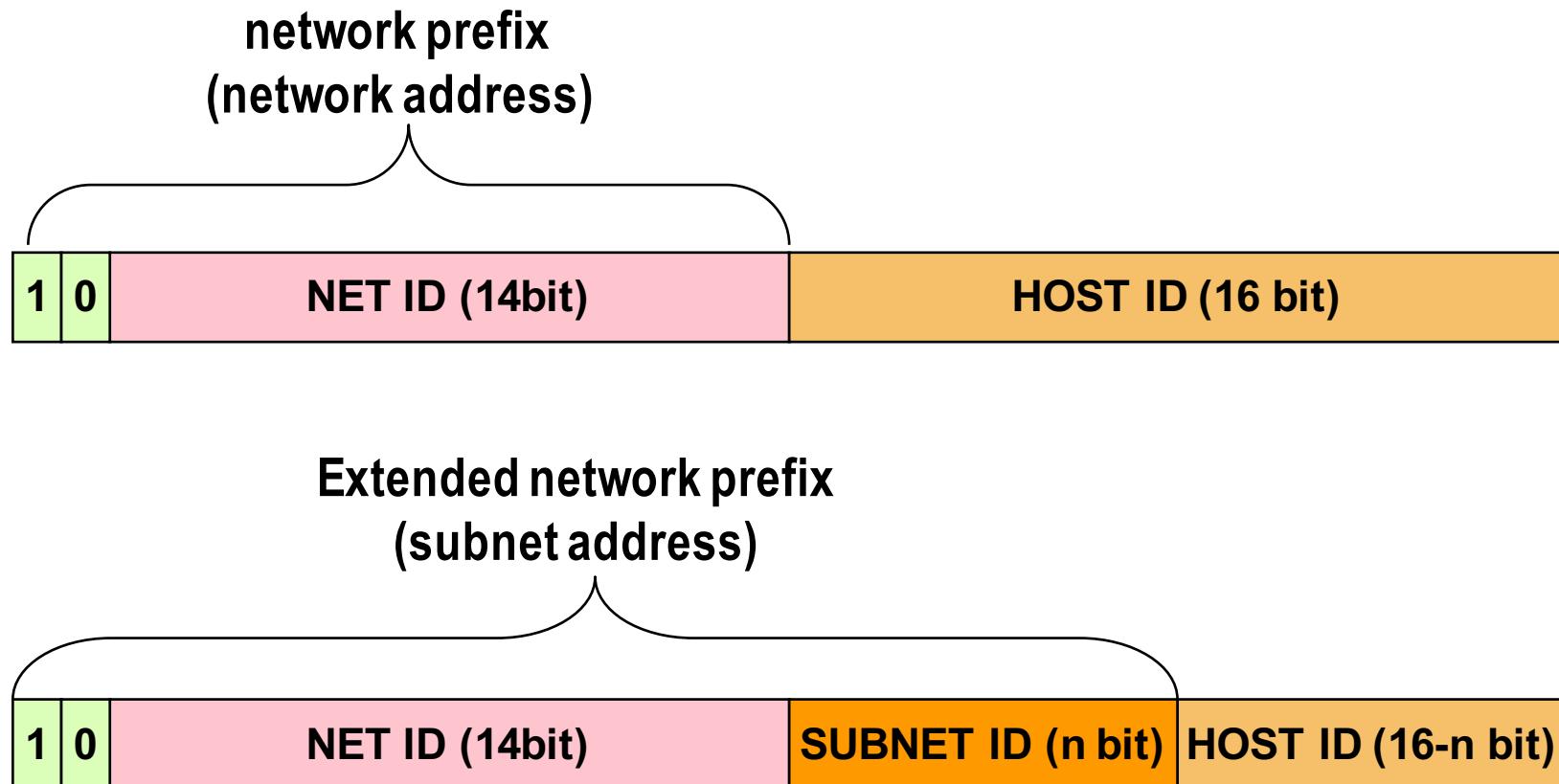


Si potrebbe usare il terzo byte per identificare la subnet: 131.175.X.0



# Extended network prefix, subnet ID

- Esempio di classe B



# Analogia con le reti telefoniche

- Il concetto di suddivisione gerarchica degli indirizzi è ripreso dal mondo delle reti telefoniche.

## Mondo IP

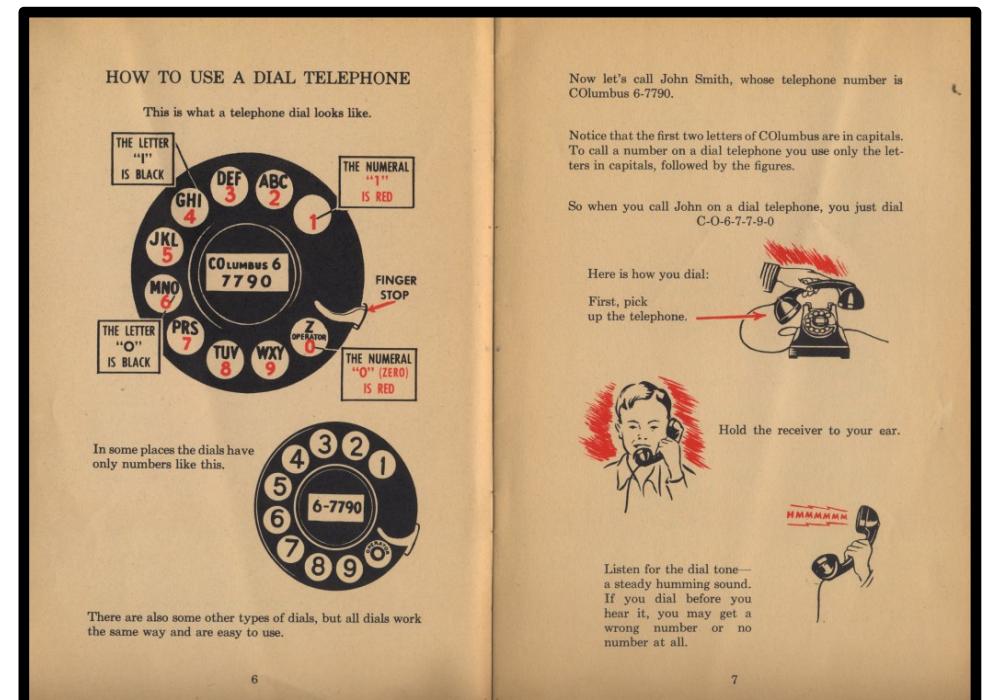
141 . 14 . 192 . 192

Site              Subnet              host

## Reti Telefoniche

(310)            824 - 2296

Area Code      Exchange      Connection



# Esempio di Subnetting (1)

- Indirizzo originario della rete: 128.234.0.0 (classe B, Netmask di 16 bit)
- Si vogliono creare almeno 1000 piccole sottoreti
- Occorrono 10 bit per il campo subnet in grado di indirizzare  $2^{10}=1024$  sottoreti
- La netmask dovrà dunque avere  $16+10=26$  bit (255.255.255.192)



# Esempio di Subnetting (2)

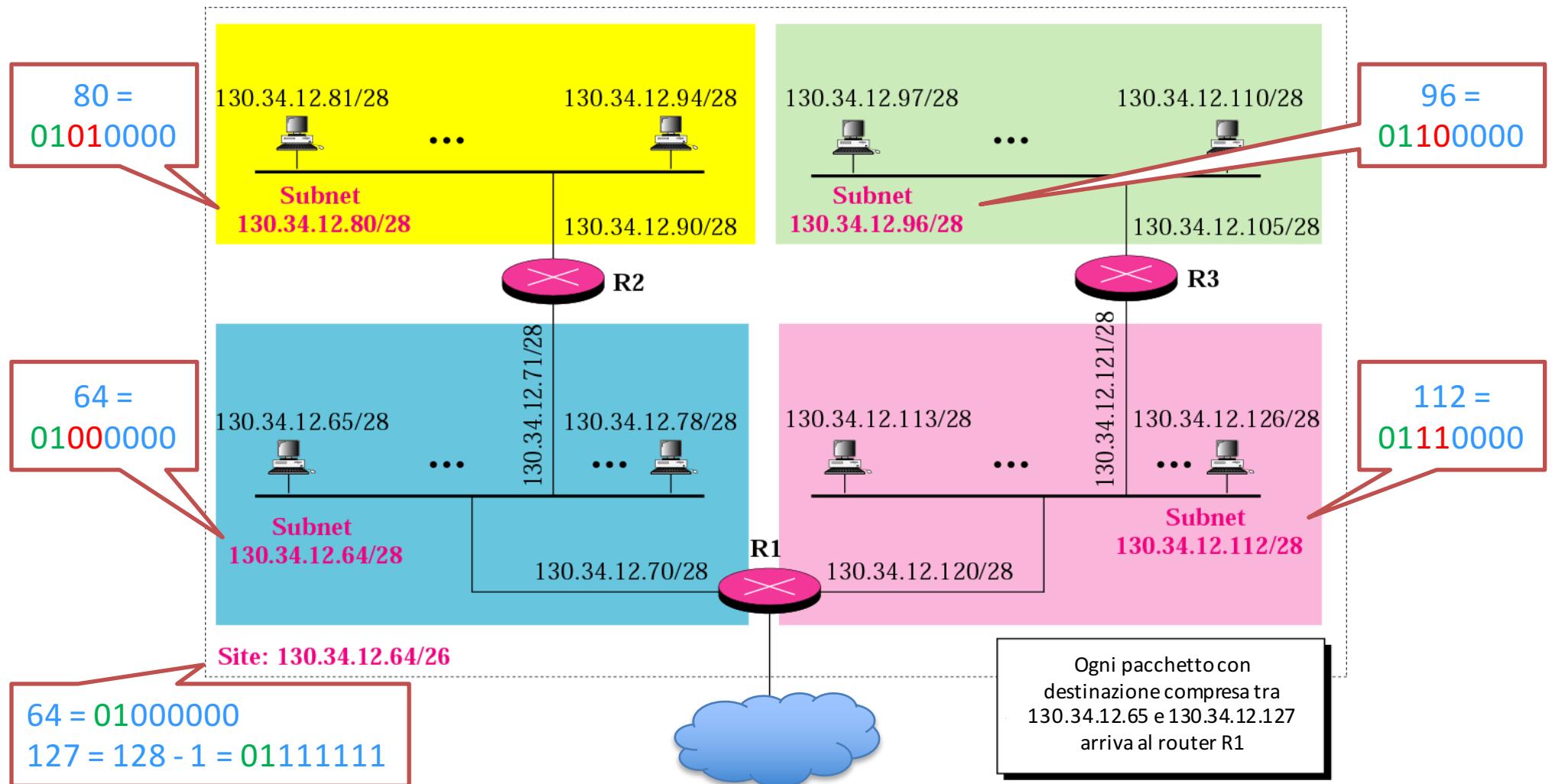
- Rimangono 6 bit per il campo host, quindi ogni sottorete supporta  $(2^6 - 2)$  host

255	192	subnet mask
1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 0 0 0 0 0 0	128.234.0.0/26
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	128.234.0.64/26
0 0 0 0 0 0 0 0	0 1 0 0 0 0 0 0	128.234.0.128/26
0 0 0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0 0 0	128.234.0.192/26
...		
1 1 1 1 1 1 1 1	1 0 0 0 0 0 0 0	128.234.255.128/26
1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 0 0 0 0 0 0	128.234.255.192/26



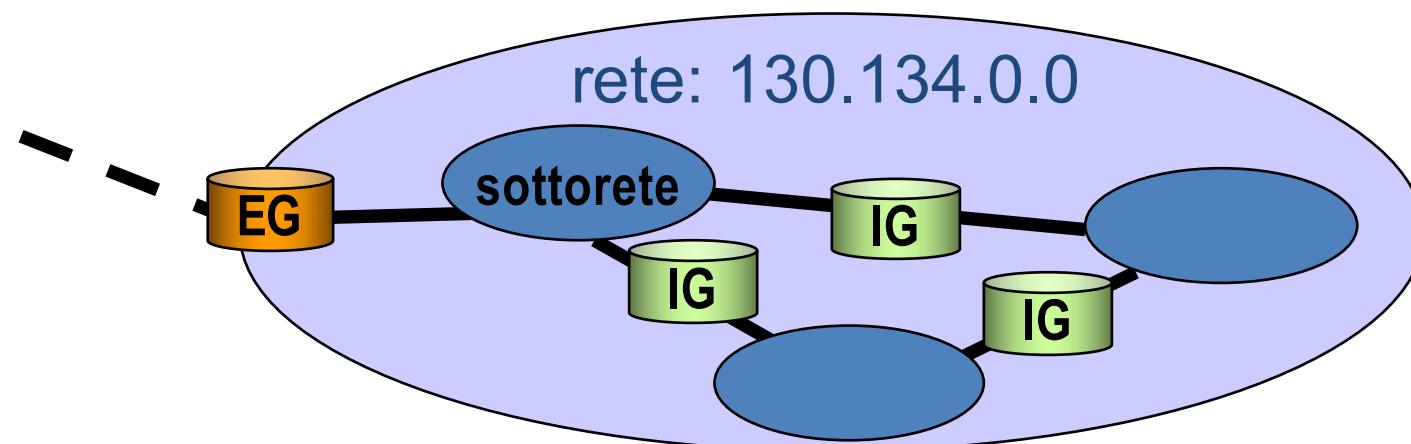
# Esempio di subnetting CIDR

- Ovviamente anche CIDR supporta il subnetting
- E' assegnato il blocco 130.34.12.64/26 servono 4 subnet

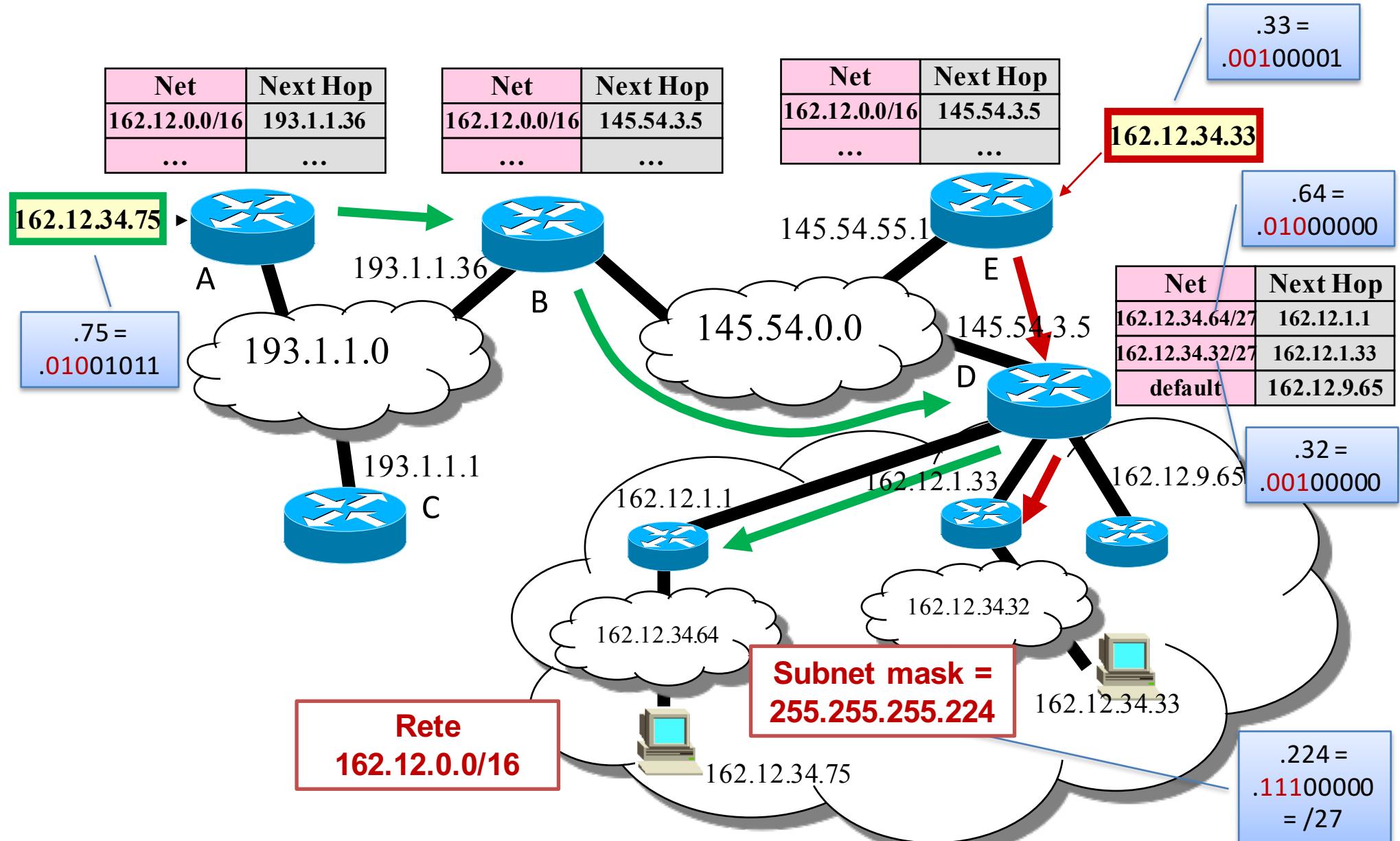


# Subnetting

- In generale i *router* esterni alla rete aziendale continueranno ad avere nella tabella di *routing* un sola riga per la rete (130.134.0.0)
- Mentre i *router* interni alla rete dovranno gestire anche le sottoreti mediante le *subnet mask*



# I core router ignorano il subnetting



# Quando il Subnetting non basta..

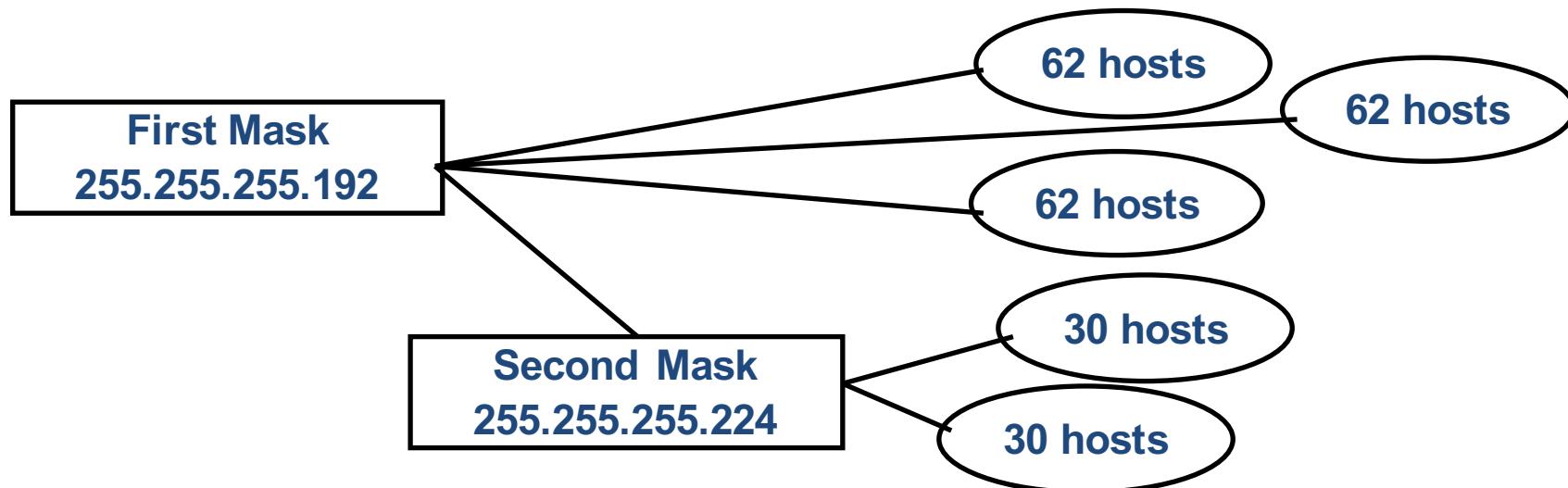
- Esempio: un'organizzazione possiede un indirizzo in classe C ed ha la necessità di creare 3 sottoreti con 60 host e altre due sottoreti con 30 host.
- Il Subnetting classico fallisce:
  - Subnet con 2 bit: 4 reti con 64 host ciascuna
  - Subnet con 3 bit: 8 reti con 32 host ciascuna
- Come fare ??



# Netmask Variabile



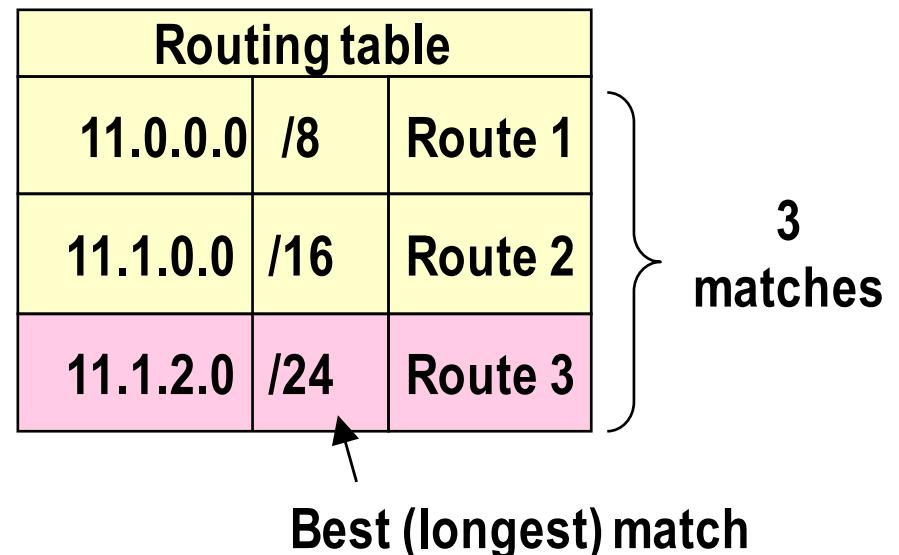
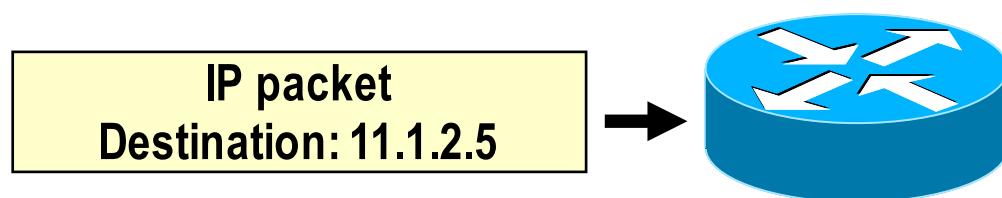
- Variable Length Subnet Mask (VLSM)
- Applicare due netmask in cascata
  - La prima netmask 255.255.255.192 con 26 “1” definisce 4 sottoreti con 62 indirizzi per gli host.
  - Si applica ad una delle sottoreti la netmask 255.255.255.224 che divide la sottrete in due ulteriori sottoreti con 30 indirizzi per host



# Requisiti della VLSM

- Routing table: come con CIDR, è necessario specificare l'informazione di extended network prefix (subnet mask) per ogni entry
- Routing protocol: devono supportare l'invio della subnetmask in ciascun route advertisement
  - Es. RIP v1 non consente VLSM
- È fondamentale il “Longest prefix match” nel forwarding

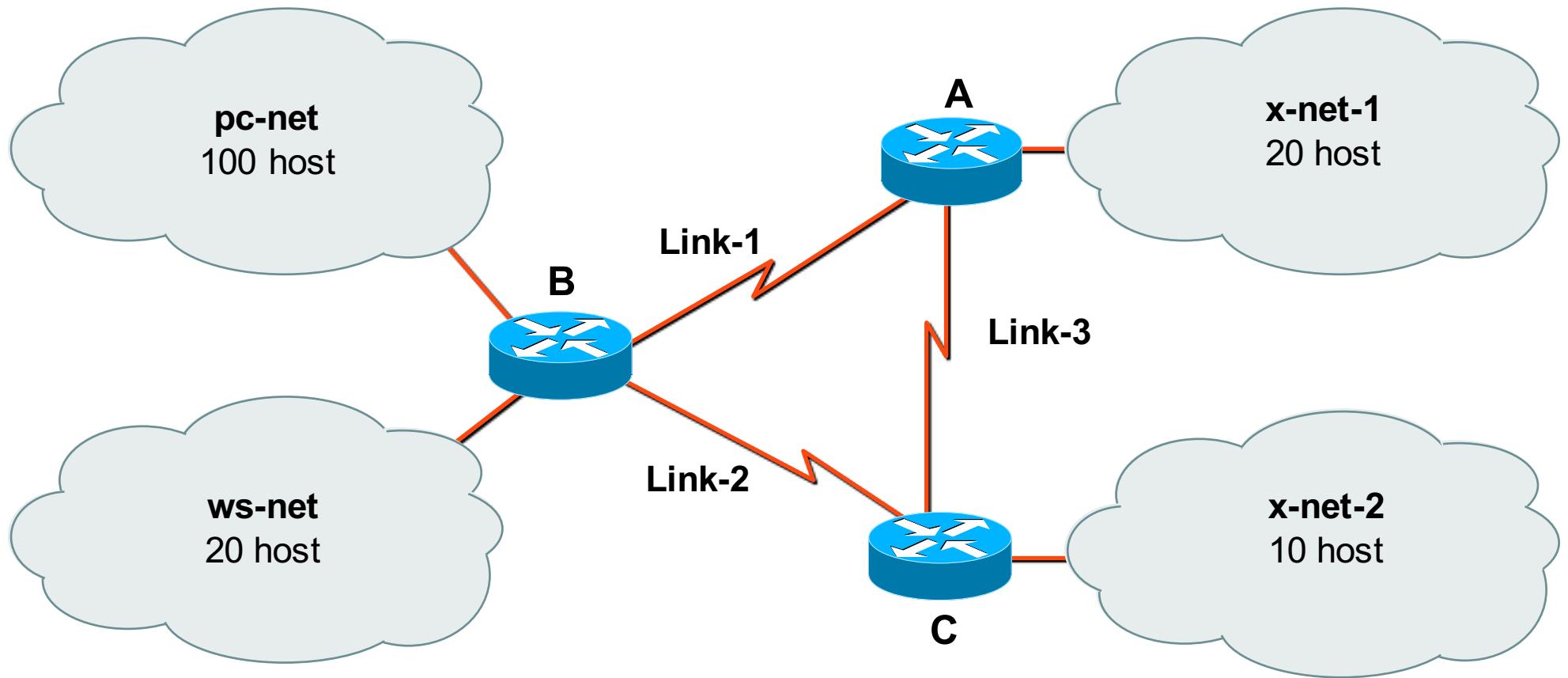
...	...	...
net	mask	route
...	...	...



**Longest match = smallest network, informazioni di routing più precise e dettagliate**



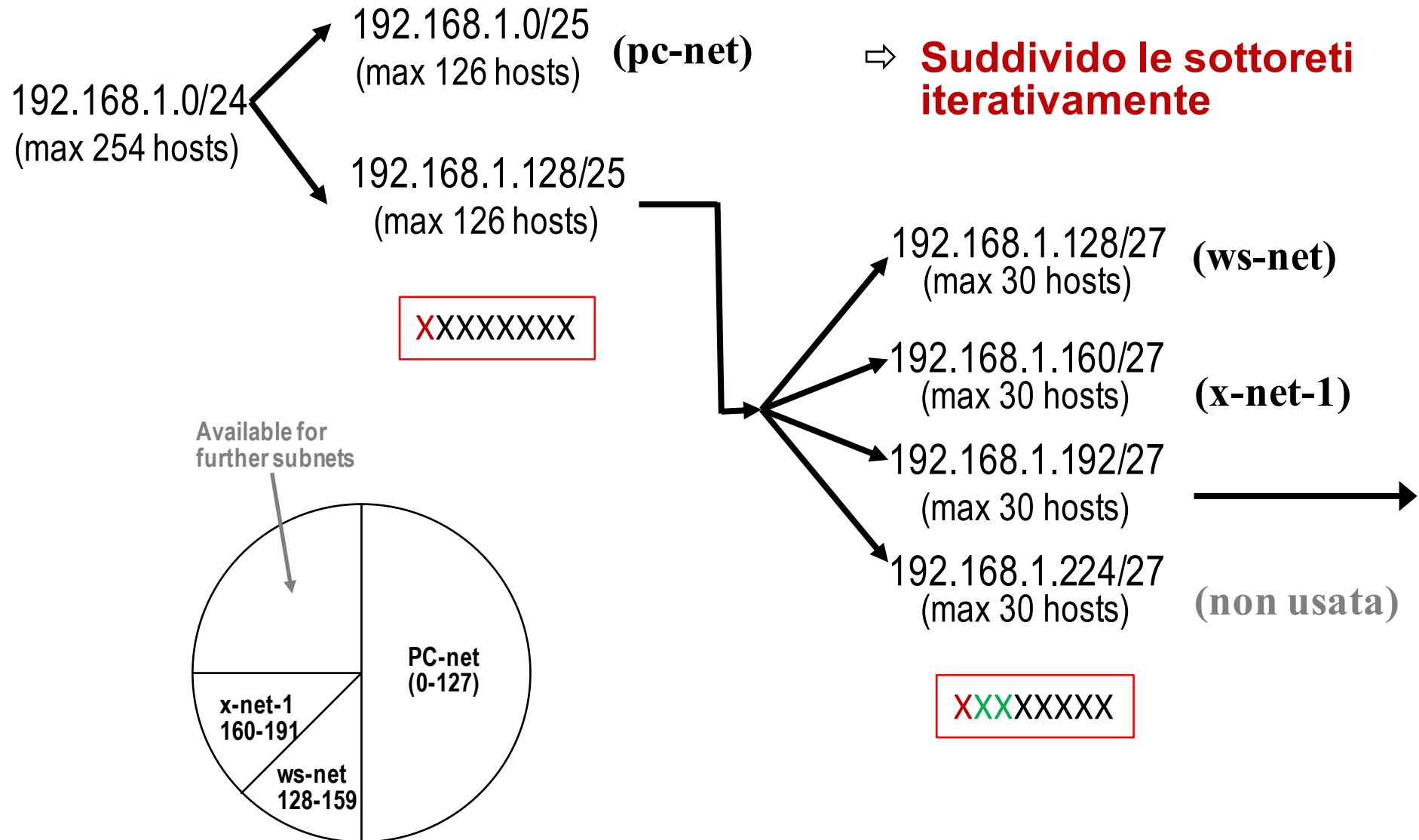
# Esempio VLSM



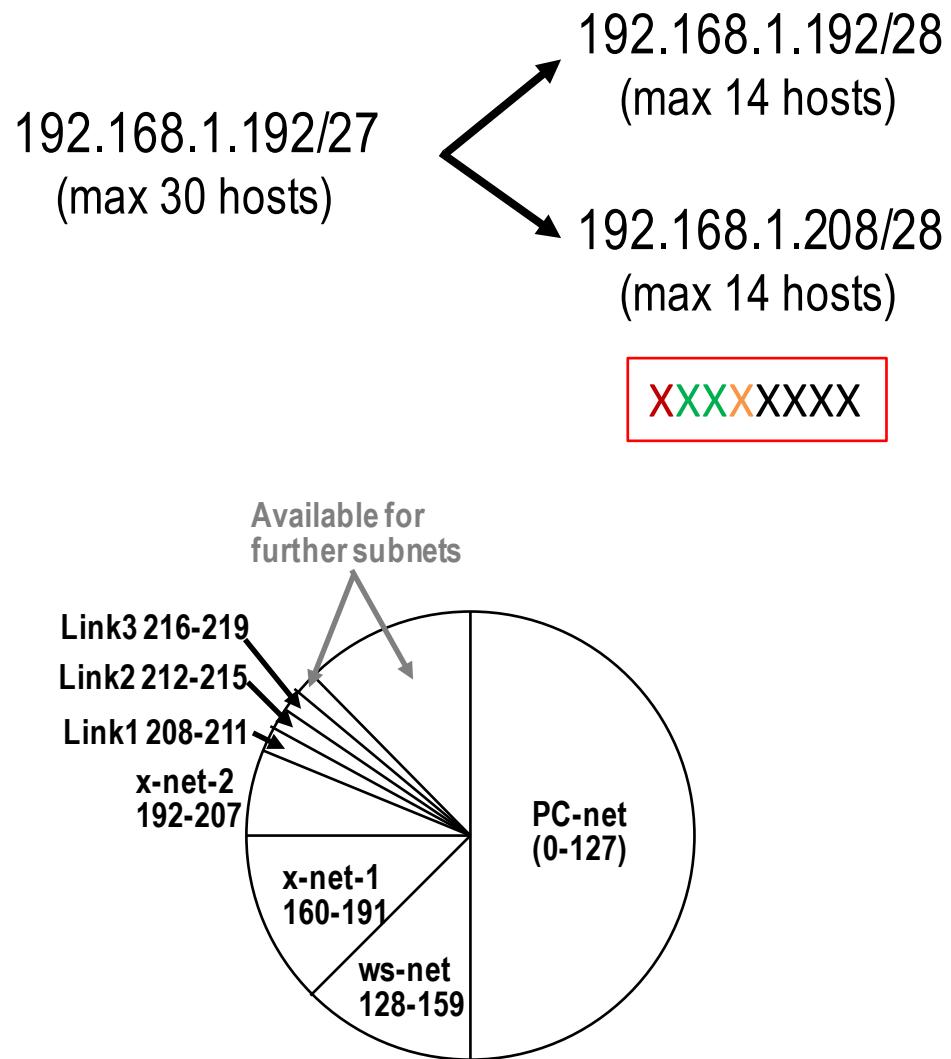
- I link punto-punto (Link-1, Link-2, Link-3) sono reti particolari
  - Hanno bisogno di due indirizzi IP, uno per interfaccia
- Necessitano comunque di un NetID



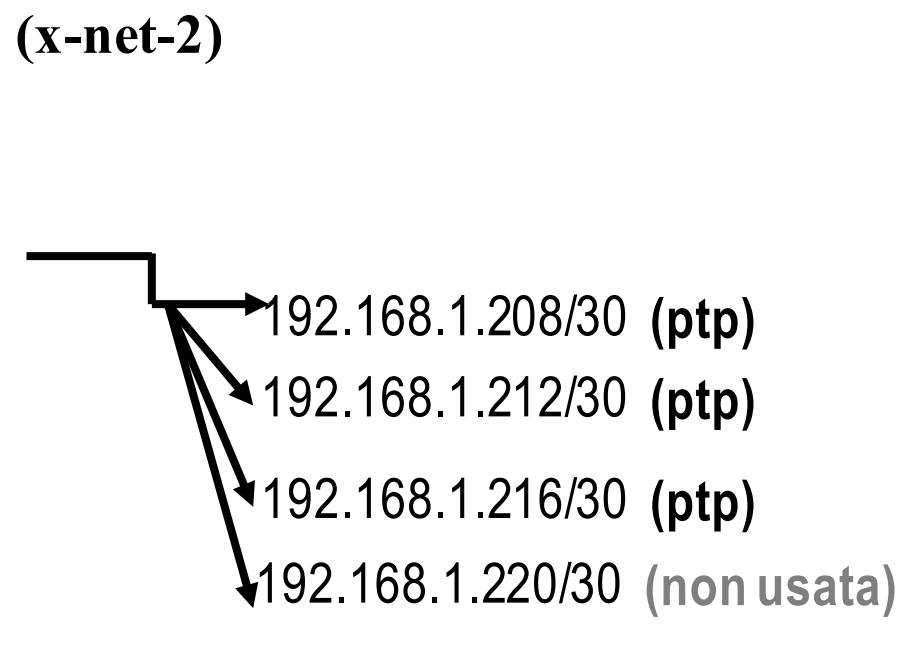
# Esempio VLSM



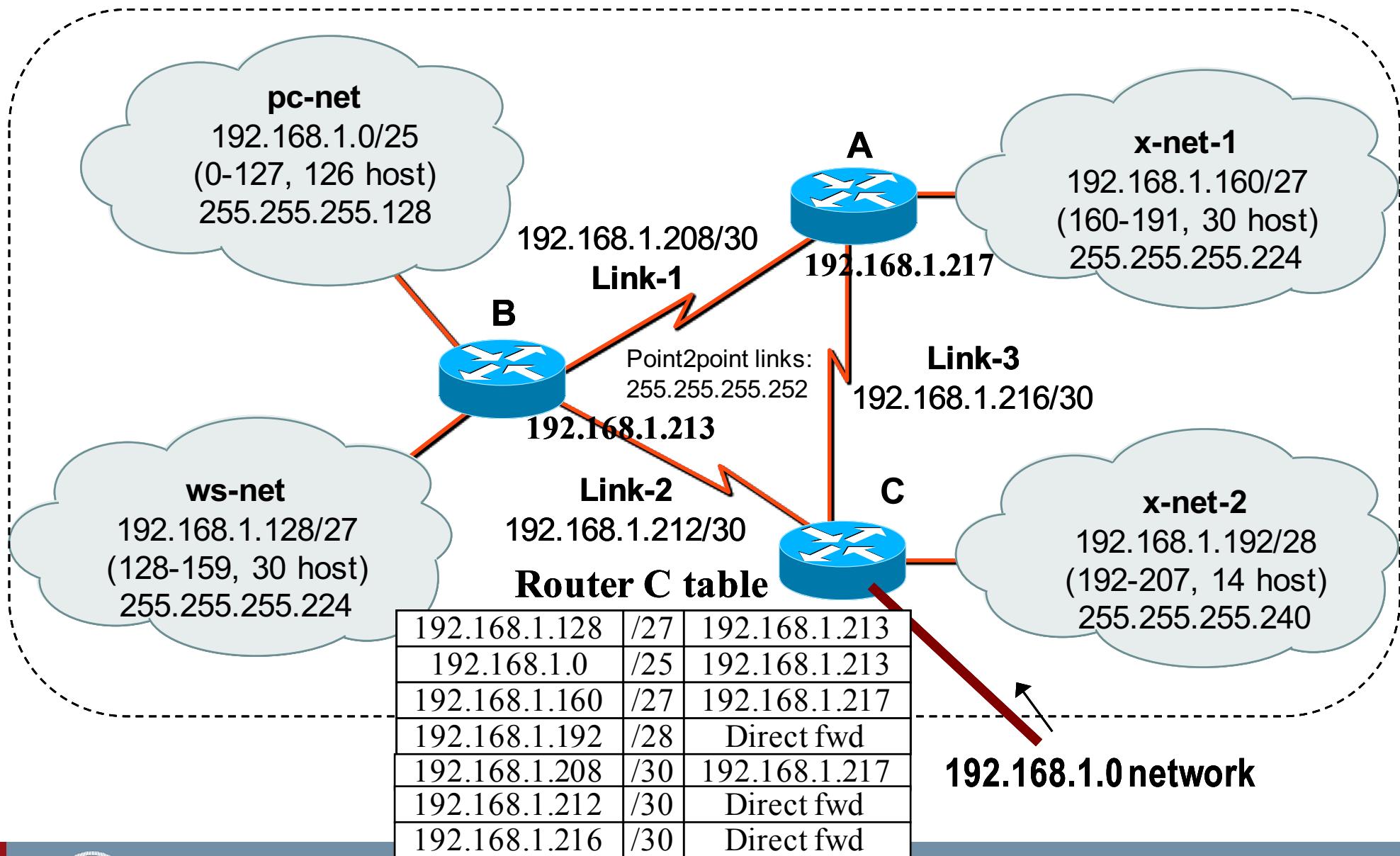
# Esempio VLSM



⇒ Suddivido le sottoreti iterativamente



# Esempio VLSM

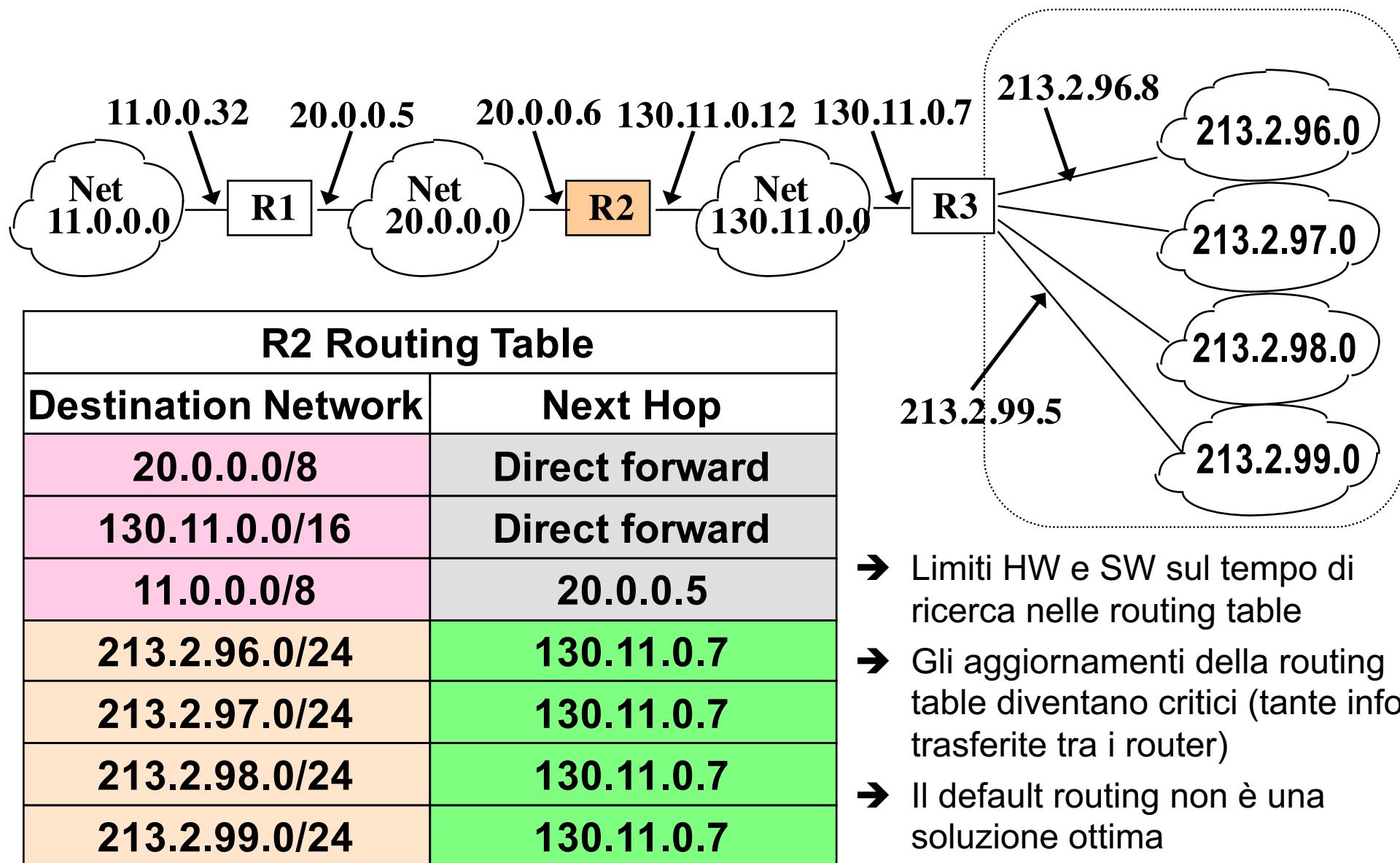


# Agenda

- Introduzione agli indirizzi IPv4
- Inoltro dei pacchetti IP
- IP addressing
  - Indirizzamento CIDR
  - Indirizzamento classful
  - Subnetting
  - Aggregazione di indirizzi (supernetting)



# Crescita tabelle di routing



# Supernet mask

- 4 reti con indirizzi contigui
  - 213.2.96.0    11010101.00000010.01100000.00000000
  - 213.2.97.0    11010101.00000010.01100001.00000000
  - 213.2.98.0    11010101.00000010.01100010.00000000
  - 213.2.99.0    11010101.00000010.01100011.00000000
- Definisco una Supernet con “2 bit in meno”
  - Da 255.255.255.0 a 255.255.252.0

11111111.11111111.11111111.00000000



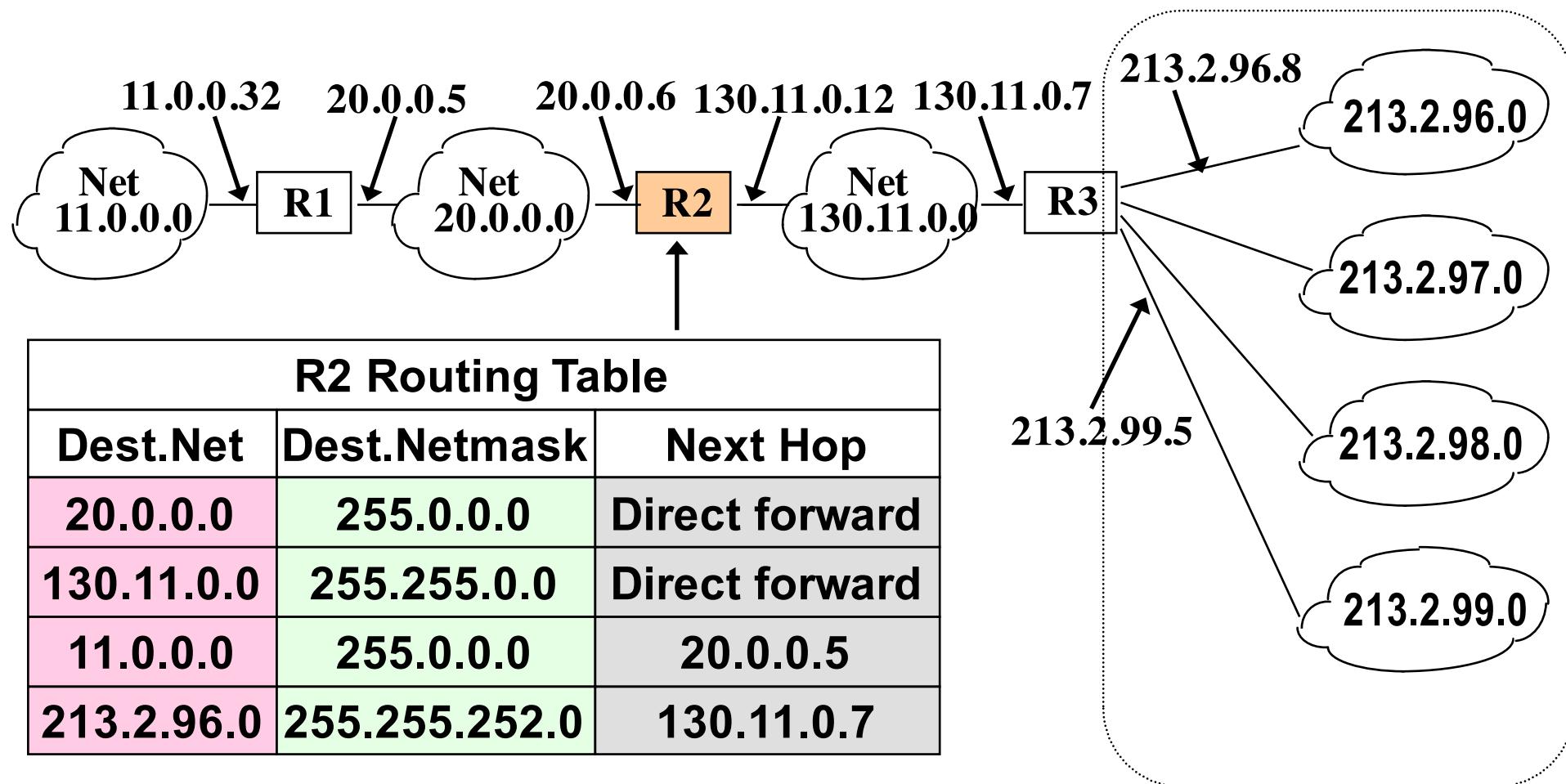
11111111.11111111.11111100.00000000



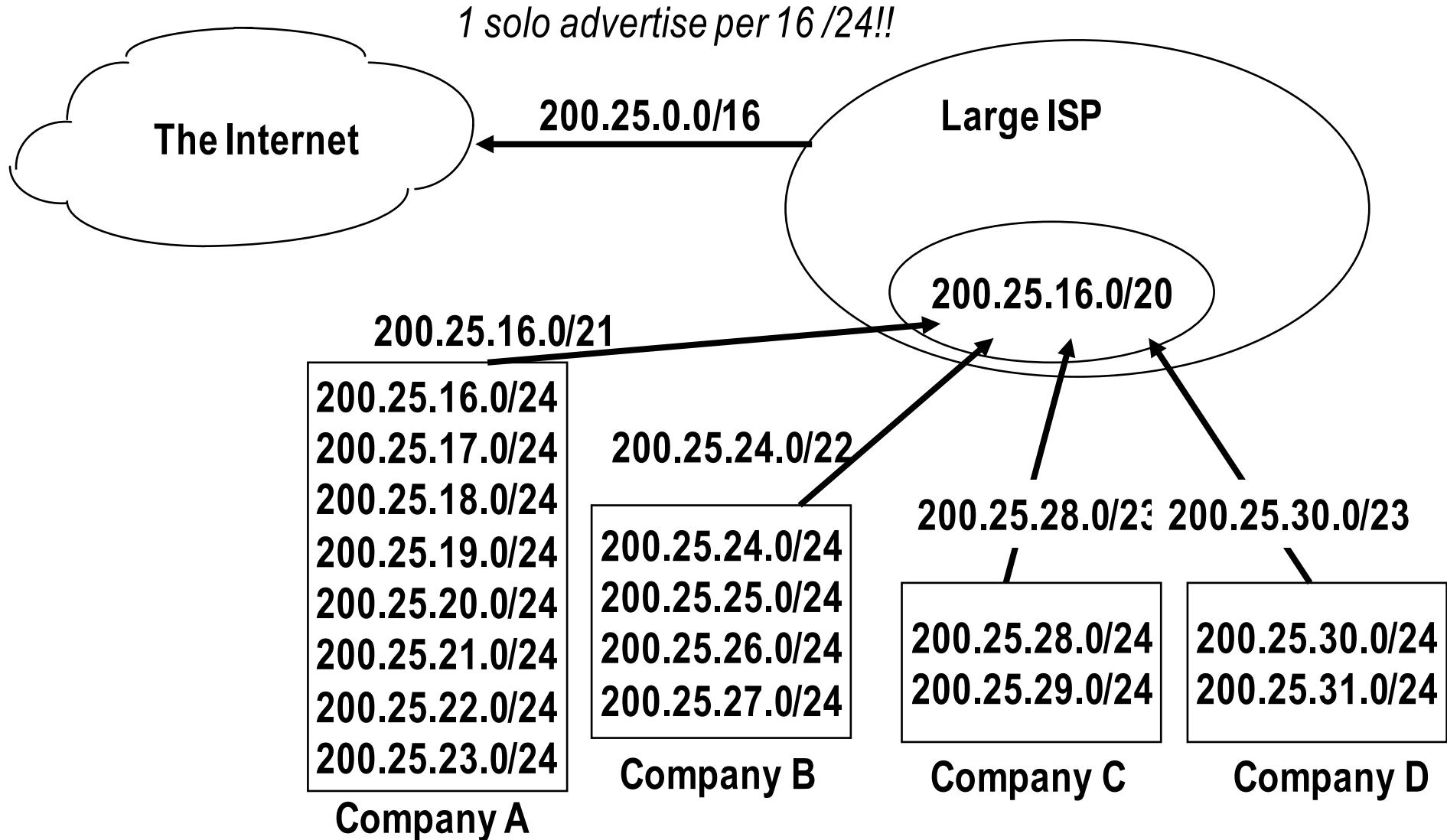
- Supernet address: 213.2.96.0/22
  - 11010101 . 00000010 . 011000 00 . 00000000



# Supernetting (aggregazione di rotte)

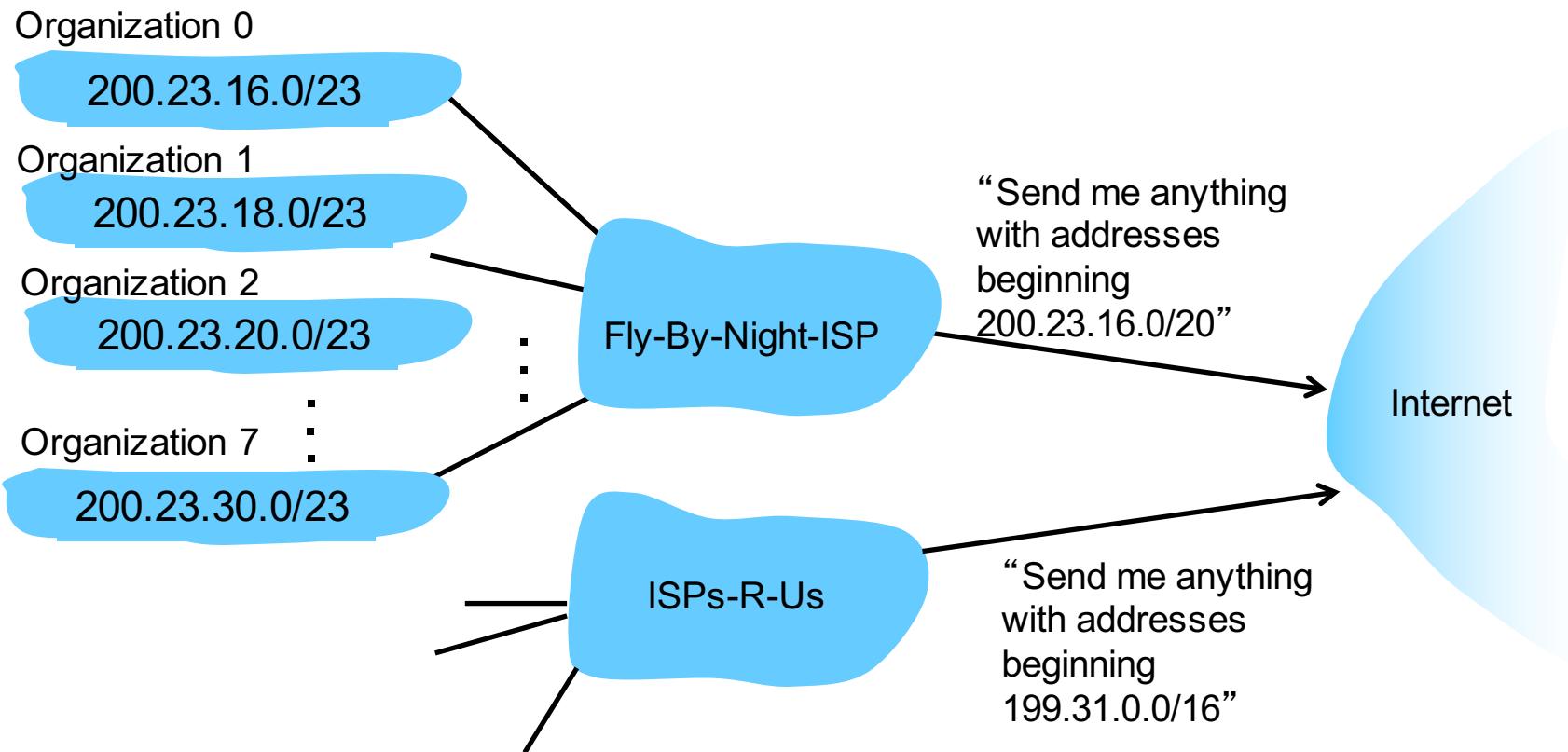


# Route aggregation per gli ISP



# Indirizzamento gerarchico: aggregazione di rotte

- L'aggregazione degli indirizzi consente un'efficiente propagazione delle rotte



# Indirizzamento gerarchico: exception route

- ISPs-R-Us ha una rotta più specifica (eccezione) verso l'Organizzazione I
- La rete funziona ugualmente grazie al longest prefix matching

