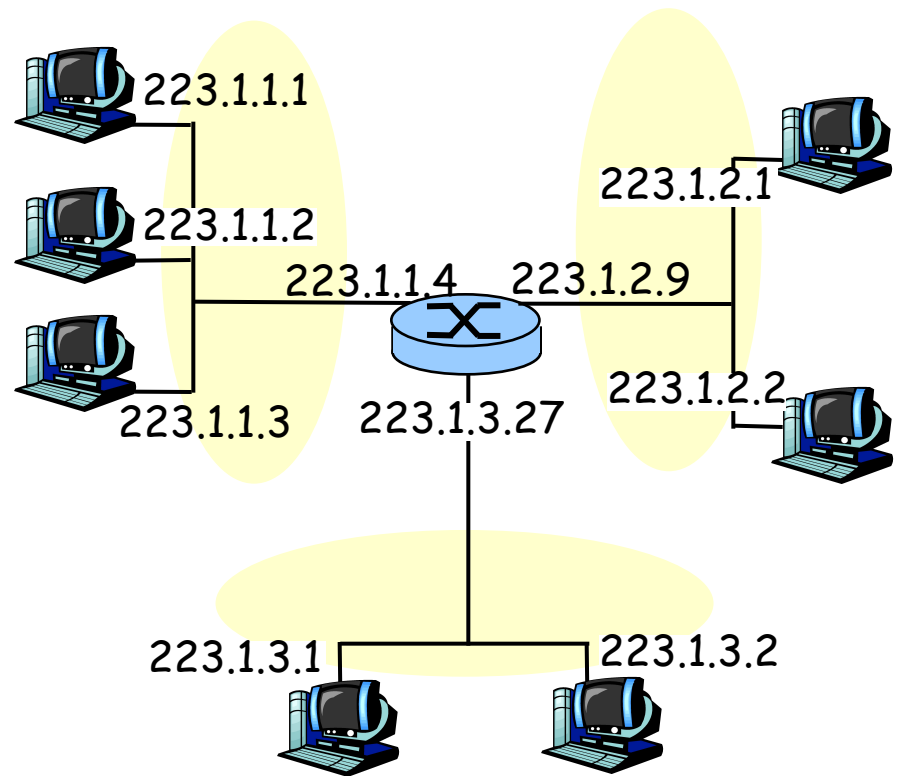




# Indirizzamento in IPv4

# Indirizzamento IP

- Un indirizzo IP (IP Address) identifica un'interfaccia di rete
  - se un host è connesso a più di una rete (multi-homed) avrà un indirizzo IP per ogni interfaccia
  - Un router ha tanti indirizzi IP quanto sono le interfacce di rete che gestisce
- Un indirizzo IP pubblico è unico in tutta Internet
  - ha una lunghezza di 32 bit



# Schema di indirizzamento


- **Notazione numerica**

- l'indirizzo è espresso da una stringa di 32 bit

- **Notazione "dotted"**

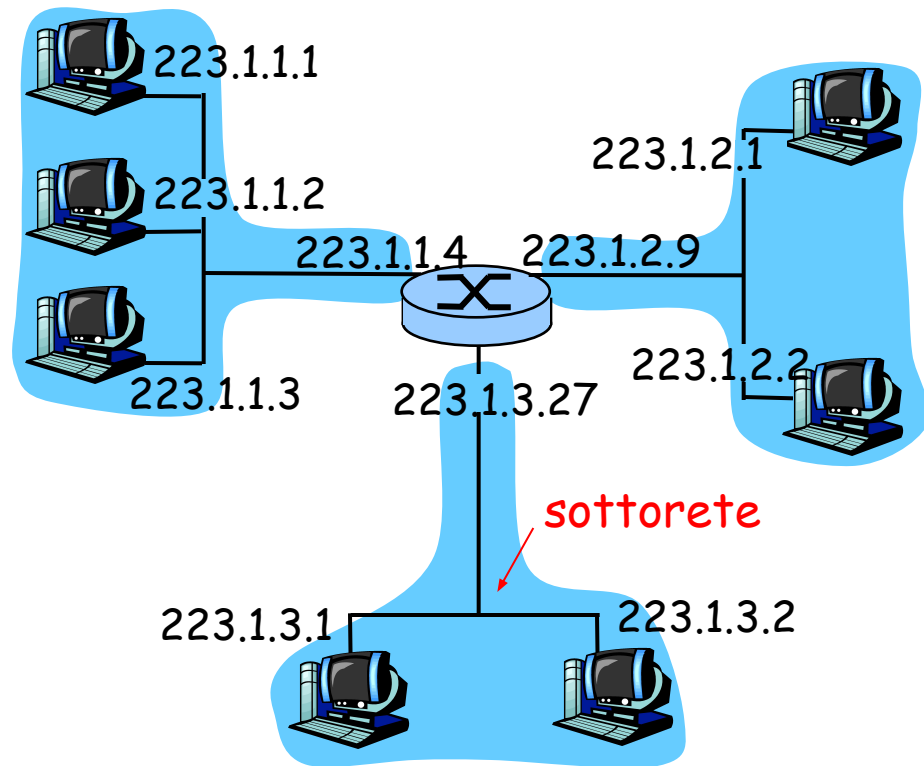
- ogni gruppo di 8 bit della notazione numerica è sostituito dall'equivalente numero decimale

Notazione Numerica	10010111	01100100	00001000	00010010
Notazione Dotted	151. 100. 8. 18			



# Indirizzamento IP

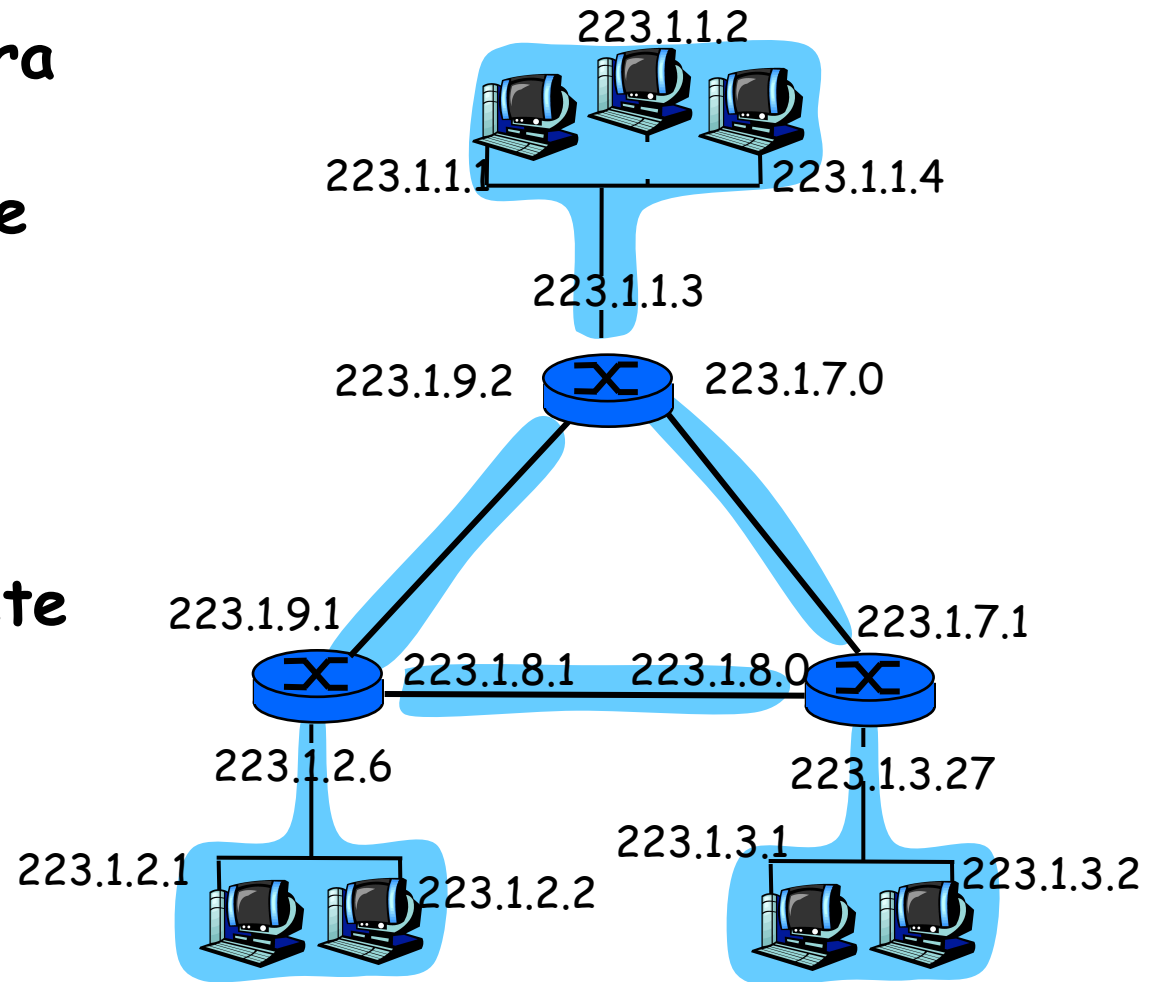
- Una **sottorete** è una rete isolata i cui punti terminali sono collegati a interfacce di host o di router
  - Esempio: LAN
- Una sottorete è anche detta **rete IP**



rete composta da 3 sottoreti

# Indirizzamento IP

- Un link diretto tra due router è una sottorete con due interfacce
- Quante sottoreti compongono la rete IP mostrata in figura ?



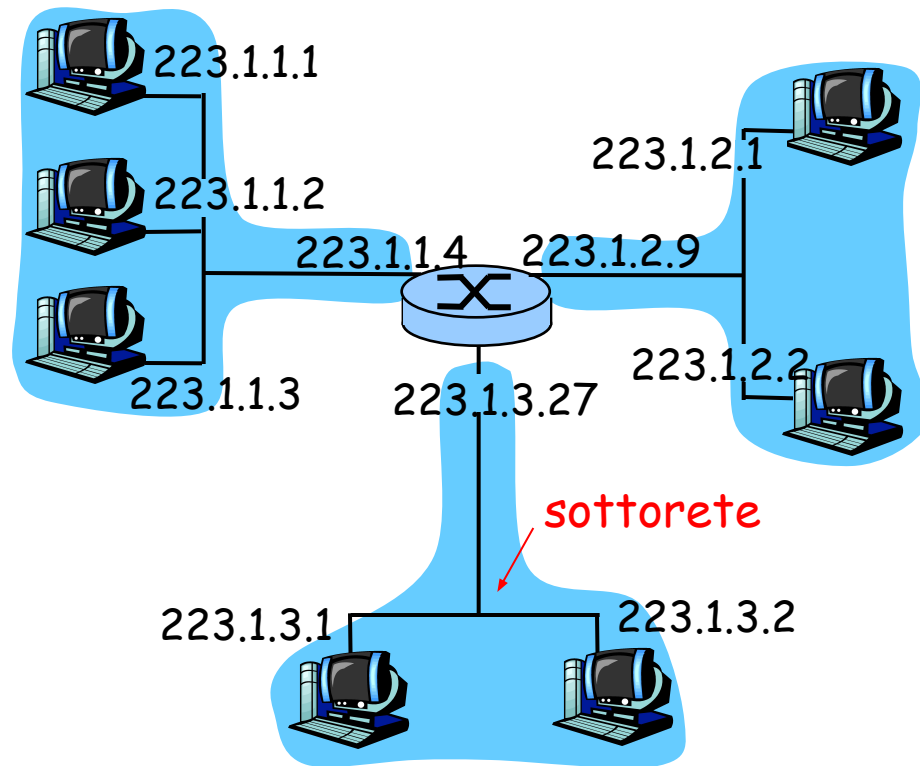
# Indirizzamento IP

- Un indirizzo IP è formato da due parti

- Net\_Id**: identificativo di sotto-rete (**prefisso**)
- Host\_Id**: identificativo di host all'interno della sotto-rete

**IP\_Address = Net\_Id · Host\_Id**

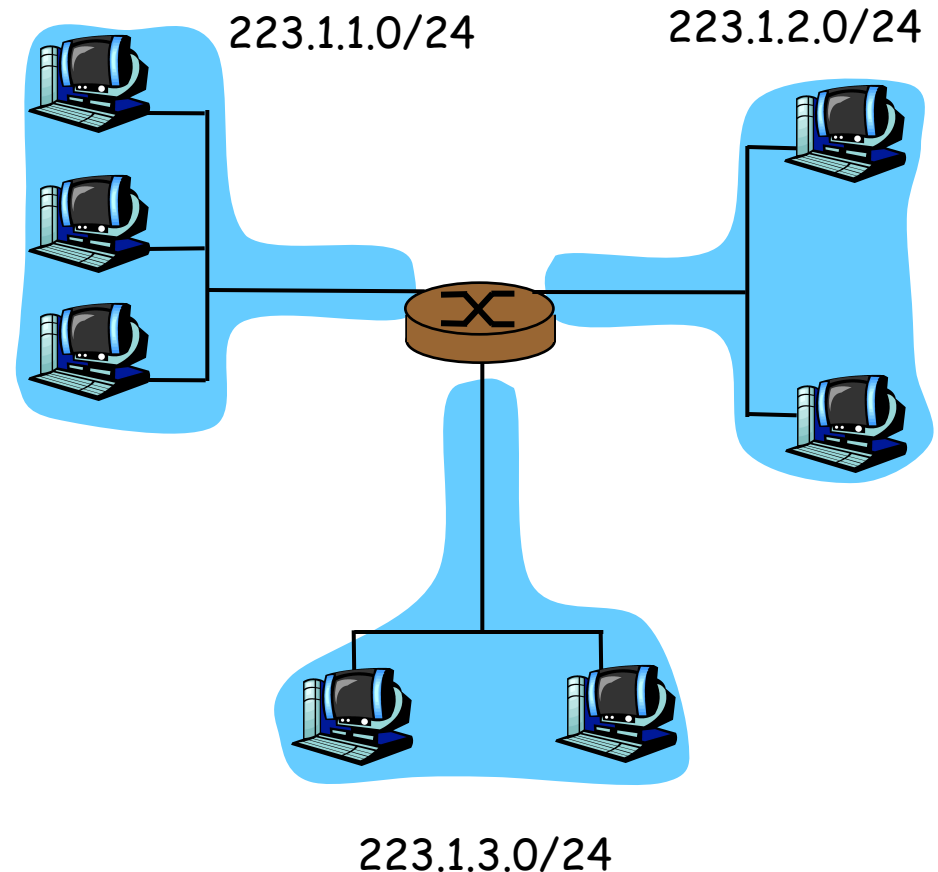
- La divisione tra Net\_Id e Host\_Id non è fissa
- Una **sottorete** è una rete isolata i cui punti terminali sono collegati all'interfaccia di un host o di un router



rete composta da 3 sottoreti

# Concetto di prefisso di sottorete

- Una sottorete è identificata da un **prefisso (Net\_Id)**
    - parte dell'indirizzo IP identica per tutte le interfacce che appartengono alla sottorete
  - Gli indirizzi IP delle interfacce di una stessa sottorete sono caratterizzati dallo stesso prefisso
  - Un indirizzo IP è quindi formato da due parti
    - **Prefisso (Net\_Id)**: identificativo di sotto-rete
    - **Host\_Id**: identificativo di host all'interno della sotto-rete
- IP\_Address = Net\_Id . Host\_Id**
- La divisione tra Net\_Id e Host\_Id non è fissa



Maschera di sottorete: /24

# Schema di indirizzamento "Classful"

- In origine (1981, RFC 1166) le sottoreti erano divise in classi
  - la classe era individuata dai bit iniziali dell'indirizzo
  - i prefissi (Net\_Id) di sottorete avevano lunghezza fissa

Classe	Bit iniziali	Net_Id	Host_Id	"Reti" disponibili	"Host" disponibili
A	0	7 bit	24 bit	128	$16.777.216$
B	10	14 bit	16 bit	16384	65.536
C	110	21 bit	8 bit	$2.097.152$	256
D	1110	Indirizzo multicast: 28 bit Indirizzi possibili: 268.435.456			
E	11110	Riservata per usi futuri: 27 bit Indirizzi possibili: 134.217.728			



# Schema di indirizzamento "Classful"

- Classi di indirizzi IP

	0	8	16	24	31	
Classe A	0	Net_Id	Host_Id			
Classe B	1	0	Net_id	Host_Id		
Classe C	1	1	0	Net_Id	Host_Id	
Classe D	1	1	1	0	Multicast Address	
Classe E	1	1	1	1	0	Reserved

# Convenzioni speciali

- Se un host si muove dalla rete in cui si trova, il suo indirizzo deve essere cambiato
  - Supporto della mobilità: protocollo Mobile IP
- Convenzioni speciali

Questo host (fase di boot)

Tutti "0"
-----------

Host nella rete locale

Tutti "0"
-----------

Host_Id
---------

Broadcast sulla rete locale

Tutti "1"
-----------

Broadcast sulla rete Net\_Id

Net_Id
--------

Tutti "1"
-----------

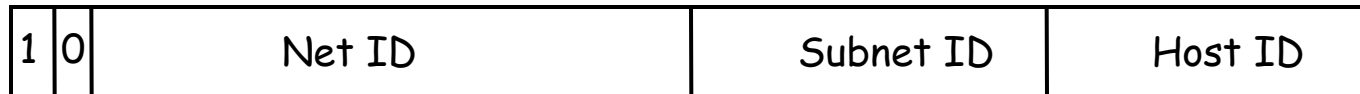
# Subnetting

- La struttura di indirizzamento a due livelli gerarchici era sufficiente nella fase iniziale di Internet
- Nel 1984 è stato aggiunto un terzo livello gerarchico
  - il livello di Sottorete (**Subnet**)
- Si utilizzano alcuni bit dell'Host\_Id per codificare il **Subnet\_Id**

Original  
address  
s

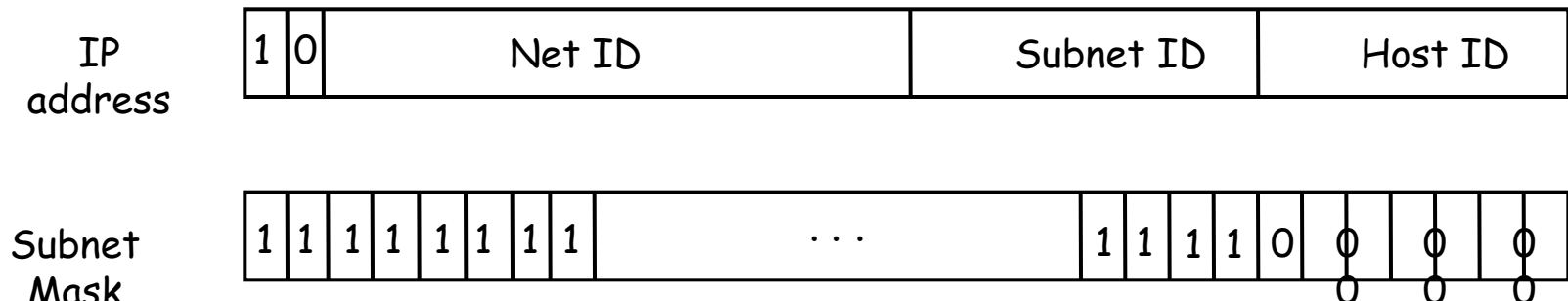


Subnetted  
address  
s

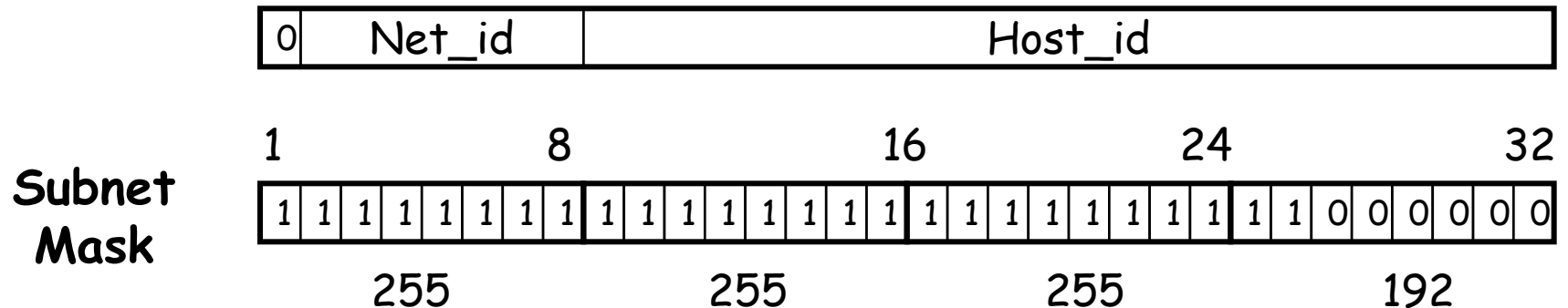


# Subnetting

- I campi Net.Id, Subnet\_Id è identificato da una maschera denominata "**Subnet Mask**"
- Una Subnet Mask è una parola di 32 bit in cui
  - i bit uguali a "1" identificano i bit del Net\_Id e del Subnet\_Id
  - i bit uguali a "0" identificano i bit dell'Host\_Id
- La Subnet\_Id ha significato solo nel router a cui sono connesse le sottoreti



- Tutte le subnet hanno la stessa maschera
- Esempio:



- numero massimo di sottoreti possibili =  $2^{18} = 262.142$
- numero massimo di host per sottorete =  $2^6 - 2 = 62$

# Subnetting a lunghezza variabile

- Le sotto-reti di una rete usano maschere diverse

- Consente di gestire reti di dimensione diversa

- Esempio:

- Router con un indirizzo di classe C

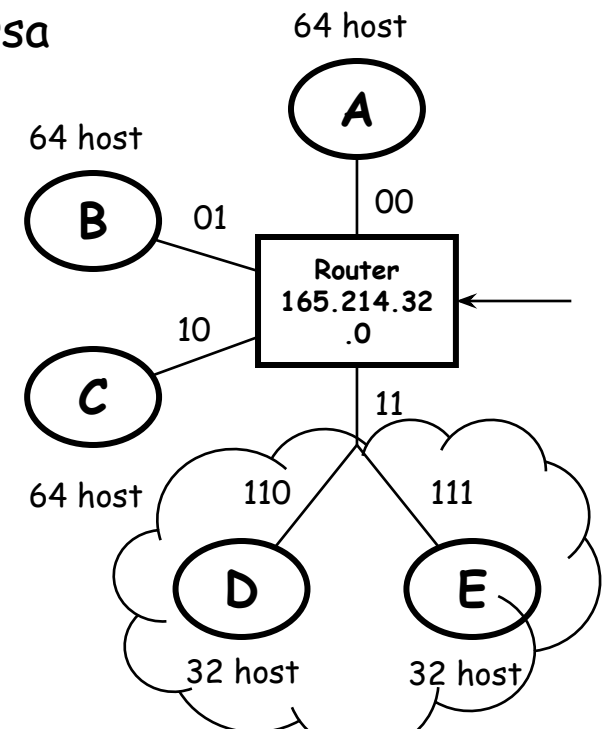
- 193.214.32.0

- 5 Sottoreti

- Subnet A, Subnet B, Subnet C: 50 host
- Subnet D, Subnet E: 30 host

- Subnetting

- 3 sottoreti con 64 host ciascuna (Host\_id: 6 bit) (subnet mask 255.255.255.192)
- 1 sottorete divisa in due ulteriori sottoreti con 32 host ciascuna (Host\_id: 5 bit) (subnet mask 255.255.255.224)

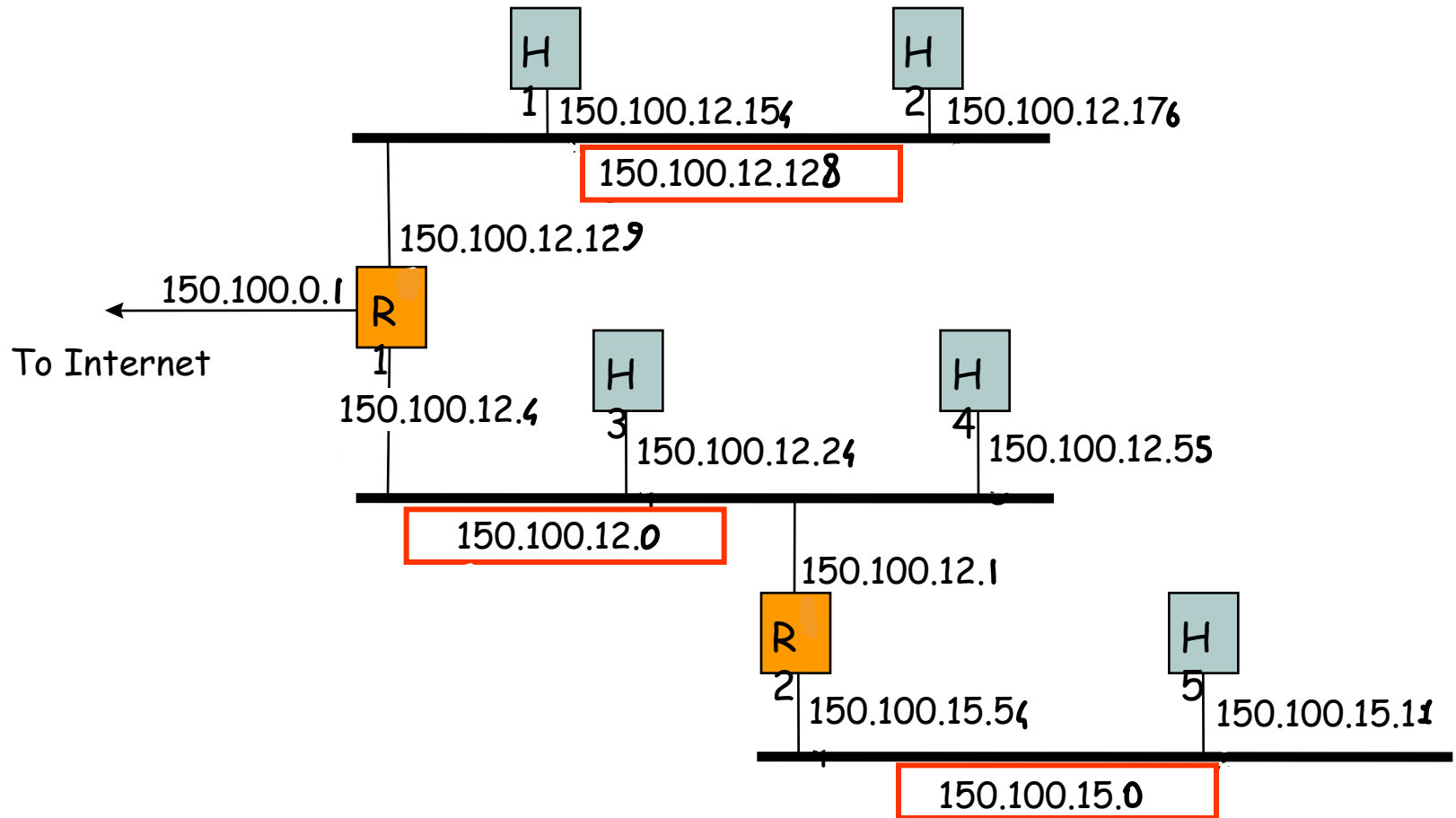


PIÙ LA SUBMASK È LUNGA TANTI MENO HOST POSSO OSPITARE

# Esempio subnetting

- Un provider ha un indirizzo di classe B (Host Id = 16 bit) con Net\_Id = 150.100.0.0
- Si devono creare sottoreti con un numero massimo di 100 host ciascuna
  - 7 bit sufficienti per ciascuna sottorete
  - $16 - 7 = 9$  bit per il Subnet\_Id
- Si applicano le subnet mask per individuare la sottorete
  - Esempio: trovare la sottorete per 150.100.12.176
  - IP address = 10010110 01100100 00001100 10110000
  - Mask = 11111111 11111111 11111111 10000000
  - Subnet = 150.100.12.128
  - L'indirizzo di sottorete è usato dai router del provider

# Subnetting a lunghezza variabile







# Routing in reti IP

# Routing in reti IP

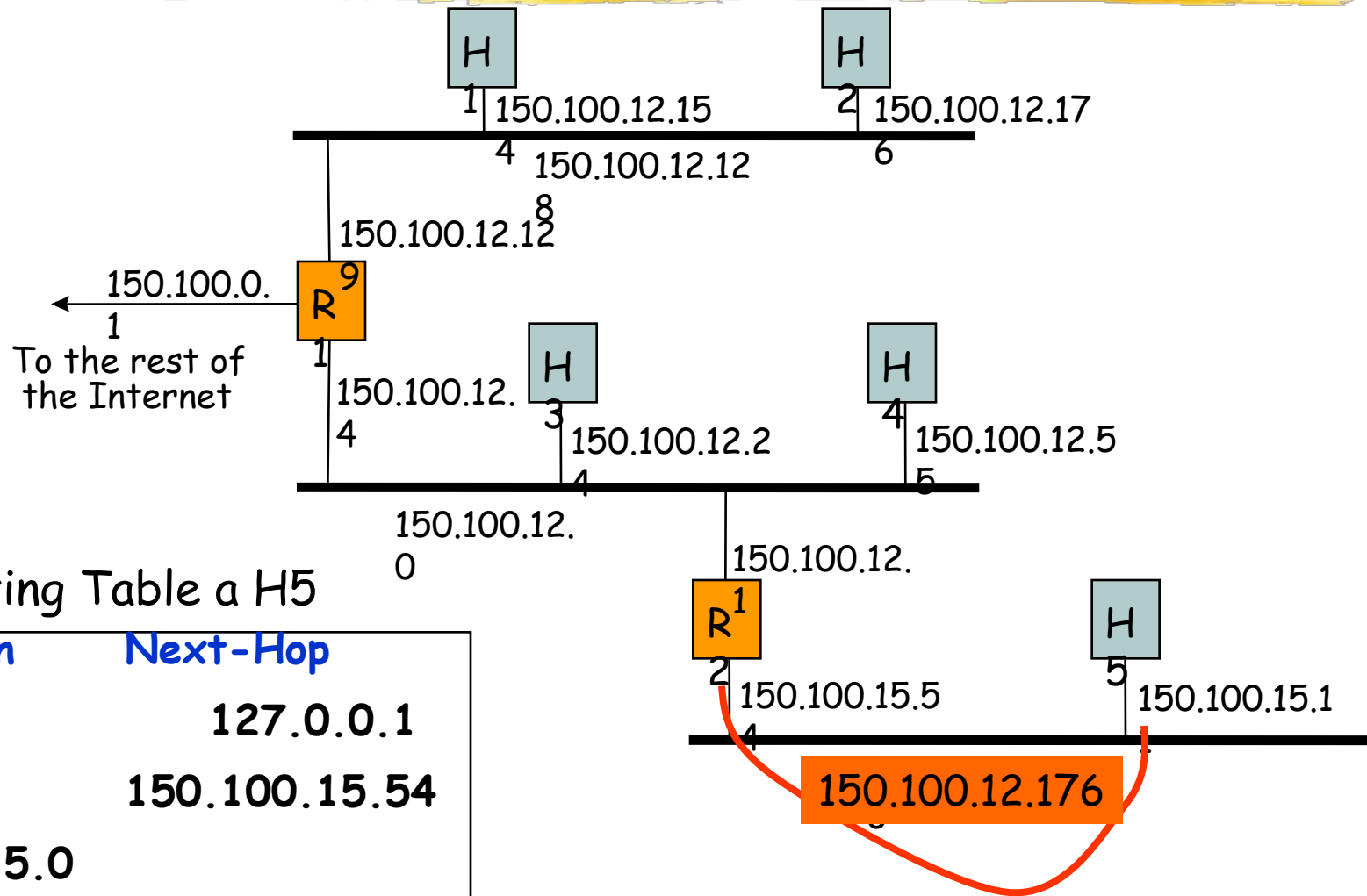
- Sia gli host che i router hanno una **Tabella di Routing** (Routing table)
- **Host origine**
  - Se la destinazione è sulla stessa rete, il pacchetto è emesso direttamente usando l'interfaccia di rete
    - La frame in cui viene incapsulato il pacchetto conterrà l'indirizzo MAC della destinazione
  - Se la destinazione non è nella stessa rete, il pacchetto è inviato al **default router**
    - La frame in cui viene incapsulato il pacchetto conterrà l'indirizzo MAC del router
- **Router**
  - Esamina l'indirizzo IP di destinazione (IP destination address) nel pacchetto entrante
  - Se la destinazione è su una delle reti a cui è connesso il router, il pacchetto è emesso direttamente usando l'interfaccia di rete
  - Se la destinazione non è su una delle reti a cui è connesso il router, il router accede alla routing table per determinare il next-hop verso cui inoltrare il pacchetto

# Routing Table

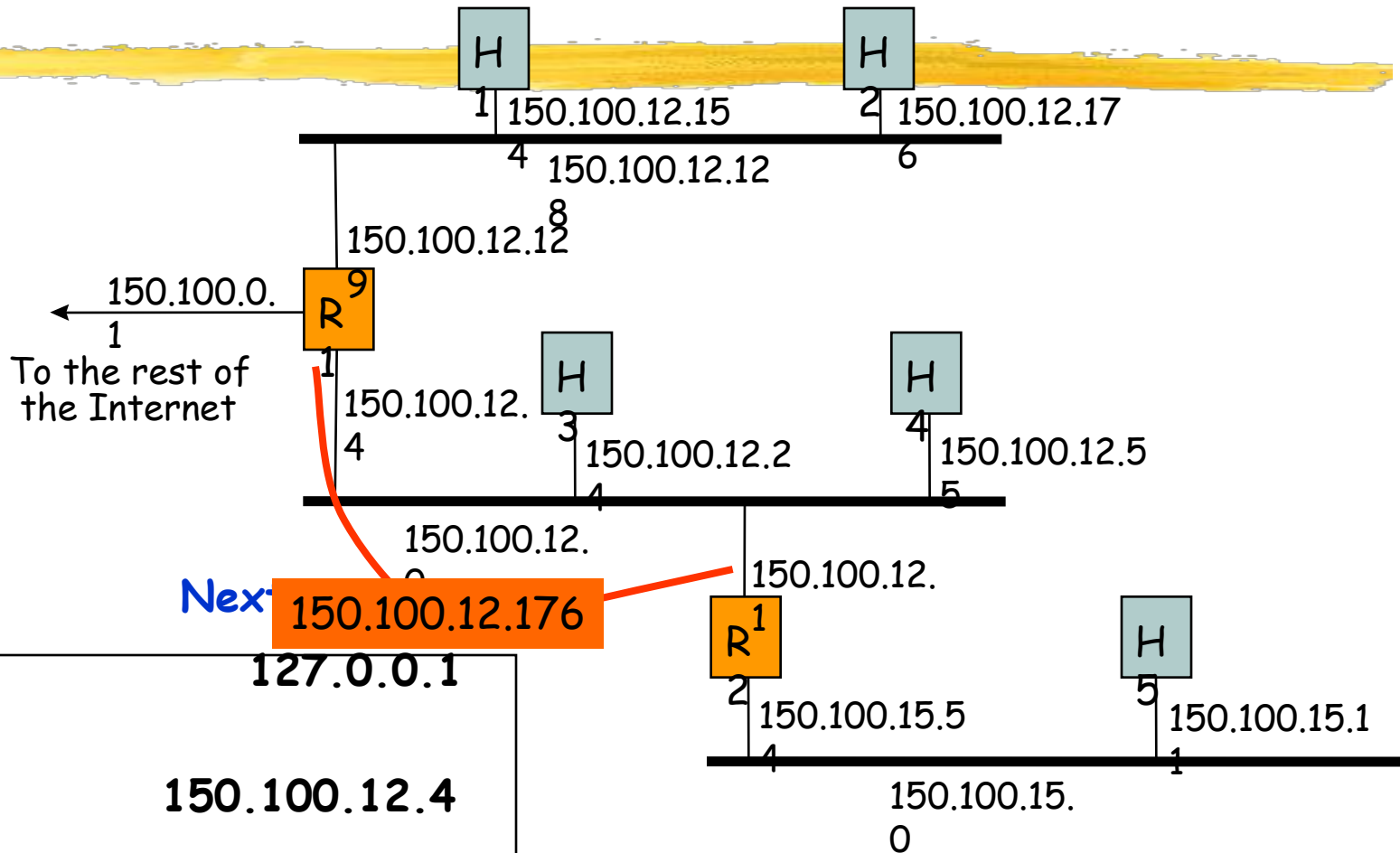


- **Ogni riga contiene**
  - Destination IP address
  - IP address del next-hop router
  - Identificatore della porta di uscita
  - Informazioni statistiche
- **Criteri di ricerca e relative azioni**
  1. Destination address completo
  2. Destination Net\_ID (prefisso)
  3. Default router
  4. Altrimenti "Declare packet undeliverable"
    - emissione di un pacchetto ICMP "host unreachable error" verso l'host mittente

# Esempio: H5 emette un pacchetto verso H2



# Esempio: H5 emette un pacchetto verso H2



Destination

Next

150.100.12.176

127.0.0.1

127.0.0.1

default

150.100.12.4

150.100.15.0

150.100.15.54

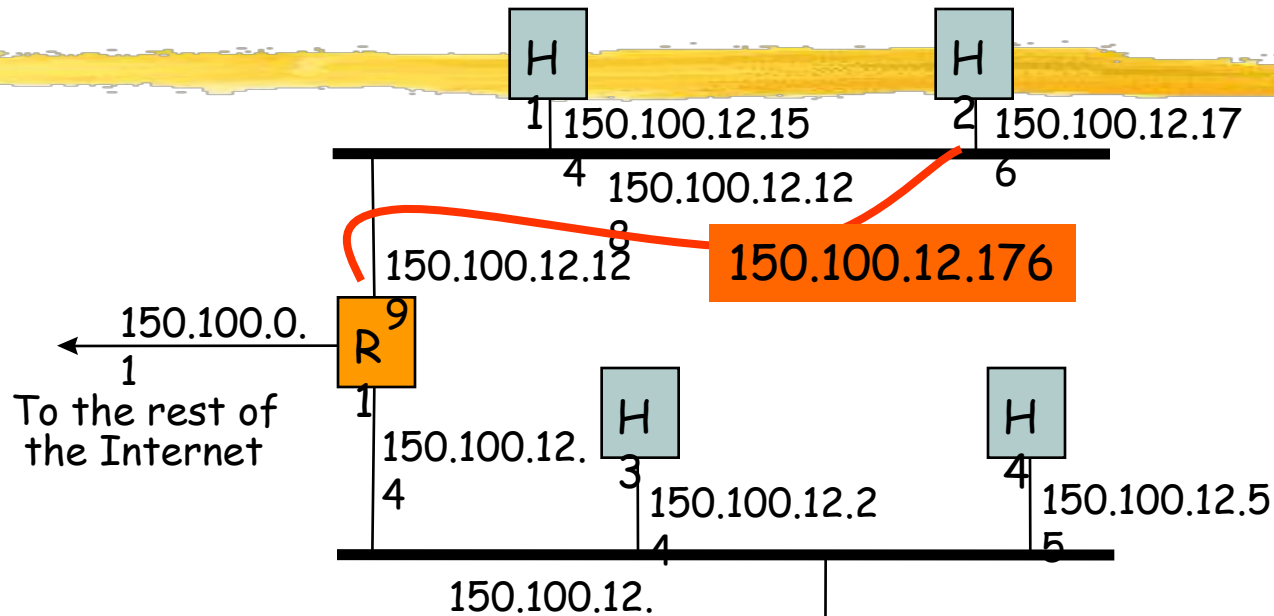
150.100.12.0

150.100.12.1

Routing Table

a R2

# Esempio: H5 emette un pacchetto verso H2



Routing Table a R1

Destination	Next-Hop
127.0.0.1	127.0.0.1
150.100.12.128	
150.100.12.129	
150.100.12.0	
150.100.12.4	
150.100.15.0	
150.100.12.1	



# **Classless Inter Domain Routing CIDR**

# Problemi dell'indirizzamento IP



- **Nel 1990, sono apparsi chiari due problemi**
  - Gli indirizzi IP erano in via di esaurimento
  - Le tabelle di routing stavano crescendo di dimensione
- **Esaurimento degli indirizzi IP**
  - la struttura Classful era inefficient
    - Indirizzi di Classe B troppo grandi per la maggior parte delle organizzazioni
    - Indirizzi di Classe C troppo piccoli
    - Con la frequenza di allocazione di indirizzi di Classe B se ne prevedeva l'esaurimento entro il 1994
- **Dimensione delle IP routing table**
  - la crescita del numero di reti IP si rifletteva nella crescita del numero di entry delle tabelle di routing
    - Dal 1991 al 1995, la dimensione delle routing table raddoppiava ogni 10 mesi
    - Aumento del tempo di processing e della dimensione dell'impiego di memoria
- **Soluzione Short-term**
  - Classless Interdomain Routing (CIDR), RFC 1518
  - New allocation policy (RFC 2050)
  - Uso di indirizzi Privati per le Intranet
- **Long-term solution**
  - Aumento dello spazio di indirizzamento (IPv6, indirizzi a 128 bit)



# Classless Inter Domain Routing (CIDR)



- **CIDR è stato ideato per**
  - rendere più efficiente l'impiego dello spazio di indirizzamento di IP
  - diminuire la complessità delle tabelle di instradamento nei router
- **Ad una rete è assegnato un certo numero di blocchi contigui di indirizzi (**Supernetting**)**
  - la rete sarà caratterizzata da un unico *prefisso* (insieme dei bit più significativi)
  - la rete sarà individuata nei router solo dal suo *prefisso*
- **Un insieme di reti caratterizzato da blocchi di indirizzi contigui sarà identificato da un unico prefisso**

# Address Allocation Policy

- Indirizzi di Classe A e B sono assegnati solo in caso di dimostrata necessità
- Sono assegnati blocchi consecutivi di classe C (fino a 64 blocchi)
  - Tutti gli IP addresses hanno un common **prefix**
  - La lunghezza del prefisso può essere arbitraria
- La metà inferiore degli indirizzi di classe C è assegnata su base geografica

Address Requirement	Address Allocation
< 256	1 Class C
256< , <512	2 Class C
512< , <1024	4 Class C
1024< , <2048	8 Class C
2048< , <4096	16 Class C
4096< , <8192	32 Class C
8192< , <16384	64 Class C

# CIDR

- Pianificazione geografica degli indirizzi di classe C

Multiregional	192.0.0	193.255.255
Europe	194.0.0	195.255.255
Others	196.0.0	197.255.255
North America	198.0.0	199.255.255
Central/South America	200.0.0	
201.255.255		
Pacific Rim	202.0.0	203.255.255
Others	204.0.0	205.255.255
206.255.255		

- Tutte le reti appartenenti ad una regione geografica sono identificate dagli stessi 7 bit di prefisso

- Esempio: Europa

- da 194 = 11000010 0   a   195 = 11000011 1

# Supernetting

- **Esempio: 150.158.16.0/20**
  - IP Address (150.158.16.0); lunghezza della maschera (20)
  - IP add = 10010110 10011110 00010000 00000000
  - Mask = 11111111 11111111 11110000 00000000
  - Contiene 16 blocchi di Classe C
  - Da 10010110 10011110 00010000 00000000
    - 150.158.16.0
  - Fino a 10010110 10011110 00011111 00000000
    - 150.158.31.0

# Classless Inter-Domain Routing

- **Il CIDR rallenta la crescita della dimensione delle Routing Table**
  - Una rete è rappresentata da un prefisso e da una maschera
  - Pre-CIDR: Una rete con 16 blocchi di classe C contigui richiedeva 16 entry
  - Post-CIDR: Una rete con 16 blocchi di classe C contigui richiede 1 entry
- **L'instradamento è effettuato in base al prefisso**
  - Un entry di una Routing table contiene <IP address, network mask>
  - Esempio: 192.32.136.0/21
    - 11000000 00100000 10001000 00000001 min address
    - 11111111 11111111 11111--- ----- mask
    - 11000000 00100000 10001--- ----- IP prefix
    - 11000000 00100000 10001111 11111110 max address
    - 11111111 11111111 11111--- ----- mask
    - 11000000 00100000 10001--- ----- same IP prefix



# CIDR

- **Esempio 1**

- Assegnazione degli indirizzi nel Nord America
  - CIDR mask per il North America = 198.0.0.0/7
- Ad un grande Internet Service Provider (ISP) sono assegnati 2048 blocchi di indirizzi di classe C
  - da 198.24.0.0 (11000110.00011000.00000000.00000000)
  - a 198.31.255.0 (11000110.00011111.11111111.00000000)
  - CIDR mask per il grande ISP = 198.24.0.0/13
- Un piccolo ISP locale richiede al grande ISP 16 blocchi di indirizzi di classe C
  - da 198.24.16.0 (11000110.00011000.00010000.00000000)
  - a 198.24.31.0 (11000110.00011000.00011111.00000000)
  - CIDR mask per il piccolo ISP locale = 198.24.16.0/20

# CIDR

- **Esempio 2**

- Assegnazione degli indirizzi in Europa
  - CIDR mask per l'Europa = 194.0.0.0/7
- Ad una organizzazione sono assegnati 2048 indirizzi di classe C
  - da 
  - 194.32.136.0 (11000010.00100000.10001000.00000000)
  - a 
  - 194.32.143.0 (11000010.00100000.10001111.00000000)
  - CIDR mask per il grande ISP = 194.32.136.0/21

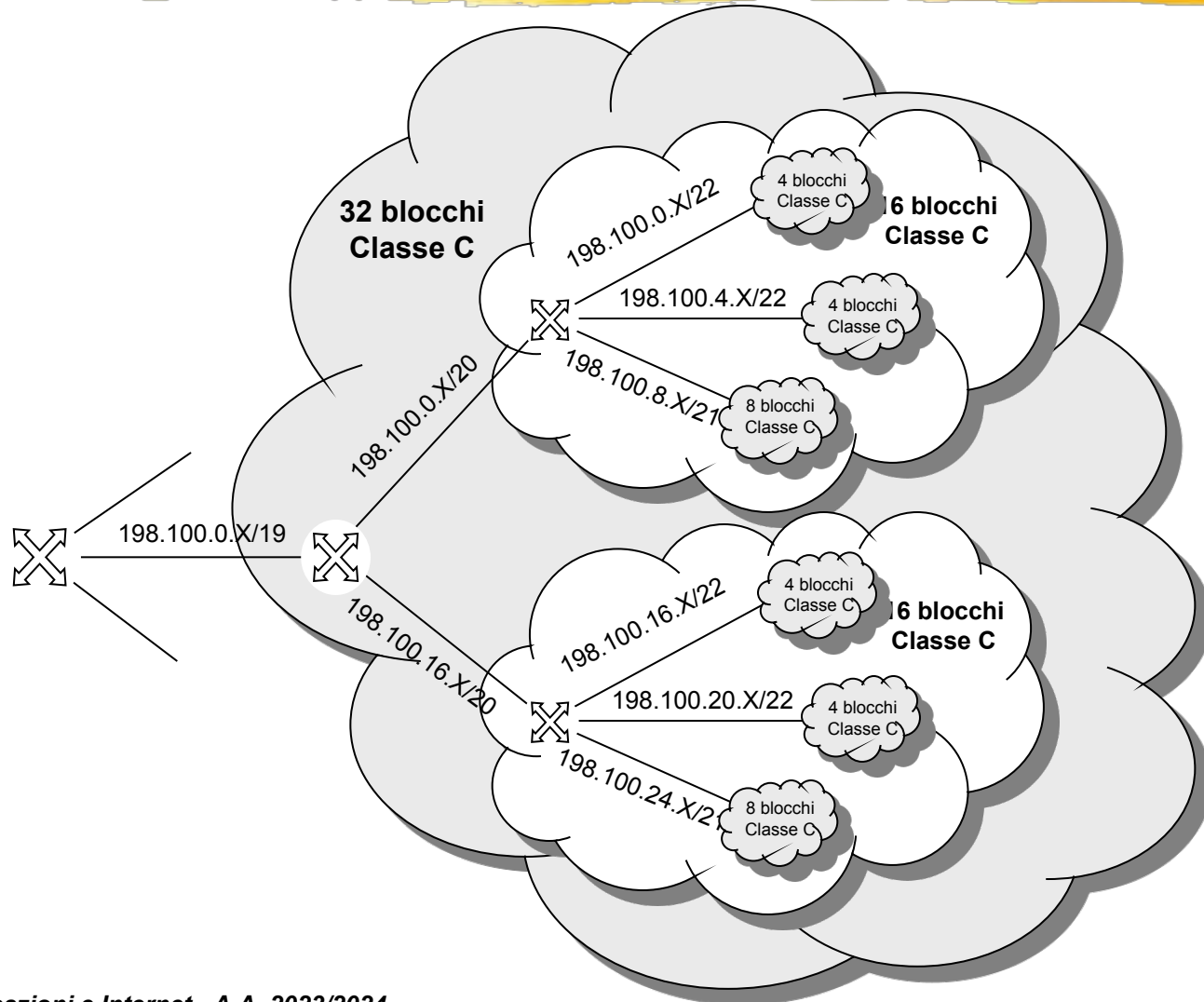
# CIDR Allocation Principles (RFC 1518-1520)



- L'assegnazione degli IP address riflette la topologia fisica della rete
- La topologia di rete segue i confini continentali e nazionali
  - Gli indirizzi IP devono essere assegnati su questa base
- I domini di transito (TRD) hanno un prefisso IP unico
  - Trasportano traffico tra domini terminali
  - la maggior parte dei domini terminali sono single-homed: connessi ad un solo TRD
  - A tali domini sono assegnati indirizzi con lo stesso prefisso del TRD
  - Tutte le reti connesse ad un TRD sono aggregate in un solo entry delle tabelle di routing (BGPv4, RFC 1520)



# CIDR



# Longest Prefix Matching



- In una routing table una Super rete può essere rappresentata da un unico elemento corrispondente al suo prefisso
- Per ogni pacchetto entrante, un router sceglie l'instradamento verso la direzione corrispondente al **prefisso di lunghezza maggiore**

# Longest Prefix Matching

- **Instradamento**

- indirizzo 198.15.7.3
- indirizzo 198.15.7.4

- **198.15.7.3**

- porta 1: matching prefisso 16
- porta 7: matching prefisso 24
- porta 4: matching prefisso 32

- **198.15.7.4**

- porta 1: matching prefisso 16
- porta 7: matching prefisso 24
- porta 4: no matching

Tabella di instradamento

Prefix	Porta d'uscita
198.15.0.0/16	1
198.15.7.0/24	7
198.15.7.3/32	4

198.15.7.3  $\Rightarrow$  porta 4

198.15.7.4  $\Rightarrow$  porta 7

# Longest Prefix Matching

