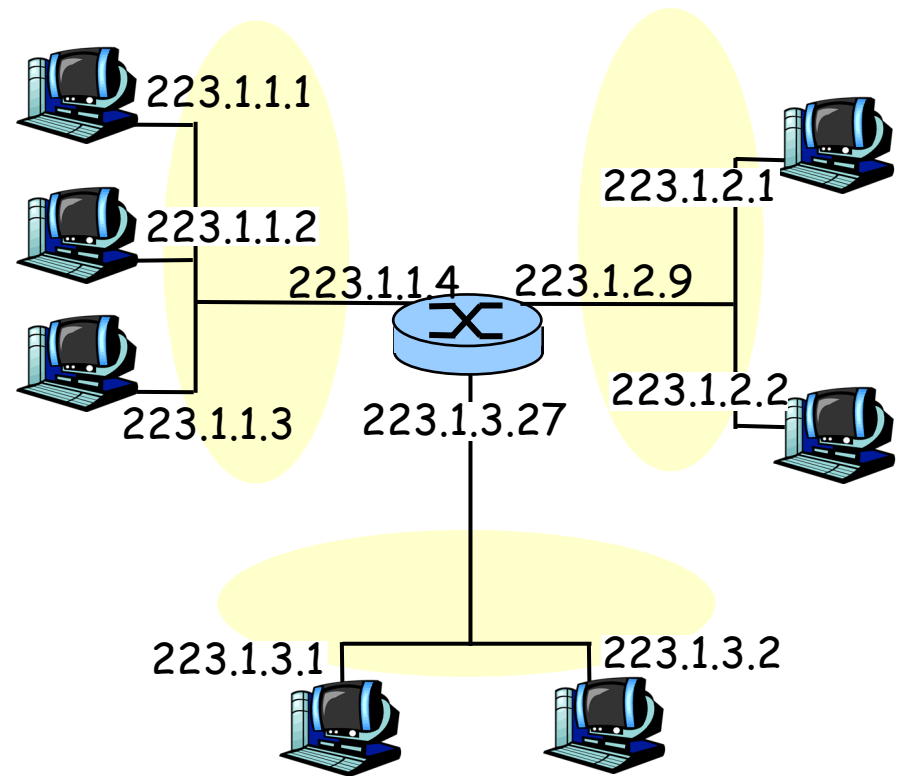




Indirizzamento in IPv4

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

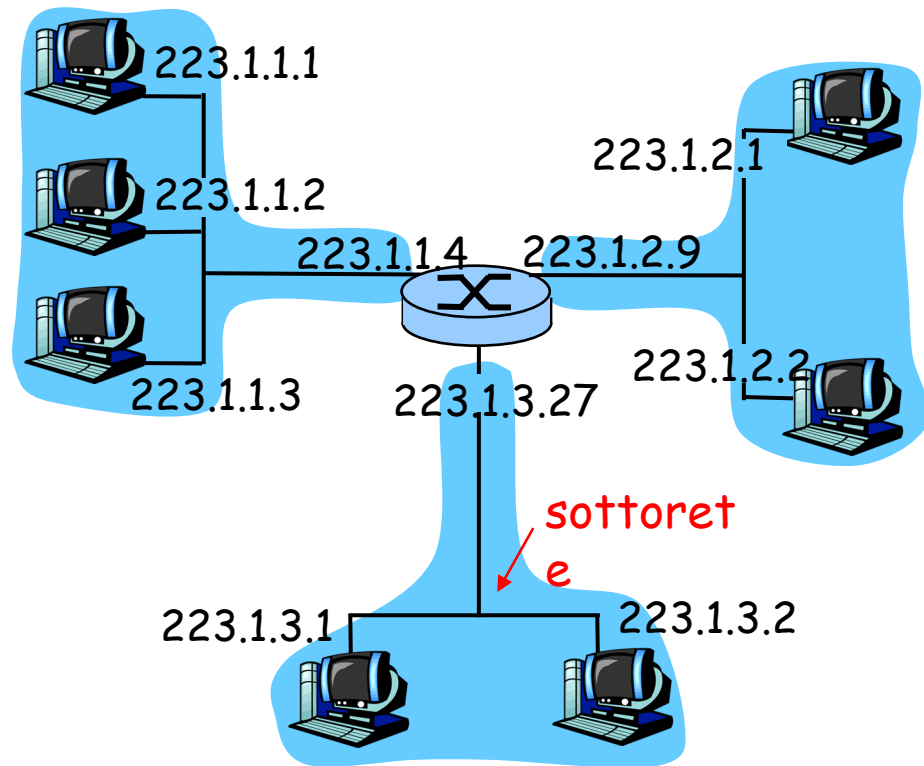
- **Notazione numerica**
 - l'indirizzo è espresso da una stringa di 32 bit
- **Notazione "dotted"**
 - ogni gruppo di 8 bit della notazione numerica è sostituito dall'equivalente numero decimale

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



Indirizzamento IP

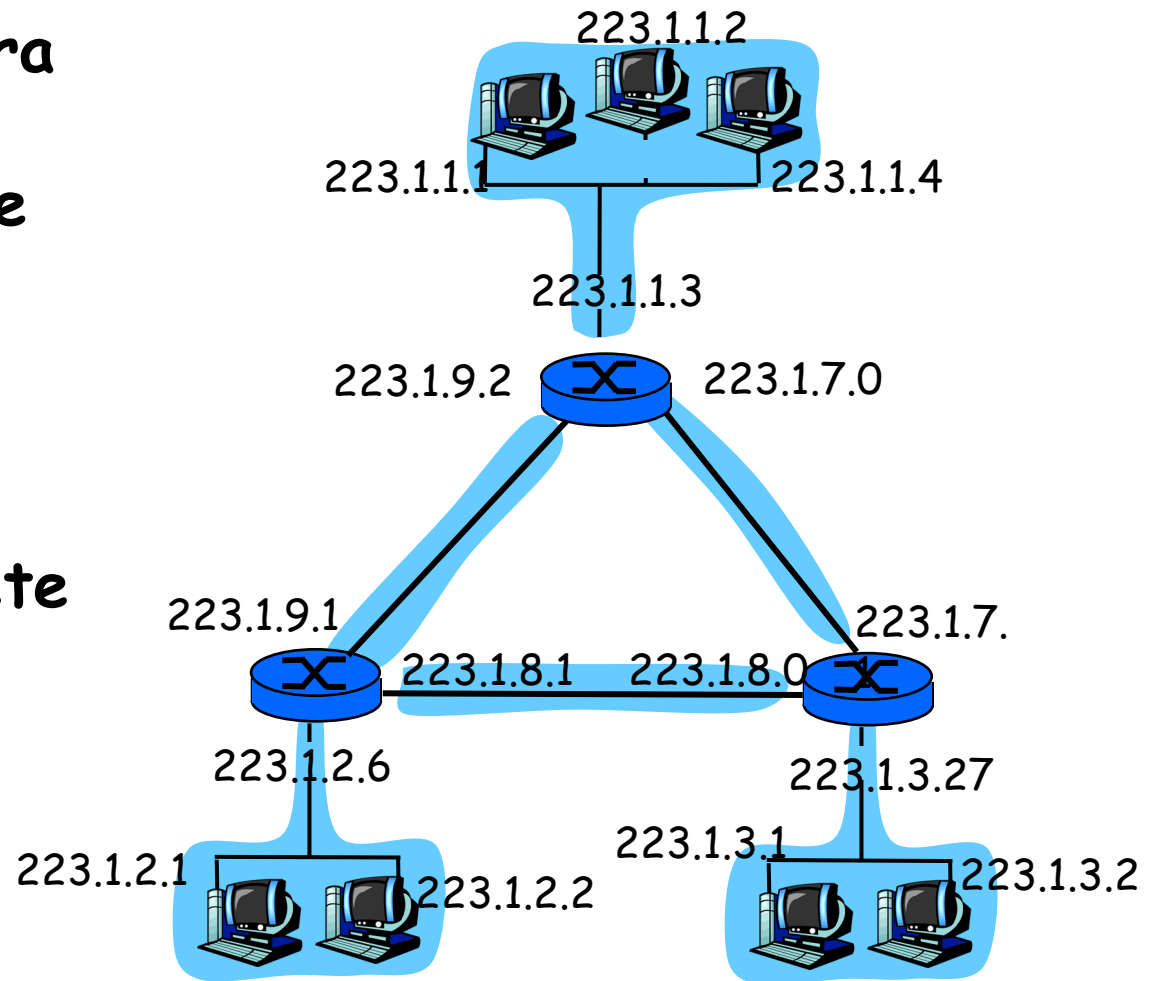
- Una **sottorete** è una rete isolata i cui punti terminali sono collegati a interfacce di host o di router
 - Esempio: LAN
- Una sottorete è anche detta **rete IP**



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 ?



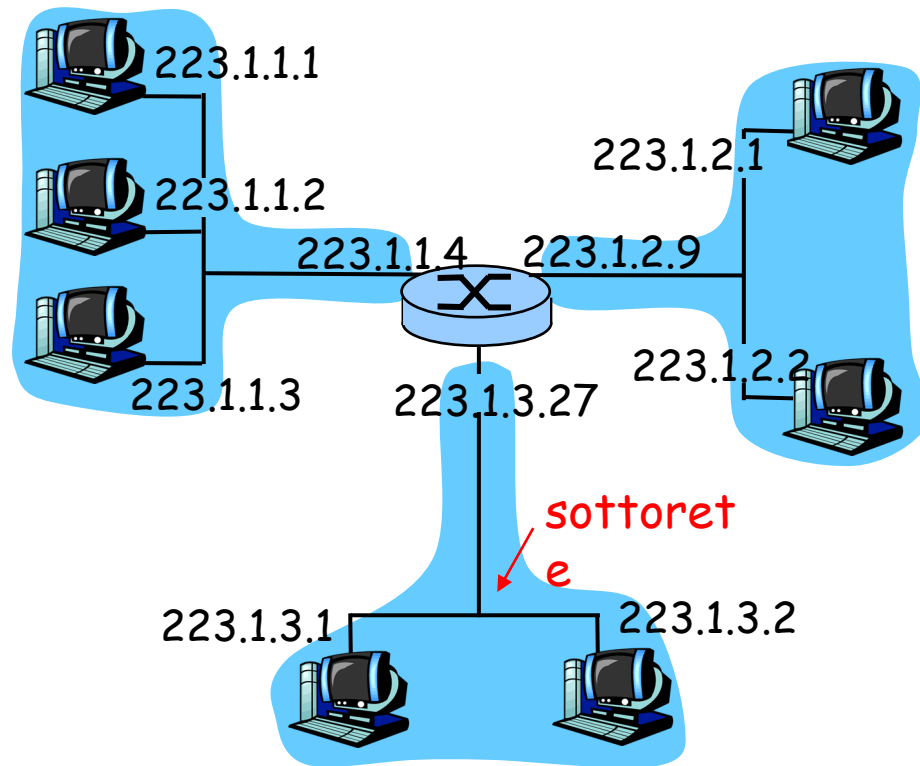
Indirizzamento IP

- 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

$IP_Address = Net_Id \cdot Host_Id$

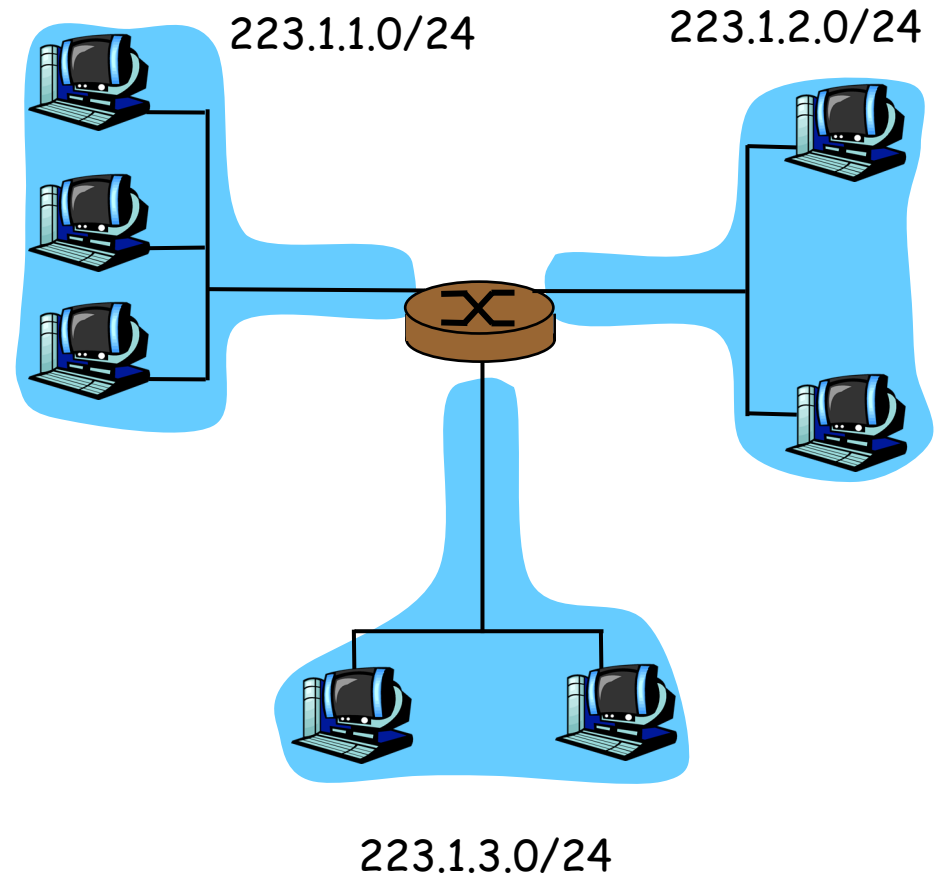
- La divisione tra Net_Id e Host_Id non è fissa
- Una **sottorete** è una rete isolata i cui punti terminali sono collegati all'interfaccia di un host o di un router



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"

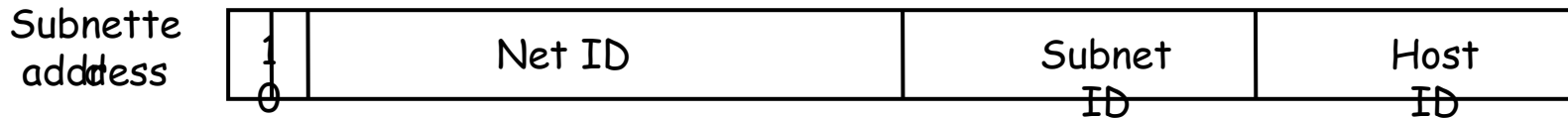
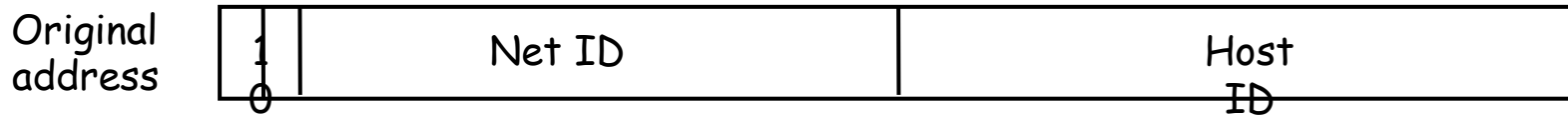
Broadcast sulla rete Net_Id

Net_Id

Tutti "1"

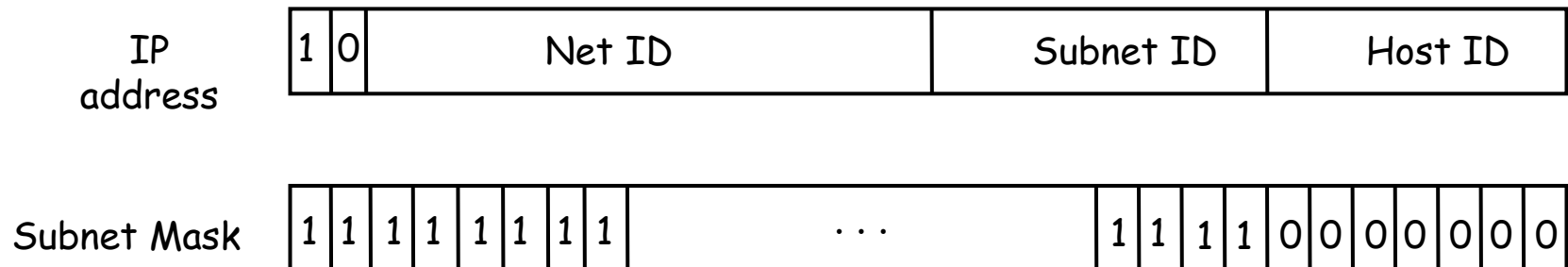
Subnetting

- 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**



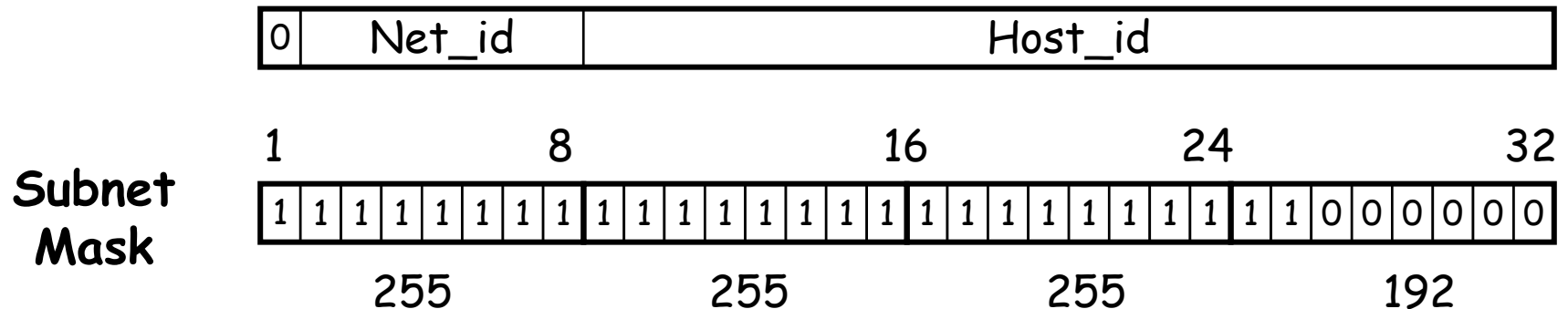
Subnetting

- 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



Subnetting Statico (lunghezza fissa)

- Tutte le subnet hanno la stessa maschera
- Esempio:



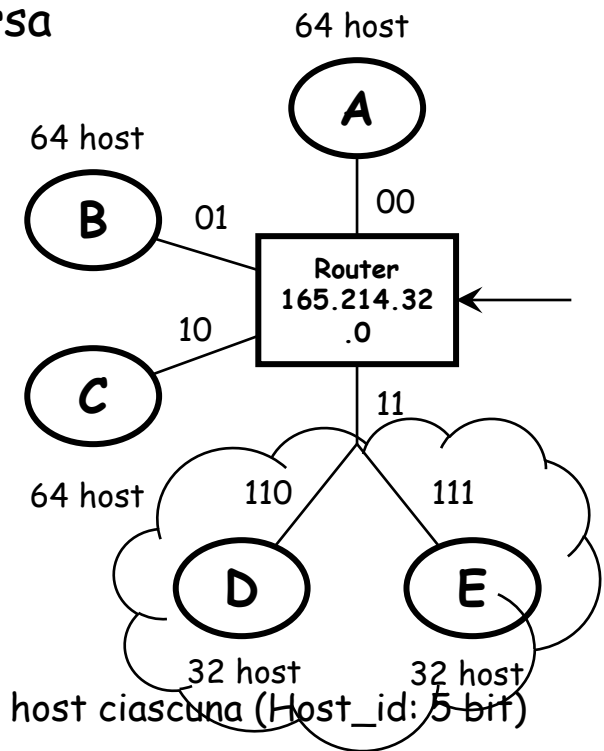
- numero massimo di sottoreti possibili = $2^{18} = 262.142$
- numero massimo di host per sottorete = $2^6 - 2 = 62$

Subnetting a lunghezza variabile

- Le sotto-reti di una rete usano maschere diverse
 - Consente di gestire reti di dimensione diversa

- **Esempio:**

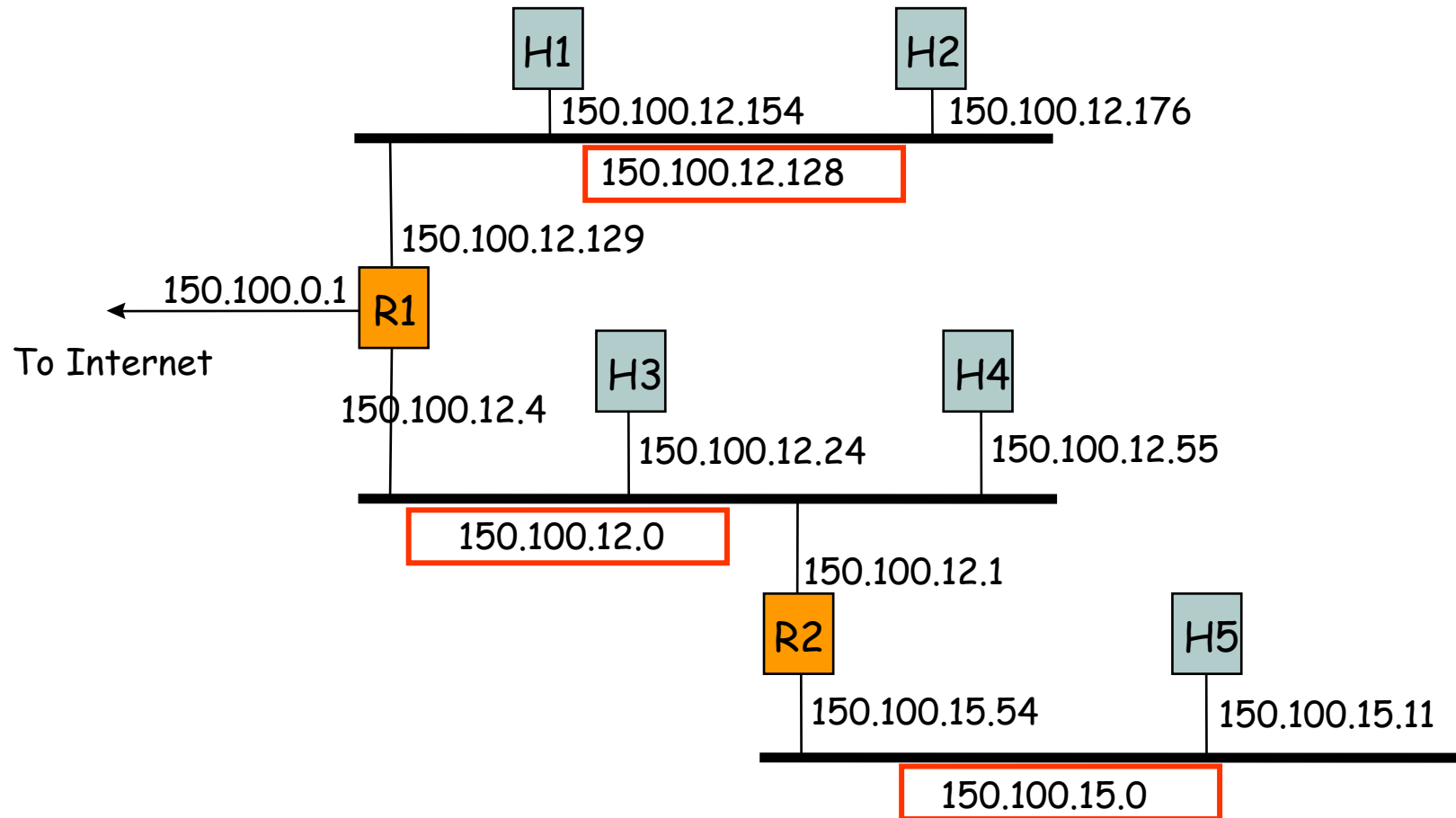
- Router con un indirizzo di classe C
 - 193.214.32.0
- 5 Sottoreti
 - Subnet A, Subnet B, Subnet C: 50 host
 - Subnet D, Subnet E: 30 host
- Subnetting
 - 3 sottoreti con 64 host ciascuna (Host_id: 6 bit) (subnet mask 255.255.255.192)
 - 1 sottorete divisa in due ulteriori sottoreti con 32 host ciascuna (Host_id: 5 bit) (subnet mask 255.255.255.224)



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

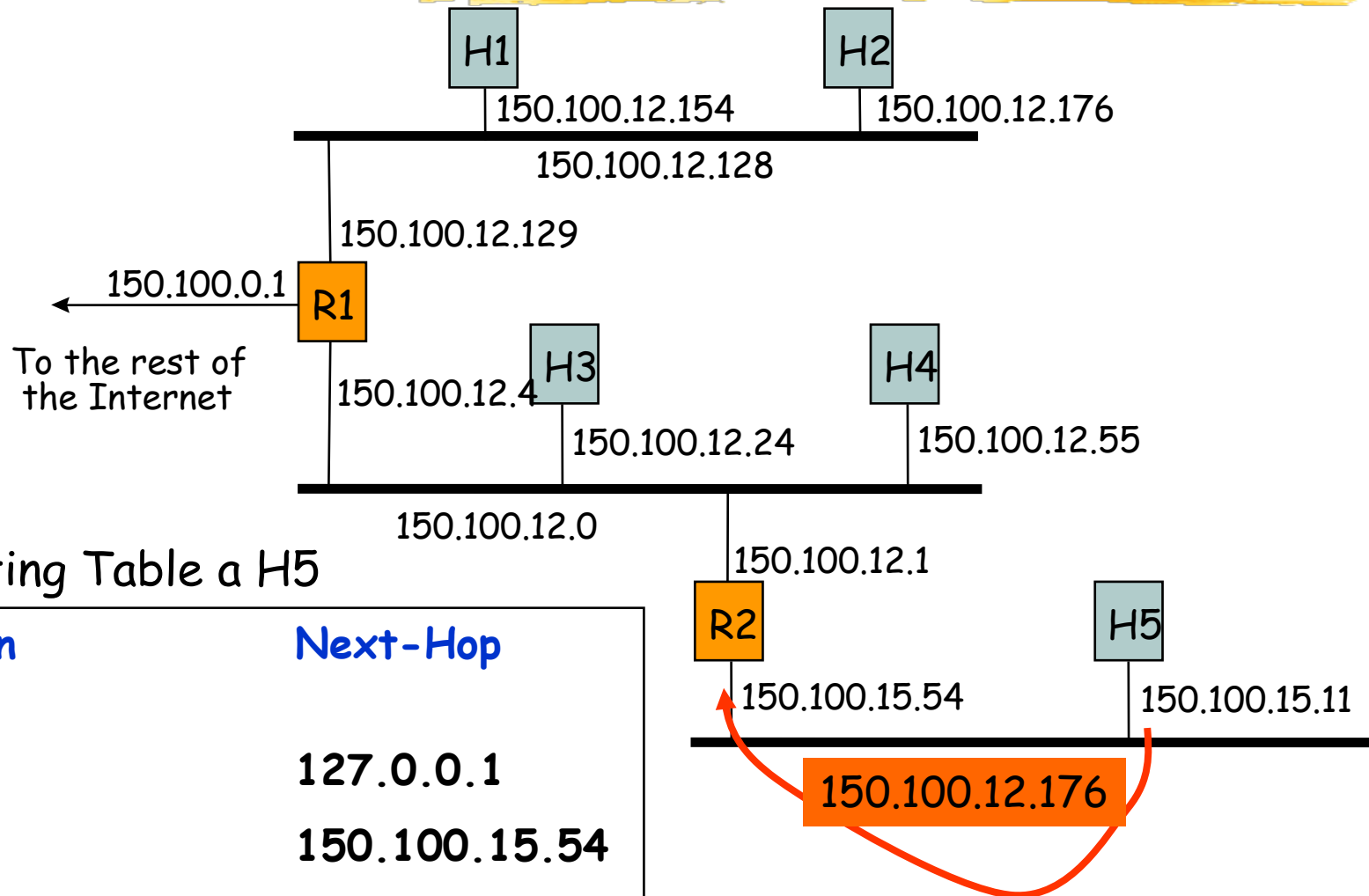
- Sia gli host che i router hanno una **Tabella di Routing** (Routing table)
- **Host origine**
 - Se la destinazione è sulla stessa rete, il pacchetto è emesso direttamente usando l'interfaccia di rete
 - La frame in cui viene incapsulato il pacchetto conterrà l'indirizzo MAC della destinazione
 - Se 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

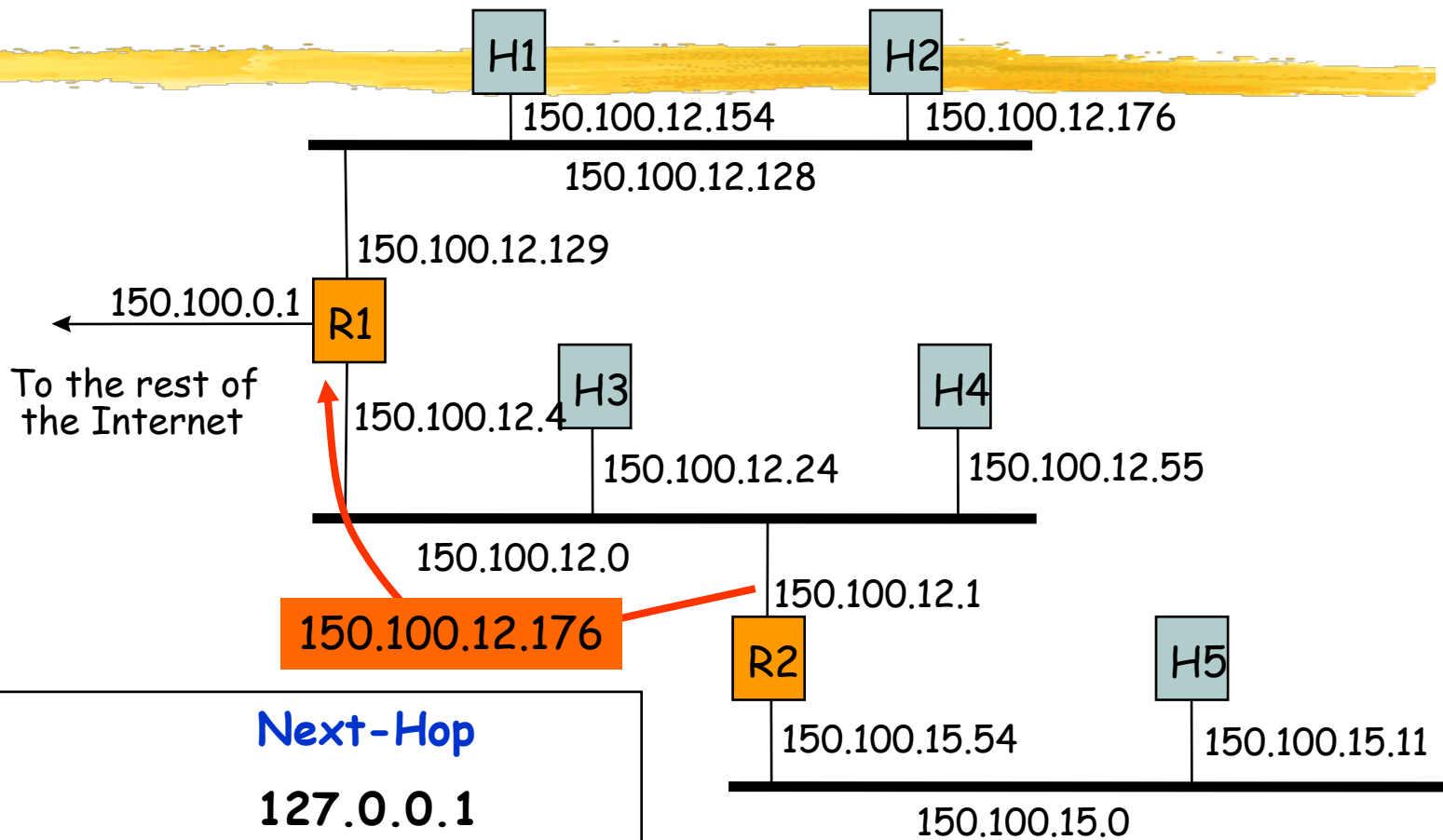
Esempio: H5 emette un pacchetto verso H2



Routing Table a H5

Destination	Next-Hop
127.0.0.1	127.0.0.1
default	150.100.15.54
150.100.15.0 /25	150.100.15.11

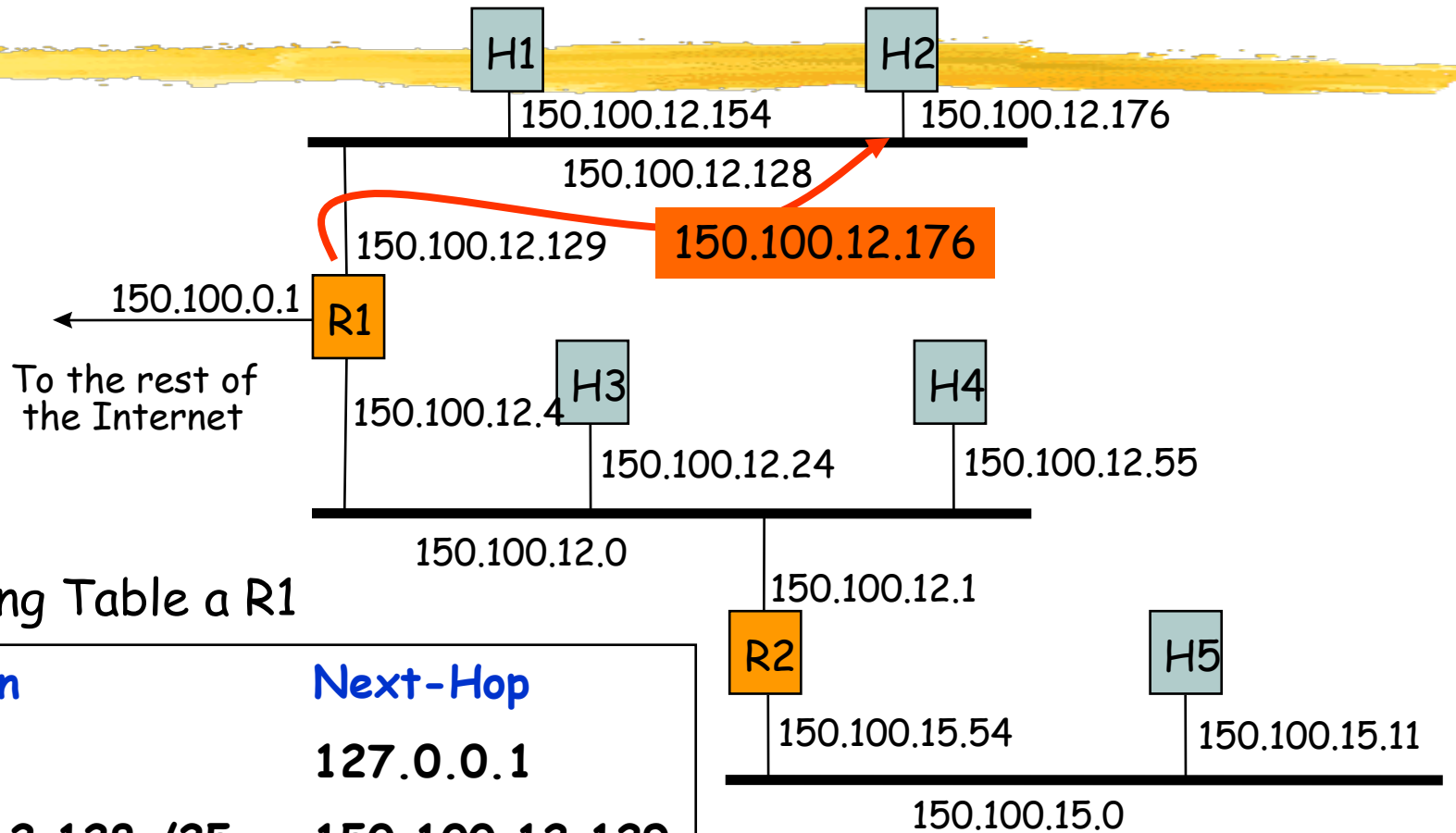
Esempio: H5 emette un pacchetto verso H2



Destination	Next-Hop
127.0.0.1	127.0.0.1
default	150.100.12.4
150.100.15.0 /25	150.100.15.54
150.100.12.0 /25	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 /25	150.100.12.129
150.100.12.0 /25	150.100.12.4
150.100.15.0 /25	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
Others	206.0.0	207.255.255

- **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

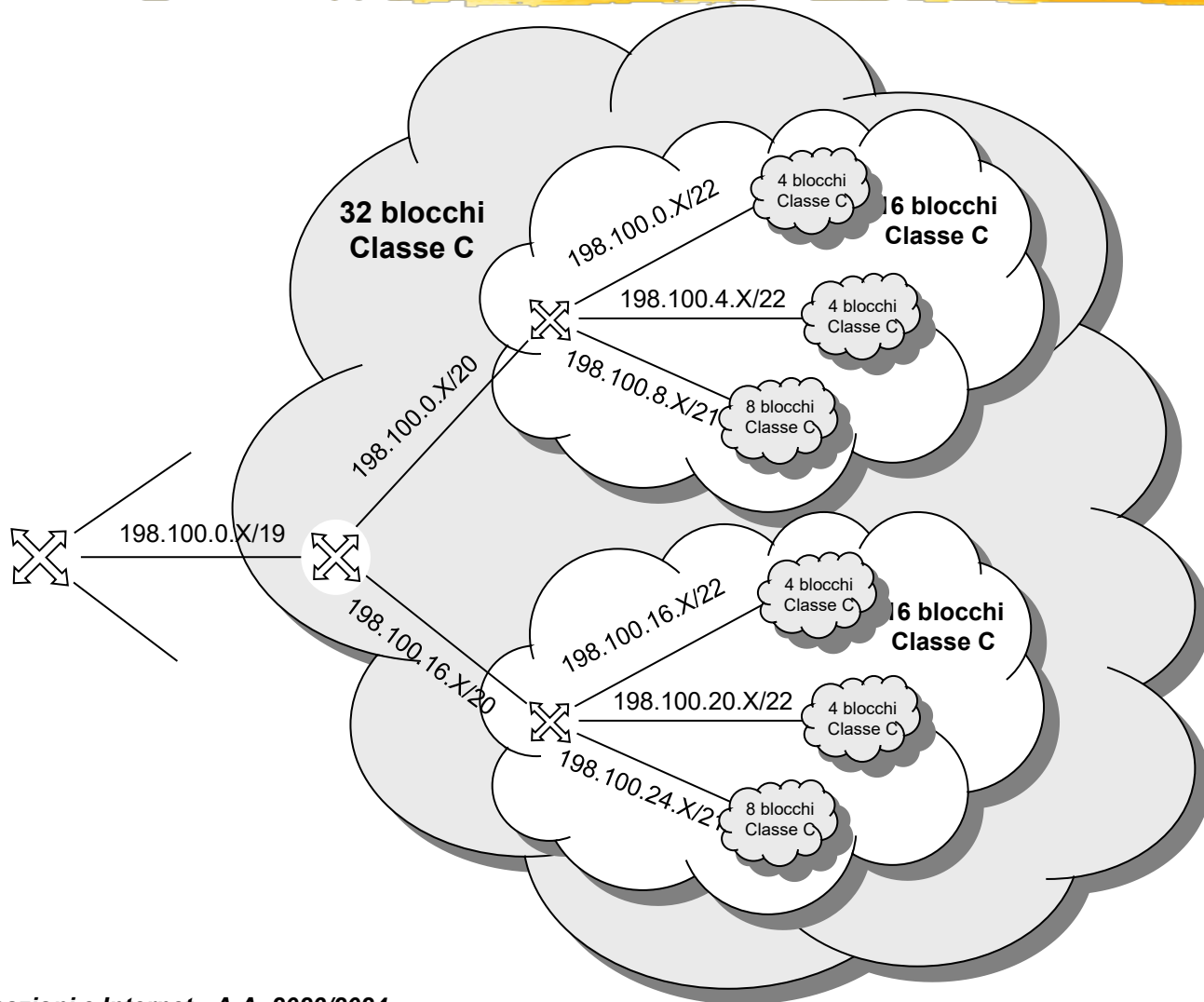
- Assegnazione degli indirizzi in Europa
 - CIDR mask per l'Europa = 194.0.0.0/7
- Ad una organizzazione sono assegnati 2048 indirizzi di classe C
 - da
 - 194.32.136.0 (11000010.00100000.10001000.00000000)
 - a
 - 194.32.143.0 (11000010.00100000.10001111.00000000)
- CIDR mask per il grande ISP = 194.32.136.0/21

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

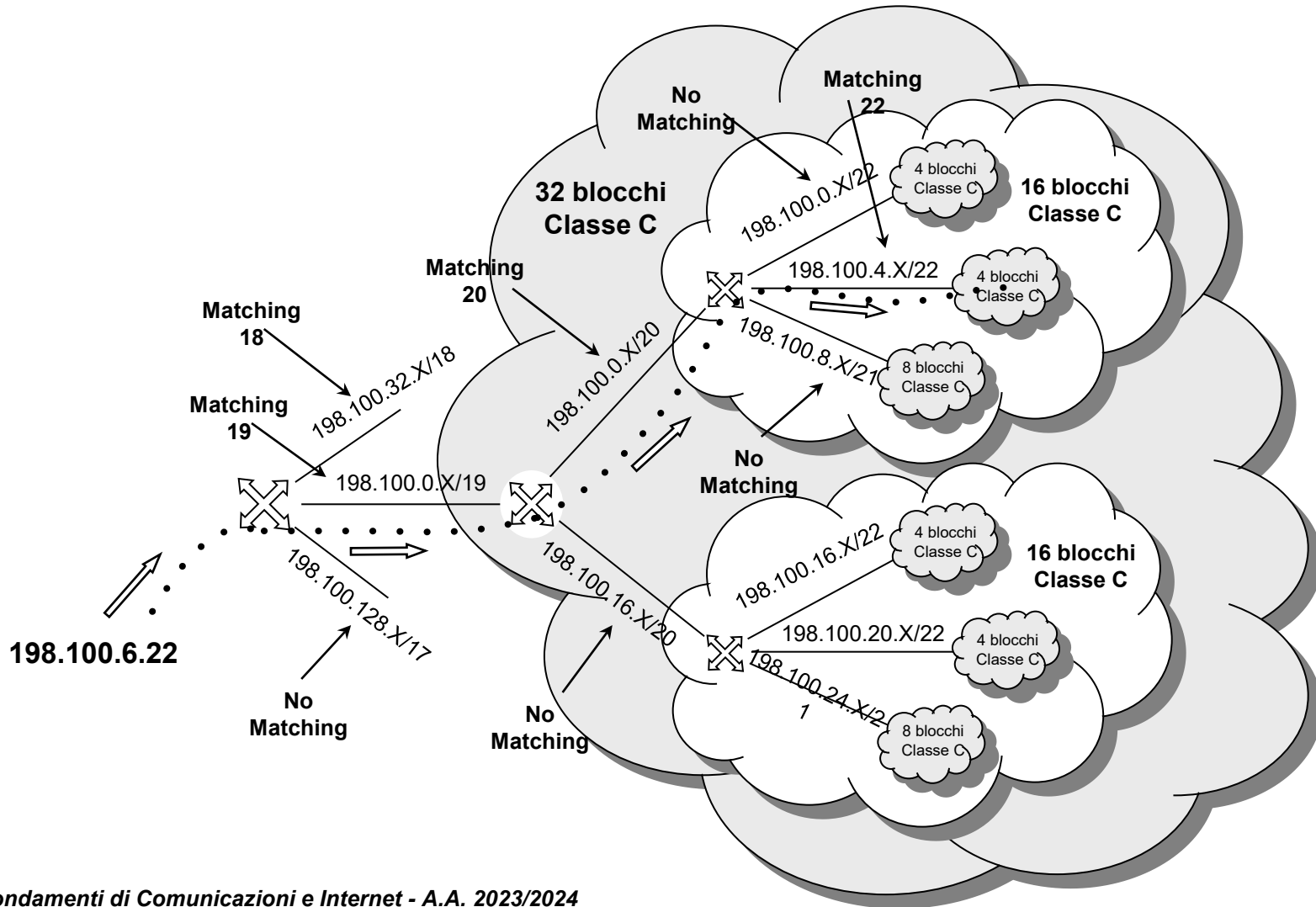
Tabella di instradamento

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



Longest Prefix Matching

