



**Università di Bergamo**

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e  
Metodi Matematici*

**Fondamenti di Reti e Telecomunicazione**

**Indirizzamento e inoltro dei pacchetti**

# Scopo di questa parte del corso

- Fornirvi le basi della tecnologia di

# INTERNET



*Nessun ingegnere  
dell'area della  
Information Technology  
può oggi fare a meno di  
queste conoscenze*

## Scopo di questa parte del corso


Noi ci occuperemo:

- ◆ Dei protocolli usati per i colloqui a tutti i livelli
- ◆ Delle infrastrutture di rete necessarie al funzionamento di INTERNET


te

emote

usano un rete:  
**INTERNET**



Molti software applicativi colloquiano con software remoti



I colloqui sono soggetti a regole (protocolli)

# Programma

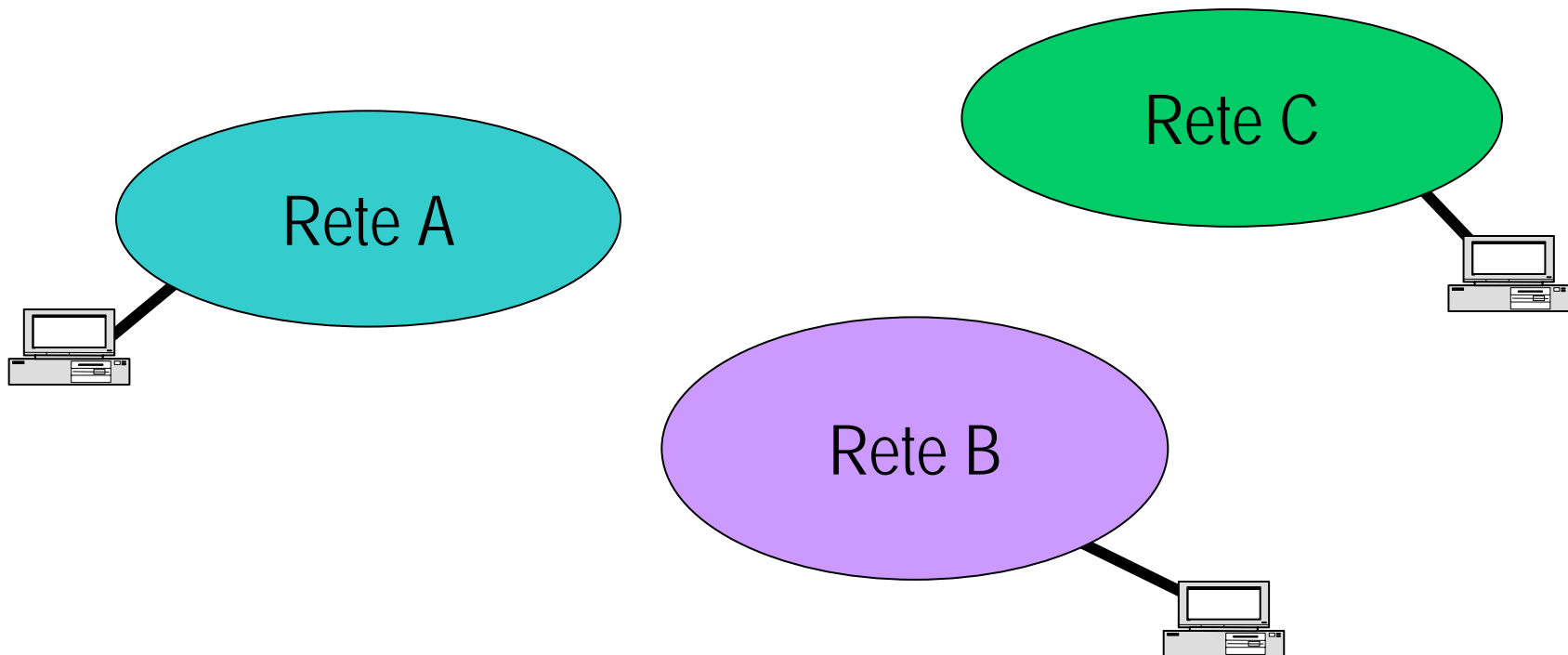
- **Introduzione alle reti TCP/IP**
- **Indirizzamento e inoltro dei pacchetti**
- **Relazione tra indirizzi IP e indirizzi fisici**
- **ICMP**
- **La configurazione automatica degli host**
- **Il protocollo UDP**
- **Il protocollo TCP (controllo d'errore, di flusso e di congestione)**

# Programma

- **I protocolli applicativi (DNS, HTTP, FTP, SMTP)**
- **L'instradamento (RIP, OSPF, BGP, Multicast)**
- **Evoluzione di IP: IPv6 e MPLS**

# Internetworking

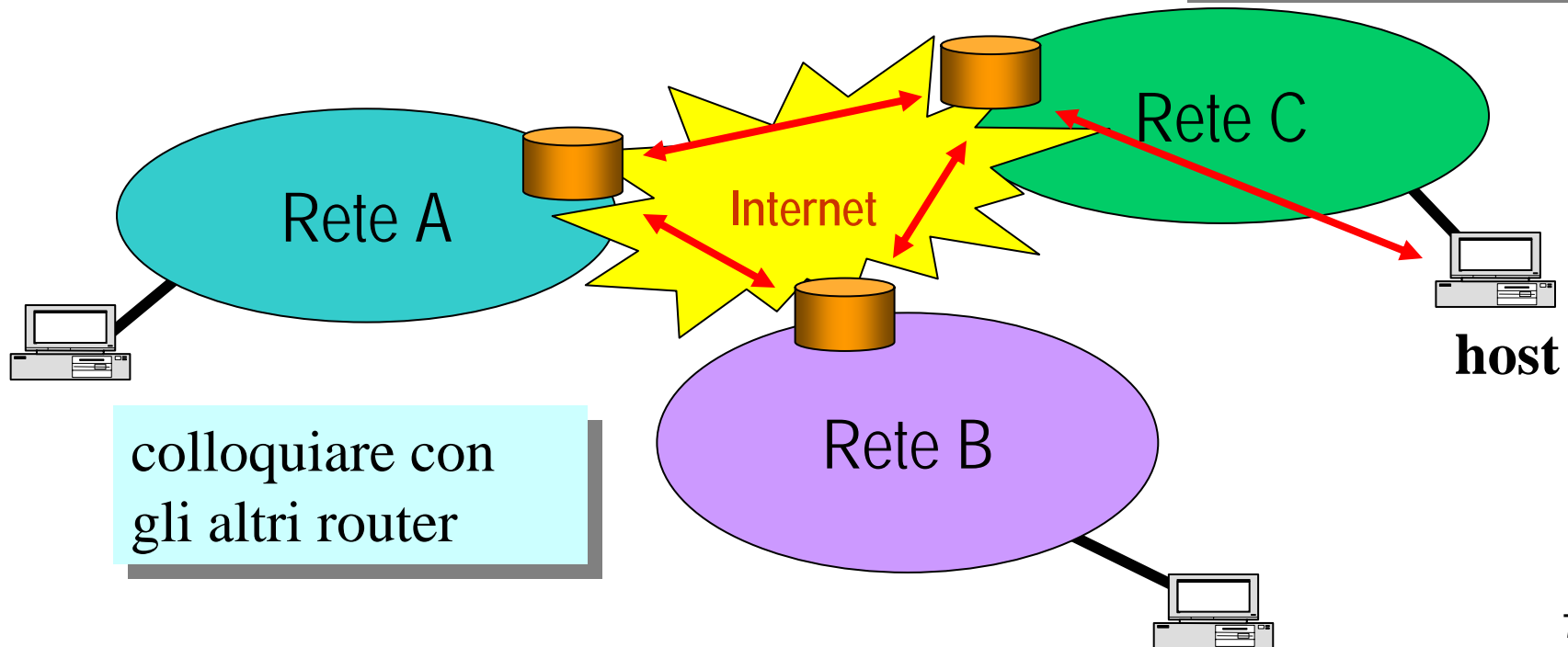
- Il concetto di internetworking nasce dalla necessità di collegare tra di loro reti di calcolatori, anche molto diverse, in modo da consentire uno scambio di informazione e una condivisione delle risorse di calcolo



# Internetworking

- Per consentire il colloquio occorre aggiungere dei dispositivi, detti **gateway** o **router**
- e una rete di collegamento
- I router devono essere in grado di:

colloquiare con i calcolatori della propria rete



colloquiare con gli altri router

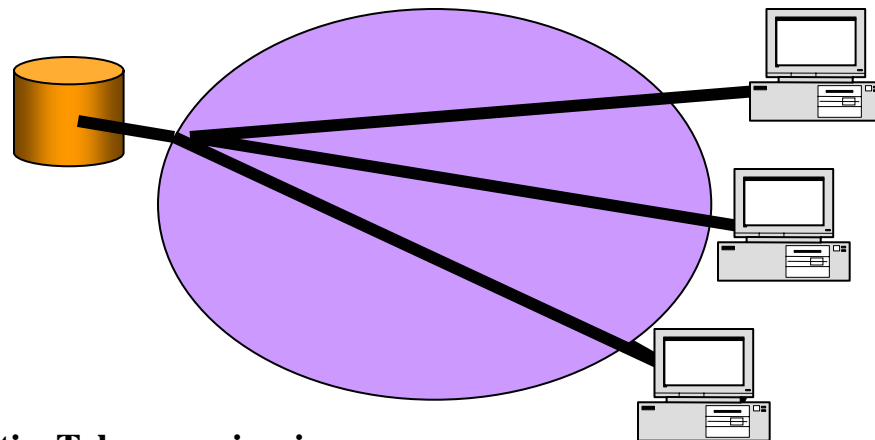
# Reti TCP/IP

- La suite di protocolli di Internet definisce un'architettura di internetworking
- Mediante quest'insieme di protocolli è possibile collegare reti diverse e calcolatori diversi per il trasferimento di informazioni e per la creazione di servizi avanzati di comunicazione
- Il protocollo base è l'**Internet Protocol (IP)**



# IP: le funzionalità locali richieste

- IP aggiunge delle funzionalità di comunicazione che si basano su funzionalità disponibili a livello di rete locale
- Si assume un insieme minimo di funzionalità di trasferimento locale:
  - indirizzamento locale (indirizzo fisico)
  - trasferimento di pacchetti a destinazione in ambito locale (anche non garantito)
  - capacità di indirizzamento broadcast

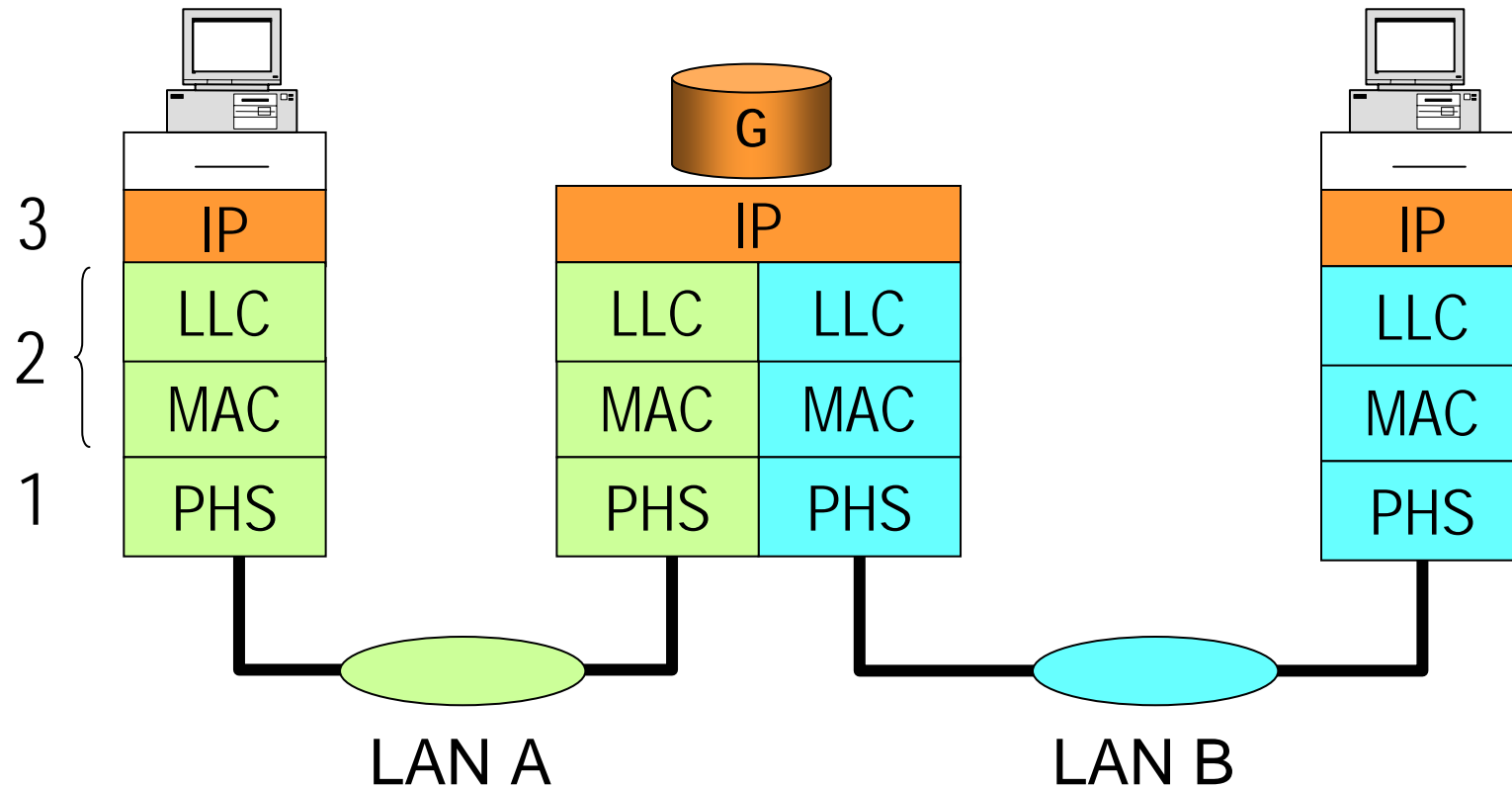


## **IP: le funzionalità base**

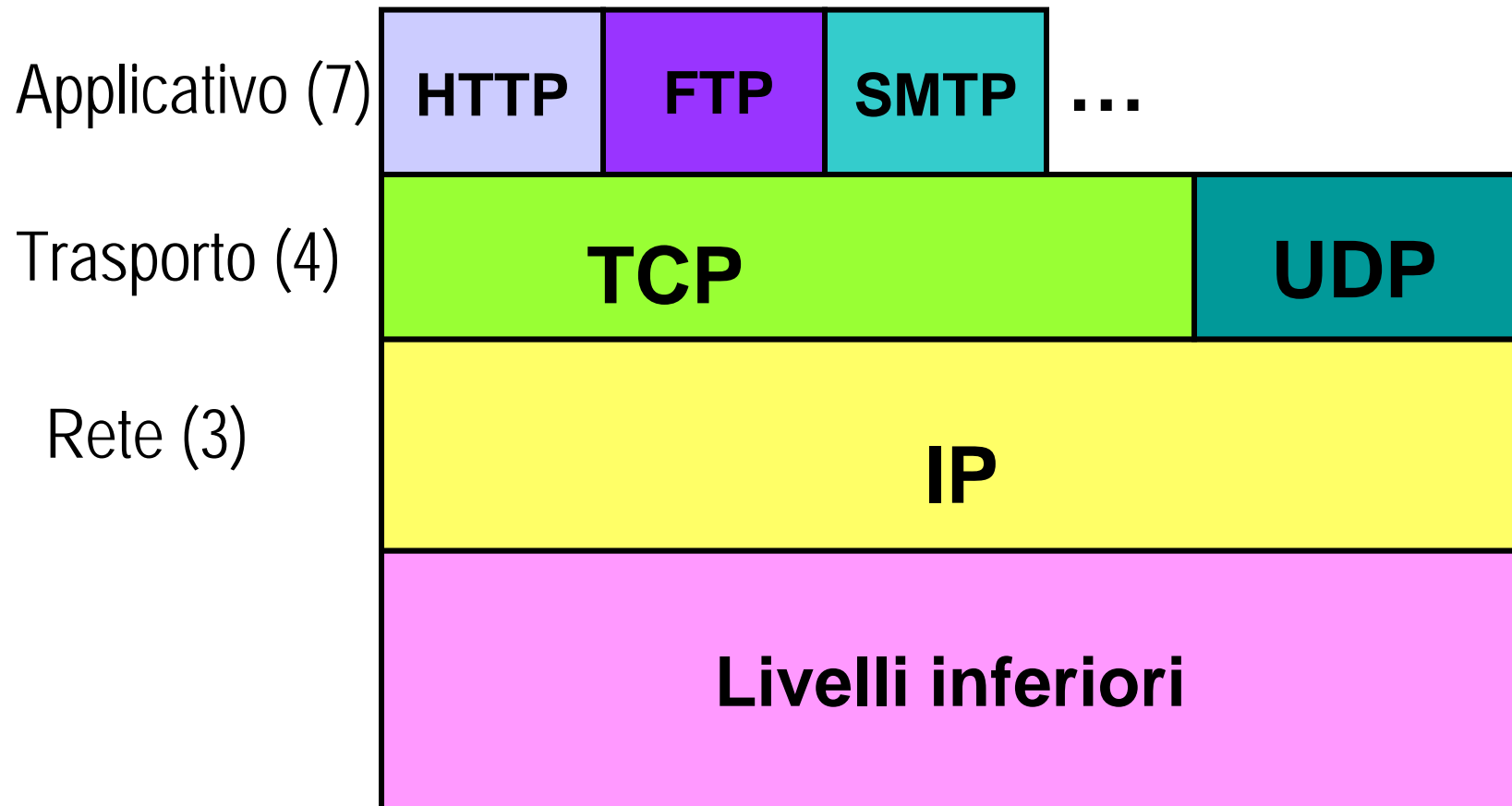
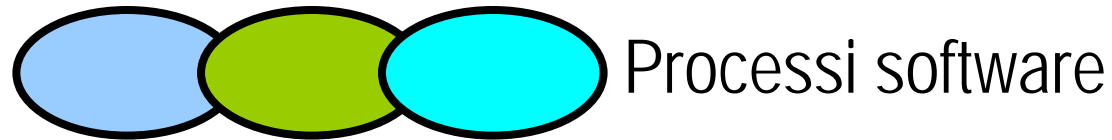
- **Assegna un indirizzamento universale**
- **Trasferisce pacchetti in modo “datagram”**
- **Non garantisce né l’integrità né la consegna dei pacchetti**
- **Consegna “best effort” dei pacchetti**
- **Frammenta i pacchetti se il livello locale lo richiede**
- **Ricostruisce i frammenti solo in ricezione**

# L'architettura IP

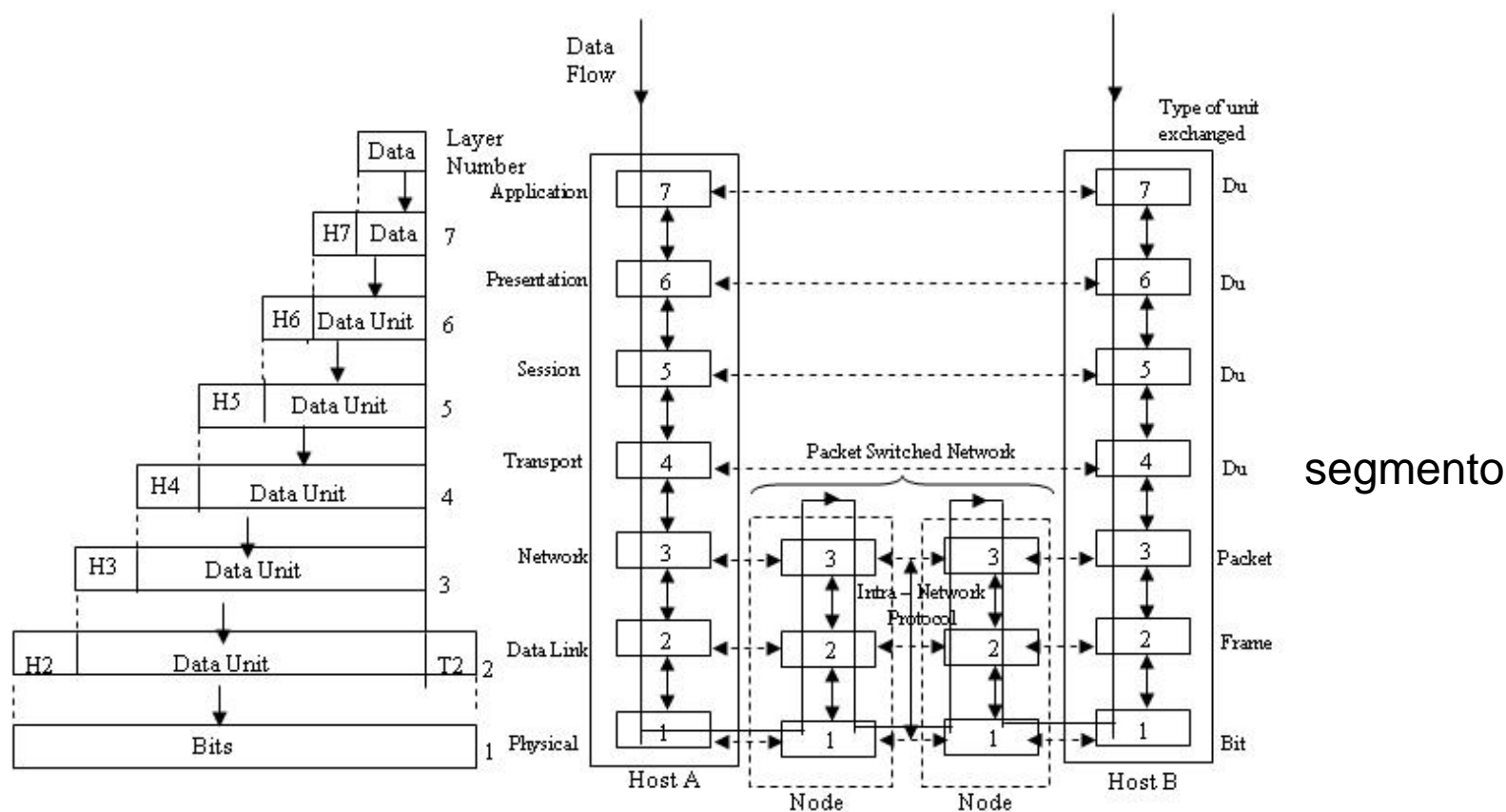
- Il protocollo IP ha le funzionalità di un protocollo di livello 3 (rete) e si appoggia sopra i livelli delle reti che serve
- Tipico l'esempio delle reti locali (LAN):



# Lo stack protocollare di Internet



# Confronto: Lo stack OSI



Dun : Data Unit  
 H1: Layer 1 Header (1= 1, 2, 3.....,7)

# Architettura OSI

- I livelli 1, 2, 3 forniscono funzioni di trasmissione e di rete (eseguite dalla rete)
- I livelli 5, 6, 7 forniscono funzioni di elaborazione, colloquio e controllo (eseguiti dall'utente)
- Il livello 4 fa da collegamento fra gli strati dedicati alla comunicazione e quelli orientati alla elaborazione

## Osservazioni

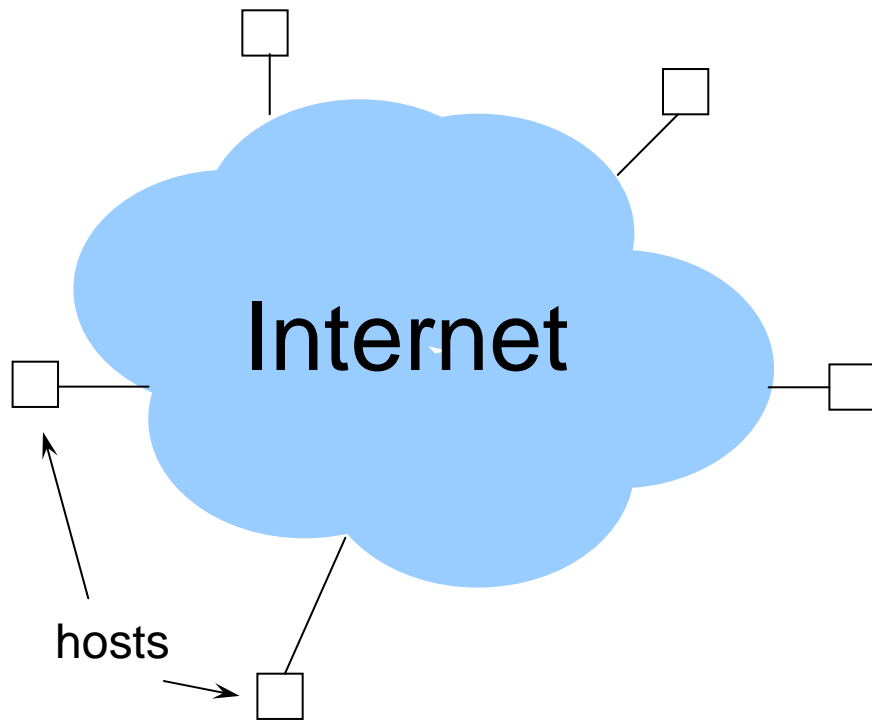
- Internet può essere pensata come una grande rete, simile ad ogni altra rete fisica.
- La differenza risiede nel fatto che Internet è una *struttura virtuale* ideata da coloro che l'hanno progettata e realizzata *interamente* in software.
- Per questo, coloro che hanno progettato Internet sono stati liberi di scegliere formato e lunghezza dei pacchetti, tecniche di delivery dell'informazione, etc...

# Osservazioni

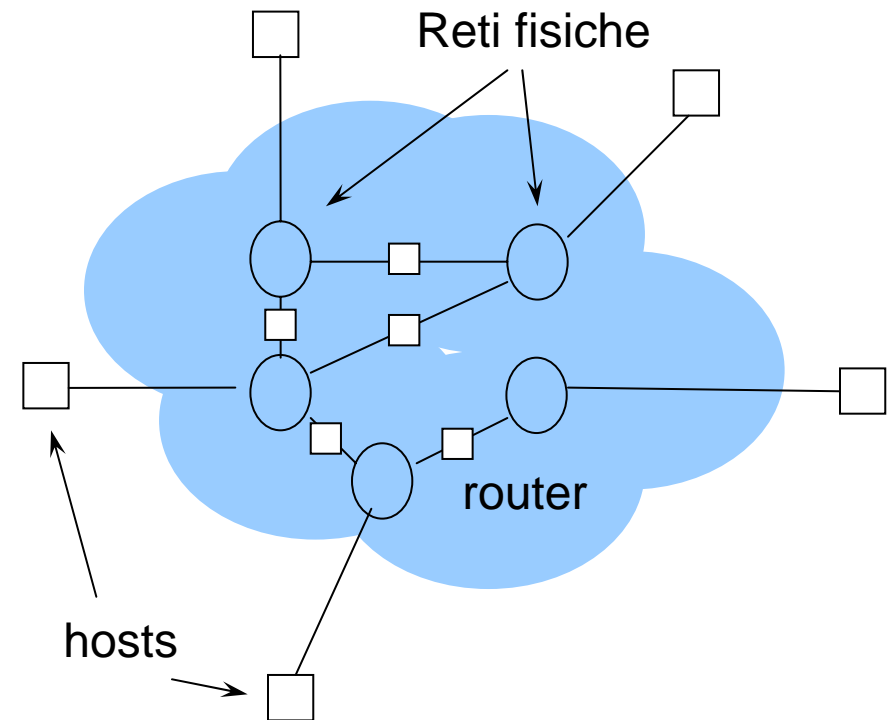
- **E' importante capire che Internet non è un nuovo tipo di rete fisica.**
- **Internet è invece un metodo per interconnettere reti fisiche già esistenti, ed un insieme di “convenzioni” (protocolli) per usare tali reti, al fine di consentire agli utenti di tutte queste reti di interagire tra loro.**



# Osservazioni



Il punto di vista dell'utente: l'utente osserva la rete TCP/IP (Internet) in cui ogni host (PC) risulta (o sembra risultare) connesso ad un'unica, grande rete



La vera struttura delle reti fisiche e dei router che forniscono l'interconnessione

# I servizi di IP: il WEB

ANTLab (Advanced Network Technologies Laboratory) - Research, Network, Wireless, Cellular, IP, - Microsoft Internet Explorer


File Modifica Visualizza Preferiti Strumenti ?

Indietro Cerca Preferiti Multimedia

Collegamenti HotMail gratuita Personalizzazione collegamenti Windows WindowsMedia Google

Google Search Web 1693 blocked AutoFill Options

Indirizzo <http://www.elet.polimi.it/upload/antlab/> Vai

 Politecnico di Milano

## Advanced Network Technologies Lab

**Welcome!**

ANT Lab is a research laboratory of the [Politecnico di Milano](#), the technical university of Milan.

The ANT Lab supports research projects in the area of telecommunication networks. It is funded by both Industry and Government research grants.

Currently, the main themes of our research are:

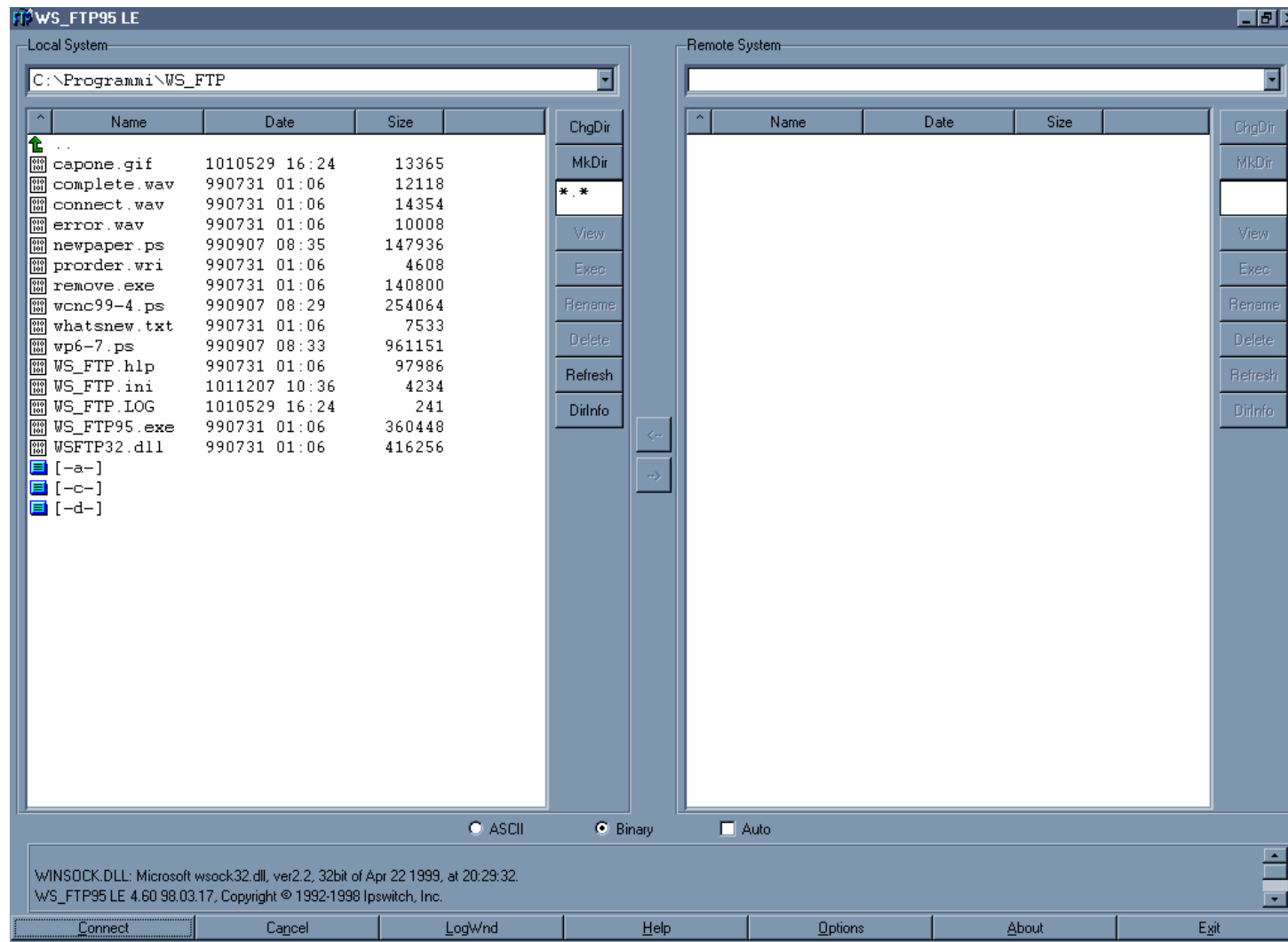
- 3G/4G cellular networks
- ad-hoc networking
- WLAN
- IP Networks
- Network design and optimization

Visit the research web pages for details, publications and useful links!

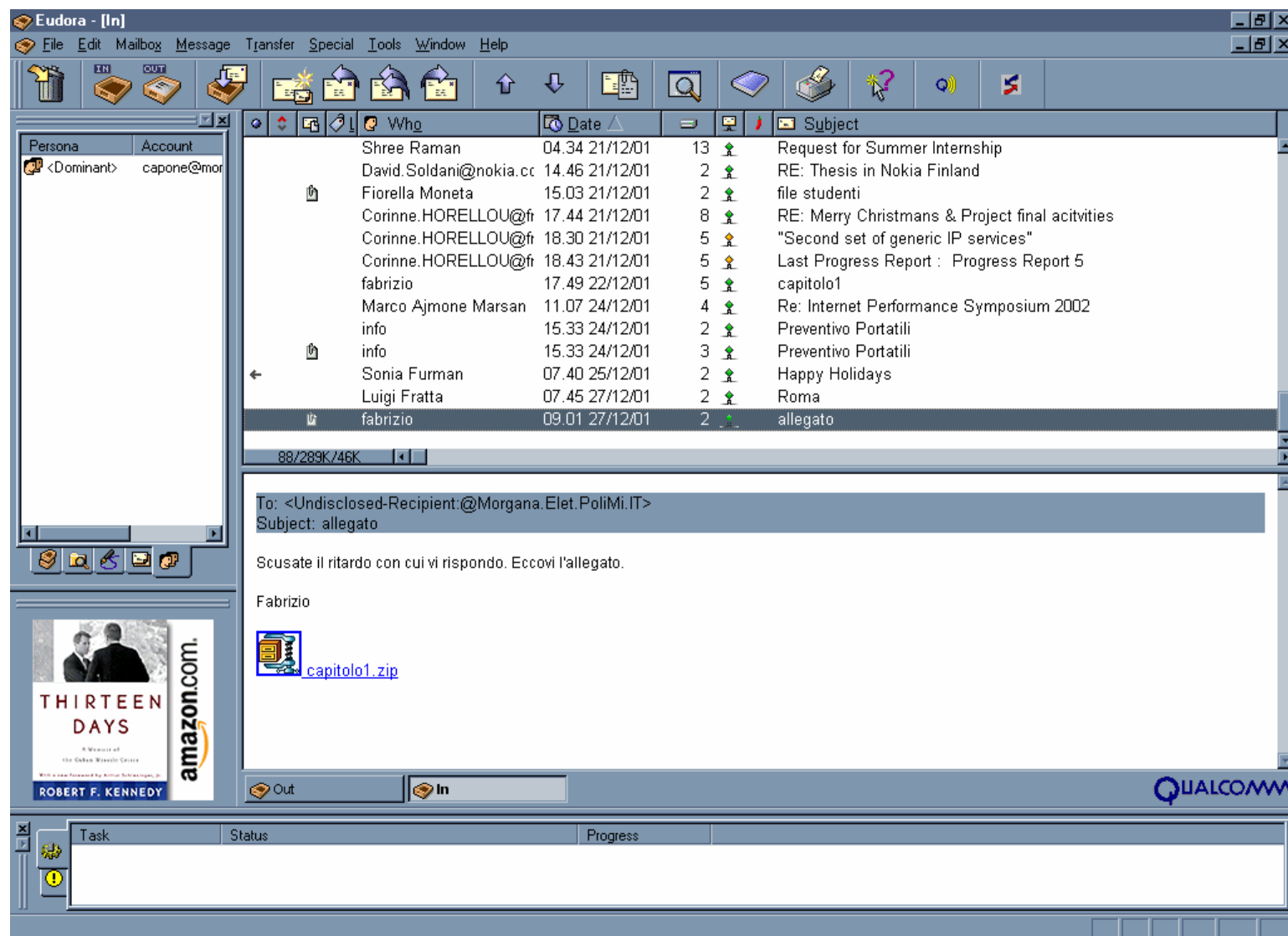
Home People Research topics Projects Collaborations Publications Calendar Members only

Discussioni Sottoscrivi... Discussioni non disponibili su <http://www.elet.polimi.it/>

# I servizi di IP: il File Transfer



# I servizi di IP: La Posta Elettronica

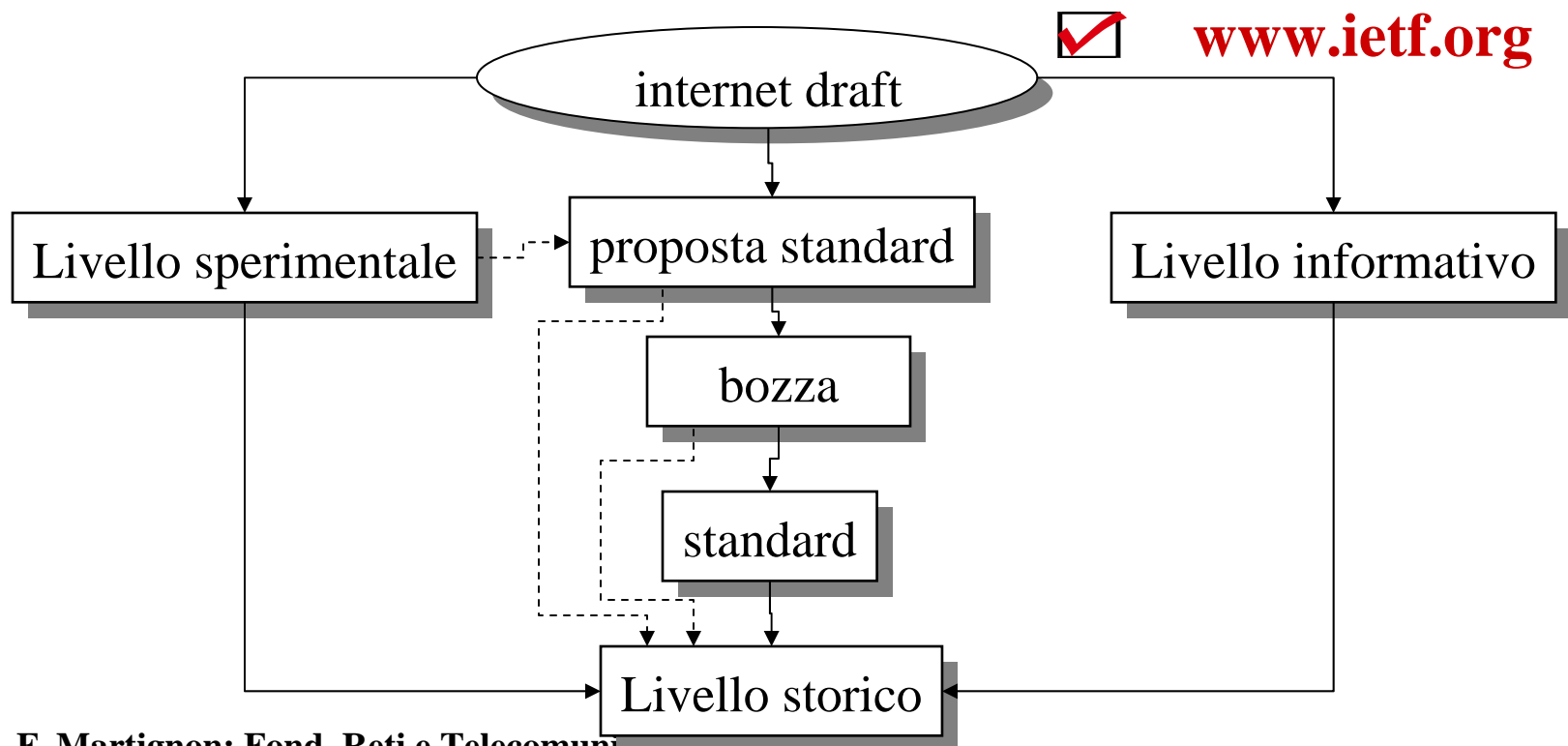


## Un po' di storia ...

- Nella prima metà degli anni 70 la DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) finanziò degli studi per la progettazione di una rete a commutazione di pacchetto per l'interconnessione di reti di calcolatori.
- Il lavoro fu portato avanti dalla Stanford University e dalla BBN (Bolt, Beranek and Newman) e portò alla fine degli anni 70 alla definizione di una famiglia di protocolli denominata Internet Protocol (**IP**) suite.
- La prima rete basata su IP suite fu la rete **ARPAnet**, costruita all'interno dello stesso progetto di ricerca, ed ebbe da subito un elevato successo all'interno del mondo accademico.

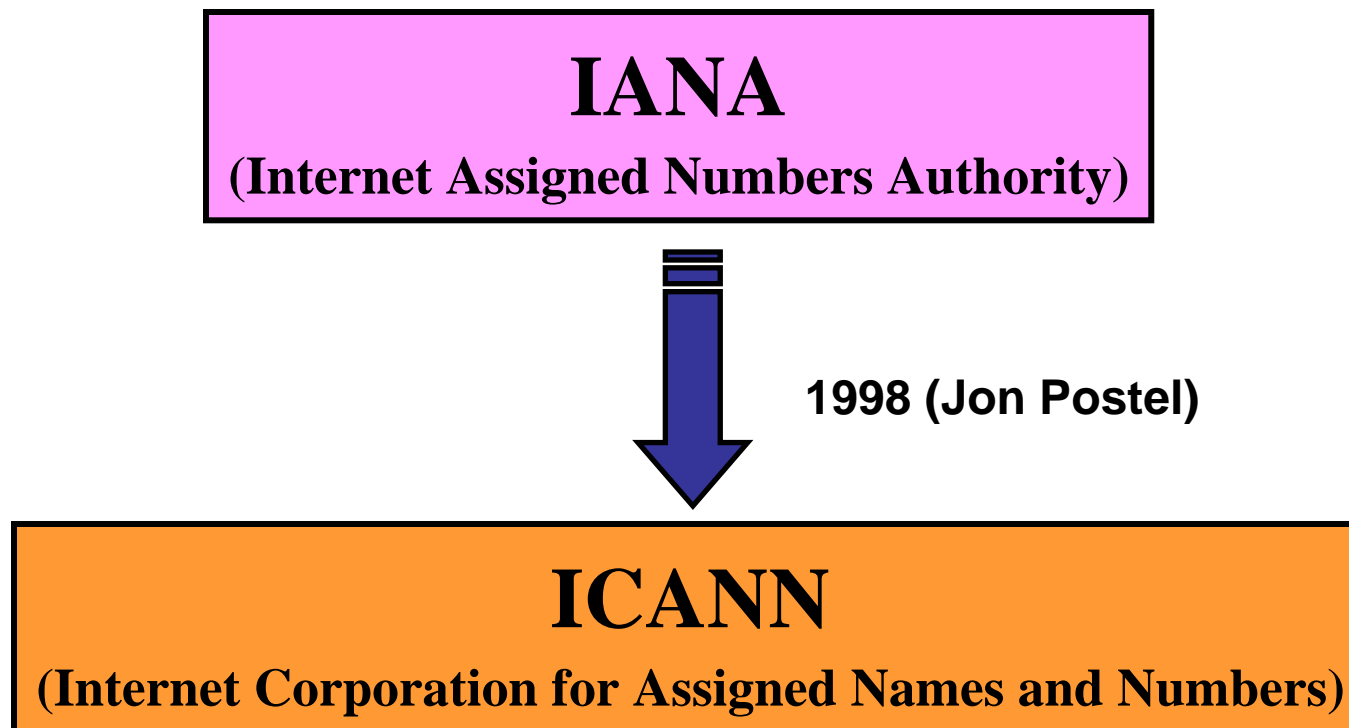
# Gli standard di Internet

- Gli standard di Internet sono documenti pubblici denominati **RFC** (Request For Comments)
- L'organismo che coordina la stesura degli RFC è l'**IETF** (Internet Engineering Task Force)



## Indirizzi e nomi

- Gli indirizzi IP sono assegnati su base globale
- Internet fa uso anche di nomi simbolici che sono anch'essi assegnati su base globale



## Gli indirizzi IP

- ◆ Sono costituiti da 32 bit solitamente raggruppati in gruppi di 8 bit (byte)



- ◆ I byte sono usualmente riportati in notazione decimale divisi da punti (*dotted decimal notation*) e possono assumere valori compresi tra 0 e 255

**131.175.21.1**

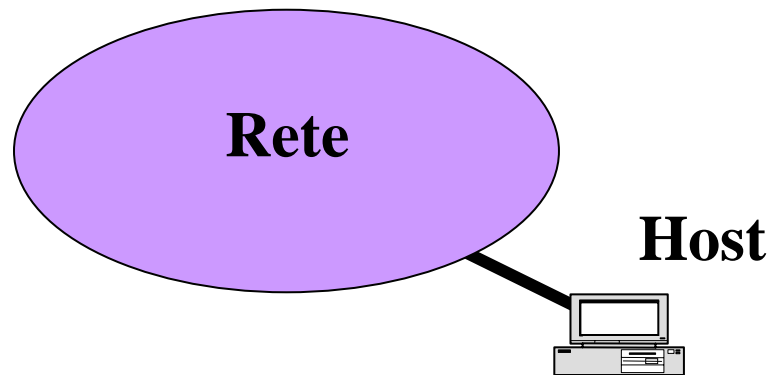


# Gli indirizzi IP

- L'indirizzo è diviso in due parti



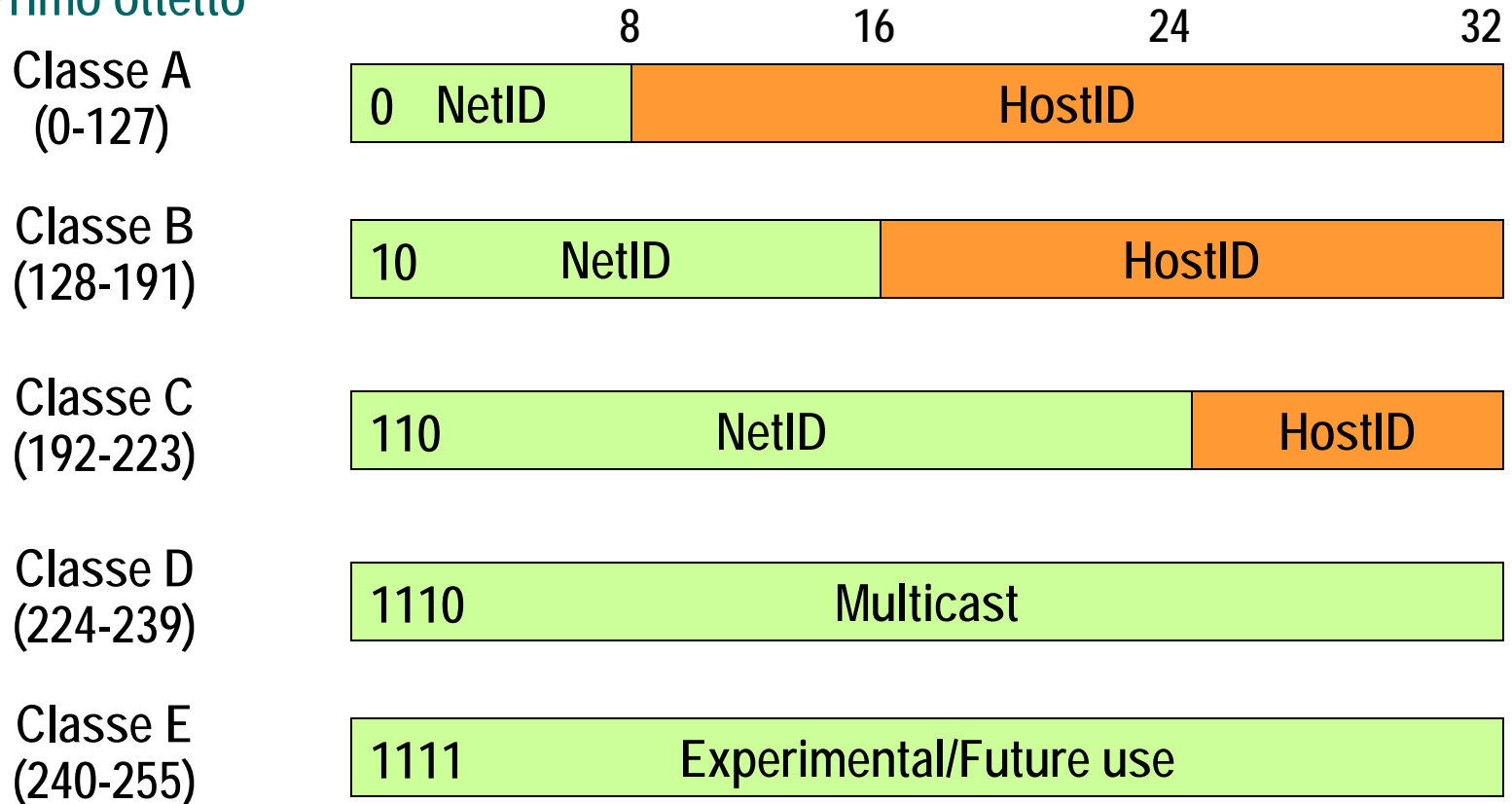
- La NetID (indirizzo di rete) identifica la rete
- La HostID (indirizzo di host) identifica l'host nella rete



◆ tutti gli host all'interno della stessa rete hanno lo stesso indirizzo di rete (NetID)

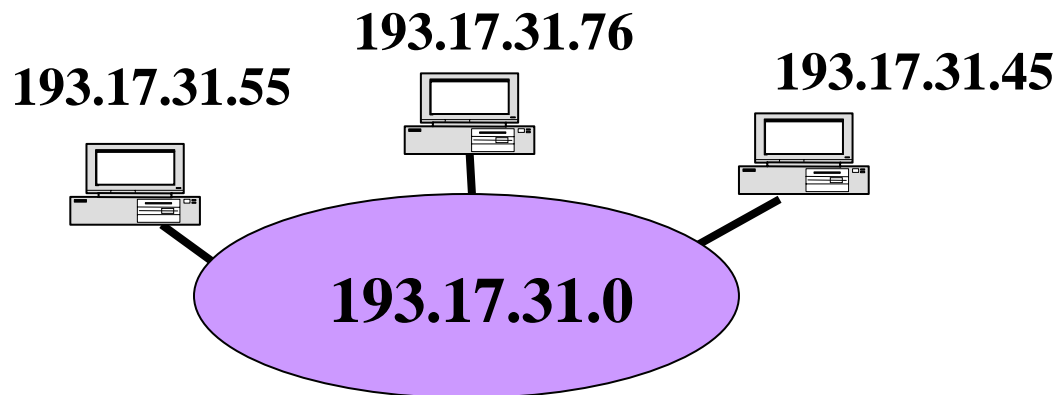
# Le classi

Primo ottetto



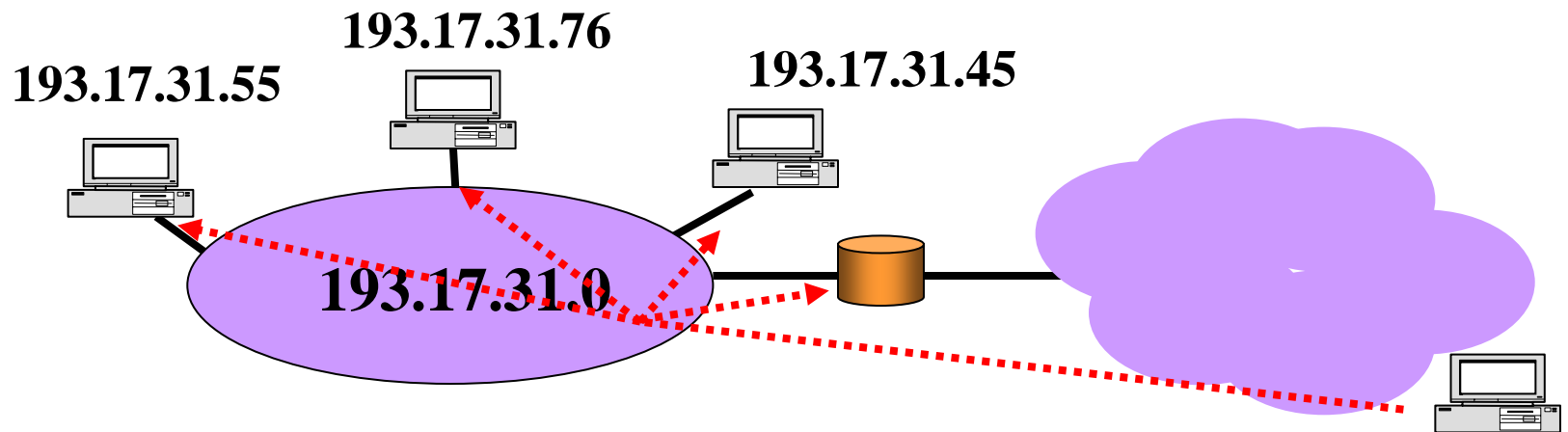
# Indirizzi speciali

- **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 in classe B: 131.175.0.0
    - ✓ rete in classe C: 193.17.31.0



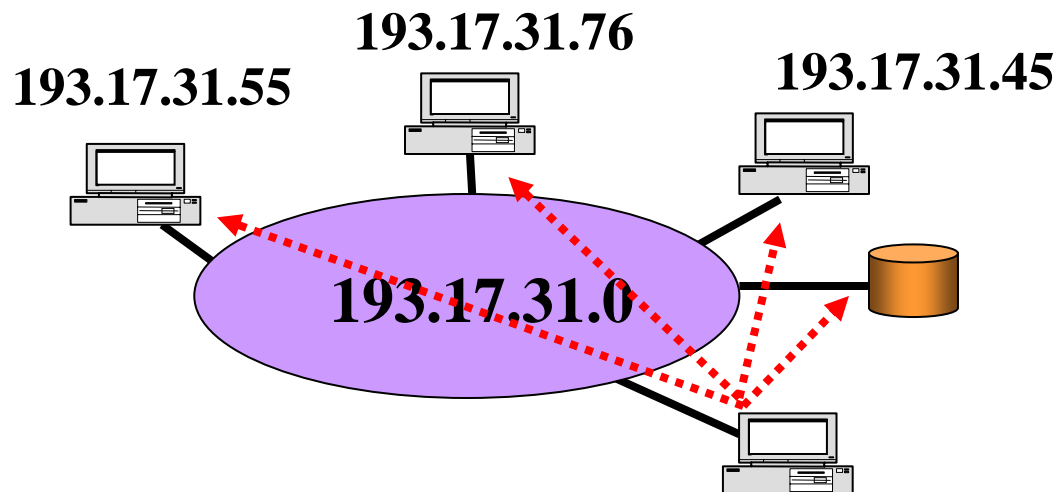
# Indirizzi speciali

- **Indirizzo broadcast diretto:**
  - Un indirizzo con il campo HostID di soli 1 assume il significato di indirizzo broadcast della rete indicata nel campo NetID.
  - esempio: 193.17.31.255



# Indirizzi speciali

- **Indirizzo broadcasting limitato:**
  - Un indirizzo di tutti 1 assume il significato di indirizzo broadcast nella stessa rete di chi invia il pacchetto. Il pacchetto non può oltrepassare dei router: **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.
  - esempio: 0.0.21.173 (in una rete in classe B)
- Se anche il campo host è posto a zero l'indirizzo indica il mittente stesso del pacchetto (usato quando l'host non conosce il proprio indirizzo).
  - 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: 127.0.0.0

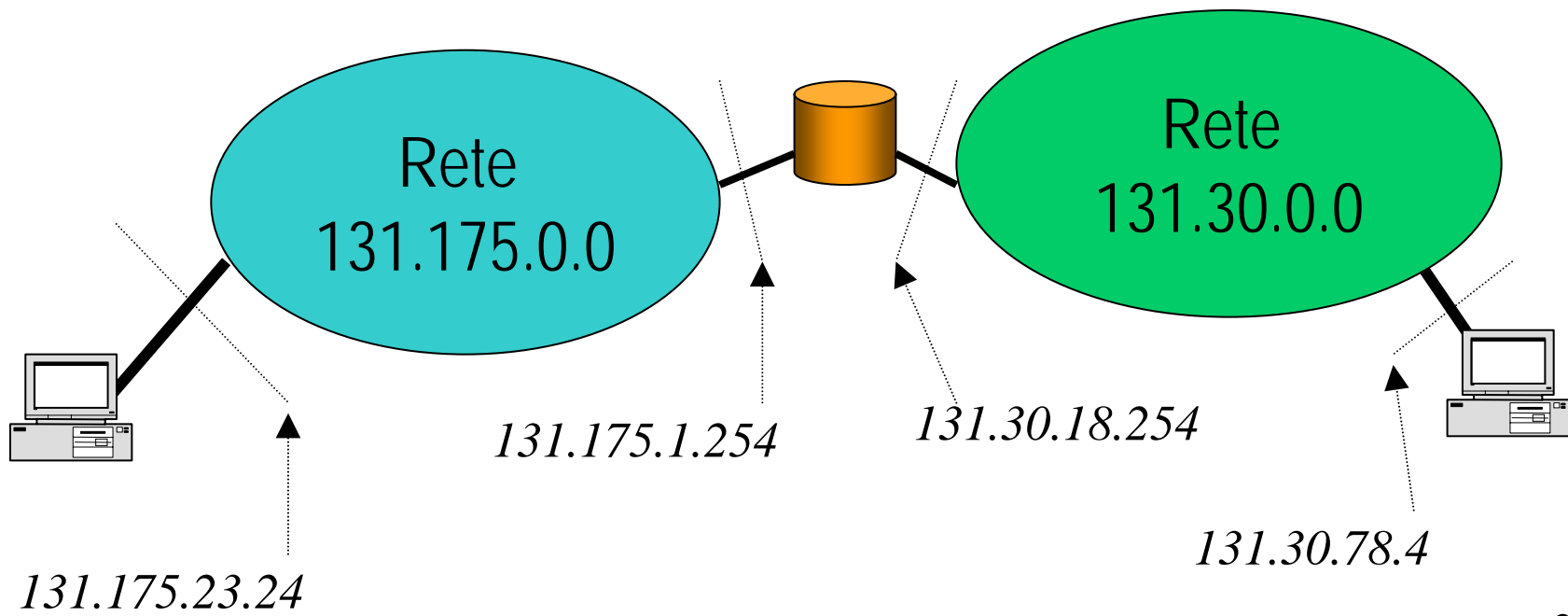
## Indirizzi Speciali: riassunto

Questo host	Tutti 0	
Host su questa rete	Tutti 0	HostID
Broadcast Limitato	Tutti 1	
Broadcast Diretto	NetID	Tutti 1
Loopback	127	Qualunque cosa

- I primi due indirizzi possono essere usati solo durante lo startup di sistema, e non rappresentano mai un indirizzo di destinazione valido
- Il 3° e 4° indirizzo non rappresentano mai un indirizzo sorgente valido
- Il 5° indirizzo non dovrebbe mai comparire in rete

# Indirizzamento IP

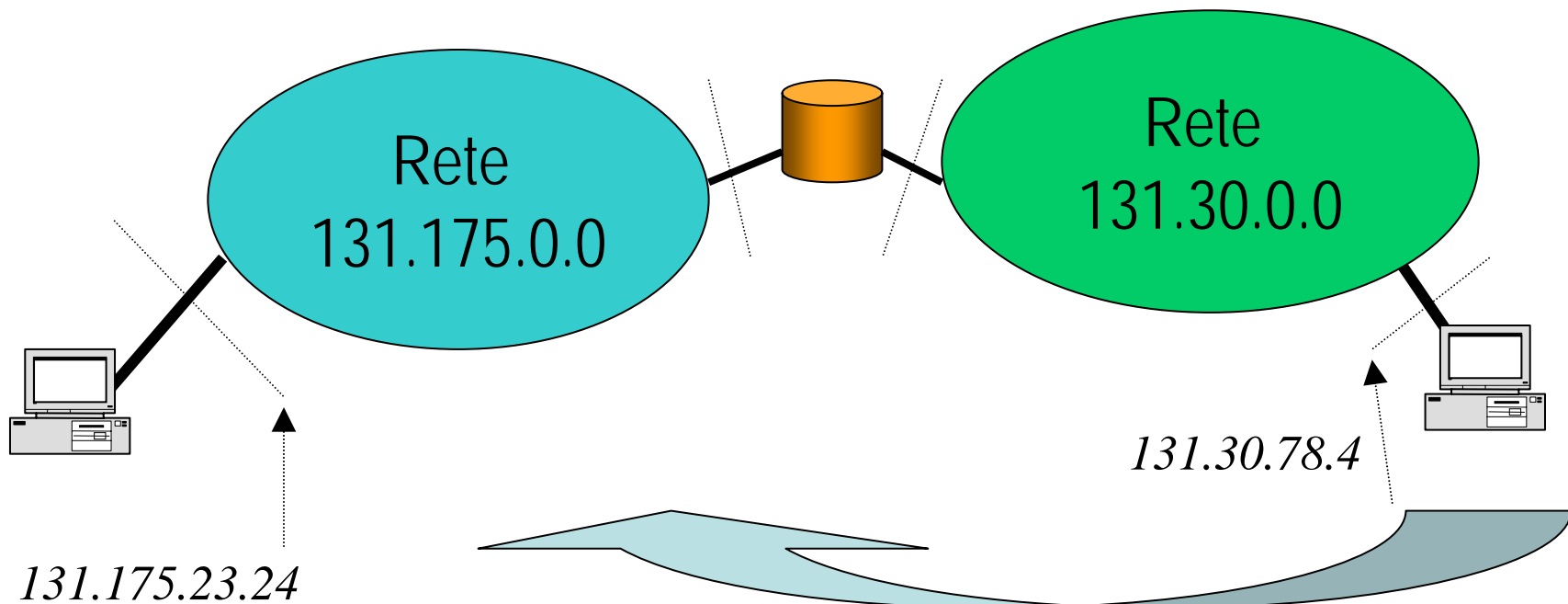
- L'indirizzo IP indica l'interfaccia (ovvero il collegamento) di un dispositivo con la rete
- Se un dispositivo ha più interfacce su più reti deve avere un indirizzo per ciascuna interfaccia





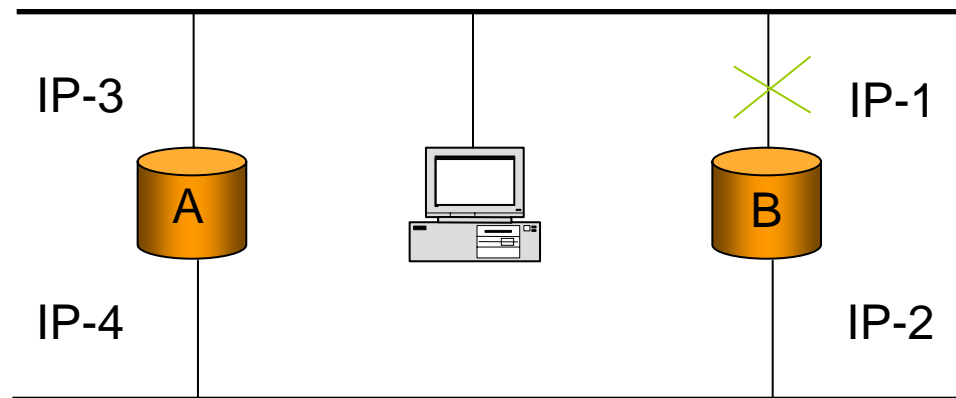
# Indirizzamento IP

- **Conseguenze: se un host si sposta da una rete ad un'altra, deve cambiare il proprio indirizzo IP !!!**

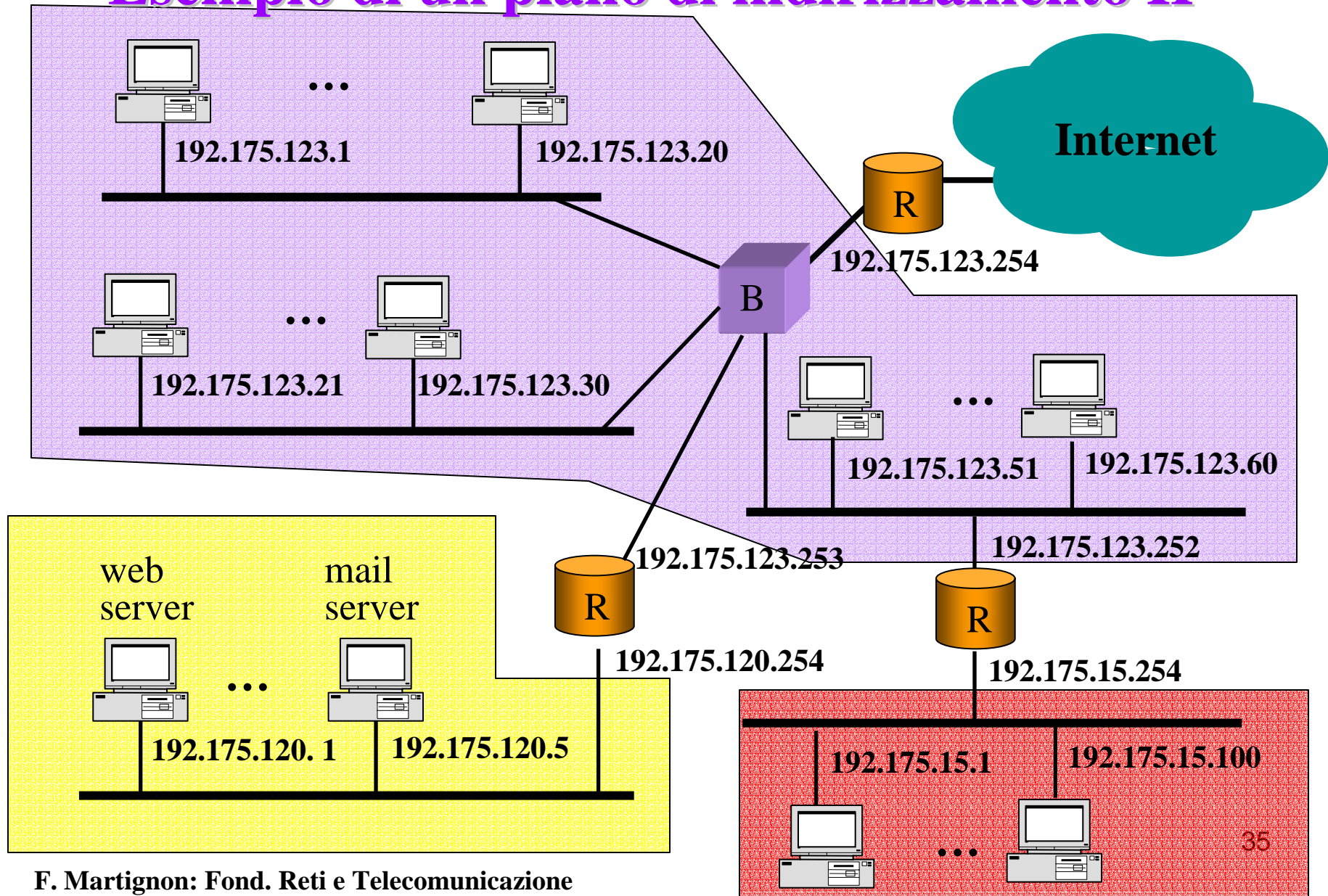


# Indirizzamento IP

- **Conseguenze: in caso di link failure di una macchina multi-homed, può capitare che tale dispositivo risulti o meno raggiungibile a seconda dell'indirizzo IP specificato !!!**

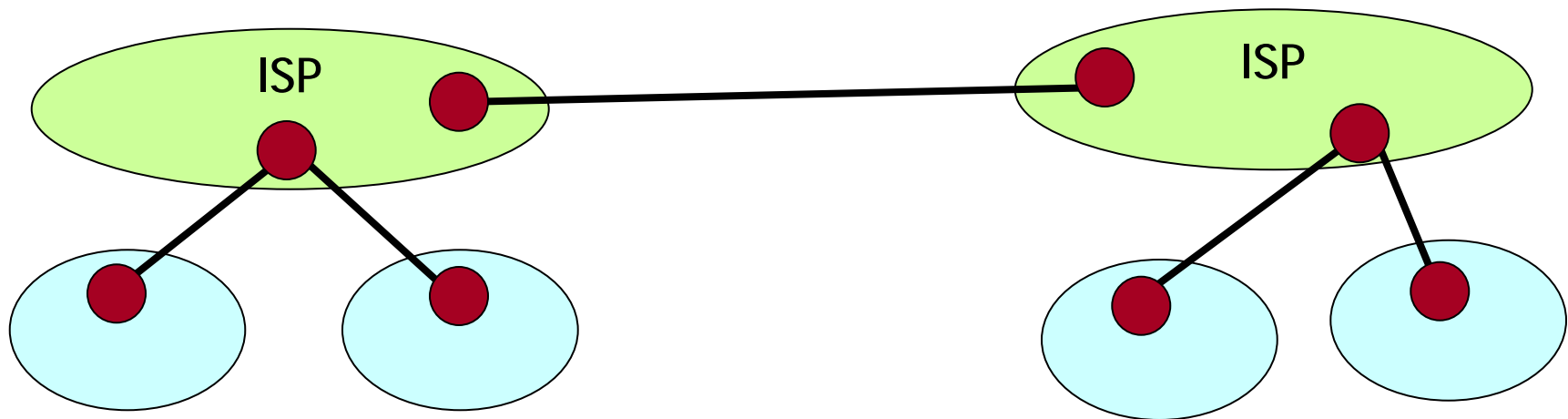


# Esempio di un piano di indirizzamento IP



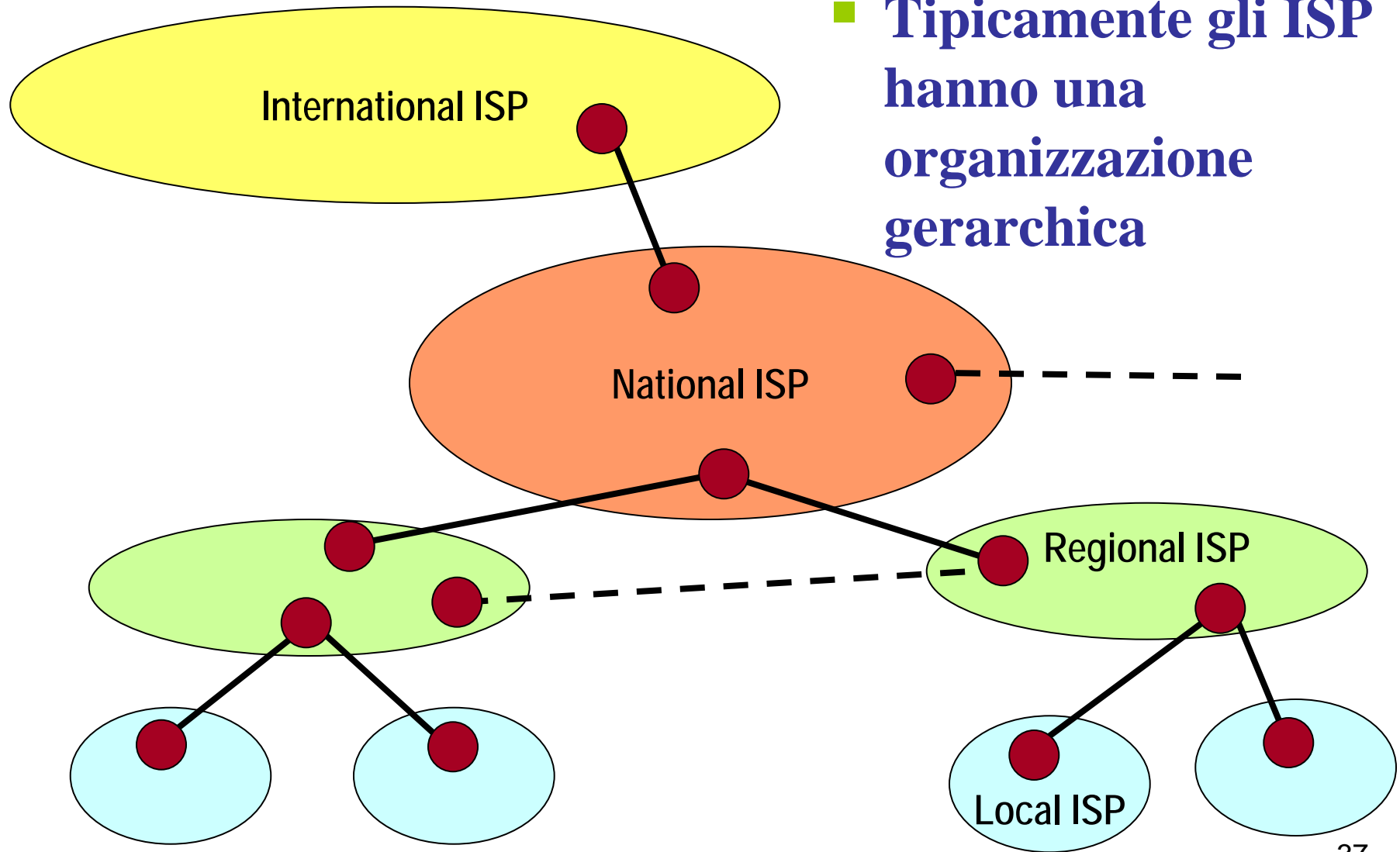
# Architettura di Internet

- La connettività è fornita da fornitori chiamati Internet Service Providers (ISP)
- Gli ISP sono fra loro collegati



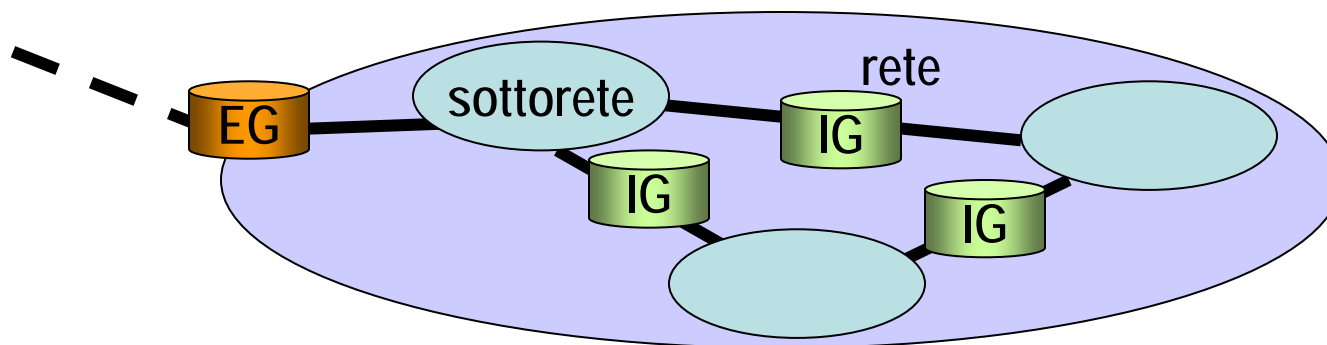
# Architettura di Internet

- Tipicamente gli ISP hanno una organizzazione gerarchica



# Le Intranet IP

- La parte di rete IP gestita da una organizzazione è chiamata *autonomous system (AS)*
- Ad esempio la rete di un ISP è un AS
- IP viene anche utilizzato spesso all'interno delle reti private aziendali o di campus dette *Intranet*
- I router all'interno di un AS sono detti *interior gateways (IG)* mentre quelli di collegamento con altri AS sono detti *exterior gateways (EG)*



# Regole di corrispondenza tra rete locale e NetID

- *In generale, ad una rete locale corrisponde uno ed un solo NetID*
- *Un NetID non può mai corrispondere a più reti locali*
- *Come caso particolare può succedere che ad una rete locale sia associato più di un NetID*
- **La motivazione di queste regole risiede nei meccanismi di inoltro dei pacchetti ...**

# Inoltro (forwarding) e instradamento (routing)

## ■ **Tecnica di inoltro:**

- *definisce le regole con le quali un pacchetto viene inoltrato verso l'uscita (normalmente sulla base della lettura di una tabella di instradamento)*

## ■ **Algoritmo di instradamento:**

- *definisce le regole con le quali viene scelto un percorso in rete tra sorgente e destinazione (sulla base delle quali vengono scritte le tabelle di instradamento)*

## ■ **Protocollo di instradamento:**

- *definisce i messaggi che si scambiano i nodi di rete per implementare l'algoritmo di instradamento*



# Inoltro dei pacchetti

- IP è una tecnica di internetworking, quindi nell'inoltro dei pacchetti tra un router/host ed un altro si serve della capacità di inoltro delle reti (locali) che collega. Possiamo distinguere tra:
  - **Inoltro diretto:**
    - quando la destinazione è nella stessa rete (locale)
  - **Inoltro indiretto:**
    - quando la destinazione non è nella stessa rete (locale)

# Inoltro diretto

Rete locale coincidente con rete / sottorete IP

IP-B: 193.17.31.55

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



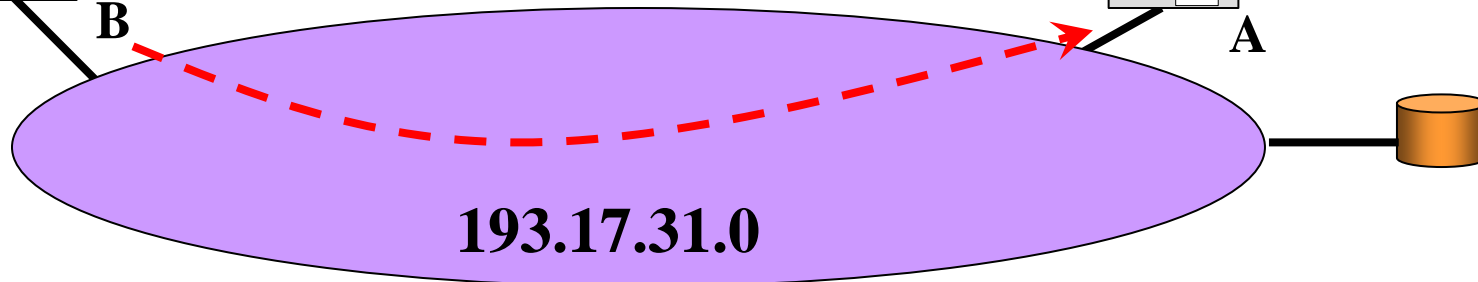
B

IP-A: 193.17.31.45

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



A

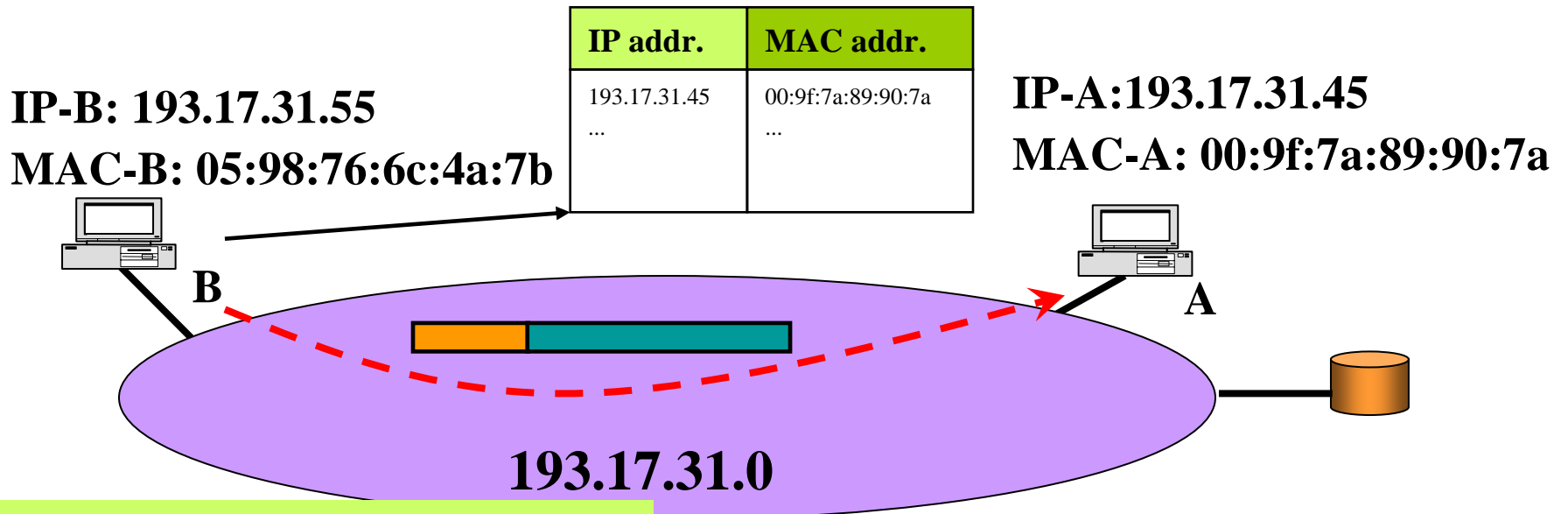


**1.** L'entità IP di B deve spedire un pacchetto all'indirizzo IP-A

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

2

# Inoltro diretto



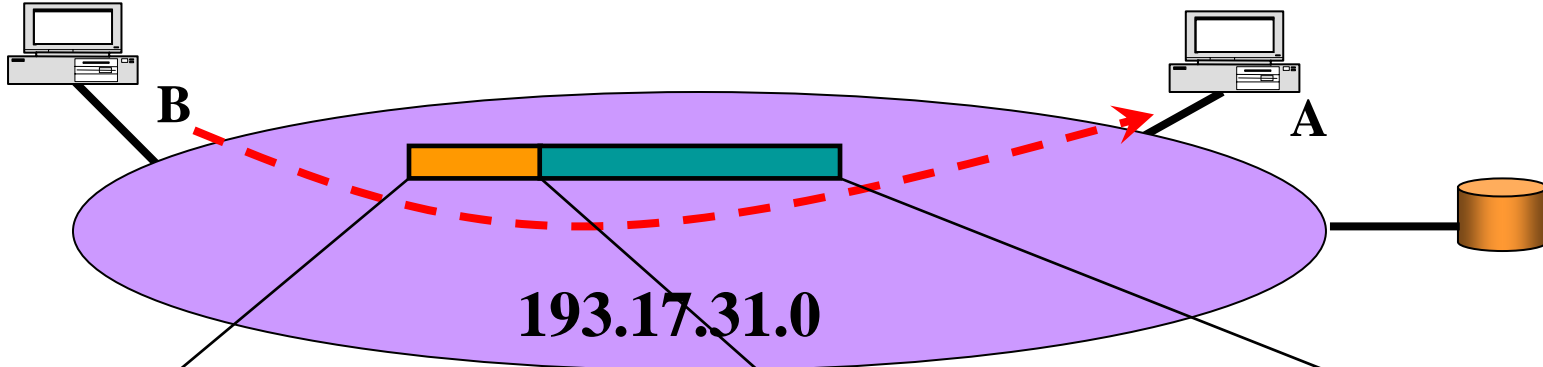
**3.** B consulta una tabella di corrispondenza tra indirizzi IP e indirizzi della rete (indirizzi MAC nel caso di rete locale) per reperire l'indirizzo MAC-A

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

# Inoltro diretto

**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

IP-B: 193.17.31.55

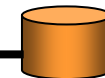
MAC-B: 05:98:76:6c:4a:7b



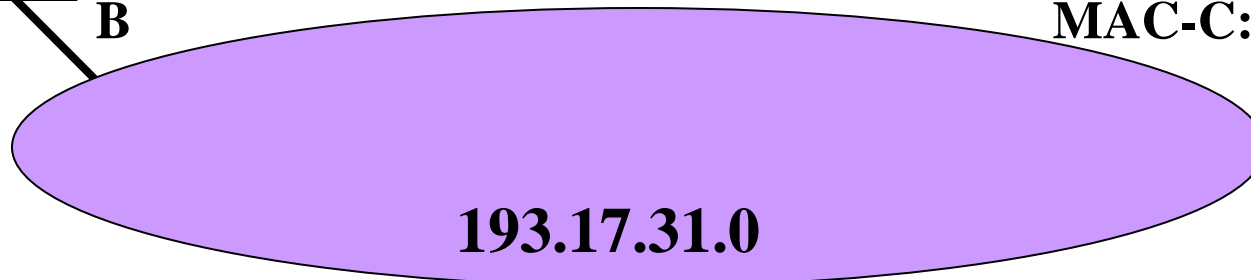
B

IP-C: 193.17.31.254

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



C



**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

5

# Inoltro indiretto

IP-B: 193.17.31.55

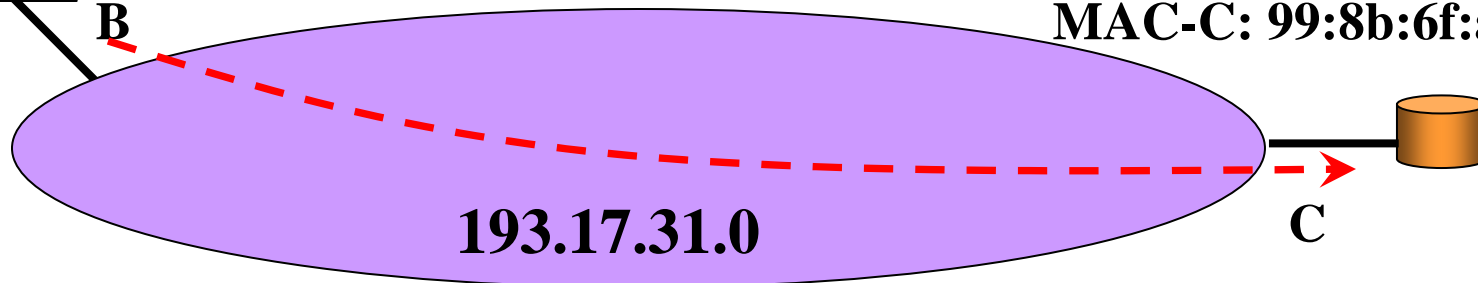
MAC-B: 05:98:76:6c:4a:7b



B

IP-C: 193.17.31.254

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



**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 default router nella tabella di corrispondenza e passa il pacchetto al livello inferiore**

# Inoltro indiretto

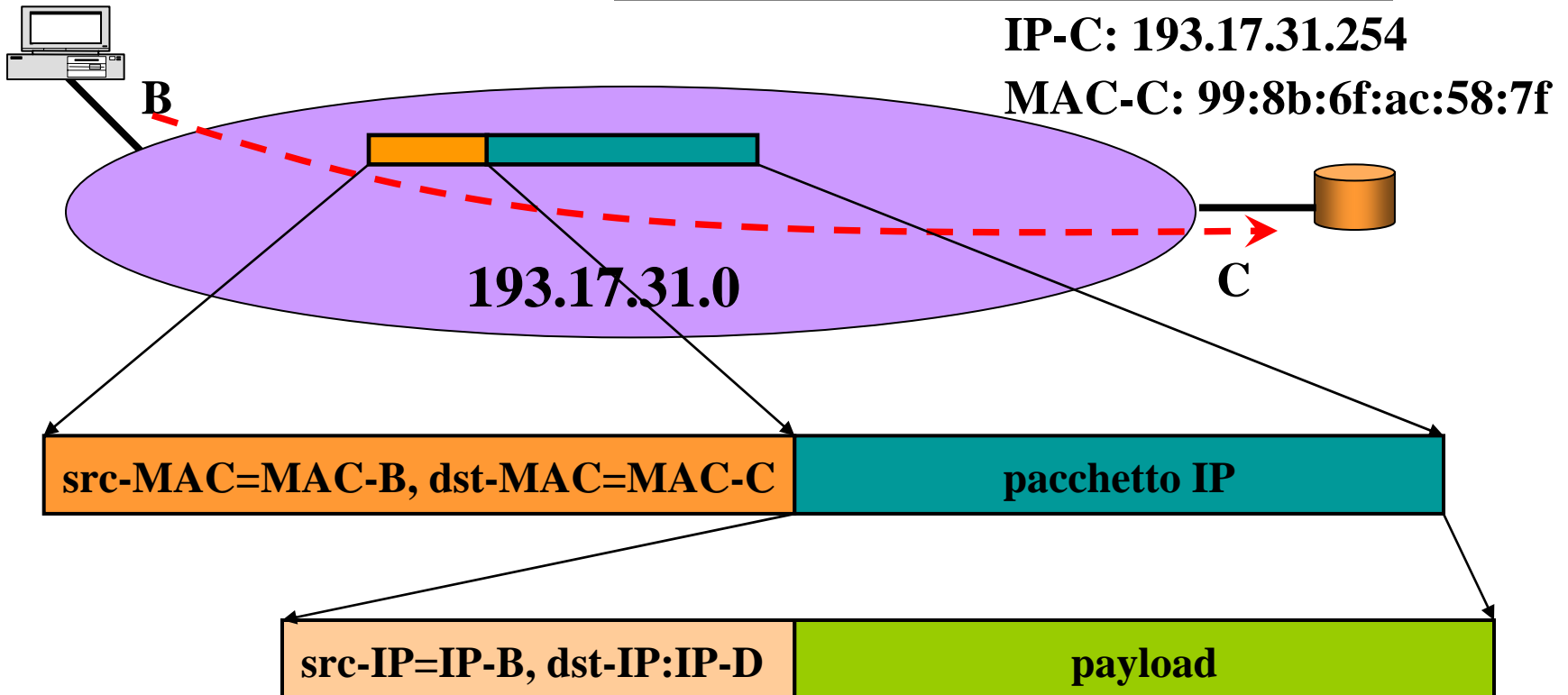
**5. il pacchetto viene costruito e spedito sull'interfaccia**

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



# Inoltro nei router

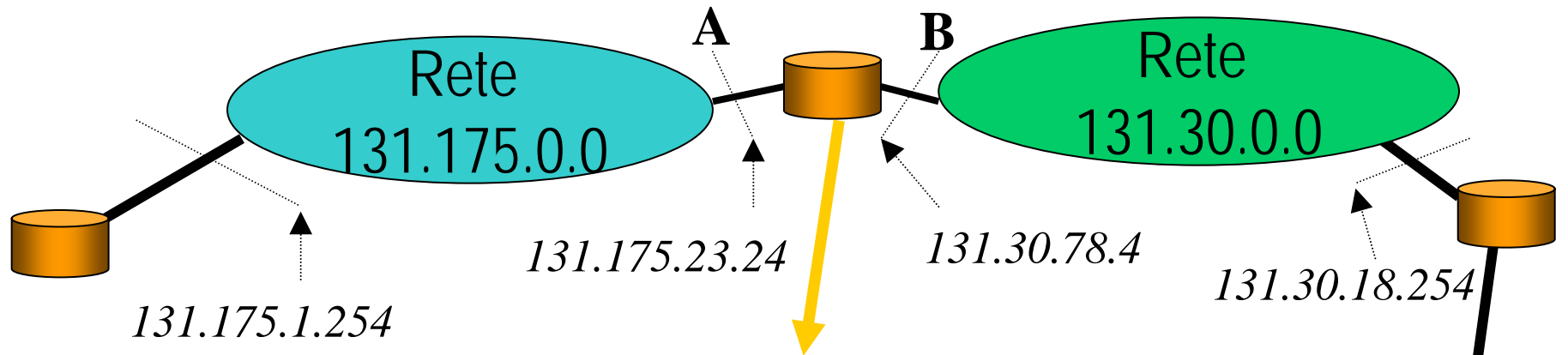
- Anche i router seguono le tecniche di inoltro diretto ed indiretto ma:
  - hanno di solito più di una interfaccia dove poter effettuare l'inoltro diretto
  - hanno delle tabelle di routing dove sono indicati i router a cui passare i pacchetti nel caso di inoltro indiretto



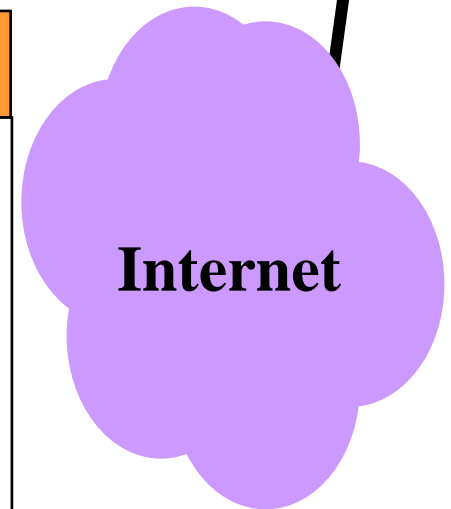
# Inoltro nei router

- L'inoltro IP è basato sul solo indirizzo di destinazione (**destination-based**)
- in particolare sul solo NetID di destinazione (tutti gli host della stessa rete sono considerati insieme)
- nelle tabelle di routing per ogni rete di destinazione è indicato solo il prossimo router (**next-hop**) nel percorso verso la destinazione (**next-hop routing**)

## Inoltro nei router

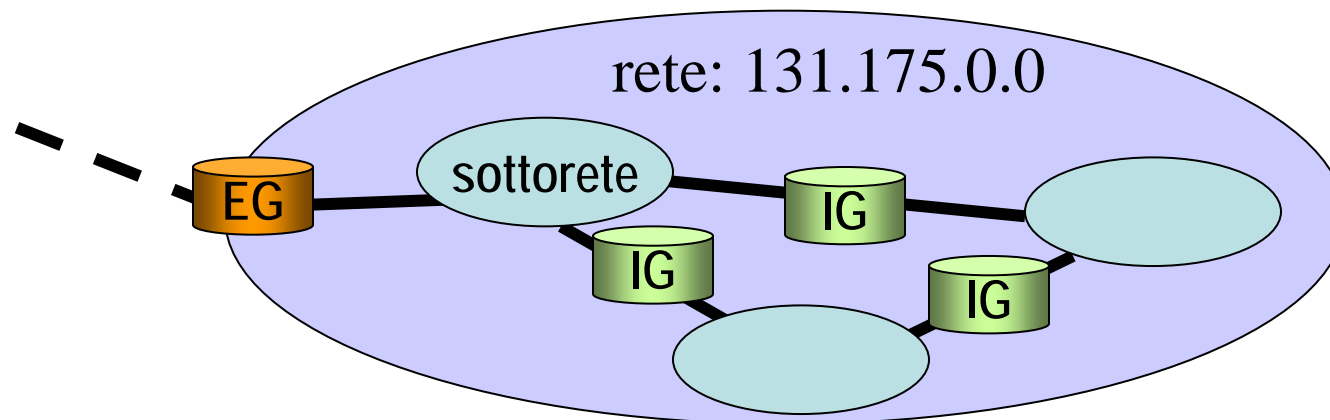


destination network	next-hop
194.34.23.0	131.175.1.254
194.34.34.0	131.175.1.254
140.56.0.0	131.30.18.254
141.56.0.0	131.30.18.254
131.175.0.0	interface A
131.30.0.0	interface B
...	...
default	131.30.18.254



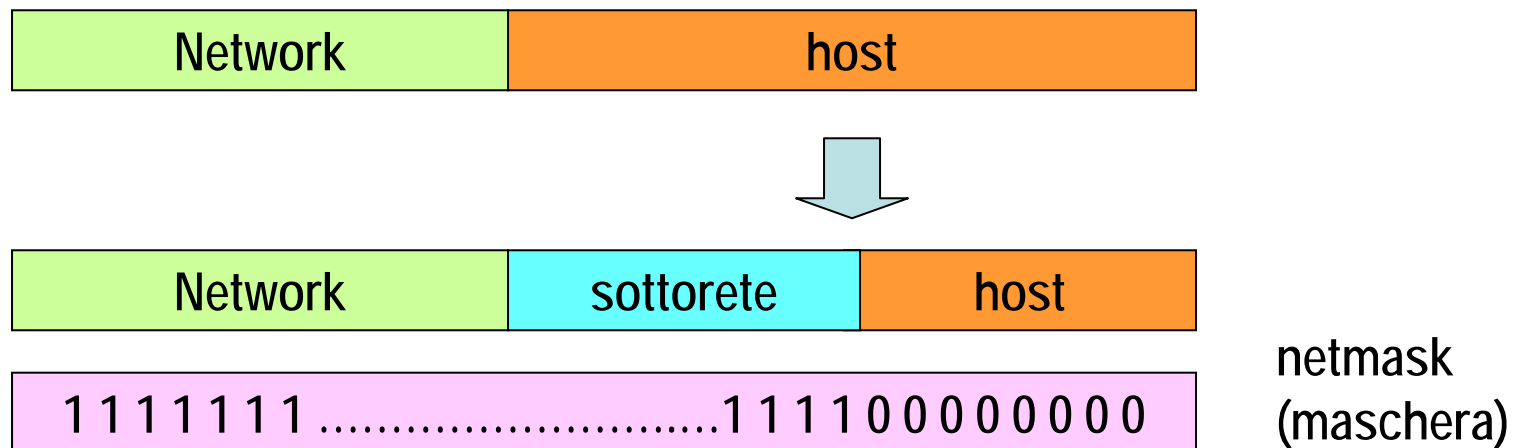
# Subnetting

- Con la veloce diffusione delle reti IP, la divisione in classi è divenuta non più soddisfacente a causa della rigidità della divisione
- Le organizzazioni private con un indirizzo di rete in classe B ( $2^{16} - 2 = 65534$  indirizzi di host) hanno sviluppato proprie Intranet con sotto-reti locali di poche centinaia (o decine) di host



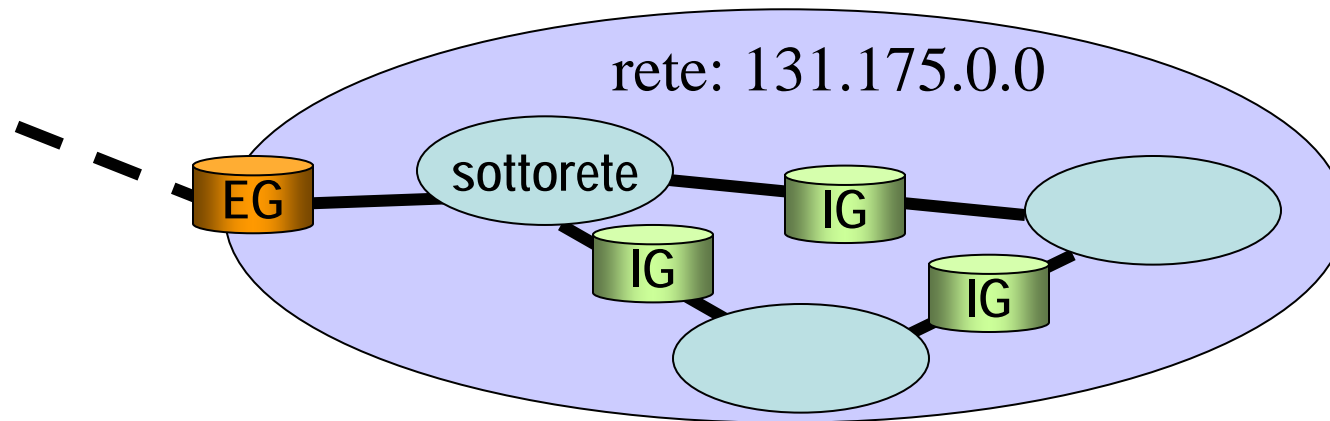
# Subnetting

- L'indirizzo di sottorete viene ricavato dividendo ulteriormente il campo host in un campo sottorete e un nuovo campo host



- La divisione viene determinata in modo flessibile mediante una *netmask* formata da una sequenza di 1 (che indicano la parte rete + sottorete) e una sequenza di 0 (che indicano la parte host)

# Subnetting



- In generale i router esterni alla Intranet (EG) continueranno ad avere nella tabella di routing un sola riga per la rete (131.175.0.0)
- mentre i router interni alla rete (IG) dovranno ovviamente gestire anche le sottoreti mediante le netmask

# Netmask

- Più in generale la netmask rappresenta un modo per avere un confine mobile tra campo host e campo rete non legato alle classi
- Anche la netmask viene di solito indicata in notazione decimale



netmask: 255.255.255.0



rete: 131.175.0.0



256 sottoreti: 131.175.0.0, 131.175.1.0, ..., 131.175.254.0, 131.175.255.0  
(tutte con netmask 255.255.255.0)

# Netmask

- Con netmask continue i valori decimali possono assumere i valori:

255	1	1	1	1	1	1	1	1
254	1	1	1	1	1	1	1	0
252	1	1	1	1	1	1	0	0
248	1	1	1	1	1	0	0	0
240	1	1	1	1	0	0	0	0
224	1	1	1	0	0	0	0	0
192	1	1	0	0	0	0	0	0
128	1	0	0	0	0	0	0	0

- in alternativa la netmask può essere indicata con il numero di 1 consecutivi (prefisso):
  - 131.175.21.0/24

## Esempio di subnetting (1)

- indirizzo originario della rete: 132.78.0.0
- occorre creare reti con almeno 500 host
- il campo rete ha 16 bit
- $2^9=512$ , quindi servono 9 bit per il campo host
- rimangono 7 bit per la sottorete
- la netmask dovrà dunque avere  $16+7=23$  bit

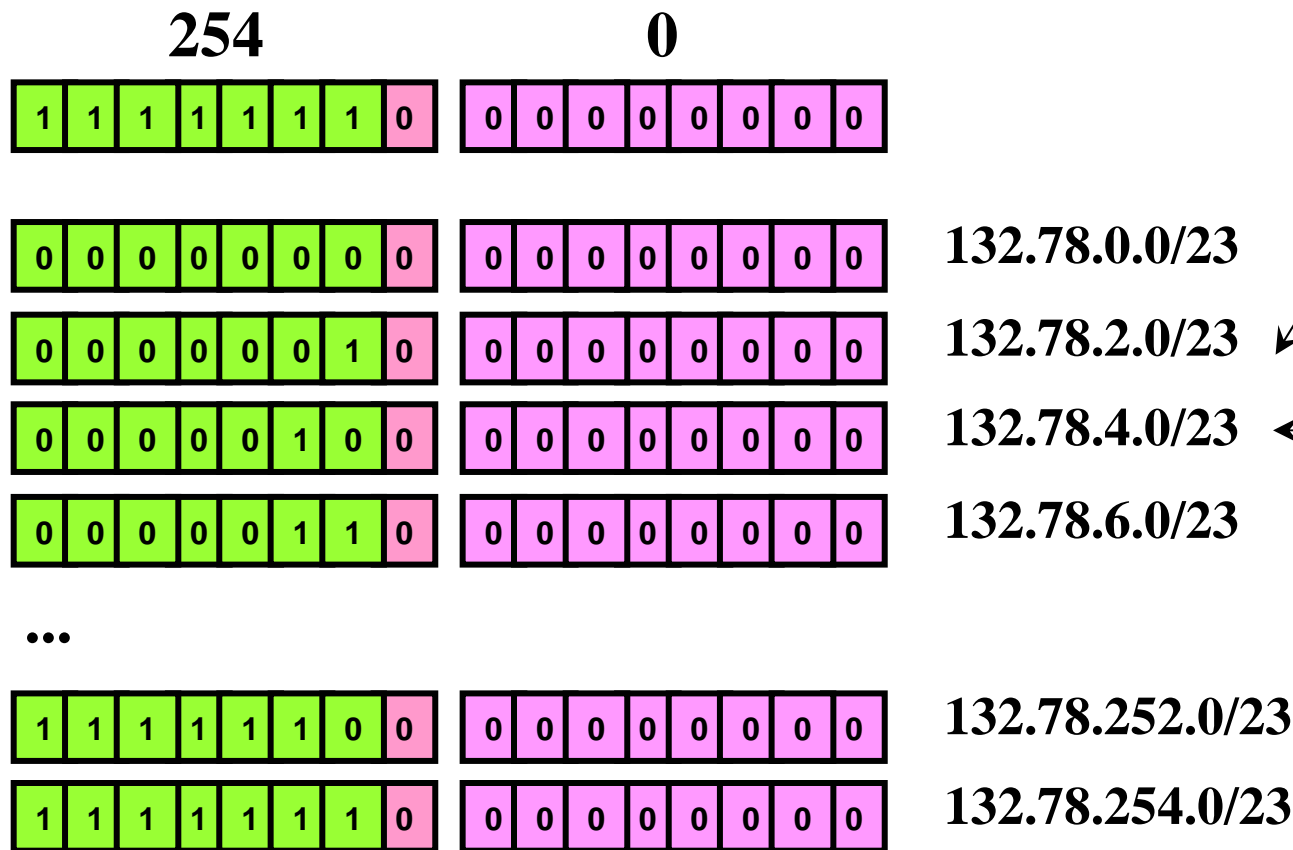


**255.255.254.0**



# Esempio di subnetting (1)

- il numero di sottoreti disponibili è  $2^7=128$  ciascuna con  $2^9-2=510$  host



Che cosa rappresenta l'indirizzo 132.78.3.0 ?

Qual è l'indirizzo di broadcast di questa rete?

132.78.5.255



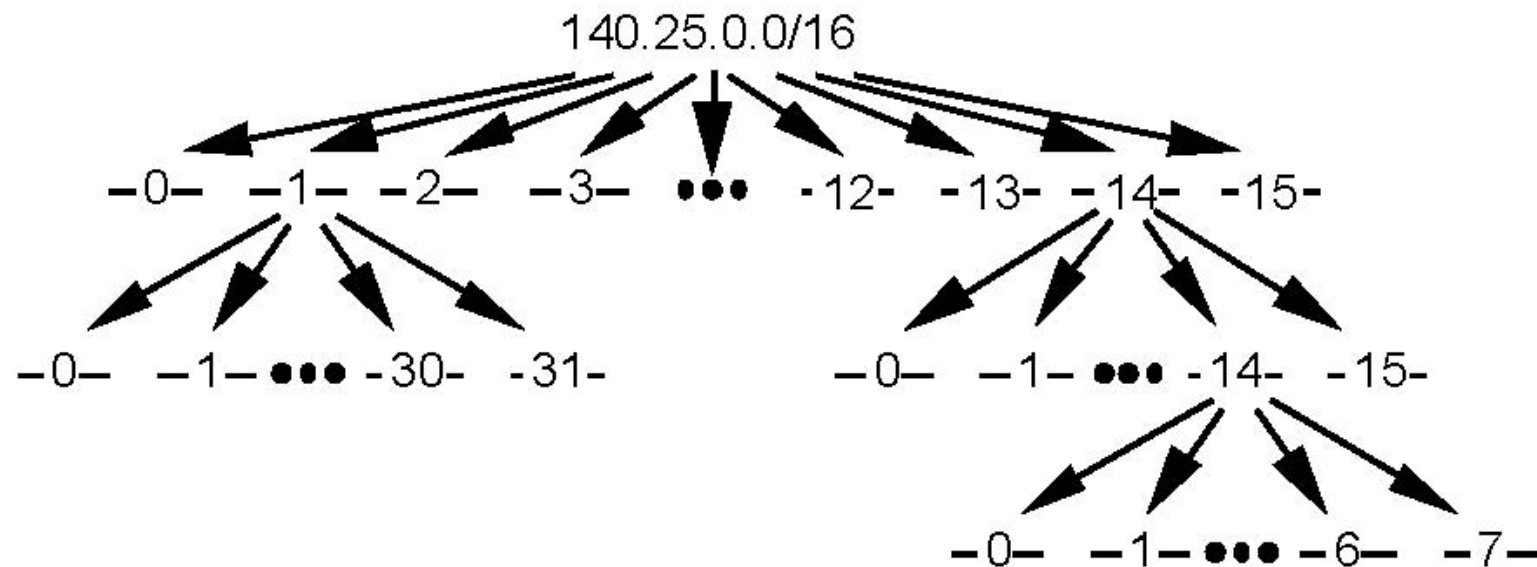
## Esempio di subnetting (2)

- il numero di host per ciascuna delle 1024 reti è  $2^6-2=62$  host

255	192	
1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 0 0 0 0 0 0	
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	128.234.0.0/26
0 0 0 0 0 0 0 0	0 1 0 0 0 0 0 0	128.234.0.64/26
0 0 0 0 0 0 0 0	1 0 0 0 0 0 0 0	128.234.0.128/26
0 0 0 0 0 0 0 0	1 1 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

# Variable Length Subnet Masks (VLSM)

- E' possibile implementare il subnetting in modo "ricorsivo" (o "gerarchico")
- Esempio:



# Configurazione delle interfacce

- Per configurare una interfaccia (di un host o di un router) è necessario indicare sia l'indirizzo IP che la netmask

```
interfaccia: ethernet 0  
address: 131.175.21.96  
netmask: 255.255.255.0
```

- Nelle tabelle di instradamento ad ogni indirizzo di rete va associata una netmask per poter conoscere la lunghezza del campo rete+sottorete

network	netmask	next-hop
--	--	--

# Configurazione degli host

The image shows three overlapping Windows dialog boxes for network configuration. The background box is 'Rete' (Network), the middle is 'Proprietà - TCP/IP' (TCP/IP Properties), and the foreground is another 'Proprietà - TCP/IP' (TCP/IP Properties) dialog.

**router di default**

The foreground 'Proprietà - TCP/IP' dialog is in the 'Gateway' tab. It shows a list of installed gateways with the IP address '131.175.21.254' circled in red. A red dashed arrow points from this circled IP to the text 'router di default'.

The middle 'Proprietà - TCP/IP' dialog is in the 'Indirizzo IP' (IP Address) tab. It shows the IP address '131.175.21.175' and the Subnet Mask '255.255.255.0'.

The background 'Rete' dialog shows the 'Configurazione' (Configuration) tab with the 'TCP/IP -> PCMCIA Fast Ethernet Card' component selected.

## 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

**confronto  
positivo**

interfaccia: (131.175.21.96) AND (255.255.255.0) = 131.175.21.0

63

## Tabelle di routing con le netmask

- Se i confronti con le interfacce sono negativi occorre procedere ad un inoltro indiretto
- Se siamo in un router occorre analizzare la tabella di routing
- Il confronto riga per riga si effettua allo stesso modo usando la netmask relativa a ciascuna riga
- Se il confronto dà esito positivo per più righe della tabella viene selezionata la riga con la netmask che ha il maggior numero di 1 (si dice comunemente che vale il principio del prefisso più lungo, *longest match*).



# 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

# Tablelle 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

E' corretta questa riga della tabella di routing? Perché?

**interfaccia 1: 131.175.21.254, 255.255.255.0**

**interfaccia 2: 131.175.12.254, 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

X

OK

X

X

X

X

X

OK

131.175.16.65



**interfaccia 1: 131.175.21.254, 255.255.255.0**

**interfaccia 2: 131.175.12.254, 255.255.255.0**

## Tablelle 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**

**interfaccia 2: 131.175.12.254, 255.255.255.0**

## Tabelle di routing: esempio (4)

network	netmask	first hop	
131.175.15.0	255.255.255.0	131.175.21.1	X
131.175.16.0	255.255.255.0	131.175.21.2	X
131.175.17.0	255.255.255.0	131.175.21.3	X
131.180.23.0	255.255.255.0	131.175.21.4	X
131.180.18.0	255.255.255.0	131.175.21.4	X
131.180.21.0	255.255.255.0	131.175.21.4	X
131.180.0.0	255.255.0.0	131.175.21.5	X
0.0.0.0	0.0.0.0	131.175.12.254	<b>OK</b>

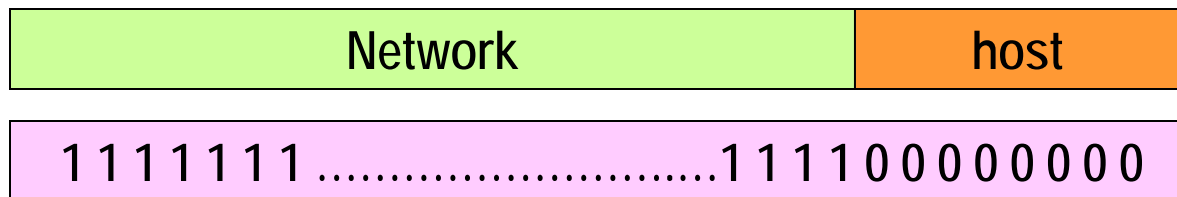
**200.45.21.84**

**interfaccia 1: 131.175.21.254, 255.255.255.0**

**interfaccia 2: 131.175.12.254, 255.255.255.0**

# Supernetting

- La netmask può essere vista non solo come un modo per creare un campo sottorete, ma più in generale come un modo per creare un confine variabile tra il campo NetID e il campo HostID



- Mediante la netmask dunque è possibile raggruppare più indirizzi in classe C per formare una rete più grande

# Supernetting

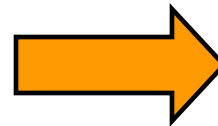
- Se ad esempio sono disponibili solo indirizzi in classe C, ed una organizzazione ha bisogno di circa 1000 indirizzi, un ISP può raggruppare 4 reti in classe C contigue a formare una super-rete con 1024 indirizzi:

193.23.136.0

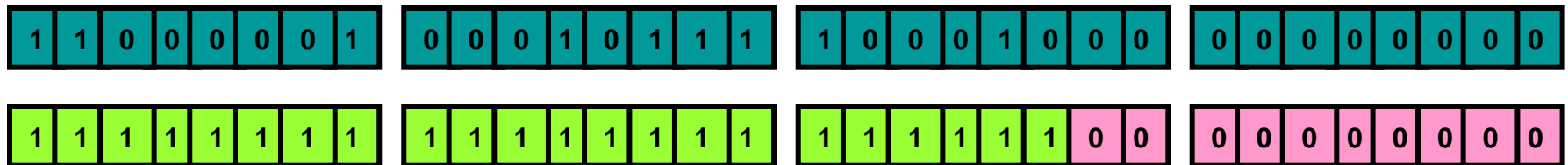
193.23.137.0

193.23.138.0

193.23.139.0



193.23.136.0/22



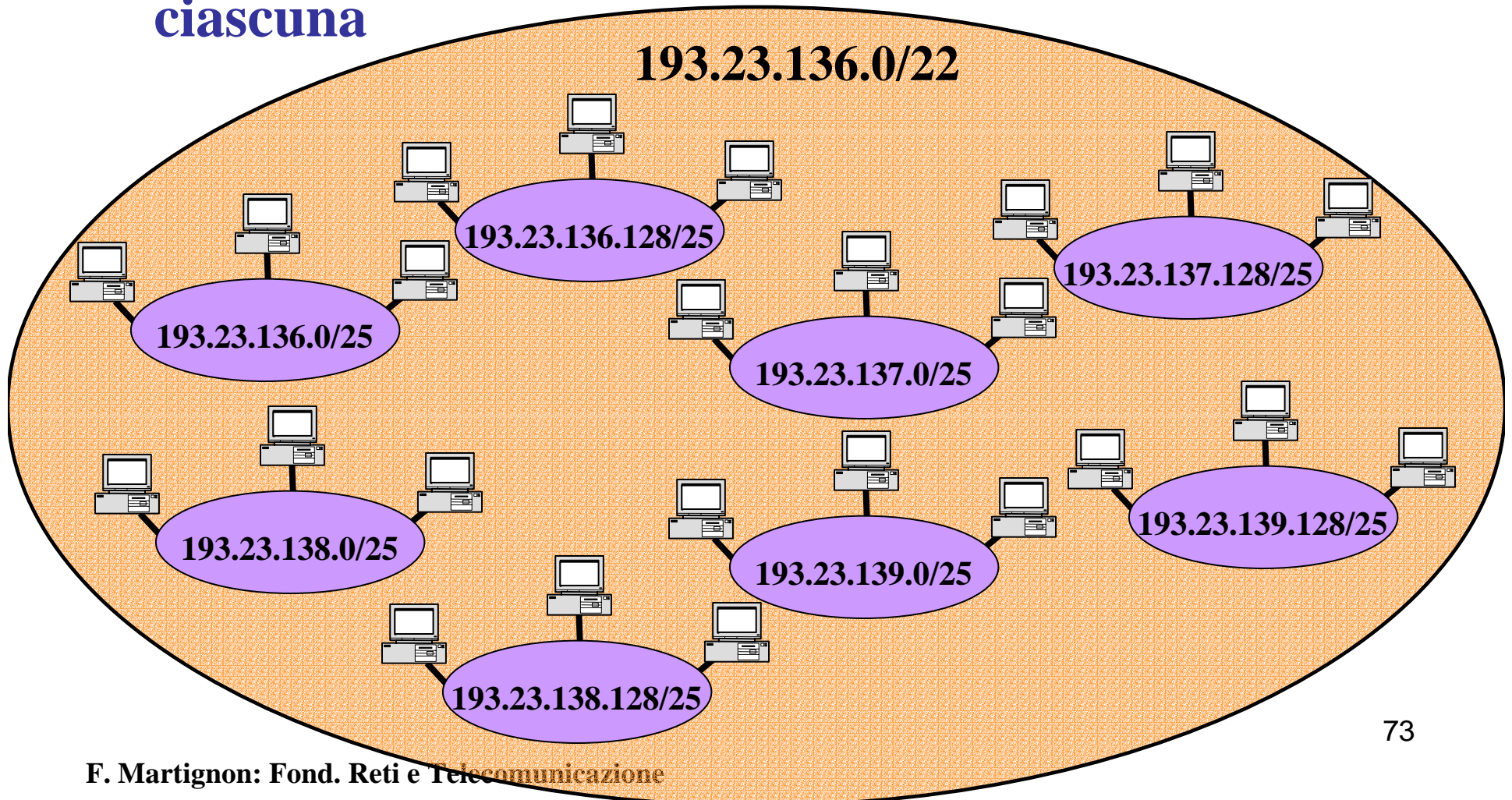
## Routing classless

- I router esterni alla super-rete potranno avere una riga per ciascuna delle reti in classe C o una sola per la super-rete (routing classless)
- con l'indirizzamento classless le classi non hanno più significato e i gruppi di indirizzi vengono assegnati come coppie indirizzo+netmask
- è possibile dunque assegnare un numero di indirizzi (potenza di 2) in modo flessibile
- una volta assegnato il gruppo di indirizzi all'interno della intranet è possibile usare un'altra netmask più corta per suddividere la rete in sottoreti



## Routing classless

- La super-rete da 1022 indirizzi può ad esempio venire suddivisa in 8 sottoreti da 126 indirizzi ciascuna



# Routing classless

- Esempio di una possibile architettura:

