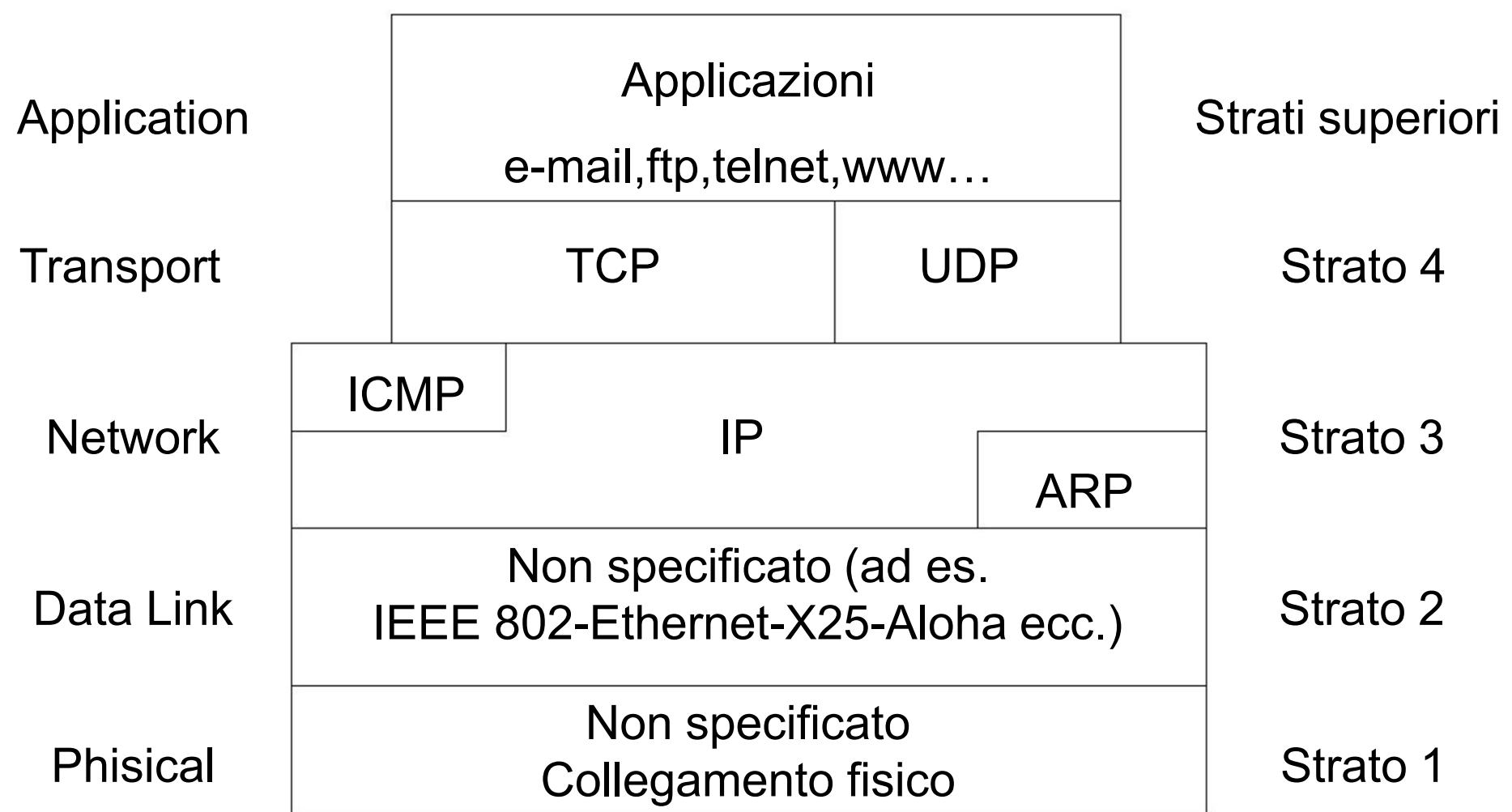


Il protocolli di Internet



La famiglia dei protocolli TCP/IP



La famiglia dei protocolli TCP/IP (2)

- Nessuna specifica per gli strati sotto a IP, in quanto relativi alla singola sottorete
- IP: funzioni di rete, instrada i pacchetti
- TCP: trasporto connection oriented
 - controllo della connessione end-to-end
- UDP: trasporto connectionless
- ICMP: gestione e controllo delle funzionalità di IP
- Lo strato di applicazione contiene applicativi utilizzati per fornire servizi all’ utente

Il protocollo IP



Internet Protocol (IP) - RFC 791

- Progettato per funzionare a **commutazione di pacchetto** in modalità **connectionless**
- Si prende carico della trasmissione di **datagrammi** da sorgente a destinazione, attraverso reti eterogenee
- Identifica **host** e **router** tramite indirizzi di **lunghezza fissa**, raggruppandoli in **reti IP**
- **Frammenta e riassembra** i datagrammi quando necessario
- Offre un servizio di tipo **best effort**, cioè non sono previsti meccanismi per
 - aumentare l' affidabilità del collegamento end-to-end,
 - eseguire il controllo di flusso e della sequenza.

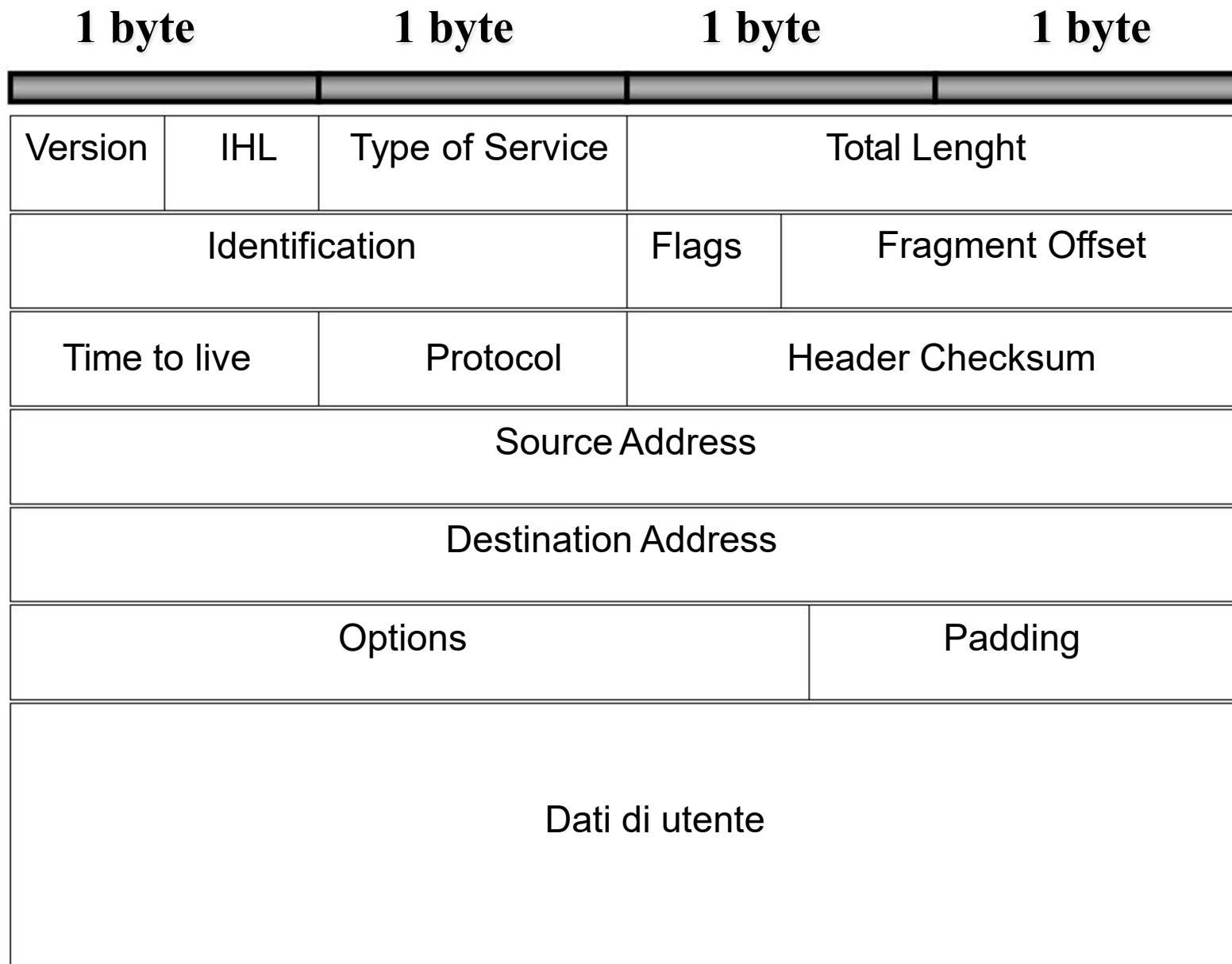
Struttura degli indirizzi IP

- Indirizzi di lunghezza fissa pari a **32 bit**
- Scritti convenzionalmente come sequenza di 4 numeri decimali, con valori da **0** a **255**, separati da punto (rappresentazione **dotted decimal**)

10001001.11001100.11010100.00000001
137.204.212.1

- Numero teorico max. di indirizzi
$$2^{32} = \mathbf{4.294.967.296}$$
 - In realtà si riesce a sfruttare un numero molto inferiore
- Assegnati dalla **IANA** (Internet Assigned Numbers Authority)

Formato del pacchetto IP



Formato del pacchetto IP (2)

- **Version** : indica il formato dell' intestazione, attualmente la versione in uso è la 4
- **IHL** : lunghezza dell' intestazione, espressa in parole di 32 bit; lunghezza minima = 5
- **Type of service** : indicazione sul tipo di servizio richiesto, usato anche come sorta di priorità
- **Total length** : lunghezza totale del datagramma, misurata in bytes; lunghezza massima = 65535 bytes, ma non è detto che tutte le implementazioni siano in grado di gestire questa dimensione

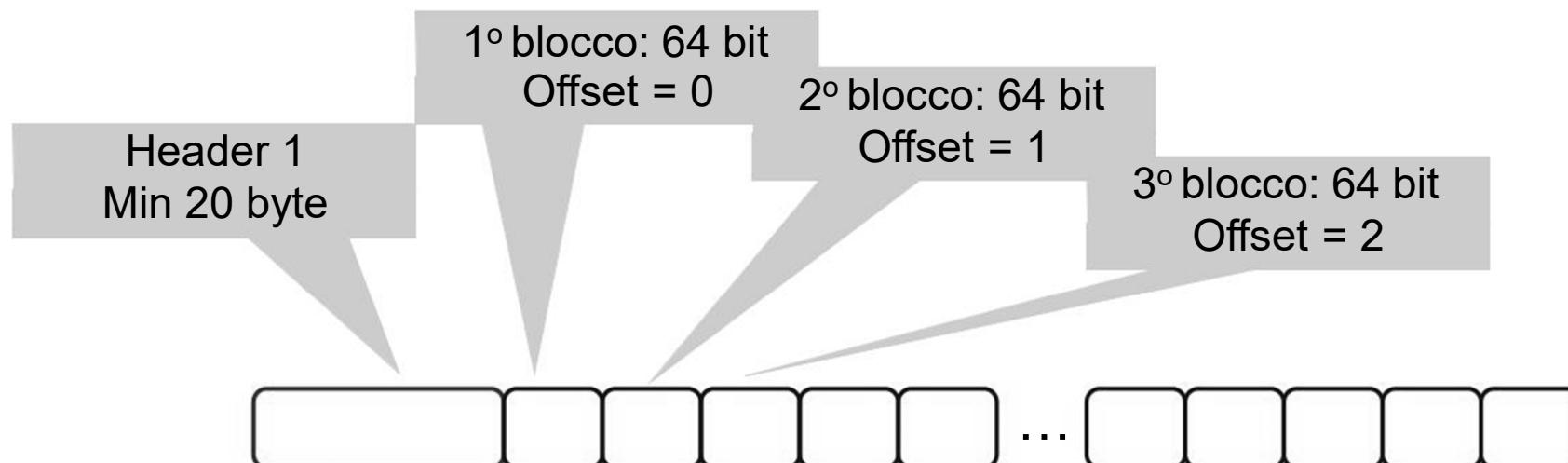
Formato del pacchetto IP (3)

- **Identification** : valore intero che identifica univocamente il datagramma
 - Indica a quale datagramma appartenga un frammento (fragment)
 - **Flag** :

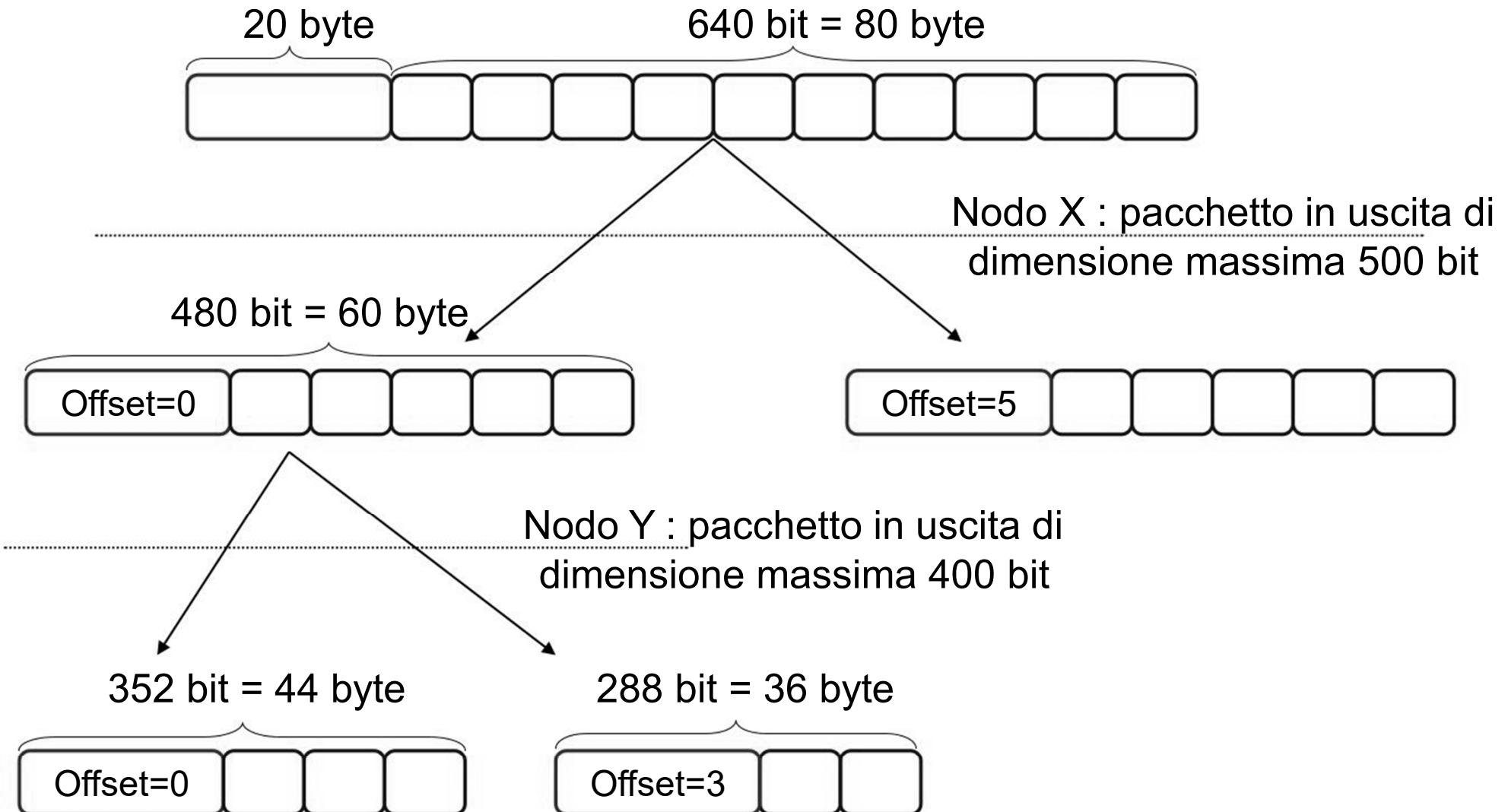
bit 0	sempre a 0
bit 1	don't fragment (DF) DF = 0 si può frammentare DF = 1 non si può frammentare
bit 2	more fragments (MF) MF = 0 ultimo frammento MF = 1 frammento intermedio
 - **Fragment offset**: indica quale è la posizione di questo frammento nel datagramma, come distanza in unità di 64 bit dall'inizio

La segmentazione in IP

- Chi frammenta i datagrammi:
 - Qualunque IP può frammentare un datagramma
 - Tipicamente i nodi intermedi non riassempano, ma lo fa solamente il terminale ricevente
- Frammentazioni multiple
 - Un datagramma può essere frammentato a più riprese in nodi successivi
- La numerazione tramite “offset” permette di rinumerare facilmente frammenti di un frammento



Frammentazione e calcolo dell' offset



Formato del pacchetto IP (4)

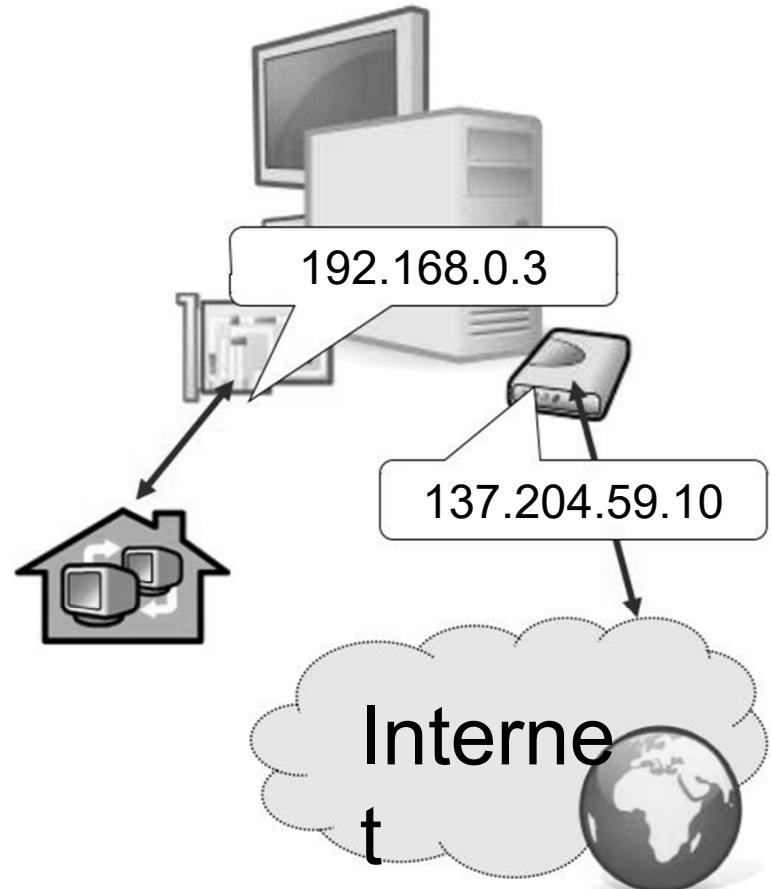
- **Time to live (TTL)** : max numero di nodi attraversabili
 - Il nodo sorgente attribuisce un valore maggiore di 0 a TTL (tipicamente TTL = 64, al massimo 255)
 - Ogni nodo che attraversa il datagramma pone TTL = TTL - 1
 - Il primo nodo che vede TTL = 0 distrugge il datagramma
- **Protocol** : indica a quale protocollo di livello superiore appartengono i dati del datagramma
- **Header checksum** : controllo di errore della sola intestazione, viene ricalcolato da ogni nodo attraversato dal datagramma
- **Source and Destination Address** : indirizzi sorgente e destinazione

Formato del pacchetto IP (5)

- **Options** : contiene opzioni relative al trasferimento del datagramma (registrazione del percorso, meccanismi di sicurezza), è perciò di lunghezza variabile
- **Padding** : bit privi di significato aggiunti per fare in modo che l' intestazione sia con certezza multipla di 32 bit

Indirizzi e interfacce di rete

- L'indirizzo identifica i punti di interconnessione di un host con la rete
 - Non identifica un host individuale, ma una delle sue interfacce di rete
- **Multi-homed hosts**
 - host con due o più interfacce di rete
- Esempio: un router che collega N reti ha
 - N interfacce di rete
 - N distinti indirizzi IP, uno per ogni interfaccia di rete



Semantica dell' indirizzo IP

- L' indirizzo IP è logicamente suddiviso in due parti:
 - Network (Net) ID
 - Prefisso che identifica la rete a cui appartiene l' indirizzo
 - Tutti gli indirizzi di una medesima rete (network) IP hanno il medesimo *Network ID*
 - Host ID
 - Identifica l' host (l' interfaccia) vero e proprio di una certa Network
- Per Net e Host ID vengono utilizzati bit contigui
 - Net ID occupa la parte *sinistra* dell' indirizzo
 - Host ID occupa la parte *destra* dell' indirizzo

Reti IP private (RFC 1918)

- Alcuni gruppi di indirizzi sono riservati a reti IP private
 - Essi non sono raggiungibili dalla rete pubblica
 - I router di Internet non instradano datagrammi destinati a tali indirizzi
 - Possono essere riutilizzati in reti isolate
-
- da 10.0.0.0 a 10.255.255.255
 - da 172.16.0.0 a 172.31.255.255
 - da 192.168.0.0 a 192.168.255.255

Netmask

- Come si distingue net-ID da host-ID?
- Si usa la netmask
 - Al numero IP viene associata una maschera di 32 bit

137.204.191.25
10001001.11001100.10111111.00011001
11111111.11111111.11111111.11000000

Net-ID	Host-ID
--------	---------

- I bit a 1 della netmask identificano i bit dell' indirizzo IP che fanno parte del net-ID
- La netmask si può rappresentare
 - In notazione dotted-decimal
 - 11111111.11111111.11111111.11000000 = 255.255.255.192
 - In notazione esadecimale
 - 11111111.11111111.11111111.11000000 = ff.ff.ff.c0
 - Utilizzando la notazione abbreviata
 - 11111111.11111111.11111111.11000000 = /26

Netmask

- Esempio:
 - Network 192.168.1.0
 - Network privata con Net-ID = 3 byte = 24 bit
 - Subnetting in 2 sottoreti
 - Net-ID+subnet-ID = 25 bit
 - Netmask = 11111111. 11111111. 11111111. 10000000
 - Notazione
 - Net-ID = 192.168.1.0 Netmask = 255.255.255.128
 - Net-ID = 192.168.1.128 Netmask = 255.255.255.128
 - oppure
 - 192.168.1.0/25
 - 192.168.1.128/25

Esempio: Università di Bologna

- Net ID = 137.204
 - La network corrispondente ha indirizzo **137.204.0.0**
 - Tutti i numeri IP dell' Università di Bologna hanno il medesimo prefisso
- Host ID
 - Qualunque combinazione dei rimanenti 16 bit
 - Escluso 137.204.0.0 e 137.204.255.255
 - Server web UniBO
 - 137.204.24.35
 - Server web del DEIS
 - 137.204.24.40
 - Server web DEISNet
 - 137.204.57.85

Indirizzamento Classfull e Classless



IP e netmask

- Il numero IP ha valore assoluto in rete
 - Un numero IP pubblico deve essere unico su Internet
 - I numeri IP sorgente e destinazione caratterizzano il datagramma in quanto parte della sua intestazione
- La netmask è relativa al singolo nodo
 - Non viene trasportata nell' intestazione del datagramma
 - È parte della tabella di routing dei singoli nodi
 - Ai medesimi indirizzi possono corrispondere netmask diverse in nodi diversi (route aggregation)
- È sempre stato così?
 - NO: inizialmente la suddivisione net-ID e host-ID era assoluta

Classe delle reti

- Furono definite diverse “classi” di network differenziate per dimensione
 - La parte iniziale del Net-ID differenzia le classi
 - 0 classe A
 - 10 classe B
 - 110 classe C
 - La definizione delle classi è standard e quindi nota a tutti
 - I router riconoscono la classe di una rete dai primi bit dell’indirizzo
 - Ricavano di conseguenza il Net-ID

Classi di indirizzi



Network ID : identifica una rete IP

Host ID : identifica i singoli calcolatori della rete

Intervalli di indirizzi

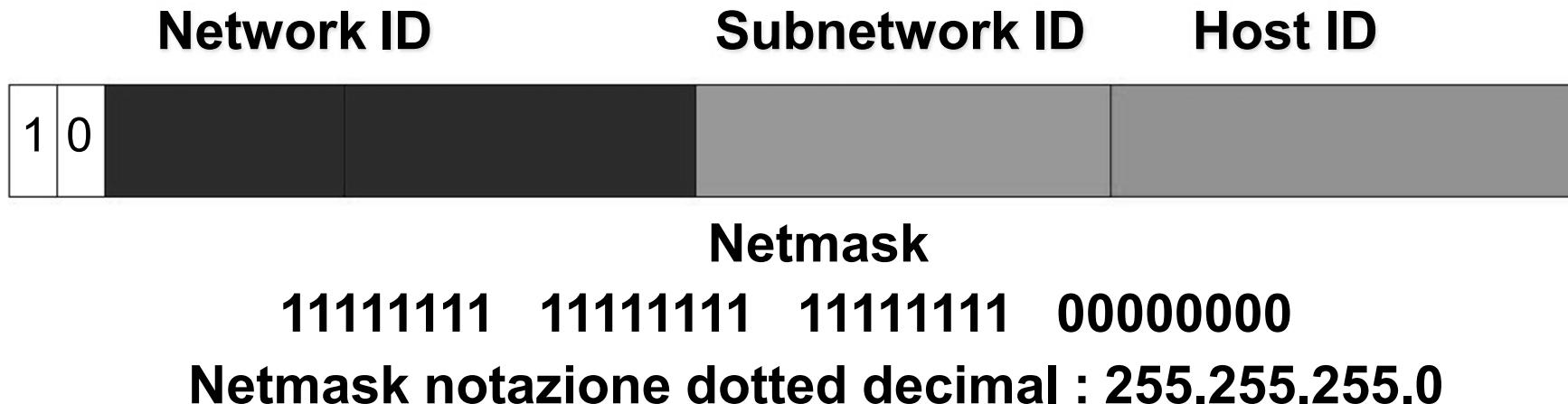
- Classe A: da 0.0.0.0 a 127.255.255.255
- Classe B: da 128.0.0.0 a 191.255.255.255
- Classe C: da 192.0.0.0 a 223.255.255.255
- Classe D: da 224.0.0.0 a 239.255.255.255
- Classe E: da 240.0.0.0 a 255.255.255.255
- Indirizzi riservati (RFC 1700)
 - 0.0.0.0 indica l' host corrente senza specificarne l' indirizzo
 - Host-ID tutto a 0 viene usato per indicare la rete
 - Host-ID tutto a 1 è l' indirizzo di broadcast per quella rete
 - 0.x.y.z indica un certo Host-ID sulla rete corrente senza specificare il Net-ID
 - 255.255.255.255 è l' indirizzo di broadcast su Internet
 - 127.x.y.z è il **loopback**, che redirige i datagrammi agli strati superiori dell' host corrente

Le sottoreti

- A un' amministrazione è assegnata una network
 - L' amministrazione potrebbe essere suddivisa in sotto-amministrazioni *logicamente separate*
 - Converrebbe “*frammentare*” la network in “*sub-network*” da assegnare alle sotto-amministrazioni
- Si decide localmente una sotto-ripartizione Net/Host ID indipendente dalle classi
- Si frammenta l' Host-ID in due parti:
 - la prima identifica la sottorete (subnet-ID)
 - la seconda identifica i singoli host della sottorete
- La ripartizione deve essere *locale* e *reversibile*
 - Tutta Internet vede comunque una certa network come un' entità unitaria

Subnetting

- La suddivisione è locale alla singola interfaccia
 - Deve essere configurabile localmente
- Si fa uso della **Netmask**
 - La netmask tutti i bit utilizzati come prefisso
 - Net-ID e subNet-ID



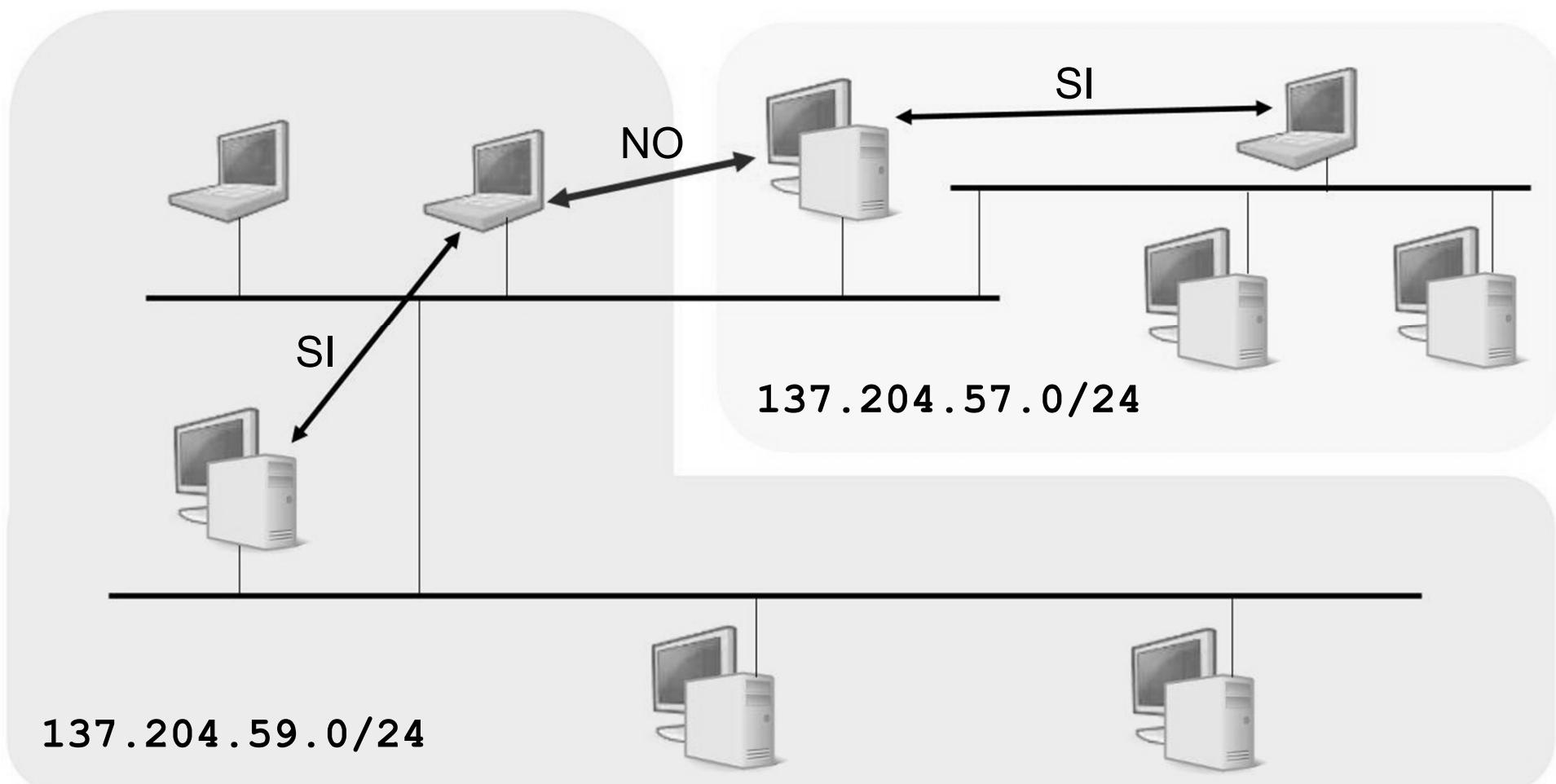
Esempio: Università di Bologna

- Una network di classe B (137.204.0.0)
 - Numerose entità distinte nella stessa amministrazione
 - Facoltà, Dipartimenti, Centri di ricerca ecc.
 - Si suddivide la rete (network) in sottoreti (subnetwork)
- Il primo byte del Host-ID viene utilizzato come indirizzo di sottorete
 - Dalla network di classe B si ricavano 254 network della dimensione di una classe C

$$\text{Netmask} = 255.255.255.0$$

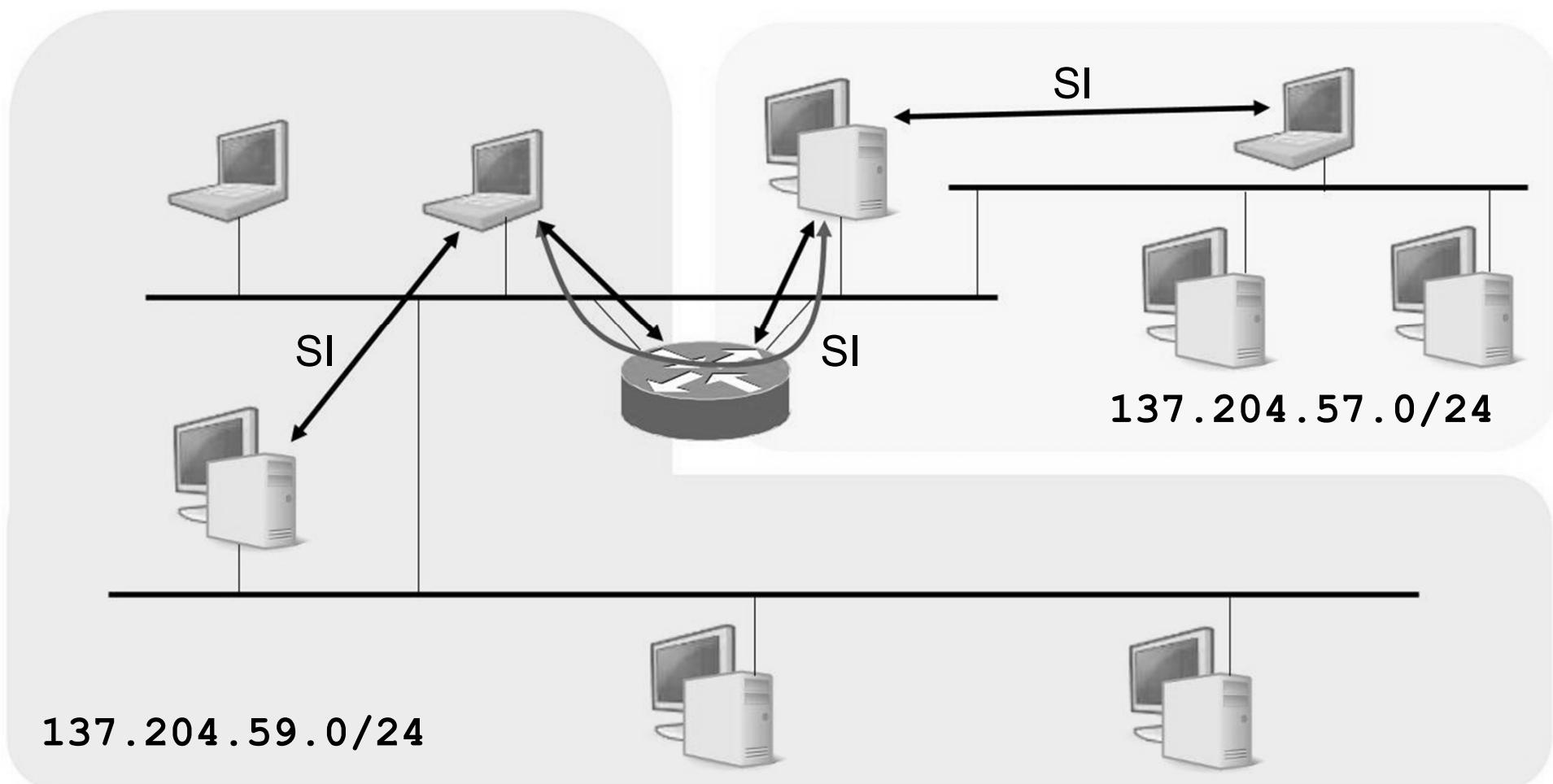
Subnetting: ripartizione logica e fisica

- La configurazione della netmask è necessaria per il corretto funzionamento dell' instradamento
 - Riconoscere il proprio Net-ID
 - Decidere fra instradamento diretto e indiretto



Subnetting: ripartizione logica e fisica

- La configurazione della netmask è necessaria per il corretto funzionamento dell' instradamento
 - Riconoscere il proprio Net-ID
 - Decidere fra instradamento diretto e indiretto



CIDR = Classless InterDomain Routing

- Con la grande diffusione di Internet la rigida suddivisione nelle 3 classi rendono l'instradamento poco flessibile e scalabile
- CIDR (RFC 1519)
 - Si decide di rompere la logica delle classi nei router
 - La dimensione del Net-ID può essere qualunque
 - Le tabelle di routing devono comprendere anche le Netmask
 - Generalizzazione del subnetting/supernetting
 - reti IP definite da **Net-ID/Netmask**

Obiettivi del CIDR

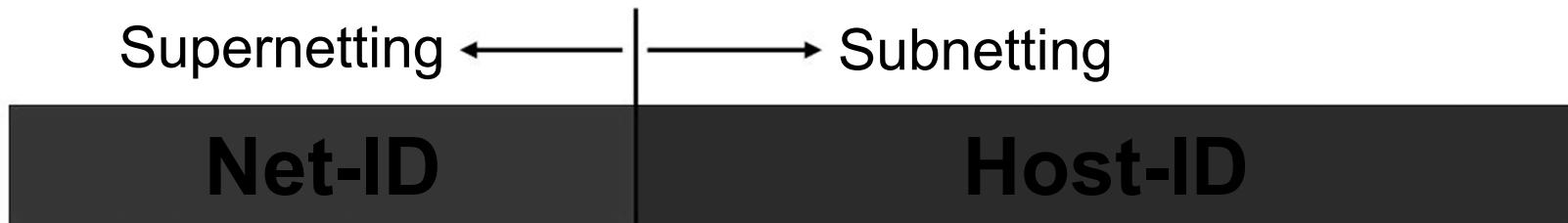
- Allocazione di reti IP di dimensioni variabili
 - utilizzo più efficiente dello spazio degli indirizzi
- Accorpamento delle informazioni di routing
 - più reti contigue rappresentate da un' unica riga nelle tabelle di routing
- Miglioramento di due situazioni critiche
 - Limitatezza di reti di classe A e B
 - Crescita esplosiva delle dimensioni delle tabelle di routing

Supernetting

- Raggruppare più reti con indirizzi consecutivi
 - Indicarle nelle tabelle di routing con una sola entry accompagnata dalla opportuna Netmask
- Es. Un ente ha bisogno di circa 2000 indirizzi IP
 - una rete di classe B è troppo grande (64K indirizzi)
 - meglio 8 reti di classe C ($8 \times 256 = 2048$ indirizzi) dalla 194.24.0.0 alla 194.24.7.0
- **Supernetting:** si accorpano le 8 reti contigue in un'unica super-rete:
 - Identificativo: 194.24.0.0/21
 - Supernet mask: 255.255.248.0
 - Indirizzi: 194.24.0.1 – 194.24.7.254
 - Broadcast: 194.24.7.255

Supernetting

- Subnetting e Supernetting sono operazioni duali
 - Subnetting → n bit del Host-ID diventano parte del Net-ID
 - Supernetting → n bit del Net-ID diventano parte dell' Host-ID



- Accorpamento di N reti IP ($N = 2^n$)
 - **contigue**:
 - $194.24.0.0/24 + 194.24.1.0/24 = 194.24.0.0/23$
 - $194.24.0.0/24 + 194.24.2.0/24$ = non contigue
 - **allineate** secondo i multipli di 2^n
 - $194.24.0.0/24 + .1.0/24 + .2.0/24 + .3.0/24 = 194.24.0.0/22$
 - $194.24.2.0/24 + .3.0/24 + .4.0/24 + .5.0/24$ = non allineate

Configurazione dell' interfaccia IP nell' host



Configurazione delle interfacce di rete

ipconfig /all (Windows 2X)

visualizza la configurazione IP corrente di ciascuna interfaccia di rete presente nella macchina:

- indirizzo MAC
- indirizzo IP
- subnet mask
- default gateway
- server DNS
- ...

Su Windows 9x: **winipcfg**

Su UNIX/LINUX: **ifconfig**

Comando IPCONFIG – Esempio

```
C:\ Command Prompt
C:\>ipconfig /all

Windows 2000 IP Configuration

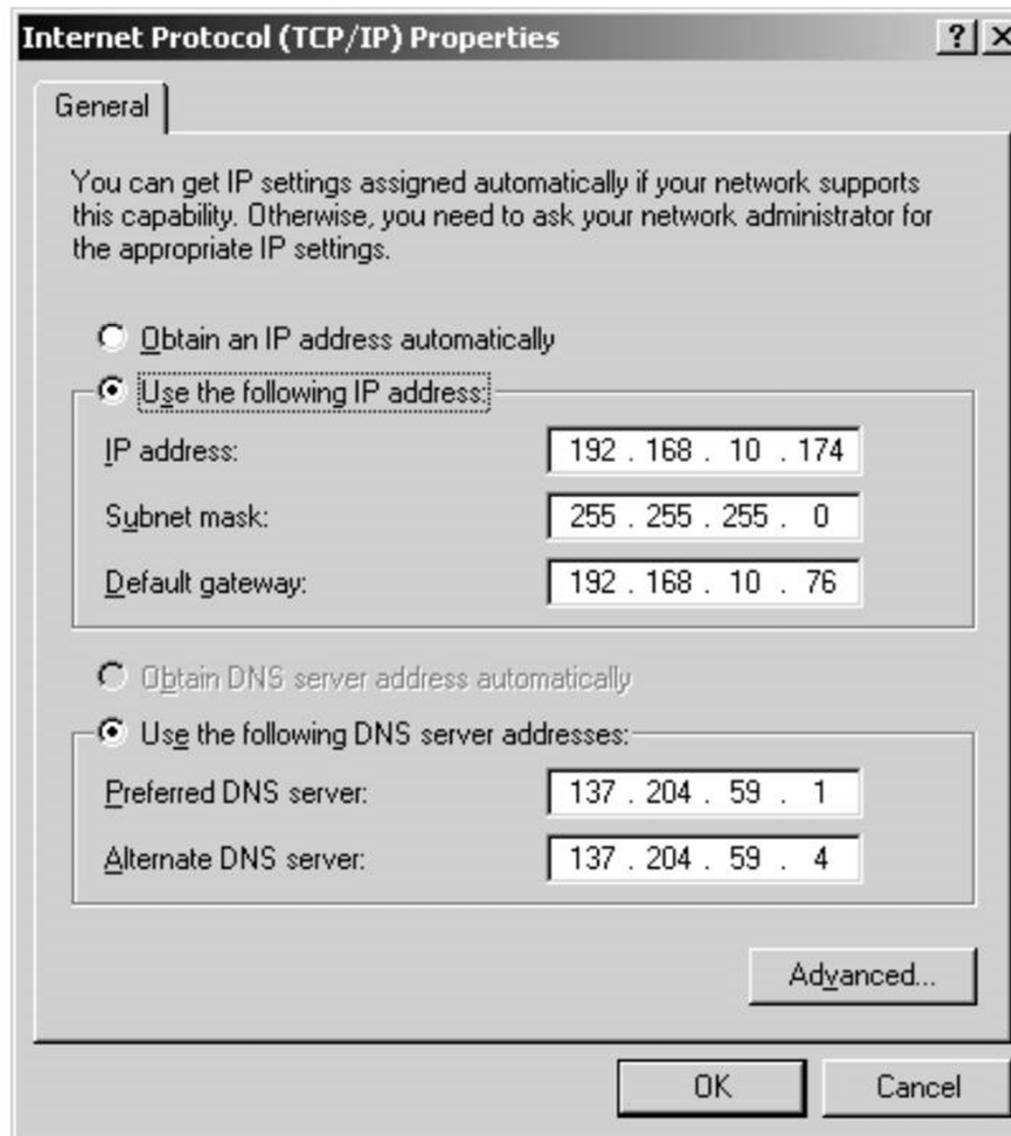
Host Name . . . . . : deis174
Primary DNS Suffix . . . . . : Deis-reti.local
Node Type . . . . . : Hybrid
IP Routing Enabled . . . . . : No
WINS Proxy Enabled . . . . . : No
DNS Suffix Search List. . . . . : Deis-reti.local

Ethernet adapter Local Area Connection:

Connection-specific DNS Suffix . . . . . :
Description . . . . . : 3Com EtherLink XL 10/100 PCI For Complete PC Management NIC <3C905C-TX>
Physical Address. . . . . : 00-01-02-36-3B-F9
DHCP Enabled. . . . . : No
IP Address . . . . . : 137.204.57.174
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Default Gateway . . . . . : 137.204.57.254
DNS Servers . . . . . : 137.204.57.177
                           137.204.59.1
                           137.204.59.2
Primary WINS Server . . . . . : 137.204.59.1

C:\>_
```

Configurazione manuale dei parametri IP



Configurazione automatica dei parametri IP

