



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI BARI
ALDO MORO

*CDS IN INFORMATICA E
COMUNICAZIONE DIGITALE
BARI*

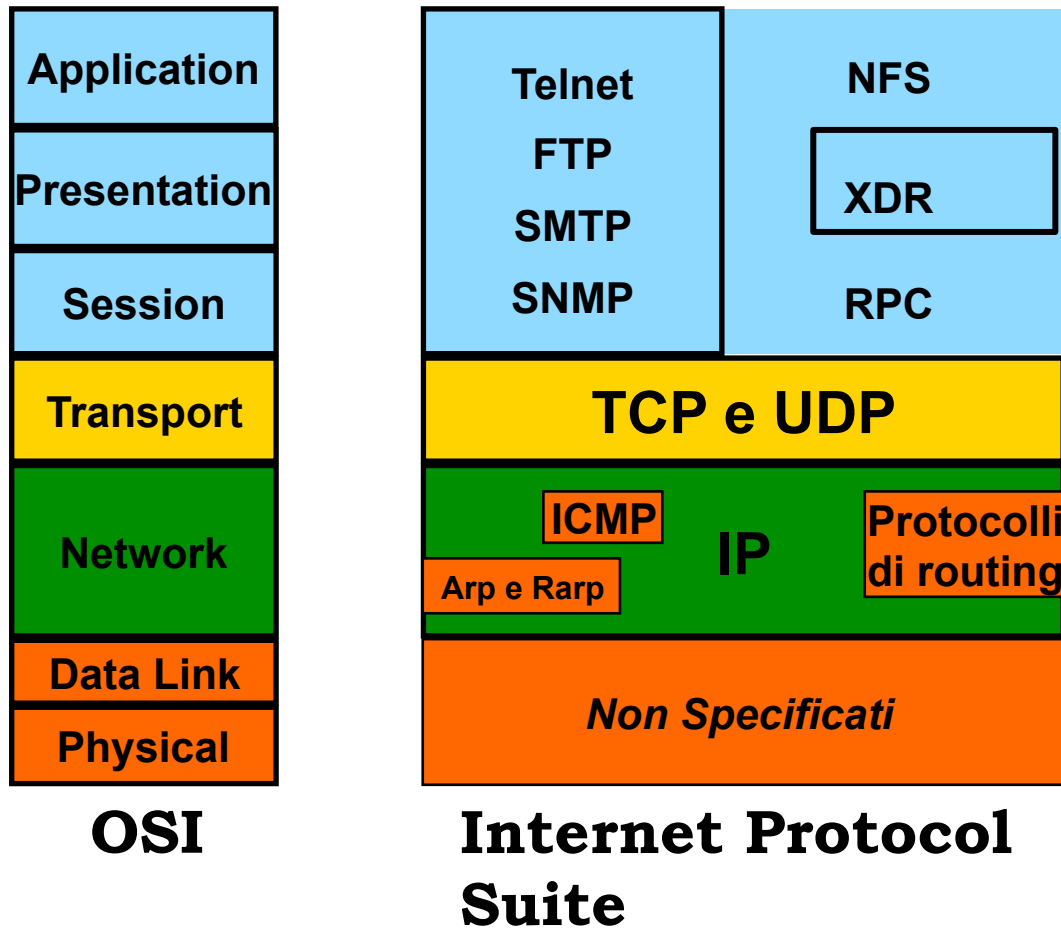
Anno Accademico 2015-2016

Corso di
“Reti di Calcolatori e Comunicazione Digitale”

Modulo 3 : TCP/IP Lo strato di rete , 1.a parte

*Prof. Sebastiano Pizzutilo
Dipartimento di Informatica*

ISO-OSI e TCP/IP

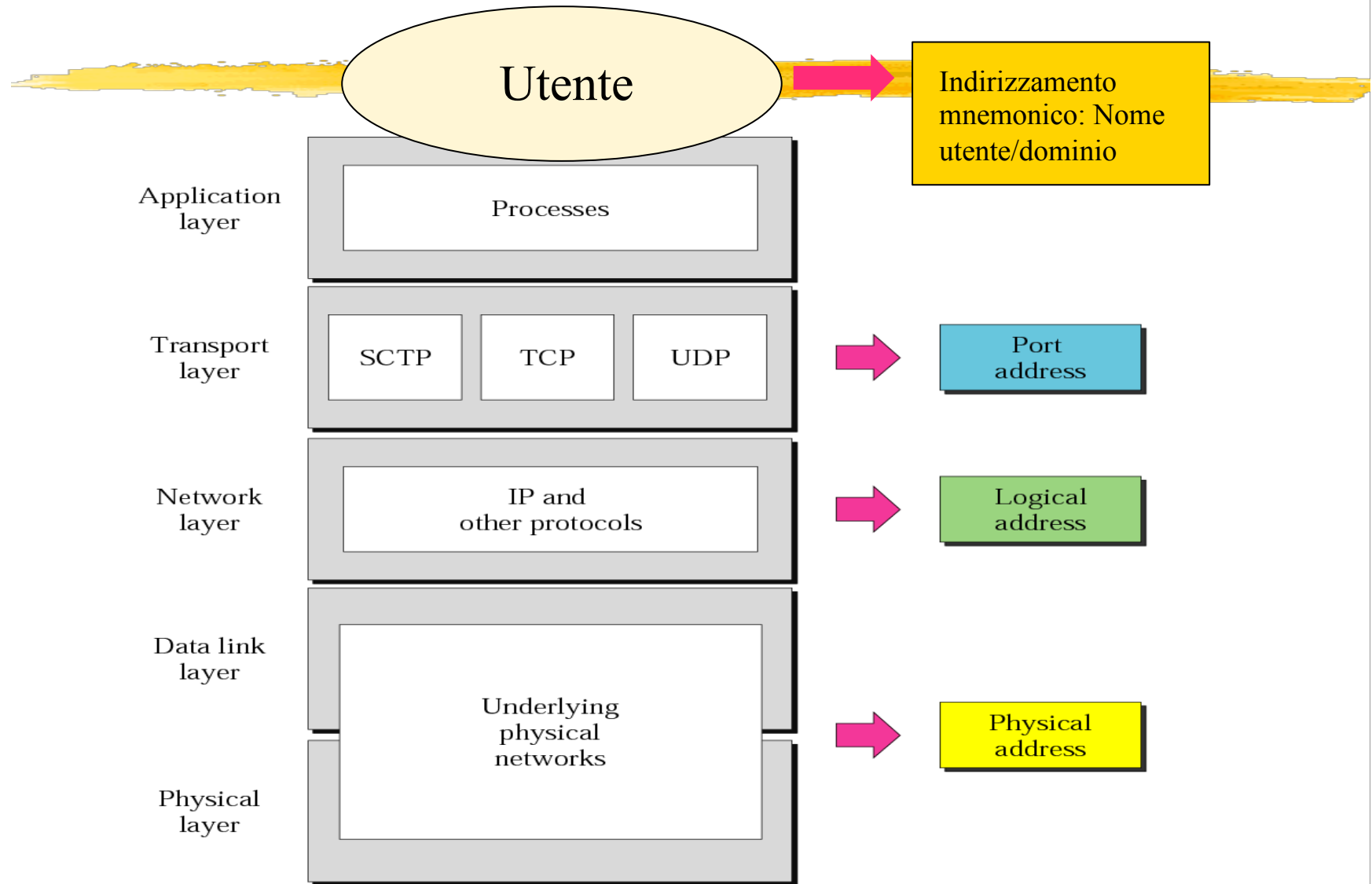


► *Lo strato 5 delle APPLICAZIONI* TCP/IP, comprende gli strati di *applicazione, presentazione e sessione* del modello OSI

► *Lo strato 4 di TRASPORTO* permette che *si stabilisca una sessione tra i processi dei due host, come previsto dal modello OSI.*

► *Lo strato di RETE del TCP/IP*, in cui viene implementato il protocollo **IP**, corrisponde al **livello 3** del modello **OSI**: entrambi si occupano *dell'instradamento (routing) dei dati tra due host.*

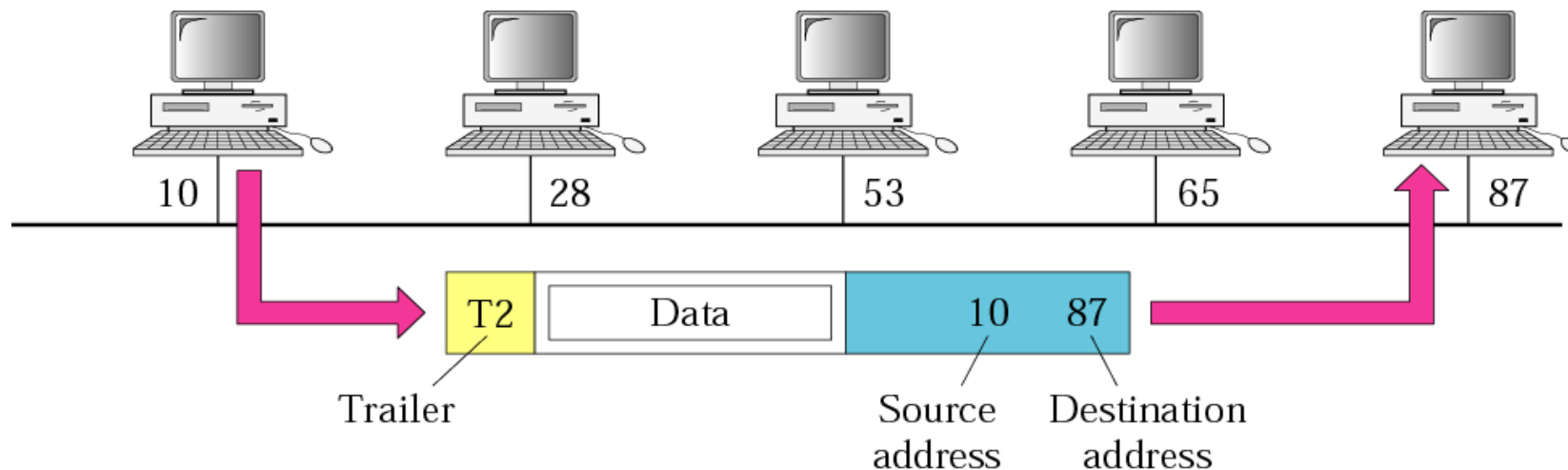
Relazione tra livelli e sistemi di indirizzamento



Physical addresses

07:01:02:01:2C:4B

A 6-byte (12 hexadecimal digits) physical address.

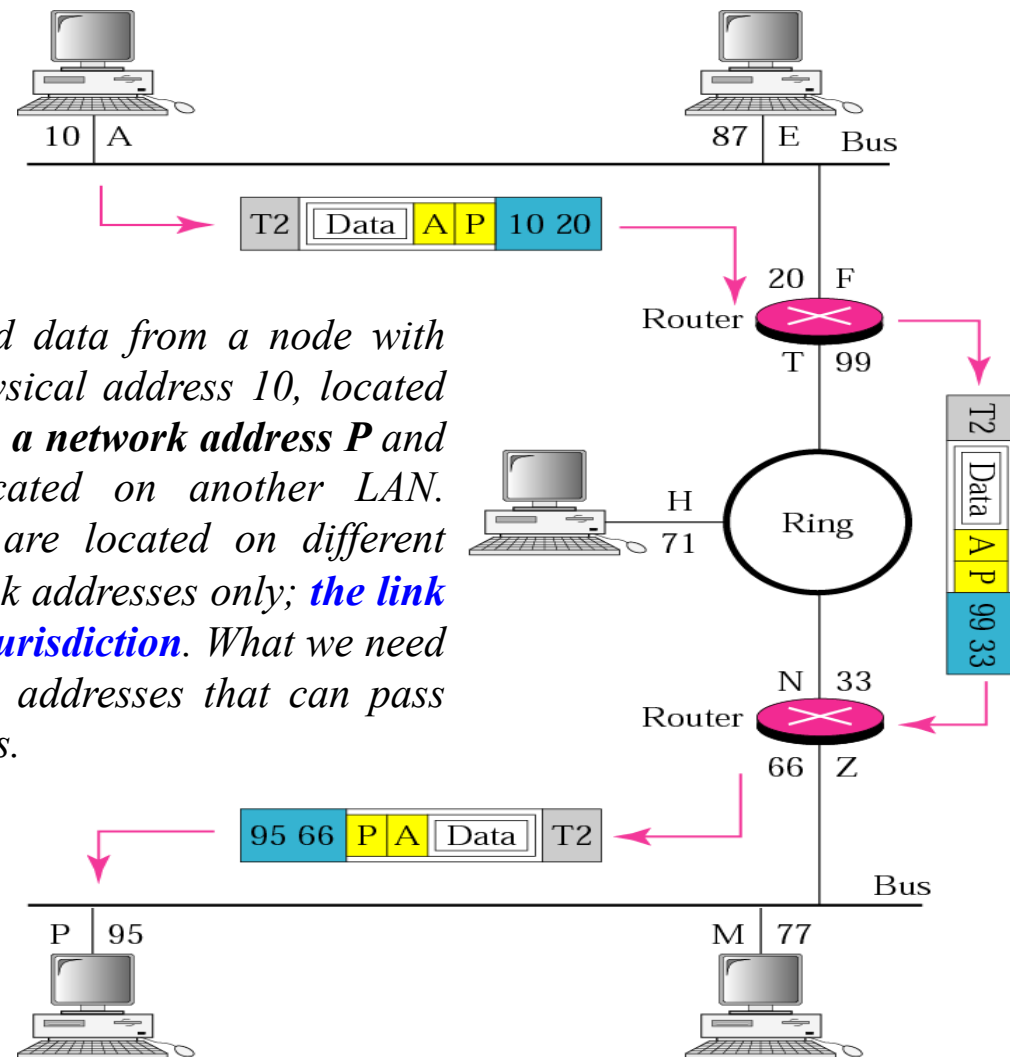


*In Figure a node with **physical address 10** sends a frame to a node with **physical address 87**... At the data link level this frame contains **physical (link) addresses** in the header. These are the only addresses needed. The rest of the header contains other information needed at this level. The **trailer** usually contains extra bits needed for error detection.*

IP addresses

132.24.75.9

An internet address in IPv4 in decimal numbers



In Figure we want to send data from a node with network address *A* and physical address 10, located on one LAN, to a node with a **network address P** and **physical address 95**, located on another LAN. Because the two devices are located on different networks, we cannot use link addresses only; **the link addresses have only local jurisdiction**. What we need here are **network (logical) addresses** that can pass through the LAN boundaries.

Tratto da :
Behrouz A.
Forouzan, *I*
protocolli
TCP/IP ed.
McGraw-Hill
2005

Port addresses

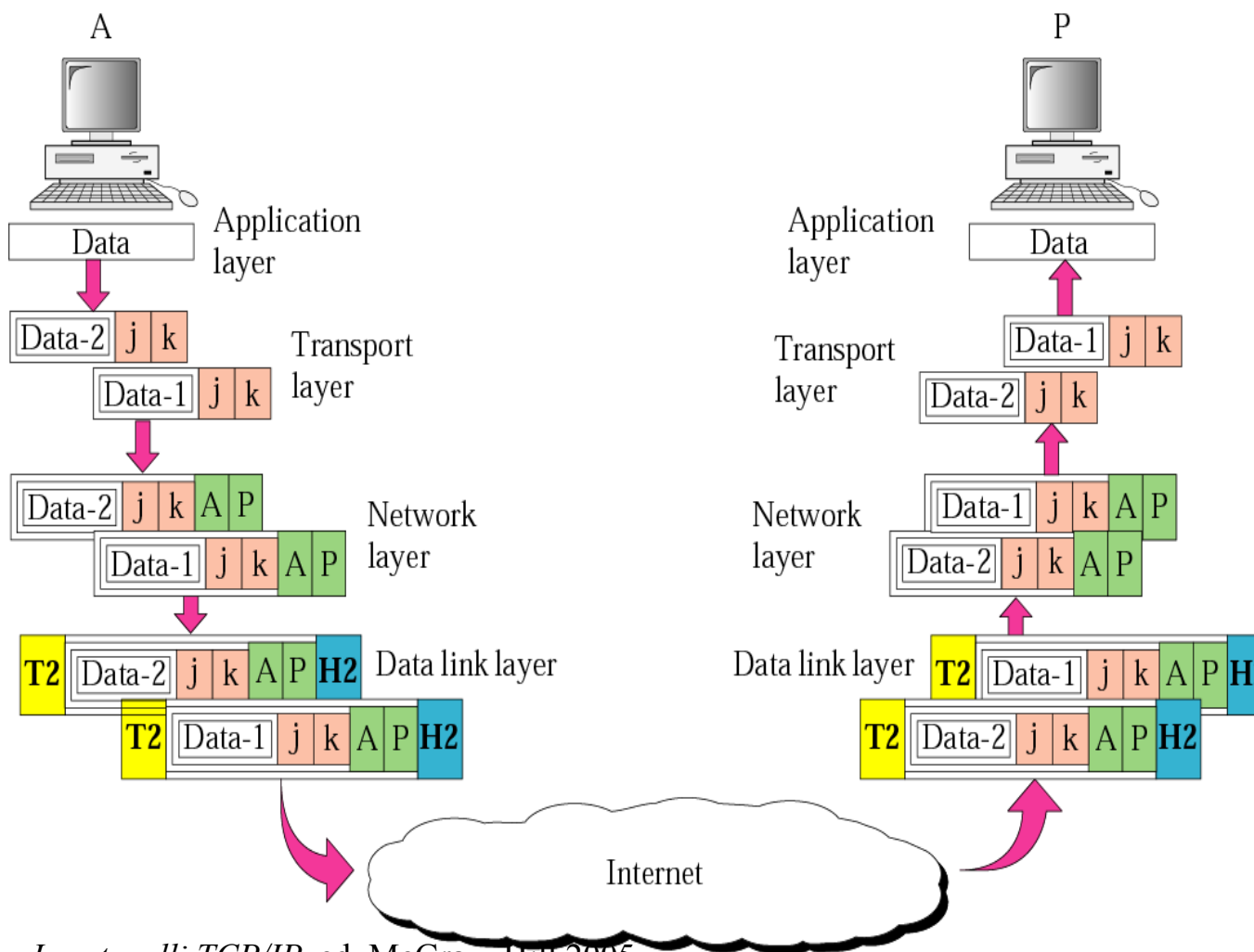
753

A 16-bit port address represented as one single number.

Data coming to the **transport layer** from the upperlayers have **port addresses j and k** . Since the data size is larger than the network layer can handle, the data are split into two packets, each packet retaining the **service-point addresses (j and k)**.

Then in the network layer, **network addresses (A and P)** are added to each packet. ...

In the **Data Link layer physical ($H2$) addresses** are added to each frame.



TCP/IP : Protocolli nello strato Internet (livello 3)

Lo strato di **RETE** si occupa della consegna di **pacchetti dati (datagram)** da un nodo mittente ad un nodo destinatario attraverso varie reti, determinando il **modo migliore per spostare i dati da un host all'altro**.

Lo strato 3 della suite TCP/IP si occupa quindi dei problemi legati al **routing dei pacchetti** (con l'utilizzo di un **sistema di indirizzamento logico dei pacchetti**, detto **IP**) e dei problemi relativi al **passaggio dei pacchetti al livello inferiore di data link ed al livello superiore di trasporto e viceversa**.

Il protocollo **IP** non svolge alcun tipo di controllo per assicurarsi del buon esito del trasferimento dei dati, è infatti **connectionless** ed **inaffidabile** (servizio di consegna detto **best-effort**).

Quindi i pacchetti di questo livello OSI possono andare perduti o non arrivare in sequenza.

Tra i protocolli del livello 3, il ruolo svolto da **IP** è quello di aggiungere a ciascun pacchetto una intestazione contenente una serie di informazioni per poter effettuare il corretto instradamento dei dati.

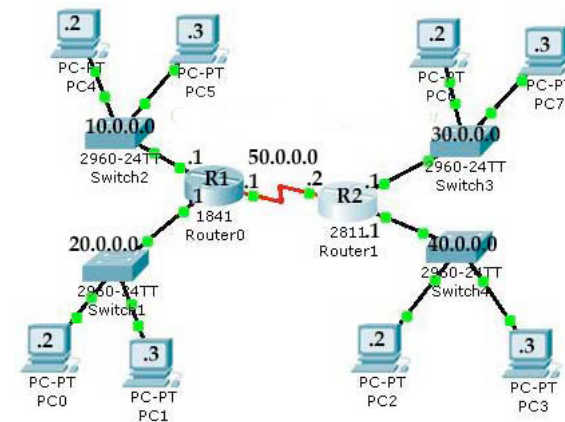
I protocolli a livello 3 di rete

IP = Internet Protocol = sistema di indirizzamento,
Protocolli di ROUTING = instradamento dei pacchetti,
ARP = Address Resolution Protocol = risoluzioni degli indirizzi logici in fisici,
RARP = Reverse ARP = risoluzione inversa indirizzi da fisici a logici,
ICMP = Internet Control Message Protocol = controllo delle connessioni nella rete,
IGMP = gestione dei gruppi

L'attività di instradamento dei pacchetti tra le reti avviene attraverso PSE dedicati detti **router**.



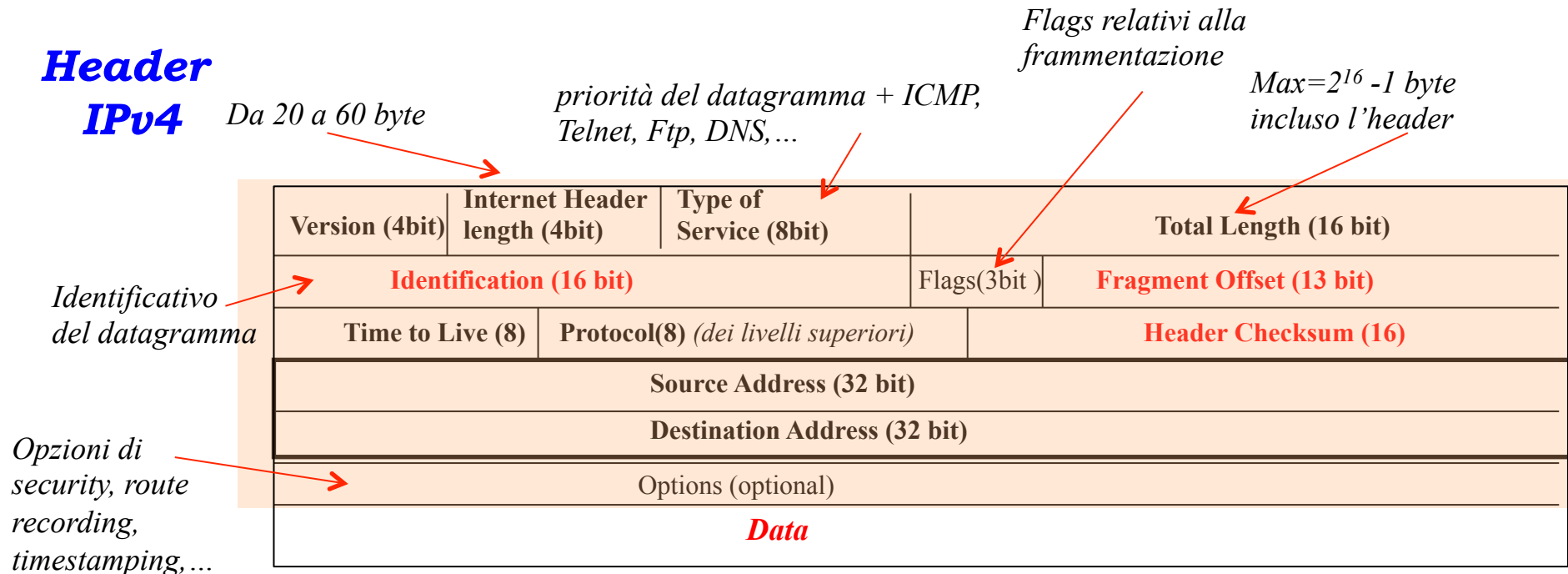
Il sistema di indirizzamento logico (IP) utilizzato in questo livello prevede formati di indirizzi che consentono un'efficiente operazione di instradamento.



Layout del datagramma IPv4

Un pacchetto del livello IP, detto “**datagramma**”, è composto da : **header** e **data**.

Lo **header** ha lunghezza variabile **da 20 a 60 byte** e contiene tutte le informazioni utili al routing ed all’invio del pacchetto.



IPv4 packet layout



L'intestazione IPv4 di un datagramma contiene:

- ☑ **l'indirizzo IP del mittente,**
- ☑ **l'indirizzo IP del destinatario,**
- ☑ **il protocollo di trasporto (TCP o UDP):** serve ad indicare all'host destinatario il tipo di trasporto e di conseguenza il modo in cui manipolare i dati ricevuti,
- ☑ **lo header checksum:** è un sistema di controllo che permette di verificare **l'integrità dell'header,**
- ☑ **il TTL (Time-To-Live):** durata in vita di un *datagram*; alla partenza viene assegnato un valore predefinito (ad es.16) che diminuisce ad ogni attraversamento di un router; quando il TTL raggiunge il valore zero il datagram viene rimosso dalla rete.

Assemblaggio e disassemblaggio dei dati

I mezzi trasmissivi di ogni tipo di rete impongono un limite alla dimensione del frame (di livello 2) e quindi anche alla quantità di dati di livello 3 che possono essere trasportati in un unico frame .

La dimensione massima di dati (datagrammi) di livello 3 che possono essere trasportati in un frame del Data Link viene chiamata **Massima Unità di Trasferimento (MTU), ed è caratteristico di ogni tipologia di rete.**

*Un messaggio più grande della MTU **viene frammentato a livello di trasporto** in più MTU, ciascun **frammento** viene spedito separatamente al **livello inferiore IP**, dove vengono inseriti **header IP** creando così i **datagrammi**.*

L'assemblaggio/disassemblaggio dei **frammenti** è compito del **livello di trasporto**.

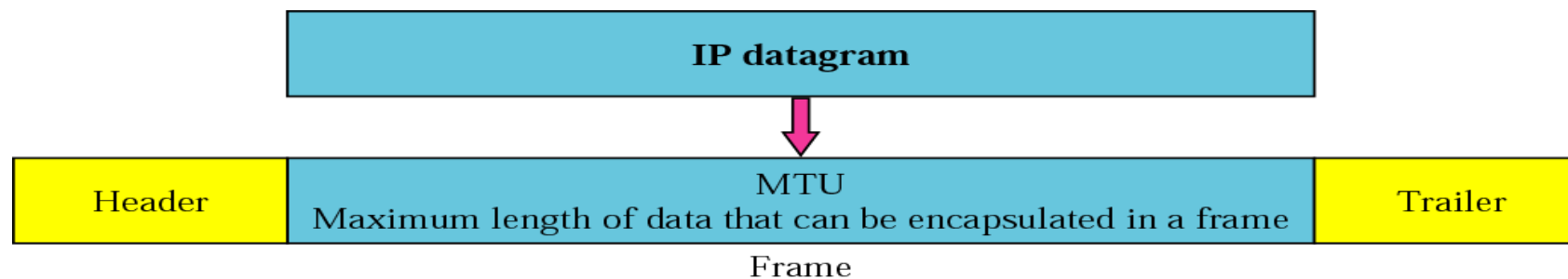
L'assemblaggio/disassemblaggio dei **datagrammi** è compito del **livello di rete**.

L'assemblaggio/disassemblaggio dei **frame** è compito del **livello di data link**.

Frammentazione e MTU

Il formato e la dimensione di un *frame* (a livello *data link*) dipende dal protocollo usato a livello fisico (token ring, ethernet,...) .

Un *Datagramma* può essere frammentato in base al protocollo.



<i>Protocol</i>	<i>MTU</i>
Hyperchannel	65,535
Token Ring (16 Mbps)	17,914
Token Ring (4 Mbps)	4,464
FDDI	4,352
Ethernet	1,500
X.25	576
PPP	296

Tratto da : Behrouz A. Forouzan, *I protocolli TCP/IP* ed. McGraw-Hill 2005

Il Checksum dell'Header IP

Il metodo di calcolo per il controllo di integrità dell'header IP è il **CHECKSUM** :

Il **sender** effettua le seguenti operazioni:

- Suddivide lo header in k blocchi da 16 bit.*
- Inserisce 8 bit pari a **Zero** nel campo checksum.*
- Calcola la somma a 16 bit dei blocchi*
- Calcola il **complemento a uno** della somma e la inserisce nel campo Checksum*

Il **receiver** effettua queste operazioni:

- Calcola la **somma a 16 bit** dell'intero header ricevuto e lo **complementa a 1**.*
- Controlla che il campo checksum della somma calcolata sia **formata da tutti 1**.*
- Se c'è un bit diverso da 1 allora è rilevato un errore nell'header.*

Esempio di calcolo del Checksum

4	5	0	28
1		0	0
4	17	0	
10.12.14.5			
12.6.7.9			

4, 5, and 0	→	01000101	00000000
28	→	00000000	00011100
1	→	00000000	00000001
0 and 0	→	00000000	00000000
4 and 17	→	00000100	00010001
0	→	00000000	00000000
10.12	→	00001010	00001100
14.5	→	00001110	00000101
12.6	→	00001100	00000110
7.9	→	00000111	00001001
Sum	→	01110100	01001110
Checksum	→	10001011	10110001

Checksum nello header IP di un frame in uscita da un host mittente:

- il valore di 16 bit del campo checksum viene posto a zero,
- viene calcolata la somma a 16 bit dell'intero header.
- Il complemento a 1 di questa somma viene memorizzata nel campo checksum dello header IP.

L'host ricevitore:

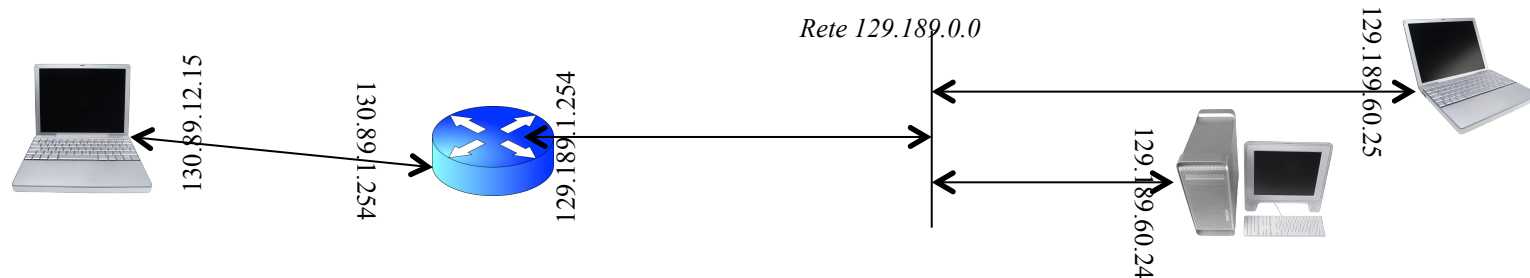
- calcola la somma a 16 bit dello header
- il risultato è complementato a uno.

Il checksum calcolato dal ricevitore dovrà avere tutti i bit a 1 (ffff in notazione esadecimale). Se il checksum contiene un solo bit diverso da 1 allora il pacchetto viene scartato e non viene generato nessun errore.

Indirizzamento IP

L'indirizzo IP identifica univocamente ciascuna interfaccia di un dispositivo (computer, router, AP, ...) connesso in rete.

Gli indirizzi IP sono **indirizzi LOGICI** strutturati con un formato che **consente la netta separazione dell'indirizzo di rete (prefisso)** da quello **dell'host sulla rete (suffisso)** in modo da agevolare l'operazione di routing .



Gli indirizzi IP su Internet sono assegnati da un comitato internazionale (**IANA – Internet Assigned Number Authority**).

*A livello nazionale italiano l'autorità che assegna le classi di indirizzi IP è il **GARR/NIS**.*

*I privati si rivolgono ad un **ISP – Internet Service Provider**, che provvede a richiedere al GARR-NIS nazionale un insieme di indirizzi da assegnare ai propri clienti in maniera dinamica.*

*Questo non è valido nelle **Intranet aziendali**, che non hanno accesso diretto alla rete pubblica Internet mondiale e che utilizzano **indirizzi logici privati** (ad es. 10.0.0.1, 172.16.0.1, 192.168.0.1...).*

Indirizzi IP

Rappresentazione binaria e dot notation

Gli indirizzi IP sono lunghi **4 byte** (che corrispondono a **4 numeri decimali**) separati dal **carattere “.”** Ogni numero rappresenta il contenuto di **un byte** ed è quindi compreso tra i valori decimali **0 e 255**.

- L'indirizzo IP è composto dalla sequenza di **32 bit** (fino a $2^{32} - 1$ possibili indirizzi) sempre rappresentato nella forma **x.y.z.w** (**dot notation**) dove **x, y, z e w** sono dei numeri decimali compresi tra **0 e 255**

Per esempio:

L'indirizzo IP=127.0.0.1 corrisponde in “dot notation binaria” a :

01111111.00000000.00000000.00000001

NOTA: se i 32 bit fossero rappresentati “senza dot notation”, sarebbero uguali a **01111111000000000000000000000001** che corrisponde al valore decimale 2130706433.

Questa forma di rappresentazione consente di discriminare l'indirizzo di rete (prefisso dell'indirizzo IP) dall'indirizzo degli host (suffisso dell'indirizzo) presenti in ciascuna rete indicata nel prefisso.

Struttura di un indirizzo IP Classful

	prefisso ind. rete		suffisso ind. host		
	Dimensione dei campi in bit				
	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Range degli indirizzi
Classe A	0 1010000	11001101	01010101	110011000	Da 1.0.0.0 a 127.255.255.255 128 reti e 16.777.214 host
Classe B	10 101010	11100110	00000110	11101010	Da 128.0.0.0 a 191.255.255.255 16.384 reti e 65.534 host
Classe C	110 10111	10101011	11100000	10101010	Da 192.0.0.0 a 223.255.255.255 2.097.152 reti e 254 host
Multicast	1110 0000	10101010	11100110	10101010	Da 224.0.0.0 a 239.255.255.255
Riservati per usi futuri	1111 0000	11100011	11111111	10101001	Da 240.0.0.0 a 255.255.255.255

Indirizzi riservati (1)

- **Network**: quando i bit del suffisso (che rappresenta l'host) hanno tutti valore 0, l'indirizzo è detto di rete (Network Address)

Ad es. l'indirizzo 192.168.5.0 (in binario 11000000.10101000.00000101.00000000) rappresenta la rete 192.168.5.0

- Quando tutti i bit hanno valore zero (0.0.0.0), si identifica "questo host".

- **Broadcast**: quando i bit del numero che rappresenta l'host (suffisso) hanno tutti valore 1, l'indirizzo è detto di broadcast e rappresenta tutti gli host di quella rete.

Ad es. inviare all'indirizzo 192.168.5.255 (11000000.10101000.00000101.11111111) equivale a mandare un pacchetto a tutti gli host della rete 192.168.5.0

- **Broadcast di rete**: indirizzo con tutti i bit (sia della parte relativa all'host sia della parte relativa alla rete) con valore 1 :

Ad es. Inviare un pacchetto a 255.255.255.255 (in binario 11111111.11111111.11111111.11111111) significa inoltrarlo verso tutti gli host della rete corrente.

Indirizzi riservati (2)

□ Loopback: l'indirizzo **127.0.0.1** è utilizzato per funzioni di **test** del protocollo TCP/IP, non genera traffico di rete.

□ Indirizzi di rete locale : una serie di **indirizzi IP sono dedicati all'uso su reti locali**, all'interno di firewall e server proxy. Questi indirizzi sono:

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**

Maschere di rete

Le maschere di rete servono ad individuare quali byte dell'indirizzo IP indirizzano la rete e quali gli host.

Le maschere di rete utilizzate dalle varie classi sono:

<i>Class</i>	<i>Mask in binary</i>	<i>Mask in dotted-decimal</i>
A	11111111 00000000 00000000 00000000	255.0.0.0
B	11111111 11111111 00000000 00000000	255.255.0.0
C	11111111 11111111 11111111 00000000	255.255.255.0

Ogni macchina va configurata su una rete con due informazioni :

- 1) **netmask** per individuare la rete (o sottorete) a cui la macchina appartiene,
- 2) **numero IP della macchina** all'interno della rete (o sottorete).

esempio

*Il processo di spedizione di dati su un host consiste nel confrontare il risultato dell'operazione di **AND** bit a bit tra il proprio indirizzo e la propria netmask con quello tra l'indirizzo del destinatario e la sua netmask **per determinare se il destinatario dei propri pacchetti si trova sulla stessa rete** .*

Un **Host A** con IP **192.168.3.5** e netmask **255.255.255.0** vuole inviare dei pacchetti ad un **Host B** **192.168.3.25** con netmask **255.255.255.0**. Occorre determinare se B è sulla stessa rete di A.

Host A: 192.168.3.5	11000000 . 10101000 . 00000011 . 00000101	AND
netmask A	11111111 . 11111111 . 11111111 . 00000000	
	<u>11000000 . 10101000 . 00000011 . 00000000</u>	

Host B: 192.168.3.25	11000000 . 10101000 . 00000011 . 00011001	AND
netmask B	11111111 . 11111111 . 11111111 . 00000000	
	<u>11000000 . 10101000 . 00000011 . 00000000</u>	

*Il risultato è identico = i due host possono inviarsi **direttamente** i pacchetti in quanto sulla stessa rete (cioè **senza impegnare il router per l'instradamento**).*

*Se le operazioni di **AND** avessero evidenziato valori diversi = i due host **non** avrebbero potuto comunicare direttamente (in quanto collegati su reti diverse), ed A avrebbe dovuto spedire il pacchetto al proprio router per contattare il router di B.*

Subnetting

L'indirizzamento classful è rigido (numero prefissato di classi e di indirizzi di host) e non sempre riesce a soddisfare tutte le richieste di assegnazione di indirizzi IP.

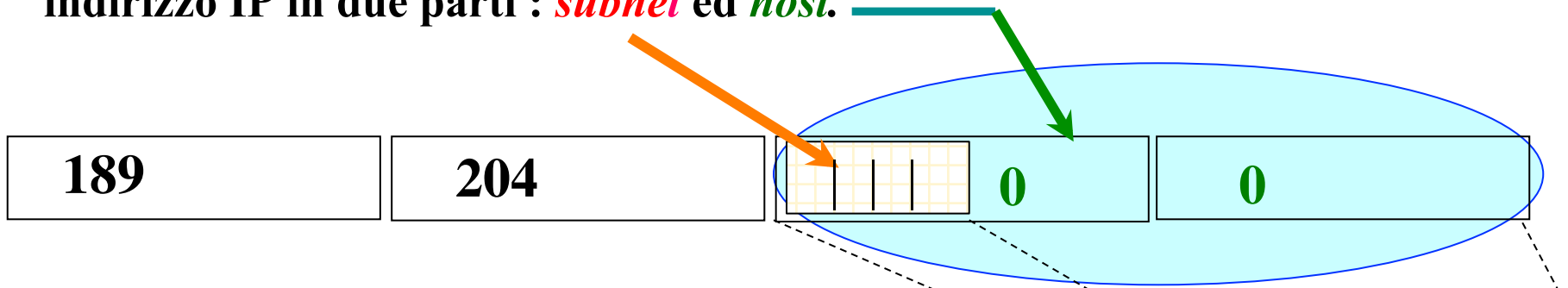
*Necessario prevedere la possibilità di organizzare diversamente le proprie reti (i propri indirizzi IP assegnati) effettuando **subnetting** o **supernetting**.*

Vantaggi del subnetting :

- **Riduzione del traffico di rete:** riduce il dominio di broadcast (*broadcast domain*);
- **Miglioramento delle performance della rete:** riduzione del traffico;

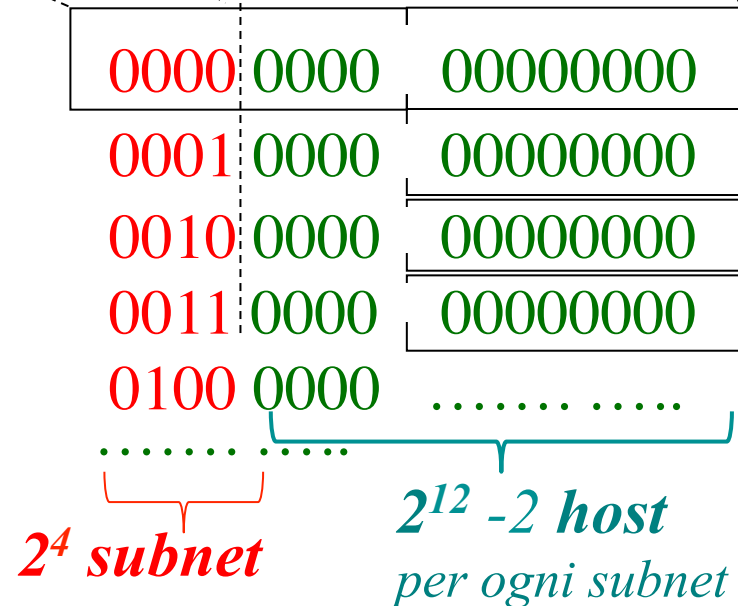
SUBNETTING

Il **subnetting** consiste nel suddividere il **campo HOST** (il suffisso) di un indirizzo IP in due parti : **subnet** ed **host**.



Ad esempio, in un indirizzo IP di classe B i primi 2 byte (16 bit) rappresentano l'indirizzo della rete e gli ultimi 2 byte servono per indirizzare gli host di quella rete.

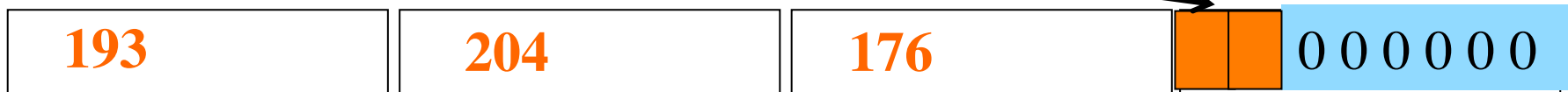
La tecnica del **subnetting** **consiste** nell'utilizzare i bit più significativi degli ultimi 2 byte (riservati agli host) per definire più sottoreti all'interno di una stessa rete .



Esempio Subnetting

Ad es. dividere una rete di classe C in 4 subnet ciascuna con al max 60 host

4 subnet = 2^2 indirizzi di subnet = 2 bit nell'ultimo byte



Le 4 subnet ricavate avranno ciascuna al max 64 indirizzi di host da 000000 a 111111 (62 utilizzabili per gli host e due indirizzi riservati : 000000 per la rete e 111111 per il broadcast).

Netmask = 11111111.11111111.11111111.11000000 =: 255.255.255.192

Indirizzi generati:

Da : a: indirizzo di rete indir. di broadcast

00 000000	00 111111	00000000	00111111
01 000000	01 111111	01000000	01111111
10 000000	10 111111	10000000	10111111
11 000000	11 111111	11000000	11111111

Subnetting

In notazione decimale :

sulla rete **193.204.176.0** = **11000001.11001100.10110000.00000000**
si intendono ricavare 4 subnet

Subnet mask : **11111111.11111111.11111111.11000000** = **255.255.255.192**

<i>Netmask</i>	<i>n.subnet</i>	<i>ind.rete</i>	<i>ind. Broadcast</i>	<i>host IP da ...a..</i>	<i>n.host</i>
255.255.255.192	4	0	63	1 62	62
		64	127	65 126	62
		128	191	129 190	62
		192	255	193 254	62
tot.					248

n. di indirizzi per ciascuna subnet = $2^6 = 64$

n. di host per ciascuna subnet = $64 - 2 = 62$

Supernetting

*E' possibile definire un'unica **supernet** raggruppando indirizzi IP (fondere più subnet) per realizzare una subnet più grande, operando sulla netmask.*

*Nell'esempio precedente è possibile raggruppare le ultime due subnet in un'unica supernet con un numero di **125 host** e netmask pari a **1111111.1111111.1111111.10000000***

Host address

<i>Da :</i>	<i>a:</i>	<i>indirizzo di rete</i>	<i>indir. di broadcast</i>
00 000001	00 111110	00 000000	00 111111
01 000001	01 111110	01 000000	01 111111
10 000001	10 111111	10 000000	10 111111
11 000000	11 111110	11 000000	11 111111

In decimale la nuova **super rete** raggruppa le subnet **193.204.176.0**, **193.204.176.64** e **193.204.176.128**

<i>Netmask</i>	<i>n.subnet</i>	<i>ind.rete</i>	<i>ind. Broadcast</i>	<i>host IP da ... a</i>	<i>n.host</i>
255.255.255.192	3	0	63	1 62	62
		64	127	65 126	62
255.255.255.128		128	255	129 254	126
				tot.	250

Il routing classful

- **Sempre routing implicito** all'interno di una rete;
 - **Possibili più subnet** sulla stessa **rete fisica**;
 - **Mai più reti fisiche** sulla stessa **subnet**.
-
- ogni router possiede una **tabella di routing** aggiornata staticamente (nel caso delle reti più piccole) o dinamicamente,
 - la **tabella di routing** serve a **determinare i percorsi verso le reti, non verso singoli host**.

Infatti da ciascun indirizzo IP è sempre possibile determinare la classe sulla base dei primi bit dell'indirizzo e ricavare quindi la netmask ed il numero della rete.

Da classful a classless addressing



L'indirizzamento ***classful*** è rigido (numero prefissato di classi e di indirizzi) e non riesce a soddisfare nuove o diverse richieste di assegnazione di indirizzi IP.

Ad es. una intera classe A o B rischia di essere sovradimensionata per una singola organizzazione con un conseguente spreco di indirizzi .

Una classe C (255 indirizzi di host) potrebbe essere insufficiente per le necessità di una singola organizzazione.

Nell'indirizzamento classless l'intero spazio di indirizzi IP (2^{32}) viene diviso in blocchi di diverse dimensioni assegnati in base alle specifiche esigenze della rete gestita da una organizzazione.