



IPv4

Internet Protocol Version 4

Silvano GAI

Silvano@polito.it

<http://www.polito.it/~silvano>



Nota di Copyright

- Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slides) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slides (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.
- Le slides possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero della Pubblica Istruzione e al Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica e Tecnologica, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.
- Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.
- L'informazione contenuta in queste slides è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slides (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).
- In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slides.
- In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.

Cenni storici

- Nella prima metà degli anni `70 la DARPA (Defence Advanced Research Project Agency) dimostra interesse per la realizzazione di una rete:
 - a commutazione di pacchetto
 - tra elaboratori eterogenei
 - per le istituzioni di ricerca degli USA
- DARPA finanzia l'Università di Stanford e la BBN (Bolt, Beranek e Newman)

Cenni storici

- Verso la fine degli anni `70 si completa la realizzazione dell'Internet Protocol Suite, di cui i due principali protocolli sono:
 - IP: Internet Protocol
 - TCP: Transmission Control Protocol
- Da cui il nome TCP/IP usato per questa architettura di rete
- Nasce la rete Arpanet, prima rete della ricerca mondiale che evolve e diventa Internet

Internet

- Usa i protocolli TCP/IP
- La più grande rete di calcolatori al mondo
- È in realtà una “rete di reti” che collega:
 - 240.000 domini
 - 100.000 reti
 - 10 milioni di calcolatori
- Ha un tasso di crescita elevatissimo, nel secondo semestre 1995:
 - un nuovo dominio collegato ogni 2 minuti
 - una nuova rete collegata ogni 10 minuti
 - il numero di calcolatori connessi è cresciuto del 6% al mese

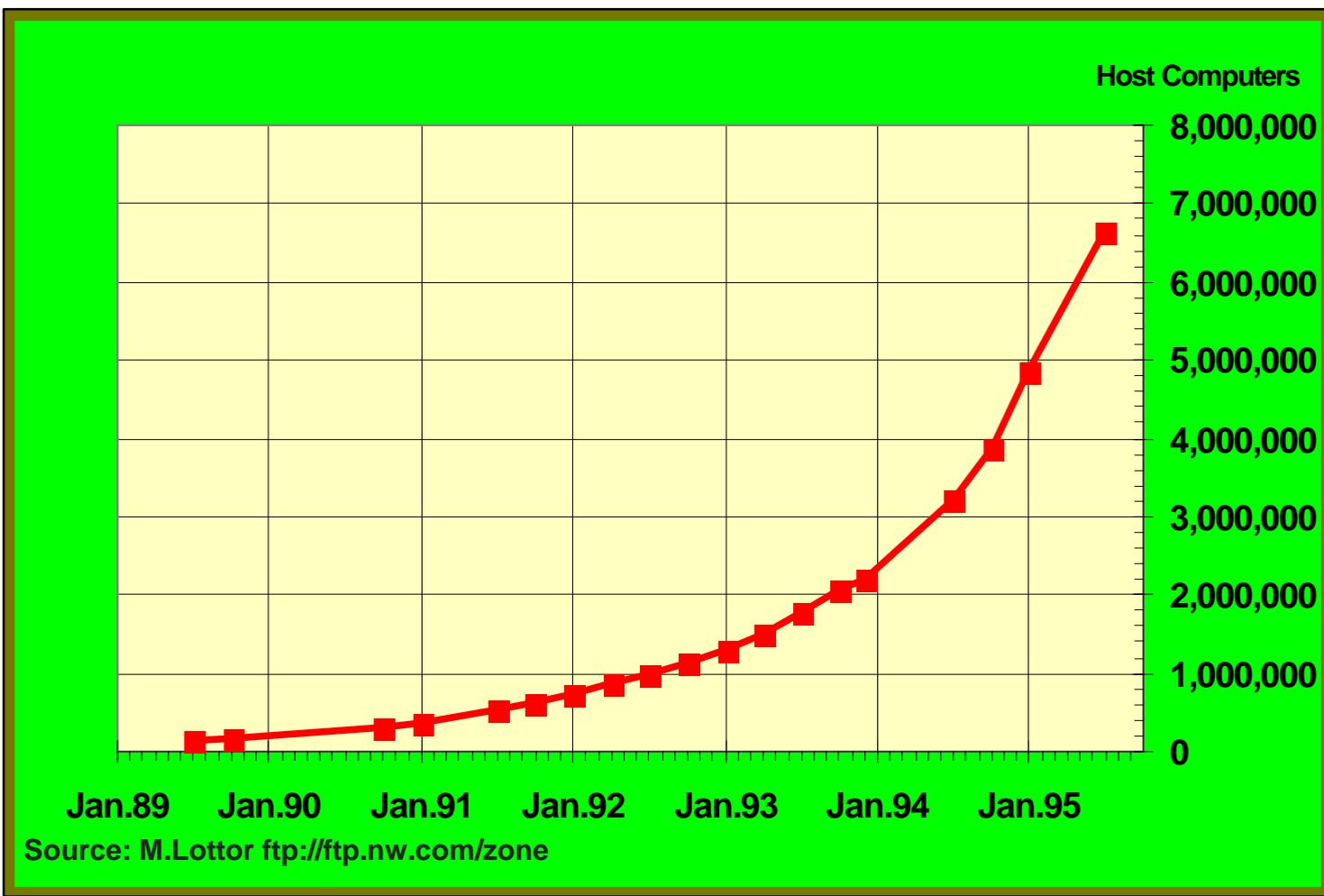
Dati inizio 1996

Dimensioni di Internet

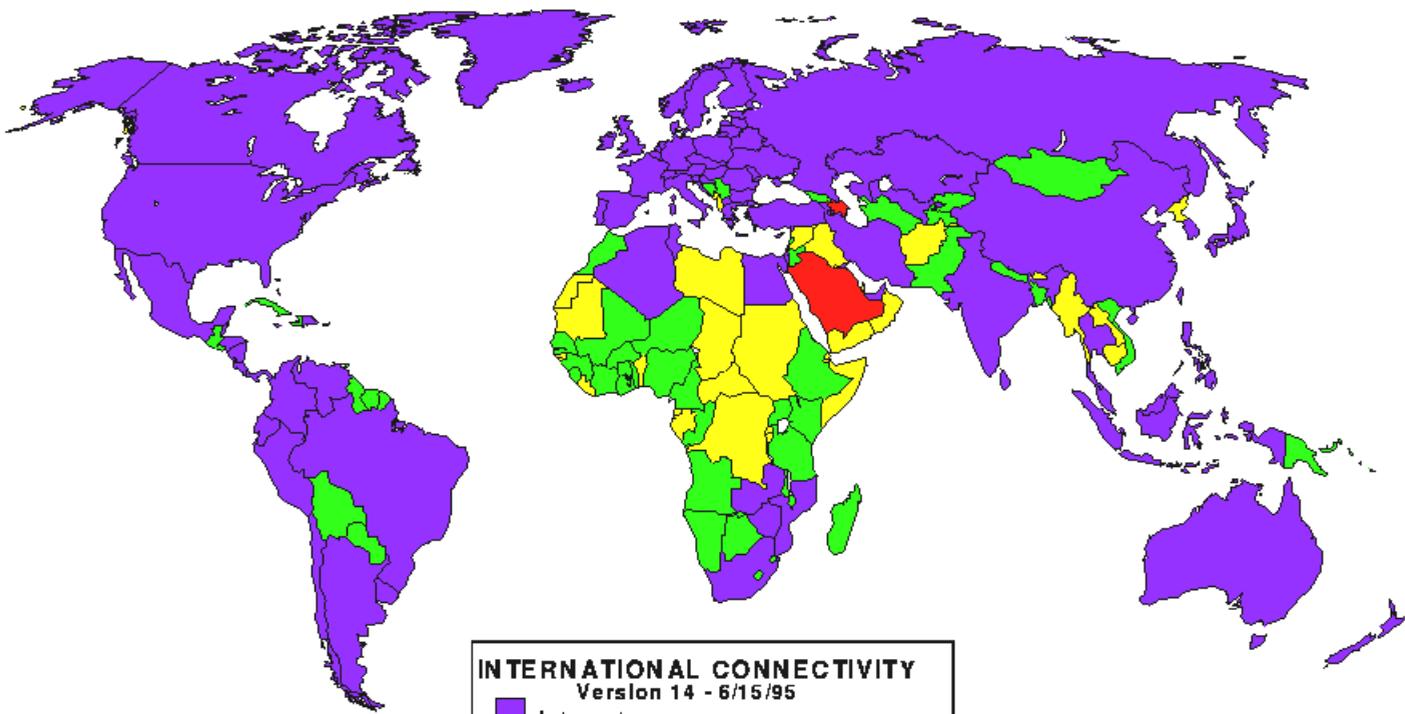
Date	Hosts	Domains	Replied	Network Class		
			ToPing*	A	B	C
Jan 96	9,472,000	240,000	1,682,000	92	5655	87924
Jul 95	6,642,000	120,000	1,149,000	91	5390	56057
Jan 95	4,852,000	71,000	970,000	91	4979	34340
Oct 94	3,864,000	56,000	1,024,000	93	4831	32098
Jul 94	3,212,000	46,000	707,000	89	4493	20628
Jan 94	2,217,000	30,000	576,000	74	4043	16422
Oct 93	2,056,000	28,000		69	3849	12615
Jul 93	1,776,000	26,000	464,000	67	3728	9972
Apr 93	1,486,000	22,000	421,000	58	3409	6255
Jan 93	1,313,000	21,000		54	3206	4998

[* estimated by pinging 1% of all hosts]

Crescita del numero di hosts

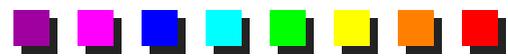


Nazioni con connessioni ad Internet



INTERNATIONAL CONNECTIVITY
Version 14 - 6/15/95

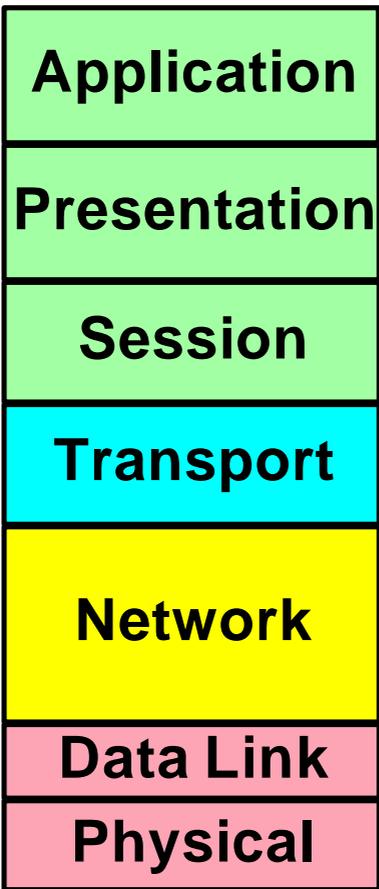
- Internet
- Bitnet but not Internet
- EMail Only (UUCP, FidoNet)
- No Connectivity



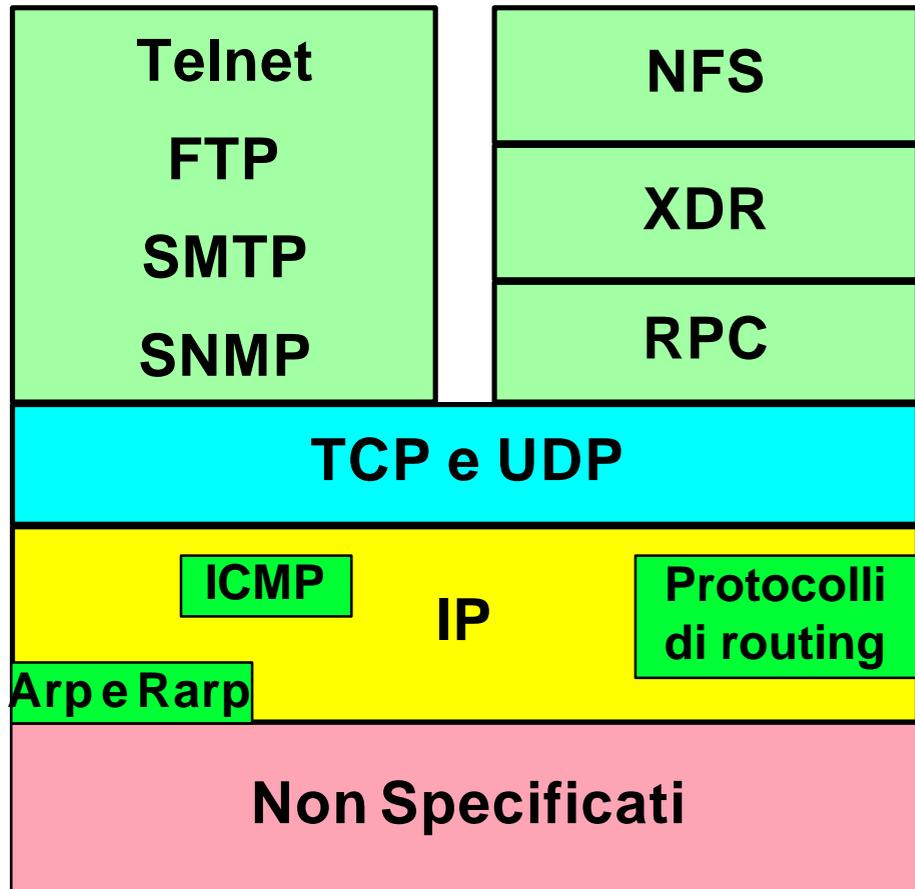
L'architettura TCP/IP

- Comprende anche molti altri protocolli, quali
 - UDP (User Datagram Protocol)
 - NFS (Network File System)
- È di dominio pubblico
- Realizzata da tutti i costruttori di calcolatori
- Molto spesso è l'unica architettura di rete fornita
- Standardizzata con dei documenti detti RFC (Request For Comment)

L'Architettura di rete TCP/IP

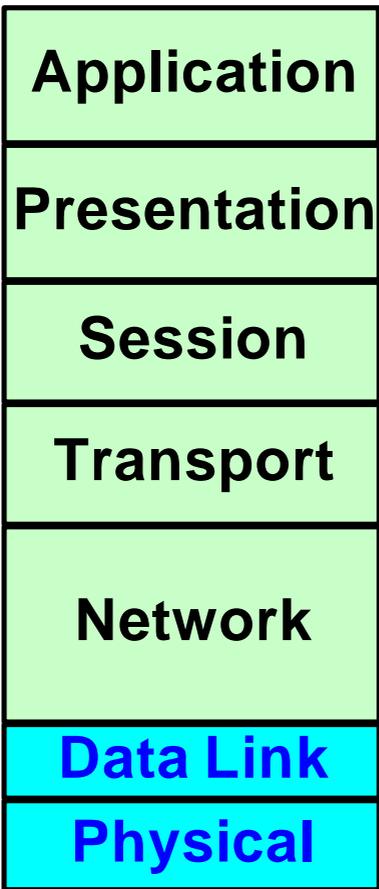


OSI

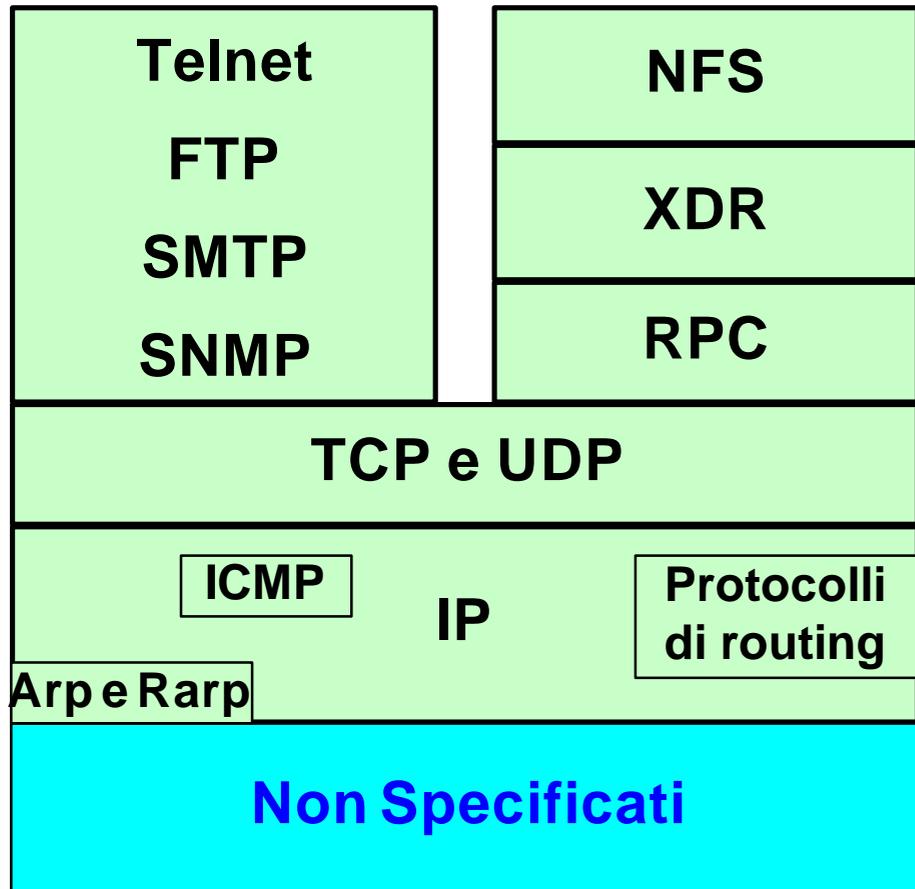


Internet Protocol Suite

I livelli 1 e 2



OSI

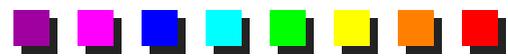
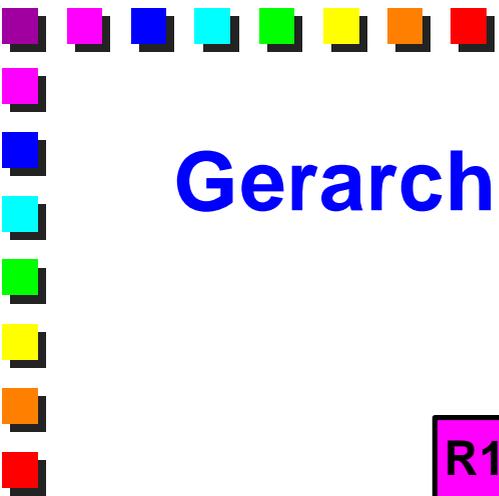
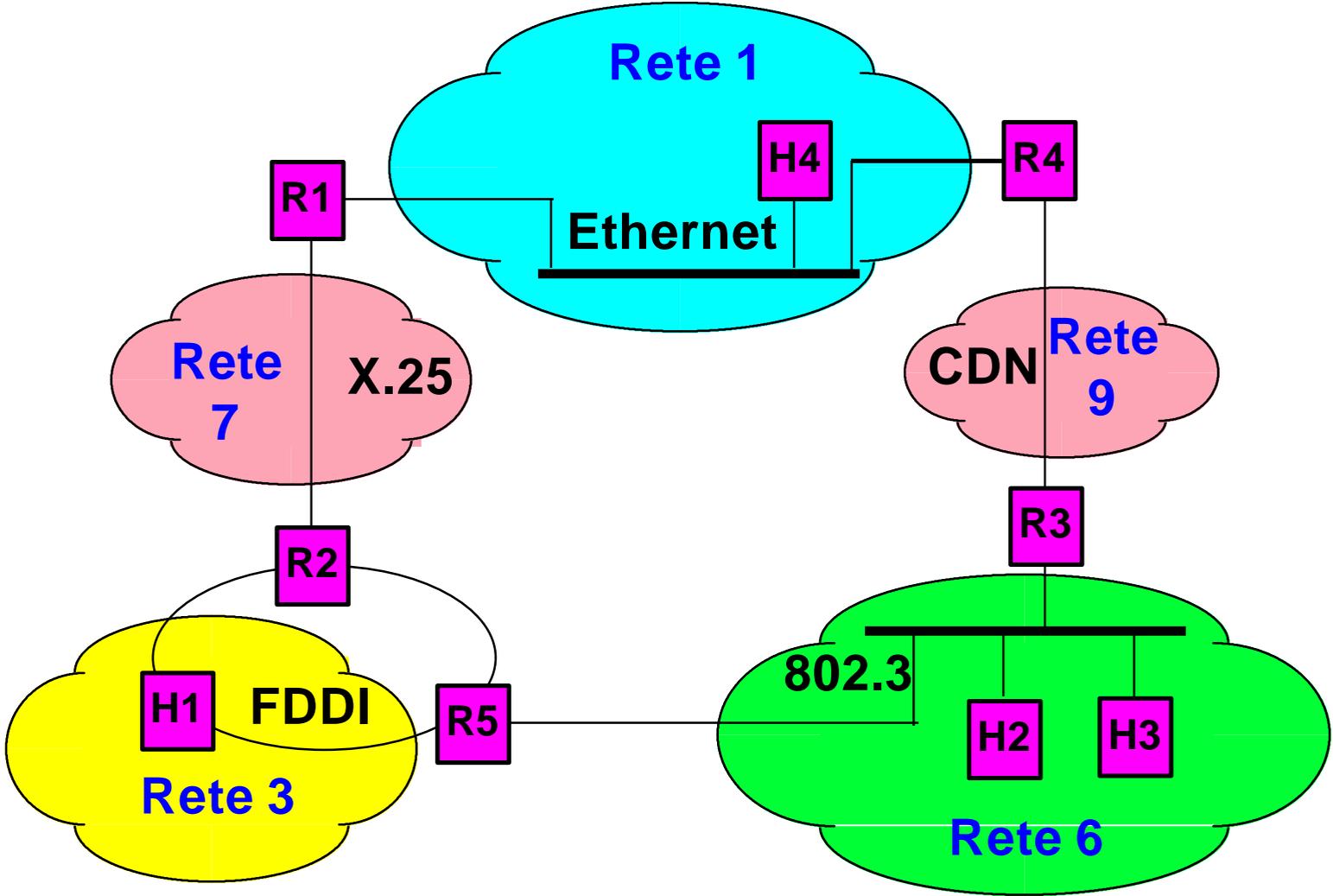


Internet Protocol Suite

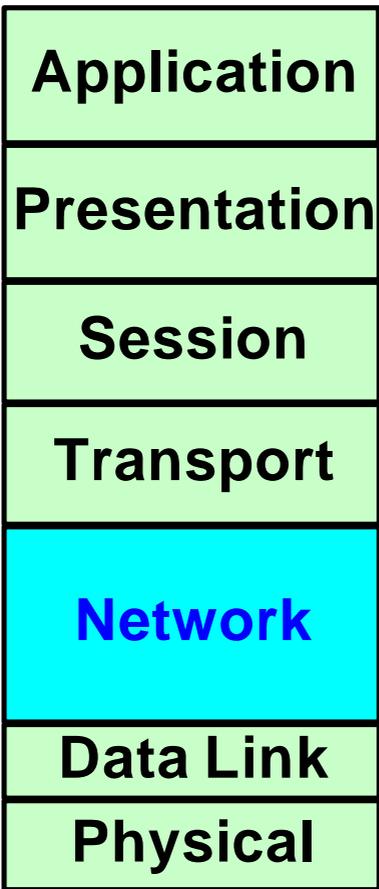
Sotto l'IP - I livelli 1 e 2

- L'architettura TCP/IP è concepita come un mezzo per fare internetworking tra reti (locali o geografiche)
- È in grado di operare su tutte le reti:
 - Ethernet, token-ring, FDDI
 - ATM, SMDS, Frame Relay
 - X.25
 - SLIP, PPP, Dialup
- Esistono realizzazioni di TCP/IP anche per reti non standard

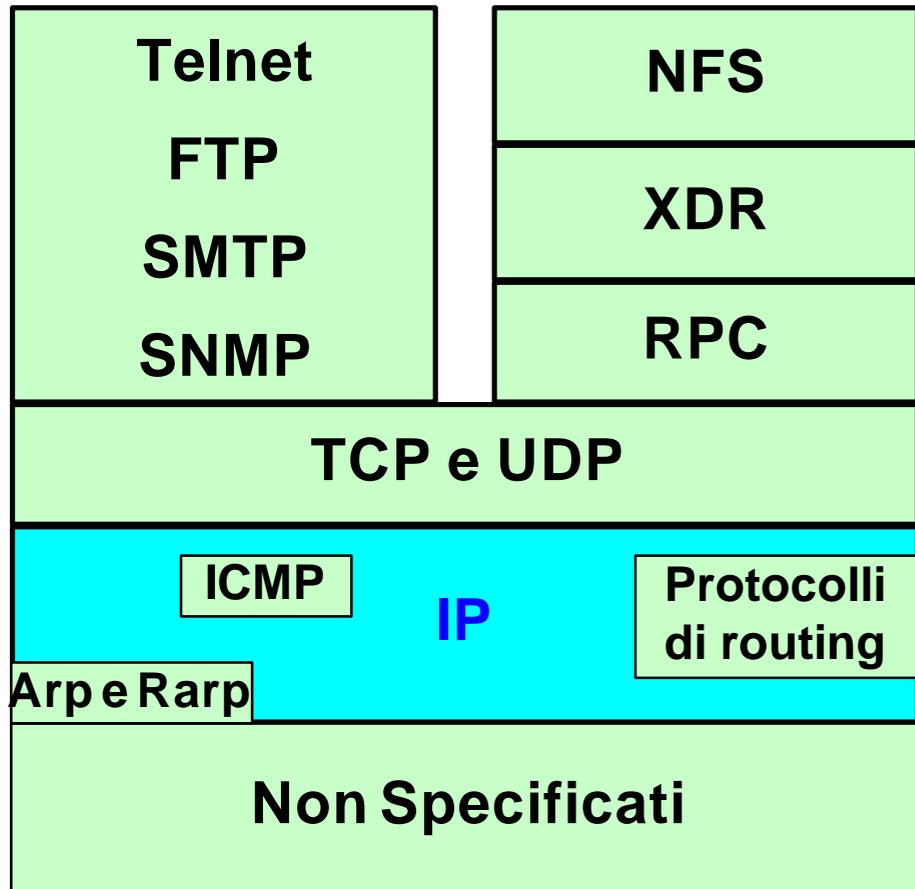
Gerarchia



L'IP: Internet Protocol



OSI



Internet Protocol Suite

IP:Internet Protocol

- È il livello Network di TCP/IP
- Offre un servizio non connesso
- Semplice protocollo di tipo Datagram
- Un protocollo datato ...
- ... ma non obsoleto

Oggi: IP-v.4
Domani: IP-v.6

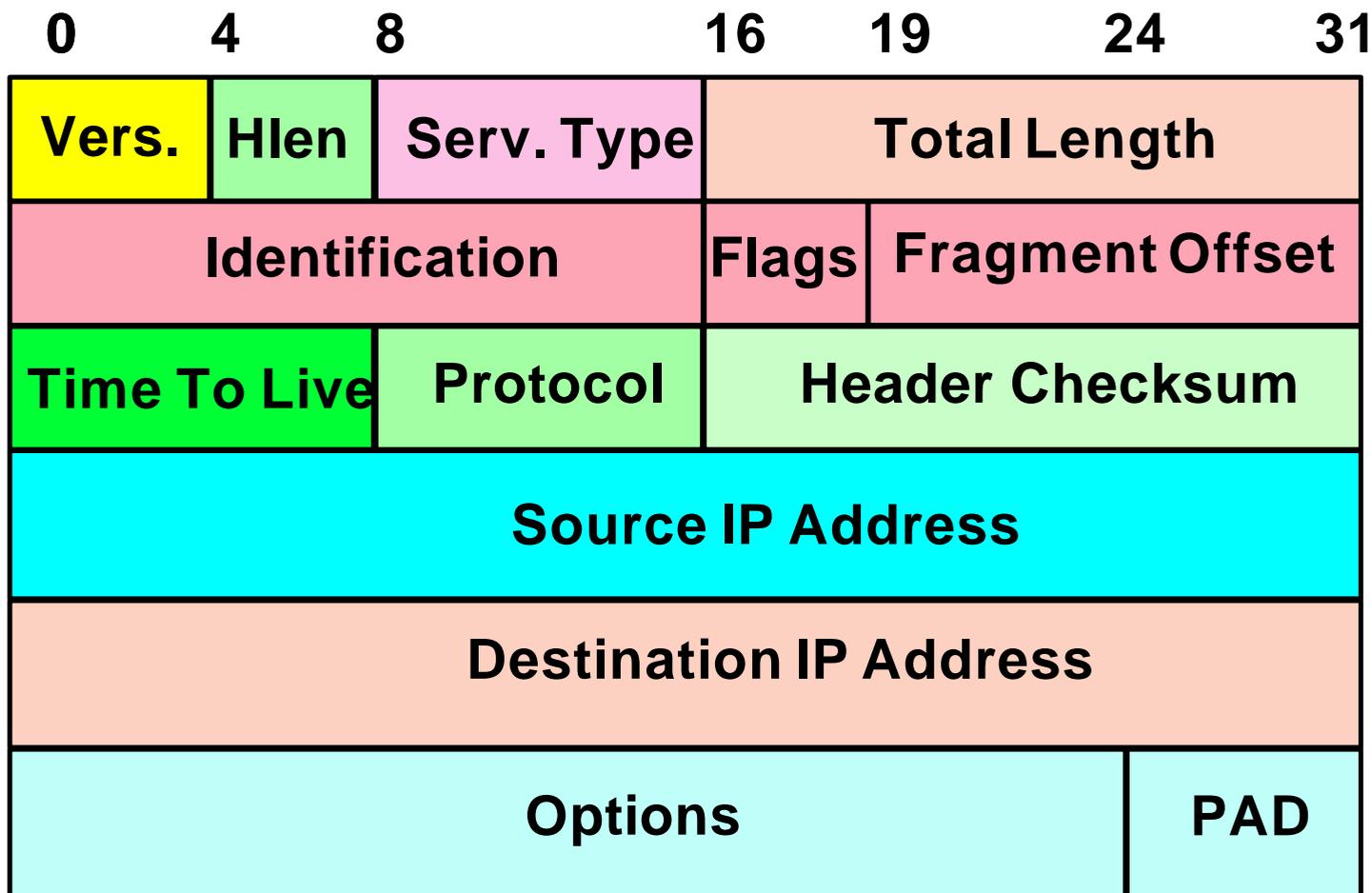


IP: funzionalità

- Frammentazione e riassetblaggio dei pacchetti
- Gestione indirizzi a 32 bit a livello di rete e di host
- Routing
- Monitoring della connessione
- Configurazione di classi di servizio



Formato del pacchetto IPv4



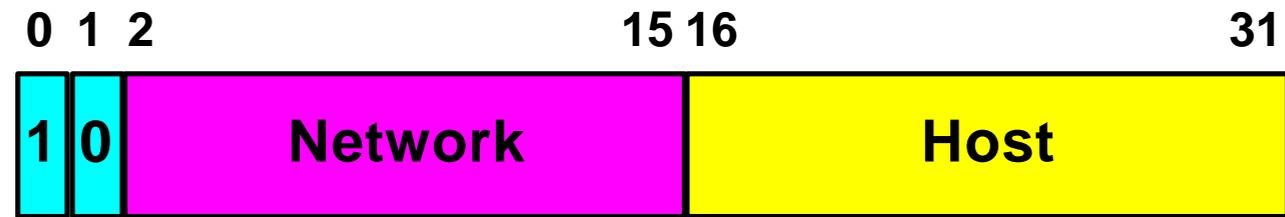
Indirizzi IP

- Sono ampi 32 bit (4 byte)
- Si scrivono come 4 numeri decimali separati dal carattere “.”
- Ogni numero rappresenta il contenuto di un byte ed è quindi compreso tra 0 e 255
- Esempi
 - 131.190.0.2
 - 1.1.2.17
 - 200.70.27.33

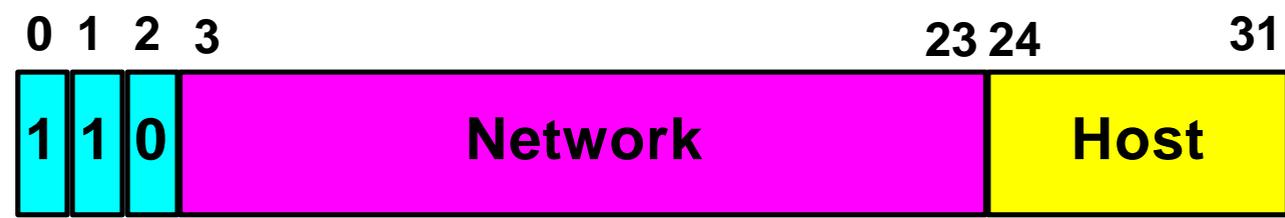
Indirizzamento



Classe A



Classe B



Classe C

Classe A

■ Campo rete

- 7 bit
- max 128 reti
- valori compresi tra 0 e 127

■ Campo host

- 24 bit
- max 16M host



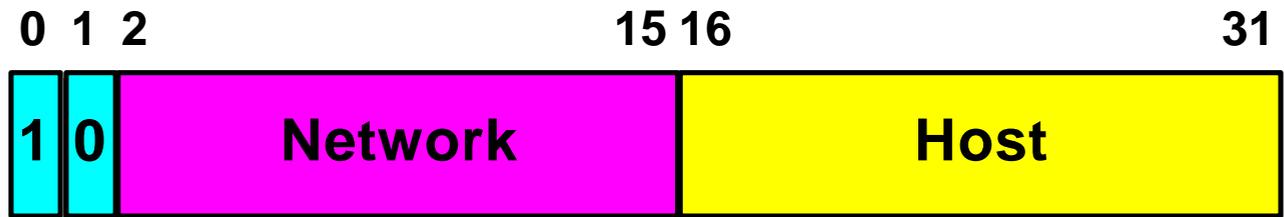
Classe B

■ Campo rete

- 14 bit
- max 16K reti
- valori compresi tra 128 e 191

■ Campo host

- 16 bit
- max 64K host



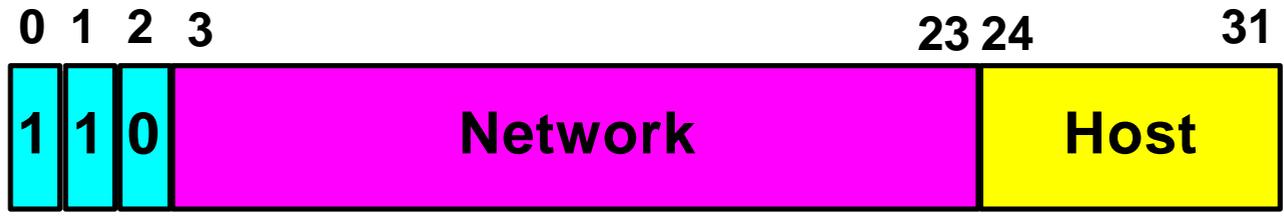
Classe C

■ Campo rete

- 21 bit
- max 2M reti
- valori compresi tra 192 e 223

■ Campo host

- 8 bit
- max 256 host



Classi D ed E



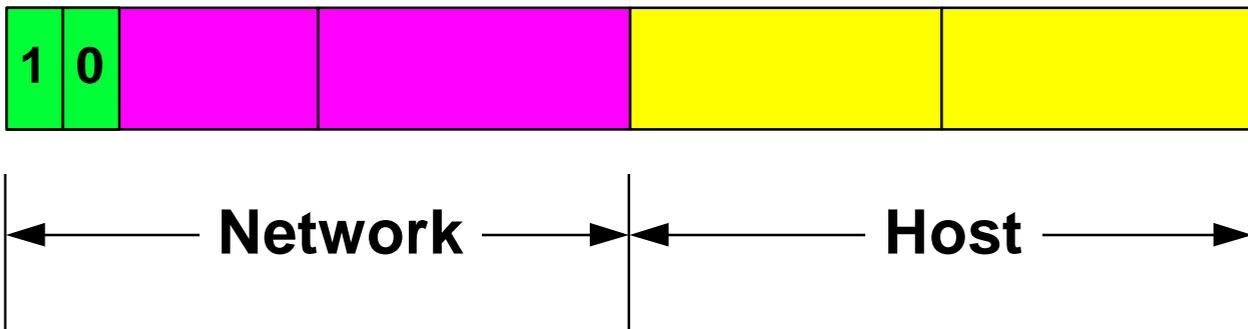
Classe D



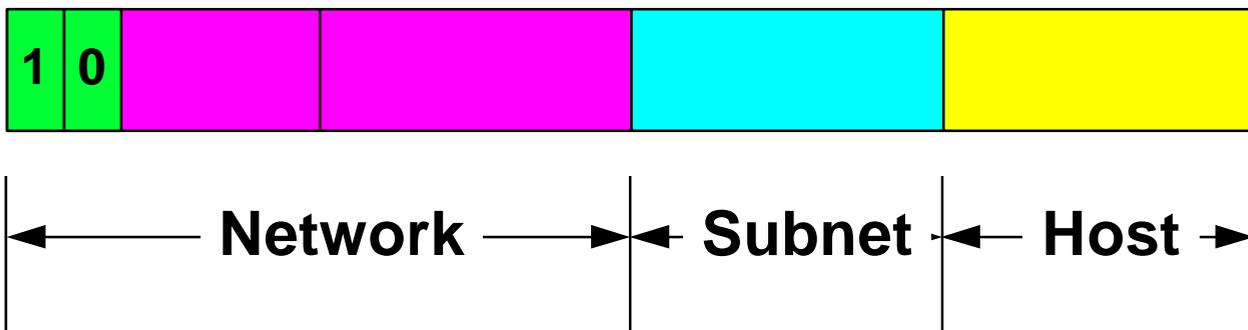
Classe E

Subnetting

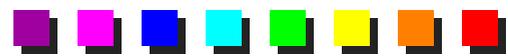
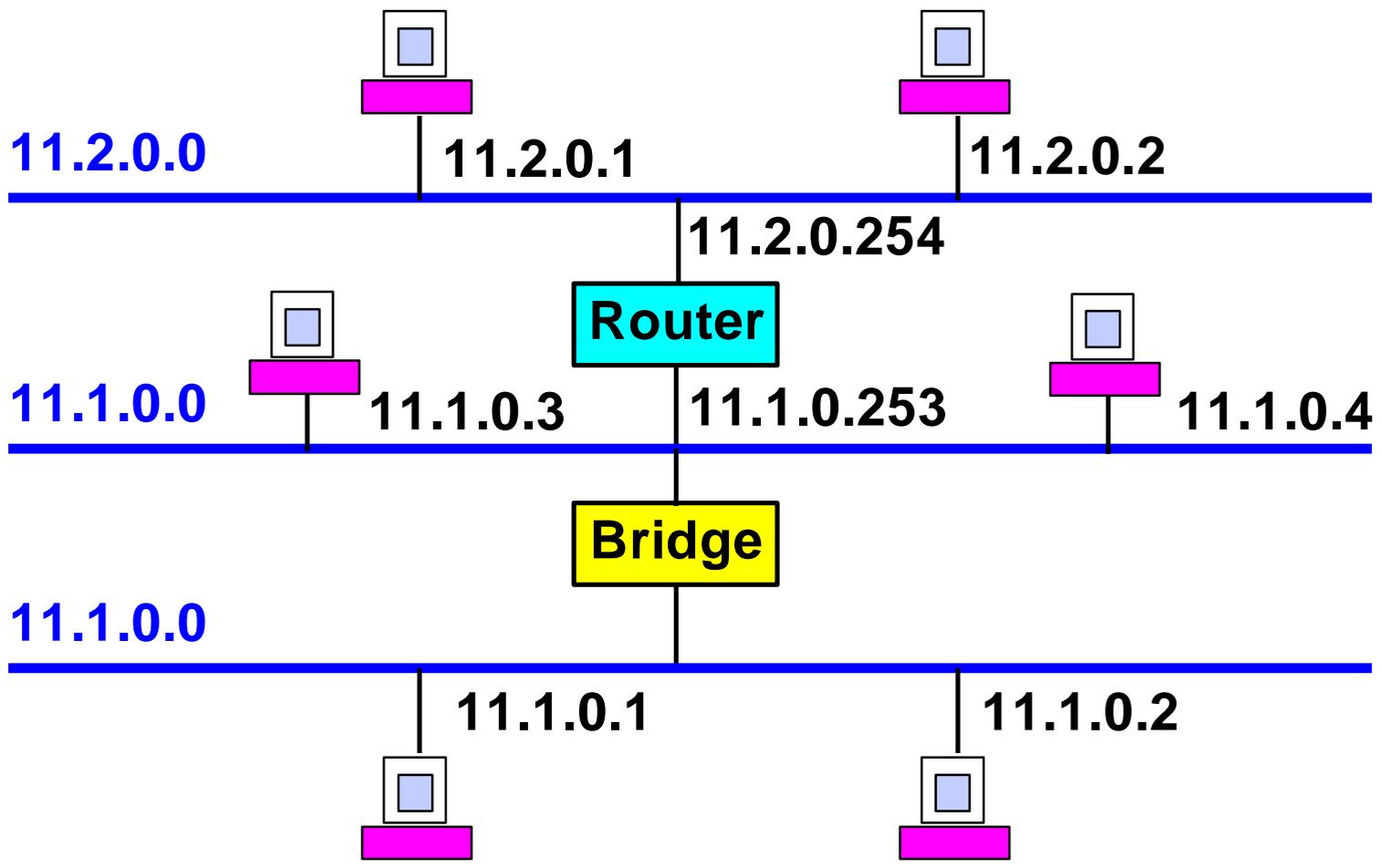
Indirizzo di classe B prima del subnetting



Indirizzo di classe B dopo il subnetting



Reti logiche e fisiche



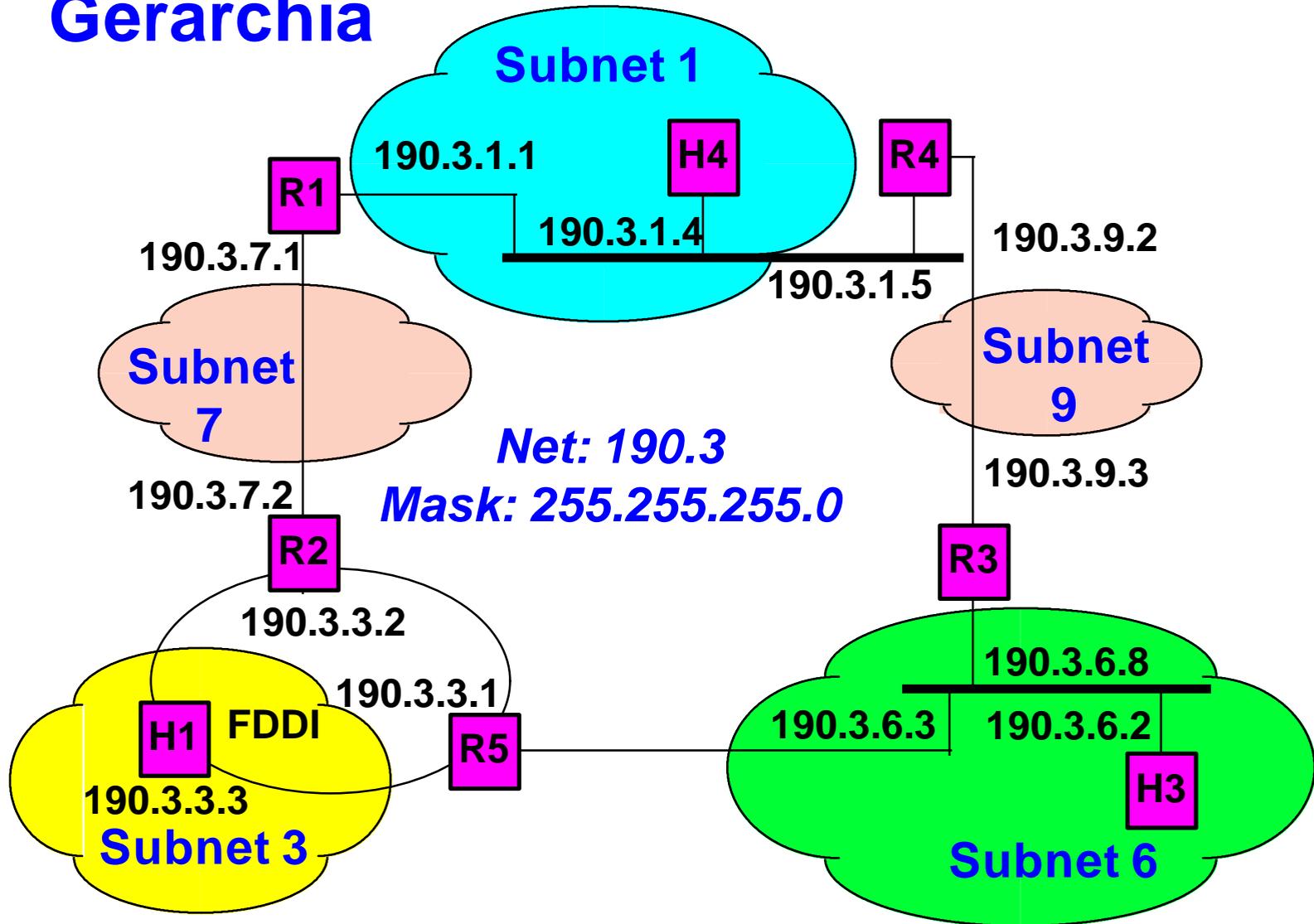
Netmask

- **Parametro che specifica il subnetting**
 - bit a 1 in corrispondenza dei campi network e subnetwork
 - bit a 0 in corrispondenza del campo host
- **Esempio: si supponga di voler partizionare una rete di classe B in 16 subnet da 4096 host**
 - Netmask 11111111 11111111 11110000 00000000
 - Netmask esadecimale ff ff f0 00
 - Netmask decimale 255.255.240.0

Subnet e reti fisiche

- **IP assume una corrispondenza biunivoca tra reti fisiche e subnet:**
 - **routing implicito all'interno di una subnet**
 - **realizzazioni più moderne ammettono**
 - **più subnet sulla stessa rete fisica**
 - **più reti fisiche sulla stessa subnet (Proxy ARP)**
- **Il routing tra subnet diverse è esplicito**
 - **gestito dai router tramite tabelle di instradamento**

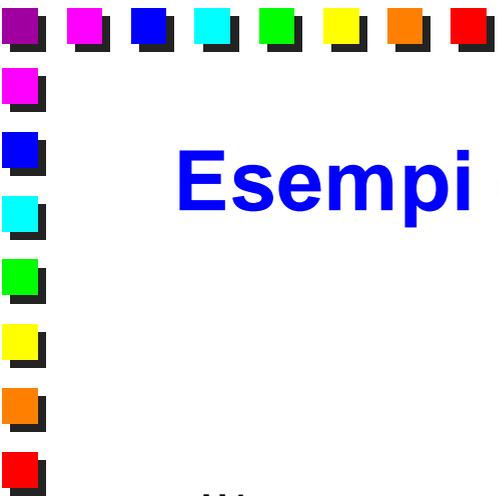
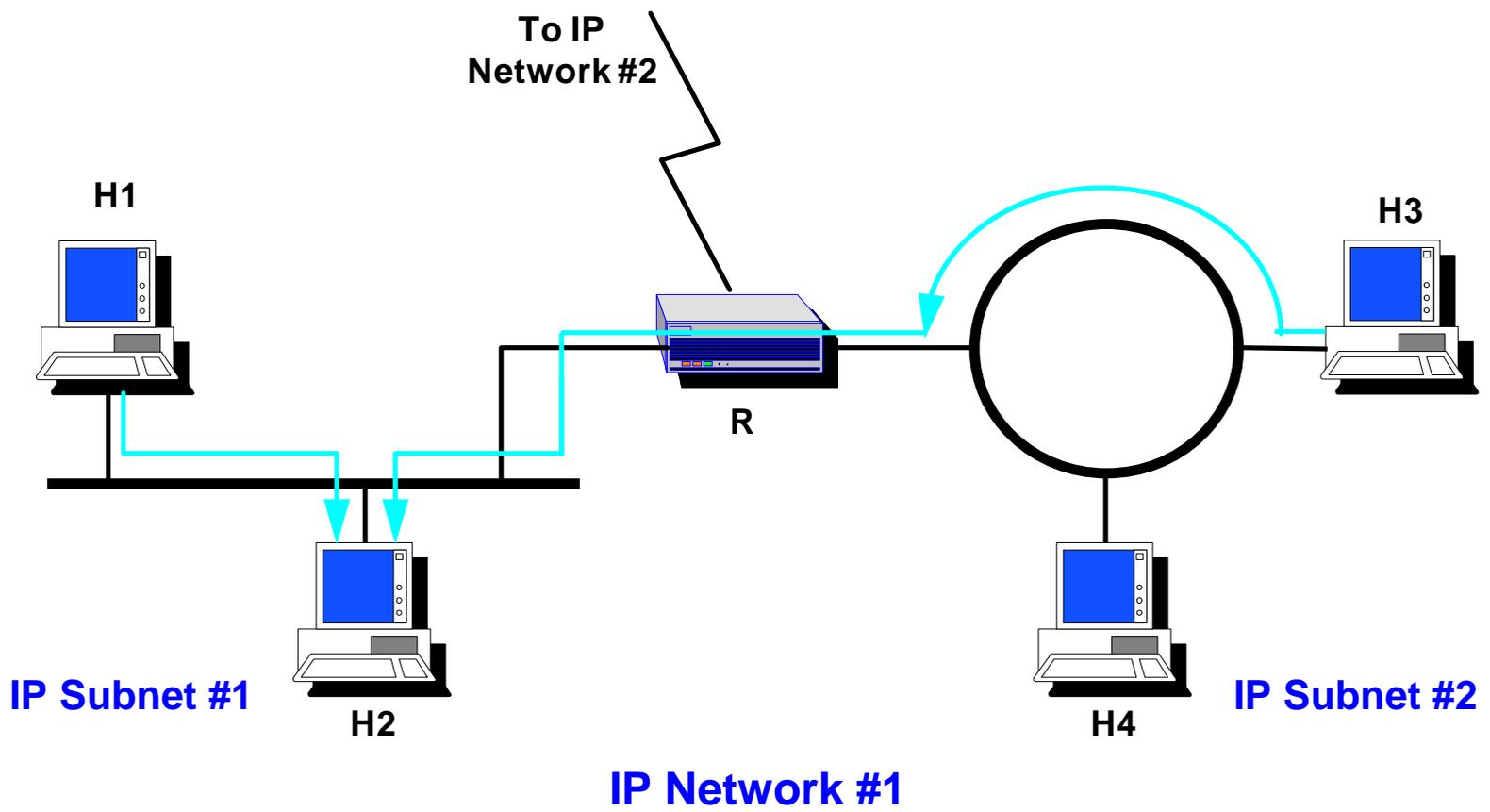
Gerarchia



Subnet: instradamento

- All'interno della subnet l'instradamento deve essere fornito dalla rete fisica
- Corrispondenza tra gli indirizzi di subnet (indirizzi IP) e gli indirizzi di livello 2 gestita da ARP
- Indirizzi di livello 2
 - Indirizzi MAC sulle LAN
 - Indirizzi di DTE in X.25
 - Identificatori di LCI in Frame Relay
 -

Esempi di instradamento



Default Route

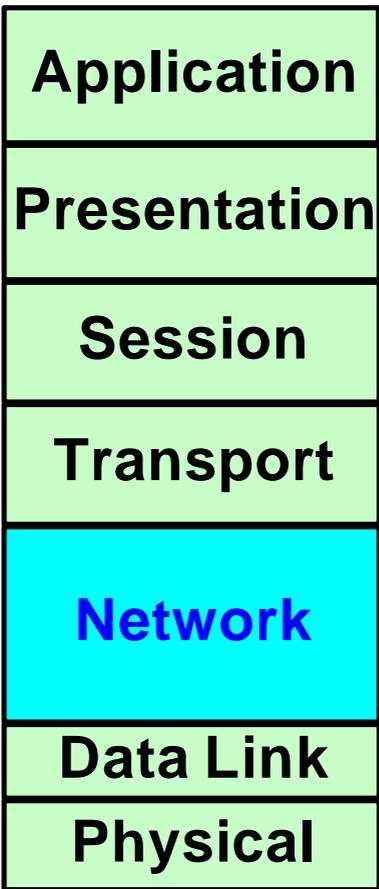
- Gli host devono conoscere almeno un router presente sulla loro rete fisica
- Il protocollo ICMP permette di ottimizzare dinamicamente il routing
- Ad esempio sull'host H4
 - route add default 190.3.1.5

Tabelle di instradamento

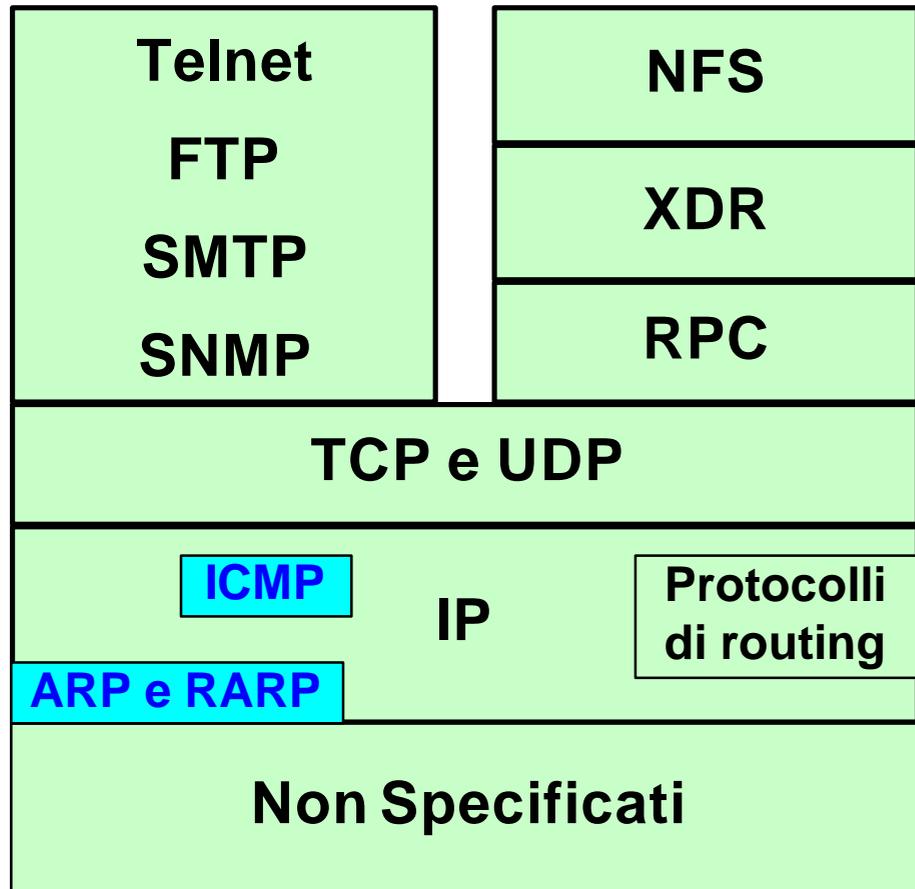
- L'instradamento tra subnet diverse viene gestito da tabelle di instradamento presenti sui router
- Esempio:
 - tabelle di instradamento del router R5
 - 3 subnet non raggiungibili direttamente

Subnet di Destinazione	Indirizzo del router
190.3.1.0	190.3.3.2
190.3.7.0	190.3.3.2
190.3.9.0	190.3.6.8

ICMP e ARP



OSI

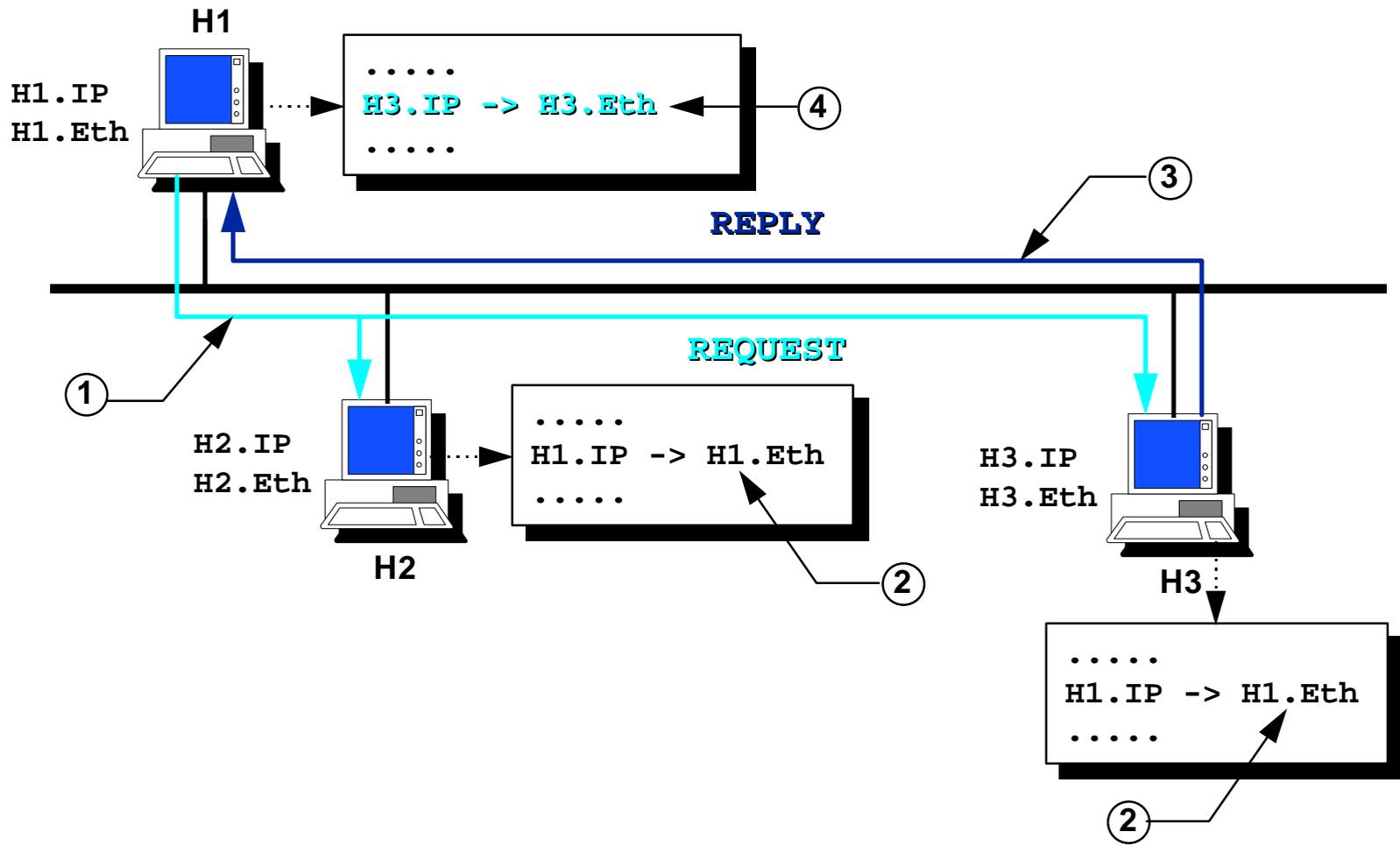


Internet Protocol Suite

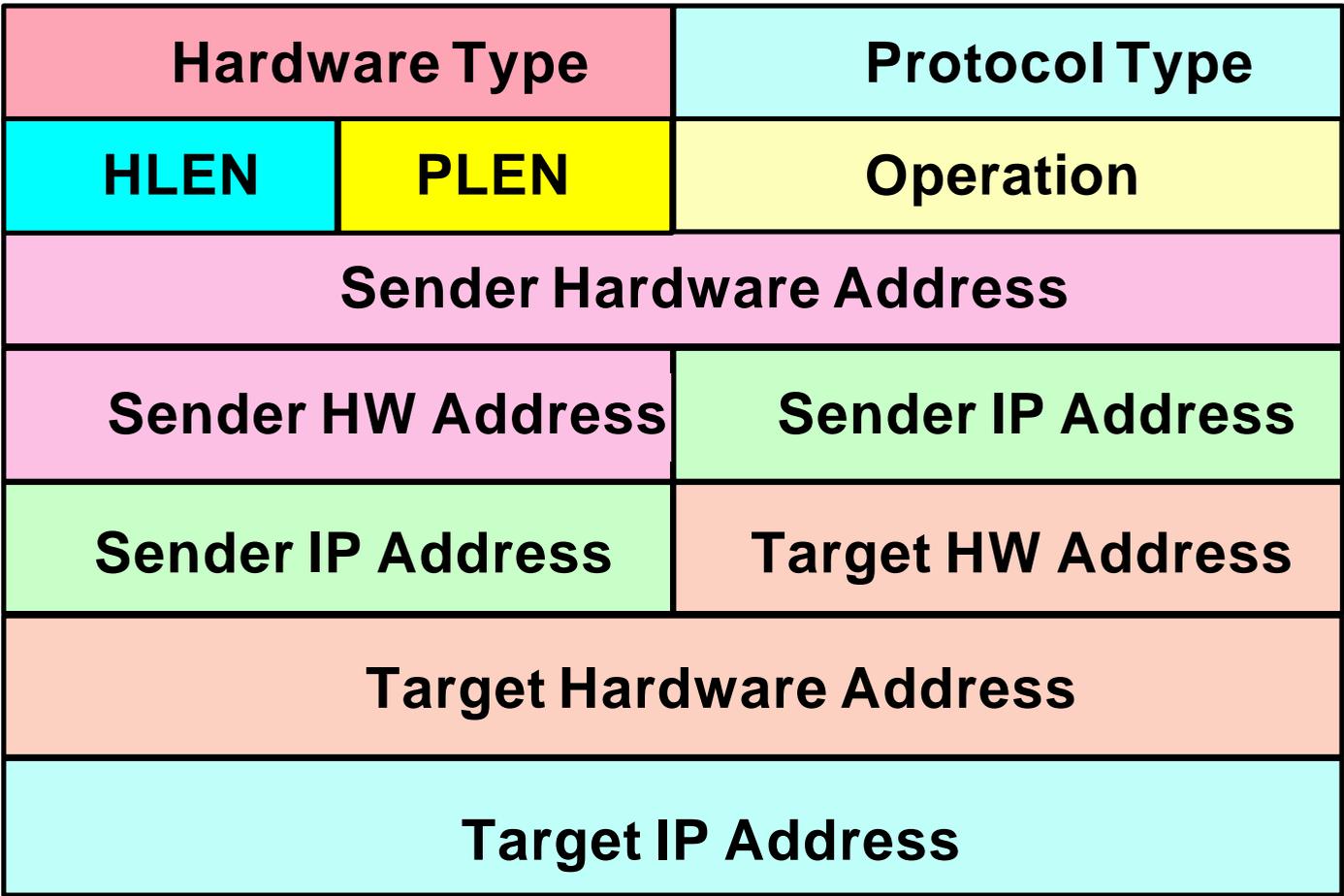
ARP/RARP

- **ARP: Address Resolution Protocol**
- **RARP: Reverse ARP**
- **Protocolli in broadcast di tipo solicitation**
- **ARP**
 - **la stazione che vuole scoprire l'indirizzo MAC di un'altra stazione, di cui conosce l'indirizzo di livello 3, invia la richiesta in broadcast di tipo solicitation**
 - **la stazione sollecitata risponde**

Esempio di ARP

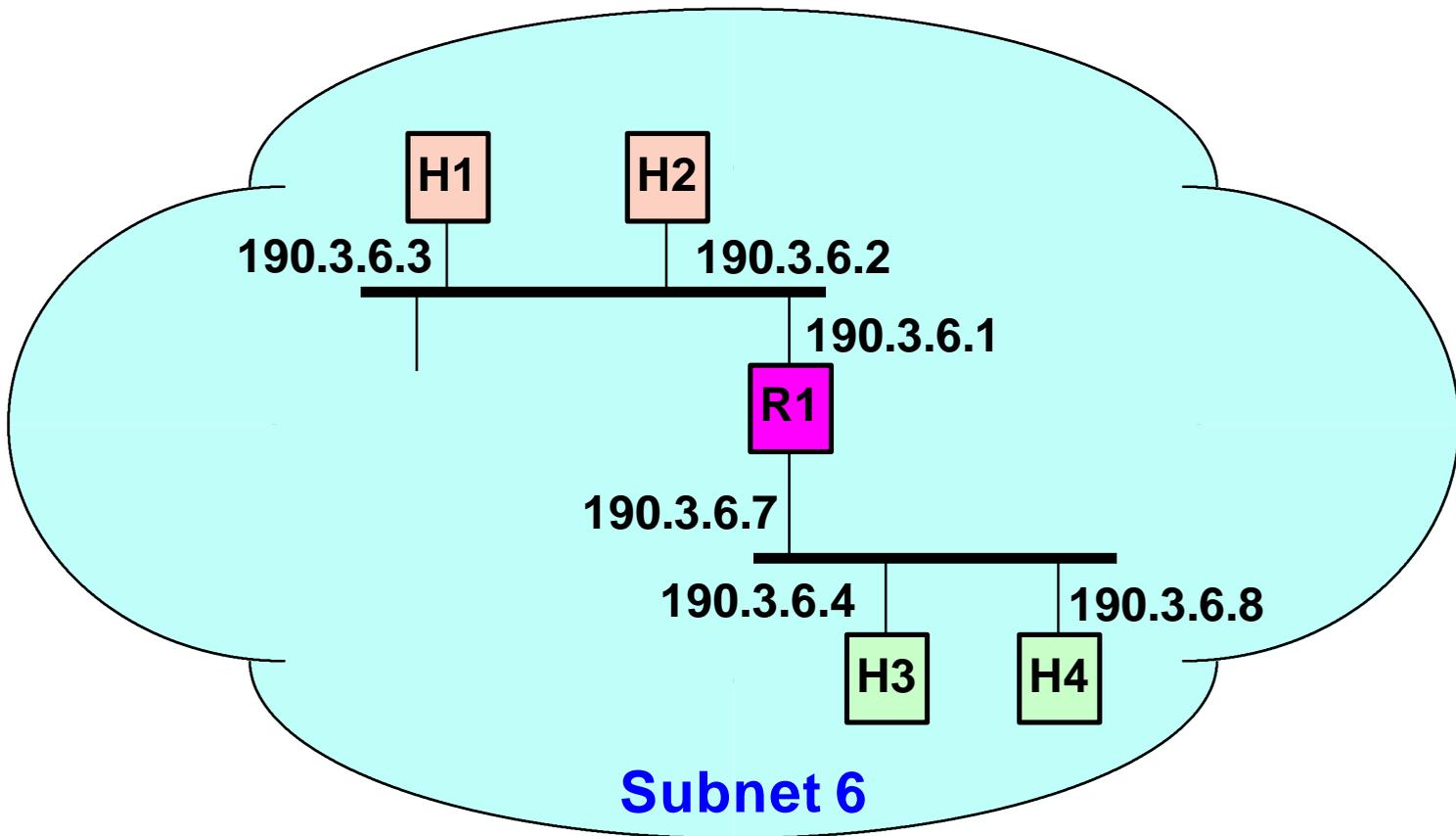


ARP



Proxy ARP

- Permette di usare la stessa subnet su due o più reti fisiche diverse



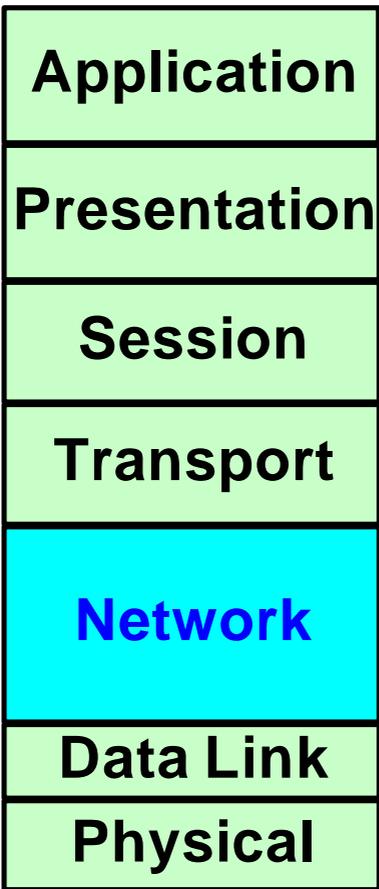
ICMP

- Internet Control Message Protocol
- Verificare lo stato della rete
 - Echo request ed Echo reply
- Riportare anomalie
 - Destination Unreachable
 - Time Exceeded for a Datagram
 - Parameter Problem on a Datagram
- Scoprire la netmask
 - Mask Request
 - Address Mask Reply
- Migliorare il routing
 - Redirect

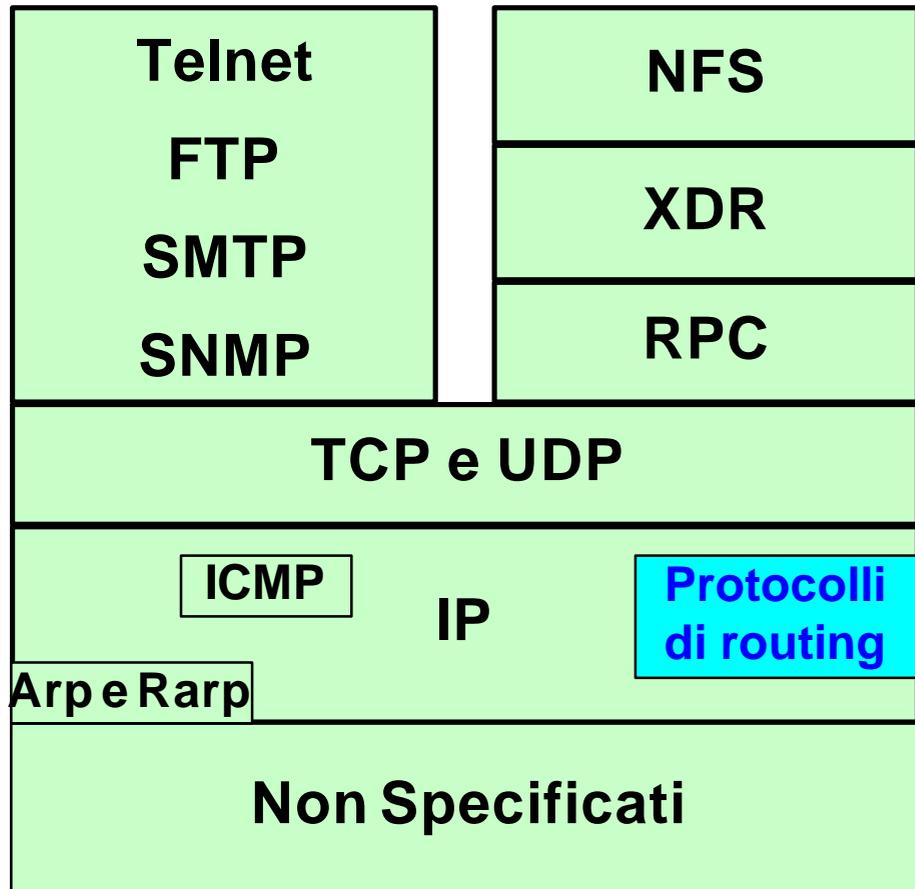
ICMP

Valore	Tipo di Messaggio
0	Echo Reply
3	Destination Unreachable
4	Source Quence
5	Redirect
8	Echo Request
11	Time Exceeded for a Datagram
12	Parameter Problem on a Datagram
13	Timestamp Request
14	Timestamp Reply
15	Information Request (obsolete)
16	Information Reply (obsolete)
17	Address Mask Request
18	Address Mask Reply

Protocolli di Routing

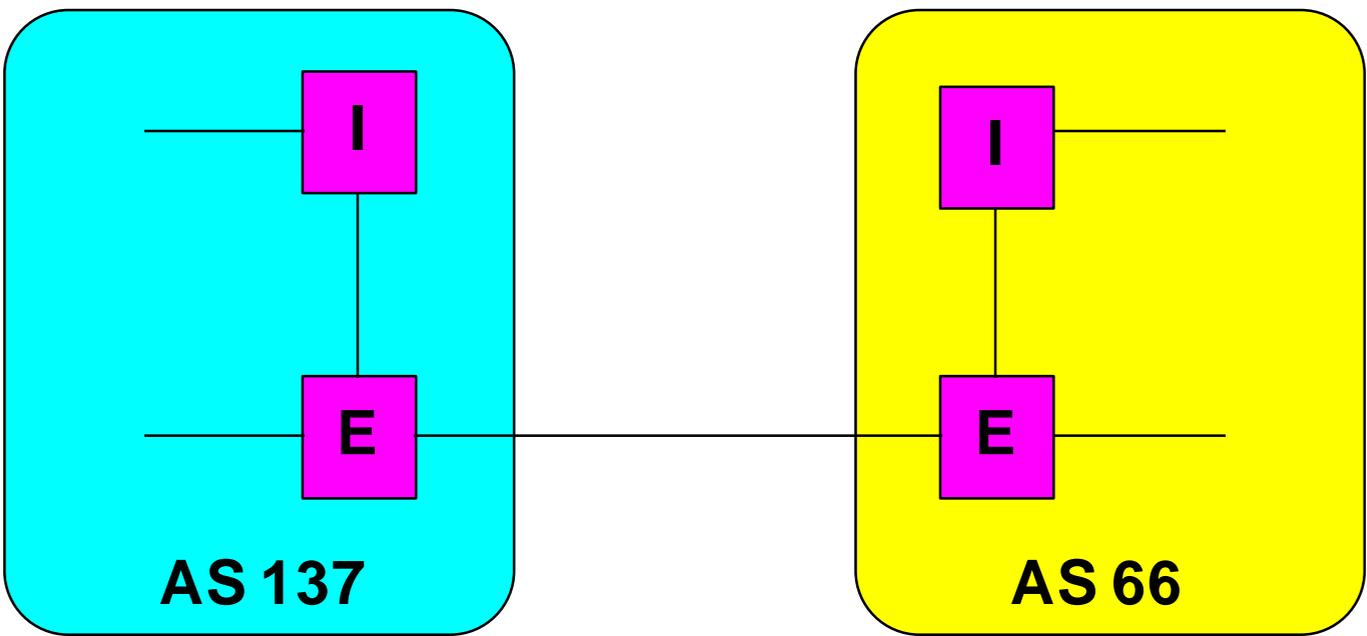


OSI



Internet Protocol Suite

Autonomous System



E: Exterior router
I: Interior router

AS: Autonomuos System

- È un insieme di di sottoreti raggruppate secondo criteri topologici e organizzativi
- All'interno di un AS il routing e l'indirizzamento sono strettamente coordinati
- Un AS può interfacciarsi con altri AS
 - gli exterior router di un AS hanno visibilità su tutte le destinazioni all'interno dell'AS e sugli exterior router degli altri AS

Protocolli di routing

■ IGP: Interior Gateway Protocol

- RIP: Routing Information Protocol (Distance Vector)
- IGRP: Interior Gateway Routing Protocol (Distance Vector)
- OSPF: Open Shortest Path First (Link-State)
- Integrated IS-IS (Link-State)

■ EGP: Exterior Gateway Protocol

- EGP: Exterior Gateway Protocol (Reachability-only)
- BGP: Border Gateway Protocol (Distance Vector)
- IDRP: Inter Domain Routing Protocol

RIP

- **Sviluppato dalla Xerox per XNS**
- **Nel 1982 il RIP è stato adattato per il TCP/IP con lo UNIX BSD**
- **Si tratta di un protocollo di routing intradominio basato su un algoritmo di tipo distance vector**
- **Definito dall'IETF nello RFC 1058 (1988) e nello RFC 1388 (1993)**
- **Usato in diverse implementazioni proprietarie tra cui lo RTMP di AppleTalk**

RIP

- **Metrica di costo: basata su hop count**
 - Il RIP permette un massimo di 15 hop, superati i quali il percorso viene ritenuto irrealizzabile
- **Messaggi di update: inviati ogni 30 s**
 - In caso di link failure o modifica di topologia l'update avviene immediatamente
- **Aggiornamento dei percorsi: entro 3 minuti**
- **Memorizzazione in tabella del solo percorso migliore verso la destinazione**

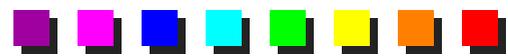
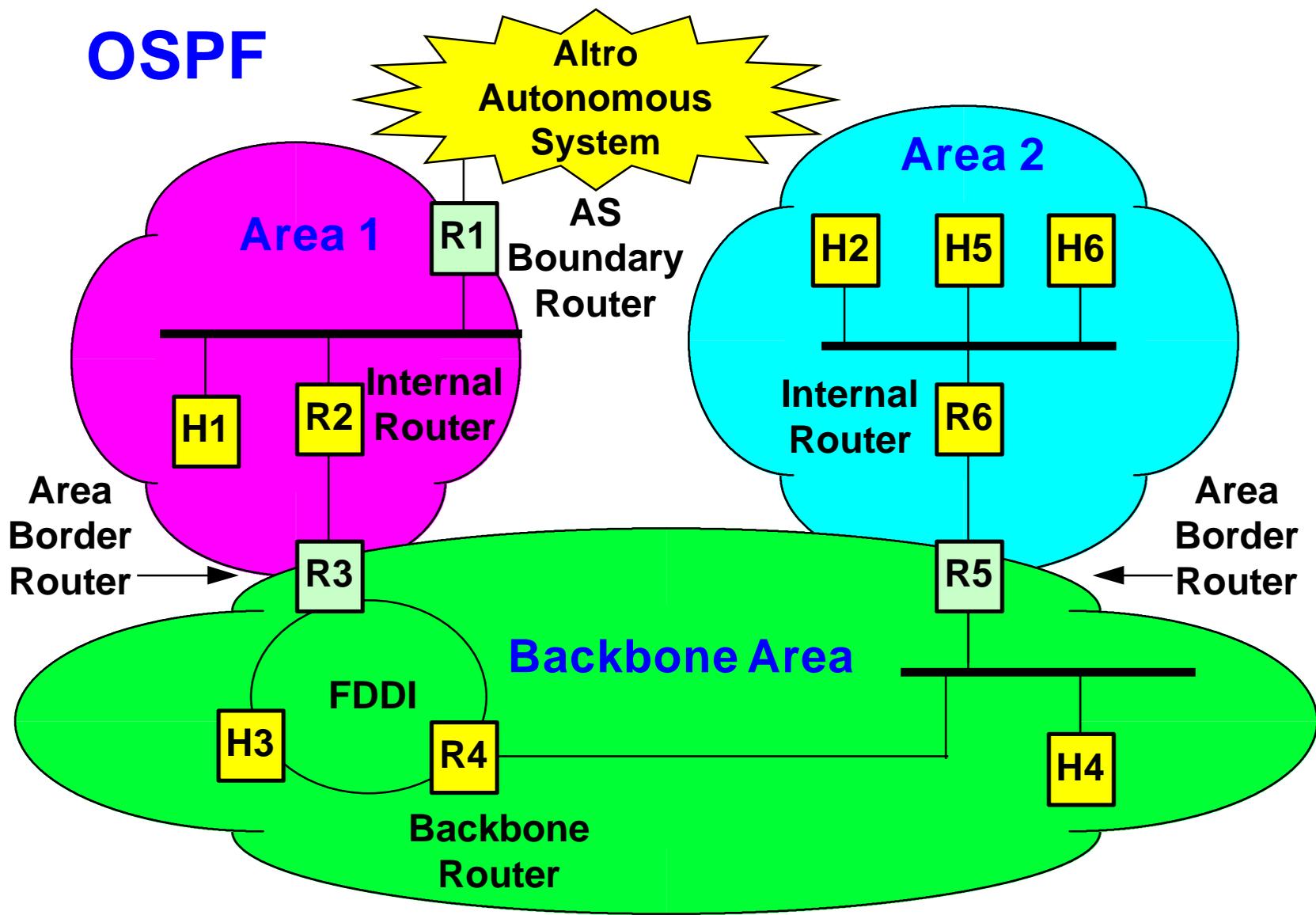
IGRP

- Protocollo Distance Vector proprietario Cisco
- Supera i limiti di RIP
- Metriche sofisticate contenenti:
 - ritardo
 - banda
 - affidabilità
 - lunghezza massima del pacchetto
 - carico
- Multipath routing
 - suddivisione del traffico tra più linee parallele

OSPF

- Protocollo di tipo link state packet
- Definito dall'IETF con lo RFC 1247 (1991) e lo RFC 1583 (1994)
- OSPF ha il concetto di gerarchia
 - un AS può essere suddiviso in aree
 - le aree contengono un gruppo di reti contigue
- Esiste una backbone area
 - può anche non essere contigua (virtual link)

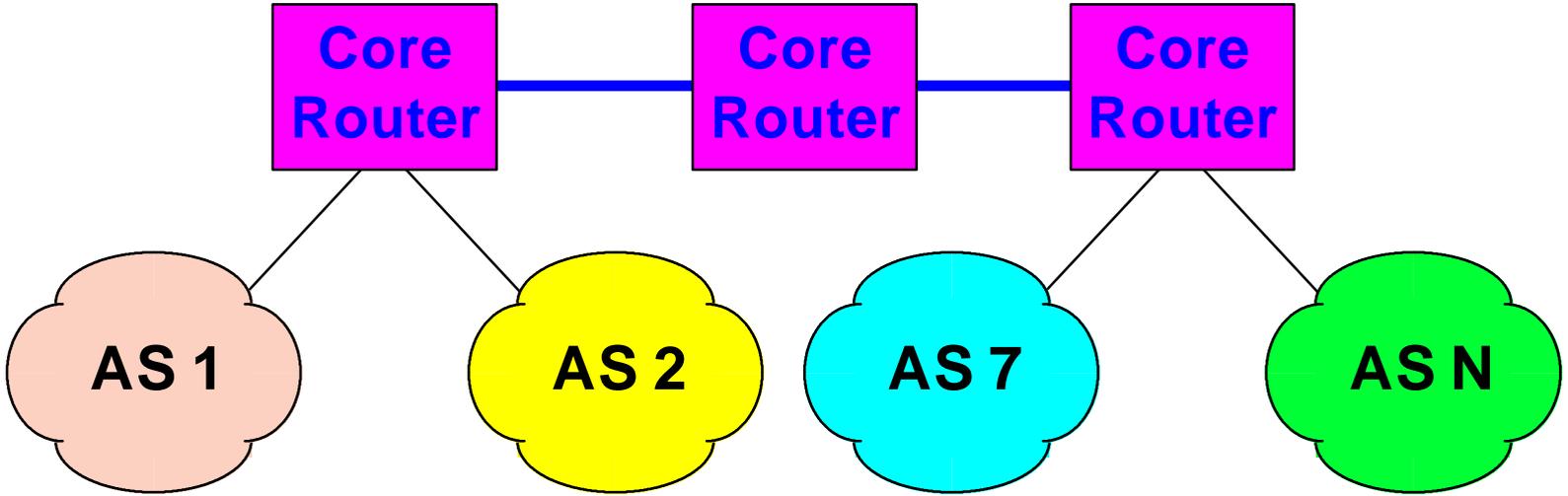
OSPF



EGP

- Definito dallo IETF con lo RFC 904 (1984)
- Propaga solo la Network Reachability
- Non ha metriche associate
- Non ammette magliature nella topologia

EGP



BGP

- RFC 1105 (1988), RFC 1163 (1990), RFC 1267 (1991)
- È un algoritmo di tipo distance vector
 - Invece di propagare i costi propaga la sequenza di AS da attraversarsi per raggiungere una data destinazione
- La politica di calcolo dell'instradamento preferito è configurabile

CIDR

- **Classless Inter Domain Routing**
- **RFC 1517, 1518, 1519 e 1520**
- **Consiste nel propagare insieme all'indirizzo anche la netmask**
- **Serve per propagare informazioni di raggiungibilità di cluster di reti**
- **Esempio:**
 - **199.9.4.0 con netmask 255.255.252.0**
 - **annuncia 199.9.4.0, 199.9.5.0, 199.9.6.0 e 199.9.7.0**

Nomi e Indirizzi

- Agli indirizzi IP si associano per comodità uno o più nomi
- Definizione locale in un file “hosts”
 - 223.1.2.1 alpha
 - 223.1.2.2 beta
 - 223.1.2.3 gamma
 - 223.1.2.4 delta mycomputer
 - 223.1.3.2 epsilon
 - 223.1.4.2 iota

DNS: Domain Name Server

- Il file hosts diviene impraticabile quando la rete IP cresce di dimensione
- Si può utilizzare una base di dati distribuita per la gestione dei nomi (DNS)
- Non esiste corrispondenza tra domini e reti
- Nomi di tipo gerarchico

