



La Sapienza

Università degli Studi di Roma

Dipartimento di Informatica e Sistemistica

RETI DI CALCOLATORI II

IPv4 recap

Emiliano Trevisani

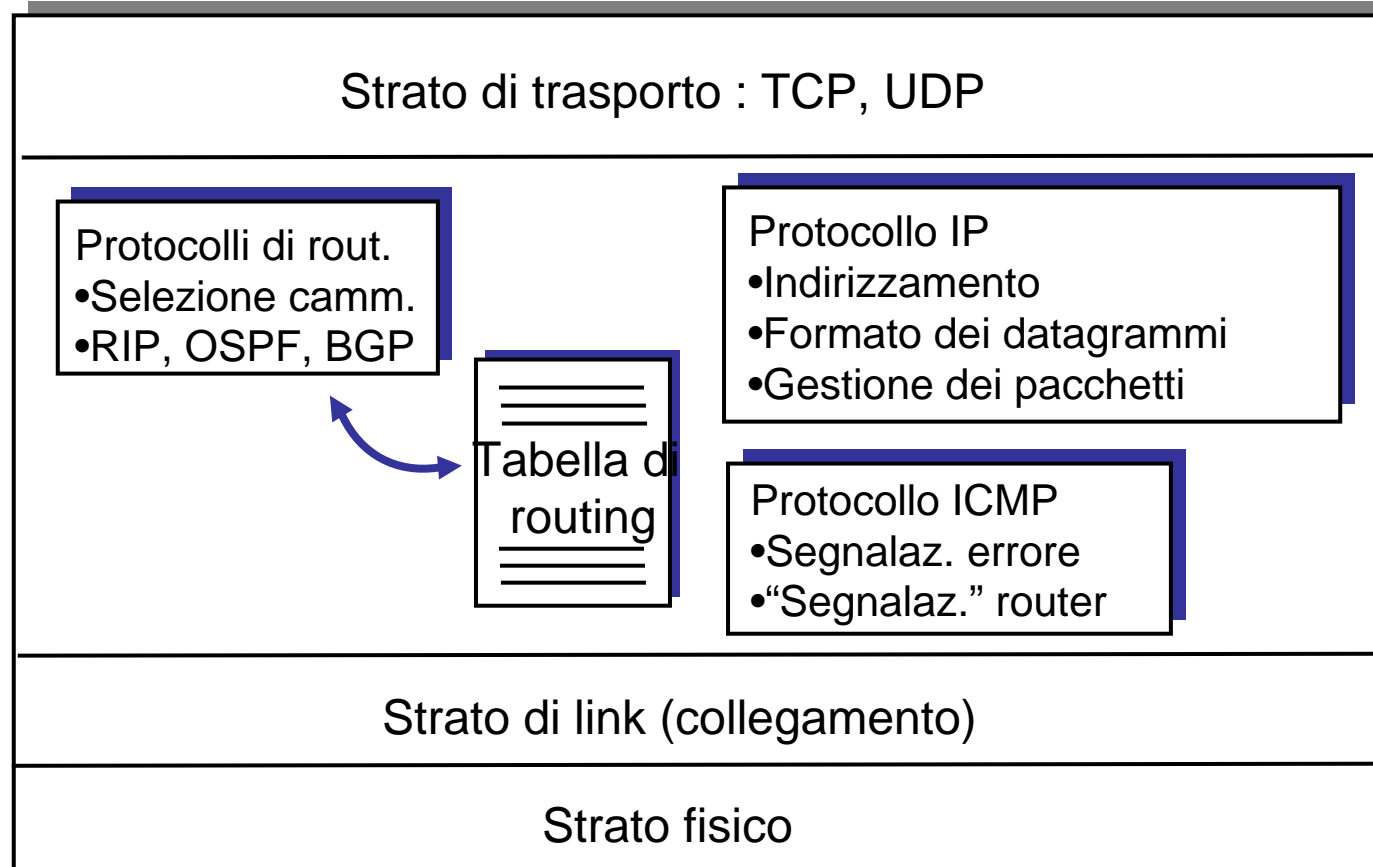
trevisani@dis.uniroma1.it

A.A. 2008/2009

Funzioni dello strato di rete

- *Determinazione del cammino*: percorso (route) che i pacchetti seguono da sorg. a dest. *Algoritmi di routing -> tabelle di routing*
- *Forwarding (inoltro)*: trasferimento dei pacchetti dalla porta di ingresso alla corretta porta di uscita del router
- *Indirizzamento*
- *Instaurazione chiamata (se serve)*
 - Assente in Internet

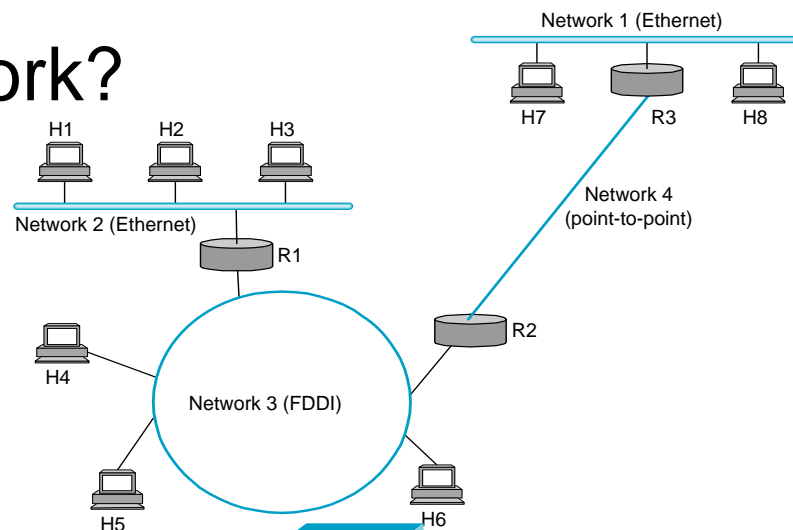
Strato di rete in Internet



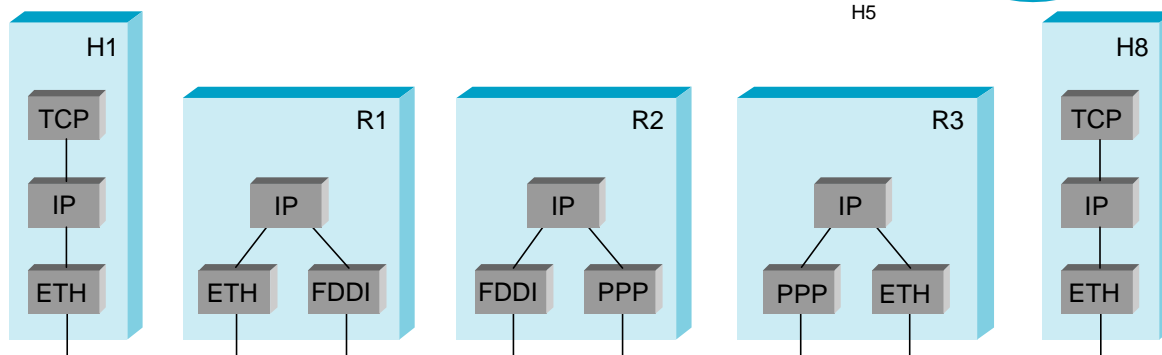
- Insieme di protocolli, non solo IP!

IP Internet

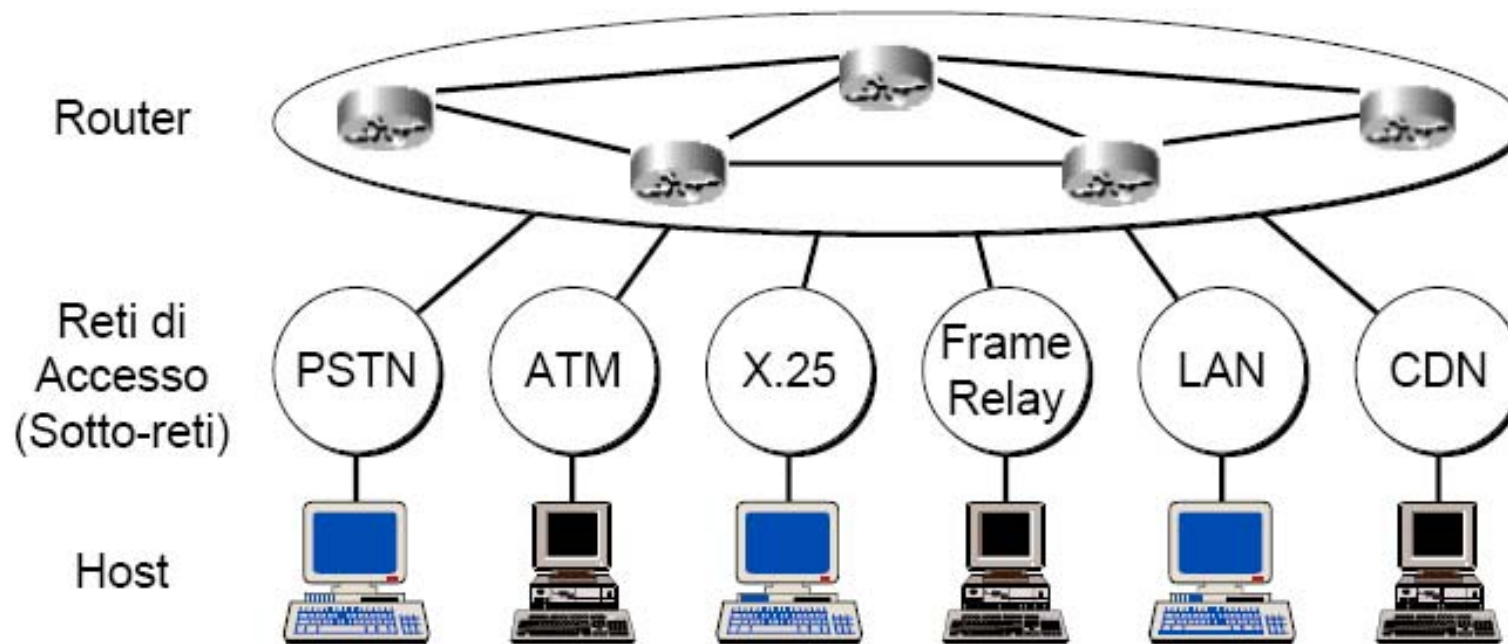
- Concatenazione di reti
 - Cosa e' una internetwork?



- Protocol Stack



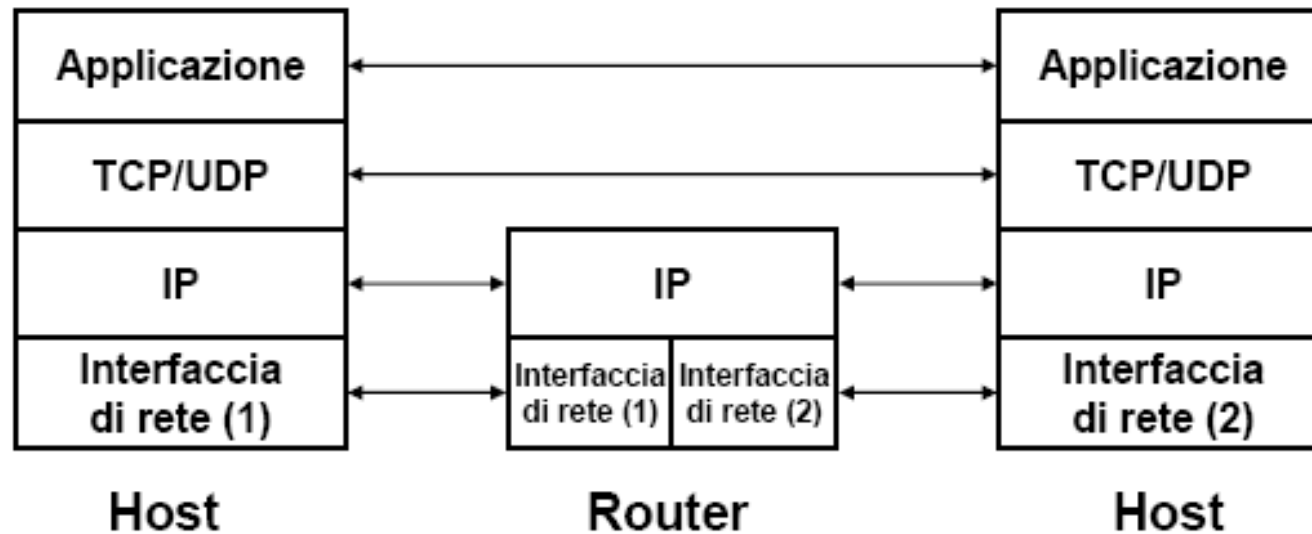
Struttura di Internet



Architettura protocollare

Strati	Protocolli		
	Applicazioni		
5 - 7	TELNET SMTP FTP HTTP	RIP OSPF SNMP DNS	
4	TCP	UDP	
3c	IP		ICMP
3b	ARP/RARP		
3a	X.25 liv. 3, SNA, DECnet, ATM+AAL, PPP, LLC, etc		
2	X.25 liv. 2, 802.2, 802.3, 802.4, Ethernet etc.		
1	Strato fisico		

Architettura protocollare



I router implementano i protocolli IP, ICMP ed i protocolli di routing

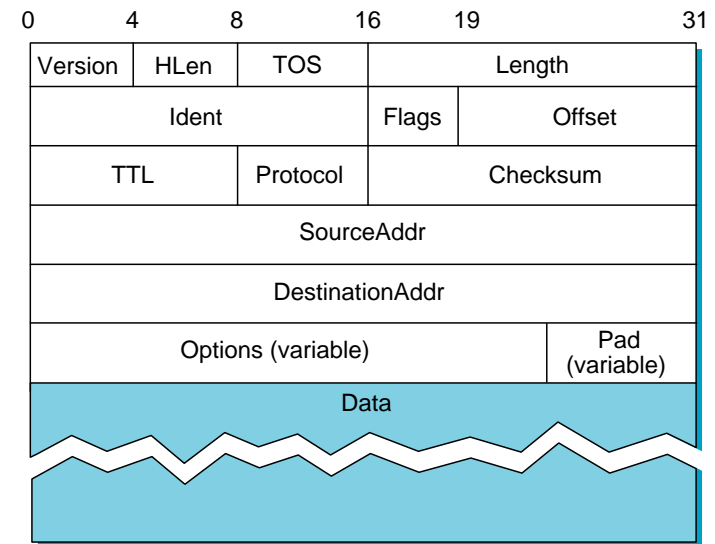
Architettura protocollare

Il protocollo IP (RFC 791, 919, 922, 950, 1349):

- ❑ è un protocollo di strato di rete
- ❑ opera con modalità di trasferimento senza connessione
- ❑ non fornisce alcuna garanzia sulla QoS (servizio “best effort”)
- ❑ definisce:
 - l'unità base per il trasferimento dei dati (datagramma)
 - la lunghezza massima di un datagramma è di 65536 ottetti
 - lo schema di indirizzamento
 - le modalità di instradamento dei datagrammi
 - eventuale frammentazione e il ri-assemblaggio delle unità dati

Modello di servizio

- Connectionless (datagram-based)
- Best-effort delivery (unreliable service)
 - packets can be lost
 - packets can be delivered out of order
 - duplicate copies of a packet can be delivered
 - packets can be delayed for a long time
- Datagram format



Soluzione alternativa - circuito virtuale

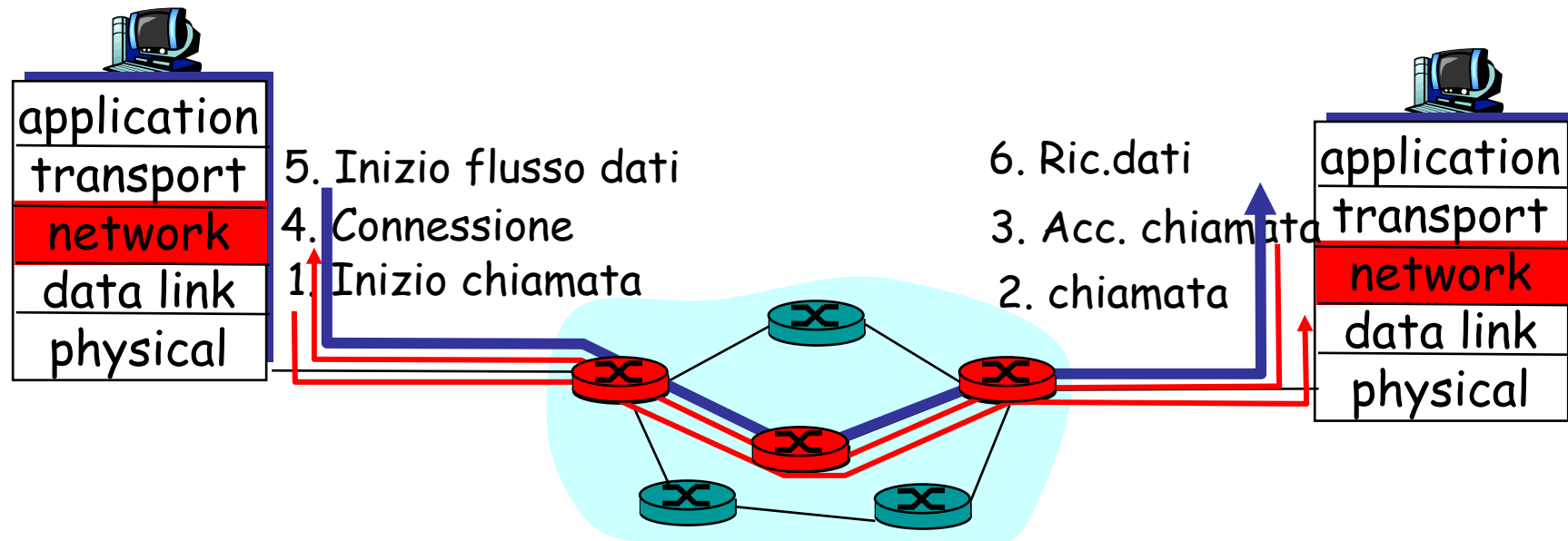
“Il percorso sorgente-destinazione si comporta come un circuito telefonico ”

- Tiene traccia delle prestazioni
- Lo stato di rete è attivo lungo tutto il percorso sorgente-destinazione
- ATM, Frame-Relay, X.25

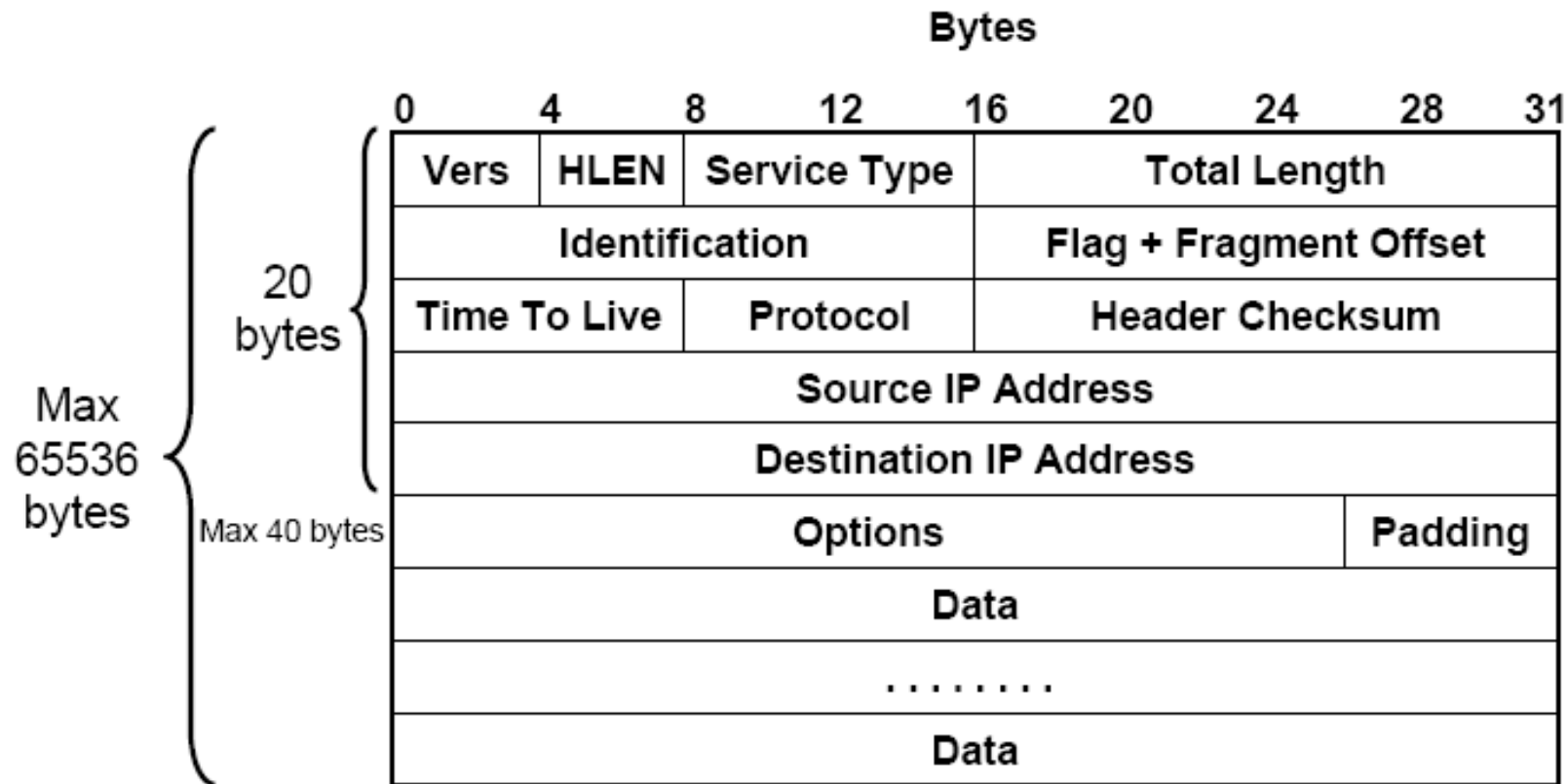
- Instaurazione e abbattimento delle chiamate
- Ogni pacchetto ha un identificatore di VC (e non dell'host di destinazione)
- *Ogni* router sul cammino sorg.-dest. mantiene info di stato su ogni connessione che lo attraversa
 - Una connessione di trasporto coinvolge solamente gli host terminali
- Possibile allocazione di risorse dedicate a un VC (banda, buffer)

Circuito virtuale: protocolli di segnalazione

- Usati in fase di instaurazione, abbattimento e mantenimento di VC
- Usati in ATM, frame-relay, X.25
- Non usati nell'attuale Internet



Formato del datagramma IPv4

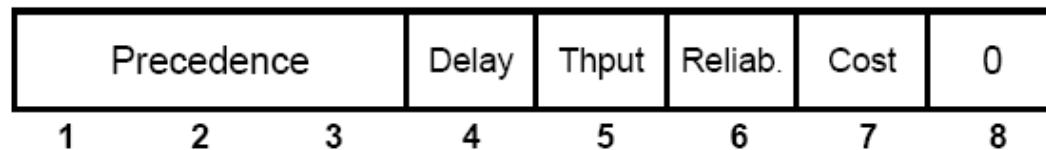


Formato del datagramma IPv4

- **Vers (4 bit)**
 - versione del protocollo, è possibile la coesistenza di più versioni di IP
- **Header Length (HLEN) (4 bit)**
 - lunghezza dell'intestazione (specificata in parole di 32 bit)
 - comprende la parte fissa (20 bytes) e la parte opzionale
 - valore massimo: 60 byte
- **Total length (16 bit)**
 - lunghezza complessiva del datagramma (specificata in byte)
 - comprende la lunghezza dell'header e del payload
 - valore massimo: 65536 byte

Formato del datagramma IPv4

- **Service Type (8 bit)**
 - specifica i parametri di qualità di servizio richiesti dall'utente per il datagramma
 - Precedence (3 bit)
 - indicano il livello di priorità del datagramma
 - in passato non sono stati utilizzati
 - ora implementano i meccanismi DiffServ [es. VoIP: 0x0A, 0xE0]
 - Type of Service [ToS – 4 bit]
 - indicano il tipo di servizio richiesto per il datagramma
 - il servizio normale si ha se tutti i quattro bit sono a 0
 - solo uno dei quattro bit può essere posto a 1



Formato del datagramma IPv4

- **Service Type (8 bit)**
 - Esempi

Precedence			Delay	Thput	Reliab.	Cost	0
1	2	3	4	5	6	7	8

0	0	0	0	1	0	1	0	0x0A
1	1	1	0	0	0	0	0	0xE0

Formato del datagramma IPv4

- **Time to Live (TTL) (8 bit)**
 - indica il numero massimo di router che possono essere ancora attraversati dal datagramma
 - è inizializzato dall'host sorgente ed è decrementato di una unità da ogni router
 - quando il valore del campo è nullo, il datagramma è scartato e viene emesso un messaggio ICMP di notifica verso l'host sorgente
- **Protocol (8 bit)**
 - indica a quale protocollo dello stato superiore deve essere trasferito il contenuto informativo del datagramma (es. TCP=6, UDP=17, ICMP=1)
- **Header Cecksum (16 bit)**
 - protegge solo l'intestazione del datagramma
 - se viene rivelato un errore il datagramma è scartato

Formato del datagramma IPv4

- **Source Address (32 bit) e Destination Address (32 bit)**
- **Options (lunghezza variabile a multipli di 8 bit)**
 - Record Route Option (RRO)
 - lista vuota di indirizzi IP, ogni router attraversato inserisce il suo indirizzo
 - Timestamp Option
 - come RRO con in più l'istante in cui il datagramma attraversa ogni router
 - Loose Source Routing Option (LSRO)
 - specifica una lista di router che devono essere attraversati dal datagramma
 - Strict Source Route Option (SSRO)
 - specifica tutti i router attraverso i quali deve transitare il datagramma
- **Padding**
 - Assicura che la size del pacchetto risulti multipla di 32 bit [4 byte]

Fragmentation and Reassembly

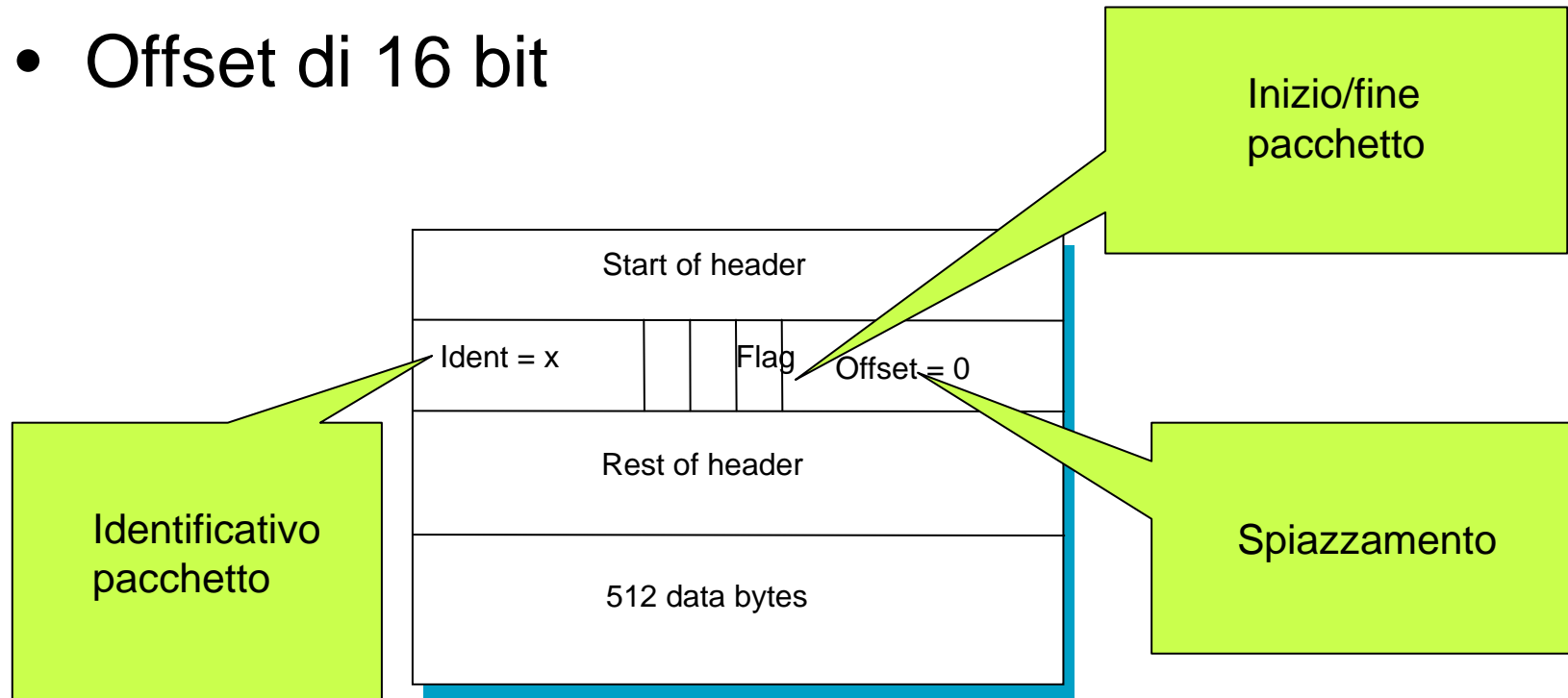
- Each network has some MTU
 - Ethernet -> 1500 byte
 - Minimum MTU value is 68 byte
 - Fragmentation and reassembly are needed when the MTU of the physical subnet is lower than IP packet size
- Design decisions
 - fragment when necessary ($MTU < \text{Datagram}$)
 - try to avoid fragmentation at source host
 - re-fragmentation is possible
 - fragments are self-contained datagrams
 - delay reassembly until destination host
 - do not recover from lost fragments

Formato del datagramma IPv4

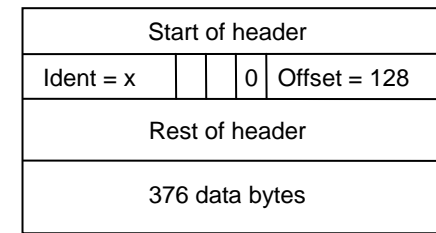
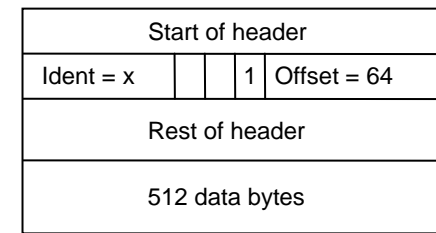
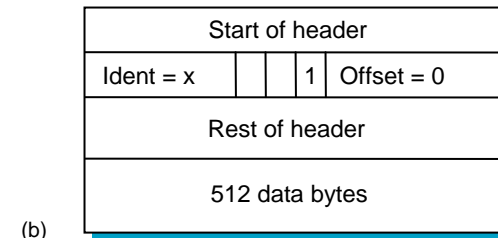
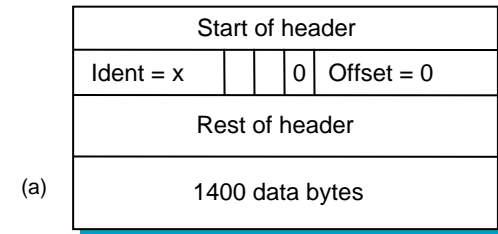
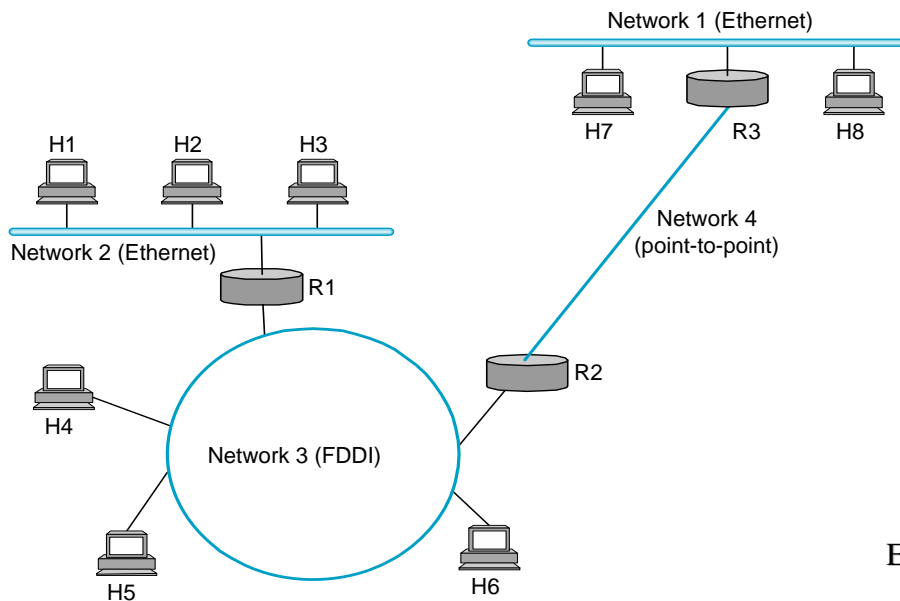
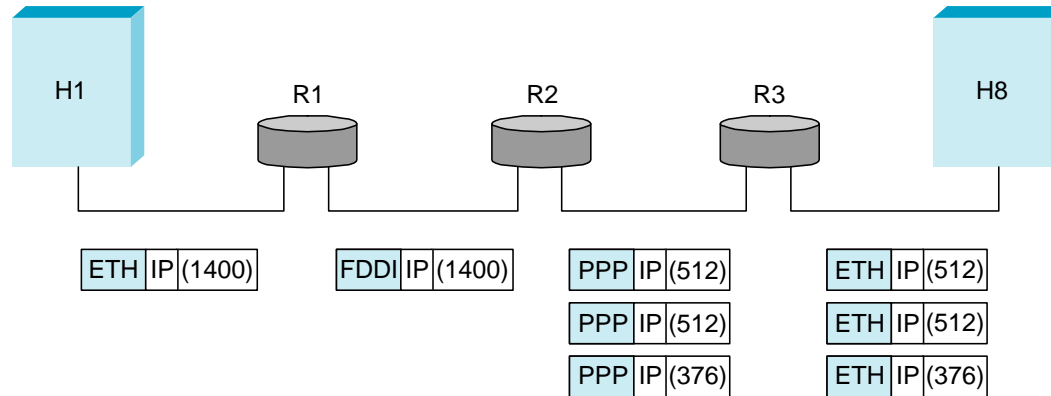
- **Identification (16 bit)**
 - numero identificativo del datagramma da frammentare
 - è assegnato dal processo sorgente
- **Flags (3 bit)**
 - X: non usato e posto a zero
 - DF: Don't Fragment (0: frammentazione permessa; 1: frammentazione vietata)
 - MF: More Fragment (0: ultimo frammento del datagramma; 1: non è l'ultimo frammento)
- **Fragment Offset (13 bit)**
 - posizione del frammento all'interno del datagramma (espresso in unità di 8 byte) consente di valutare l'integrità del datagramma

Frammentazione/cont.

- Offset di 16 bit



Esempio



IPv4 addressing schema

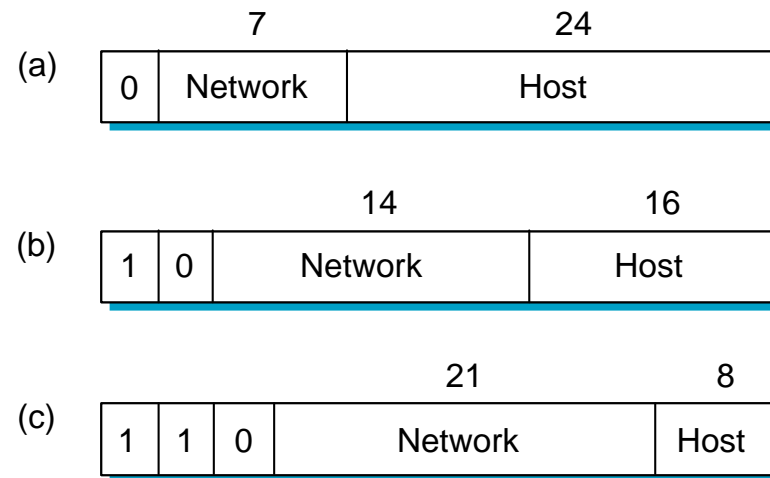
- Un indirizzo IP (IP Address) identifica un host
 - se un host è connesso a più di una rete (multi-homed) avrà un indirizzo IP per ogni rete
- Un indirizzo IP è unico in tutta la rete
 - ha una lunghezza di 32 bits
- In origine (1981, RFC 1166) era formato da due parti
 - Net_Id: identificativo di sotto-rete
 - 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 [classi di indirizzamento, subnetting]

Global Addresses

- Properties
 - globally unique
 - hierarchical: network + host

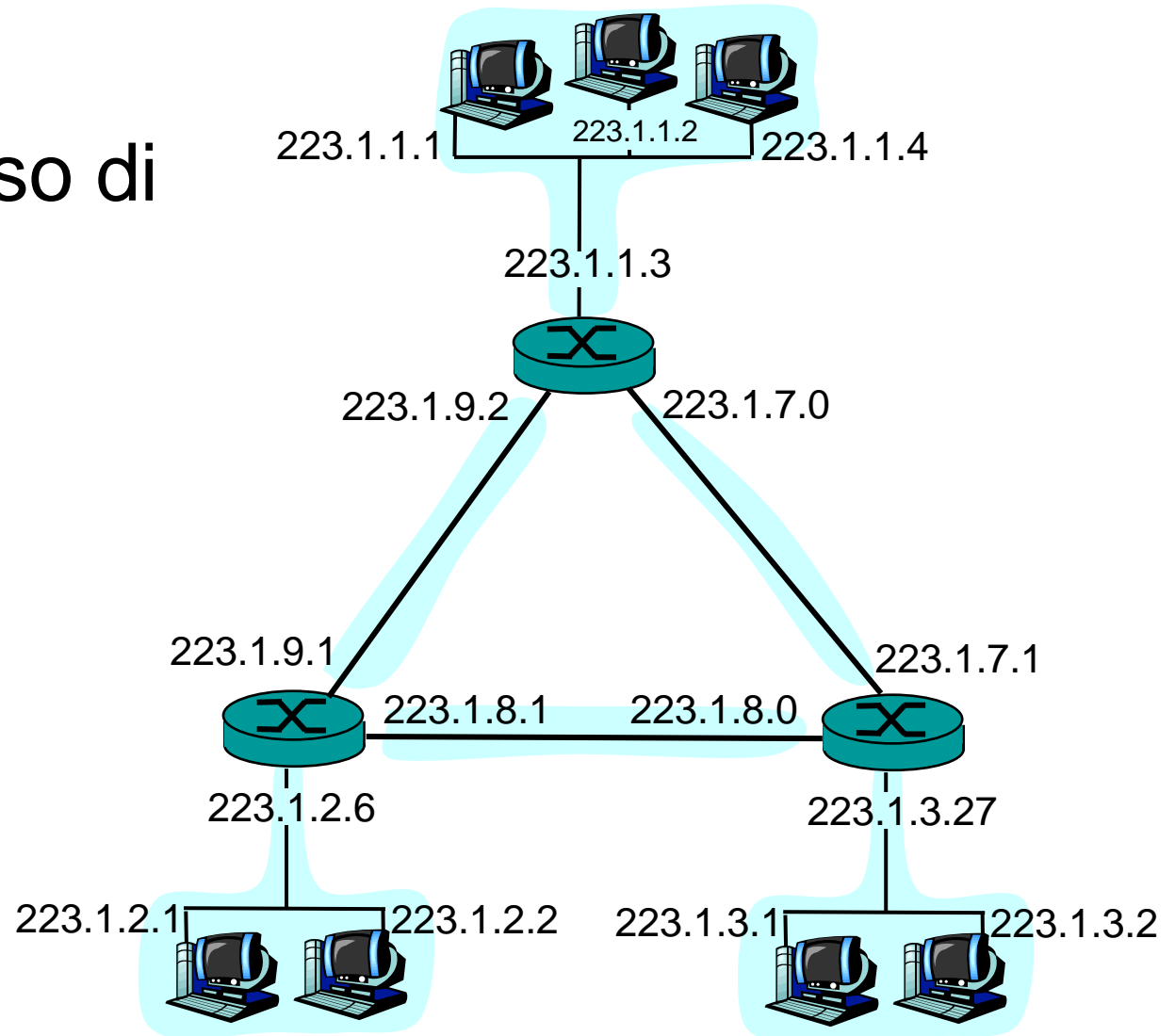
- Dot Notation

- 10.3.2.4
- 128.96.33.81
- 192.12.69.77



IP subnetworks

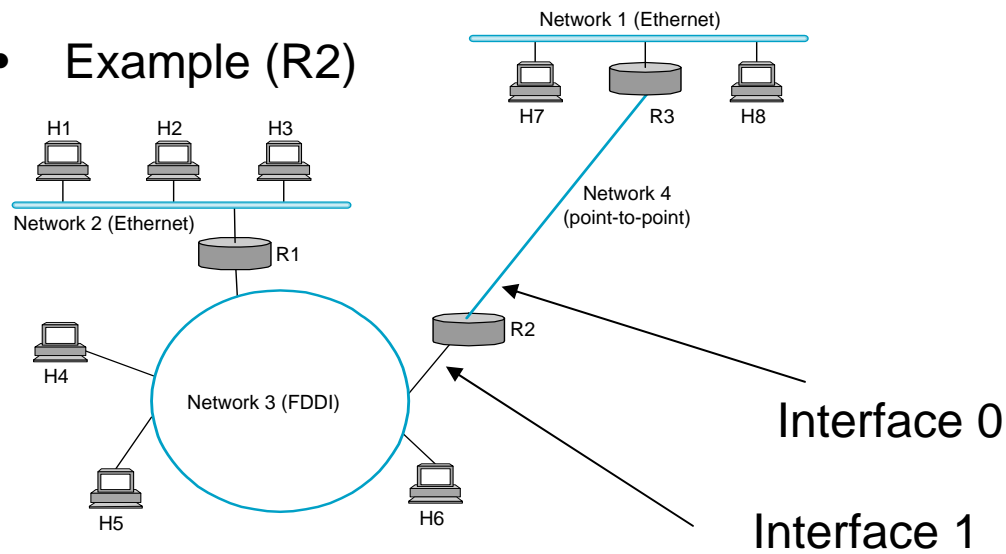
- Sistema interconnesso di ? reti IP
- Indirizzi IP associati a interfacce



Datagram Forwarding

- Strategy
 - every datagram contains destination's address
 - if connected to destination network, then forward to host
 - if not directly connected, then forward to some router
 - forwarding table maps network number into next hop
 - each host has a default router
 - each router maintains a forwarding table

- Example (R2)



Network number	Next hop
1	R3
2	R1
3	interface1
4	interface0

Address Translation within a LAN

- Map IP addresses into physical addresses
 - destination host
 - next hop router
- Techniques
 - encode physical address in host part of IP address
 - table-based
- ARP
 - table of IP to physical address bindings
 - broadcast request if IP address not in table
 - target machine responds with its physical address
 - table entries are discarded if not refreshed

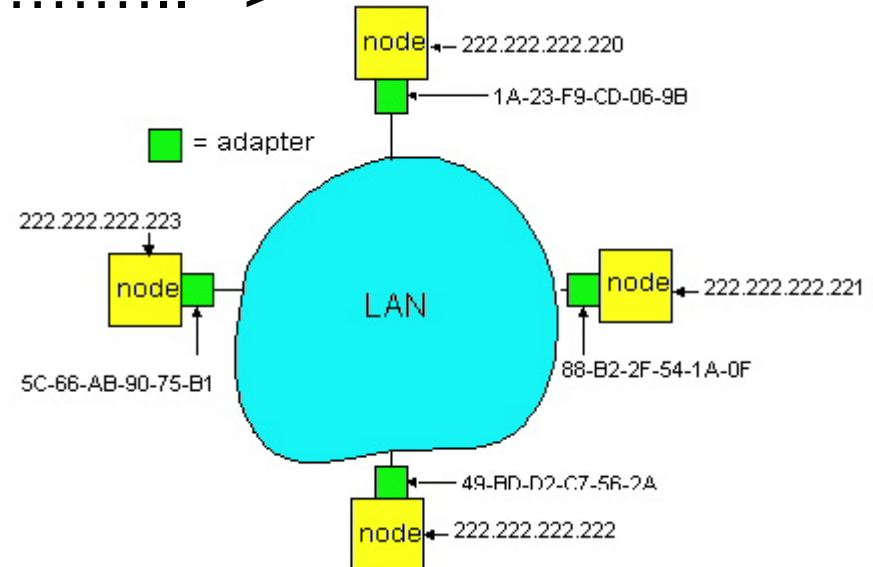
Address Resolution Protocol (RFC 826)

- Ogni nodo IP (Host, Router) sulla LAN ha un modulo **ARP** e una tabella
- Tabella ARP: mapping IP->MAC per **alcuni** nodi della LAN

< IP address; MAC address; TTL >

< >

- TTL (Time To Live):
timer, di solito
20 min)



ARP/cont.

- A vuole inviare un pacchetto all'indirizzo IP di destinazione XYZ su una certa LAN
- A prima controlla la tabella ARP locale
- Se **non** esiste una entry corrispondente a XYZ, il modulo ARP invia un pacchetto ARP in **broadcast**:
 < XYZ, MAC (?) >
- TUTTI i nodi della LAN accettano e analizzano il pacchetto ARP
- Il nodo XYZ risponde con un pacchetto ARP **unicast** contenente il proprio indirizzo MAC:
 < XYZ, MAC (XYZ) >
- La tabella ARP svolge la funzione di una cache
- Il protocollo ARP può essere usato con tecnologie diverse

ARP Packet Format

Puo' funzionare con protocolli di strato 2 diversi da Ethernet

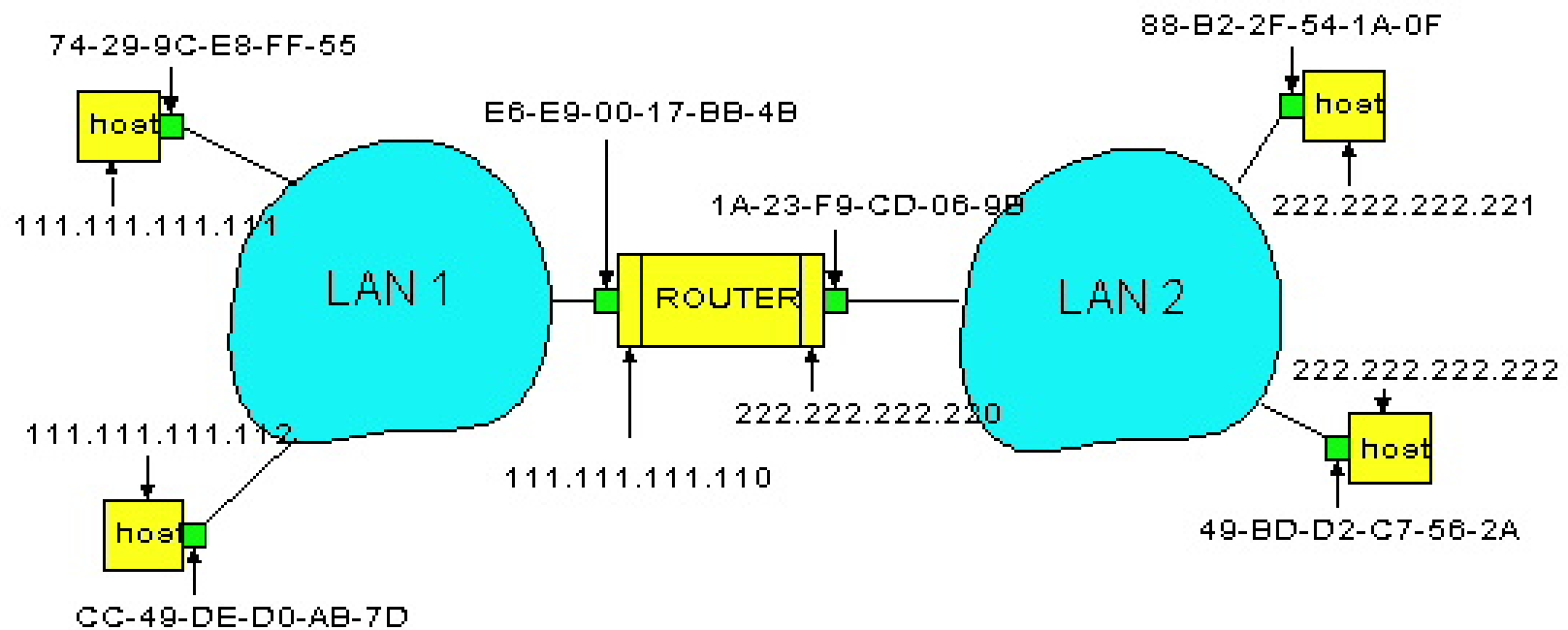
0	8	16	31
Hardware type = 1		ProtocolType = 0x0800 (2048)	
HLen (48 bit)	PLen (32 bit)	Operation	
SourceHardwareAddr (bytes 0 - 3)			
SourceHardwareAddr (bytes 4 - 5)		SourceProtocolAddr (bytes 0 -1)	
SourceProtocolAddr (bytes 2 - 3)		TargetHardwareAddr (bytes 0 -1)	
TargetHardwareAddr (bytes 2 - 3)			
TargetProtocolAddr (bytes 0 - 3)			

ARP Details

- Request Format
 - HardwareType: type of physical network (e.g., Ethernet)
 - ProtocolType: type of higher layer protocol (e.g., IP)
 - HLEN & PLEN: length of physical and protocol addresses
 - Operation: request or response
 - Source/Target-Physical/Protocol addresses
- Notes
 - table entries timeout in about 10 minutes
 - refresh table if already have an entry
 - otherwise
 - update table with source when you are the target
 - do not update table if not target

Es.: Routing verso una LAN diversa

- Pacchetto da ind. IP <111.111.111.111> a ind. <222.222.222.222>

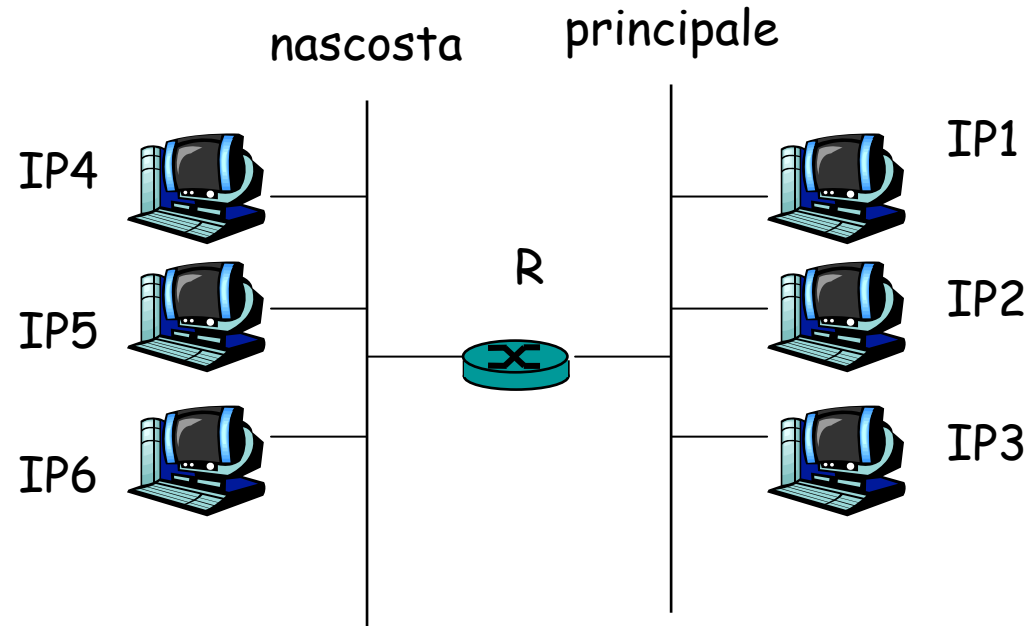


- Nella tabella di routing, trova l'ind. IP del router (111.111.111.110)
- Nella tabella ARP, trova il corrispondente indirizzo MAC (E6-E9-00-17-BB-4B)

ARP proxy (promiscuo)

- Permette di definire piu' reti locali
 - Rete principale nota all'esterno
 - Reti locali aggiunte successivamente nascoste
- Router speciale che:
 - Funziona da switch tra le diverse reti locali
 - Funziona da router da/verso l'esterno
- I router ignorano la presenza di subnet fisicamente distinte
- Usato in passato
- Attualmente usato per scopi particolare (es. IP mobile)

ARP proxy - cont.



- Datagram IP1-->IP4
 - R cattura richiesta ARP bcast di IP1 e restituisce proprio MAC address
 - Datagrammi da IP1 a IP4 sono spediti a R che li inoltra a IP4

Vantaggi/svantaggi

- Vantaggi
 - Le tabelle degli altri router non vanno cambiate
 - Es.: quando si aggiunge la rete contenente IP4 i router diversi da R devono solo sapere che i pacchetti per IP4 vanno inviati a R
- Svantaggi
 - L'instradamento non e' completamente automatico
 - Gli amministratori di rete devono aggiornare manualmente le tabelle di routing

Internet Control Message Protocol (ICMP)

- Echo (ping)
- Redirect (from router to source host)
- Destination unreachable (protocol, port, or host)
- TTL exceeded (so datagrams don't cycle forever)
- Checksum failed
- Reassembly failed
- Cannot fragment

Riferimenti

- Testo di Kurose e Ross
 - Cap.4, in particolare 4.1 - 4.5
- Testo di Peterson e Davie
 - Cap. 4, in particolare 4.1
- The TCP/IP guide
 - <http://www.tcpipguide.com/free/index.htm>