



Corso di

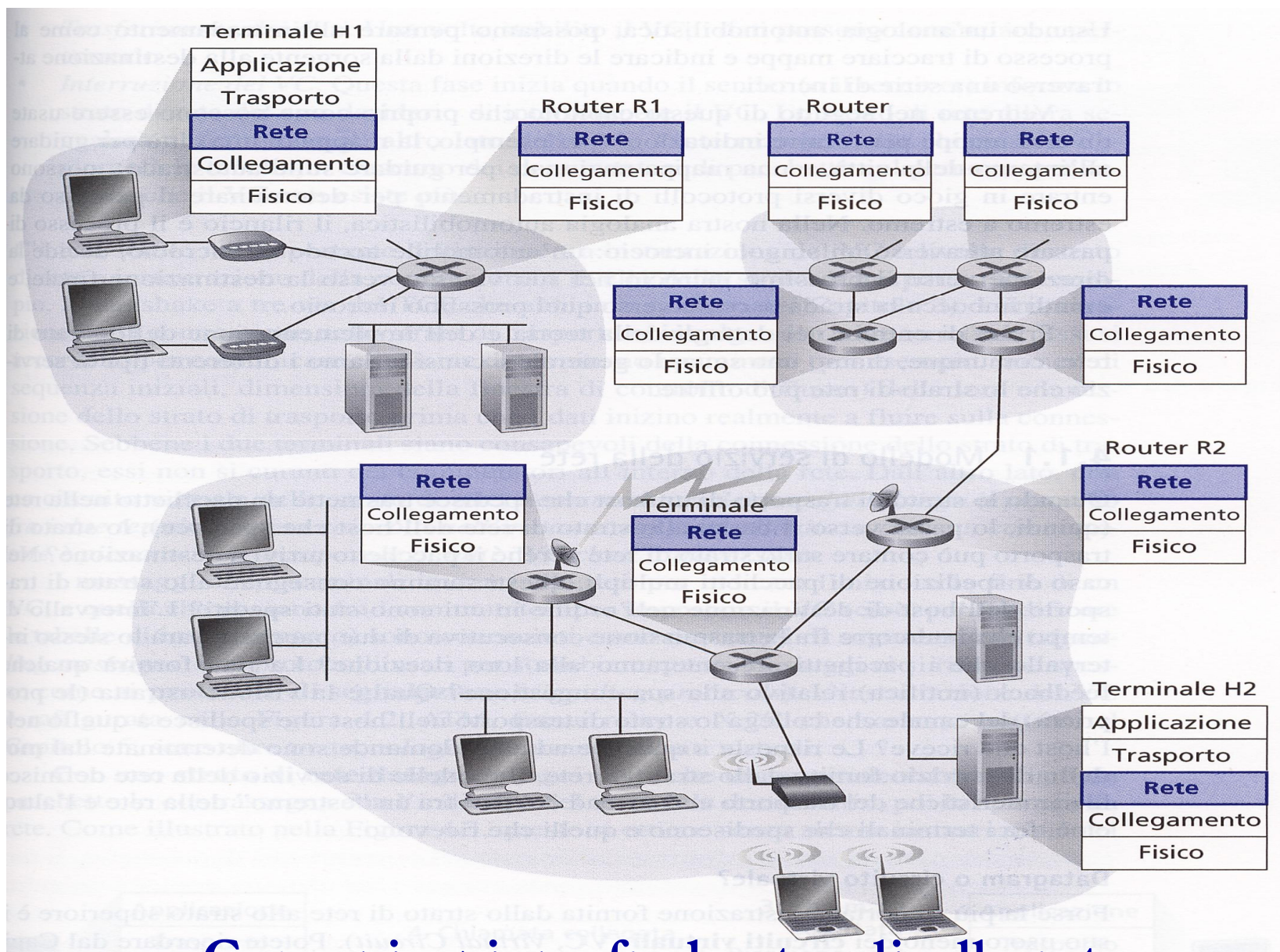
SISTEMI TELEMATICI

a.a. 2012-2013

**La rete Internet e l'architettura di
protocolli TCP/IP – Protocollo
IPv4**



Lo strato di rete



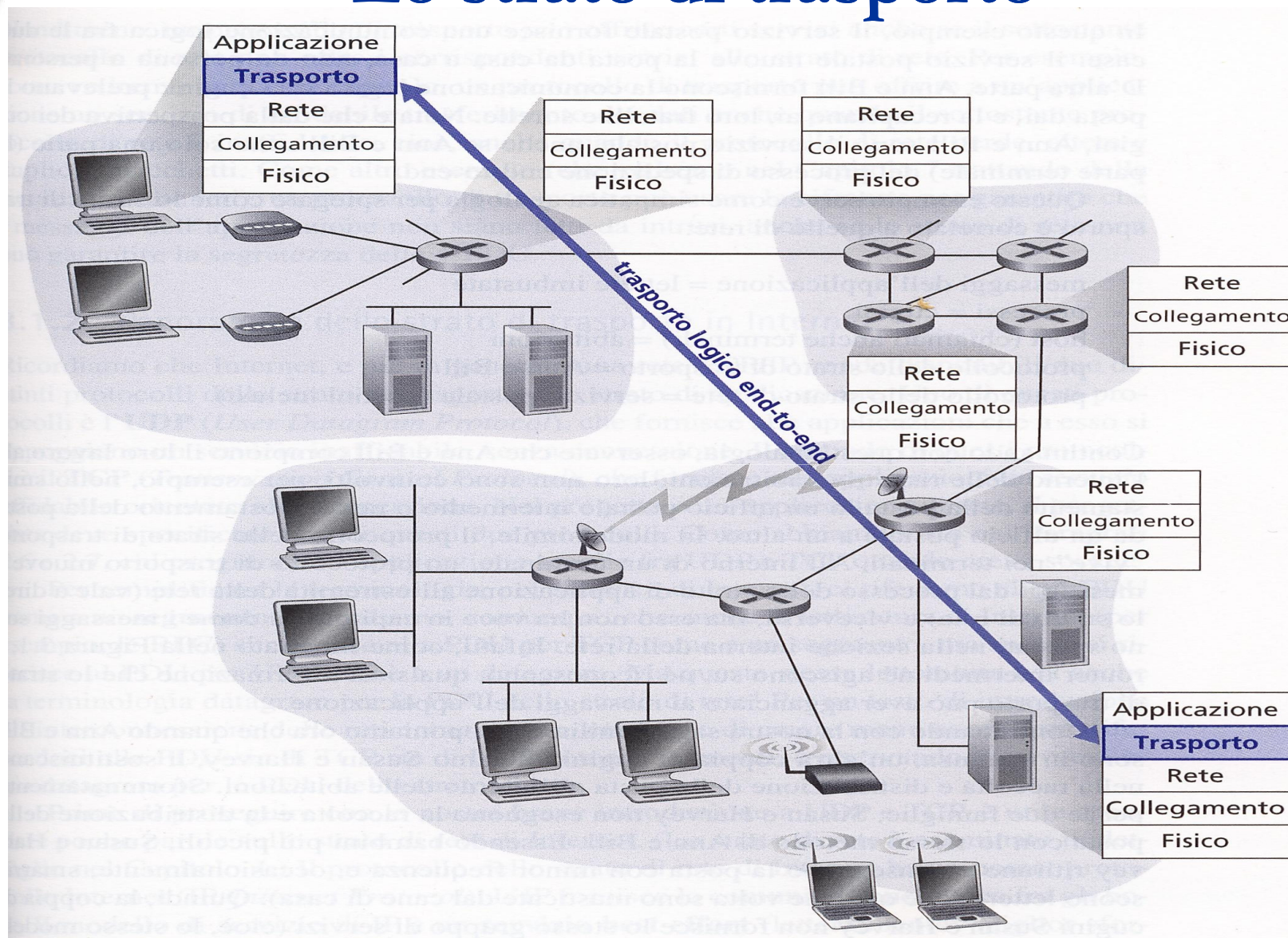
Comunicazione fra hosts a livello rete



Lo strato di trasporto

- **TCP (Transmission Control Protocol)** offre un servizio affidabile orientato alla connessione
 - ✗ trasferisce un flusso informativo continuo e bi-direzionale
 - ✗ può sopperire a problemi di danneggiamento, perdita, duplicazione e consegna fuori sequenza dei dati
 - ✗ implementa un controllo di flusso per adeguare il volume dei dati trasmesso alle reali capacità di ricezione e di invio dei processi TCP coinvolti nelle reti attraversate (mediante un meccanismo a finestra variabile)
- **UDP (User Datagram Protocol)** offre un servizio senza connessione e un trasferimento non affidabile

Lo strato di trasporto



Comunicazione fra hosts a livello trasporto



Ing. Peppino Fazio

ARP/RARP

Traduzione di indirizzi IP



ARP/RARP: traduzione di indirizzi IP

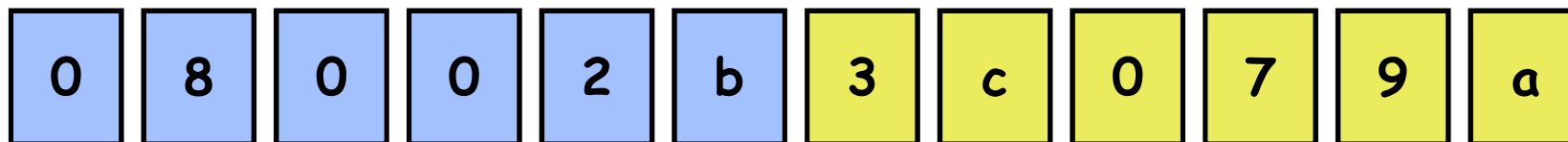
Ing. Peppino Fazio

- ARP (Address Resolution Protocol) e RARP (Reverse Address Resolution Protocol) sono protocolli di supporto
- Ogni sistema in Internet ha un indirizzo IP, questo però non può essere usato per inviare pacchetti allo strato di data link che non capisce gli indirizzi IP
- Gli indirizzi di livello 2 che contraddistinguono un sistema nell'ambito della sotto-rete possono essere:
 - × indirizzi MAC nelle LAN (ad. es. indirizzo Ethernet contenuto nella scheda fisica del calcolatore)
 - × identificatori di circuito virtuale per X.25, Frame Relay e ATM
 - × numero telefonico, etc.
- Come si mappano gli indirizzi IP in indirizzi a livello 2?



Indirizzi MAC

- Sono univoci a livello mondiale
 - ✗ sono lunghi 6 byte
 - ✗ si scrivono come 6 coppie di cifre esadecimali
- Si compongono di due parti di 3 Byte ciascuna:
 - ✗ I tre byte più significativi indicano il lotto di indirizzi acquistato dal costruttore della scheda, detto anche *OUI* (*Organization Unique Identifier*).
 - ✗ I tre meno significativi sono una numerazione progressiva decisa dal costruttore



OUI assegnato dall'IEEE

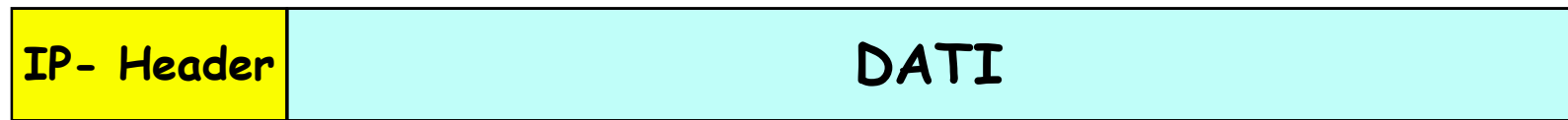
Assegnato dal costruttore



Imbustamento di IP su LAN

Ing. Peppino Fazio

IP
PDU



MAC
PDU



ARP/RARP

Internet richiede dei protocolli che permettano di associare dinamicamente gli indirizzi degli host nell'ambito delle loro reti di appartenenza ai relativi indirizzi IP

- **Protocolli ARP e RARP** sono usati a questo scopo sia dagli host che dai router

- ✗ **ARP (RFC 826)** e' usato per determinare quale indirizzo locale (che identifica il sistema nell'ambito della sottorete di appartenenza) corrisponde ad un indirizzo globale Internet

- ✗ **RARP (RFC 903)** esegue la procedura inversa

- **La funzionalità di tali protocolli è legata unicamente alla rete a cui è collegato il calcolatore**

- ✗ ogni sottorete usa i suoi protocolli ARP/RARP





ARP (Address Resolution Protocol)

Ing. Peppino Fazio

- La corrispondenza tra gli indirizzi di livello 3 e di livello 2 può essere realizzata in maniera statica o dinamica

- Mapping statico

- ✗ una tabella di associazione viene predisposta staticamente su ogni stazione (ad es. rete X.25, ISDN, etc.)

- Mapping dinamico

- ✗ la tabella viene costruita dinamicamente attraverso un protocollo ARP

- ARP gestisce la traduzione degli indirizzi IP in indirizzi fisici e nasconde questi indirizzi fisici agli strati superiori



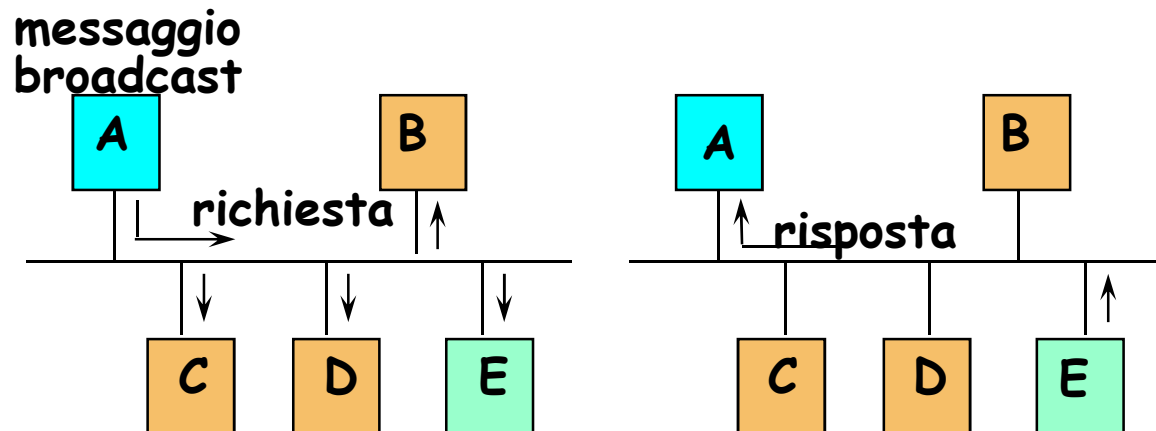
ARP

Nel caso di mapping dinamico bisogna distinguere tra reti ad accesso multiplo con e senza broadcast

- ✕ Broadcast ARP (sulle LAN)**
- ✕ ARP-Server (su reti Non Broadcast)**
 - mantiene la tabella di associazione e viene interrogato da tutte le macchine attestate sulla rete
 - vulnerabilità in caso di guasto del server (se ce n'è uno solo); problemi di coordinazione tra server (se ce n'è più di uno) e di comunicazione agli host del server al quale rivolgersi

Broadcast ARP

- Si basa sulla possibilità di inviare una trama broadcast a livello di sottorete (esempio Ethernet)
- l'host sorgente che vuole risolvere un determinato indirizzo IP *A1*, tramite un messaggio broadcast (ARP request) chiede a tutti: “chi è l'host *A1*?”
- se un host riconosce il proprio indirizzo IP in un messaggio di ARP request risponde all'host richiedente (a quell'indirizzo IP e di sottorete) con un messaggio di ARP reply in cui comunica il proprio indirizzo fisico di sottorete.





ARP

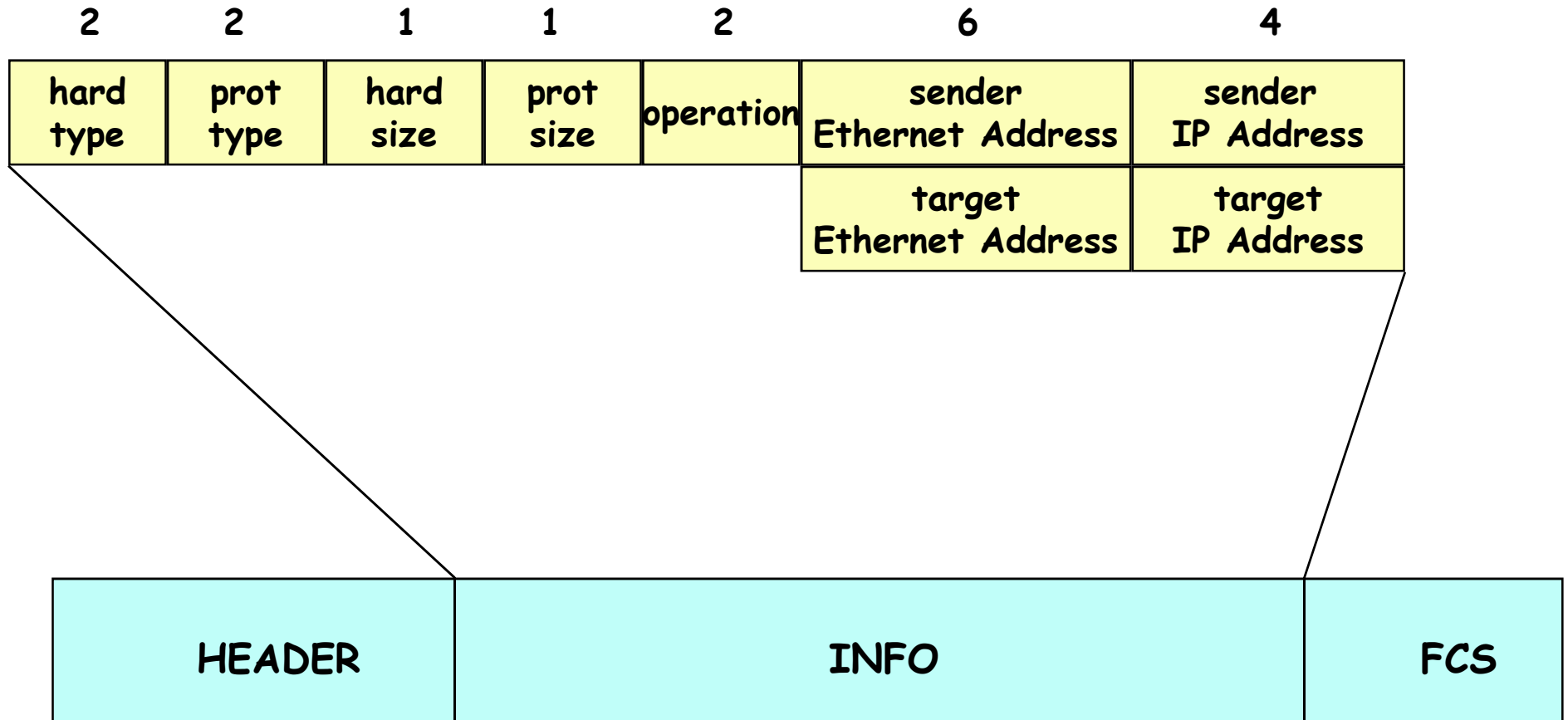
Generalmente, ARP funziona con tabelle (ARP cache), che forniscono la mappatura tra un indirizzo IP e un indirizzo fisico

- Quando l'host richiedente riceve una trama di ARP reply, inserisce l'indirizzo nella propria cache ARP: i datagrammi che verranno successivamente inviati a questo particolare indirizzo IP saranno tradotti nell'indirizzo fisico accedendo alla cache
- La cache contiene quindi le corrispondenze già risolte
- ARP all'inizio cerca la corrispondenza indirizzo IP-indirizzo fisico nella cache ARP: se lo trova lo restituisce al richiedente; altrimenti invia una ARP request in broadcast
- Periodicamente le informazioni vengono cancellate in modo da garantire la consistenza con le mutate condizioni della topologia di rete



ARP

Ing. Peppino Fazio





RARP (Reverse Address Resolution Protocol)

Ing. Peppino Fazio

- RARP esegue la procedura inversa
- E' usato all'accensione (cioè durante la fase di inizializzazione) dai sistemi che non conoscono il proprio indirizzo IP, ma conoscono l'indirizzo fisico della loro interfaccia di rete
 - ✗ sistemi privi di dispositivi di memorizzazione di massa che non possono "ricordare" il loro indirizzo IP (il sistema acquisisce l'immagine binaria del suo sistema operativo da un file server remoto)
 - ✗ sistemi a cui non è stato assegnato un indirizzo IP e si connettono ad Internet mediante ISP



RARP

- L'host invia un messaggio di RARP request contenente il suo indirizzo fisico di sottorete (LAN) usando un indirizzo destinazione di tutti 1 (limited broadcast)
- RARP assume che nella sottorete ci sia almeno un server RARP a cui mandare la richiesta RARP
- il RARP server cerca nel suo file di configurazione il mapping desiderato e risponde inviando all'host il suo indirizzo IP
 - ✗ l'indirizzo IP non viene memorizzato nell'immagine del sistema operativo per permettere alla stessa immagine di essere usata su più macchine



Ing. Peppino Fazio

Il protocollo IPv4

Il protocollo IP



- IP è un protocollo di strato 3 e fornisce le seguenti funzionalità:
 - × definisce lo schema di indirizzamento
 - × definisce il percorso di un'unità dati verso la destinazione (instradamento)
 - × definisce l'unità base per il trasferimento dei dati e ne specifica il formato
 - × definisce le modalità per la segmentazione e l'aggregazione delle unità dati (il risultato dell'operazione di segmentazione verrà chiamato "frammento")
- Il protocollo IP fornisce un servizio di trasferimento delle unità informative con modalità a datagramma, senza connessione e inaffidabile

Il protocollo IP



- Il termine “senza connessione” indica che IP tratta ciascuna unità informativa indipendentemente dalle altre
 - ✗ ognuna può seguire una strada diversa per arrivare a destinazione (non esiste il concetto di circuito logico e di connessione)
 - ✗ IP non mantiene informazioni di stato sulle unità dati inoltrate
- Il termine “inaffidabile” indica che non è garantita la consegna di un’unità informativa a destinazione (servizio best-effort)
 - ✗ un’unità dati può essere persa, duplicata, ritardata o consegnata fuori sequenza

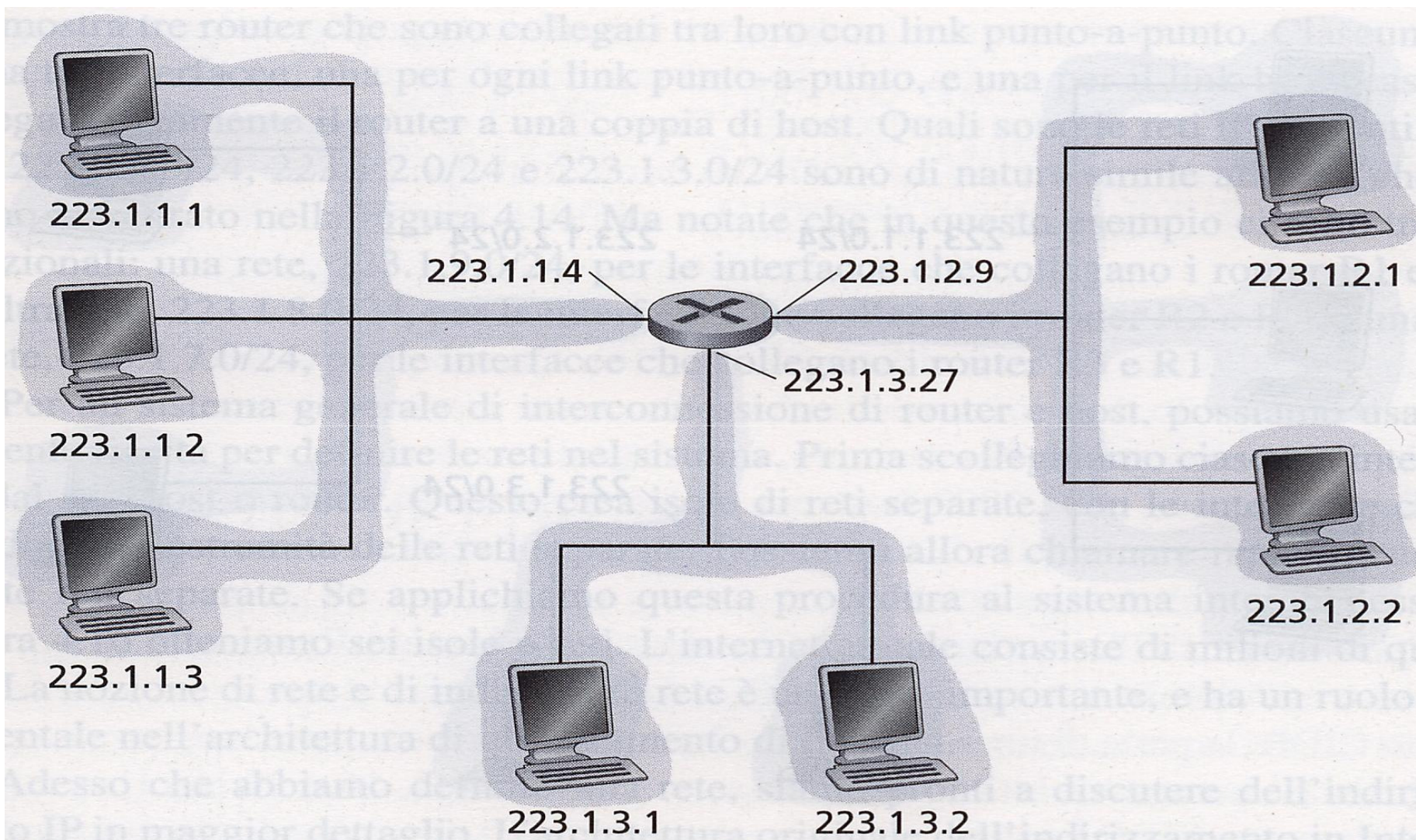
Il protocollo IP

- Lo strato IP non fornisce garanzia sulla qualità di servizio (integrità informativa, trasparenza temporale, etc.)
 - ✗ il compito di garantire la qualità di servizio è demandato agli strati superiori residenti negli host
 - ✗ la qualità dipende dalle caratteristiche delle sotto-reti attraversate





Il protocollo IP



Esempio di comunicazione a livello rete tramite indirizzamento IP



Formato dell'unità dati

- Le unità-dati dello strato IP sono dette datagrammi
- Il datagramma è composto da un campo informativo che contiene i dati di utente e da un'intestazione (header)
- Il datagramma IP ha lunghezza variabile

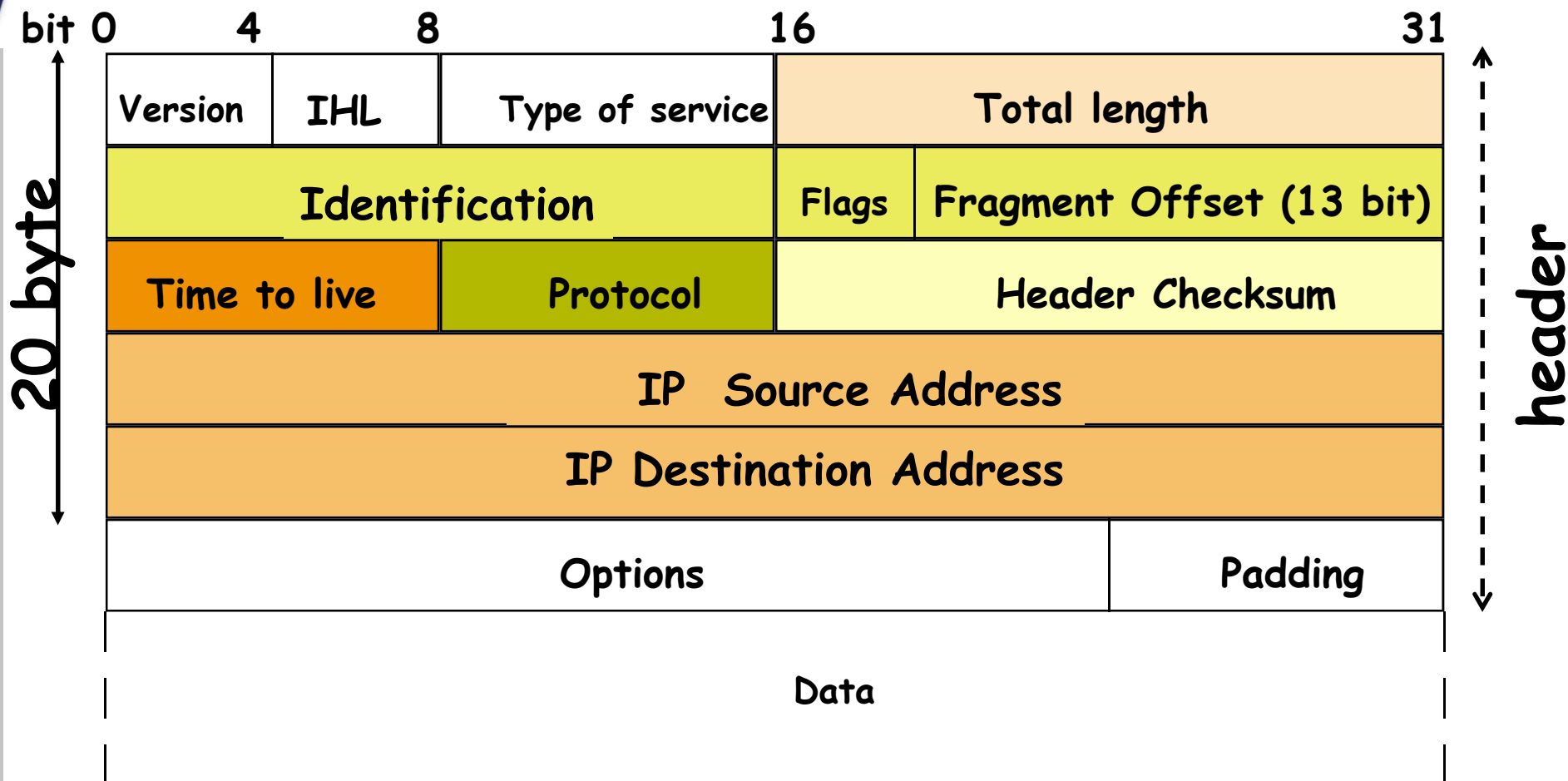
header: 20 ÷ 60 byte

- La lunghezza massima di un datagramma IP è 65536 ottetti



Formato dell'unità dati

Ing. Peppino Fazio





Header IP

- ✕ **Vers (4 bit):** versione del protocollo IP
- ✕ **IHL (Internet Header Length) (4 bit):** lunghezza dell'intestazione (in parole di 32 bit)
 - Il valore minimo nel caso senza opzioni è 5 (20 byte)
- ✕ **Type of Service (TOS) (8 bit):** specifica parametri della qualità di servizio richiesti dall'utente
 - nella versione originale di IP (RFC791), TOS era formato da 2 sottocampi: un sub-campo (precedence) di 3 bit (valori 0-7) per specificare l'importanza del datagramma; un sub-campo di 3 bit per richiedere particolari prestazioni (se=1):
 - D-bit (delay):** basso ritardo; **T-bit (throughput):** alta portata; **R-bit (reliability):** alta affidabilità
 - i 2 bit restanti sono riservati per usi futuri

0	2	3	4	5	6	7
precedence	D	T	R	0	0	



Header IP

- nella versione aggiornata del campo TOS (RFC1349), uno dei 2 bit è aggiunto al secondo sub-campo per indicare:

1000 minimizzare il ritardo (delay)

0100 massimizzare la portata (throughput)

0010 massimizzare l'affidabilità (reliability)

0001 minimizzare il costo

0000 servizio normale

0	2	3	6	7
precedence	Type		0	

- Specificare il TOS significa che la rete offrirà un servizio migliore se è possibile, ma non significa che negherà il servizio se ciò non è possibile
cioè se **TOS=1000**, la rete proverà a scegliere il percorso con ritardo minore tra quelli disponibili, ma non scarterà il datagramma se il ritardo è troppo alto



Header IP

- ✖ **Total length (16 bit):** specifica la lunghezza del datagramma, misurata in ottetti, includendo l'intestazione ed i dati ($2^{16}=65536$ byte); la lunghezza è sempre multipla di 4 byte
 - tutti gli host devono essere preparati ad accettare datagrammi di lunghezza fino a 576 byte (interi o frammentati); che permette di trasmettere una quantità ragionevole di dati oltre all'intestazione
- ✖ **Identification (16 bit):** numero del datagramma; è assegnato dal processo sorgente al datagramma o ai suoi frammenti
 - il numero è generato da un contatore nell'host sorgente e incrementato ogni volta che viene generato un nuovo datagramma
 - ogni router che segmenta il datagramma ricopia questo campo nell'intestazione di ogni frammento del datagramma di partenza



Header IP

- ✖ **Flags (3 bit):** è un campo di bit di controllo
 - X (bit 0): non usato e posto a zero
 - DF (bit 1): Don't Fragment (se è 1); se 0 indica che il datagramma può essere frammentato
 - MF (bit2): More Fragment (se è 1) indica che seguono altri frammenti; se 0 indica che è l'ultimo frammento
- ✖ **Fragment Offset (13 bit):** indica la posizione del frammento all'interno del datagramma originario
 - misurato in unità di 8 byte (la lunghezza di un frammento è pari a un multiplo di 8 byte); il campo può numerare 8192 frammenti (2^{13}) di 8 byte ciascuno (per un totale di 65536 byte); il primo frammento ha offset 0
 - ogni sistema deve essere in grado di inoltrare datagrammi di 68 byte senza ulteriore frammentazione



Header IP

✖ **Time to Live (8 bit):** indica quanto tempo il datagramma può rimanere all'interno della rete

- è inizializzato dall'host, quando genera il datagramma, col tempo concesso per attraversare l'inter-rete; questo valore viene decrementato da ogni router incontrato dal datagramma; quando il valore diventa zero il datagramma viene scartato
- così si impedisce a un datagramma di circolare all'infinito nella rete (in caso di instradamento errato su un cammino chiuso)
- il campo è decrementato a passi minimi di 1 s, il valore max è 255s (2^8)
- nelle implementazioni più recenti, il campo è definito in numero di salti (hop); per salto si intende l'attraversamento di un router e quindi un datagramma può attraversare al max 256 router prima di essere scartato



Header IP

- ✖ **Protocol (8 bit):** indica a quale protocollo dello stato superiore deve essere trasferito il contenuto informativo del datagramma
- ✖ **Header Cecksum (16 bit):** l'intestazione è protetta da un controllo di errore
 - il contenuto del campo si ottiene considerando i bit dell'intestazione a gruppi di 16, effettuandone la somma e memorizzando nel campo il complemento a 1 del risultato
 - I controlli non vengono eseguiti sul flusso dei dati dell'utente. Se da un lato ciò consente di usare un algoritmo di checksum piuttosto semplice, in quanto non deve operare su molti byte, dall'altro richiede che un protocollo di livello superiore esegua un controllo degli errori sui dati dell'utente.
- **Source/Destination Address (32 bit):** indirizzo di sorgente/destinazione IP (dell'host, non dell'utente finale)



Header IP

✖ **Options** (lunghezza variabile a multipli di 8 bit): è opzionale. La fine del campo è delimitata da un byte di 0

- Record Route Option (RRO): permette al mittente di creare una lista vuota di indirizzi IP; ogni nodo attraversato inserisce il suo indirizzo nella lista
- Source Route Option (SRO): consente al mittente di specificare i nodi attraverso i quali vuole che transiti il datagramma (per scopi gestionali e di test)

Type (8)	Length (8)	Pointer (8)	Route data (var)
----------	------------	-------------	---------------------

- Timestamp Option: come RRO, ma in più ogni nodo specifica l'istante temporale in cui il datagramma attraversa i diversi nodi

✖ **Padding (riempitivo)**: rende la lunghezza dell'intestazione un multiplo intero di 32 bit mediante introduzione di zeri