



Corso di

SISTEMI TELEMATICI

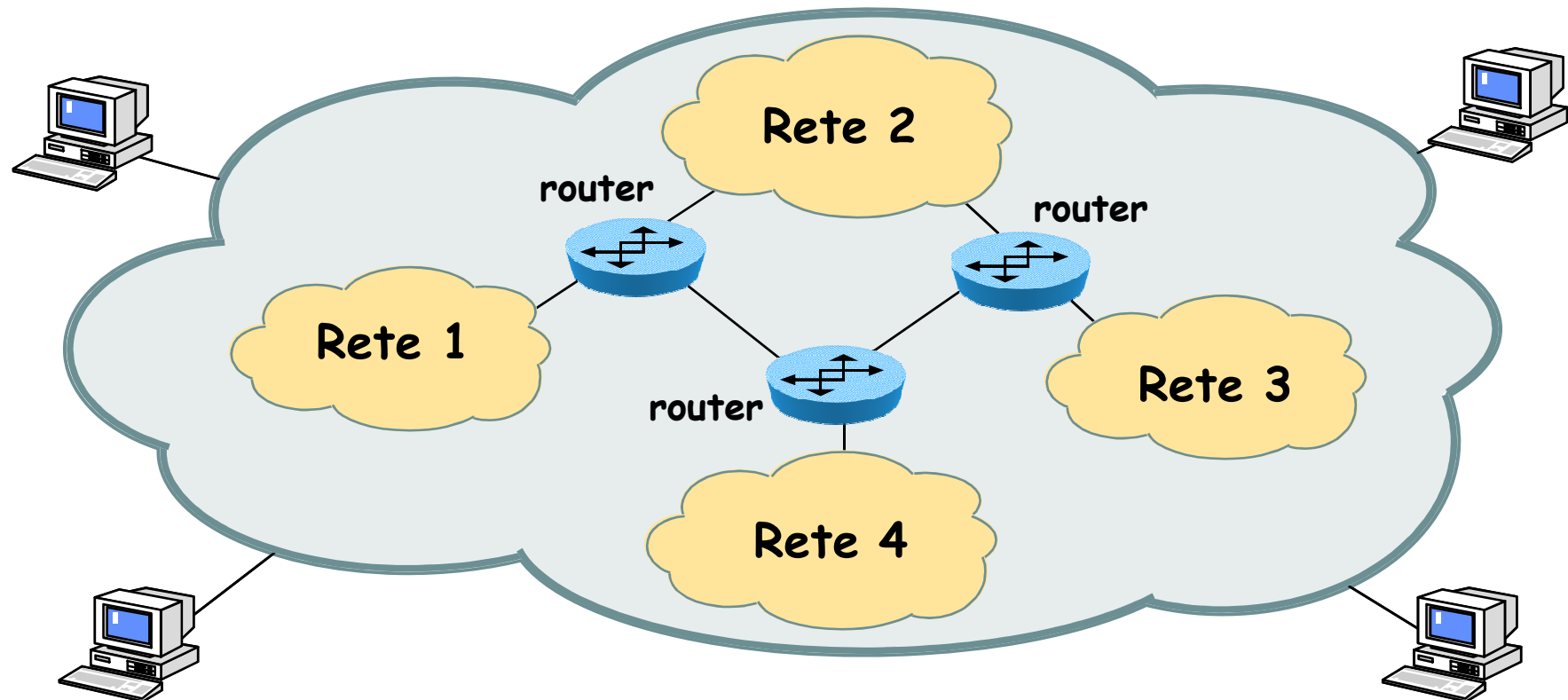
a.a. 2013-2014

18 Ottobre 2013

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

Struttura di Internet

Internet consiste di un insieme di reti interconnesse che possono essere considerate come un'unica entità



Struttura di Internet



Ing. Peppino Fazio

- Internet è una “inter-rete”, cioè una infrastruttura fisicamente costituita da:
 - × sottoreti eterogenee (per topologia, struttura fisica, modi di trasferimento e prestazioni) alle quali sono collegati i calcolatori (host)
 - × dispositivi di interconnessione (router) tra le sottoreti
- Le entità di elaborazione all'interno di Internet sono gli host e i router



Principio di interconnessione

- Per realizzare una inter-rete, ovvero per permettere lo scambio di informazioni tra sistemi appartenenti a sottoreti diverse occorre:
 - ✗ che le sotto-reti siano fisicamente connesse tra di loro mediante un opportuno collegamento
 - ✗ che tra le sottoreti sia interposto un opportuno dispositivo, detto sistema di interconnessione
 - oltre a svolgere eventuali funzioni di trattamento del segnale fisico che trasporta l'informazione (amplificazione/rigenerazione del segnale), svolge anche funzioni di natura logica, come l'instradamento, cioè determina quali unità informative debbano transitare verso una data sottorete



Principio di interconnessione

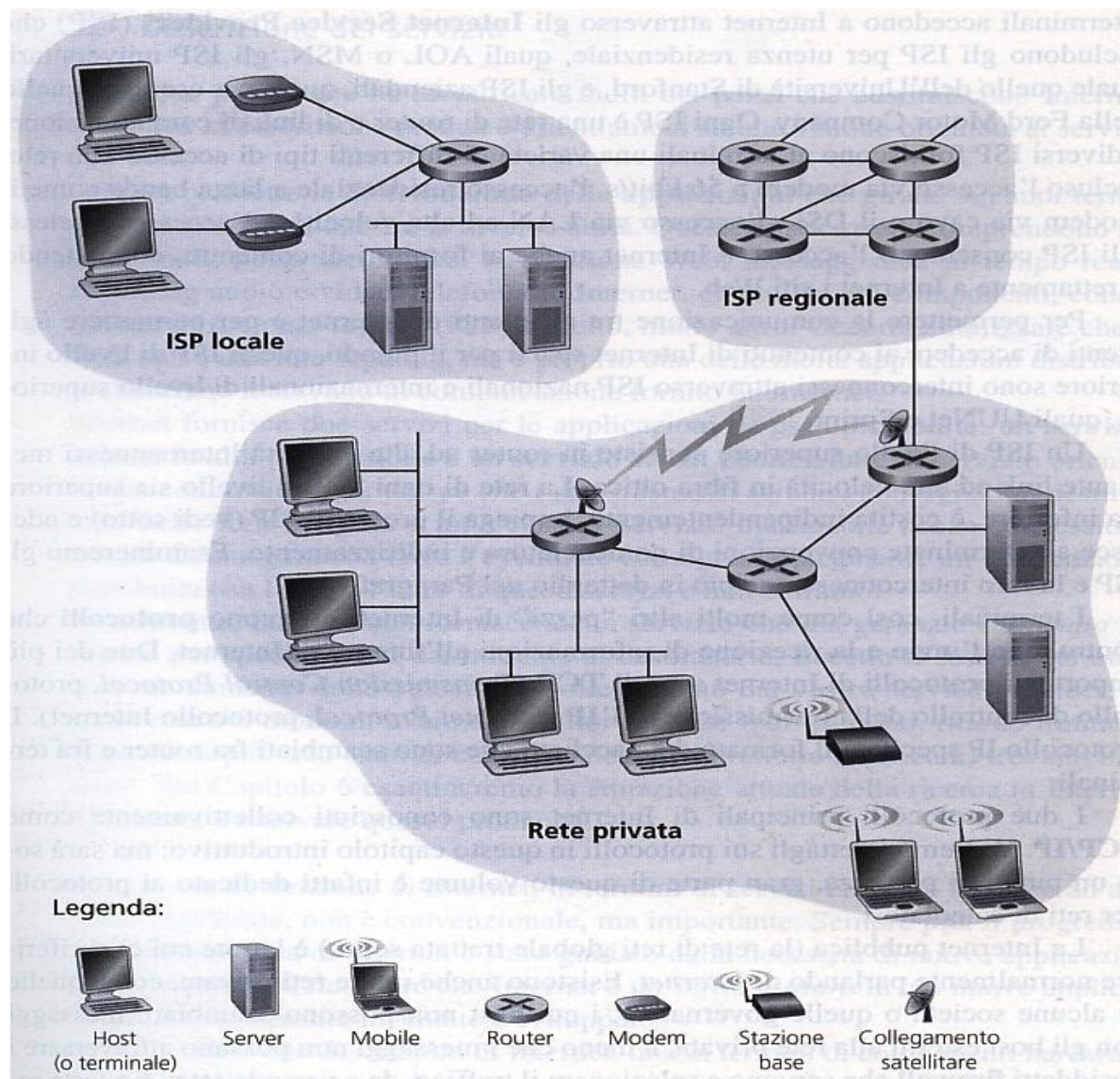
- × Un sistema di interconnessione consiste di un calcolatore dotato di un opportuno software e di due o più interfacce fisiche, a seconda del numero di sottoreti che esso pone in corrispondenza; ogni interfaccia fisica deve essere compatibile con la sottorete verso cui si affaccia



- × per es., se la sottorete fosse una rete telefonica, l'interfaccia fisica verso di essa sarebbe un modem, collegato mediante un doppino a una centrale telefonica; se la sottorete fosse una LAN Ethernet, l'interfaccia fisica sarebbe una scheda Ethernet, collegata mediante un cavo (coassiale RG58 o doppino RJ45) al bus della LAN



Esempio di rete Internet





Principio di interconnessione

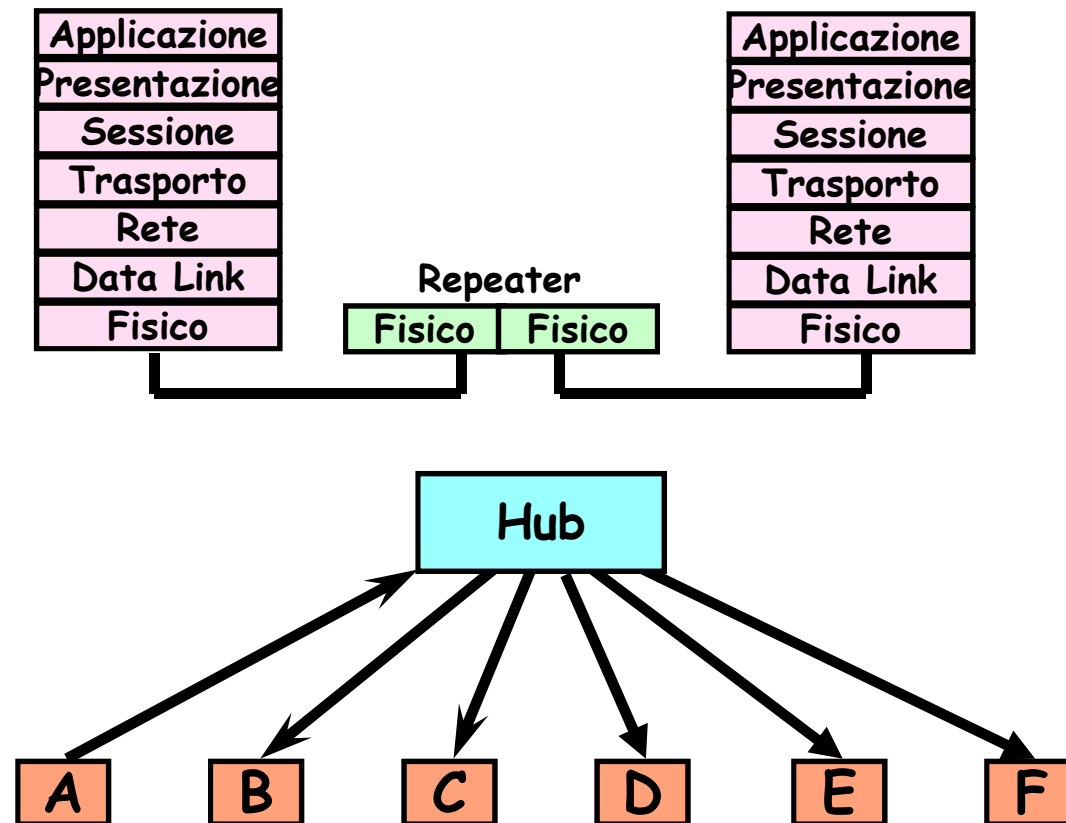
Ing. Peppino Fazio

- In base al livello protocollare piu' alto (ovvero N) a cui i sistemi di interconnessione operano la traduzione di protocollo, si distinguono:
 - ✗ **Repeater:** opera a livello di strato 1, operando una conversione dei mezzi di trasferimento (es. rame-fibra)
 - ✗ **Bridge:** opera a livello di strato 2 (spesso MAC)
 - ✗ **Router:** opera a livello di strato 3, utilizzando indirizzi di strato di rete globalmente validi su tutta la inter-rete
 - ✗ **Gateway:** puo' tradurre tutti i protocolli fino allo strato di applicazione
- Per realizzare una inter-rete occorre effettuare una traduzione di protocolli almeno fino allo strato 3, dove si trovano le funzioni di instradamento e indirizzamento



Repeater/Hub

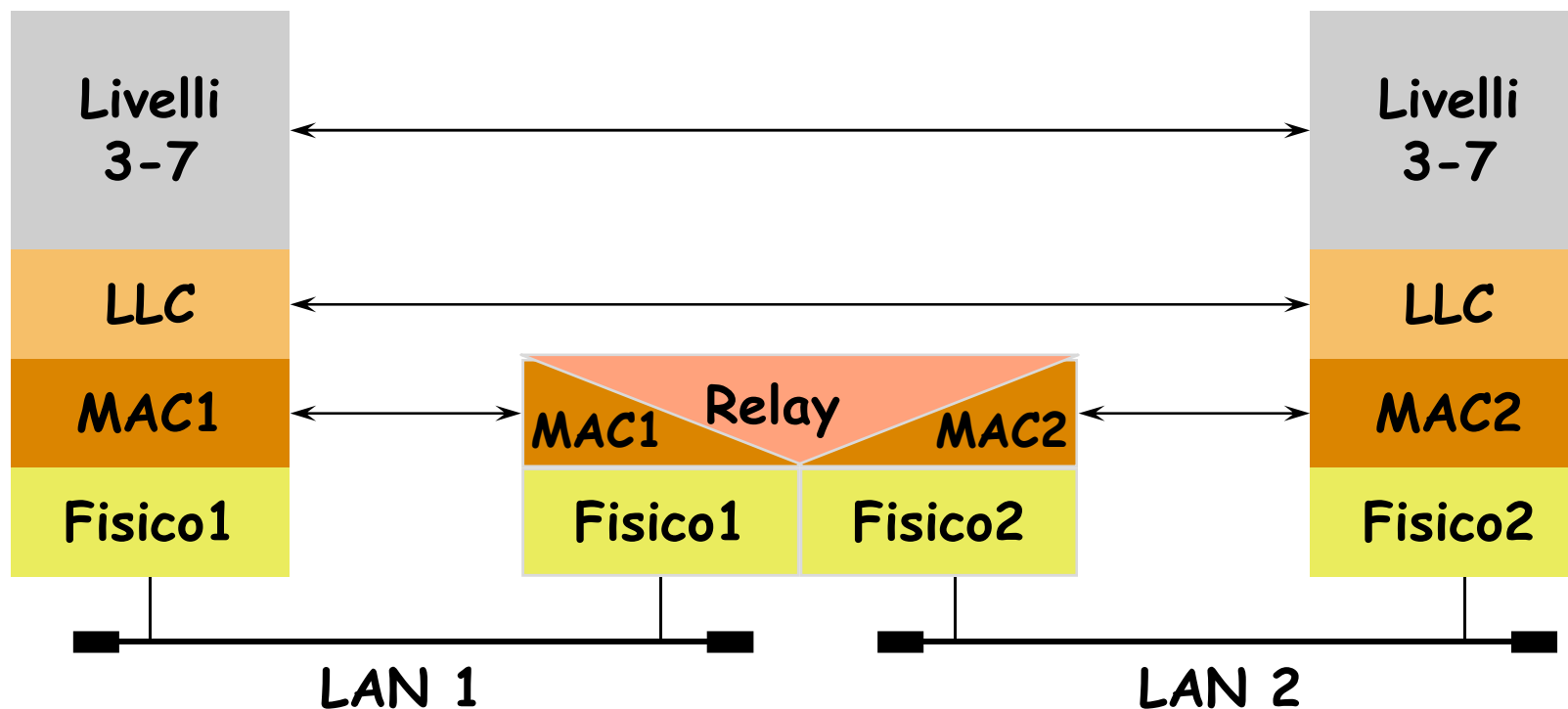
- × repeater quando è costituito da 2 porte
- × hub o multiport repeater quando è costituito da più di 2 porte





Bridge/Switch (1)

Ing. Peppino Fazio

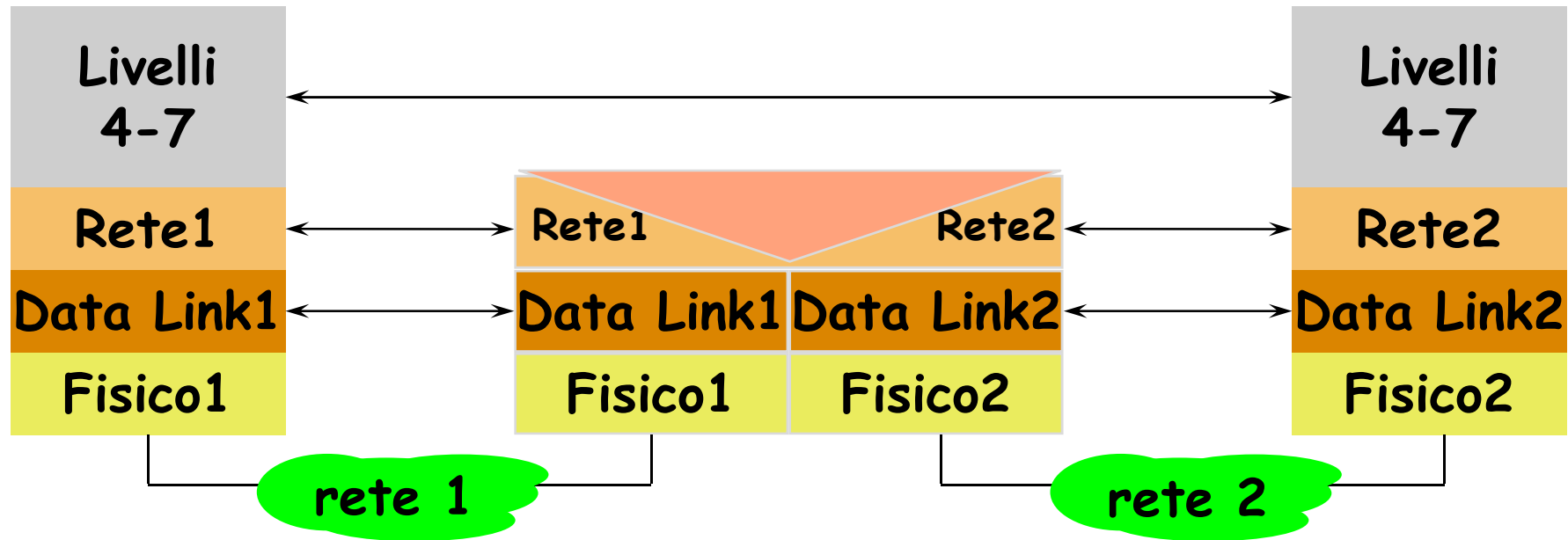


- I bridge/switch operano a livello 2 OSI (MAC)



Router

Ing. Peppino Fazio



- I router lavorano al livello 3 OSI (livello di rete)
- I router implementano la traduzione di protocolli fino al livello di rete



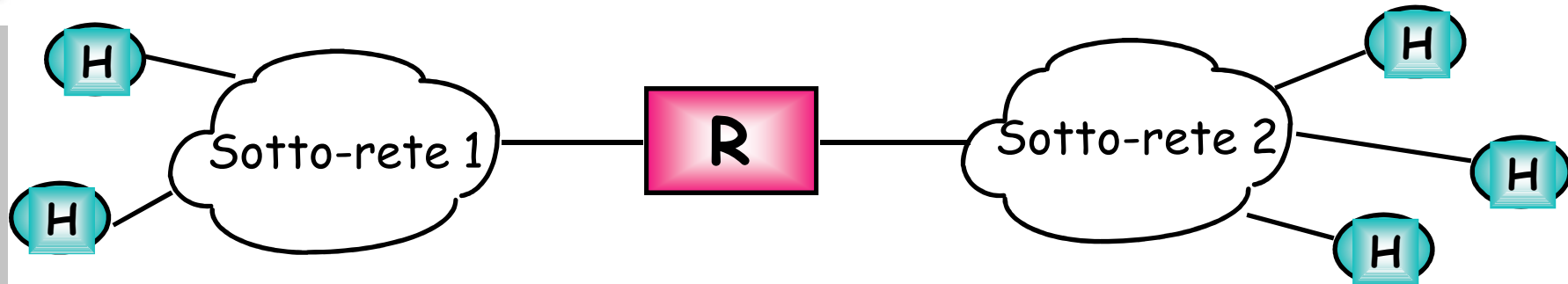
Approccio alternativo di interconnessione

Ing. Peppino Fazio

- Altra scelta da fare e' relativa alla modalita' di trasferimento (con connessione o senza) da adottare nello strato IP
 - ✗ con connessione: le funzioni del router sono piu' complesse; la connessione da host a host e' vista come una concatenazione di connessioni su ciascuna delle quali deve essere garantita la qualita' richiesta dall'host sorgente
 - ✗ senza connessione: le funzioni del router sono piu' semplici; esso trattera' le unita' informative indipendentemente dalle altre senza preoccuparsi di soddisfare alcun requisito di qualita', ma ogni volta decidera' l'instradamento dell'unita' informativa (questo impone limiti in termini di portata)



Approccio alternativo di interconnessione



Ing. Peppino Fazio

Altra funzione del router è l'instradamento:

- ✗ I router instradano i pacchetti solo verso la sotto-rete di destinazione e non verso il singolo host di destinazione
- ✗ Una volta che il pacchetto arriva alla sotto-rete di destinazione sono i protocolli di questa sotto-rete ad indirizzarlo verso lo specifico host di destinazione



Approccio alternativo di interconnessione

- Al crescere della complessità della inter-rete i router devono conoscere la topologia di Internet al di là delle sotto-reti a cui sono direttamente connessi



- Il sistema di interconnessione R1 deve trasferire alla sotto-rete 2 le unità informative generate dalla sotto-rete 1 destinate sia alla sotto-rete 2 che alla sotto-rete 3, quindi deve essere a conoscenza anche dell'esistenza della sotto-rete alla quale non è direttamente connesso



Obiettivo di Internet

Per consentire lo scambio di informazione tra host connessi su diverse sottoreti dell'inter-rete è necessario

- ✕ un insieme di procedure di inter-lavoro (protocolli di comunicazione) necessarie per interconnettere le sottoreti
 - host e router nella rete Internet dialogano usando i protocolli della Internet Protocol Suite
- ✕ nascondere agli utenti e ai processi applicativi i dettagli fisici delle reti attraversate
 - la comunicazione tra 2 host A e B deve essere possibile indipendentemente dalle sottoreti alle quali sono direttamente connessi A e B, e dal numero e dalla tipologie delle altre sottoreti eventualmente coinvolte nel processo di comunicazione
- ✕ assicurare l'indipendenza dell'interfaccia utente-rete dalle specificità della sottorete di accesso



Obiettivo di Internet

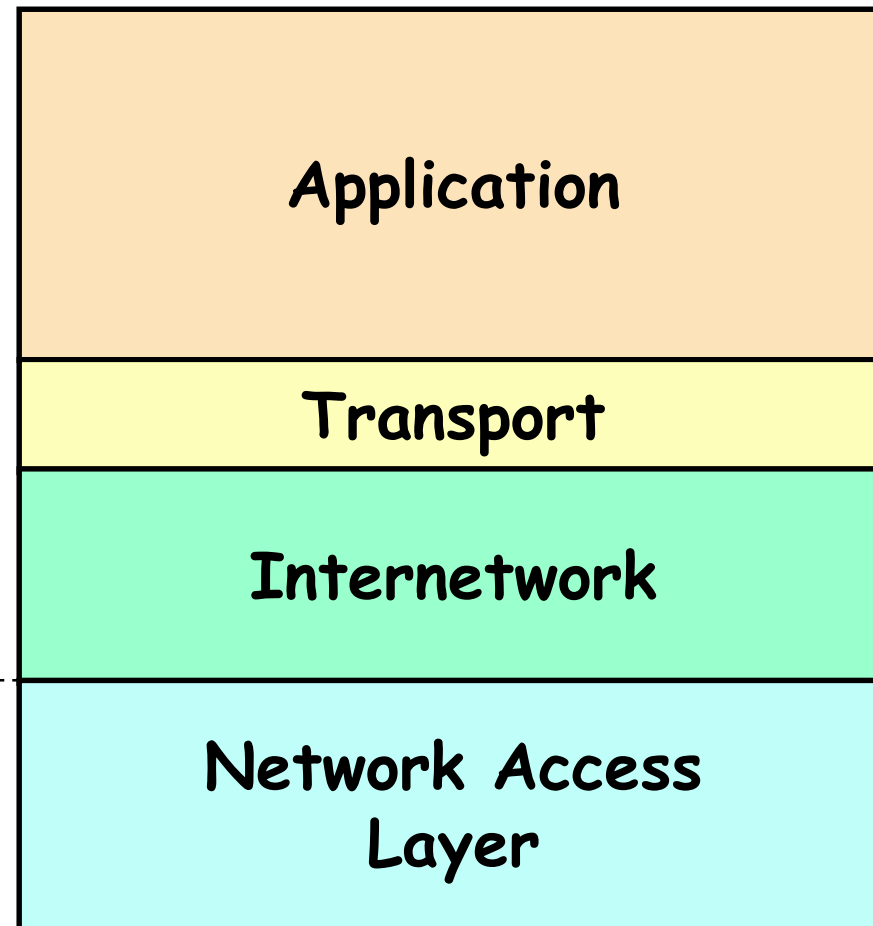
- La struttura di Internet è non gerarchica
- Le sotto-reti possono essere distinte in
 - ✗ sotto-reti che utilizzano IP come protocollo di strato 3
 - ✗ sotto-reti basate su altri protocolli di strato 3
- Tutte le sotto-reti sono trattate in modo uguale
 - ✗ reti in area locale (es. Ethernet), in area metropolitana (es. FDDI), reti geografiche (es. la rete telefonica), connessioni punto-punto dedicate



Ing. Peppino Fazio

L'architettura TCP/IP (Internet Protocol Suite)

Architettura TCP/IP



Ing. Peppino Fazio

Tecnologie di
sottorete



Architettura TCP/IP

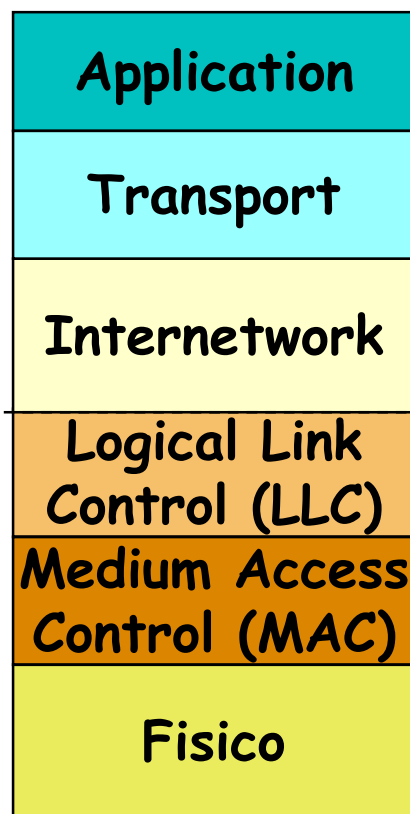
L'insieme dei protocolli TCP/IP garantisce l'indipendenza dalla tecnologia delle sottoreti

- ✗ volutamente non specifica i livelli 1 e 2 della rete, ma utilizza quelli conformi agli standard delle reti fisiche (sottoreti) esistenti. Ad es., tra le reti locali IP può operare su Ethernet, Token Ring e FDDI, mentre tra le reti geografiche può operare su HDLC, PPP, X.25, Frame Relay, ATM
- ✗ riesce a inter-connettere tutti i tipi di sotto-rete in quanto assume che le funzionalità degli strati sottostanti costituiscano solo una piattaforma per il trasferimento fisico
- ✗ è in grado di operare su diverse piattaforme hardware utilizzando qualsiasi sistema operativo (UNIX, Mac, MS-DOS, Windows...)

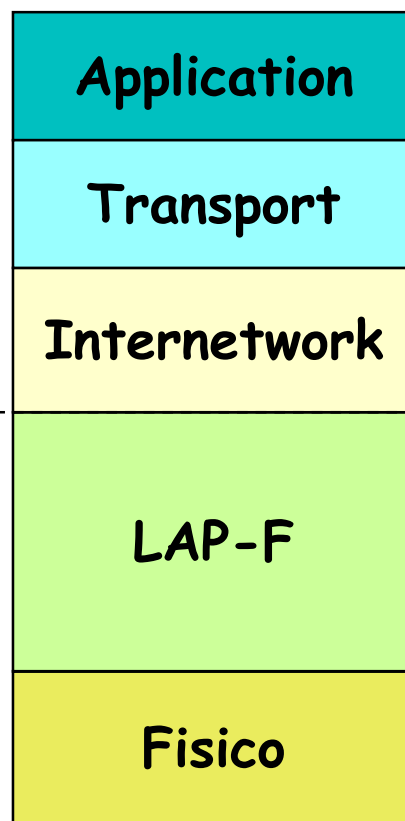
Architettura TCP/IP



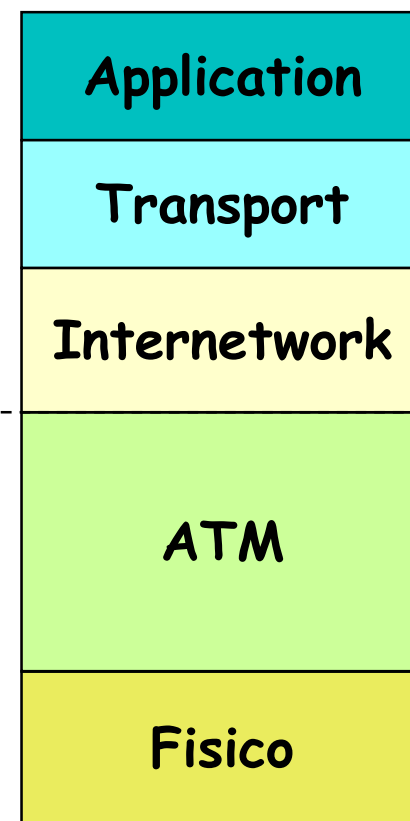
Ing. Peppino Fazio



LAN

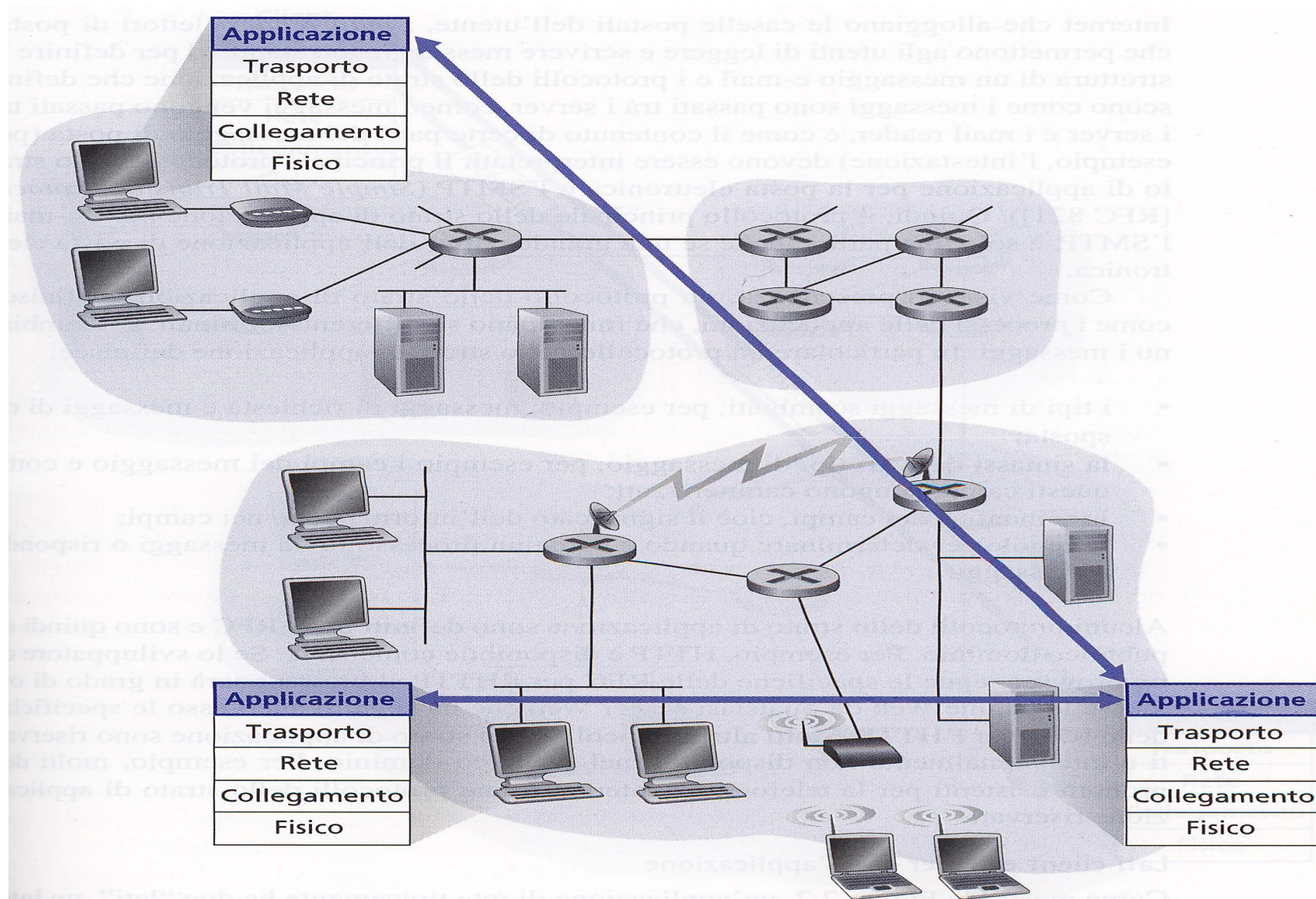


Frame
Relay



ATM

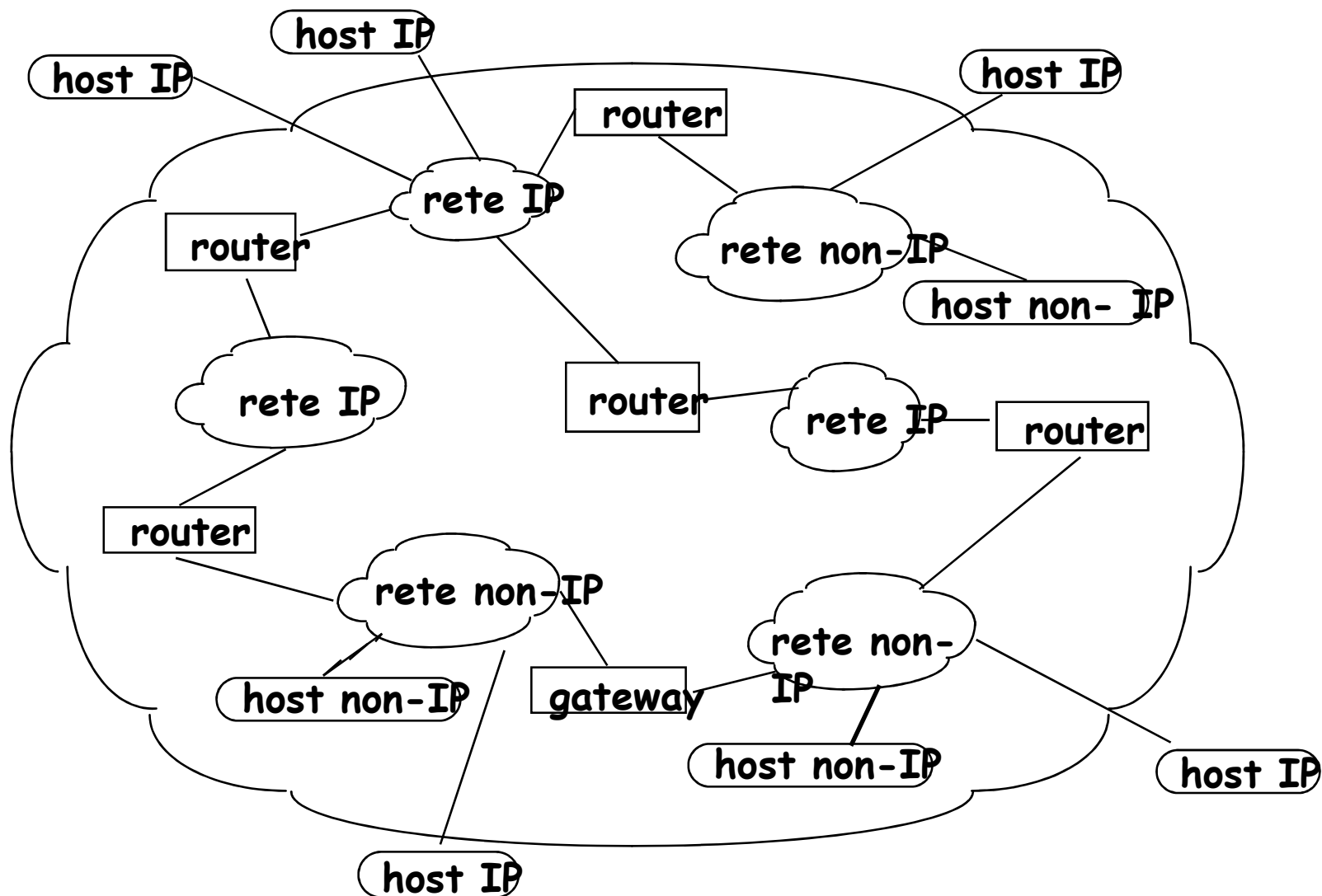
Architettura TCP/IP



Comunicazione fra hosts a livello applicazione



Architettura TCP/IP



Architettura TCP/IP

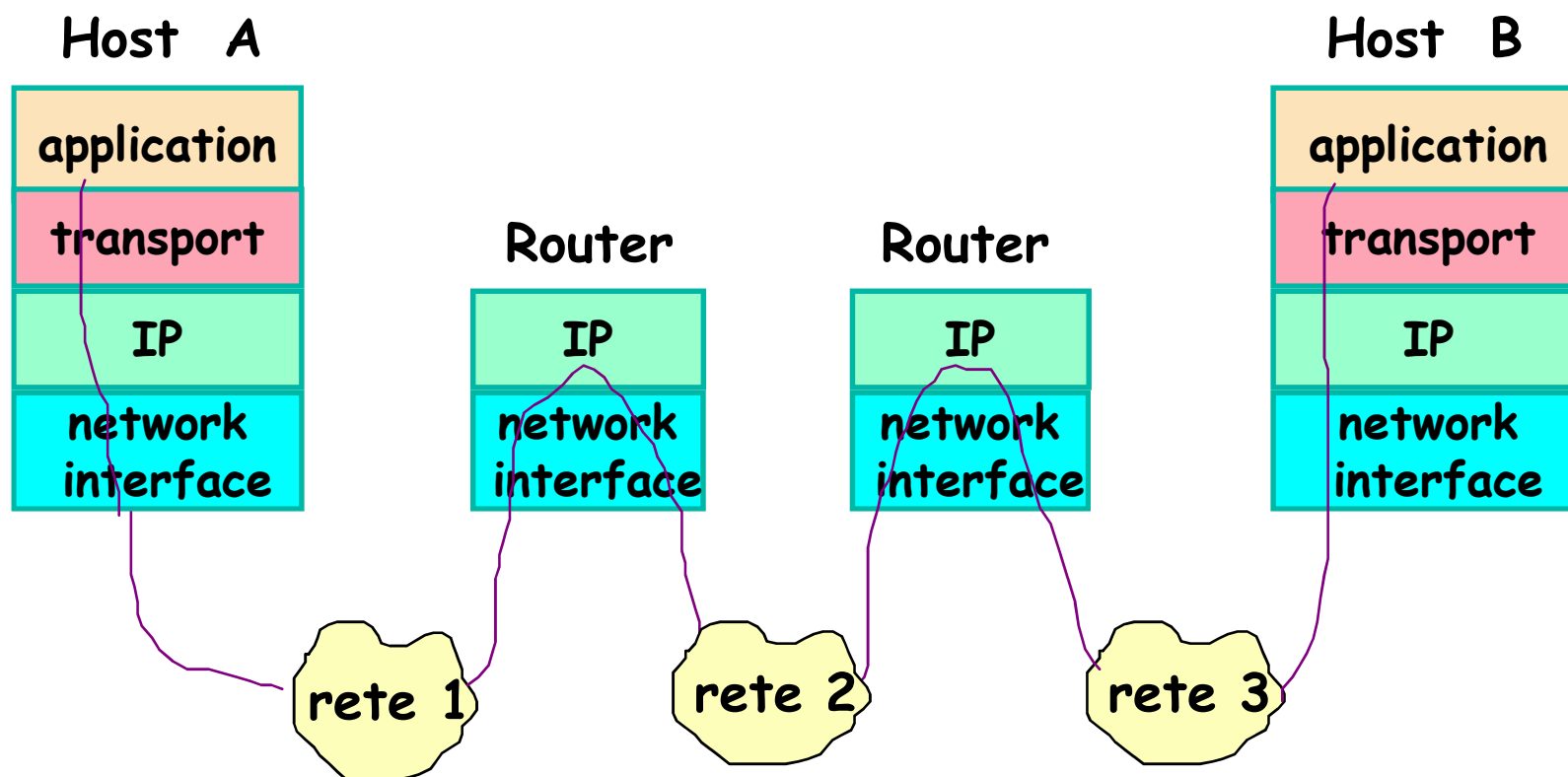


Ing. Peppino Fazio

- I router sono gli apparati di rete che assicurano la interconnessione tra sottoreti con diversa tecnologia di trasporto
- Un router riceve un pacchetto da un'interfaccia, controlla l'indirizzo di destinazione e decide su quale interfaccia inoltrare il pacchetto, a meno che la destinazione non sia il router stesso
- Un router esegue l'operazione di instradamento a livello 3 del modello di riferimento OSI
- I router sono invisibili all'utente, che vede Internet come fosse un'unica rete, ed indirizza direttamente l'elaboratore di destinazione

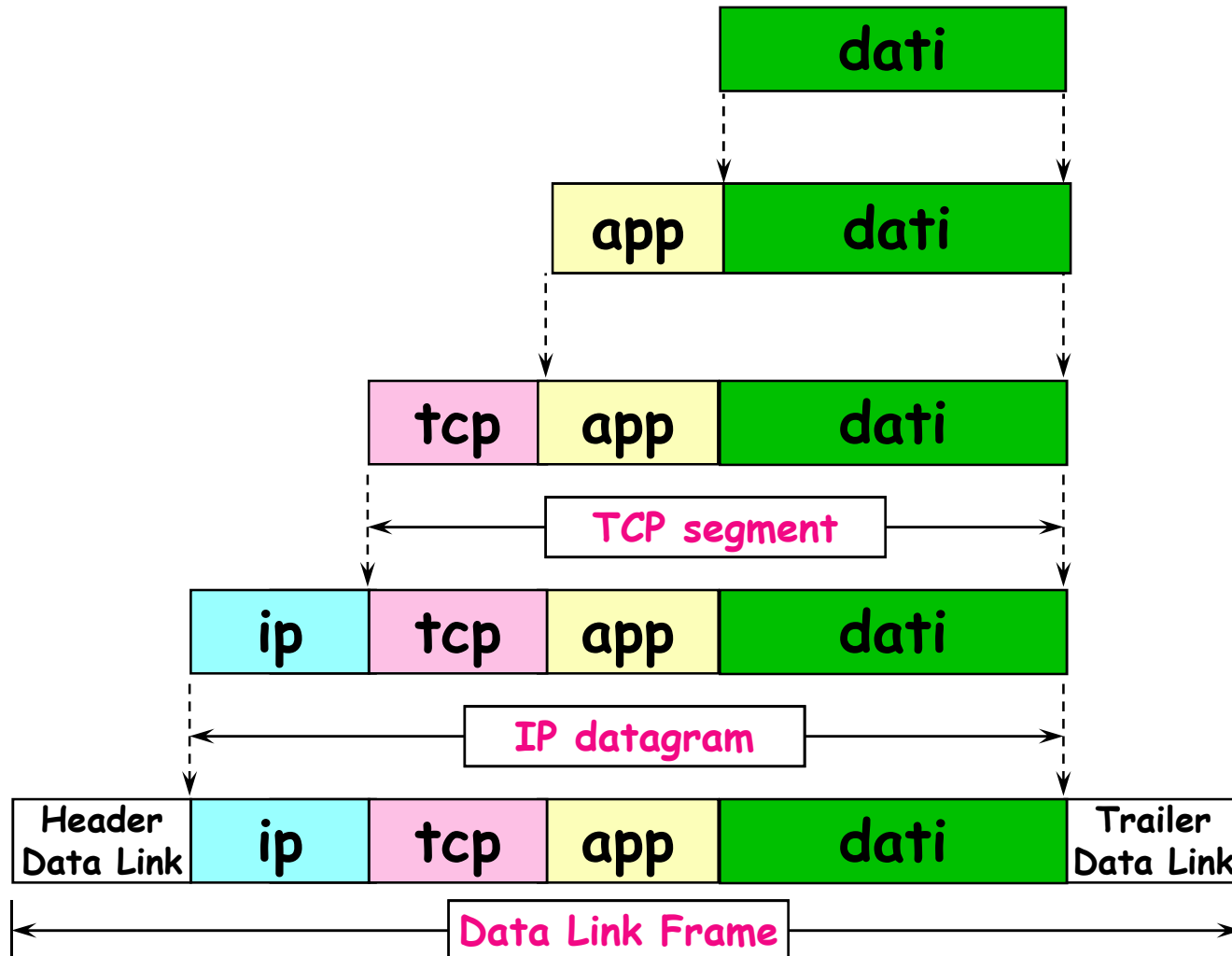
Architettura TCP/IP

- Il percorso software di un messaggio che attraversa più reti interconnesse tramite un'architettura Internet può essere schematizzato come segue:

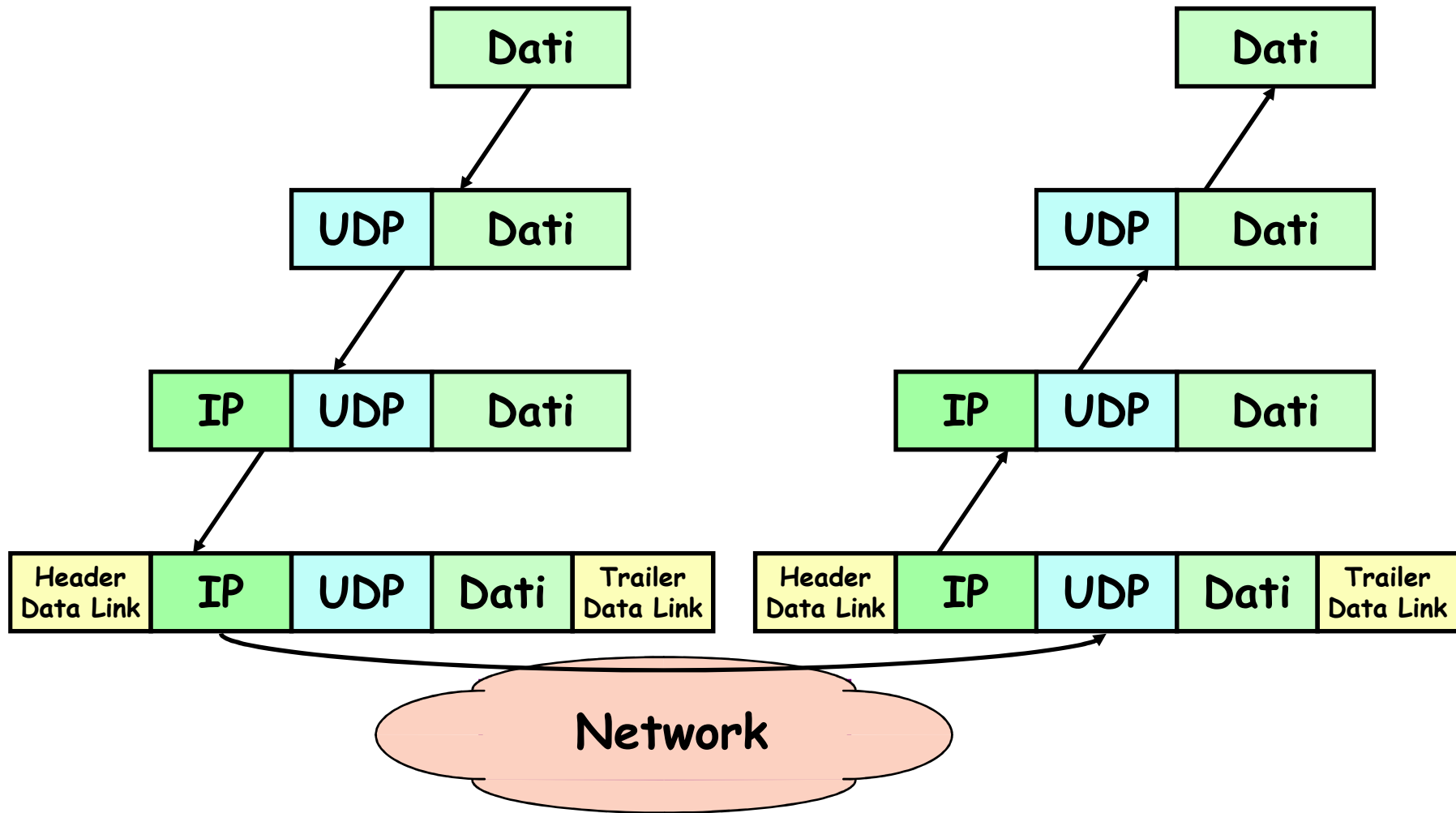


Architettura TCP/IP

Ing. Peppino Fazio



Architettura TCP/IP





Precisazione

- Nel seguito si farà riferimento a host “direttamente” connessi a Internet e dotati di un proprio indirizzo IP stabile e univoco
- Questo non è il caso di host che si connettono alla rete Internet tramite un ISP (Internet Service Provider), usando tipicamente la rete telefonica commutata
 - ✗ prima di iniziare lo scambio di informazioni con altri, l’host riceve dall’ISP una serie di informazioni di configurazione, tra cui un indirizzo che lo identificherà nell’ambito di quella sessione, ma che potrà cambiare in sessioni successive
 - ✗ quindi l’host, non avendo un proprio indirizzo stabile e univoco, non è “conosciuto” dagli altri sistemi connessi a Internet, ma è raggiungibile dall’esterno solo tramite il suo ISP

Architettura TCP/IP



Ing. Peppino Fazio

Strati OSI	Protocolli			
	Servizi applicativi:			
5-7	TELNET SMTP HTTP FTP X-Window	GOPHER WAIS ARCHIE TALK WHOIS News Listserv	NFS RIP TFTP SNMP DNS	
4	TCP		UDP	ICMP
3c	IP			
3b				ARP/RARP
3a	X.25 strato 3, SNA, DECnet, ATM+AAL, PPP, LLC, etc.			
2	X.25 strato 2, 802.2, 802.3, 802.4, Ethernet etc.			
1	Strato fisico			

Tutti gli strati inferiori a IP, da 3a compreso in giù, sono considerati come "Network Access Layer"



Lo strato di rete

- IP è un protocollo di strato di rete

- Le sue funzioni sono l'indirizzamento, l'instradamento, la frammentazione e l'aggregazione delle unità informative

- ✕ la segmentazione è necessaria se la dimensione delle unità informative gestite nella sotto-rete è inferiore a quella massima consentita dal TCP/IP

La modalità di trasferimento nello strato IP è senza connessione

- ✕ IP tratta ciascun pacchetto come un messaggio indipendente; non esistono in questo strato i concetti di connessione e circuito logico



Lo strato di rete

• Lo strato IP non fornisce garanzia sulla qualità di servizio (integrità informativa, trasparenza temporale, etc.)

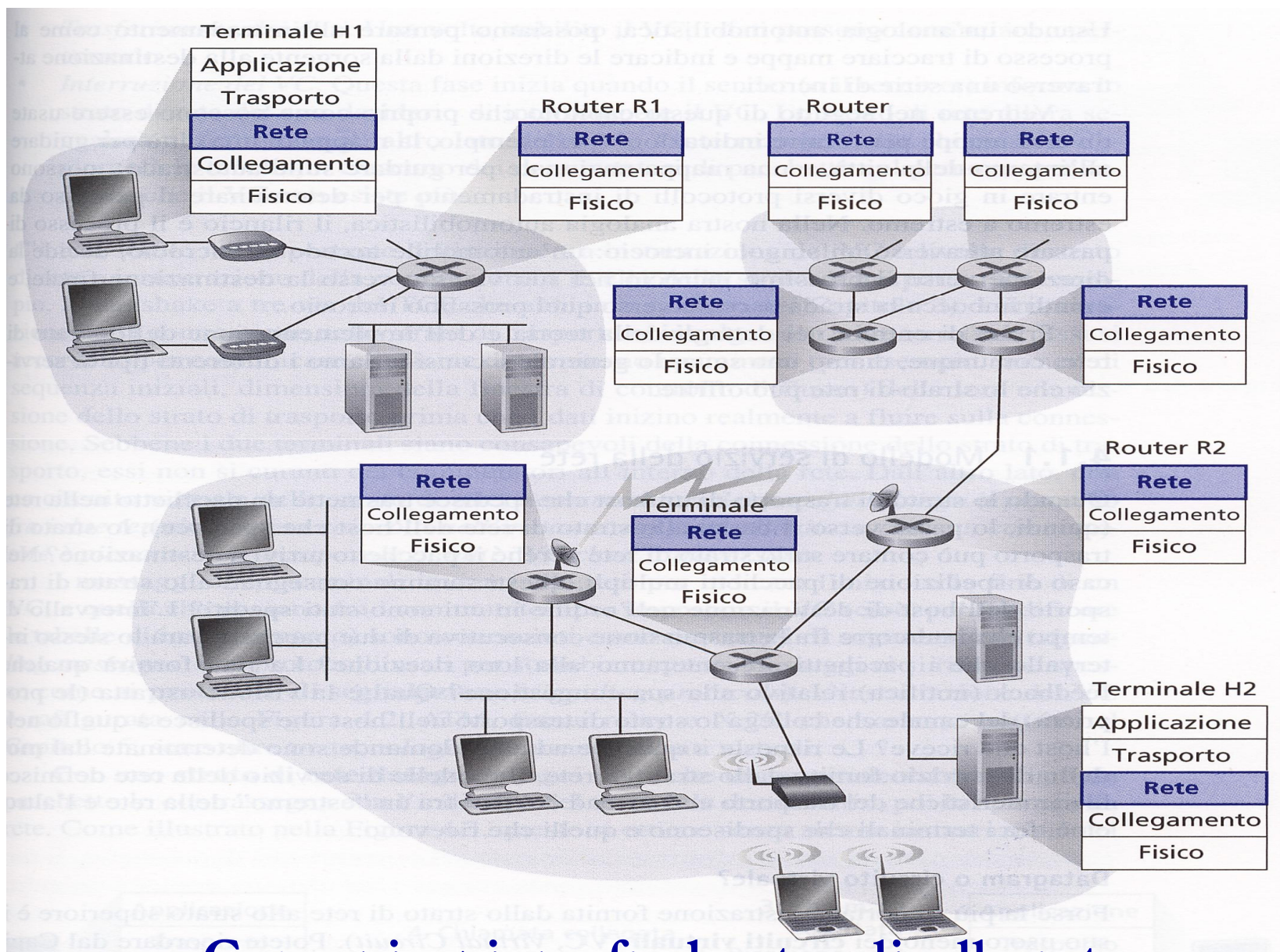
- ✗ il compito di garantire la qualità di servizio è demandato agli strati superiori residenti negli host
- ✗ la qualità dipende dalle caratteristiche delle sotto-reti attraversate

• Il servizio IP è inaffidabile perché la consegna di un'unità informativa non è garantita; questa può essere persa, duplicata o consegnata fuori sequenza

- ✗ il servizio è basato sul paradigma “best effort” (la rete cerca di “fare del suo meglio”)



Lo strato di rete



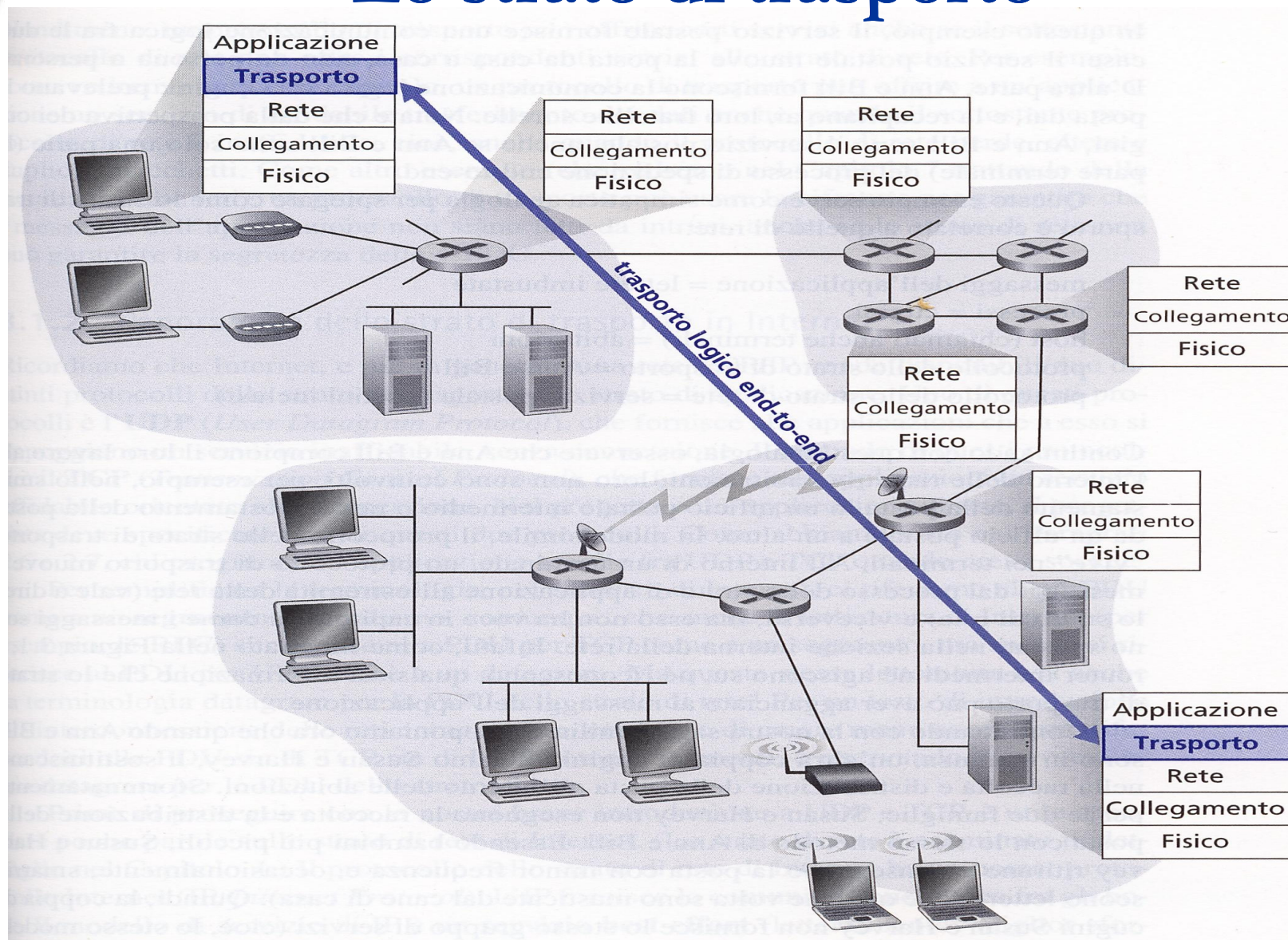
Comunicazione fra hosts a livello rete

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

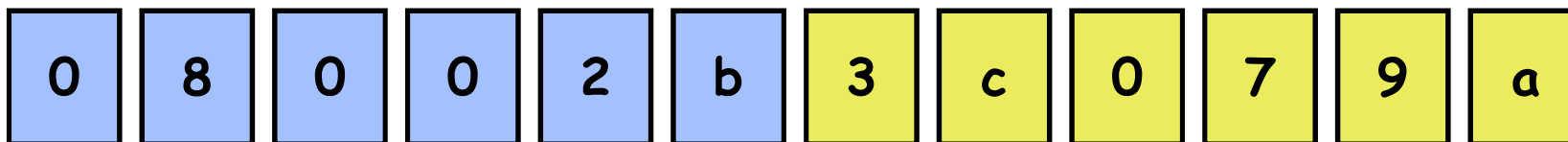
Ing. Peppino Fazio

- 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

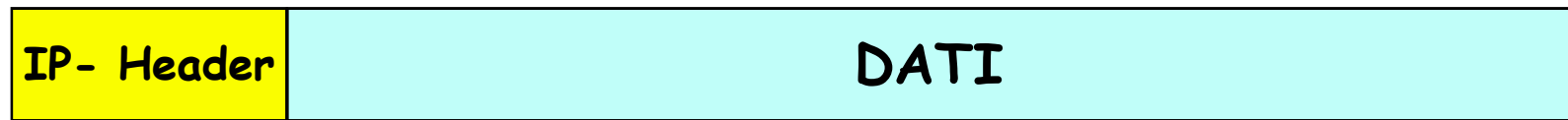


Imbustamento di IP su LAN



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



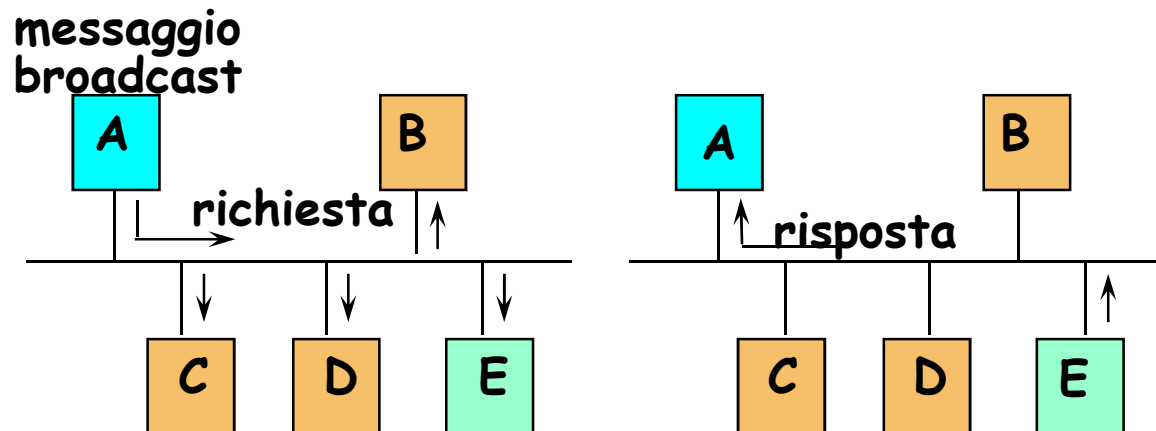
ARP

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
 - si parla ancora di mapping dinamico perché ci sono procedure che permettono ad una macchina di registrarsi, in maniera automatica all'accensione, nella tabella di associazione
 - l'indirizzo dell'ARP server deve essere noto a tutte le macchine della rete non-broadcast
 - 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

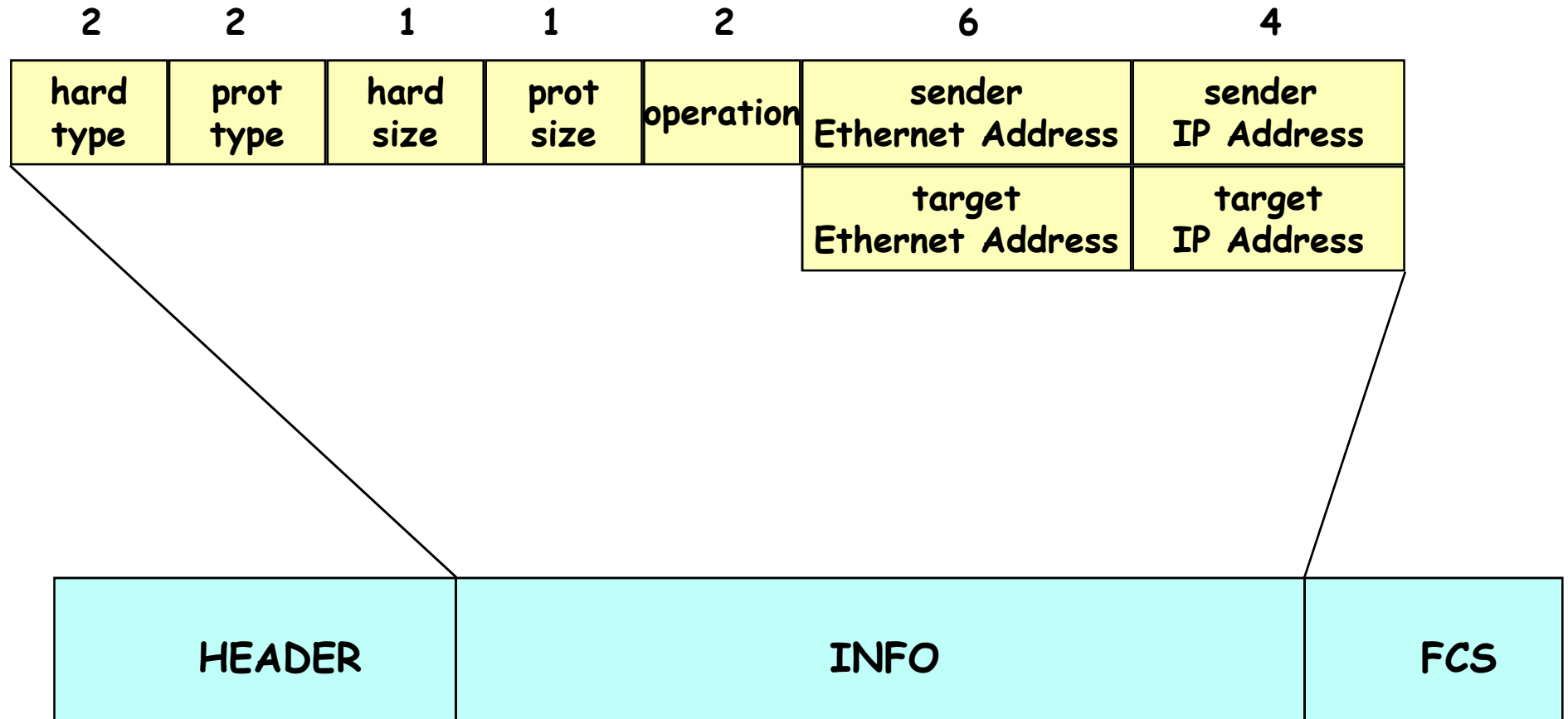
Ing. Peppino Fazio

- Il protocollo ARP si appoggia direttamente sul livello data link e non su IP
- Il pacchetto ARP è incapsulato nella PDU del livello data link, per esempio una trama Ethernet
- La richiesta viene inviata all'indirizzo di broadcast di livello 2, perché deve essere elaborata da tutte le macchine; contiene l'indirizzo di livello 2 e quello di livello 3 della macchina sorgente; così la macchina che riconosce il proprio indirizzo di livello 2 sa a chi inviare il reply
- Nel pacchetto di risposta vengono riempiti tutti i campi; importante è chiaramente l'indirizzo di livello 2 di chi invia il reply, che era l'informazione richiesta in partenza



ARP

Ing. Peppino Fazio





RARP (Reverse Address Resolution Protocol)

- 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



RARP

- **Svantaggio di RARP: il messaggio RARP request (essendo di tipo broadcast) non viene inoltrato dai router nel resto della inter-rete**

- ✗ serve un RARP server su ogni sottorete

- **Altri protocolli analoghi: BOOTP e DHCP**

- ✗ **BOOTP (BOOTstrap Protocol)** usa invece messaggi UDP che vengono inoltrati agli altri router