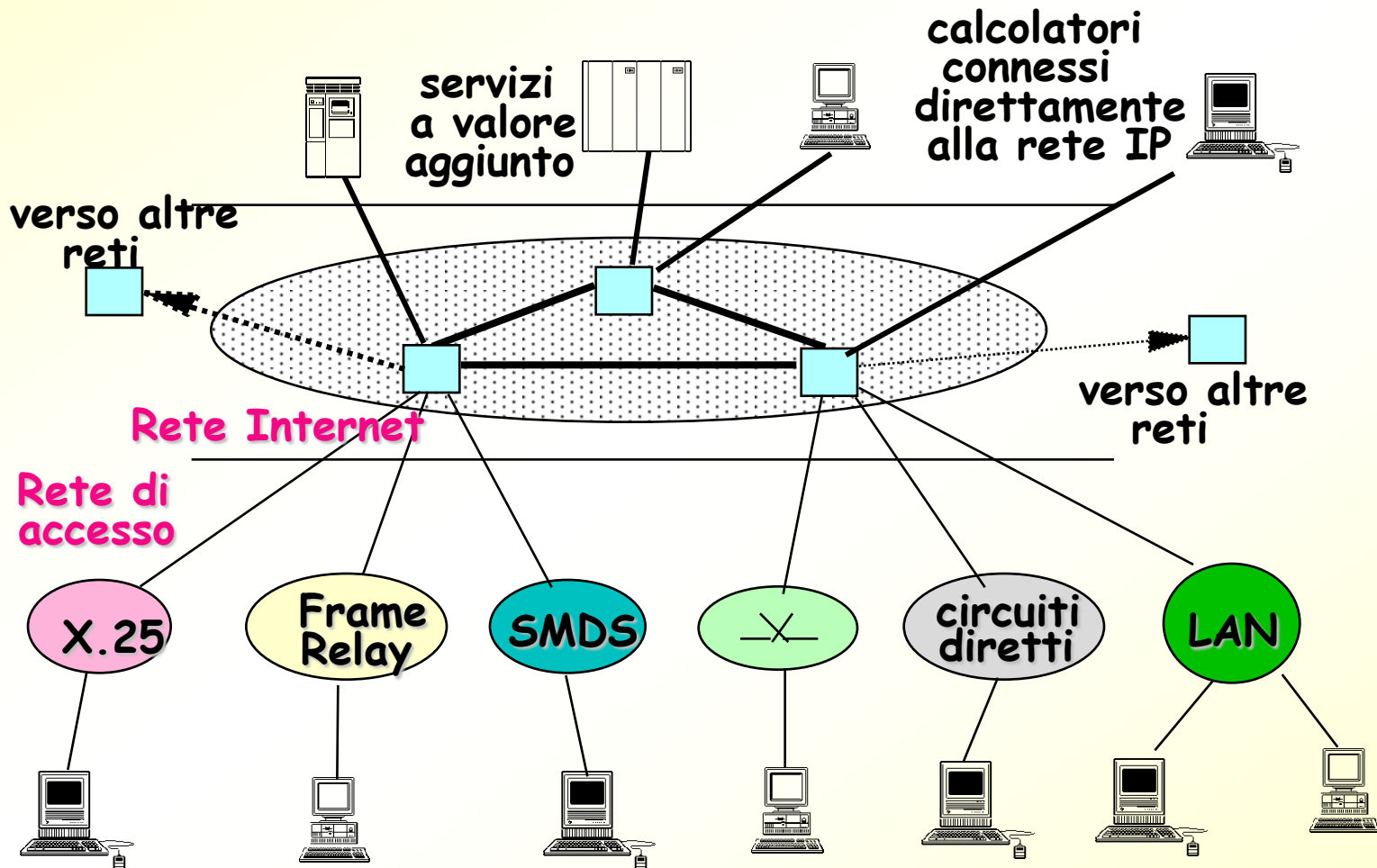

La rete Internet e l'architettura di protocolli TCP/IP

Salvatore Marano

Introduzione

La rete Internet



calcolatori che accedono ad Internet tramite altre reti

La rete Internet

- Internet non è una nuova rete, ma l'unione di diverse reti, pre-esistenti ed eterogenee tra loro
- Le reti componenti Internet (che chiameremo sottoreti) sono omogenee al loro interno e operano in accordo a qualsiasi paradigma di comunicazione
- La struttura fisica di Internet comprende:
 - × un certo numero di reti componenti
 - × dispositivi di interconnessione tra le sottoreti

Storia

- 1961: Leonard Kleinrock (UCLA) pubblica il primo lavoro sulla commutazione di pacchetto
- 1964: il Ministero della Difesa degli USA (DoD) incarica l'ARPA (Advanced Research Project Agency) di sviluppare un modello di rete di calcolatori per applicazioni militari resistente ad attacchi (es. interruzioni di linee o centri di commutazione) che ne modifichino la configurazione
 - × una struttura reticolare, magliata, non gerarchica e con parti ridondanti per garantire elevata capacità di interconnessione e interlavoro fra i nodi della rete
 - × una modalità di trasferimento senza connessione e senza garanzie di qualità del servizio, rimandando queste ultime ai livelli superiori dell'architettura protocollare

Storia

- 1968: Bolt, Berenek e Newman implementano il primo commutatore di pacchetto a UCLA; nel 1969 vengono installati altri 4 nodi (Stanford, UC Santa Barbara, University of Utah)
- 1969: nasce ARPANET, il primo esempio di rete geografica a commutazione di pacchetto
- 1972: Kahn introduce il concetto di architettura aperta per poter interconnettere altre reti al nucleo iniziale

Storia

- Idee base di Kahn
 - × nessuna modifica alle reti da interconnettere
 - × principio del best effort
 - × reti interconnesse da gateway che non mantengano informazioni sullo stato dei flussi di pacchetti che li attraversano
 - × nessun controllo globale
 - × non progettare solo in vista di una particolare applicazione
 - × progettare non solo protocolli di rete ma anche applicazioni

Storia

- 1973: Kahn e Cerf definiscono il TCP (che includeva IP); poi IP viene separato dal TCP
- DoD sovvenziona Stanford, BBN e UCL per implementare TCP/IP: si hanno così le prime tre implementazioni
- 1980: si sviluppano le LAN e ARPANET cresce (DNS, IGP, EGP)
- Il DoD affida a Bolt, Berenek e Newman il compito di implementare TCP/IP in ambiente UNIX e sovvenziona l'Università di Berkeley per integrare i suoi protocolli nella distribuzione del software UNIX; così DARPA raggiunge oltre il 90% dei calcolatori usati in ambito scientifico

Storia

- 1983: il DoD decreta che tutti i calcolatori connessi a ARPANET adottino i protocolli TCP/IP, e separa ARPANET in due: una rete civile (ARPANET) ed una militare (MILNET)
- 1985: la National Science Foundation (NSF) finanzia negli USA lo sviluppo di una rete di trasporto a lunga distanza (NSFnet) e di reti regionali, che consentono di interconnettere LAN di varie università e di enti di ricerca (NASA, NSF, etc.) alla rete ARPANET
- La rete Internet si è sviluppata a partire da questo nucleo iniziale fino ad estendersi in tutto il mondo e comprendere non solo organizzazioni pubbliche e di ricerca, ma anche organizzazioni commerciali e utenti privati

Evoluzione

- 1990: ARPANET cessa le sue attività
- 1990: Barbers-Lee (CERN) definisce il WWW
- 1993: Andreessen (NCSA, Illinois) sviluppa il primo WWW browser
- 1995: NSF smette di finanziare NSFnet
- Evoluzione:
 - × servizi: e-mail, ftp, telnet, news -> gopher, www
 - × velocità tipica delle portanti: 64 kbit/s -> 2/34 Mbit/s
- Problematiche future: non l'evoluzione della tecnologia ma la gestione del cambiamento

Fattori di successo

- **Sovvenzioni statali (\$ 200 milioni nel periodo '86-'95)**
- **Il paradigma Internet offre meno funzionalità del modello OSI (almeno negli strati bassi) ma la sua realizzazione è più semplice**
 - × modalità di trasferimento senza connessione nello strato di rete e nessuna garanzia della qualità del servizio (il compito è dei livelli applicativi negli host terminali)
- **I protocolli di Internet sono implementati in software e sono di pubblico dominio, non c'è necessità di acquistare ed installare schede hardware**

Fattori di successo

- **Disponibilità gratuita del software che realizza i protocolli di comunicazione di Internet**
 - × protocolli implementati in UNIX e forniti gratuitamente insieme al sistema operativo
- **Disponibilità spesso gratuita anche del software applicativo (modello client/server)**
 - × es. Gopher, WWW
- **Internet offre i suoi servizi a costi accessibili; la tariffazione è prevalentemente flat-rate, indipendente dal traffico e dalla distanza**

Fattori di successo

- **Assenza di vincoli: Internet non richiede che tutti i sistemi che la compongono siano basati sulla stessa architettura protocollare**
- **Le apparecchiature di utente e molte sotto-reti private contribuiscono in modo significativo al trasporto delle informazioni**
 - × in molte reti geografiche le apparecchiature di rete per il trasporto, la commutazione e l'elaborazione delle informazioni sono di proprietà di società pubbliche o private che installano e gestiscono i sistemi di TLC mettendoli a disposizione dell'utenza

Fattori di successo

- **Processo di standardizzazione (rapidità & verifica implementativa)**
 - × si richiede che esistano almeno due diverse implementazioni inter-operanti di un protocollo e una verifica in campo prima di dichiararlo standard
- **Idee di lavoro, specifiche dei protocolli e documentazione tecnica pubblica e gratuita fin dai primi stadi di sviluppo**
 - × www.ietf.org

Il processo di standardizzazione

- L'Ente responsabile della definizione dei protocolli e del funzionamento di Internet è l'IETF (Internet Engineering Task Force)
 - * è una comunità internazionale di progettisti/operatori/costruttori/venditori di reti aperta a tutti gli interessati
 - * l'IETF organizza 3 riunioni all'anno; la maggior parte del lavoro è svolto tramite mailing list
- L'attività di ricerca e sviluppo è organizzata in gruppi di lavoro (Working Groups) organizzati in Aree, ognuna responsabile di una certa tematica (es. routing, transport, security)
 - * ogni Area è gestita dagli Area Director (AD) che sono membri dell'IESG (Internet Engineering Steering Group)

Il processo di standardizzazione

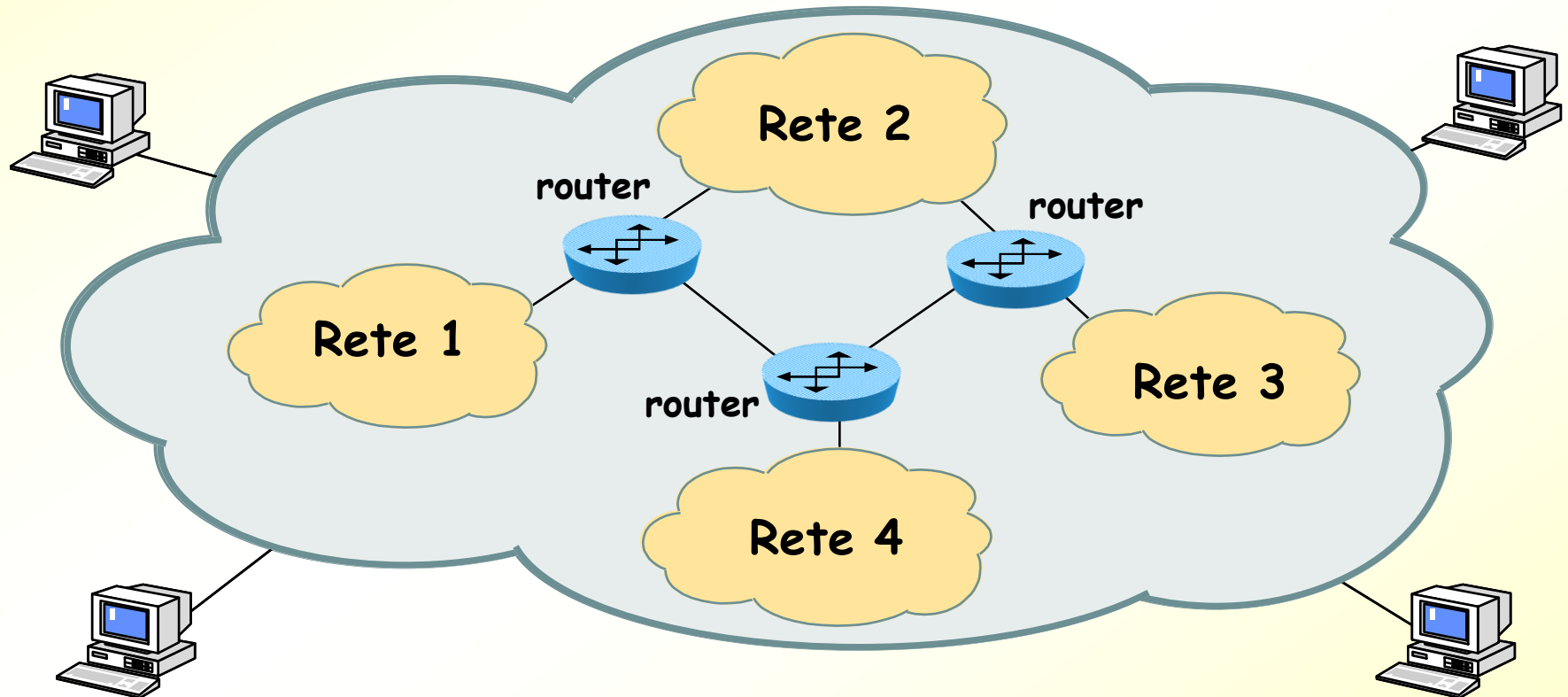
- L'IAB (Internet Architecture Board) si occupa di questioni architetture più generali e risolve eventuali conflitti che l'IESG non è riuscita a risolvere
- IESG e IETF sono presiedute dal General Area Director, che è anche membro di diritto dell'IAB
- L'IANA (Internet Assigned Numbers Authority) è l'autorità centrale che coordina l'assegnazione dei parametri numerici dei protocolli (inclusi gli indirizzi IP e i numeri di porta TCP)
- L'ISOC (Internet Society) sovrintende all'IANA, all'IESG e all'IAB

Il processo di standardizzazione

- In Internet gli standard sono denominati RFC (Request For Comments)
 - × For Your Information RFC (FYI RFC), di natura descrittiva, riportano argomenti di natura generale (anche l'organizzazione delle riunioni)
 - × Standard RFC (STD RFC), gli standard veri e propri
- Prima di arrivare a uno standard RFC, si parte da un documento di lavoro (Internet Draft) che può essere proposto da qualunque individuo o Ente interessato
 - × il draft viene messo a disposizione di tutti tramite i siti dell'IETF e le mailing list
 - × un draft ha validità di 6 mesi, dopo di che decade, a meno che non sia stato promosso a RFC, con eventuali modifiche/integrazioni

Struttura di Internet

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



Struttura di Internet

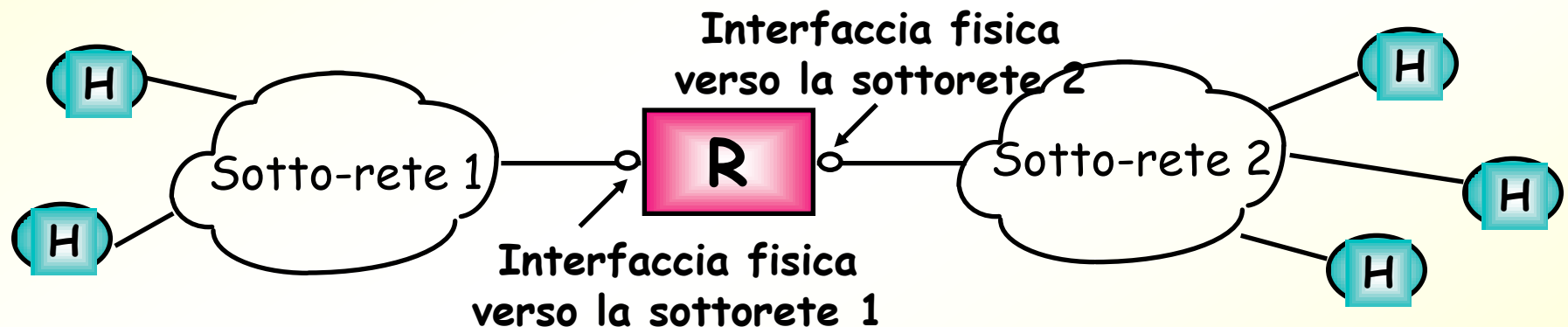
- Internet è una “inter-rete”, cioè una infrastruttura fisicamente costituita da:
 - × sottoreti eterogenee (per topologia, struttura fisica, modi di trasferimento e prestazioni) alle quali sono collegati i calcolatori (host)
 - × dispositivi di interconnessione (router) tra le sottoreti
- Le entità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



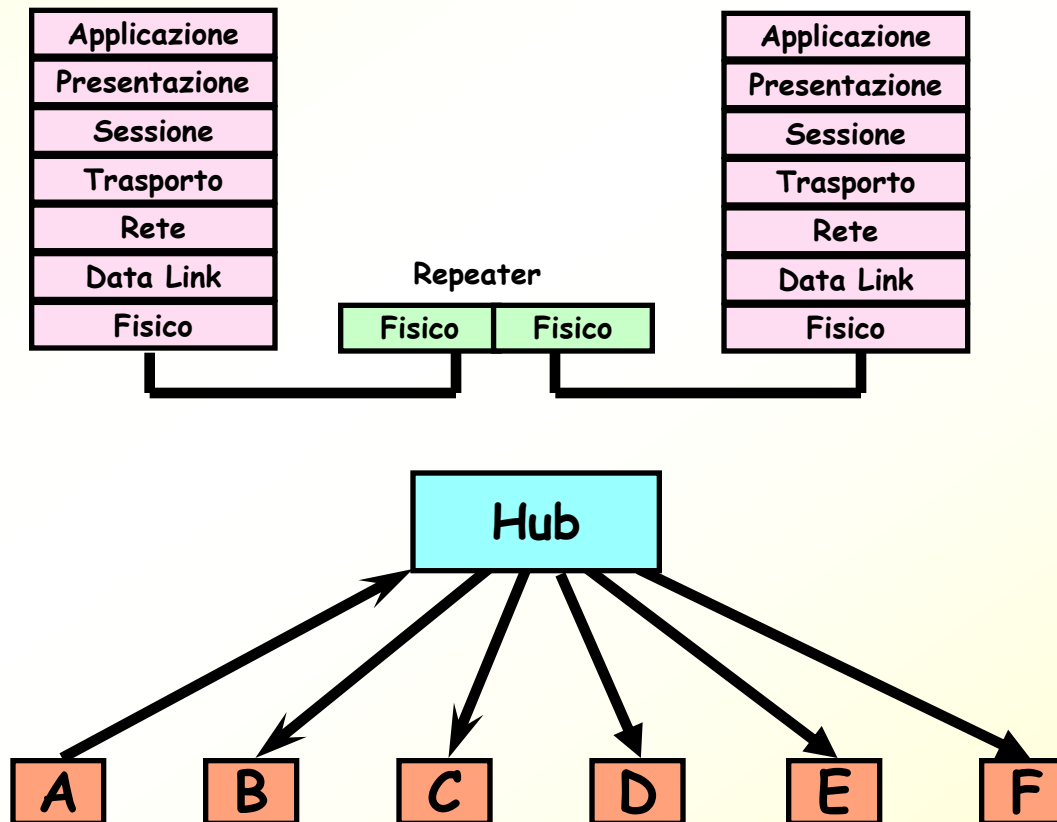
- × per es., se la sottorete fosse una rete telefonica, l'interfaccia fisica verso di essa sarebbe un modem, collegato mediante un doppino a una centrale telefonica; se la sottorete fosse una LAN Ethernet, l'interfaccia fisica sarebbe una scheda Ethernet, collegata mediante un cavo (coassiale RG58 o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

Principio di interconnessione

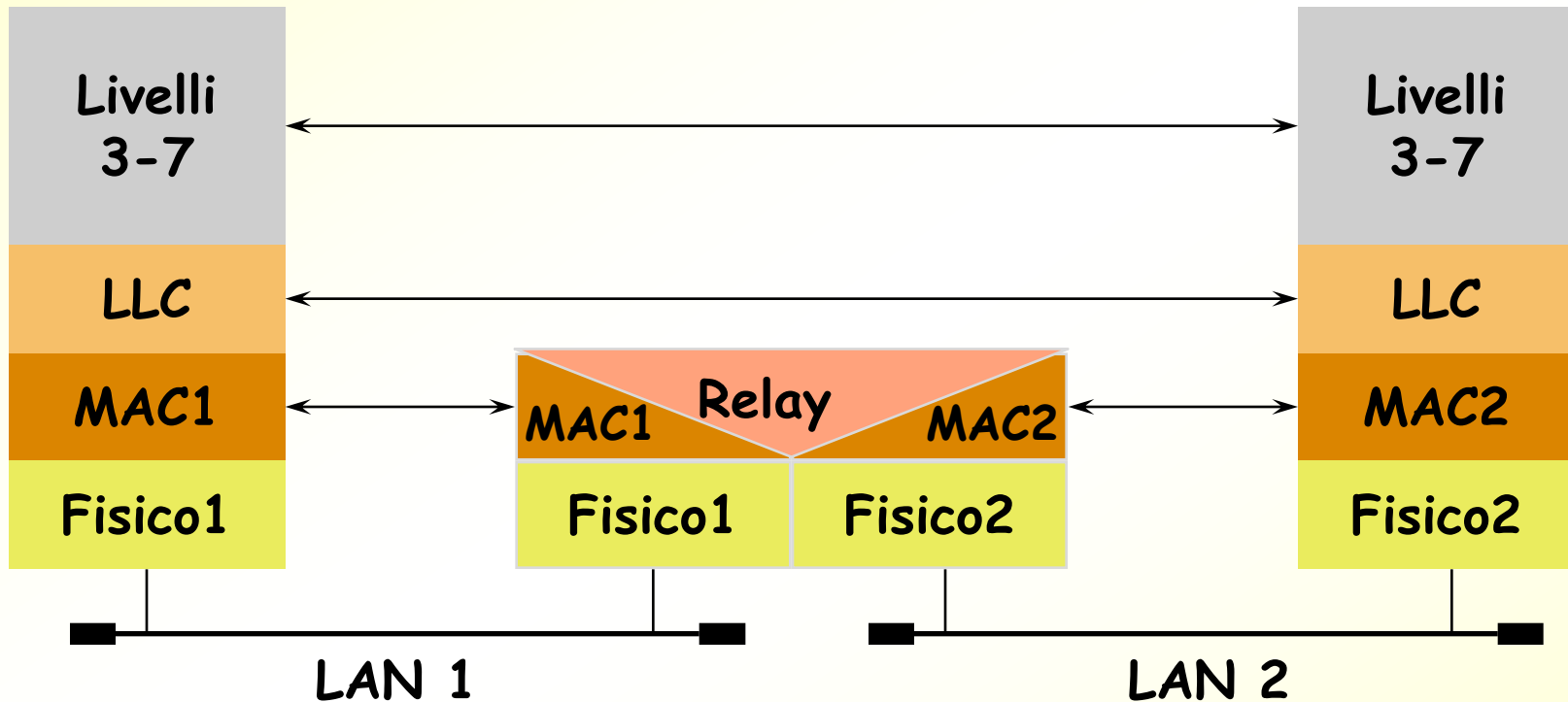
- Le sottoreti interconnesse possono avere architetture protocollari diverse tra loro, allora i dispositivi di interconnessione devono realizzare la "traduzione" dei protocolli
 - × se due sistemi hanno architetture diverse dallo strato 1 allo strato N e uguali dallo strato N+1 in su, i dispositivi di interconnessione devono effettuare una traduzione dei protocolli fino allo strato N
- In base al livello protocollare più 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**: può 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

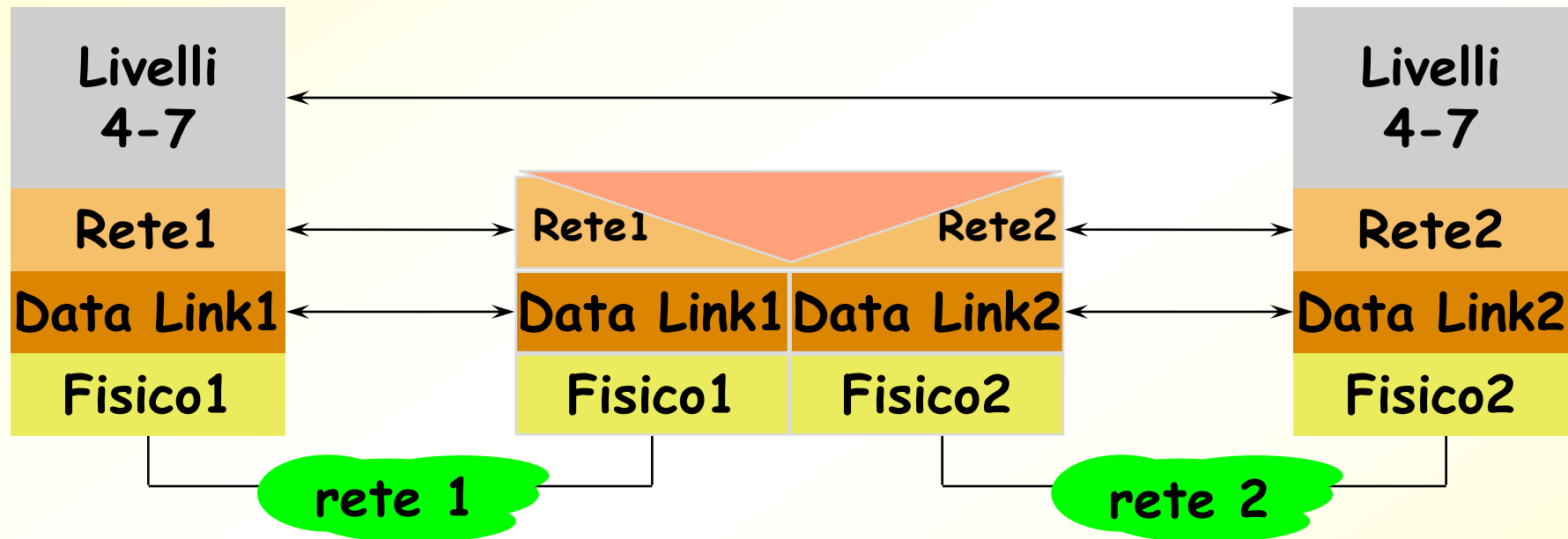


Bridge/Switch (1)



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

Router

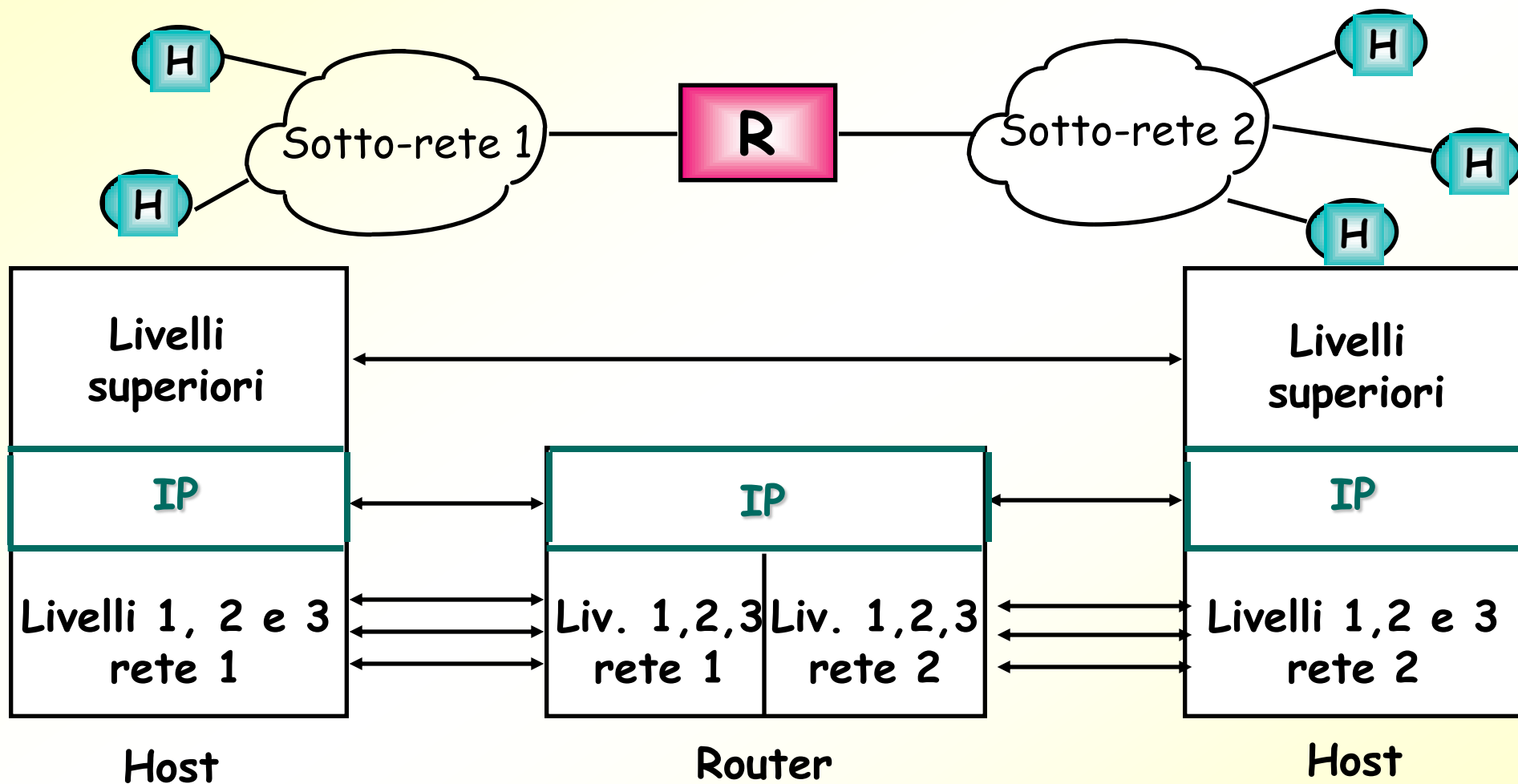


- I router lavorano al livello 3 OSI (livello di rete)
- I router implementano la traduzione di protocolli fino al livello di rete

Approccio alternativo

- Si introduce al di sopra dello strato di rete delle singole sottoreti, uno strato aggiuntivo (col relativo protocollo) comune a tutti i sistemi coinvolti nell'inter-rete (lo strato IP)
- Internet non prevede una "traduzione" dei protocolli nel passare da una sotto-rete all'altra, ma incapsula (tunneling) le unità informative di IP nelle unità dati dei protocolli di strato di rete delle sotto-reti che attraversa
- Allo strato IP non interessa il tipo di tecnologia usata nelle varie sottoreti: importante è che questa tecnologia assicuri la connessione tra tutti gli apparati che sono attestati sulla stessa sottorete. La rete, o meglio l'insieme delle sottoreti, è trasparente all'utente
- Scopo dello strato è automatizzare le procedure di indirizzamento e instradamento sollevando gli utenti finali da questi compiti

Approccio alternativo di interconnessione



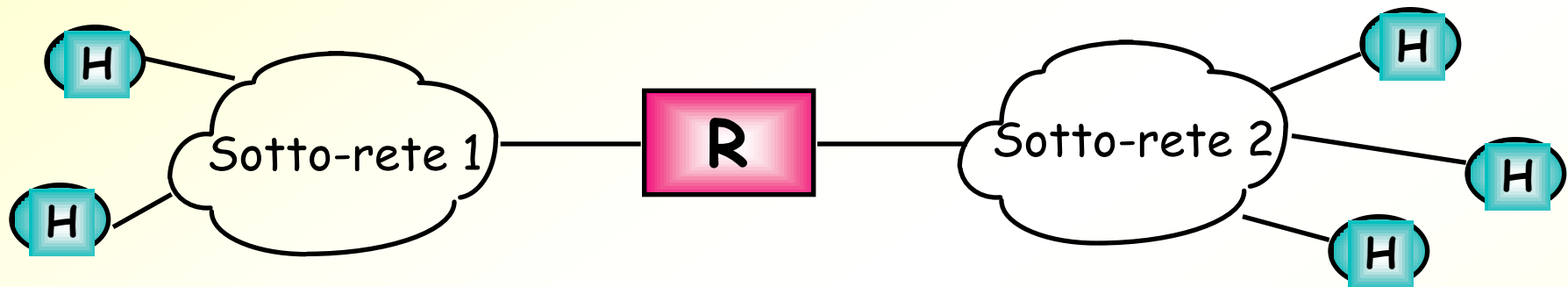
Approccio alternativo di interconnessione

- Nel definire Internet si preferisce definire un nuovo piano di indirizzamento, aggiuntivo a quelli relativi alle sotto-reti interconnesse
 - × ogni host dispone di due indirizzi, uno locale che ha significato soltanto nell'ambito della sotto-rete di appartenenza, e uno globale che ha significato in tutta la inter-rete
 - × ogni router dispone di tante coppie di indirizzi quante sono le sottoreti alle quali e' direttamente connesso
- Lo strato IP ha il compito di gestire il piano di numerazione globale e la corrispondenza indirizzo globale/indirizzo locale

Approccio alternativo di interconnessione

- 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



- **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

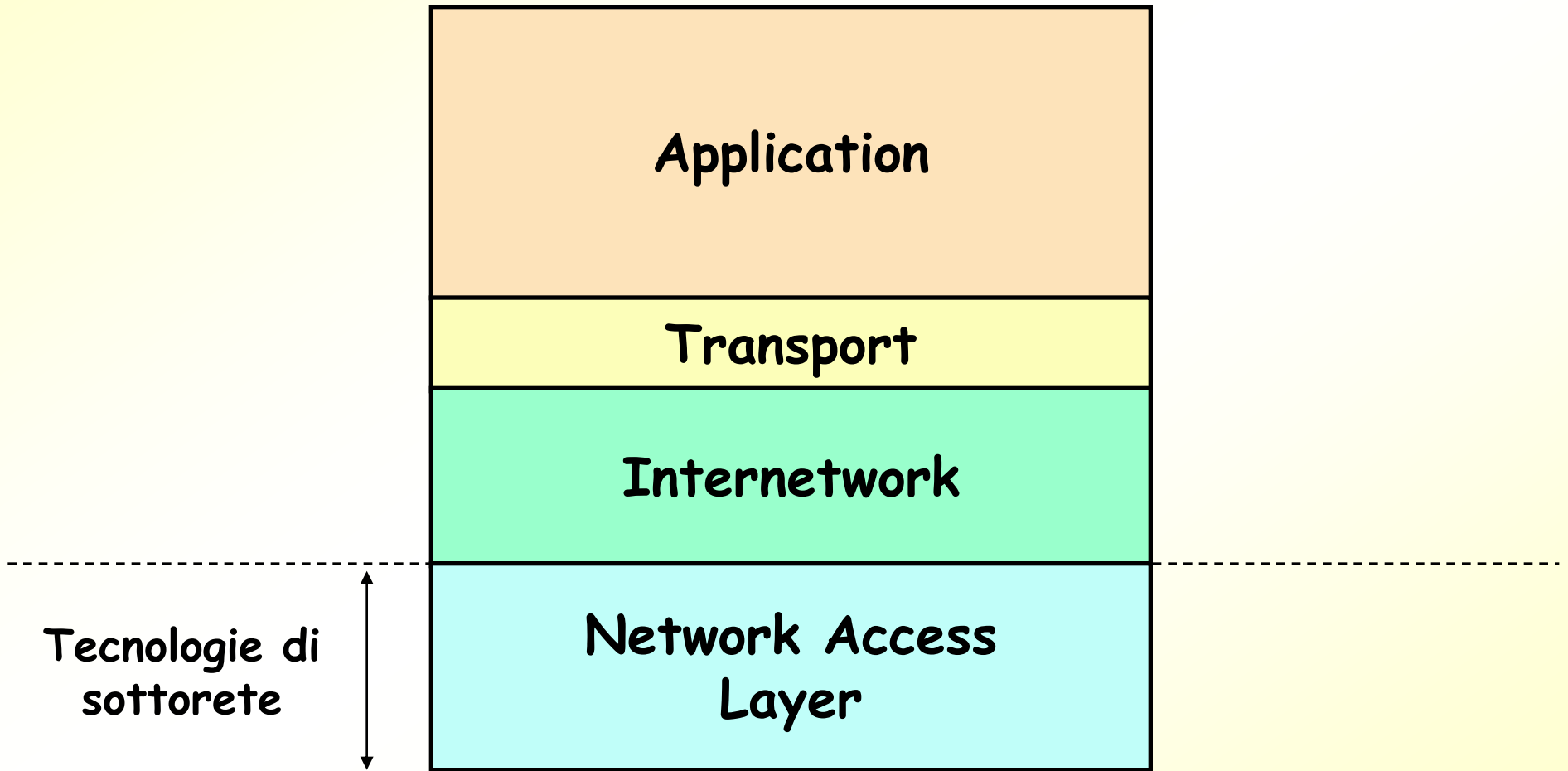
- Per consentire lo scambio di informazione tra host connessi su diverse sottoreti dell'inter-rete
- è necessario
 - × un insieme di procedure di inter-lavoro (protocolli di comunicazione) necessarie per interconnettere le sottoreti
 - host e router nella rete Internet dialogano usando i protocolli della 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

L'architettura TCP/IP (Internet Protocol Suite)

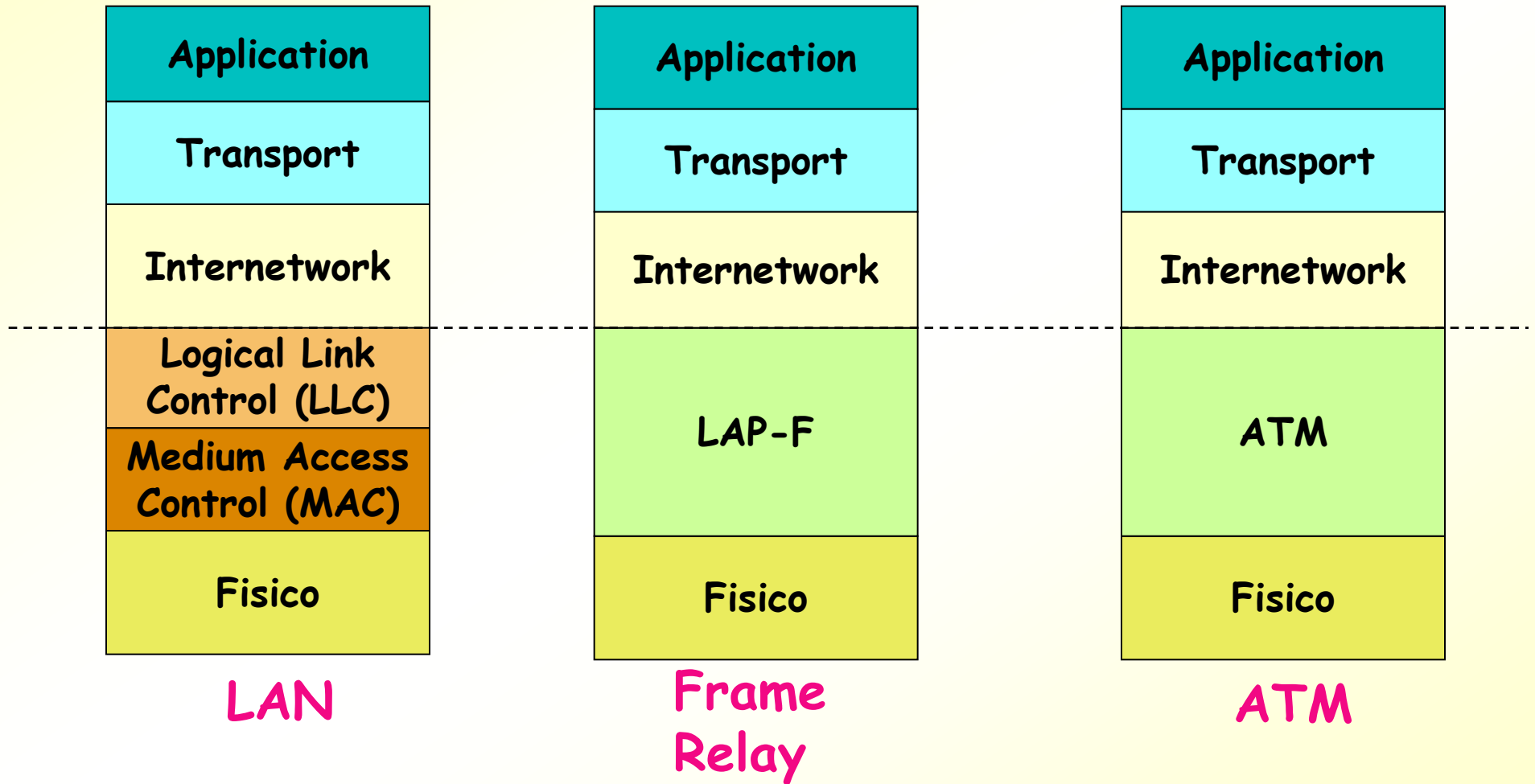
Architettura TCP/IP



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...)
 - × è logicamente situato al di sopra di qualsiasi altro protocollo di rete e realizza tutte le funzioni di controllo di errore, indirizzamento, instradamento, frammentazione e aggregazione delle unità informative, loro inoltro in rete
 - se alcune di queste funzioni non sono svolte da una particolare rete, TCP/IP le realizza; se sono già state svolte le duplica
 - ciò consente di non imporre alcun vincolo sulla tecnologia e sui protocolli delle sotto-reti interconnesse (X.25, Frame Relay, ATM, LAN, MAN, rete telefonica etc.)

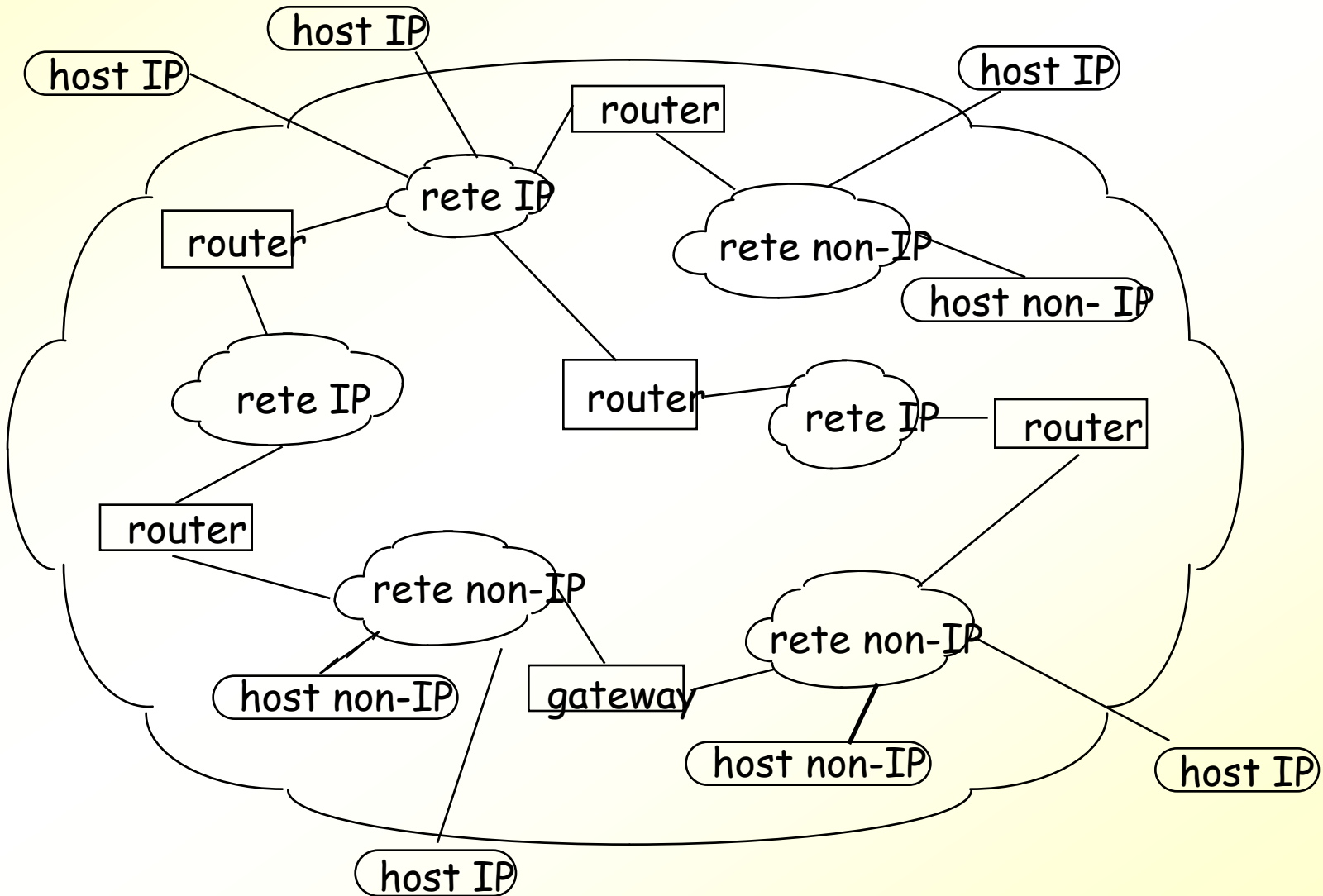
Architettura TCP/IP



Architettura TCP/IP

- × un "host IP" ha implementati i protocolli TCP/IP, oltre ai propri della sottorete; un host IP può scambiare informazioni con un qualsiasi altro host IP della inter-rete
 - un host IP vede la rete Internet come un'unica rete senza vedere i dettagli e le topologie delle sottoreti componenti
- × un host "non-IP" è dotato solo dei protocolli della sottorete alla quale è direttamente connesso, ma non possiede i protocolli TCP-IP
 - un host "non-IP" può comunicare soltanto con altri host della sua stessa sotto-rete o di sotto-reti omogenee
- × ogni host dispone in generale di *una* interfaccia fisica ed è caratterizzato da una coppia di indirizzi, uno locale e uno globale

Architettura TCP/IP

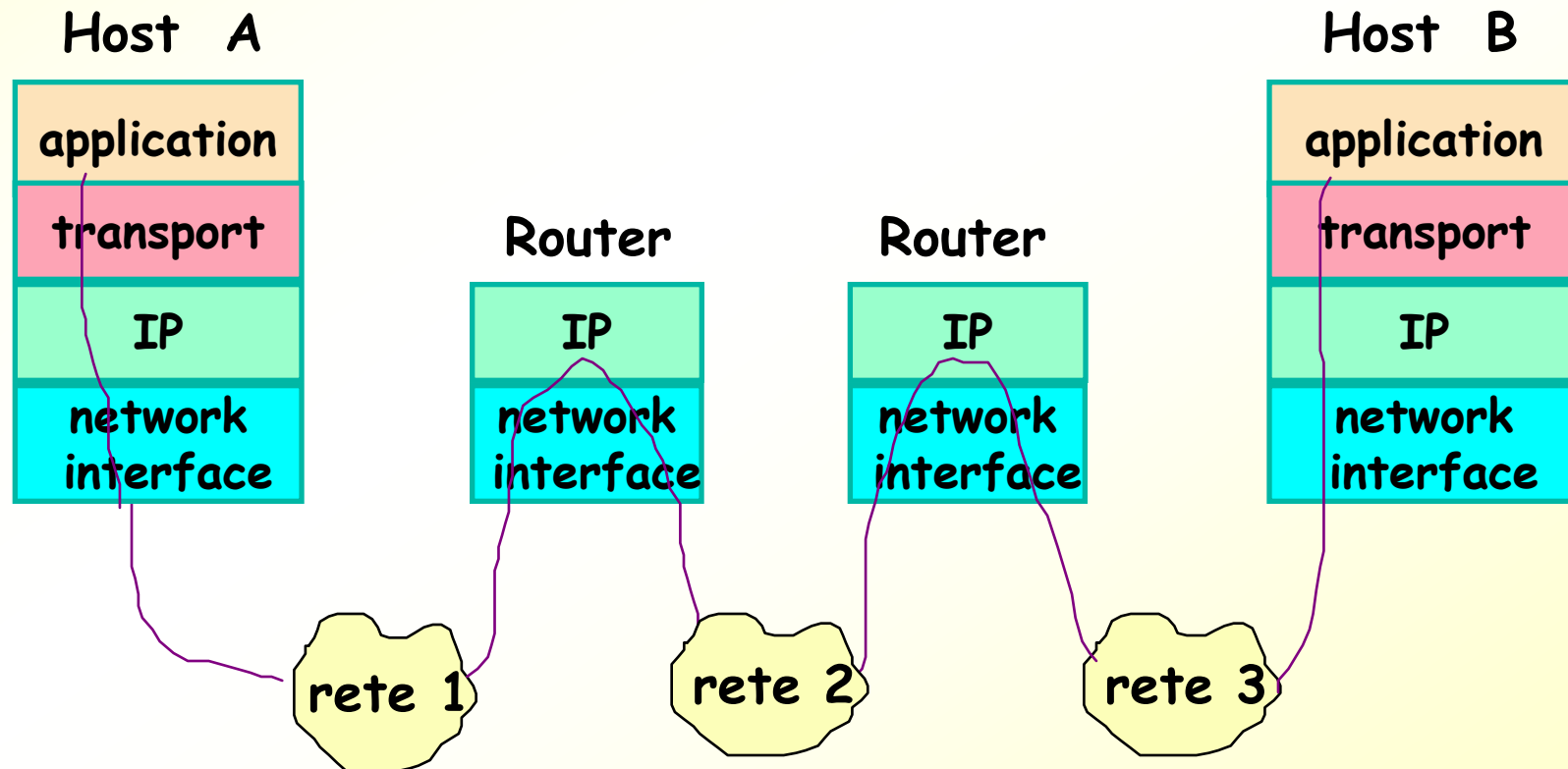


Architettura TCP/IP

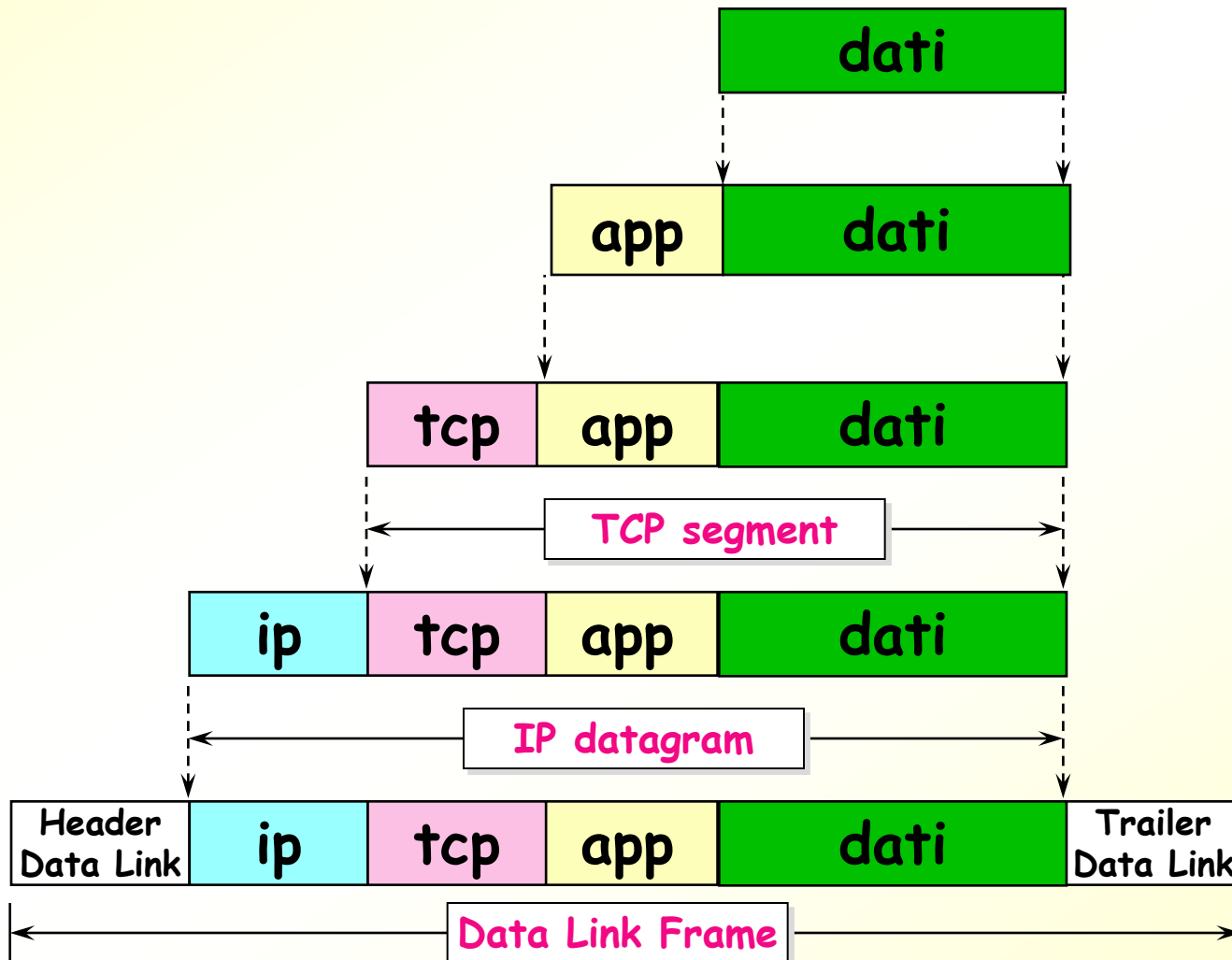
- I router sono gli apparati di rete che assicurano la interconnessione tra sottoreti con diversa tecnologia di trasporto
- Un router riceve un pacchetto da un'interfaccia, controlla l'indirizzo di destinazione e decide su quale interfaccia inoltrare il pacchetto, a meno che la destinazione non sia il 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



Architettura TCP/IP

