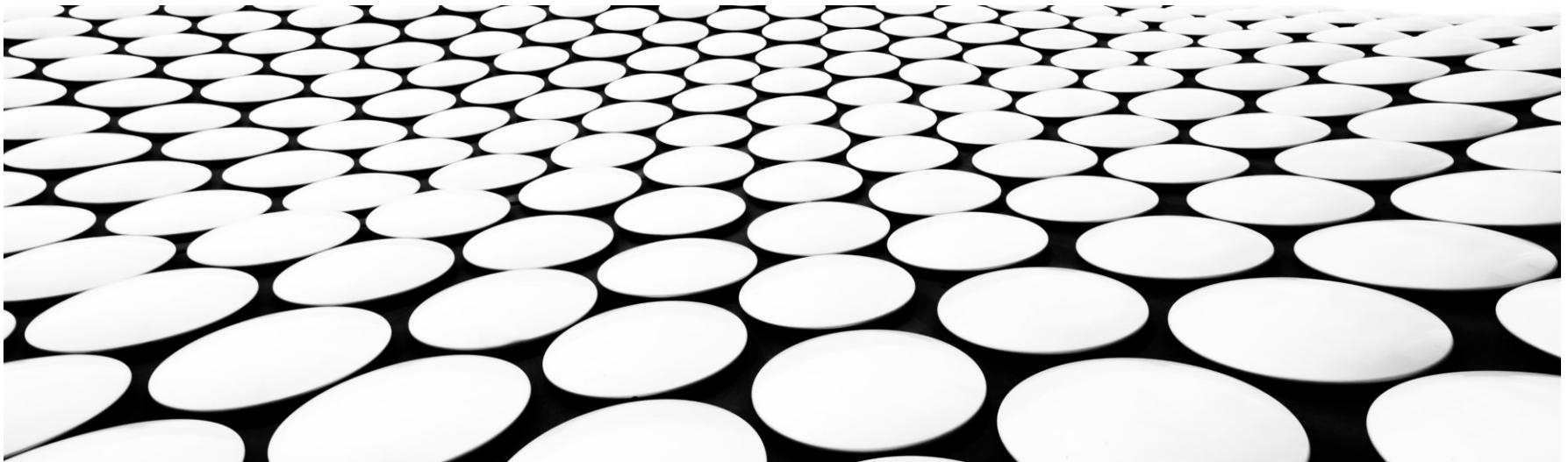

INTRODUZIONE ALLE RETI DI CALCOLATORI

VINCENZO CALABRÒ



Introduzione

- ▶ Gli ultimi tre secoli caratterizzati da diverse tecnologie
 - ▶ 18°: sistemi meccanici, rivoluzione industriale
 - ▶ 19°: motori a vapore
 - ▶ 20°: tecnologie dell'informazione
 - ▶ Raccolta e memorizzazione
 - ▶ Elaborazione
 - ▶ Distribuzione

Introduzione

- ▶ Nel 20° secolo si sono diffusi
 - ▶ Sistema telefonico a livello mondiale
 - ▶ Radio e televisione
 - ▶ Computer e internet
 - ▶ Satelliti per le comunicazioni
 - ▶ Telefonia mobile
- ▶ Nel 21° secolo
 - ▶ Smartphone e app
 - ▶ Tecnologia touch
 - ▶ Applicazioni web
 - ▶ Cloud computing
 - ▶ Big data

Storia delle reti

- ▶ Mainframe - terminali
 - ▶ Potenza di calcolo in un unico elaboratore
 - ▶ Accesso tramite terminale
- ▶ Rete di elaboratori (computer network)
 - ▶ Elaboratori autonomi e interconnessi
- ▶ Internet
 - ▶ Rete di reti
 - ▶ Topologia distribuita e decentralizzata

Reti di calcolatori

- ▶ Usati dalle organizzazioni per
 - ▶ Condivisione di risorse
 - ▶ Affidabilità
 - ▶ Diminuzione dei costi
 - ▶ Scalabilità
 - ▶ Comunicazione fra persone

- ▶ Usato dagli utenti per
 - ▶ Accesso a informazioni remote
 - ▶ Comunicazione tra utenti
 - ▶ Divertimento e social networking

Reti di calcolatori

- ▶ «Esigenza fondamentale di ogni applicazione che coinvolge due o più elaboratori è quella di fornire un adeguato sistema di comunicazione dati» (Fred Halsall)
- ▶ La gamma di sistemi di comunicazione utilizzabili è molto ampia, ciascuno riferito ad un diverso dominio applicativo (ad es., trasferimento dati tra computer di una stessa stanza vs computer in luoghi differenti)

Reti di calcolatori

- ▶ I sistemi di comunicazione dipendono
 - ▶ Dalla natura dell'applicazione
 - ▶ Numero di calcolatori coinvolti
 - ▶ La loro distanza fisica
- ▶ Considerando solo 2 calcolatori coinvolti
 - ▶ Stessa stanza: singolo collegamento punto punto
 - ▶ Luoghi diversi: devo usare linee pubbliche (PSTN - Public Switched Telephone Network)

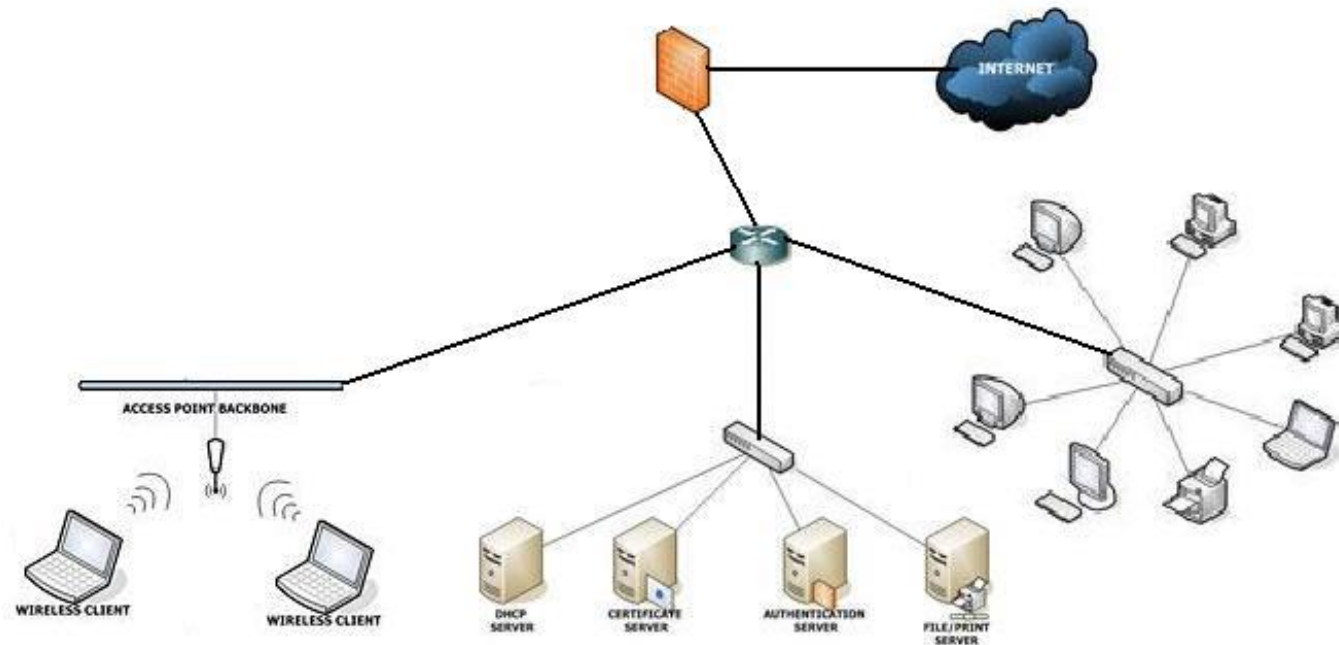
Reti di elaboratori – Scala dimensionale

- ▶ Reti locali (LAN)
- ▶ Reti metropolitane (MAN)
- ▶ Reti geografiche (WAN)

Distanza fra processori	Ambito	Tipo di rete
10 m.	Stanza	Rete locale
100 m.	Edificio	Rete locale
1 km.	Campus	Rete locale
10 km.	Città	Rete metropolitana
100 km.	Nazione	Rete geografica
1000 km.	Continente	Rete geografica
10.000 km.	Pianeta	Internet (Rete geografica)

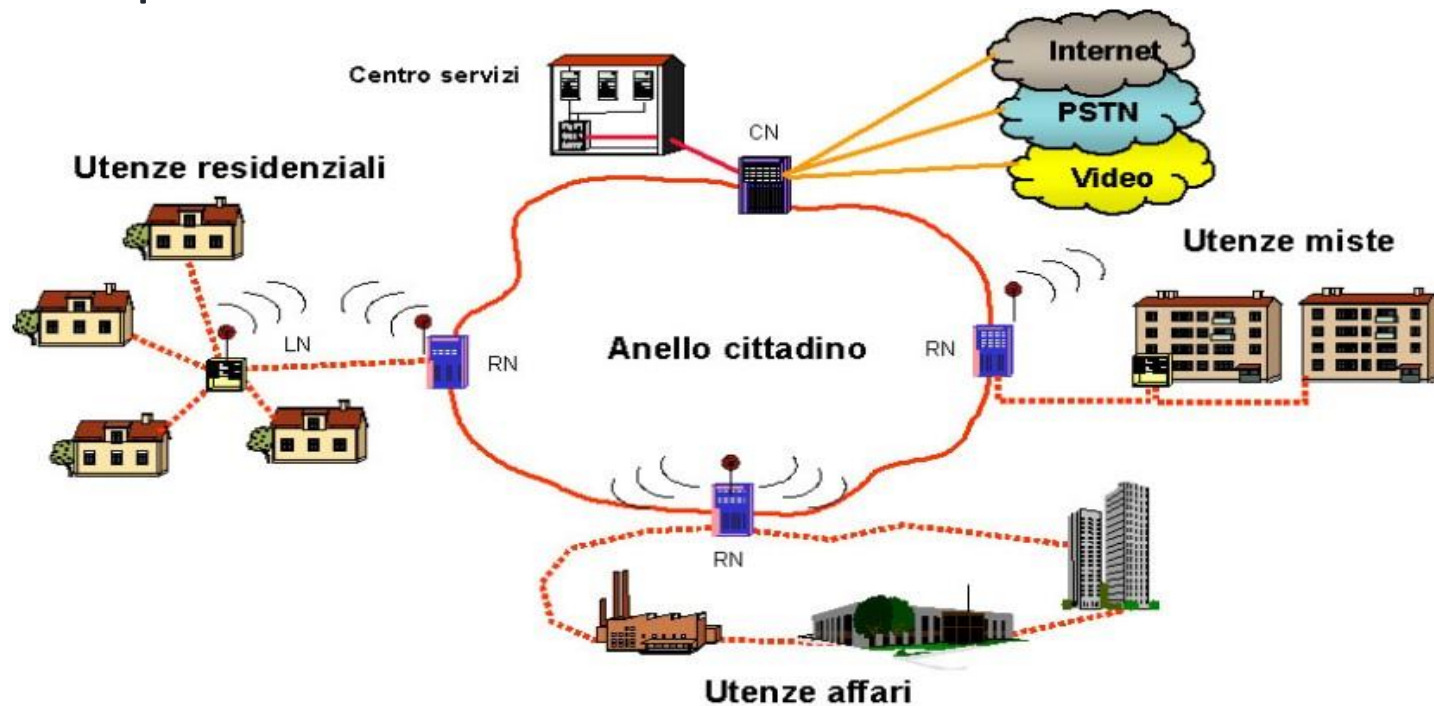
Reti locali (LAN)

- ▶ Gestite da organizzazioni singole
- ▶ Qualche km di estensione
- ▶ Non risiedono su suolo pubblico (singolo edificio, campus)
- ▶ Usate per connettere pc o workstation



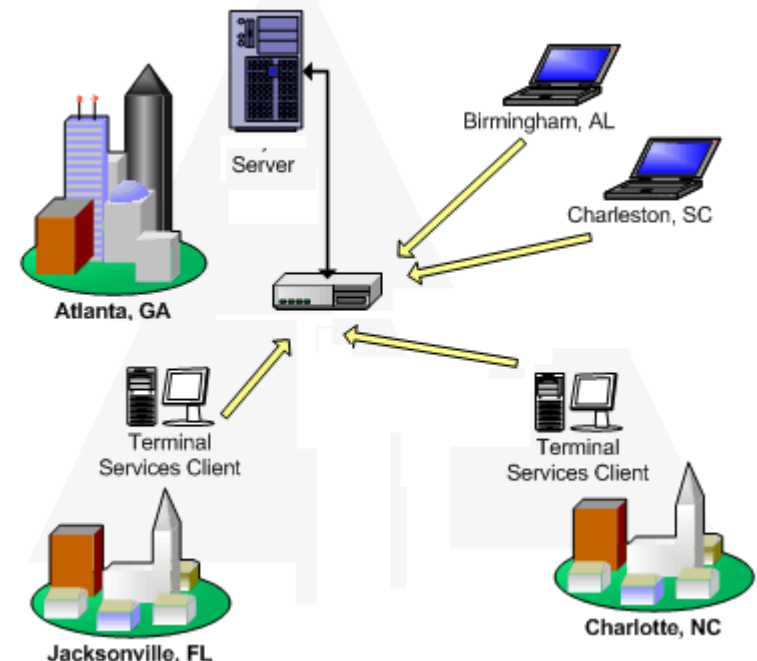
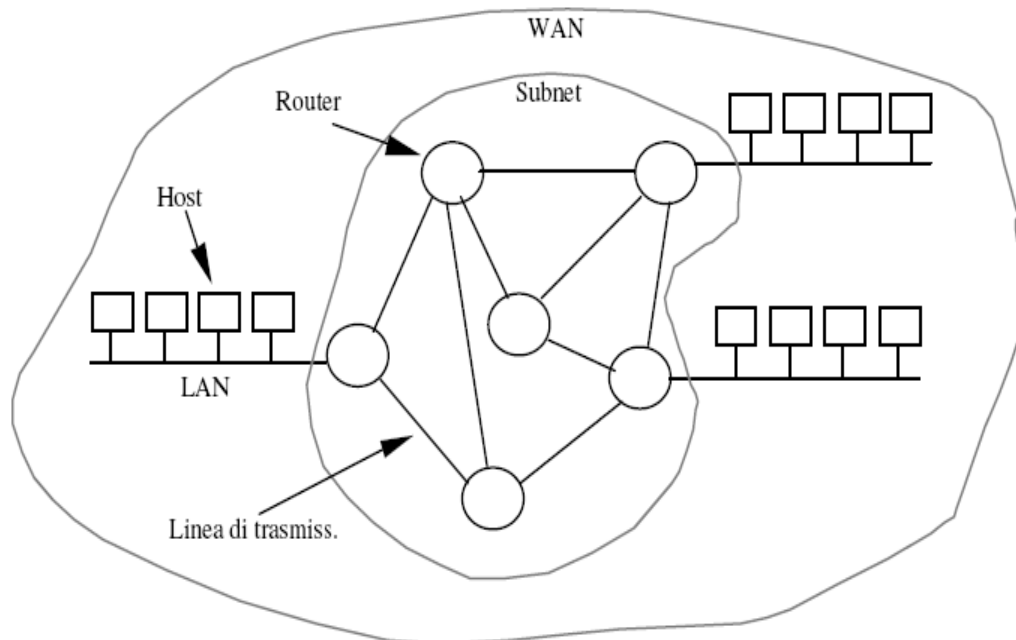
Reti metropolitane (MAN)

- ▶ Estensione metropolitana
- ▶ Generalmente pubbliche (linee messe a disposizione a pagamento)
- ▶ Molto più estese delle reti LAN



Reti geografiche (WAN)

- ▶ Estesa a livello di nazione, continente, pianeta
- ▶ Costituita da
 - ▶ Insieme di calcolatori
 - ▶ Subnet di comunicazione (router e linee trasmissive)



Internet

- ▶ Rete di reti (LAN, MAN, WAN)
- ▶ Rete distribuita, simile ad una WAN...
- ▶ ...ma è diversa
 - ▶ Connette reti eterogenee
 - ▶ Ha bisogno di attrezzature speciali (gateway)

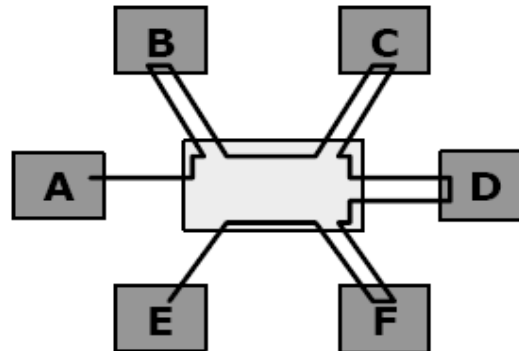
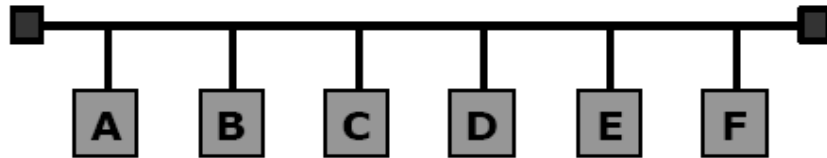


Topologie

- ▶ Ogni tipologia di rete può essere fisicamente realizzata sfruttando topologie differenti quali
 - ▶ Bus
 - ▶ Stella
 - ▶ Anello

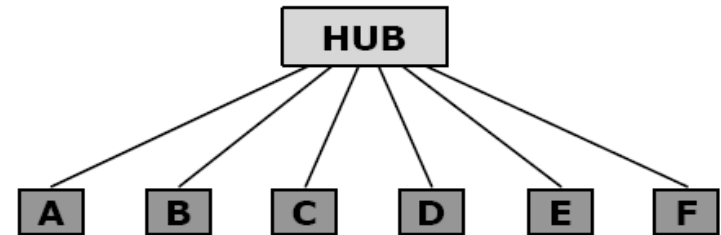
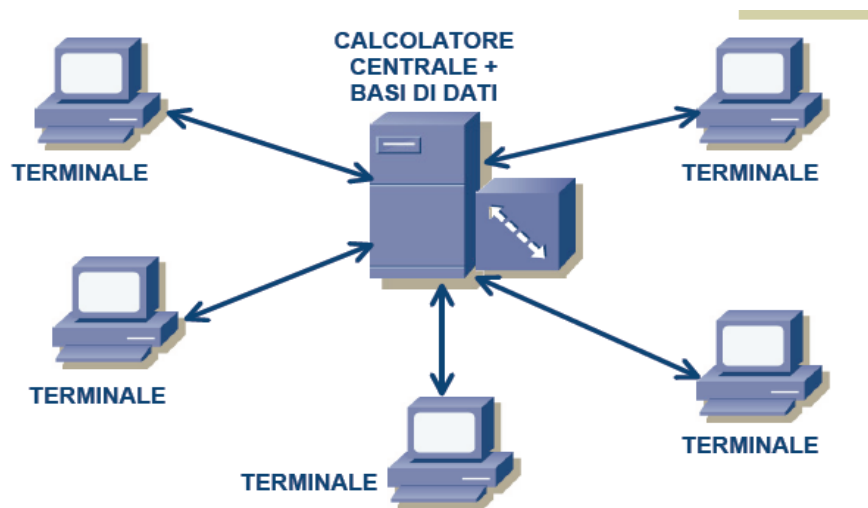
Topologie

- ▶ Topologia logica a Bus, cablata a Stella



Topologie

- ▶ Rete centralizzata vs topologia a stella



Standard

- ▶ La comunicazione tra nodi differenti e, possibilmente, basati su piattaforme hardware e/o software eterogenee necessita di standard
- ▶ Storicamente si parla di standard di un produttore: scambio di informazioni possibile solo per sistemi della stessa marca (sistemi chiusi)
- ▶ Standard definiti da enti internazionali (livello di trasmissione dati)
 - ▶ Serie V per DTE (Data Terminal Equipment) a un modem connesso a rete telefonica
 - ▶ Serie I per le connessioni di DTE a linee ISDN
 - ▶ Serie X per DTE connesso a rete pubblica per la trasmissione dati.
- ▶ Standard definiti dagli enti e dai fornitori di servizi detti standard di alto livello
 - ▶ Riguardano il formato e il controllo dello scambio di informazioni

Standard

▶ Vantaggi

- ▶ Assicurano un vasto mercato per i dispositivi e il software
- ▶ Consentono a prodotti provenienti da fornitori differenti di comunicare

▶ Svantaggi

- ▶ Tecnologia congelata
- ▶ Possono esserci più standard per una stessa funzione

Standard

- ▶ Fin dagli albori, l'informatica, conosce due tipi di standard
 - ▶ Standard de iure
 - ▶ Standard de facto

Standard ISO-OSI

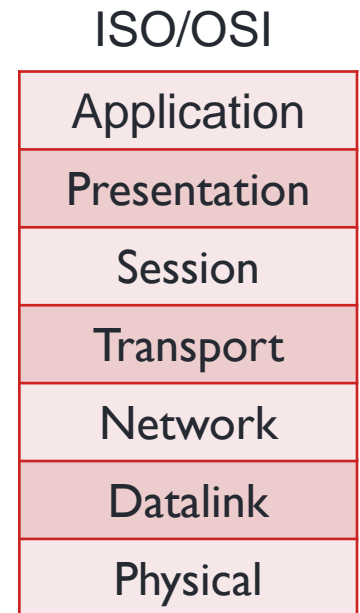
- ▶ Verso la metà degli anni 70 l'industria informatica si rese conto dei vantaggi dei sistemi aperti
- ▶ Venne prodotto dalla International Standard Organization (ISO) lo standard che regolamenta la struttura globale del sottosistema completo di comunicazione
 - ▶ Noto come Modello di Riferimento ISO per l'interconnessione di sistemi aperti (OSI Open System Interconnection)

Standard ISO-OSI

- ▶ Un sistema di comunicazione è decisamente complesso
 - ▶ Un'implementazione non strutturata basata su «un singolo programma» non è facile da testare e modificare
- ▶ Per questo motivo ISO ha adottato un modello a strati
- ▶ Il sistema di comunicazione viene diviso a strati ciascuno dei quali esegue una funzione predefinita

Standard ISO-OSI

- ▶ Strati ISO/OSI possono essere separati in due categorie
 - ▶ Funzioni dipendenti dalla rete (**Media layers**)
(Physical, Data link, Network)
 - ▶ Funzioni orientate all'applicazione (**Host layers**)
(Transport, Session, Presentation, Application)



Standard ISO-OSI

- ▶ La funzione di ogni strato è codificata da una serie di regole e convenzioni usate per comunicare con lo strato remoto corrispondente (**protocollo**)
- ▶ Ogni strato fornisce dei servizi allo strato immediatamente superiore e utilizza inoltre dei servizi forniti dallo strato immediatamente inferiore

Protocollo

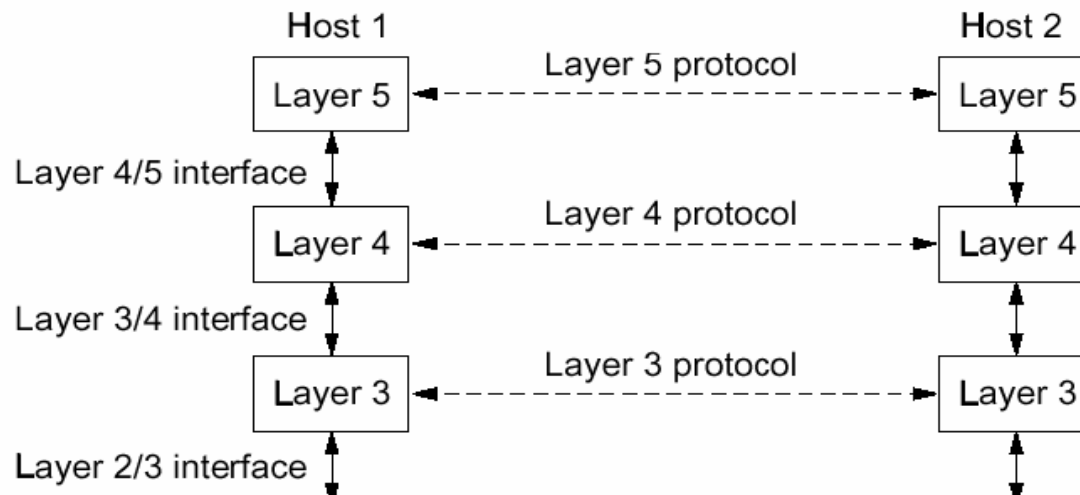
- ▶ La comunicazione tra entità richiede cooperazione, ossia collaborazione per il conseguimento di uno scopo comune
 - ▶ Comunicazioni regolate mediante protocolli
- ▶ **Protocollo:** insieme di regole e convenzioni seguite da entità, dislocate su nodi distinti, che intendono comunicare per svolgere un compito comune
 - ▶ Tali regole hanno l'obiettivo di assicurare una cooperazione efficiente e affidabile per la comunicazione tra nodi, l'effettuazione di servizi considerando le caratteristiche tipiche di un sistema distribuito (banda di trasmissione limitata, ritardi variabili, errori nella comunicazione, ...)

Protocollo

- ▶ **Sintassi:** insieme e struttura dei comandi e delle risposte, formato dei messaggi
- ▶ **Semantica:** significato dei comandi, delle azioni, delle risposte da effettuare al momento della trasmissione e ricezione dei messaggi
- ▶ **Temporizzazione:** specifica delle possibili sequenze temporali di emissione dei comandi e dei messaggi, nonché delle eventuali risposte

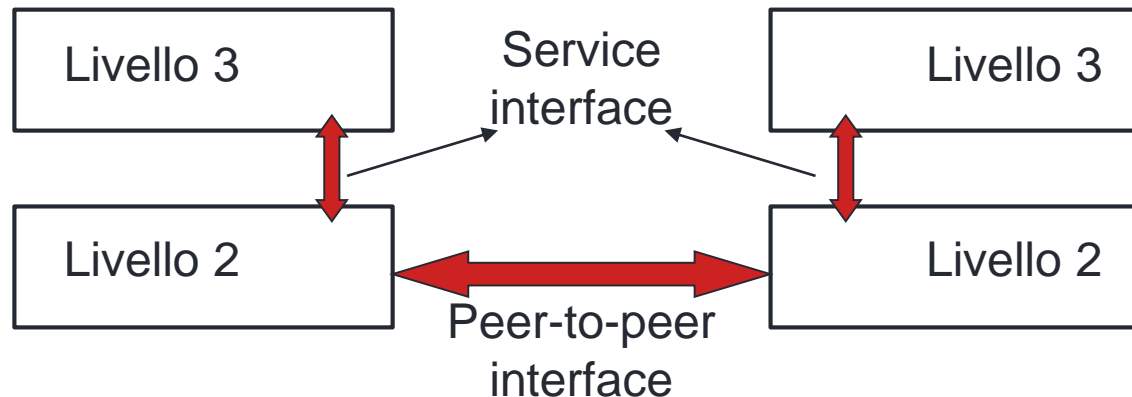
Protocollo

- ▶ Ciascun protocollo ha un'interfaccia «interna» verso il livello superiore e inferiore, e un'interfaccia «esterna» verso il livello equivalente di un altro nodo



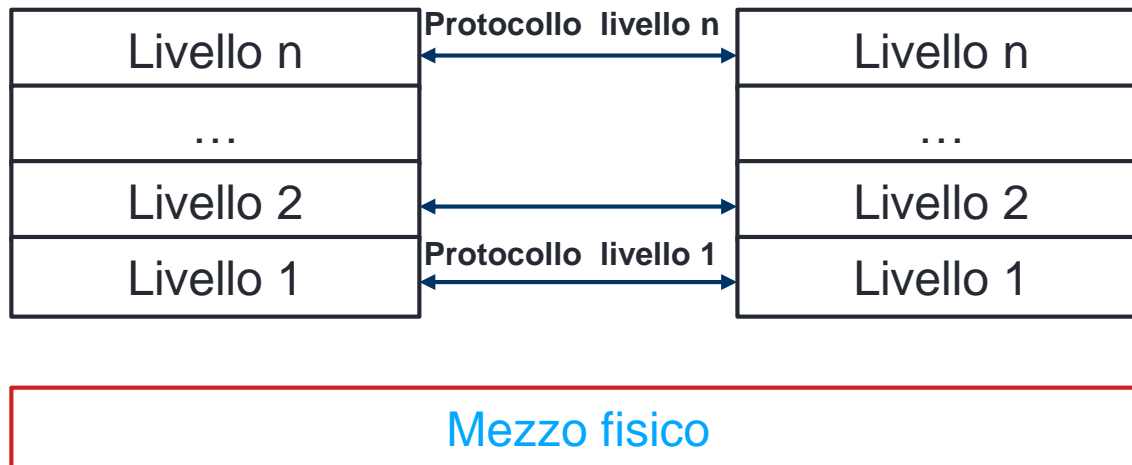
Protocollo

- ▶ **Service interface** (“interna”): operazioni e servizi offerti al protocollo superiore
- ▶ **Peer-to-peer interface** (“esterna”): messaggi scambiati con un livello equivalente (*peer*) sull’altro nodo



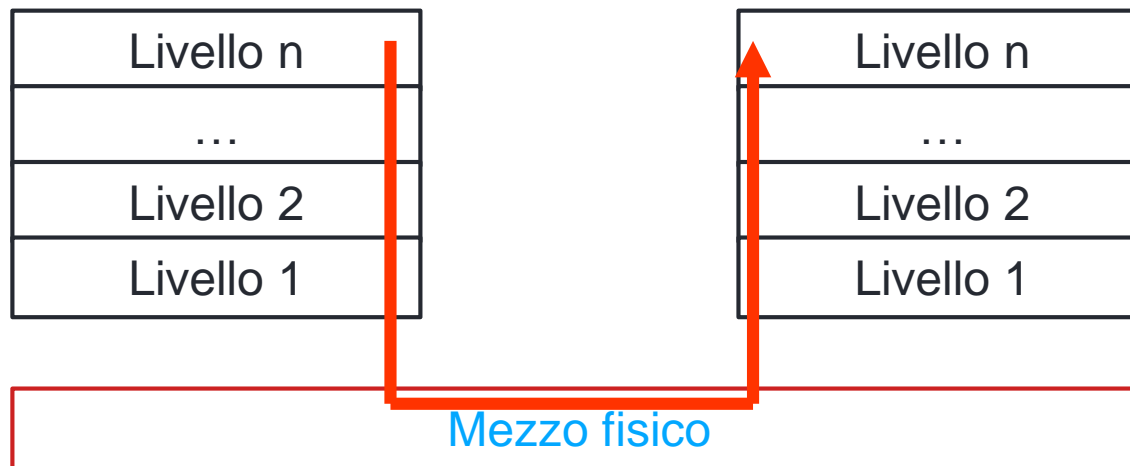
Protocollo

- Comunicazione logica tra *peer entity* (entità allo stesso livello)



Protocollo

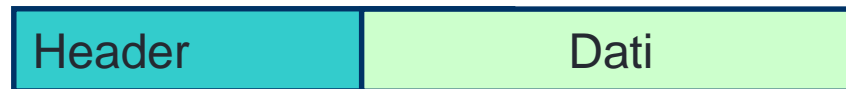
- ▶ Comunicazione fisica (indiretta)
 - ▶ Comunicazione tra *peer entity* è diretta solo a livello hardware



Protocollo

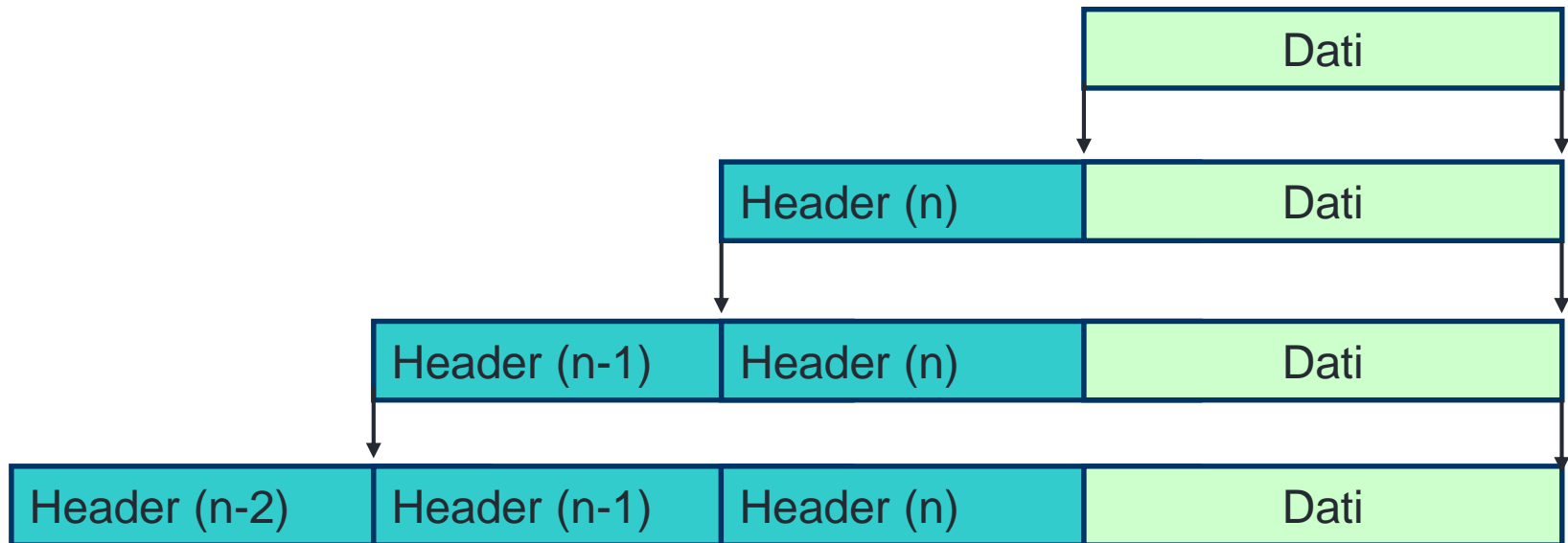
- ▶ Un messaggio si compone di
 - ▶ **Header:** Protocol Control Information (PCI)
 - ▶ **Dati:** Service Data Unit (SDU)
- ▶ L'insieme delle due è chiamata PDU (Protocol Data Unit)

MESSAGGIO



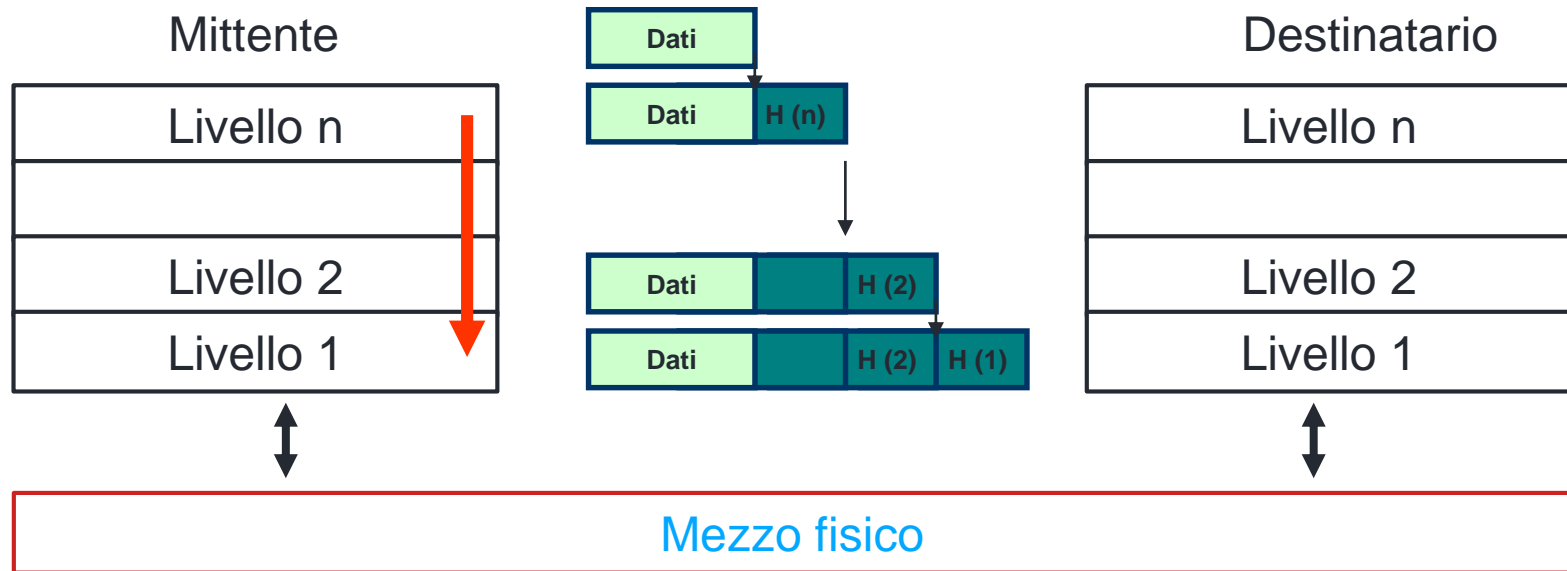
Protocollo

- ▶ Incapsulamento del messaggio



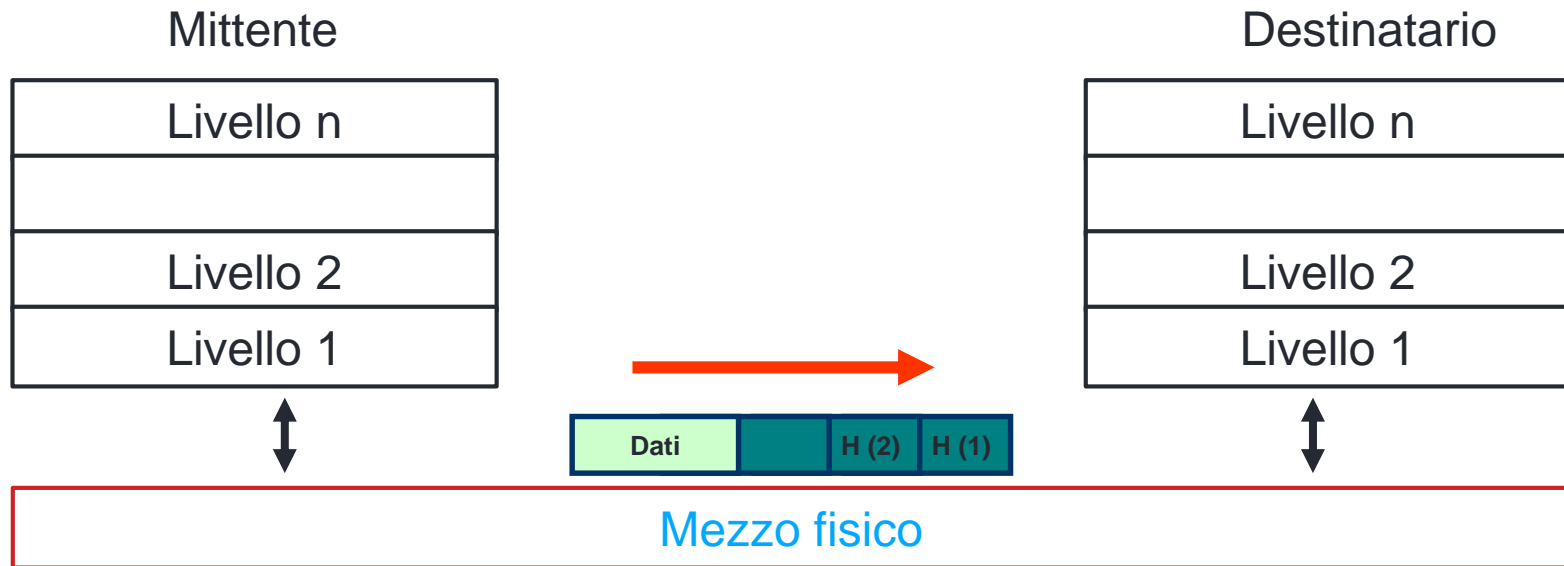
Protocollo: Esempio comunicazione

- Costruzione e incapsulamento messaggio



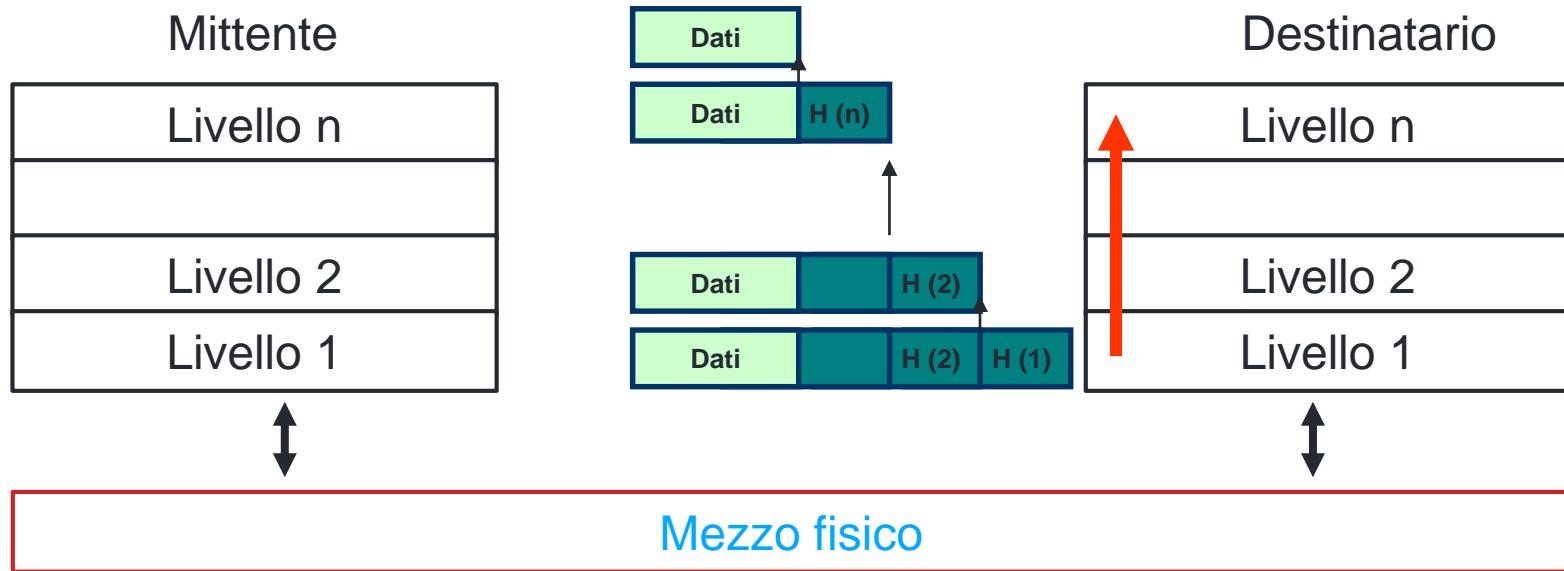
Protocollo: Esempio comunicazione

- ▶ Trasferimento sul mezzo fisico



Protocollo: Esempio comunicazione

► Ricezione del messaggio



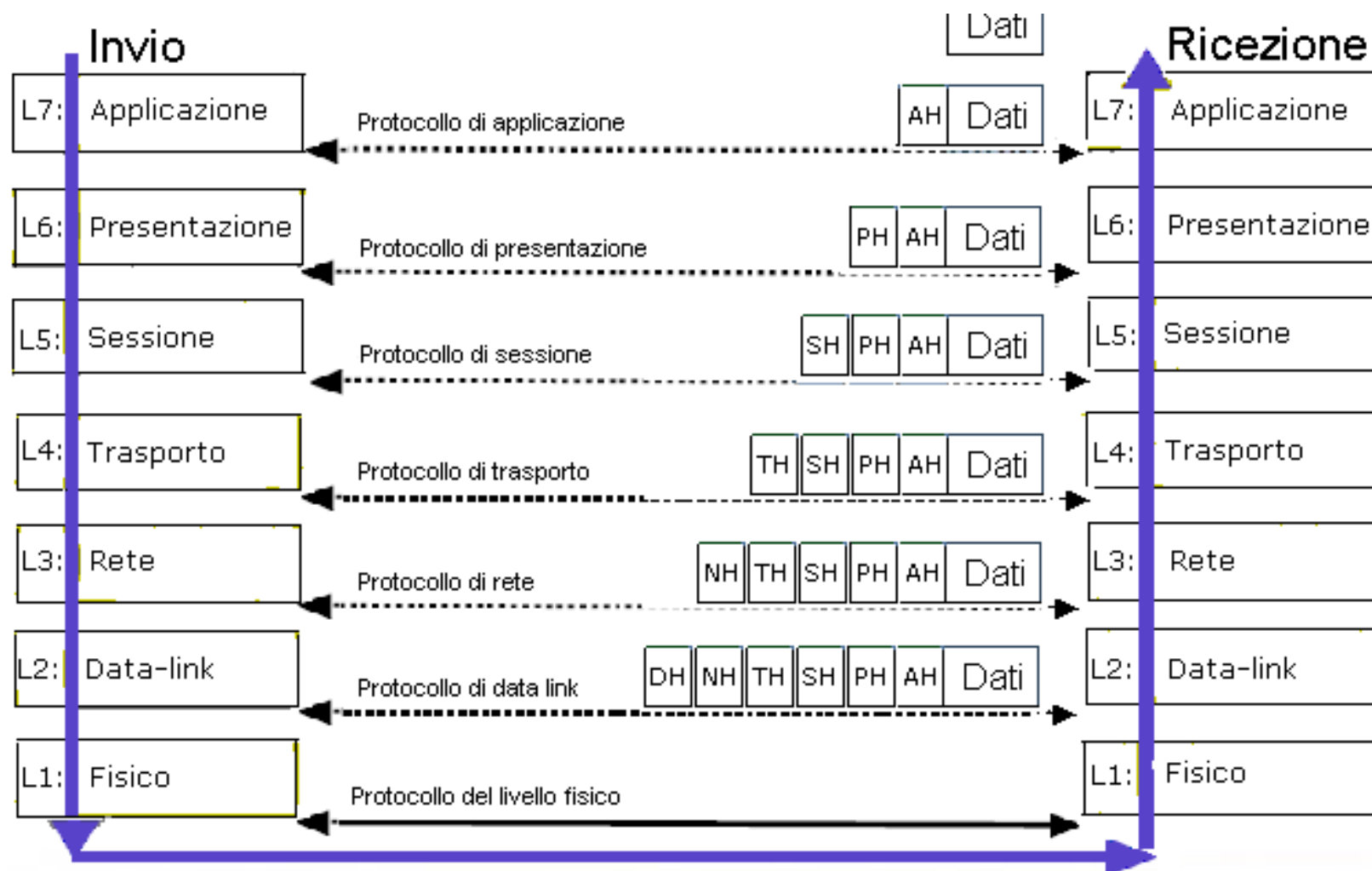
Protocollo

- ▶ La comunicazione avviene **logicamente** tra *peer*, ma in realtà attraversa tutti i livelli sottostanti, mediante **incapsulamento del messaggio** a ciascun livello
- ▶ Il sistema di comunicazione richiede un insieme di protocolli tra loro cooperanti (detti **protocol suite** o **protocol stack**)

Standard ISO-OSI

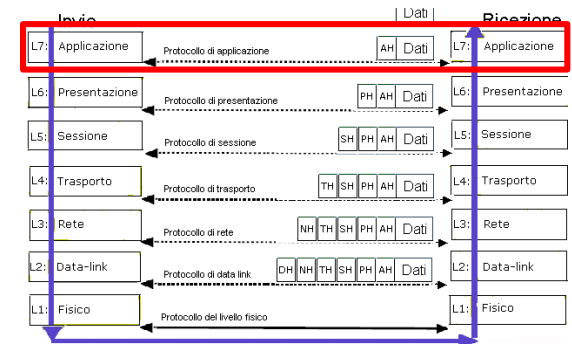
- ▶ E' stato formulato come modello per la struttura di un sistema di comunicazione
- ▶ All'interno possono essere definiti standard specifici per ciascuno strato
 - ▶ Non è detto che ci debba essere uno specifico standard per ciascuno strato
 - ▶ Esistono una serie di standard associati ad ogni strato ognuno dei quali offre svariate funzionalità

Standard ISO-OSI



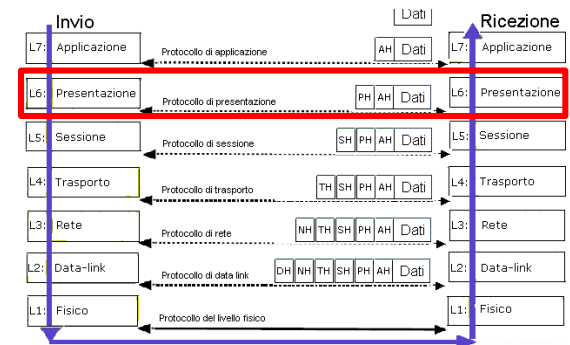
Standard ISO-OSI: Applicazione

- ▶ Fornisce all'interfaccia verso l'utente una gamma di servizi distribuiti sulla rete
- ▶ L'accesso ai servizi avviene tramite la chiamata di primitive simili a chiamate di sistema per dispositivi locali
- ▶ Il funzionamento del sottosistema di comunicazione è del tutto trasparente
- ▶ Protocolli: HTTP, SMTP, FTP, SNMP, Telnet, DNS



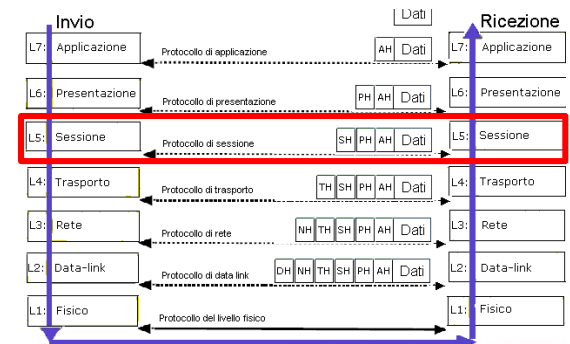
Standard ISO-OSI: Presentazione

- ▶ Riguarda la rappresentazione dei dati durante il trasferimento (sintassi)
- ▶ Negozia e seleziona la rappresentazione di trasferimento appropriata eseguendo la necessaria conversione
- ▶ Occorre quindi una rappresentazione comprensibile ad entrambe le parti
- ▶ Spesso contiene anche funzioni sulla sicurezza dei dati (ad es., crittografia)
- ▶ Protocolli: MIME, SSL, XDR



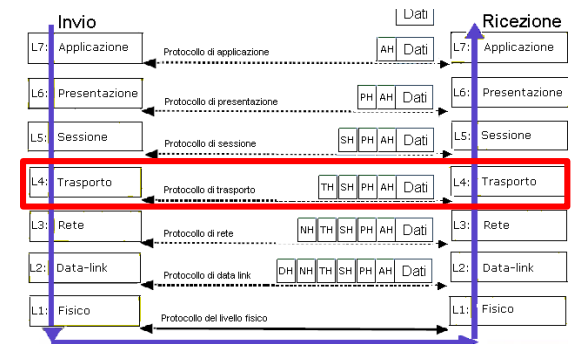
Standard ISO-OSI: Sessione

- ▶ Consente a due entità di organizzare e sincronizzare il loro dialogo
- ▶ E' responsabile della creazione e della terminazione di un canale di comunicazione
- ▶ Gestisce l'interazione sia duplex (doppio senso simultaneo) che half-duplex (doppio senso alternato)
- ▶ SOCKS, NetBIOS, Session establishment in TCP



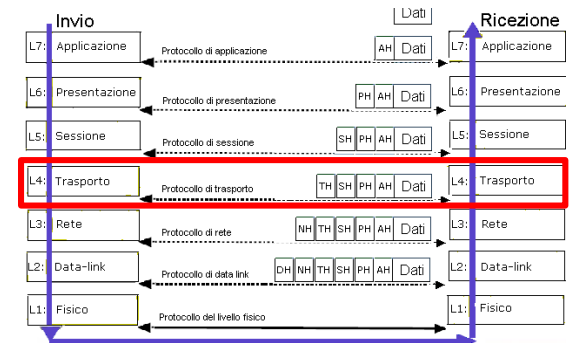
Standard ISO-OSI: Trasporto

- ▶ Funge da interfaccia tra gli stati superiori e gli altri
- ▶ Fornisce un sistema di trasferimento dei messaggi indipendente dal tipo di rete sottostante
- ▶ Controllo dell'integrità (trasmissione affidabile)
- ▶ Riordinamento dei pacchetti rimescolati



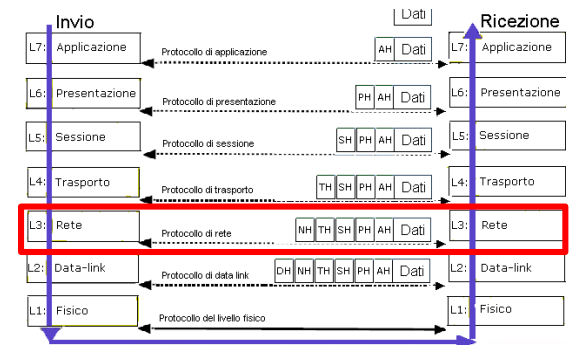
Standard ISO-OSI: Trasporto

- ▶ Trasporto
 - ▶ senza errori
 - ▶ in sequenza
 - ▶ nessuna perdita
 - ▶ nessun duplicato
 - ▶ qualità del servizio
- ▶ Protocolli: TCP, UDP



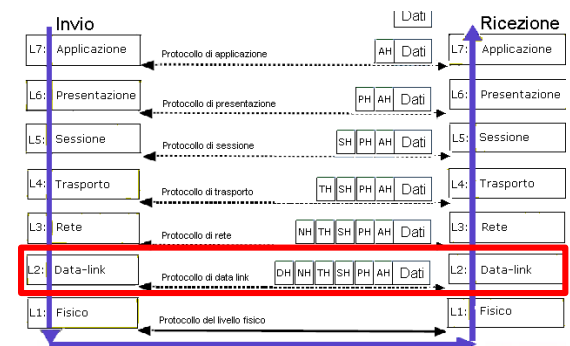
Standard ISO-OSI: Rete

- ▶ È responsabile dell'apertura e della chiusura di una connessione
- ▶ Offre funzionalità quali: inoltra sulla rete, indirizzamento e controllo di flusso (in alcuni casi)
- ▶ In caso di inter-reti questo strato si occupa di armonizzare le diverse reti (internetworking)
- ▶ Protocolli: IP, ICMP, IPsec, ARP, RIP, OSPF



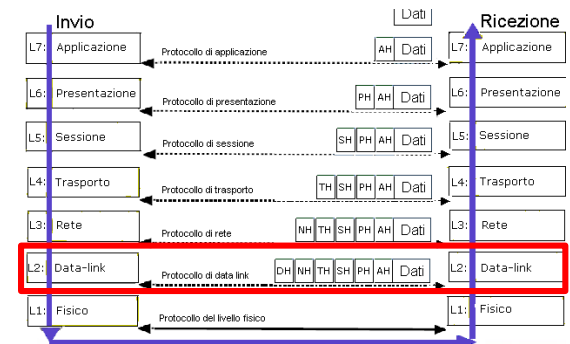
Standard ISO-OSI: Data link

- ▶ Si basa sulla connessione fisica fornita dal tipo di rete per garantire un sistema affidabile di trasferimento delle informazioni
 - ▶ Raggruppa i bit ricevuti dallo strato superiore e li spedisce in frame
 - ▶ Responsabile della individuazione degli errori e dell'eventuale ritrasmissione, e del controllo del flusso
- ▶ Permette di connettersi e recapitare dati a un nodo adiacente (connesso da un cavo, fibra...) nella rete



Standard ISO-OSI: Data link

- ▶ Normalmente vengono forniti due tipi di servizio:
 - ▶ **Senza connessione:** ogni frame o porzione di messaggio è una entità a se stante. Si utilizza l'approccio **best-try** se vengono individuati degli errori in un frame viene scartato e basta
 - ▶ **Orientato alla connessione:** cerca di fornire un trasferimento delle informazioni esente da errori

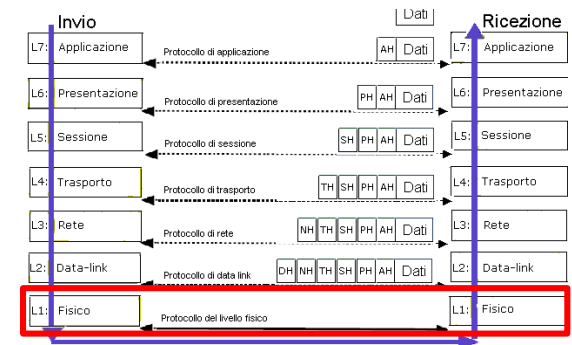


Standard ISO-OSI: Data link

- ▶ Data link (ad es., Ethernet)
 - ▶ Trasforma una semplice funzionalità di trasmissione in una linea senza errore di trasmissione
 - ▶ Con reti di tipo broadcast serve a controllare l'accesso al canale condiviso
- ▶ Ha due responsabilità principali (sottolivelli)
 - ▶ Controllo di accesso al mezzo (MAC)
 - ▶ Rilevazione e correzione degli errori (di conseguenza i livelli più alti possono presupporre una trasmissione senza errori) (LLC)
- ▶ Protocolli: PPP, SLIP

Standard ISO-OSI: Fisico

- ▶ Riguarda le interfacce fisiche tra il calcolatore e la rete
- ▶ Fornisce i mezzi per trasmettere un flusso seriale di bit tra i due dispositivi comunicanti



OSI semplificato

- ▶ Per renderlo più aderente alla situazione reale all'implementazione di protocolli presenti oggi sulla rete
- ▶ In sostanza OSI alla fine degli anni 80 ha subito una tendenza alla riduzione dei livelli per l'influenza di Internet

Riduzione delle interfacce

- ▶ Il modello ISO/OSI prevede 7 livelli, con 6 interfacce tra un livello e l'altro
- ▶ Ogni interfaccia si occupa di una serie di compiti ben precisi
- ▶ Elevata modularità ma
 - ▶ Non corrisponde all'evoluzione delle applicazioni di rete
 - ▶ Tendenza alla riduzione nel numero delle interfacce dovuta all'influenza dei protocolli di Internet (TCP/IP)

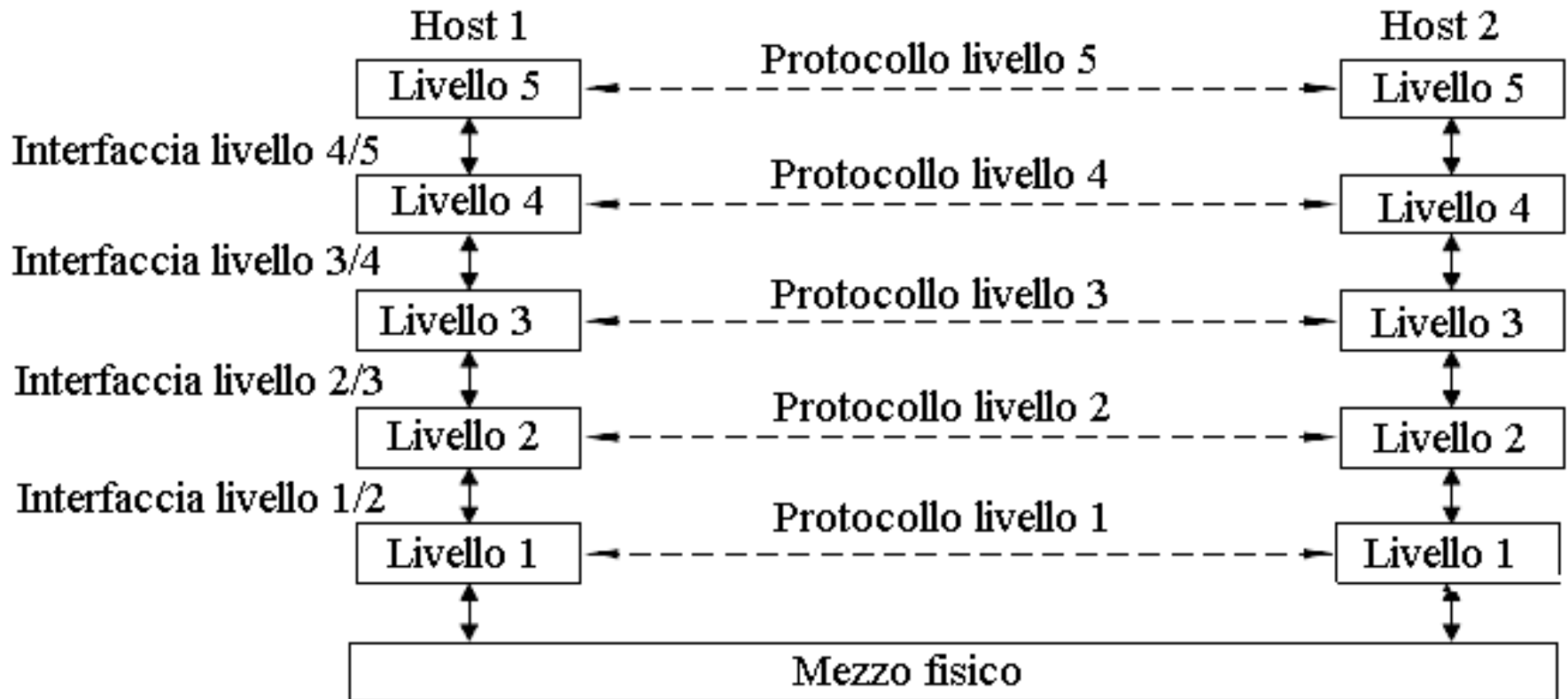
OSI vs TCP/IP model

ISO OSI	TCP/IP
Application	Application
Presentation	
Session	
Transport	Trasport
Network	Network
Datalink	Datalink
Physical	Physical

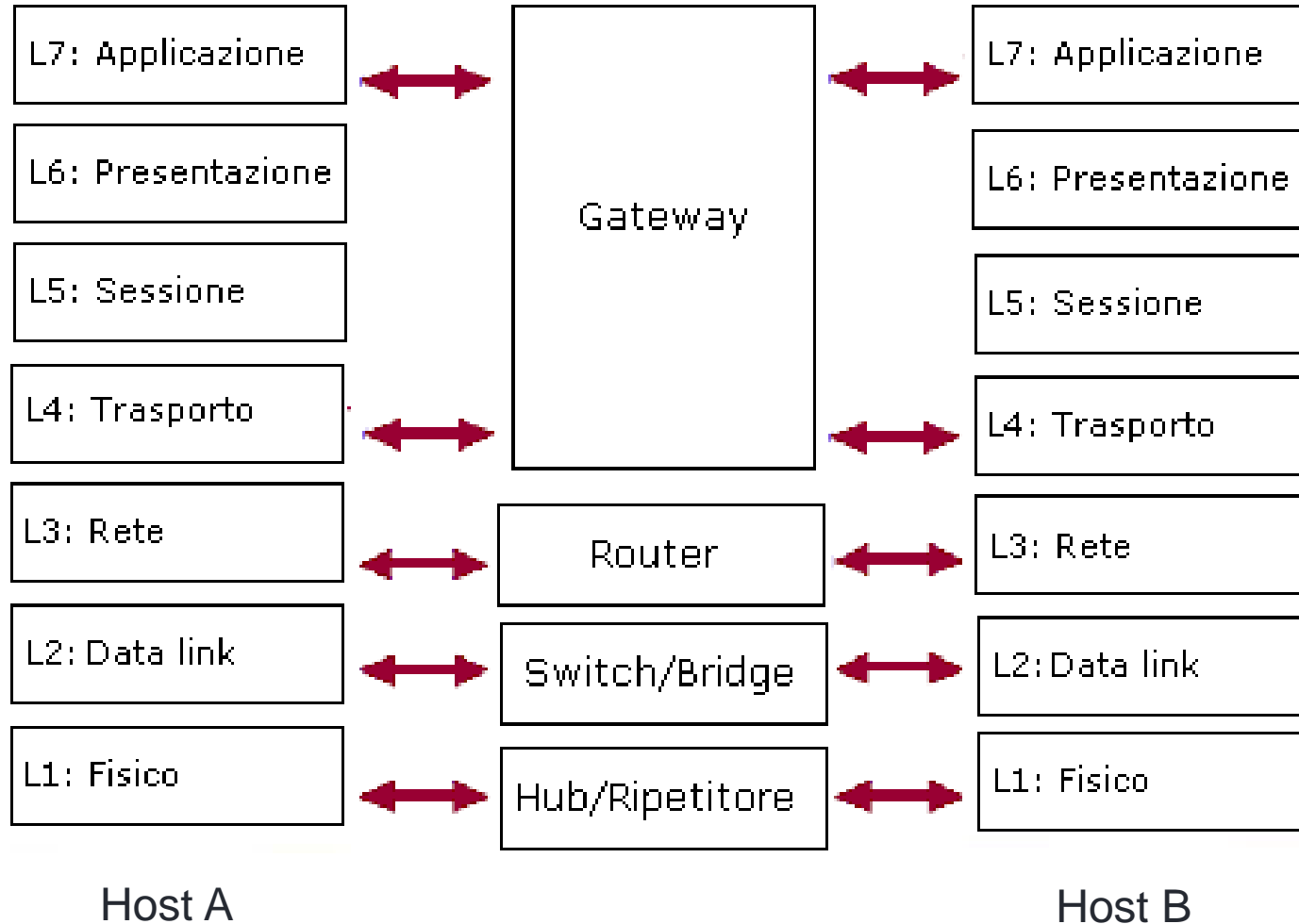
OSI semplificato (TCP/IP model)

- ▶ Livello applicazione: applicazioni vere e proprie
- ▶ Livello trasporto: aggiunge funzionalità quali affidabilità e tolleranza dei guasti
- ▶ Livello rete: comunicazione di base tra reti diverse

Divisione in livelli di responsabilità



Dispositivi d'interconnessione e ISO/OSI



Dispositivi d'interconnessione

- ▶ **Ripetitore:** dispositivo a livello fisico che ripristina i dati e i segnali di collisione
 - ▶ Un amplificatore digitale
- ▶ **Hub:** ripetitore multi-porta a livello fisico, con rilevazione di guasti
- ▶ **Bridge:** dispositivo a livello di data link che connette due o più domini di collisione
- ▶ **Switch:** bridge multiporta con cammini attivi in parallelo

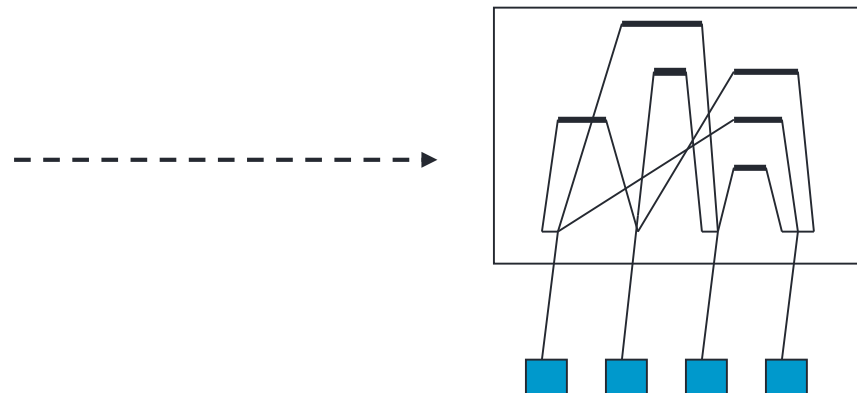
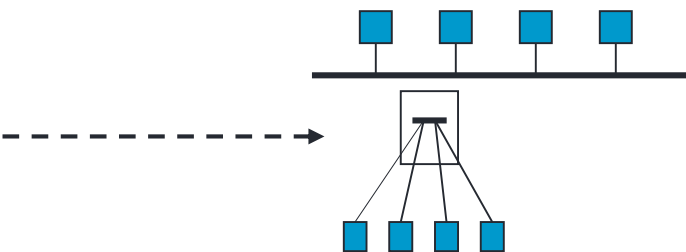
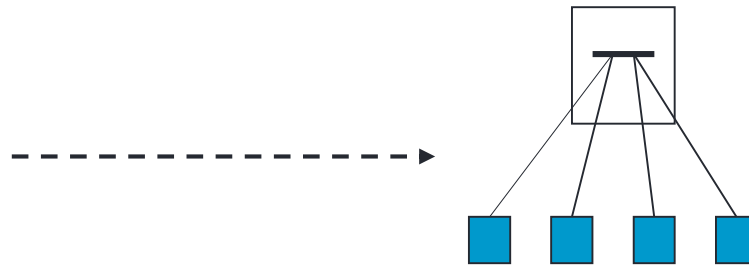
Ripetitore

- ▶ Dispositivo di basso livello che amplifica o rigenera segnali deboli
- ▶ Viene usato per aumentare la lunghezza totale della rete
- ▶ Agisce a livello fisico e consente a tutto il traffico di attraversare i segmenti LAN



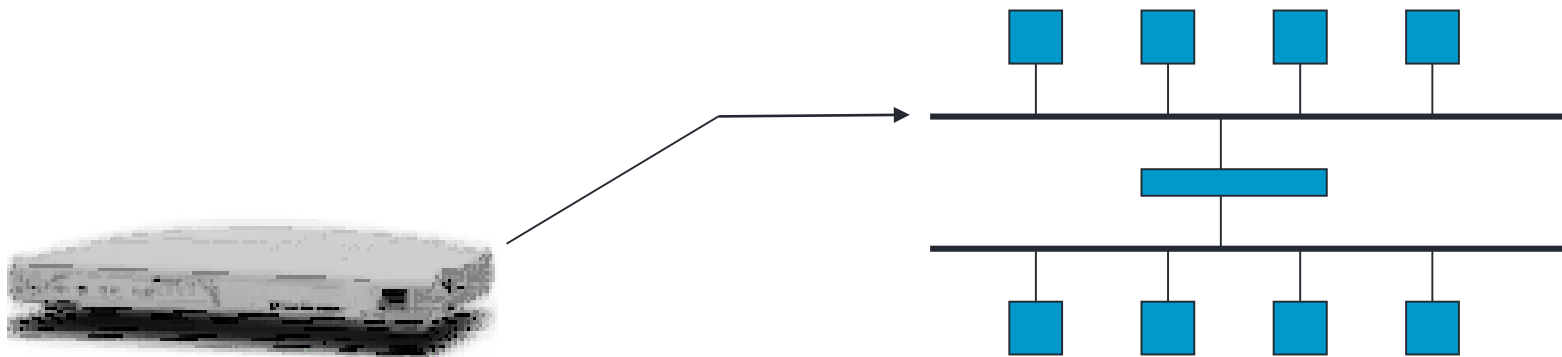
Hub

- ▶ Punto di convergenza in cui i dati arrivano da una o più direzioni e vengono inoltrati in una o più direzioni
 - ▶ Gli hub sono anche ripetitori, con funzionalità di rilevazione dei guasti
- ▶ Connettono dispositivi o stazioni formando una LAN Ethernet
 - ▶ bus logico
 - ▶ stella fisica
- ▶ A volte includono uno switch (lo vediamo dopo)



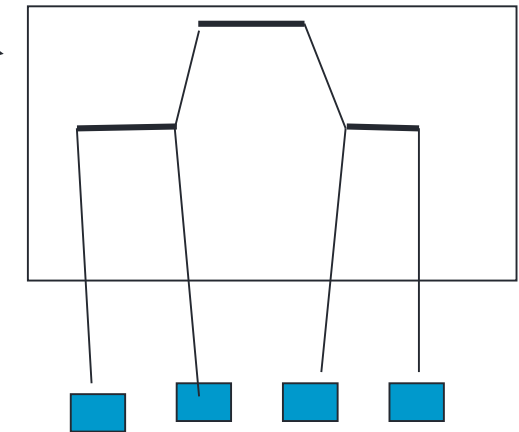
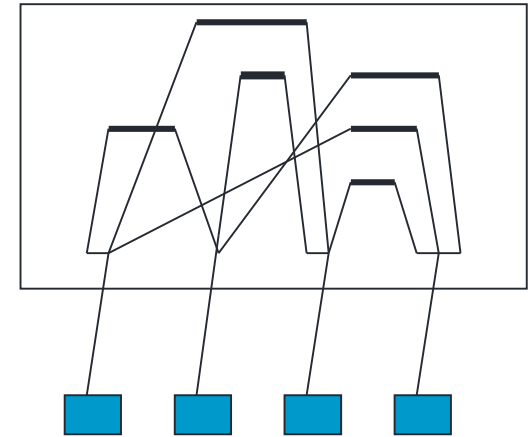
Bridge

- ▶ Connette due LAN che usano lo stesso protocollo (ad esempio, Ethernet o Token Ring)
- ▶ Funziona al livello di data link, copiando i data frame da una rete a quella successiva lungo il cammino di comunicazione
- ▶ Può apportare cambiamenti minori al frame prima di inoltrarlo (ad esempio, aggiungendo e cancellando alcuni campi dall'intestazione del frame)



Switch

- ▶ Tipo speciale di hub con intelligenza
 - ▶ Legge il MAC address del PC destinatario e usa questa informazione per inoltrare il frame
- ▶ Un dispositivo di rete che elabora i pacchetti ai livelli 2 e 3
- ▶ Evita collisioni attraverso cammini indipendenti
- ▶ Problemi di scalabilità per numeri elevati d'ingressi
 - ▶ **Soluzione: parallelismo parziale**
- ▶ Opera a vari livelli OSI
 - ▶ Switch di livello 2:
 - ▶ filtra e inoltra al livello di data link
 - ▶ usa gli indirizzi MAC per determinare dove vanno inviati i frame
 - ▶ Switch di livello 3:
 - ▶ inoltra i pacchetti usando le informazioni di livello 3



Switch

- ▶ Lo switch seleziona un cammino o una linea per inviare ogni frame alla sua destinazione successiva
 - ▶ Uno switch è più semplice di un router e ha un meccanismo più veloce
- ▶ Lo switching simultaneo di pacchetti tra varie porte aumenta molto la larghezza di banda di una LAN

Router

- ▶ Determinano il punto successivo della rete in cui deve essere inviato un pacchetto lungo il cammino verso la sua destinazione finale
- ▶ Usano le informazioni del protocollo del livello 3 di rete presenti all'interno di ogni pacchetto per instradarlo da una LAN all'altra
 - ▶ Ciò significa che un router deve saper riconoscere tutti i protocolli del livello di rete che possono essere usati sulle reti che collega
 - ▶ Soprattutto usati in rete TCP/IP: utilizzano indirizzi IP per l'instradamento
- ▶ Comunicano tra loro per determinare il cammino migliore attraverso più LAN per aumentare la velocità e ridurre il traffico di rete

Gateway

- ▶ Usato per connettere reti che usano protocolli diversi
- ▶ Operano a livello di rete e superiori dell'ISO/OSI
- ▶ Per comunicare a un host su un'altra rete bisogna configurare un router verso quella rete
- ▶ Se non esiste si usa un gateway (default IP router)
- ▶ Se non esiste il gateway configurator allora solo comunicazioni in rete locale
- ▶ Gateway riceve dati da una rete con uno stack di protocollo, rimuove questo stack di protocollo e ricostruisce il messaggio usando il protocollo della rete di destinazione
 - ▶ Gateway tra un Systems Network Architecture (SNA) host e computer sulla rete TCP/IP
 - ▶ A packet assembler/disassembler (PAD) che fornisce connettività tra una LAN e una X.25 packet-switching network

Conclusioni

- ▶ Reti di calcolatori: LAN, MAN, WAN, Internet
- ▶ Internet punto di riferimento per le reti di calcolatori
- ▶ ISO/OSI model, modello concettuale che rappresenta il funzionamento interno di un sistema di comunicazione
- ▶ TCP/IP model, mapping del modello ISO/OSI sulla rete Internet
- ▶ Dispositivi di interconnessione