

# Metodologie Informatiche Applicate al Turismo

## 2. Elementi di base di reti

Paolo Milazzo

Dipartimento di Informatica, Università di Pisa

`http://www.di.unipi.it/~milazzo/  
milazzo di.unipi.it`

Corso di Laurea in Scienze del Turismo  
A.A. 2012/2013

# Le reti

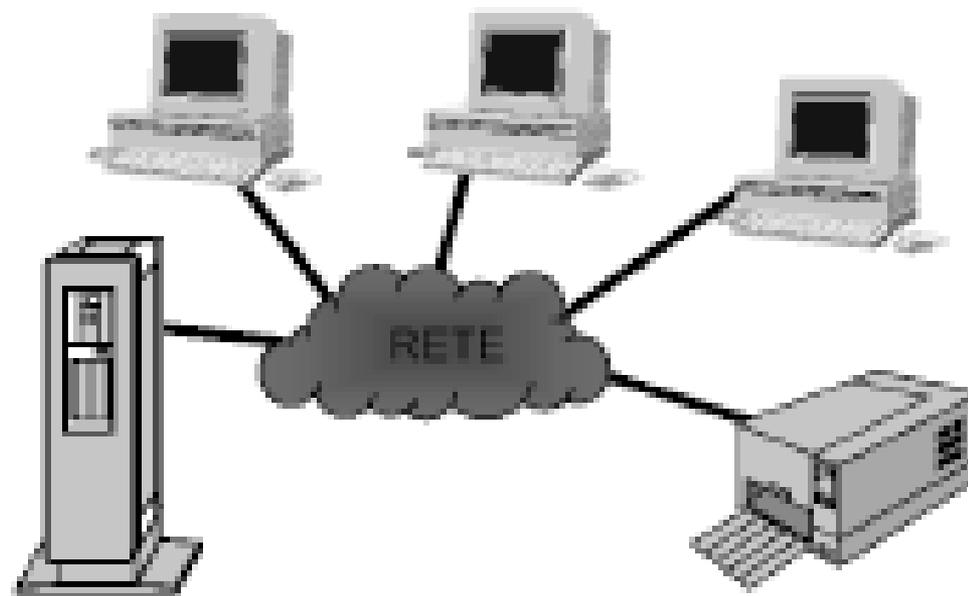
- Nozione di rete (molto diffusa in diversi contesti)
  - Una RETE consiste di:
    - NODI
    - CONNESSIONI fra due nodi (ogni nodo può avere più connessioni)
  - Rete di calcolatori: connessione di (migliaia di) computer che **condividono servizi** di sistema, permette la **comunicazione** e la **distribuzione del carico** e di continuare il funzionamento in casi di guasti locali
    - Nodi: calcolatori con memoria e dischi privati
    - Connessioni: cavi, router, bridge, gateway,...

# Scopi delle reti di calcolatori

- Comunicazione
- Condivisione delle informazioni
- Condivisione delle risorse (e.g. spazio su disco)
- Accesso a risorse remote (e.g. stampanti di rete)
- Convenienza economica (rispetto al modello mainframe: un supercomputer con tanti terminali)
- Crescita graduale: espandibilità, scalabilità

## Esempio di rete di calcolatori

---



# Come si caratterizza una rete

- Due parametri utili per definire le caratteristiche di una rete
  - scala dimensionale
  - tecnologia trasmissiva

# Scala dimensionale

- Rete locale (fino ad 1KM) o LAN
- Rete metropolitana (fino a 100 Km) o MAN
- Rete geografica (fino a 1000 Km) o WAN
- Internet (oltre 1000 Km)

# Reti LAN

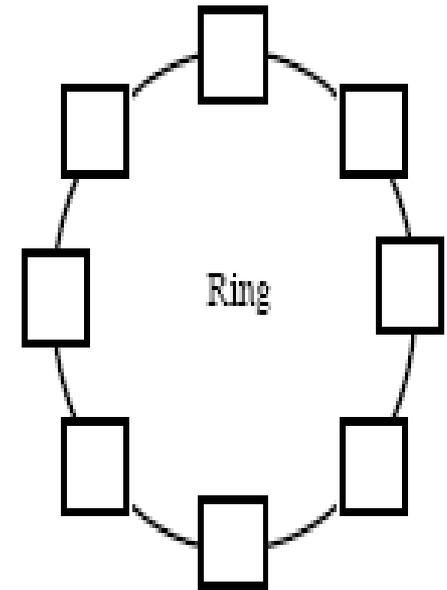
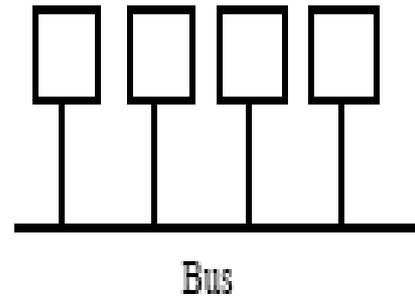
- Le reti Local Area Network
  - Sono in genere reti private
  - Si distendono nell'ambito di un singolo edificio o campus (non si possono, di norma, posare cavi sul suolo pubblico)
  - Sono usatissime per connettere PC o workstation

# Caratteristiche LAN

- Poiché la dimensione non può andare oltre un certo limite, è noto a priori il tempo di trasmissione nel caso peggiore. Questa conoscenza permette di utilizzare delle tecniche particolari per la gestione del canale di comunicazione
- Sono in generale reti con velocità di trasmissione tipiche tra da 10 a 100 Mbps (megabit al secondo, cioè milioni di bit al secondo), con basso ritardo di propagazione del segnale da un capo all'altro del canale (qualche decina di microsecondi) e basso tasso di errore

# Topologie LAN (1)

- Sono possibili diverse topologie, le più diffuse sono il bus ed il ring



# Topologie LAN (2)

- In ogni istante solo un elaboratore può trasmettere
- Topologia BUS:
  - un meccanismo di arbitraggio risolve i conflitti quando due o più elaboratori vogliono trasmettere contemporaneamente. Lo standard IEEE 802.3 (chiamato impropriamente Ethernet) è per una rete basata su un bus, con arbitraggio distribuito, operante a 10 oppure 100 Mbps
- Topologia Ring:
  - il meccanismo di arbitraggio è spesso basato sul possesso di un gettone (token) che abilita alla trasmissione. Lo standard IEEE 802.5 (derivante dalla rete IBM Token Ring) è per una rete basata su ring, con arbitraggio distribuito, operante a 4 o 16 Mbps

# Caratteristiche MAN

- Le Metropolitan Area Network sono generalmente pubbliche
- Esiste un mezzo trasmissivo (tipicamente due canali BUS) a cui tutti i computer sono attaccati

# Caratteristiche WAN

- Le Wide Area Network è costituita di due componenti distinte:
  - Un insieme di elaboratori (**host** oppure **end system**) sui quali girano i programmi usati dagli utenti
  - Una communication subnet (o **subnet**), che connette gli end system fra loro. Il suo compito è trasportare messaggi da un end system all'altro, così come il sistema telefonico trasporta parole da chi parla a chi ascolta

# Caratteristiche sottorete (1)

- Di norma la subnet consiste, a sua volta, di due componenti:
  - Linee di trasmissione (dette anche circuiti, canali, trunk)
  - Switching element (elementi di commutazione): cioè elaboratori specializzati che connettono due o più linee di trasmissione. Quando arrivano dati su una linea, l'elemento di commutazione deve scegliere una linea in uscita sul quale instradarli. Non esiste una terminologia standard per identificare gli elementi di commutazione; termini usati sono:
    - Sistemi intermedi
    - Nodi di commutazione pacchetti
    - **Router** (quello che utilizzeremo noi)

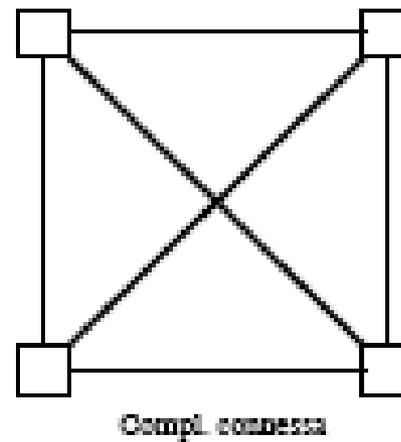
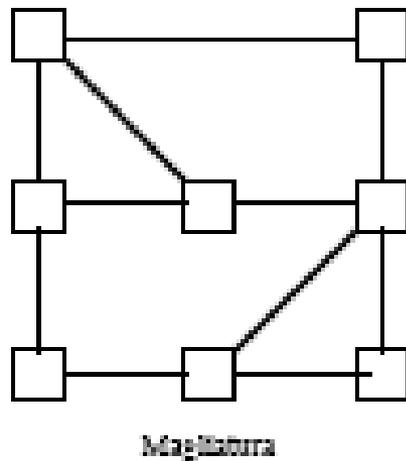
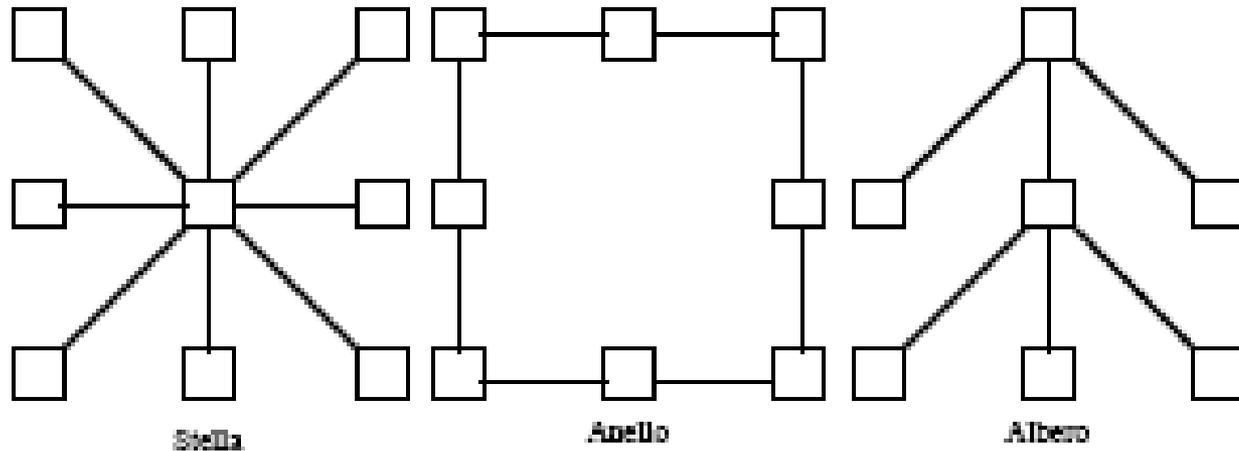
# Caratteristiche sottorete (2)

- Ogni router, in generale,
  - Riceve un pacchetto da una linea in ingresso
  - Lo memorizza per intero in un buffer interno
  - Appena la necessaria linea in uscita è libera, instrada il pacchetto su essa
- Una subnet basata su questo principio si chiama:
  - **Punto a punto** (i pacchetti hanno un mittente e un destinatario)
  - **Store and forward** (i pacchetti vengono bufferizzati)
  - A commutazione di pacchetto (**packet switched**, ogni pacchetto viaggia da solo)

# Topologie WAN (1)

- Molte topologie di interconnessione possono essere impiegate fra i router:
  - a stella (ridondanza zero)
  - ad anello (ridondanza zero)
  - ad albero (ridondanza zero)
  - magliata (ridondanza media)
  - completamente connessa (ridondanza massima)
- La ridondanza esprime l'esistenza di più percorsi tra le coppie di nodi

# Topologie WAN (2)



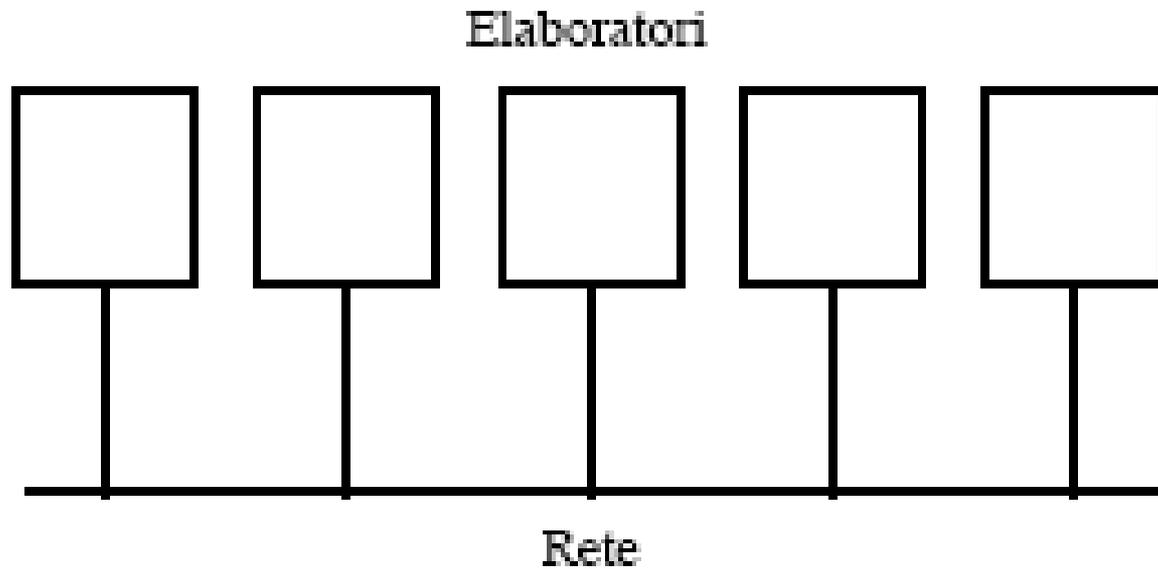
# Tecnologie trasmissive

- Due tipologie:
  - reti broadcast
  - reti punto a punto

# Il broadcast

- Le reti broadcast sono dotate di un unico "canale" di comunicazione che è condiviso da tutti gli elaboratori. Brevi messaggi, chiamati pacchetti, inviati da un elaboratore sono ricevuti da tutti gli altri elaboratori. Un indirizzo all'interno del pacchetto specifica il destinatario. Quando un elaboratore riceve un pacchetto, esamina l'indirizzo di destinazione; se questo coincide col proprio indirizzo il pacchetto viene elaborato, altrimenti viene ignorato

# Esempio di broadcast



# Reti punto a punto

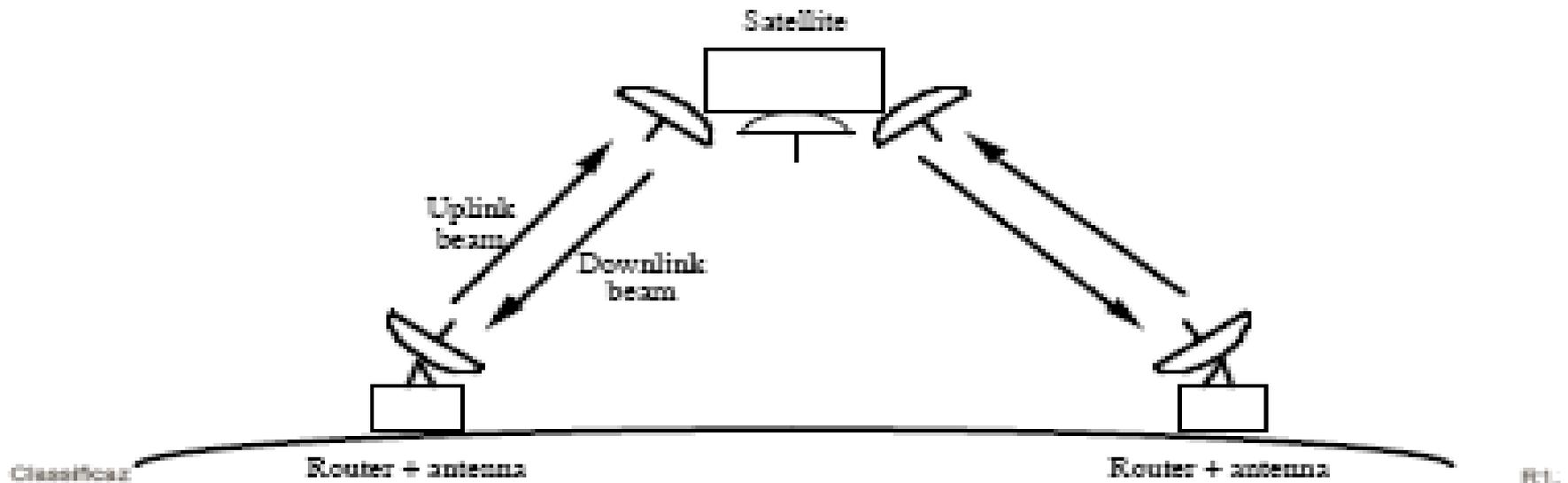
- Le reti punto a punto consistono invece di un insieme di connessioni fra coppie di elaboratori. Per arrivare dalla sorgente alla destinazione, un pacchetto può dover attraversare uno o più elaboratori intermedi. Spesso esistono più cammini alternativi, per cui gli algoritmi di instradamento (**routing**) hanno un ruolo molto importante

# Tecnologia trasmissiva e topologia

- In generale:
  - Le reti geograficamente localizzate tendono ad essere broadcast (LAN con topologia sia a bus che a ring o MAN)
  - Le reti geograficamente molto estese tendono ad essere punto a punto
- Alcune eccezioni:
  - Reti geografiche realizzate via satellite o via radio (broadcast)

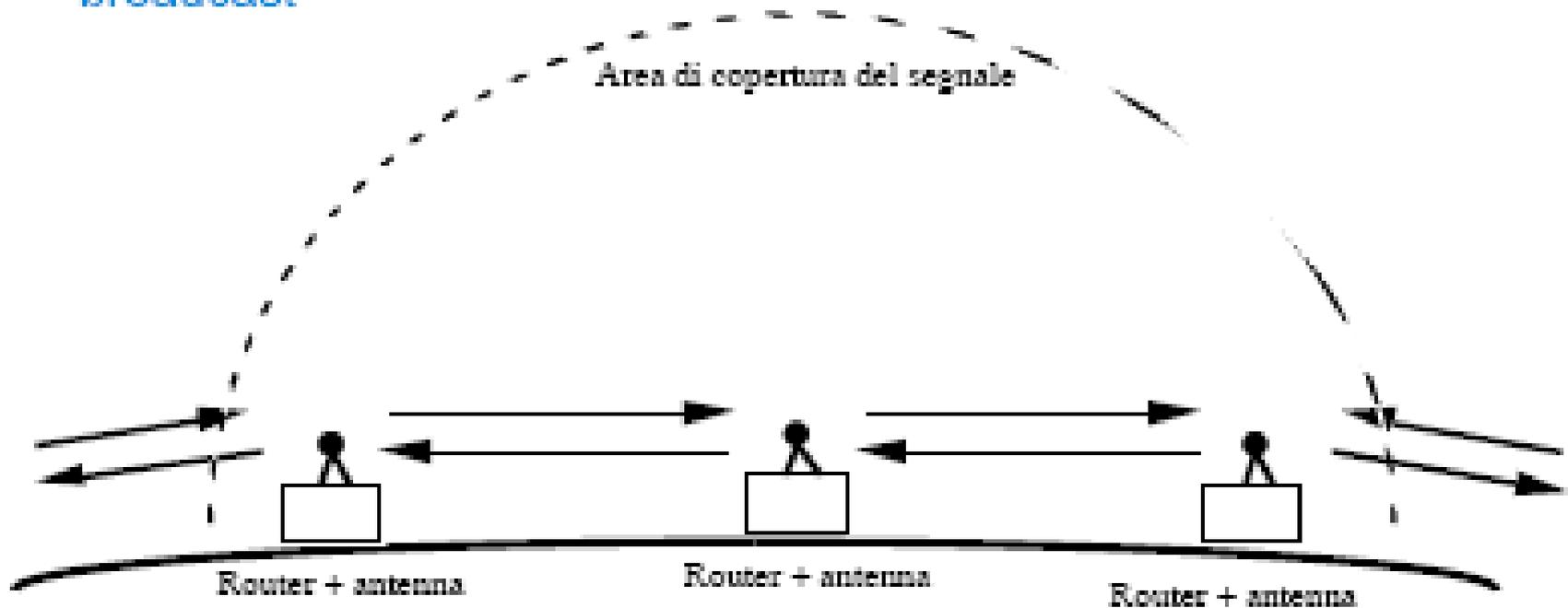
# Tipi di trasmissione (1)

- **Satellite:** Ogni router sente l'output del satellite e si fa sentire dal satellite. In generale si ha:
  - Broadcast **downlink** (cioè dal satellite a terra)
  - Broadcast **uplink** (cioè da terra al satellite) se i router possono "sentire" quelli vicini, **point to point** altrimenti



# Tipi di trasmissione (2)

- **Radio al suolo:** Ogni router sente l'output dei propri vicini (entro una certa distanza massima). Anche qui siamo in presenza di una rete **broadcast**



# Organizzazione delle reti

# Organizzazione a livelli

- Le reti sono in generale organizzate in modo gerarchico. Lo scopo di ogni livello è offrire servizi ai livelli superiori, nascondendo i dettagli sul come tali servizi siano implementati
- Fra un tipo di rete ed un'altra possono essere diversi:
  - il numero di livelli
  - i nomi dei livelli
  - il contenuto dei livelli
  - le funzioni dei livelli

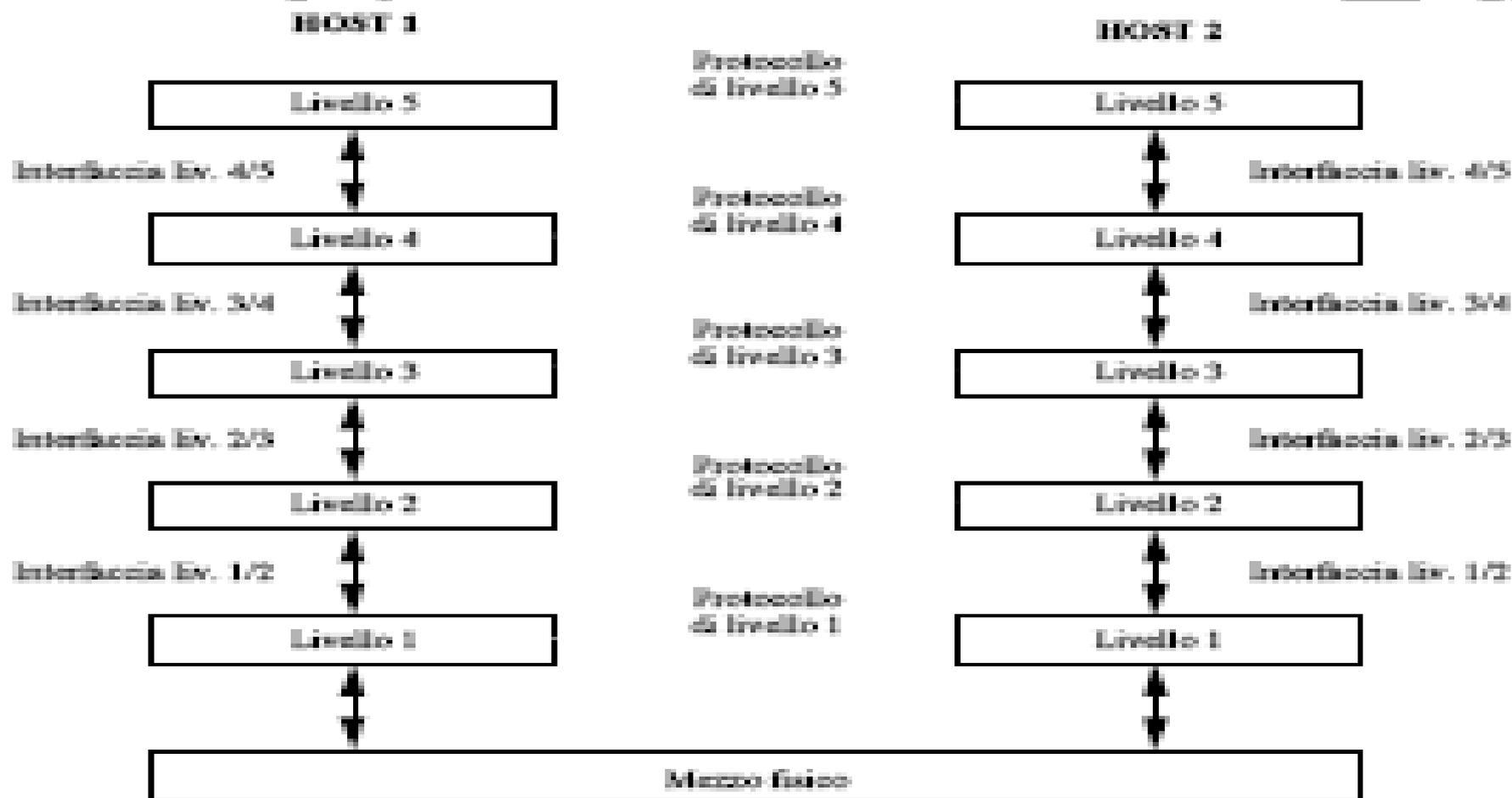
# La comunicazione

- Il livello  $n$  su un host porta avanti una conversazione col livello  $n$  su di un altro host. Le regole e le convenzioni che governano la conversazione sono collettivamente indicate col termine di *protocollo di livello  $n$*  e governano il formato ed il significato delle informazioni (messaggi, frame, pacchetti) che gli host si scambiano fra loro
- I protocolli sono implementati negli host tramite *drivers del sistema operativo* o specifici programmi
- Le entità (processi) che effettuano la conversazione si chiamano *peer entity* (entità di pari livello)

# Cosa succede realmente

- In realtà non c'è un trasferimento diretto dal livello  $n$  di host 1 al livello  $n$  di host 2. Due peer entity di livello  $n$  per implementare i propri servizi (tramite il protocollo di livello  $n$ ) usano i **servizi** offerti dal livello  $(n-1)$  e così via
- Ogni livello di host 1 passa al livello sottostante
  - i dati, assieme a informazioni di controllo
  - Al di sotto del livello 1 c'è il mezzo fisico, attraverso il quale i dati vengono trasferiti da host 1 ad host 2
  - Quando arrivano a host 2, i dati vengono passati da ogni livello (a partire dal livello 1) a quello superiore, fino a raggiungere il livello  $n$

# Lo schema generale

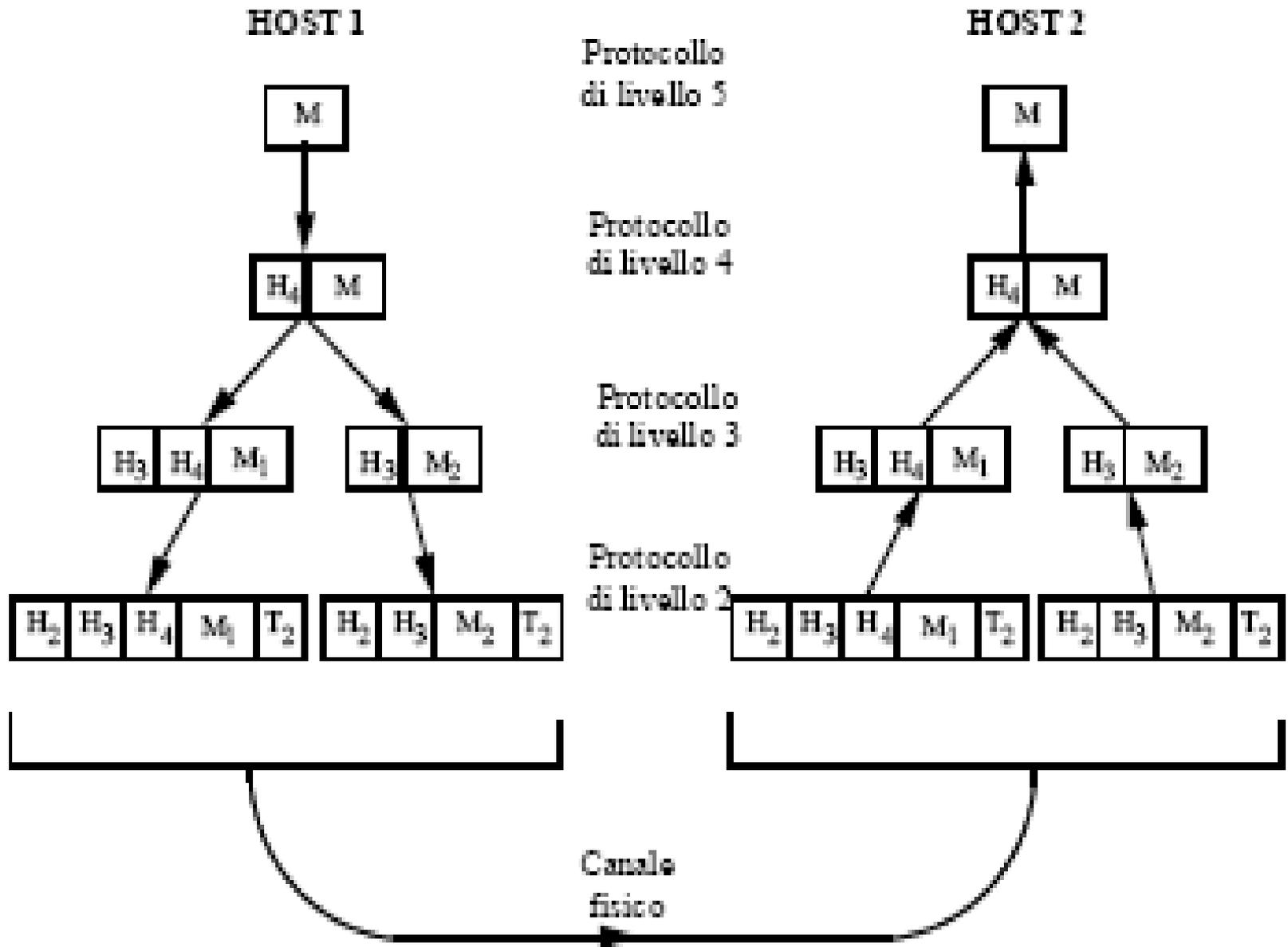


# Il flusso dell'informazione (1)

- Quando un programma applicativo (livello 5) deve mandare un messaggio M alla sua peer entity
  - Il livello 5 consegna M al livello 4 per la trasmissione
  - Il livello 4 aggiunge un suo header in testa al messaggio (talvolta si dice che il messaggio è inserito nella busta di livello 4); questo header contiene informazioni di controllo, tra le quali:
    - Numero di sequenza del messaggio
    - Dimensione del messaggio
    - Priorità

# Il flusso dell'informazione (2)

- Il livello 4 consegna il risultato al livello 3
  - Il livello 3 può trovarsi nella necessità di frammentare i dati da trasmettere in unità più piccole, (pacchetti) a ciascuna delle quali aggiunge il suo header
  - Il livello 3 passa i pacchetti al livello 2
- Il livello 2 aggiunge ad ogni pacchetto il proprio header (e magari un trailer) e lo spedisce sul canale fisico
  - I livelli bassi sono implementati in hardware
- Nella macchina di destinazione i pacchetti fanno il percorso inverso, con ogni livello che elimina (elaborandoli) l'header ed il trailer di propria competenza, e passa il resto al livello superiore



# Le interfacce

- Fra ogni coppia di livelli adiacenti è definita una interfaccia, che caratterizza:
  - le **operazioni primitive** che possono essere richieste al livello sottostante
  - i **servizi** che possono essere offerti al livello soprastante
- I vantaggi di una buona progettazione delle interfacce sono:
  - **minimizzazione** delle informazioni da trasferire (headers)
  - possibilità di **modificare** l'implementazione del livello (ad es., ove le linee telefoniche venissero sostituite da canali satellitari) con una più attuale che offra gli stessi servizi

# Architettura di rete

- L'insieme dei livelli e dei relativi protocolli è detto architettura di rete.
  - L'architettura è l'insieme dei dettagli sufficienti da consentire la realizzazione di software e/o hardware che, per ogni livello, rispetti il relativo protocollo

# Tipi di architetture

- **Proprietaria**: basata su scelte indipendenti ed arbitrarie del costruttore, incompatibile con architetture diverse, ad esempio:
  - IBM SNA (System Network Architecture)
  - Appletalk
- **Standard de facto**: basata su specifiche di pubblico dominio (per cui diversi costruttori possono proporre la propria implementazione) che ha conosciuto una larghissima diffusione, ad esempio:
  - Internet Protocol Suite (detta anche architettura TCP/IP)
- **Standard de iure**: basata su specifiche (ovviamente di pubblico dominio) approvate da enti internazionali.
  - Architettura OSI (Open Systems Interconnection), standard ISO
- Anche in questo caso ogni costruttore può proporre una propria implementazione, ad esempio:
  - standard IEEE 802 per le reti locali

# Servizi connection-oriented e connectionless

Servizi connection-oriented: prevede due fasi

- Si stabilisce una connessione, creando un "canale di comunicazione" fra la sorgente e la destinazione. La relativa attività coinvolge un certo numero di elaboratori nel cammino fra sorgente e destinazione
  - La connessione, una volta stabilita, agisce come un tubo digitale lungo il quale scorrono tutti i dati trasmessi, che arrivano nello stesso ordine con il quale sono partiti
- Si rilascia la connessione

Servizi connectionless: la fase è una sola

- Invio del pacchetto
  - I pacchetti viaggiano indipendentemente gli uni dagli altri, possono prendere strade diverse ed arrivare in ordine diverso da quello di partenza o non arrivare affatto.

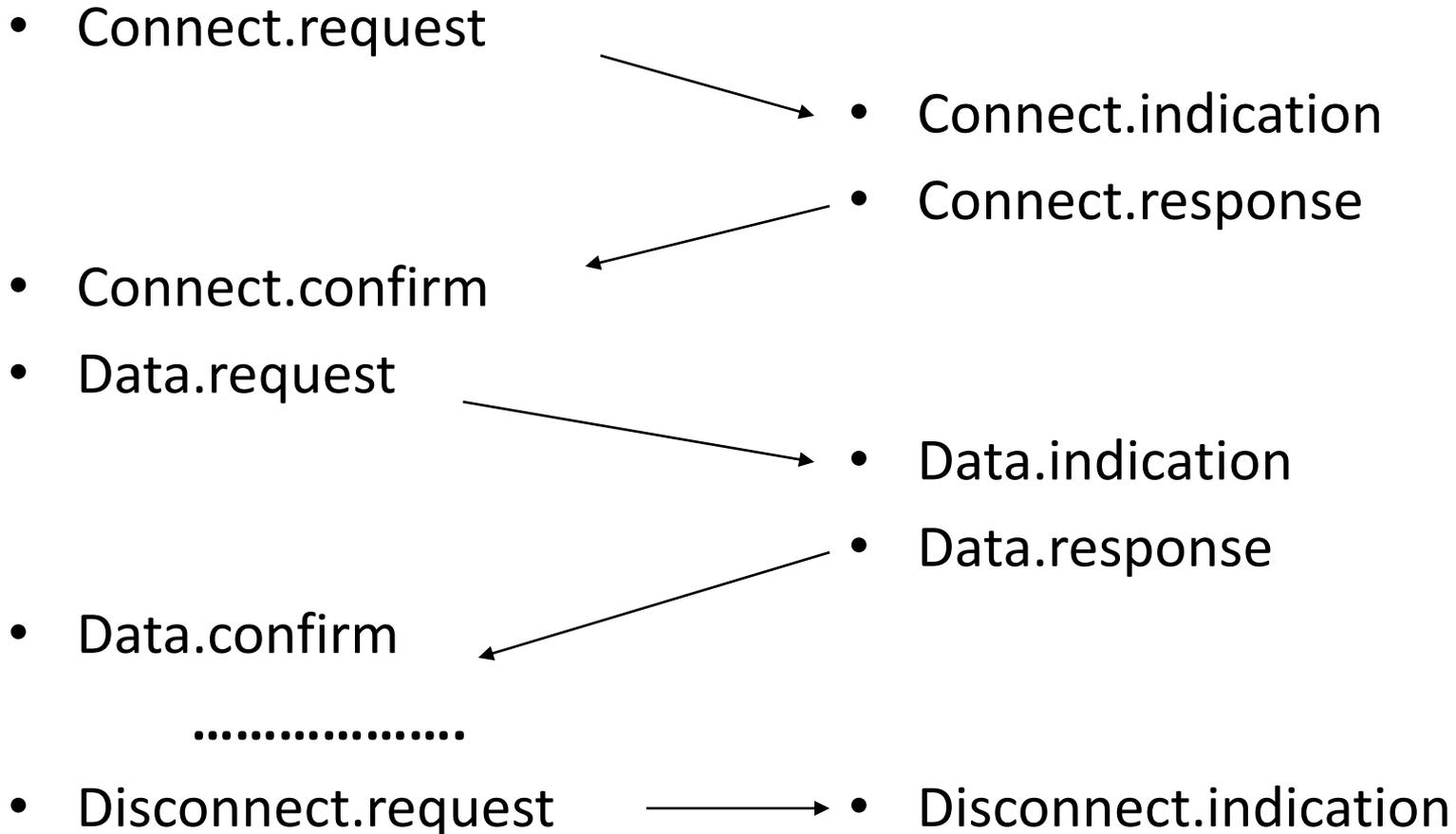
# Esempi di servizi

- Connection-oriented
  - Il telefono
- Connectionless
  - Il servizio postale

# Affidabilità di un servizio

- Un servizio **affidabile** assicura che tutti i dati spediti siano consegnati al destinatario. Ciò richiede che il ricevente invii un **acknowledgement** (conferma) alla sorgente per ogni pacchetto ricevuto.
  - Si introduce **overhead**, che può non essere desiderabile
- Esempio di acknowledgment: raccomandata con ricevuta di ritorno

# Servizio orientato alla connessione affidabile



# Servizio non affidabile

- Utilizza solo le primitive request/indication
- I servizi come i telegrammi sono servizi non orientati alla connessione e non affidabili

# Cosa serve ad ogni livello (1)

- Meccanismi di identificazione di mittente e destinatario (cioè indirizzamento)
- Regole per il trasferimento dati (solo livelli bassi):
  - In una sola direzione (simplex connection)
  - In due direzioni ma non contemporaneamente (half-duplex connection)
  - In due direzioni contemporaneamente (full-duplex connection)
- Meccanismi per il controllo degli errori di trasmissione; è possibile:
  - Rilevarli oppure no
  - Correggerli oppure no
  - Avvertire il mittente oppure no
- Meccanismi per il mantenimento (o la ricostruzione) dell'ordine originario dei dati

# Cosa serve ad ogni livello (2)

- Meccanismi per regolare le velocità di sorgente e destinazione
- Meccanismi (e metodi) per frammentare i messaggi da inviare
- Meccanismi di multiplexing di varie "conversazioni" su di un'unica connessione (se stabilire la connessione è costoso)
- Meccanismi di routing dei messaggi se esistono più strade alternative, ed eventualmente di suddivisione di una "conversazione" su più connessioni contemporaneamente (per aumentare la velocità di trasferimento dei dati)

# Modelli architetturali

Modello OSI e modello TCP/IP

# Terminologia

- **sottorete (subnet)** in una WAN: insieme dei router e delle linee di trasmissione
- **rete (network)** : una subnet e tutti gli host collegati
- **Internetwork**: collezione di più network, anche eterogenee, collegate con gateway
- **Internet** - la specifica internetwork basata su TCP/IP

# Architetture a livelli

- Si usano **stack** di protocolli
- Gli standard architetturali sono anche standard per la gerarchia di protocolli
  - De iure: ISO/OSI
  - De facto: TCP/IP

# Il modello OSI

- L'OSI (Open Systems Interconnection) Reference Model è stato realizzato dalla ISO (International Standard Organization), ed ha lo scopo di:
  - fornire uno standard per la connessione di sistemi aperti, cioè in grado di colloquiare gli uni con gli altri
  - fornire una base comune per lo sviluppo di standard per l'interconnessione di sistemi
  - fornire un modello rispetto a cui confrontare le varie architetture

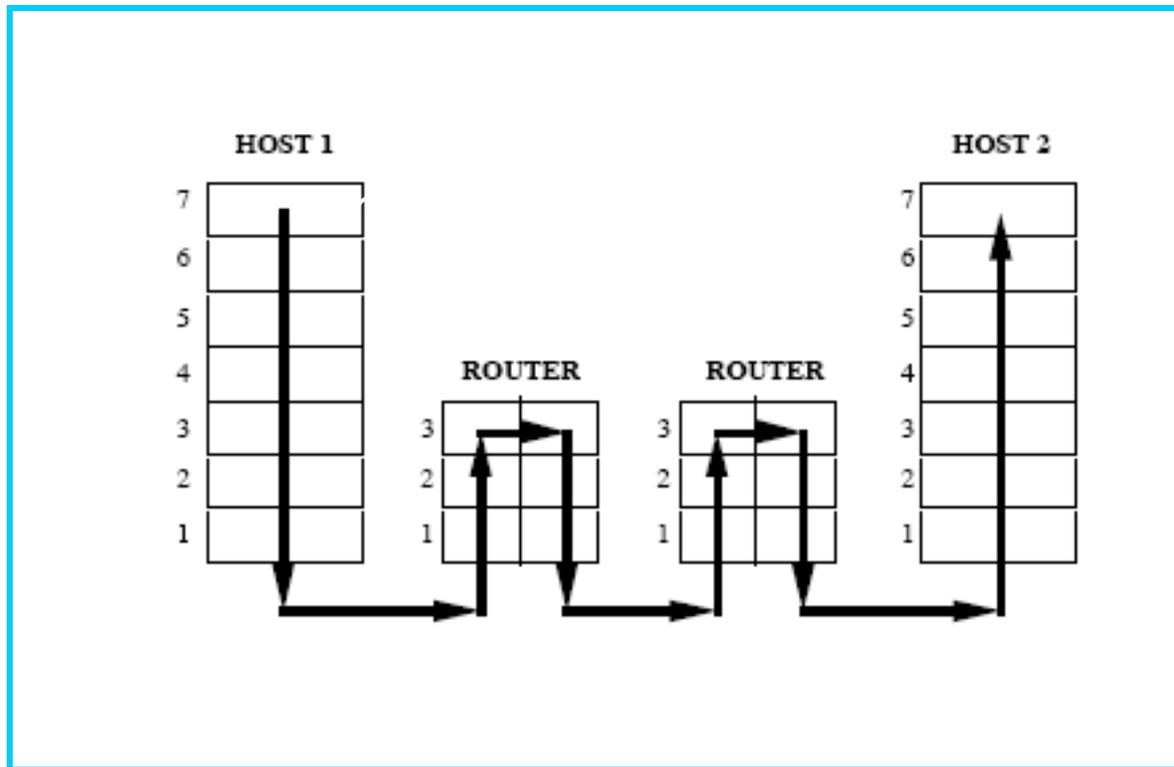
# Principi di progetto

- OSI è un modello non un'architettura
  - Definisce i livelli e dice cosa devono fare
- Per ogni livello è definito
  - come deve funzionare;
  - un diverso livello di astrazione;
  - una funzionalità precisa;
  - la scelta dei livelli deve essere tale da minimizzare il loro numero, il passaggio delle informazioni ed evitare troppe funzioni in un livello

# Schema del modello



# Architettura del modello OSI



# Livello fisico

- Ha a che fare con la trasmissione di bit "grezzi" su un canale di comunicazione
- Questo livello deve garantire che la comunicazione avvenga in modo corretto (e.g. se viene inviato un 1, venga ricevuto un 1 e non uno 0)
- Vi si definiscono le caratteristiche meccaniche, elettriche e procedurali delle interfacce di rete (componenti che connettono l'elaboratore al mezzo fisico) e le caratteristiche del mezzo fisico, ad es.
  - Tensioni scelte per rappresentare 0 ed 1
  - Durata (in microsecondi) di un bit
  - Trasmissione simultanea in due direzioni oppure no
  - Forma dei connettori

# Livello data link

- Deve far sì che un mezzo fisico trasmissivo appaia, al livello superiore, come una linea di trasmissione esente da errori (di trasmissione) non rilevati
- Spezzetta i dati provenienti dal livello superiore in frame (da qualche centinaio a qualche migliaio di byte)
- Invia i frame in sequenza
- Aspetta un acknowledgement di frame (ack) per ogni frame inviato

# Livello network

- Controlla il funzionamento della *subnet*
- Compiti:
  - **Routing:** cioè scelta del cammino da utilizzare. Può essere:
    - Statico (fissato ogni tanto e raramente variabile)
    - Dinamico (continuamente aggiornato, anche da un pacchetto all'altro)
  - **Gestione della congestione:** a volte troppi pacchetti arrivano ad un router
  - **Accounting:** gli operatori della rete possono far pagare l'uso agli utenti sulla base del traffico generato
  - **Conversione di dati nel passaggio fra una rete ed un'altra (diversa):**
    - indirizzi da rimappare
    - pacchetti da frammentare
    - protocolli diversi da gestire

# Livello trasporto (1)

- Accetta dati dal livello superiore, li spezzetta in pacchetti, li passa al livello network e si assicura che arrivino alla *peer entity* che si trova all'altra estremità della connessione. In più isola i livelli superiori dai cambiamenti della tecnologia di rete sottostante (efficienza)
- E' il primo livello end-to-end, cioè le peer entity di questo livello portano avanti una conversazione senza intermediari

# Livello trasporto (2)

- Compiti:
  - Creazione di connessioni di livello network per ogni connessione di livello transport richiesta:
    - Una connessione network per ciascuna connessione transport
    - Molte connessioni network per una singola connessione transport
    - Una singola connessione network per molte connessioni transport, con meccanismi di multiplexing
  - Offerta di vari servizi al livello superiore:
    - canale punto a punto affidabile, che consegna dati in ordine e senza errori (il servizio più diffuso, *connection oriented*)
    - invio di messaggi isolati, con o senza garanzia di consegna (*connectionless*)
    - broadcasting di messaggi a molti destinatari (*connectionless*)

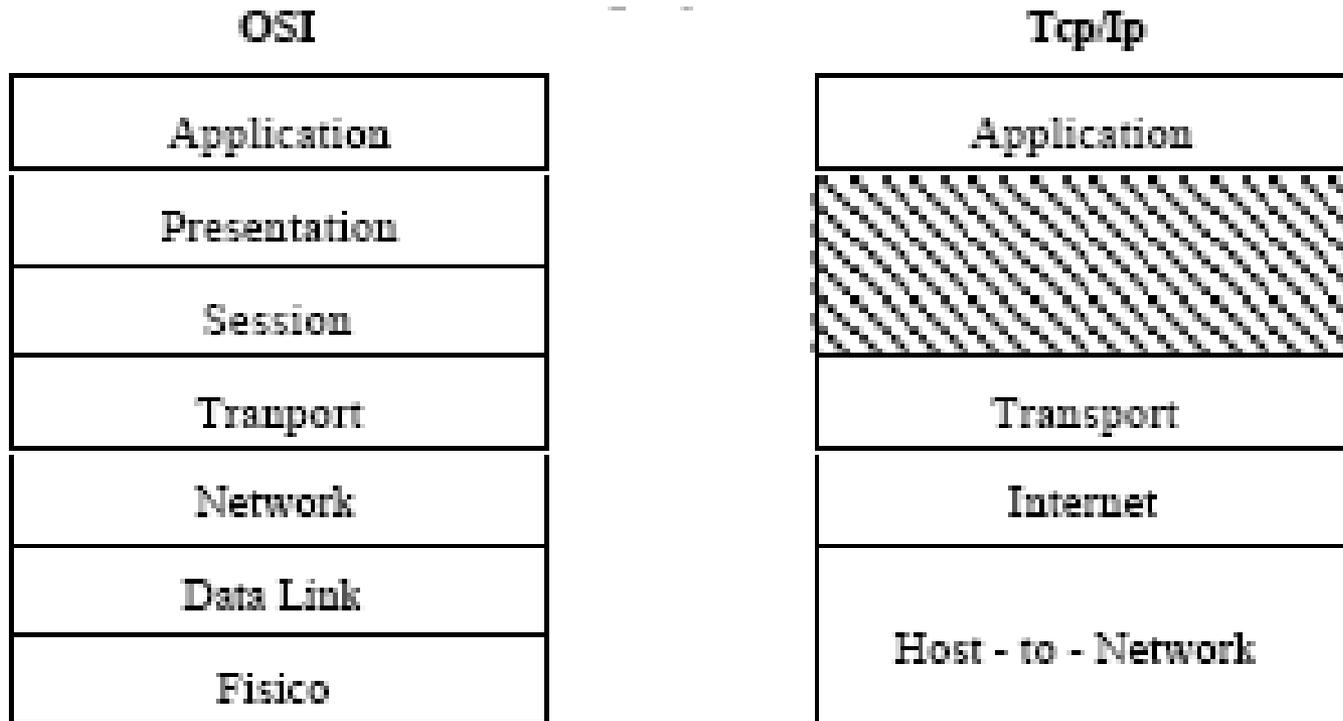
# Livelli Sessione, Presentazione e Applicazione

- **Session**: Ha a che fare con servizi più raffinati di quelli offerti a livello trasporto, come ad es. token management, dove si autorizzano le due parti, a turno, alla trasmissione. Sincronizzazione della comunicazione
- **Presentation**: Funzioni legate alla specifica della sintassi e semantica delle informazioni da trasferire. Sintassi astratta e concreta (rappresentazione locale e di trasferimento). Es.: funzioni di *conversione* dei tipi di dati standard (caratteri, interi) da rappresentazioni specifiche della piattaforma hw di partenza in una rappresentazione "on the wire" e poi in quella specifica dell'HW di arrivo.
- **Application**: Prevede che qui risieda tutta la varietà di protocolli che sono necessari per offrire i vari servizi agli utenti, quali ad esempio:
  - **Terminale virtuale**
  - **Transferimento file**
  - **Posta elettronica**

# Architettura TCP/IP

- Per integrare reti di tipo eterogeneo, si cominciò ad usare una nuova architettura, mirata fin dall'inizio a consentire l'interconnessione di molteplici reti (internetwork)
- L'architettura divenne, più tardi, nota coi nomi di Internet Protocol Suite o architettura TCP/IP. Non è un modello nel senso stretto del termine, e include protocolli specifici, descritti per mezzo di documenti detti RFC (Request For Comments)
  - Packet-switched
  - Basata su un livello internetworking *connectionless*
  - Requisiti di affidabilità e tolleranza ai guasti

# Relazione tra i livelli nei due modelli



# Livello 1-2: host-to-network

- I primi due livelli (*fisico* e *data link*) non sono separati, nel senso che **connessione fisica** e protocollo **data link** sono interdipendenti
  - Pertanto, è più corretto parlare di un livello **host-to-network (h2n)** che comprende i due

# Livello host-to-network

- Non è specificato nell'architettura.
- Tutto ciò che si assume è la capacità dell'host di inviare pacchetti sulla rete
- Esempi di protocolli h2n:
  - Protocollo per LAN: ***Ethernet, token-ring***
  - Protocollo per connessioni via modem: ***PPP***
  - Protocollo per connessioni LAN wireless: ***802.11***

# Livello 3: internet

- Permette ad un host di iniettare pacchetti in una qualunque rete e fare il possibile per farli viaggiare, indipendentemente gli uni dagli altri e magari per strade diverse, fino all'host destinatario che può essere anche in un'altra rete
- E' definito un formato ufficiale dei pacchetti ed un protocollo, ***IP (Internet Protocol)***, che si occupa di far riconoscere reciprocamente gli host e instradare i pacchetti che essi si scambiano
- ***Servizi aggiuntivi rispetto a h2n***
  - *identificativo univoco di ciascun host (indirizzo IP)*
  - *comunicazione logica tra host: gli host si chiamano per "nome" (indirizzo IP) senza sapere nulla sulla loro distanza, connessione, tipologia, ecc...*

# Servizi del protocollo IP

- **Caratteristiche**
  - consegna non garantita: i pacchetti possono essere persi, duplicati, ritardati, o consegnati senza ordine
  - consegna con impegno (*best effort*): tentativo di consegnare ogni pacchetto (possibili inaffidabilità derivanti da congestione della rete o guasto dei nodi)
  - privo di connessione (*connection-less*): ogni pacchetto è trattato in modo indipendente da tutti gli altri e due pacchetti successivi per la stessa destinazione possono seguire rotte diverse (favorisce robustezza)
- Nella sua versione più comune (IPv4) usa indirizzi (della lunghezza di 32 bit) aventi la seguente forma:  
*x1.x2.x3.x4* dove ogni  $x_i$  è compreso tra 0 e 255  
Ad esempio: 127.0.0.1, 192.168.10.20 e 131.114.3.18 sono indirizzi IP validi

# Assegnamento degli Indirizzi IP (1)

- Affinchè i pacchetti IP possano raggiungere la correttamente la propria destinazione gli indirizzi IP devono essere univoci
  - non devono esistere due computer a cui è associato lo stesso indirizzo IP
- L'assegnamento degli indirizzi è quindi organizzato in maniera gerarchica (ad esempio: gli indirizzi 131.114.x.y sono assegnati ad UniPi, gli indirizzi 131.114.3.x sono assegnati al Dipartimento di Informatica di Unipi, ecc...)
- In realtà si usa spesso una tecnica di mascheramento:
  - Quando una rete locale (e.g. domestica) è collegata a Internet tramite un router (e.g. modem ADSL), un unico indirizzo IP **pubblico** viene assegnato al router, mentre ai PC della rete vengono assegnati indirizzi IP **privati** (cioè noti solo nell'ambito della rete locale)
  - Ad ogni pacchetto che deve uscire dalla rete locale (verso Internet) il router cambierà l'indirizzo del mittente (privato) con il proprio (pubblico). Il router si preoccuperà anche di fare la traduzione inversa per i pacchetti in entrata
  - Gli indirizzi IP privati di solito hanno la forma 192.168.x.y

# Assegnamento degli Indirizzi IP (2)

- Le tecniche di mascheramento consentono di limitare lo spreco di indirizzi IP
- Gli indirizzi IP (versione 4 – IPv4) sono infatti in esaurimento. Presto si passerà a IPv6 che prevede indirizzi più lunghi.
- Un'altra tecnica usata frequentemente per limitare lo spreco di indirizzi IP è *l'assegnamento dinamico*.
  - Quando ci si collega a Internet si riceve un indirizzo IP che alla fine del collegamento può essere liberato e assegnato ad altri
  - E' molto comodo anche perchè i computer si "configurano da soli" tramite il servizio DHCP (fornito dal router, si preoccupa di inviare ai PC della rete tutte le informazioni di configurazione necessarie, incluso l'indirizzo IP assegnato dinamicamente)

# Livello 4: transport

- Il livello transport estende il servizio di consegna con impegno tra due host proprio del protocollo IP ad un servizio di consegna a due programmi applicativi in esecuzione sugli host
- *Servizi aggiuntivi rispetto a IP*
  - *rilevamento dell'errore (checksum): verifica che alla destinazione il pacchetto includa tanti bit settati a 1 quanti erano alla sorgente*

# Livello 4: transport

- *TCP (Transmission Control Protocol)*: protocollo connesso ed affidabile. Frammenta il flusso in arrivo dal livello superiore in messaggi separati che vengono passati al livello Internet.
  - In arrivo, i pacchetti vengono riassemblati in un flusso di output per il livello superiore.
  - Eventuali pacchetti persi (non arrivati entro un tempo stabilito) vengono ritrasmessi
  - ***E' orientato alla connessione***: comprende l'instaurazione, l'utilizzo e la chiusura della connessione
- *UDP (User Datagram Protocol)*: versione semplificata di TCP non orientato alla connessione (connectionless) e non affidabile. E' più veloce ed è adatto a situazioni in cui contano le prestazioni e non la qualità della trasmissione (e.g. audio/video).

# Livello 5: application

- Non ci sono i livelli Session e Presentation (non furono ritenuti necessari; l'esperienza col modello OSI ha mostrato che questa visione è condivisibile)
- Il livello application è subito sopra il livello transport e contiene tutti i protocolli che vengono usati dalle applicazioni reali

# Tipi fondamentali di servizi

- **TERMINALE REMOTO (o virtuale)**
  - accesso a nodi remoti (telnet o remote desktop)
- **FILE TRANSFER**
  - possibilità di trasferire file tra nodi diversi (ftp)
- **SERVIZI REMOTI**
  - riferimenti a servizi remoti  
(SMTP, POP, HTTP)

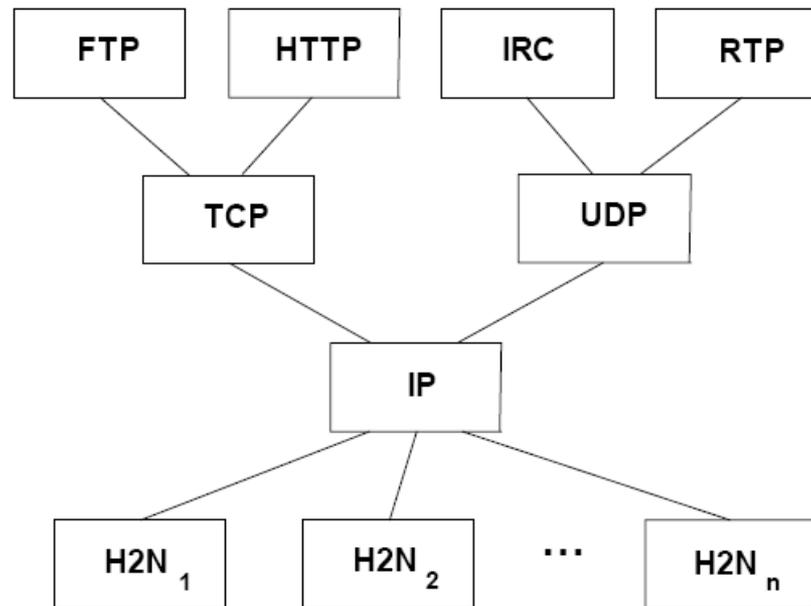
# Livello application

- Il livello application utilizza il livello di trasporto per la comunicazione tra processi in esecuzione su host diversi per realizzare applicazioni di rete
- Le applicazioni di rete **non** sono la stessa cosa dei protocolli applicativi

# Protocolli e applicazioni di rete

- **Tipicamente, ciascuna applicazione di rete definisce un nuovo protocollo di livello applicativo ed un'interfaccia utente**
- **Esempi**
  - *Trasferimento file*: usa protocollo applicativo **ftp**
  - *Collegamento a terminale remoto*: usa protocollo **telnet**
  - *World Wide Web*: usa protocollo **http**
  - *Posta elettronica*: usa protocollo **smtp** (simple mail transfer protocol) e POP (Post Office Protocol):
  - *Chat*: usa protocollo **irc**

# Progetto Internet a clessidra



# TCP/IP vs. OSI

- Somiglianze:
  - Basate entrambi sul concetto di pila di protocolli indipendenti;
  - Funzionalità simili in entrambi per i vari livelli
- Differenze principali:
  - OSI: E' un modello di riferimento, i protocolli vengono solo successivamente
  - OSI : E' un modello generale, ma l'esperienza è stata limitata
  - TCP/IP: Nasce coi protocolli, il modello di riferimento viene a posteriori
  - TCP/IP: E' molto efficiente, ma il modello di riferimento non è generale, difficile sostituire i protocolli