

Metodologie Informatiche Applicate al Turismo

5. 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. 2013/2014

Le reti

- Nozione di rete (molto diffusa in diversi contesti)
 - In generale, una RETE consiste di:
 - NODI
 - CONNESSIONI fra due nodi (ogni nodo può avere più connessioni)
 - Rete di calcolatori: connessione di (decine, centinaia o migliaia di) computer che **comunicano** tra loro e **condividono servizi**
 - 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)
- Crescita graduale: espandibilità, scalabilità

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

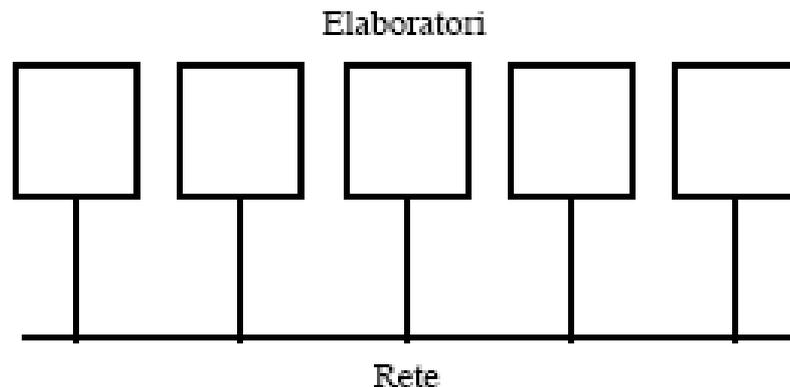
- Le reti Local Area Network
 - Sono in genere reti private
 - Si distendono nell'ambito di un singolo edificio o campus (non si possono, di norma, posare cavi sul suolo pubblico)

Caratteristiche LAN

- Sono in generale reti con velocità di trasmissione molto alte
 - tipicamente tra 100 e 1000 Mbps (megabit al secondo, cioè milioni di bit al secondo)
- Affidabilità: essendo reti di piccola dimensione e appartenenti a un contesto chiuso e controllato prevedono solitamente un basso tasso di errori di trasmissione

Tipologie Principali

- Le due tipologie più diffuse di reti locali sono:
 - Ethernet (rete cablata)
 - WiFi (rete senza fili – Wireless)
- In entrambi i casi i computer collegati condividono il canale di collegamento (bus): cavo o etere che sia...
- Conseguentemente, la comunicazione è broadcast (vedremo)



Gestione delle «collisioni» nelle LAN

- Il fatto che il canale di comunicazione nelle LAN sia condiviso pone qualche problema
 - Che succede se due computer iniziano una comunicazione contemporaneamente?
 - I segnali inviati sull'unico canale disponibile (il filo o l'etere) si sovrappongono creando interferenze (collisioni)
 - I protocolli di comunicazione prevedono meccanismi di rilevamento e gestione delle collisioni
 - Ad esempio: se un computer si accorge che un segnale inviato è entrato in collisione con un altro può decidere di inviarlo nuovamente dopo una pausa di durata casuale (per ridurre la probabilità di una nuova collisione)

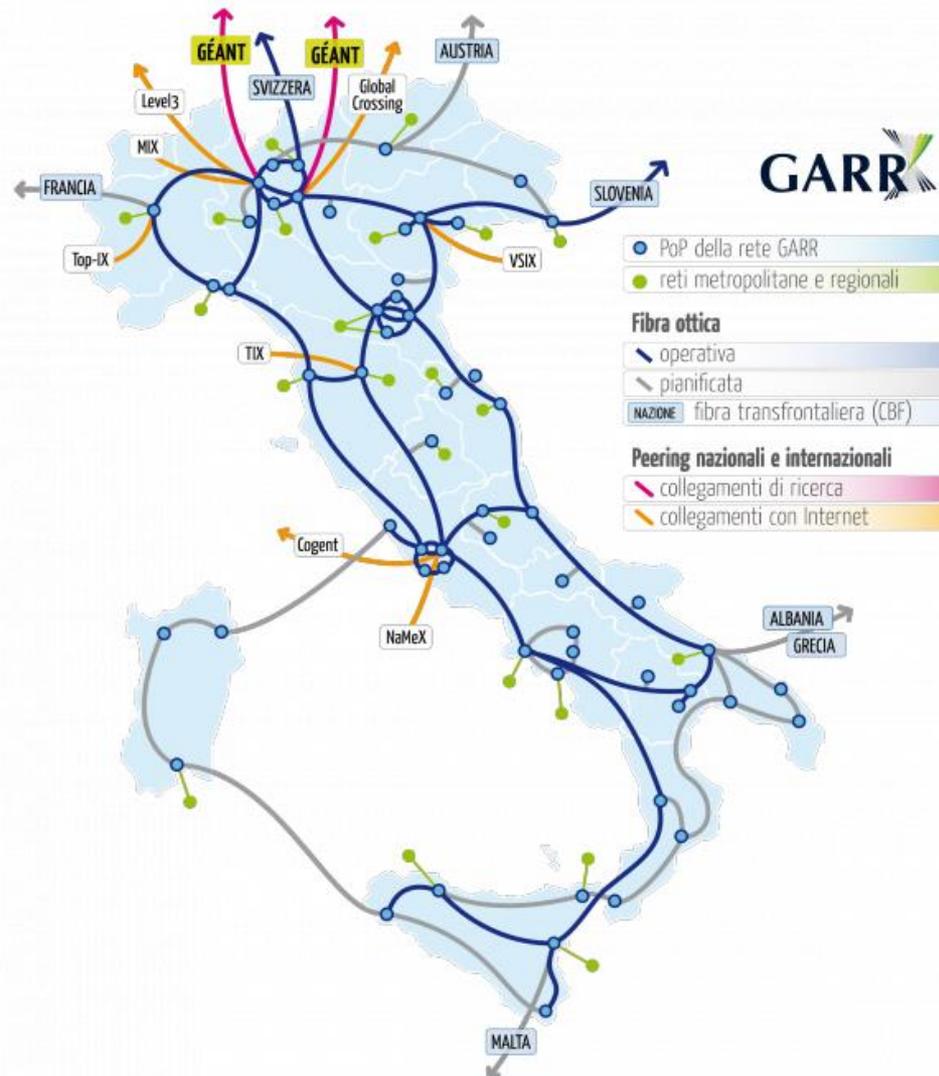
Caratteristiche MAN

- Le Metropolitan Area Network sono generalmente pubbliche
- Attualmente vengono spesso realizzate in contesti cittadini per portare nelle case il collegamento a Internet ad alta velocità
 - Esempio: reti metropolitane a fibre ottiche

Caratteristiche WAN (1)

- Una Wide Area Network è una rete tipicamente di portata nazionale
 - Esempio: La rete del consorzio GARR che distribuisce il collegamento a Internet a tutte le istituzioni universitarie e di ricerca a livello nazionale

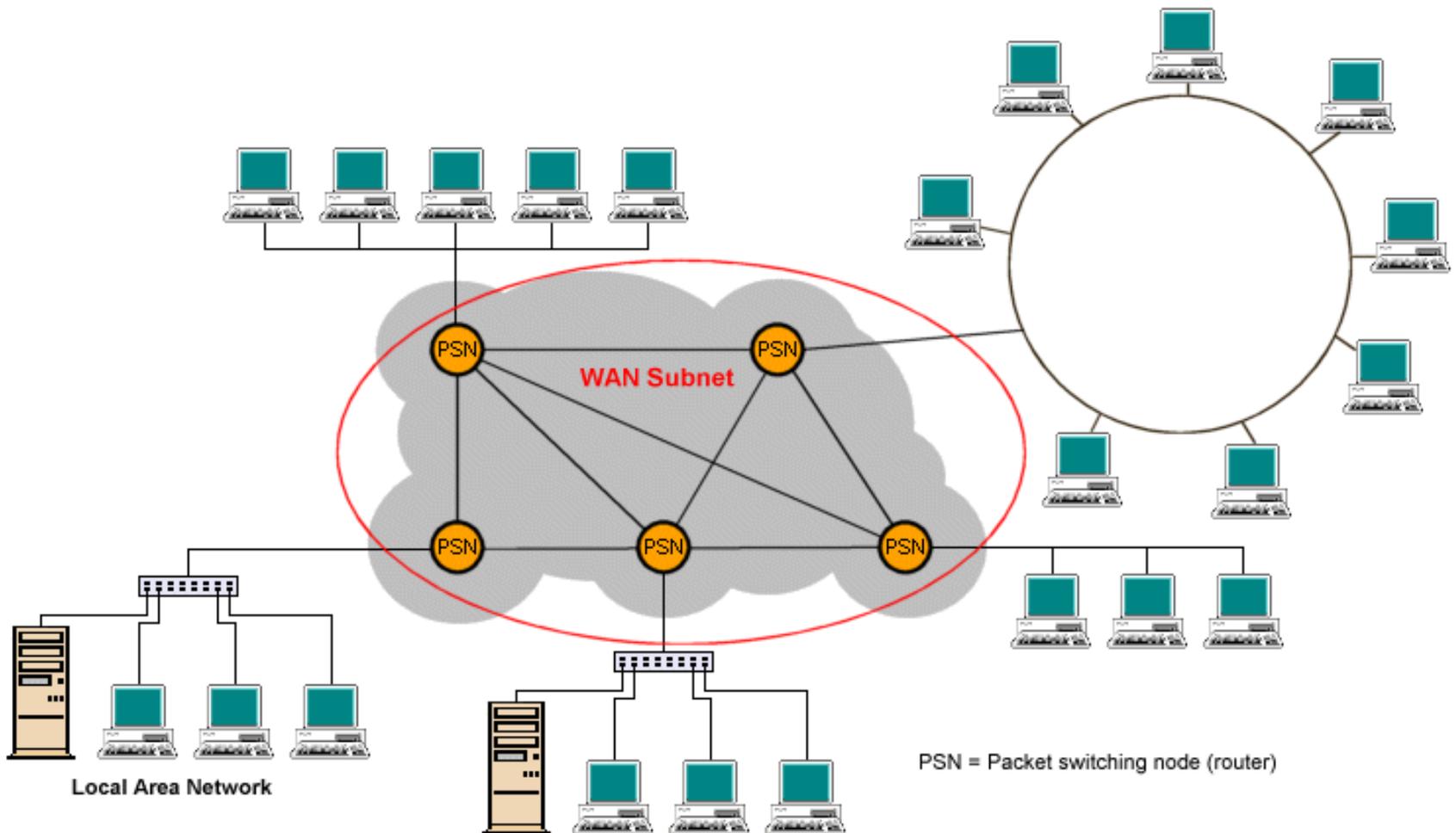
Esempio: la rete GARR



Caratteristiche WAN (2)

- 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

WAN: gli host e la subnet



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)

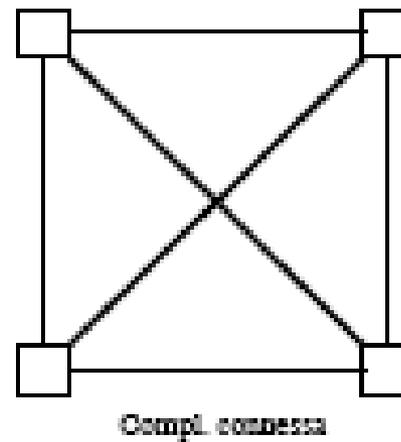
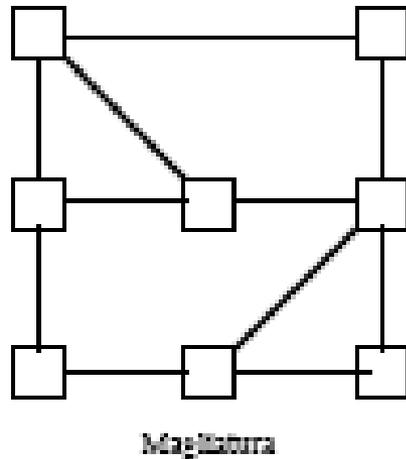
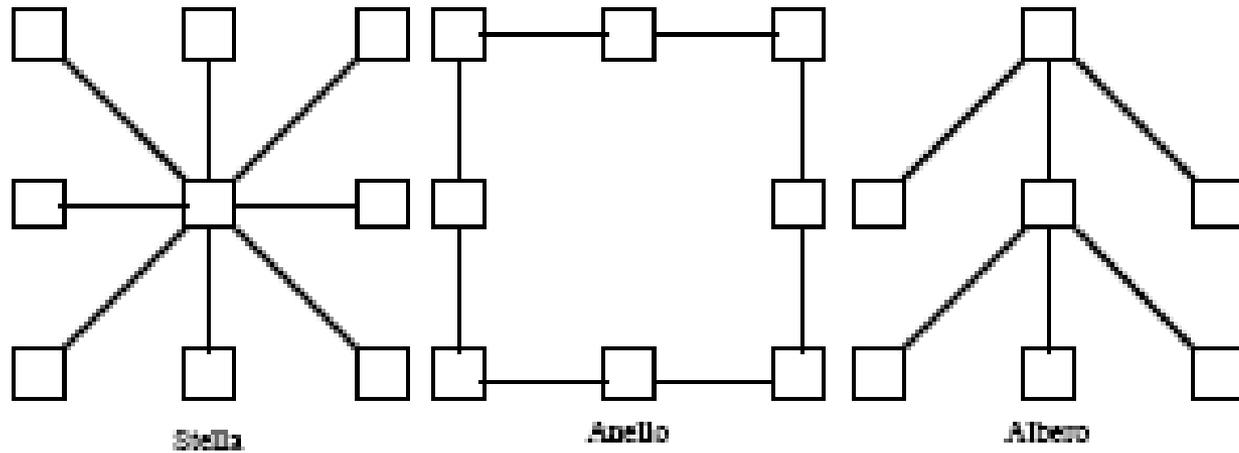
Caratteristiche sottorete (2)

- Ogni router, in generale,
 - Riceve un pacchetto (una sequenza di byte di dimensione fissata) 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 e viaggiano lungo un percorso che li collega)
 - **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
- Maggiore ridondanza implica migliore capacità di tolleranza ai guasti:
 - Si rompe un router lungo un percorso? Si trova un percorso alternativo...

Topologie WAN (2)



Tecnologie trasmissive

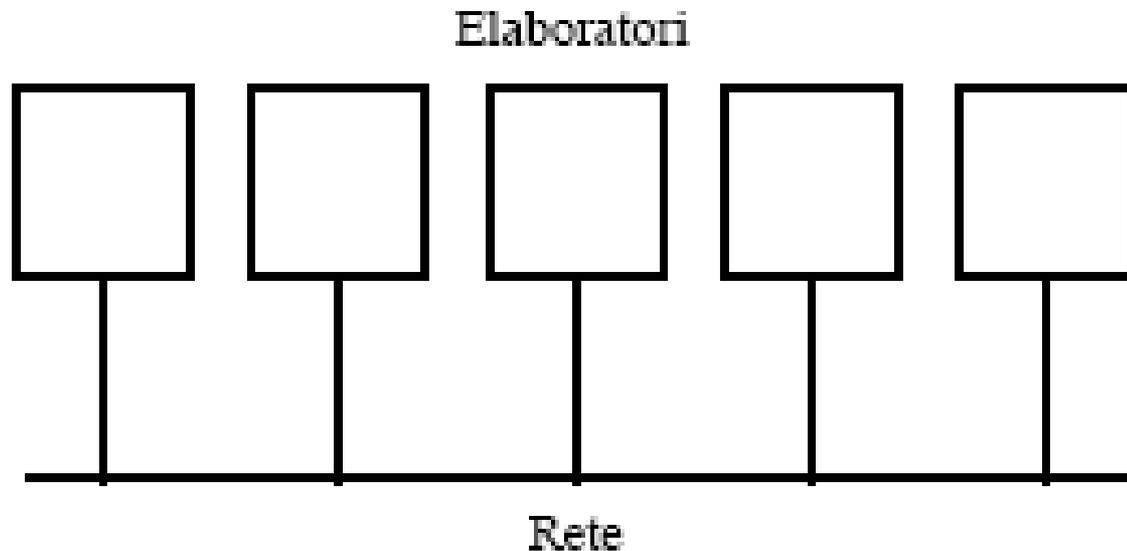
- Due tipologie:
 - reti broadcast
 - reti punto a punto

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

Esempi di broadcast

- Le reti LAN (Ethernet o WiFi)



Reti punto a punto

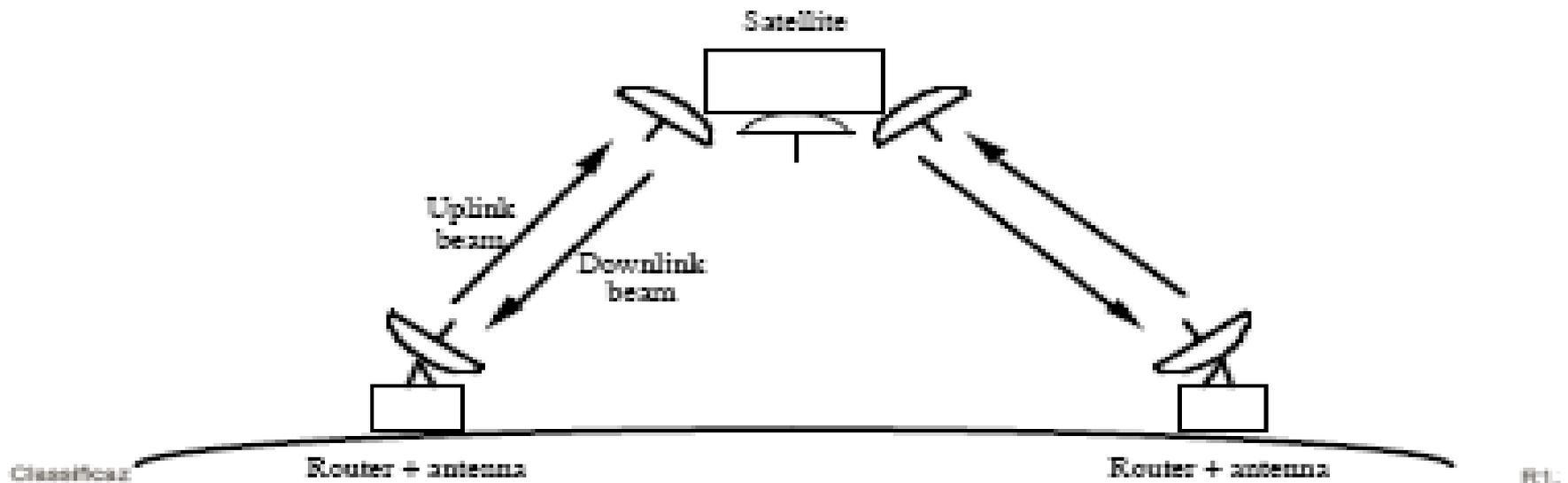
- Nelle reti punto a punto la comunicazione avviene solo tra coppie di elaboratori.
- Per arrivare dalla sorgente alla destinazione, un pacchetto può dover attraversare uno o più elaboratori intermedi.
- Il percorso che deve effettuare un pacchetto nella rete viene calcolato da opportuni algoritmi di instradamento (**routing**) che mirano a minimizzare il tempo di trasmissione
- Spesso (ad esempio nel caso delle WAN) esistono più cammini alternativi per raggiungere una destinazione (ridondanza) :
 - Utile in caso di guasti.

Tecnologia trasmissiva e topologia

- In generale:
 - Le reti più piccole tendono ad essere broadcast (e.g. LAN)
 - Le reti geograficamente molto estese tendono ad essere punto a punto (e.g. WAN)
- Alcune eccezioni:
 - Reti geografiche realizzate via satellite o via radio (broadcast)

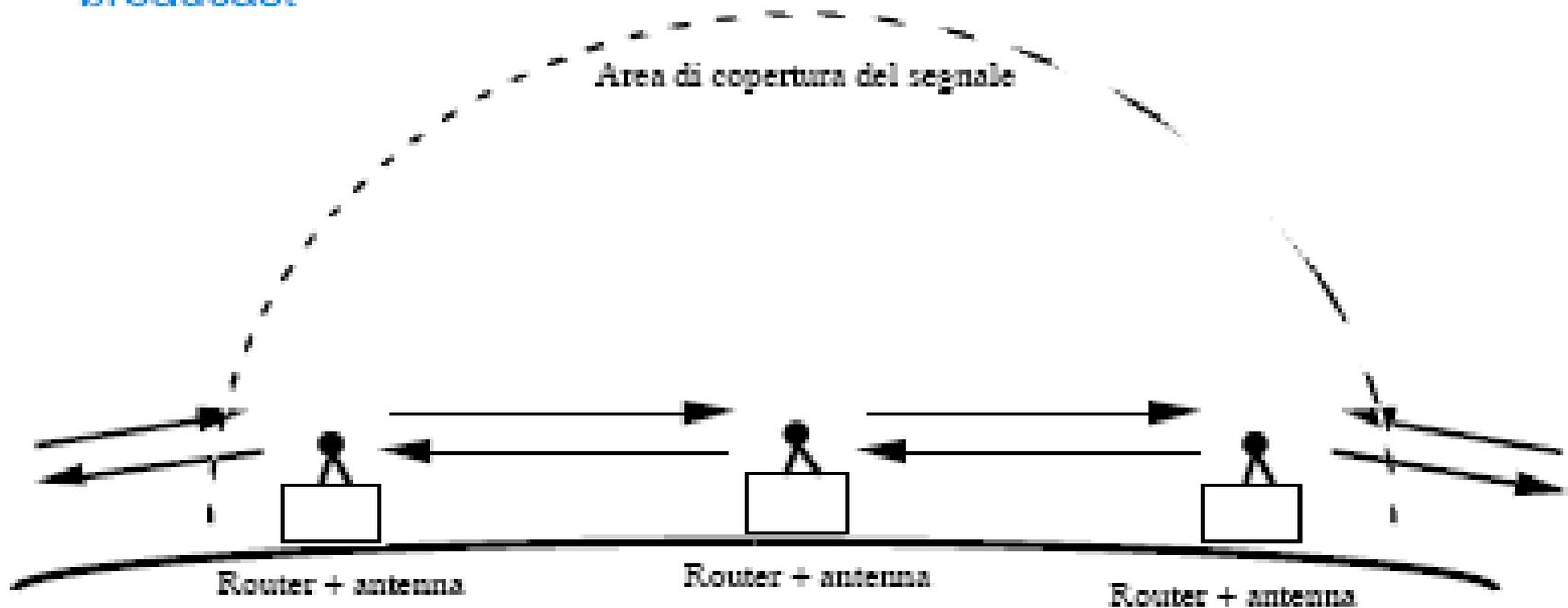
Tipi di trasmissione (1)

- **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

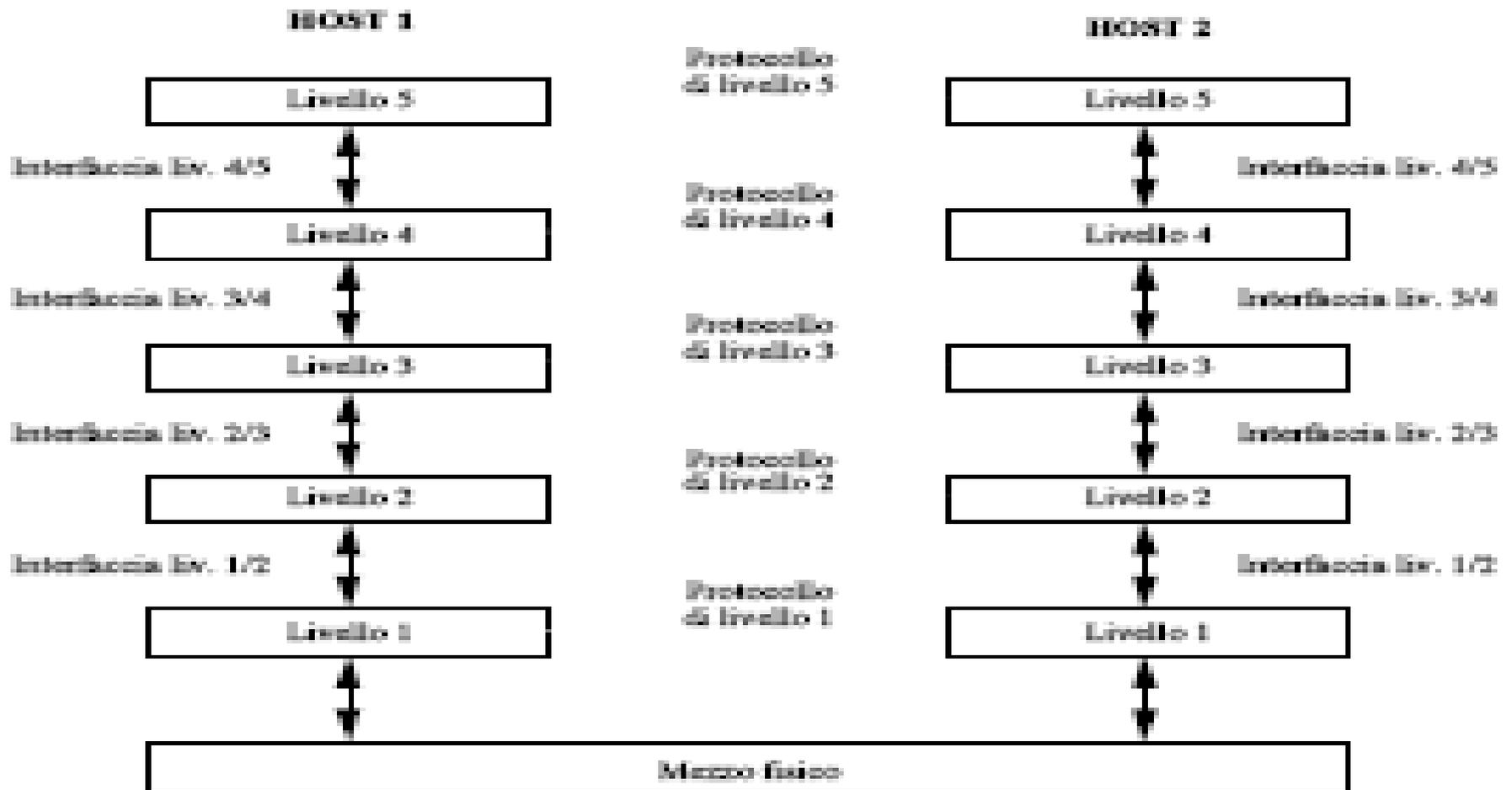
La comunicazione

- 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

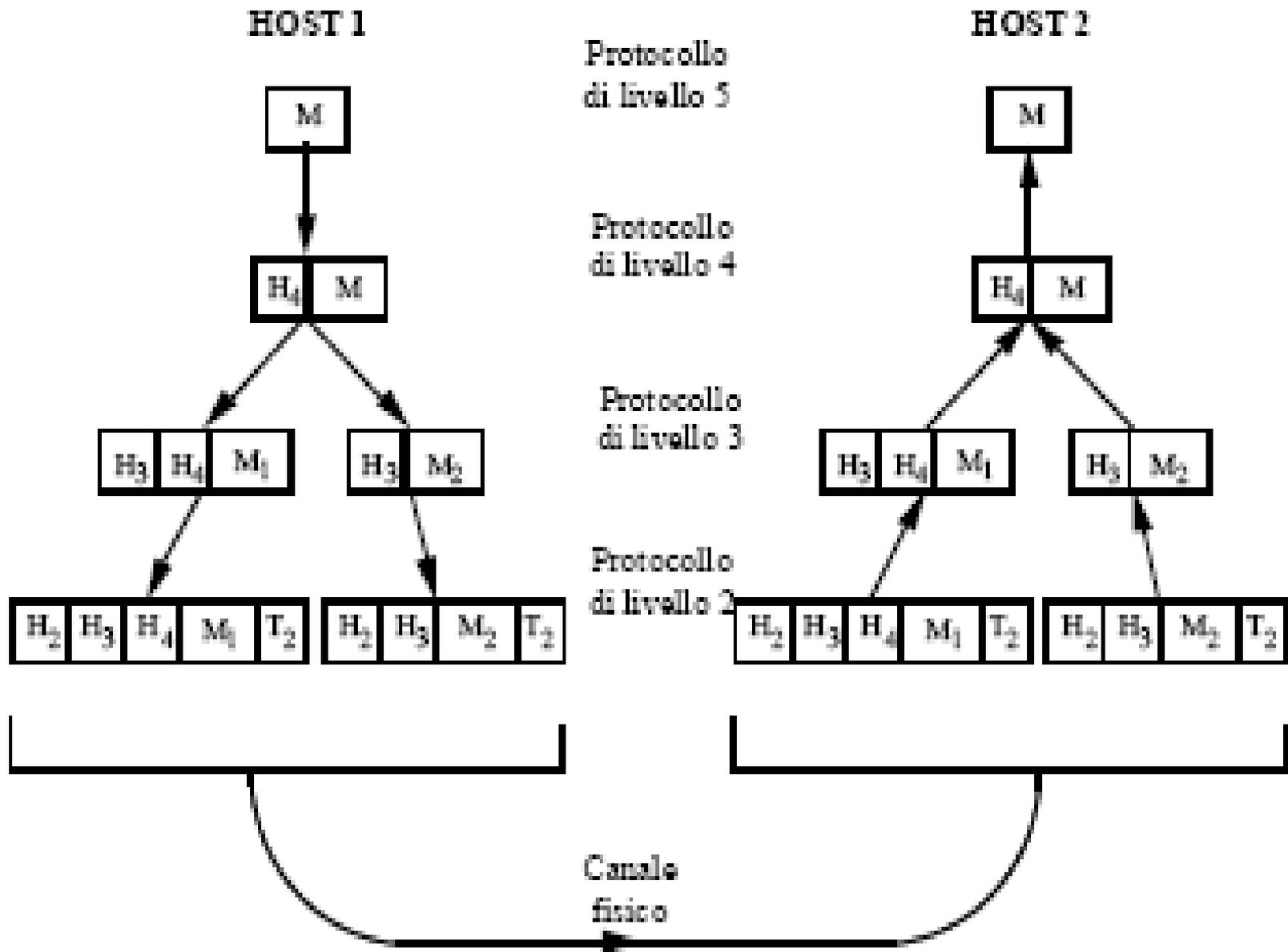


Il flusso dell'informazione (1)

- 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



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

Modelli architetturali

Modello OSI e architettura TCP/IP

Architetture a livelli

- Consideriamo i due principali standard architetturali
 - De iure: il modello ISO/OSI
 - De facto: l'architettura 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
 - Si propone come riferimento per la realizzazione di architetture vere e proprie
- 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



- Consiste di sette livelli

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

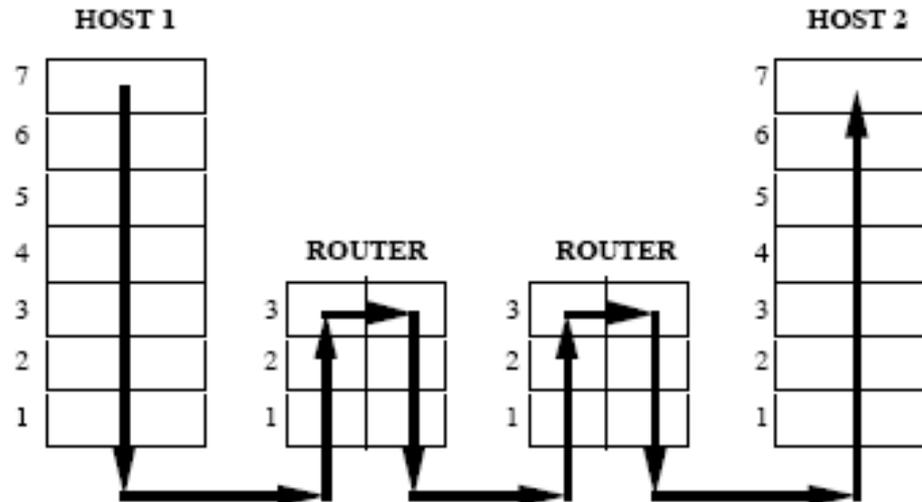
- Deve far sì che un mezzo fisico trasmissivo appaia, al livello superiore, come una linea di trasmissione esente da errori (di trasmissione) non rilevati
- Spezzetta i dati provenienti dal livello superiore in frame (da qualche centinaio a qualche migliaio di byte)
- Invia i frame in sequenza
- Aspetta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

Livello network

- Controlla il funzionamento della *subnet* (in una WAN):
- 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: evitare che a un router arrivino troppi pacchetti**
 - **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

Architettura del modello OSI

- I router (intermediari della comunicazione) per svolgere il loro compito di instradatori accedono alle informazioni dei messaggi a livello «network»
 - Ad esempio: per estrarre l'indirizzo dell'host destinatario



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:
 - Gli intermediari utilizzano solo protocolli di livelli inferiori

Livello trasporto (2)

- Compiti:
 - Consentire comunicazioni basate su CONNESSIONI
 - Una connessione fornisce la possibilità di scambiarsi una sequenza di messaggi facenti parte di una unica «conversazione» (come in una conversazione telefonica)
 - 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

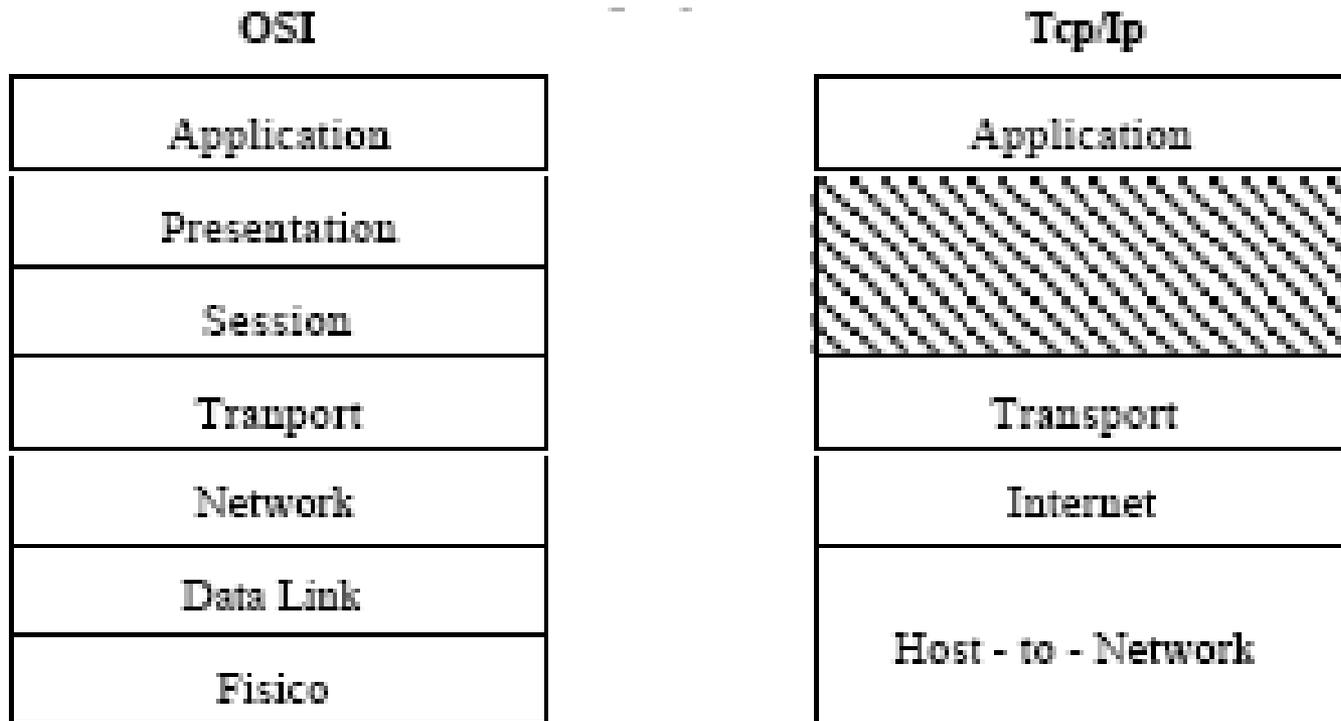
I tre livelli superiori del modello OSI sono specificati in maniera piuttosto generale e spesso, nella pratica, vengono realizzati in un unico livello

- **Session**: Ha a che fare con funzionalità di connessione più raffinate di quelle offerte a livello trasporto
- **Presentation**: Funzioni legate alla specifica della sintassi e semantica delle informazioni da trasferire. Es.: funzioni di *conversione* dei formati dei dati trasmessi (caratteri, interi) da rappresentazioni specifiche delle varie piattaforme hardware di partenza in una rappresentazione standard da usare durante la trasmissione.
- **Application**: Prevede che qui risieda tutta la varietà di protocolli che sono necessari per offrire i vari servizi agli utenti, quali ad esempio:
 - **Trasferimento file**
 - **Posta elettronica**
 - **Web**

Architettura TCP/IP

- Per integrare reti di tipo eterogeneo (Internet), si cominciò ad usare una nuova architettura, mirata fin dall'inizio a consentire l'interconnessione di molteplici reti
- L'architettura divenne, più tardi, nota coi nomi di Internet Protocol Suite o architettura TCP/IP.
- Requisito principale che ha guidato lo sviluppo dell'architettura TCP/IP:
 - Affidabilità e tolleranza ai guasti (in una rete vasta ed eterogenea non ci si può fidare del corretto funzionamento degli intermediari)

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 cablate: ***Ethernet***
 - Protocollo per connessioni LAN wireless: ***802.11***
 - Protocollo per connessioni via modem: ***PPP***

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. Un giorno forse 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** (garantisce che i messaggi arrivino a destinazione). 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 (per l'affidabilità)
 - ***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

- **TRASFERIMENTO DI FILE**
 - possibilità di trasferire file tra nodi diversi (protocollo FTP)
- **EMAIL**
 - Protocolli SMTP, POP3, IMAP4
- **WEB**
 - Protocollo HTTP
- **TERMINALE REMOTO**
 - utilizzo di un computer da remoto come se vi si fosse davanti (es. remote desktop)

Livello application

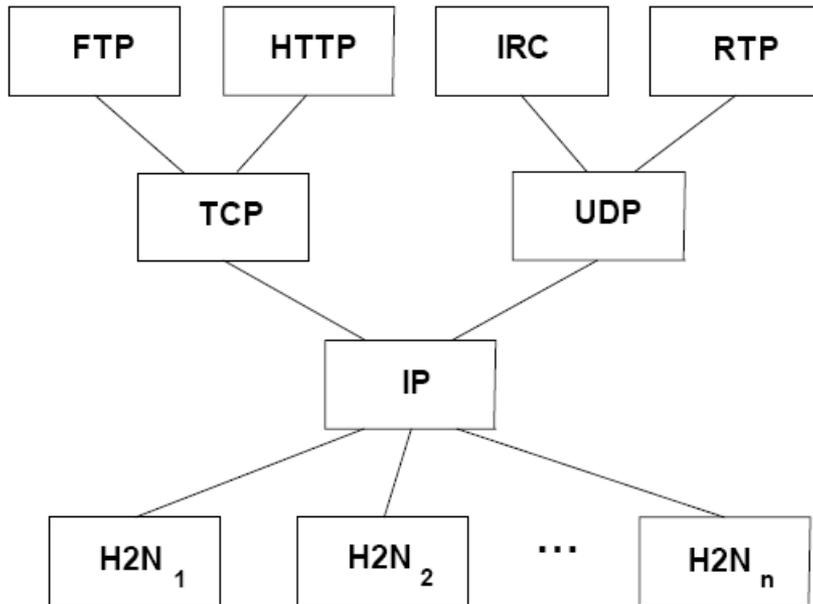
- **Il livello application utilizza il livello di trasporto per la comunicazione tra processi in esecuzione su host diversi per realizzare applicazioni di rete**
- **Le applicazioni di rete **non** sono la stessa cosa dei protocolli applicativi**
 - Le applicazioni sono rappresentate dai programmi
 - I protocolli applicativi sono protocolli (regole + formato messaggi) specifici per ogni applicazione

Protocolli e applicazioni di rete

- **Tipicamente, ciascuna applicazione di rete definisce un nuovo protocollo di livello applicativo**
- **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

- Riassumendo:
 - il protocollo IP svolge la funzione della «lingua franca» parlata da tutte le (diverse) sottoreti
 - I protocolli di livello trasporto forniscono servizi essenziali (es. affidabilità e connessioni)
 - Ogni applicazione definisce i propri protocolli specifici di livello più alto



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