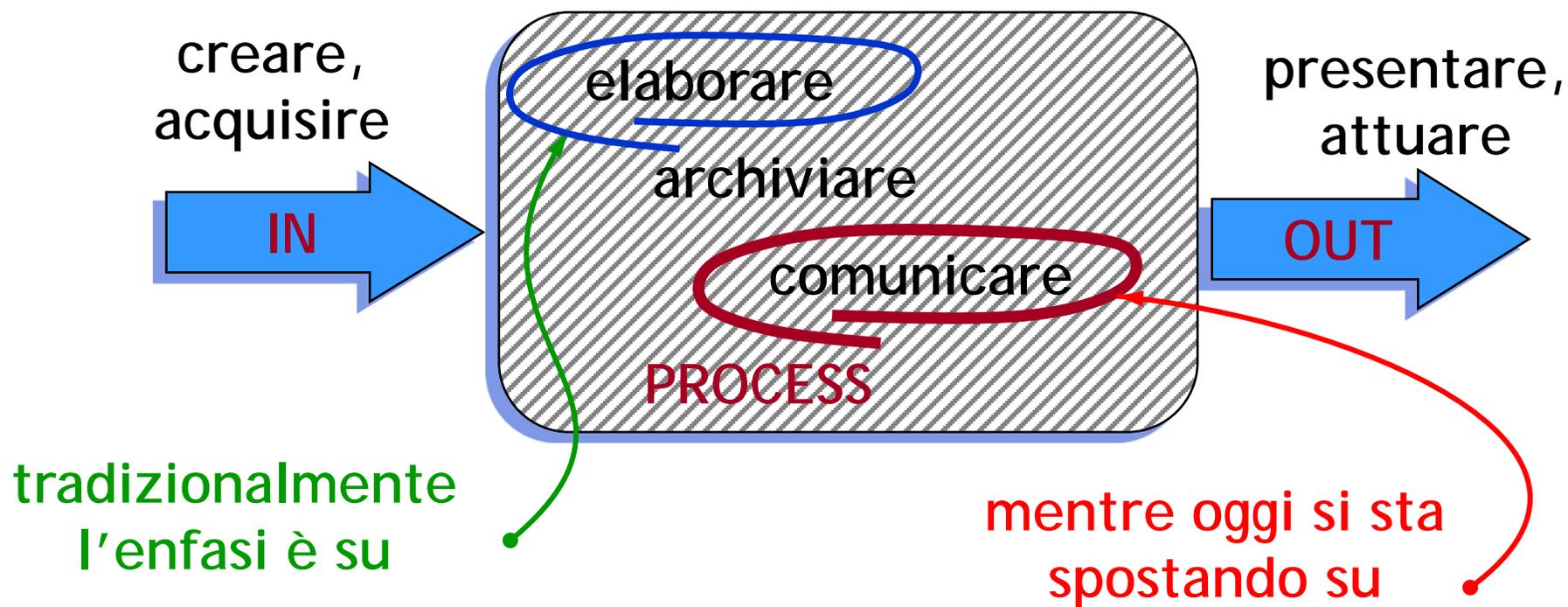


Le infrastrutture di rete

Gestire informazione



tradizionalmente
l'enfasi è su

mentre oggi si sta
spostando su

... cioè sull'interconnessione in
rete dei sistemi di elaborazione ...

Reti di calcolatori vs Sistemi distribuiti

➤ Rete di calcolatori

- insieme di calcolatori autonomi tra loro collegati mediante una rete di comunicazione;
- gli utenti sono in grado di interagire in modo esplicito con la rete (e in alcuni casi sono tenuti a farlo);
- i calcolatori connessi alla rete mantengono un certo grado di indipendenza: in caso di guasto o indisponibilità della rete ogni calcolatore continua a funzionare individualmente.

➤ Sistemi distribuiti

- gli utenti non hanno visibilità sull'architettura del sistema;
- il sistema si presenta come un sistema omogeneo, progettato per eseguire un'applicazione particolare (e.g. Bancomat)

- In effetti, si dovrebbe parlare di applicazioni distribuite piuttosto che di sistemi distribuiti.

Perché una rete?

➤ **Condividere risorse**

- utilizzo razionale di dispositivi costosi
- modularità della struttura
- affidabilità e disponibilità

➤ **Comunicare tra utenti**

- scambio informazioni
- collaborazione a distanza

Perché una rete?

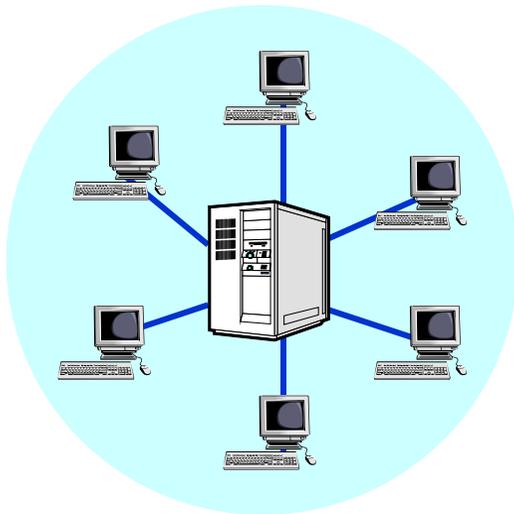
	Condivisione di risorse fisiche	Condivisione di risorse informative
Reti di dimensioni medio-piccole (ufficio, edificio, ...)		
Reti di dimensioni medio-grosse (regione, azienda, ...)		

Evoluzione dei sistemi informativi

- **Da organizzazione centralizzata ...**
 - tanti “terminali” collegati allo stesso calcolatore (in genere un mainframe);
- **... a organizzazione distribuita ...**
 - tanti PC collegati tra di loro;
 - la rete di collegamento tra i PC è il mezzo principale per condividere le informazioni e le risorse
- **... attraverso operazioni di **downsizing** (= riduzione delle dimensioni) ...**
 - crescita e diffusione delle reti sono state assai disomogenee:
 - in ogni sede o edificio dell'azienda si è dapprima realizzata una rete locale che servisse alle proprie esigenze;
 - poi si è rivelato necessario collegare le diverse sedi mediante una rete geografica;
- **... e di **internetworking** (=collegamento di reti diverse)**
 - evoluzione **bottom-up** della rete aziendale:
 - integrazione delle diverse reti locali;
 - interesse verso l'organizzare di reti di calcolatori aziendali **multiprotocollo**.

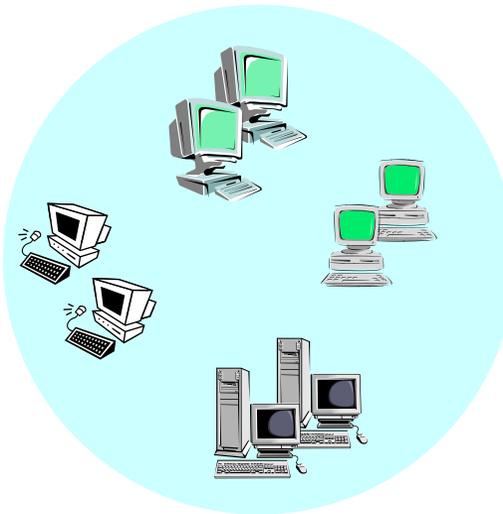
La struttura dei sistemi informatici come metafora dell'organizzazione dei sistemi informativi

Mainframe terminali



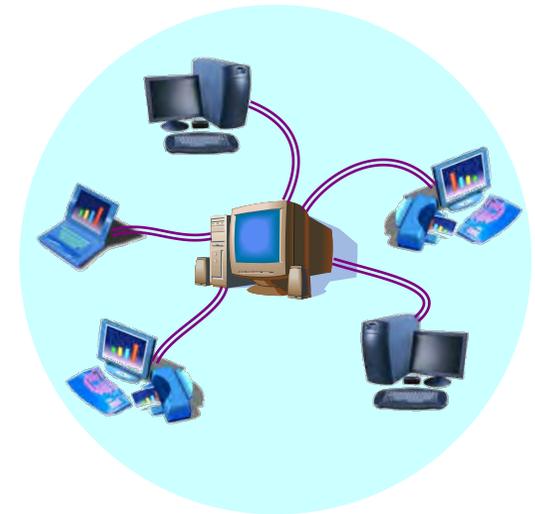
Informazione centralizzata

PC stand alone



Informazione "sparpagliata"

Rete di PC



Informazione distribuita e coordinata

Tassonomia delle reti:

1. la tecnologia di comunicazione

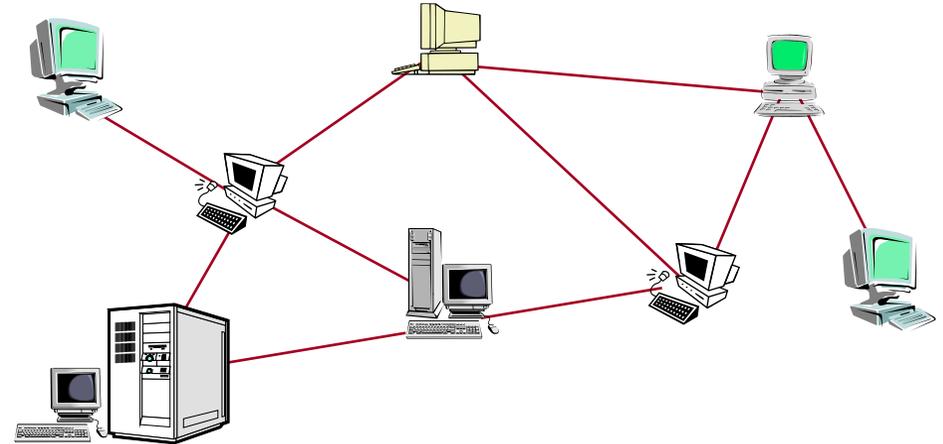
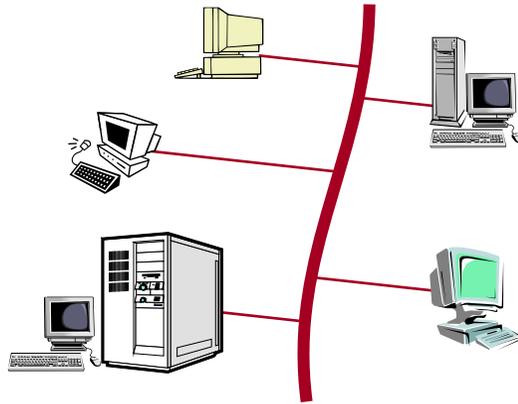
➤ Reti broadcast (multipunto)

- canali di trasmissione condivisi da tutti i calcolatori della rete
- ogni calcolatore deve essere associato un identificatore univoco (indirizzo di rete), associato al dispositivo fisico utilizzato per connettersi alla rete,
- un messaggio inviato “sulla rete” raggiunge tutti i calcolatori della rete, ma solo il calcolatore il cui indirizzo corrisponde a quello presente nel messaggio lo tratterrà per elaborarlo.

➤ Reti punto a punto

- più connessioni individuali tra coppie di calcolatori;
- comunicazione tra due calcolatori

Tecnologia di comunicazione



MULTIPUNTO

PUNTO-A-PUNTO

la linea comune

**SI ENTRA NELLA RETE
CONNETTENDOSI A**

un nodo già connesso

riconfigurabilità

VANTAGGIO PRINCIPALE

estendibilità

condivisione della linea

PROBLEMA PRINCIPALE

instradamento

totalmente
controllabile

**SOLUZIONE ADATTA
QUANDO LA RETE È**

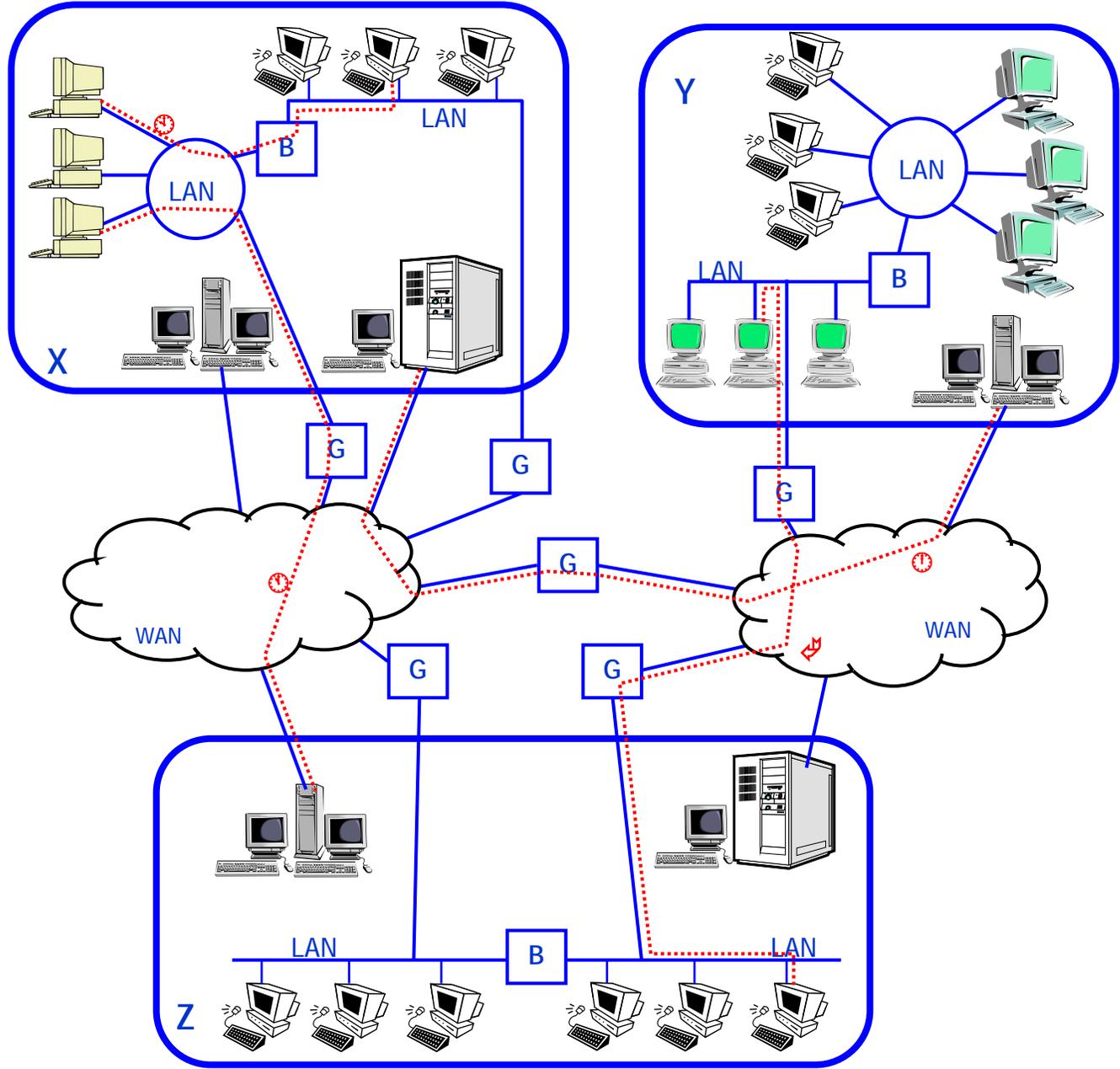
controllabile
solo localmente

Tassonomia delle reti:

2. la dimensione delle reti

- **Reti locali (Local Area Network, LAN)**
 - di limitata estensione
 - collegano dispositivi collocati nello stesso edificio o in edifici adiacenti.
- **Reti metropolitane (Metropolitan Area Network, MAN)**
 - collegano di dispositivi collocati nella stessa area urbana.
- **Reti geografiche (Wide Area Network, WAN)**
 - collegano di dispositivi diffusi in un'ampia area geografica (nazione, continente, ...);
- **"Reti di reti" (Internetwork),**
 - collegamento più reti differenti (in termini sia hardware che software) mediante opportuni elementi di interfaccia, che si possono estendere su tutto il pianeta (e.g. Internet).

Interconnessione di reti



Servizi vs. velocità

➤ **bassissima velocità**

- telemetria, telecontrollo, teleallarmi;

➤ **bassa velocità**

- fonia, fax, POS (point of sale), transazioni remote (come prenotazione di tratte aeree, connessioni remote con calcolatori, ...);

➤ **media velocità**

- audio Hi-Fi, video a bassa velocità, fax a elevata risoluzione;

➤ **alta velocità**

- interconnessione di reti di calcolatori, trasferimento di file;

➤ **altissima velocità**

- distribuzione di segnali video, video on demand, TV ad alta definizione (HDTV), videoconferenze, videoteche.

I mezzi di trasmissione

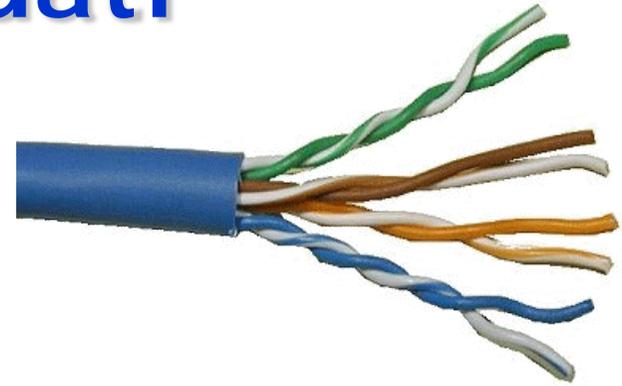
- Qual è il mezzo fisico utilizzato per realizzare il canale di trasmissione?
 - mezzi guidati
 - linee fisiche che portano il segnale fino al ricevitore,
 - supportano la trasmissione di segnali elettrici oppure ottici,
 - segnali elettrici: doppino telefonico o cavo coassiale;
 - segnali ottici: fibre ottiche.
 - mezzi non guidati
 - irradiazione di segnali elettromagnetici nello spazio, in modo più o meno diretto;
 - antenne, satelliti, infrarossi, ...

Cosa influenza la trasmissione?

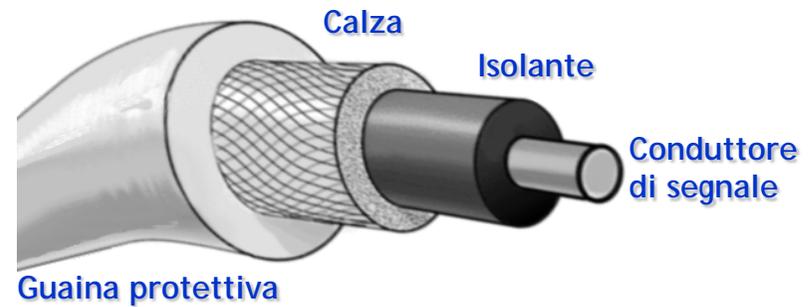
- La **capacità del canale** (chiamata anche larghezza di banda)
- Il grado di **attenuazione del segnale**
- Le **interferenze tra segnali**
- Il **numero di ricevitori**

Mezzi guidati

Doppino telefonico

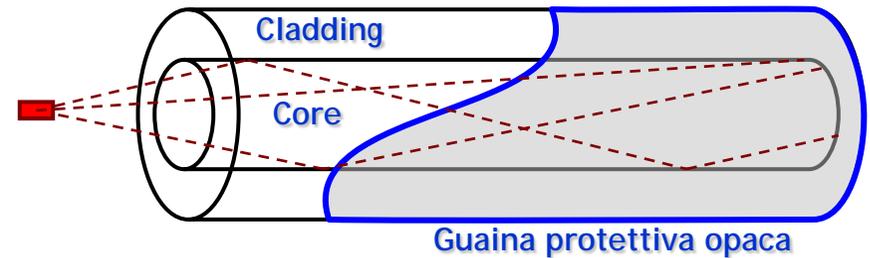


Cavo coassiale



Fibra ottica

Fonte di emissione luminosa (laser)



Mezzi guidati

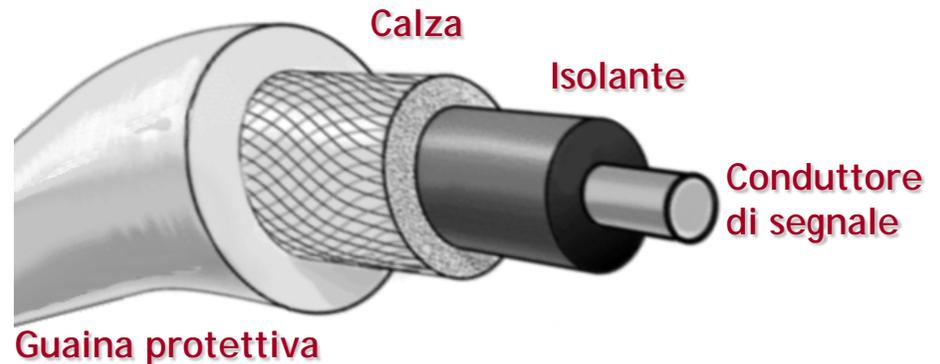
Mezzo di trasmissione	Velocità di trasmissione	Larghezza di banda	Distanza tra ripetitori
Doppino telefonico	1-200 Mbps	3 MHz	100 m (200 Mbps) < 5 km (1 Mbps)
Cavo coassiale	500 Mbps	350 MHz	1-5 km
Fibra ottica	10 Gbit/s	2 GHz	10-1000 km

Doppino telefonico

- È costituito da due o più coppie di fili di rame, singolarmente ricoperti di materiale isolante, intrecciati uno intorno all'altro per ridurre le interferenze elettromagnetiche (da qui il suo nome inglese, *twisted pair*) e isolati da una guaina.
- È il mezzo di trasmissione meno costoso e più utilizzato per segnali sia analogici che digitali.
- Esistono diverse tipologie di doppi UTP (*Unshielded Twisted Pair*), identificate in classi di qualità crescente.

Cavo coassiale

- **I cavi coassiali sono costituiti da**
 - un corpo centrale conduttore, in cui si propaga il segnale da trasmettere,
 - una protezione isolante
 - una rete di sottili fili metallici (chiamata *calza*) che realizza una schermatura del conduttore dalle interferenze esterne
 - una guaina protettiva esterna
- **Due tipi di cavi coassiali**
 - Thin
 - larghezza di banda da 10 Mbps
 - ~3 mm di diametro
 - Thick
 - larghezza di banda fino a 200 Mbps
 - ~15 mm di diametro
- **I cavi coassiali sono principalmente utilizzati nella distribuzione televisiva (TV via cavo), nelle reti telefoniche per trasmissioni a lunga distanza e nelle reti di calcolatori.**
- **La diffusione dei doppianti ad alte prestazioni e la riduzione dei costi delle fibre ottiche ha praticamente eliminato i cavi coassiali.**



Fibre ottiche

- **Un cavo in fibra ottica è costituito da**
 - un conduttore centrale (*core*) di dimensioni molto sottili,
 - un rivestimento (*cladding*), con indice di rifrazione minore del core,
 - una guaina opaca
- **La trasmissione avviene in base al principio di riflessione totale: la differenza negli indici di rifrazione tra cladding e core mantiene la luce confinata all'interno del core.**
- **Caratteristiche uniche**
 - larghezza di banda molto elevata,
 - ridotta attenuazione del segnale,
 - immunità alle interferenze elettromagnetiche.
- **Le fibre ottiche sono utilizzate nelle telecomunicazioni, in particolare sulle lunghe distanze, e la loro applicazione sta crescendo anche nei collegamenti metropolitani e nelle reti locali.**
- **Svantaggi**
 - Raggio di curvatura limitato
 - Necessità di conversione ottica/elettrica nei punti di collegamento

Mezzi non guidati

- **I segnali vengono trasmessi e ricevuti mediante antenne**
 - l'antenna del trasmettitore irradia nello spazio onde elettromagnetiche, che l'antenna ricevente capta
 - può essere direzionale (punto-a-punto) o non direzionale (multipunto).
- **Lo spettro di frequenze utilizzato nelle trasmissioni non guidate può essere suddiviso in tre intervalli:**
 - [30 MHz, 1 GHz]
 - adatto alle trasmissioni non direzionali
 - le trasmissioni cellulari utilizzano 900 Mhz e 1800 Mhz;
 - [2 GHz, 40 GHz] (microonde)
 - trasmissioni direzionali, punto-a-punto,
 - utilizzato anche per le comunicazioni via satellite (multipunto);
 - [300 GHz, 200 THz] (infrarossi)
 - trasmettitore e ricevitore devono essere visibili l'uno all'altro;
 - molto importante in applicazioni locali punto-a-punto e multipunto in aree limitate.

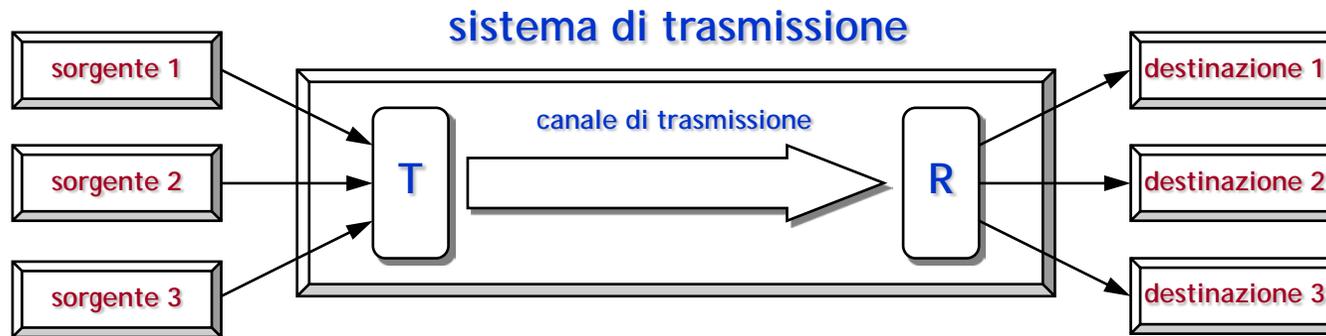
Rete di telefonia mobile

- **GSM (*Global System for Mobile communications*)**
 - area di copertura suddivisa in “cellule” le cui dimensioni variano da poco meno di 1 km fino a 80 km
 - velocità di trasmissione massima teorica di circa 10 Kbit/s
- **GPRS (*General Packet Radio Service*)**
 - velocità media dell'ordine dei 50 Kbit/s
 - trasmissione basata sulla commutazione di pacchetto.
- **UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*).**
 - rappresenta la terza generazione di tecnologie mobili (3G)
 - combina due tecnologie trasmissive: FDD (*Frequency Duplex Division*) e TDD (*Time Duplex Division*);
 - ha una copertura a due livelli: una macrocella FDD con una velocità di trasmissione pari a 384 Kbit/s e una microcella TDD con connettività pari a 2 Mbit/s;
 - la rete di accesso di UMTS si chiama UTRA (*UMTS Terrestrial Radio Access*) e utilizza la tecnica trasmissiva chiamata CDMA (*Code Division Multiple Access*).

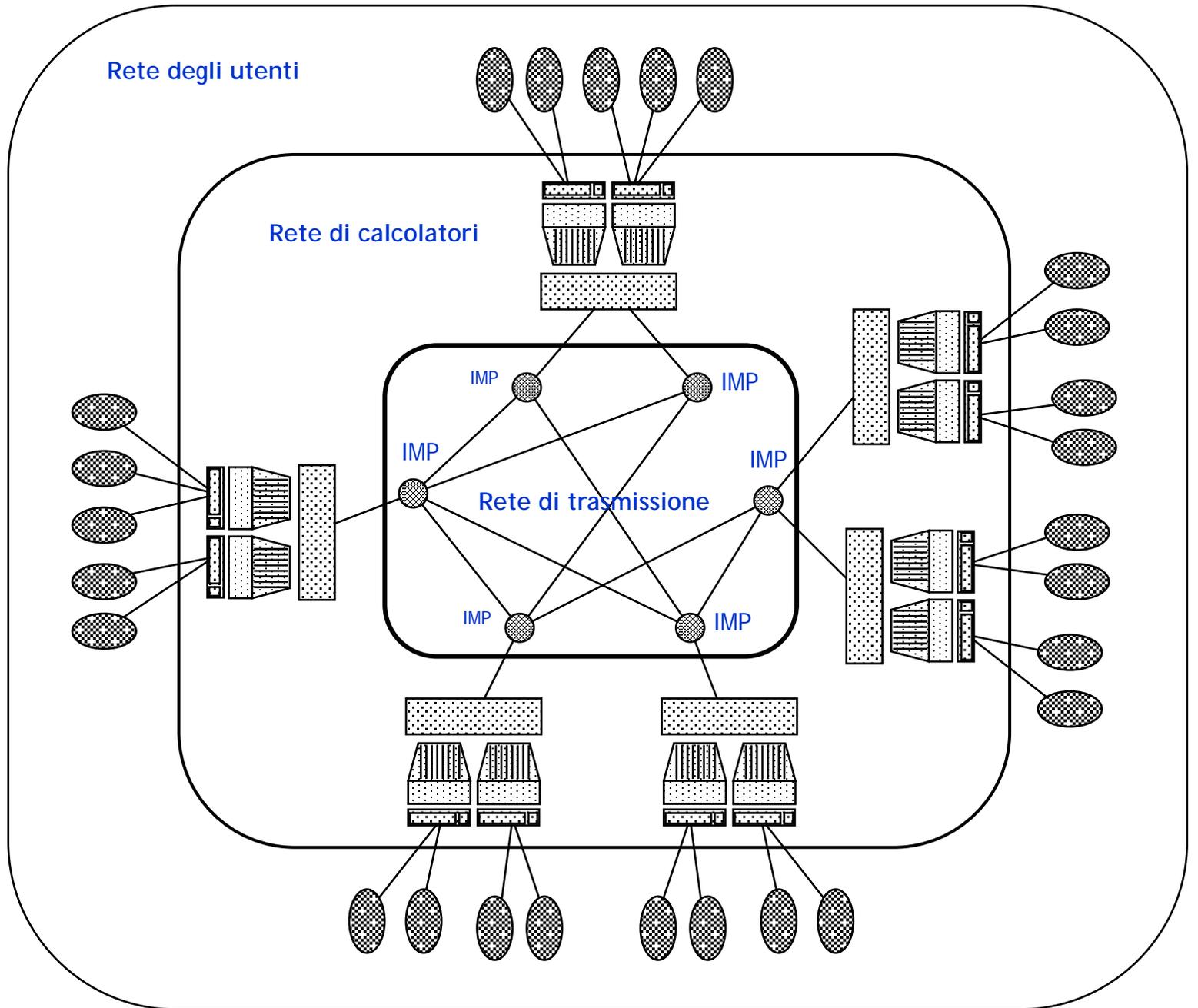
Trasmissione sincrona/asincrona

- **Trasmittitore e ricevitore debbono cooperare:**
 - i dati vengono tipicamente trasmessi un bit per volta lungo il canale (trasmissione seriale)
 - la temporizzazione di questi bit deve essere la stessa tra trasmettitore e ricevitore
- **Trasmissione **sincrona**:**
 - trasmettitore e ricevitore devono avere orologi sincronizzati per gestire la temporizzazione dei bit trasmessi;
 - l'informazione di sincronizzazione può essere contenuta nei dati mediante speciali codifiche.
- **Trasmissione **asincrona**:**
 - trasmissioni di breve durata, un carattere per volta (da 5 a 8 bit),
 - il ricevitore deve risincronizzarsi all'inizio di ogni nuovo carattere (segnalato mediante un bit di **start**),
 - la fine di un carattere è poi segnalata da un altro bit di controllo, il bit di **stop**.
- **Direzione della trasmissione**
 - **Simplex**: solo in una direzione (solo da A verso B)
 - **Full duplex**: contemporaneamente in entrambe le direzioni (da A a B e da B ad A contemporaneamente)
 - **Half duplex**: in entrambe le direzioni, ma non contemporaneamente (da A a B xor da B ad A)

Condivisione di un canale (*multiplexing*)

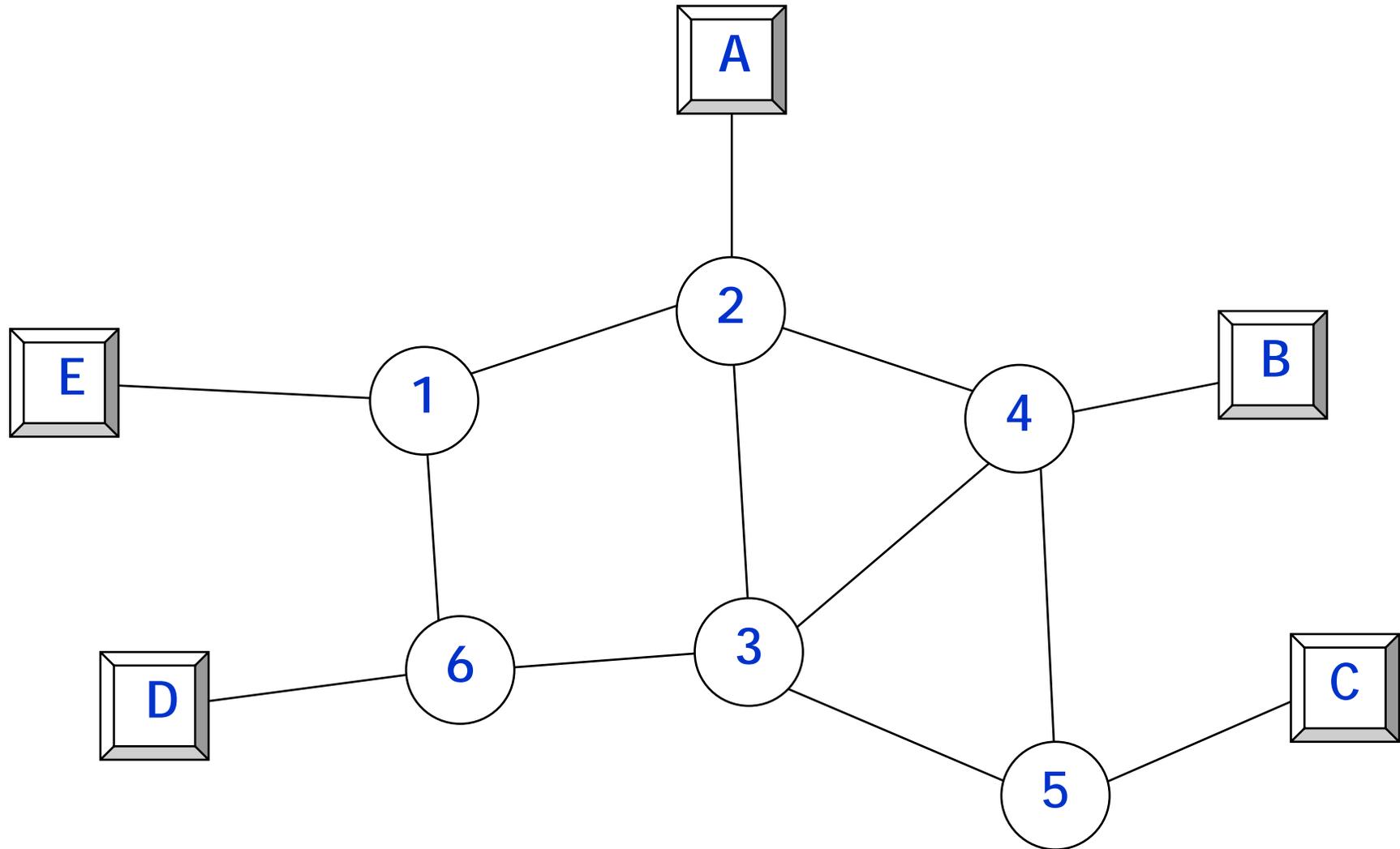


Reti Geografiche (WAN)

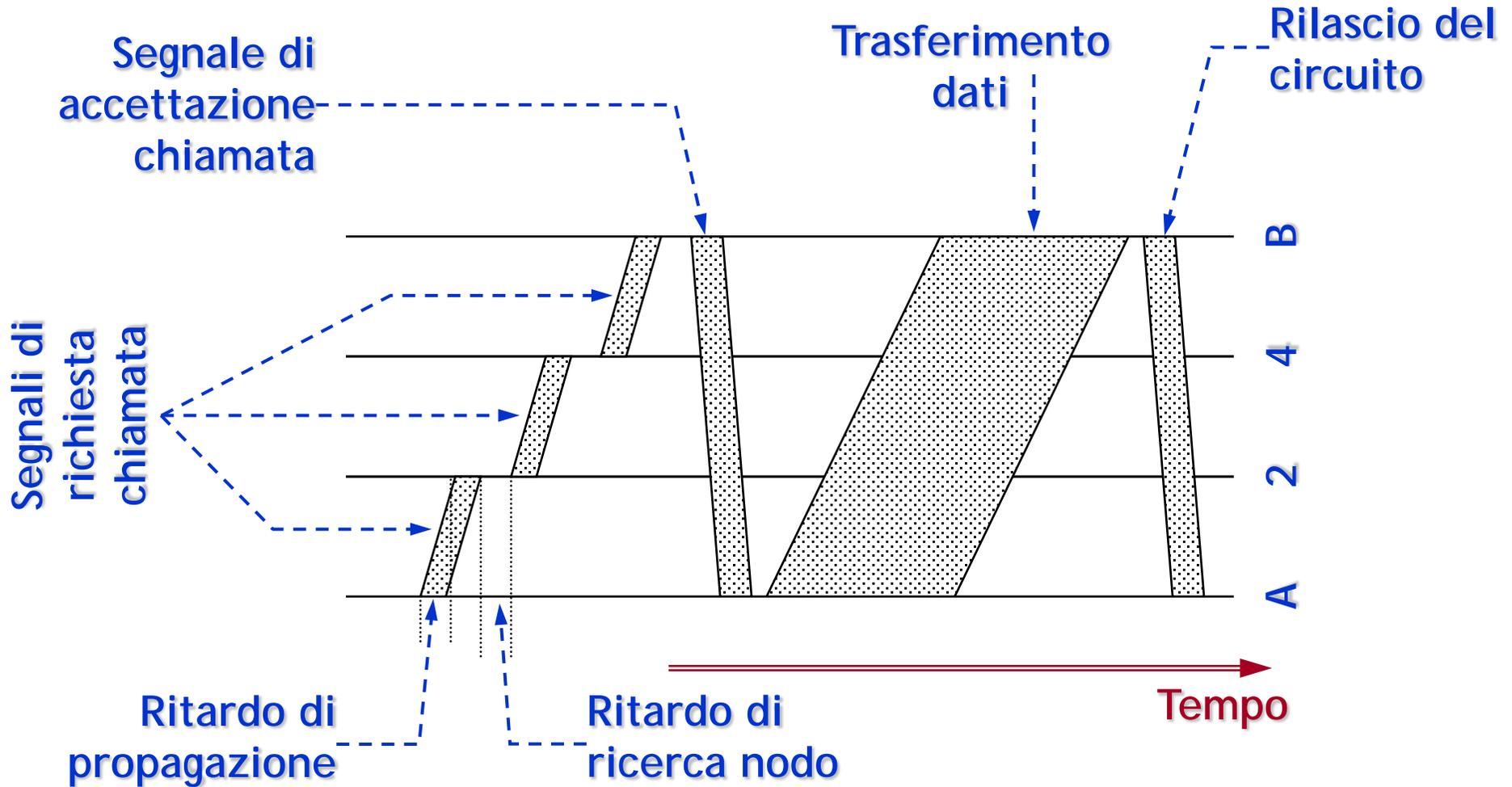


IMP=Interface Message Processor

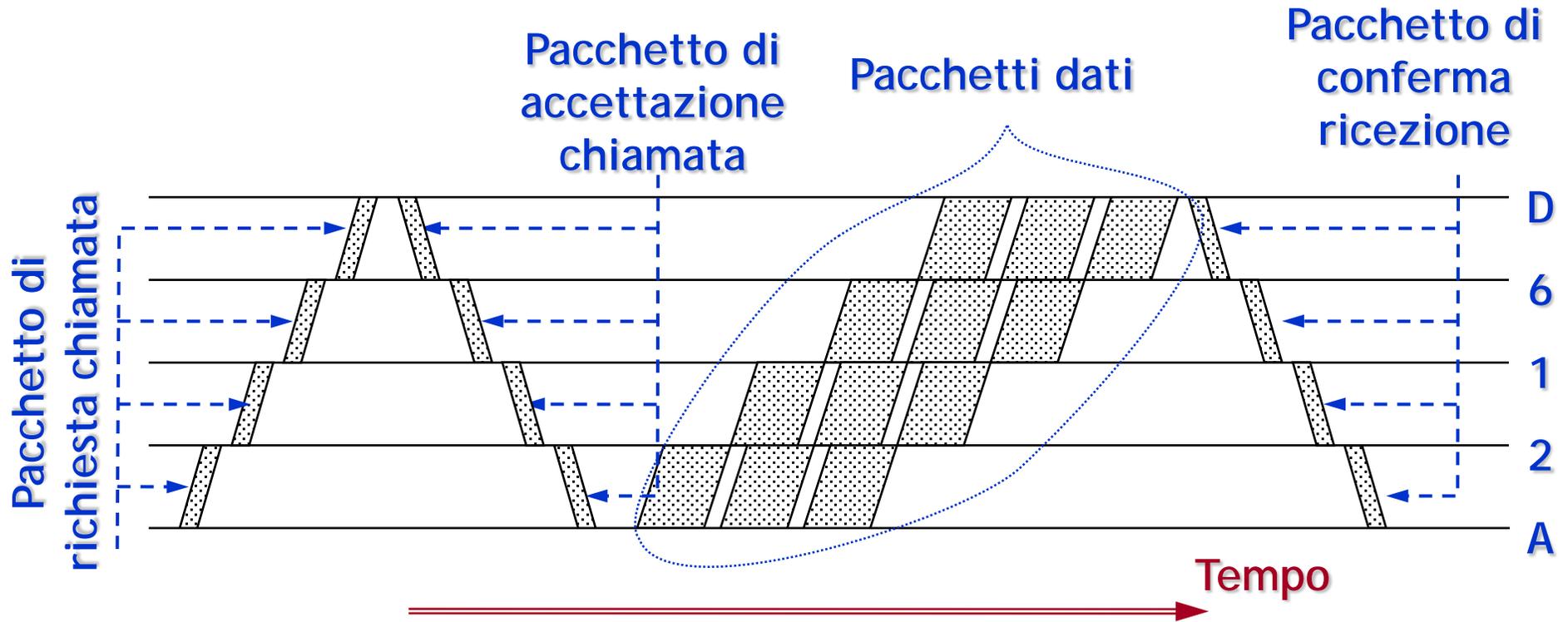
Rete commutata e instradamento



Commutazione di circuito



Commutazione di pacchetto



Datagrammi vs. circuiti virtuali

➤ Datagrammi

- i pacchetti vengono trattati in modo indipendente l'uno dall'altro (ogni pacchetto può seguire un cammino differente)
- non è garantito l'ordine di arrivo (il nodo di destinazione ricomporrà il messaggio in base al numero progressivo contenuto all'interno del pacchetto)
- se un pacchetto si perde nella rete il destinatario deve gestirne la richiesta dell'eventuale ritrasmissione.

➤ Circuito virtuale

- prima della spedizione dei pacchetti si stabilisce un percorso tra sorgente e destinazione (circuito virtuale)
- ogni pacchetto contiene, oltre ai dati, un identificatore del circuito virtuale associato
- i nodi intermedi non devono prendere alcuna decisione di instradamento sui singoli pacchetti, poiché tale decisione viene presa una volta per tutte definendo il circuito virtuale.

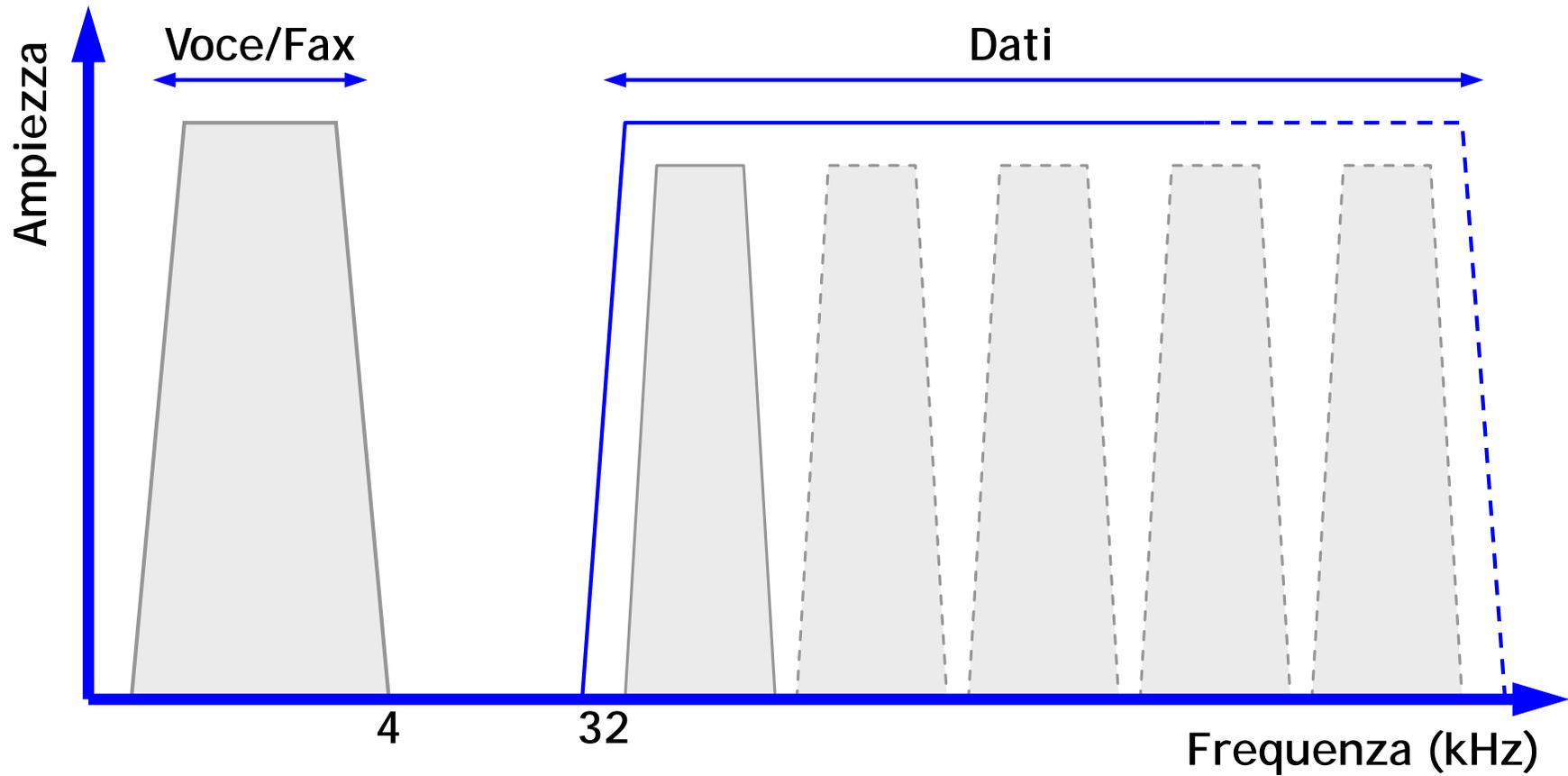
Integrated Services Digital Network - ISDN

- **Linea analogica sostituita da **linea digitale****
 - in realtà non viene sostituita la linea, ma solo le **attrezzature alle due estremità**.
 - **Uso domestico**: **due canali** digitali indipendenti, ognuno da 64'000 bit/sec, e un canale di segnalazione da 16'000 bit/sec (per un totale di **144'000 bps**)
 - **Uso commerciale**: 30 canali per uso commerciale.
- **Caratteristiche**
 - tempo di **setup** della connessione praticamente nullo (1 s);
 - non serve più un modem analogico (**connessione digitale-digitale**);
 - è molto più **affidabile** (meno errori) di una linea analogica.

Asymmetric Digital Subscriber Line - ADSL

- Funziona sul **doppino telefonico** tradizionale
- Usa tre canali (in frequenza) diversi sulla stessa linea
 1. Plain Old Telephone System (POTS)
 2. Upstream (64-640KBps)
 3. Downstream (1.5-6.1MBps)
- Appartiene alla famiglia di protocolli **xDSL**
 - Diverse velocità di download (fino a 52Mbit/s) e upload (da 64Kbit/s a più di 2Mbit/s)
 - Altre varianti **xDSL**
 - high-bit rate (**HDSL**)
 - single-line (**SDSL**)
 - very-high-data-rate (**VHDSL**).

Asymmetric Digital Subscriber Line - ADSL



WiMAX

- **Rete geografica wireless**
- **Worldwide Interoperability for Microwave Access**
- **Basata su IEEE 802.16 (Wireless MAN)**
 - Raggio di copertura di una stazione: decine di km
 - Velocità di trasmissione: 1-5 Mbps (per ora)
 - Coperti anche mezzi in movimento fino a 160 km/h
 - In Italia sottoposto a licenza
 - Inteso per dorsali wireless che connettano LAN wireless
 - Utilizzabile anche per LAN a lungo raggio

Modem

/1

- Connessione di calcolatori attraverso la rete telefonica (**analogica**).
- Velocità crescenti dal 1980 in poi
 - V.22bis, V.32 & V.32bis furono i primi standard per velocità di 2.4, 9.6 e 14.4Kbit/s.
 - V.34 (1994) supporta 28.8Kbit/s e corrisponde al minimo livello attualmente accettato
 - V.34+ (1996) arriva a 33.6Kbit/s
 - V.90 arriva a 56Kbit/s downstream e a 33.6Kbit/s upstream.
 - downstream indica dal digitale all'analogico
 - upstream indica dall'analogico al digitale

Modem

/2

- La linea telefonica trasmette bene segnali tra 1000 e 2000 Hz ⇒ si usano come portanti (**carrier**).
- Modulazione del carrier per portare un segnale digitale
 - Modulazione di **ampiezza**
usa due voltaggi diversi per 0 e 1;
 - Modulazione di **frequenza** (**frequency shift keying**)
tensione costante, ma cambia la frequenza
 - Modulazione di **fase**
ampiezza e frequenza costanti, cambia la fase.
- Il numero di possibili cambiamenti di segnale al secondo si chiama **baud**.
 - È possibile **associare 2 o più bit a ogni segnale**, allora il **bit rate** è maggiore del **baud rate**.

Le reti locali

➤ **Caratteristiche generali:**

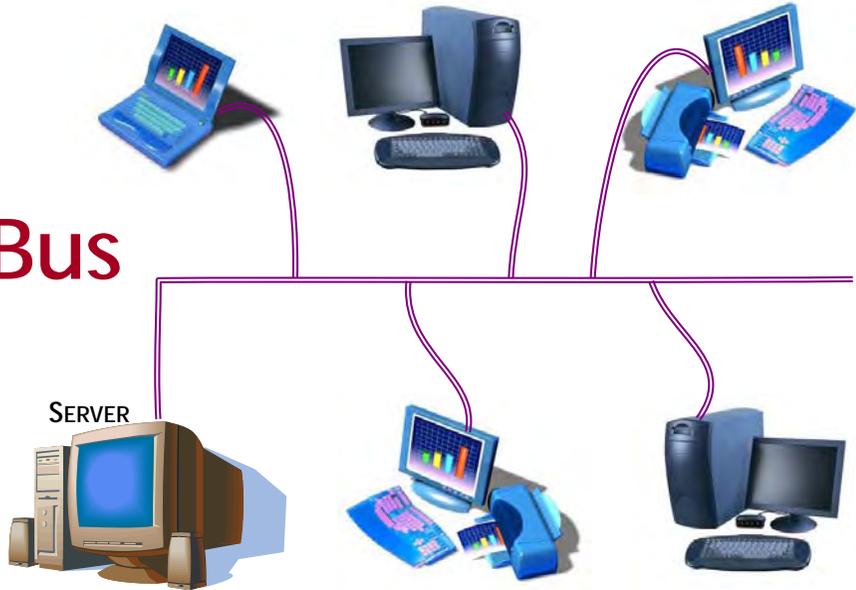
- ampia larghezza di banda;
- modularità e facilità di connessione;
- notevole affidabilità dell'intero sistema;
- espandibilità e flessibilità nella modifica delle dimensioni della rete;
- economicità;
- ogni stazione è collegata alla rete mediante un connettore (tap) agganciato alla scheda di interfaccia di rete (Network Interface Card, NIC)
 - esegue le operazioni di conversione dei segnali e implementa il metodo di accesso alla rete
 - a ogni scheda di rete è associato un indirizzo fisico univoco.

Le reti locali

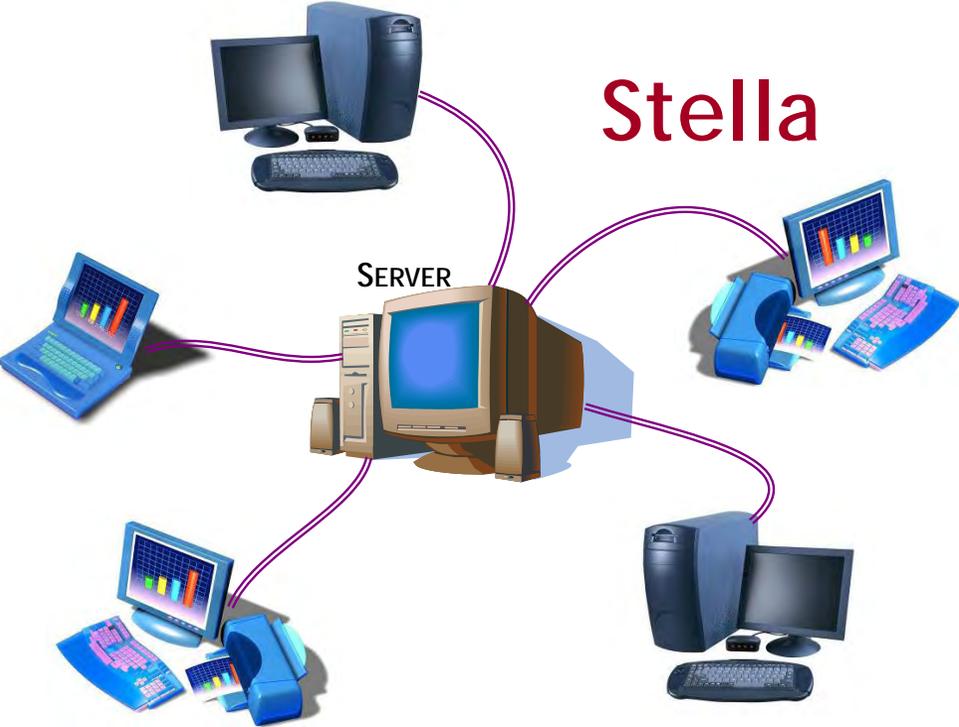
- **Differenze tra diverse tipologie di LAN:**
 - i mezzi di trasmissione utilizzati;
 - la topologia, ossia la configurazione fisica (anello, dorsale, stella e albero) e logica (anello, dorsale, albero) della rete;
 - i metodi di accesso ai mezzi trasmissivi, ossia le regole di accesso al mezzo che tutte le stazioni collegate devono rispettare;
 - l'architettura di rete;
 - i metodi di comunicazione, ovvero il software di rete.

Diverse topologie di rete locale

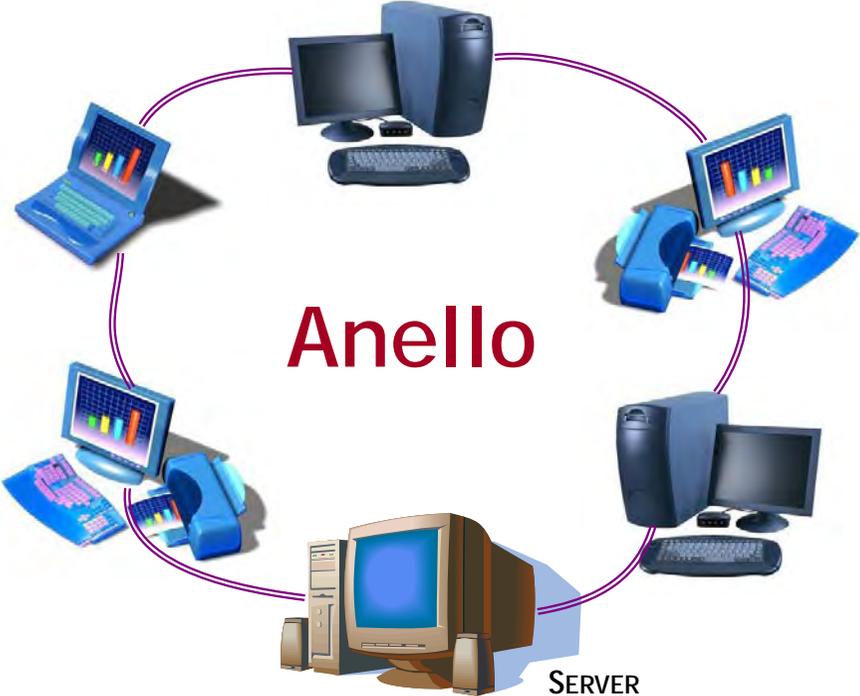
Bus



Stella

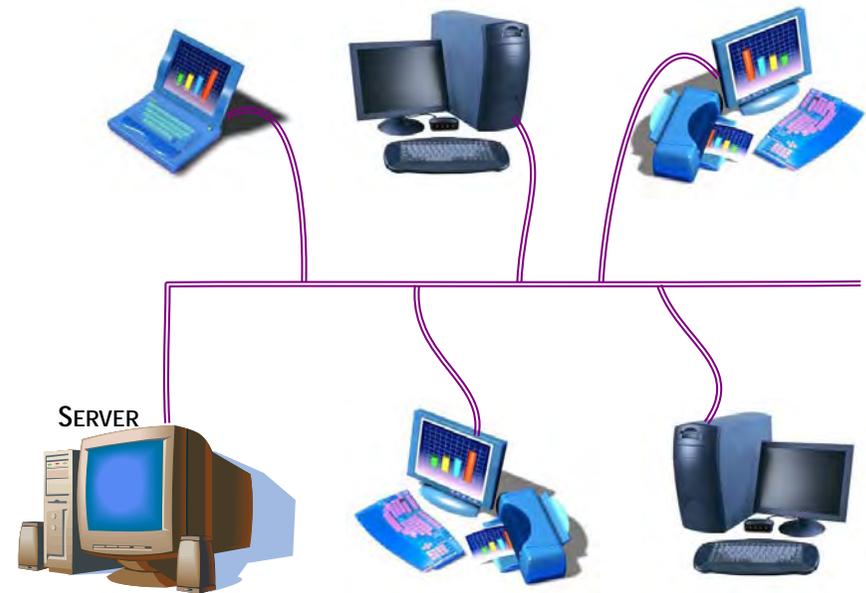


Anello



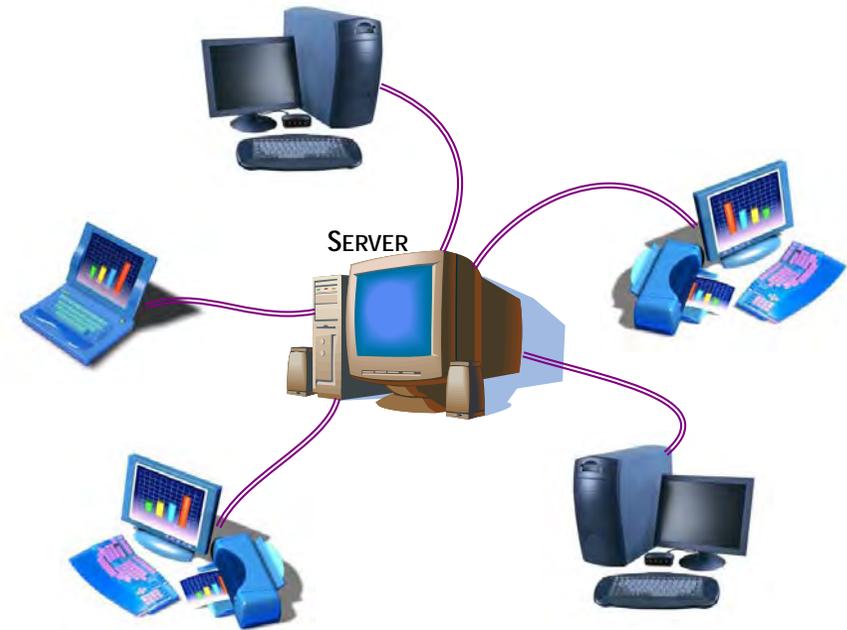
Topologia a bus

- Fu la prima a essere utilizzata nel progetto delle reti locali
- Richiede un mezzo trasmissivo intrinsecamente bidirezionale, con trasmissioni generalmente in banda base.
- **Vantaggi**
 - semplicità,
 - flessibilità,
 - bassi costi,
 - affidabilità
- **Svantaggio**
 - tutte le stazioni dipendono da un solo mezzo trasmissivo condiviso: le prestazioni possono divenire un fattore critico nel momento di traffico elevato.



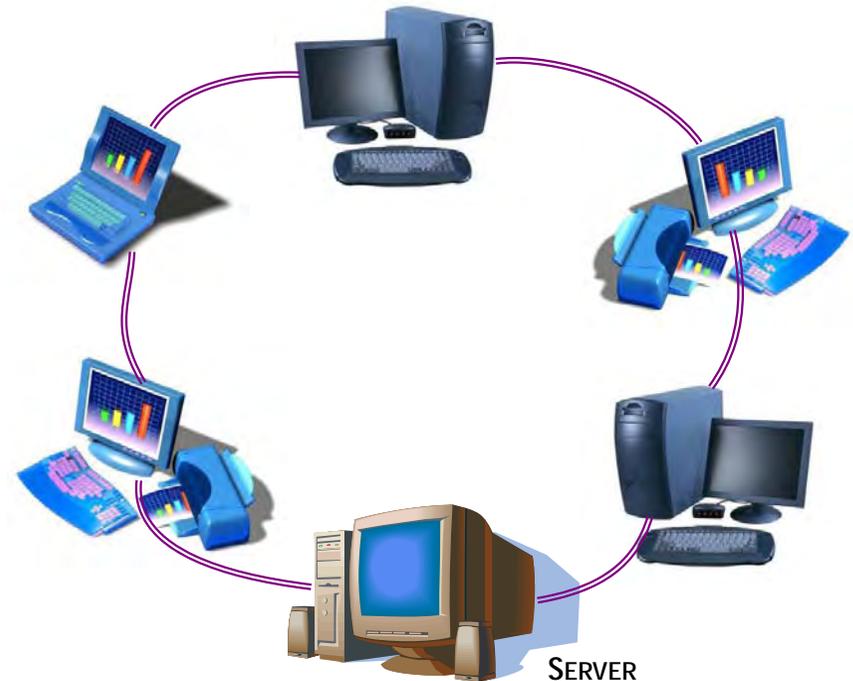
Topologia a stella

- Le connessioni, in genere punto-a-punto, fanno capo a un unico nodo centrale
- Consente un controllo centralizzato delle comunicazioni
- **Vantaggi:**
 - prestazioni elevate, grazie alle connessioni punto-a-punto dedicate
 - facilità di controllo centralizzato del server
 - semplicità del protocollo di comunicazione
- **Svantaggi:**
 - possibilità di sovraccarico in caso di traffico elevato, con possibile blocco delle comunicazioni,
 - lunghezza dei cavi richiesti
 - dipendenza dall'affidabilità del server, dato che un suo guasto blocca l'intera rete.
- **Oggi si usa una topologia "star-wired bus": tutte le postazioni sono collegate a un dispositivo centrale (HUB), che ritrasmette i dati ricevuti a tutte le postazioni di lavoro a esso collegate**
 - collegamenti realizzati mediante doppino telefonico
 - connettore RJ45.



Topologia ad anello

- Connessione circolare punto-a-punto tra tutte le stazioni collegate
- L'informazione transita in una direzione e viene ricevuta a turno da ogni stazione, che verifica se essa è la destinataria del messaggio: in caso negativo la stazione rigenera il segnale e lo trasmette alla stazione successiva.
- Un anello può estendersi su distanze elevate, grazie al fatto che ogni stazione rigenera il segnale prima di inviarlo alla stazione successiva, e i limiti di distanza riguardano in genere solo la distanza tra due stazioni adiacenti.
- Svantaggi:
 - limitata flessibilità
 - affidabilità della rete
 - Per ovviare a questo problema, si realizzano reti a doppio anello, con due collegamenti, uno per direzione, tra ogni coppia di stazioni, in modo che la rete mantenga la sua funzionalità anche in caso di guasto di una stazione.



Reti wireless (*Wi-Fi*)

- Operano in bande di frequenza che non necessitano di licenza (come invece avviene per la telefonia mobile e in particolare per le licenze UMTS), quindi senza costi di licenza per i fornitori di accesso
- sono basate sulla classe di protocolli standard IEEE 802.11 (a/b/g/...)
- Le reti Wi-Fi possono operare secondo due procedure base:
 - rete ad hoc,
 - centralizzata
- **Bluetooth**
 - sviluppato per connettere telefoni cellulari con altri dispositivi
 - poi esteso alle reti locali (PAN - Personal Area Network)
 - i prodotti che adottano lo standard Bluetooth hanno un minuscolo ricetrasmittitore a breve raggio, che opera sulla banda radio priva di licenza disponibile a livello mondiale, 2.45 GHz, e supporta velocità di trasferimento dati fino a 721 Kbps.

Metodi di accesso

➤ **Contesto:**

- trasmissioni broadcast che condividono un unico canale di trasmissione
- è necessario verificare che il canale sia effettivamente libero prima di effettuare una trasmissione
- è necessario risolvere conflitti tra più stazioni che vogliono accedere contemporaneamente alla risorsa.

➤ **Metodo di accesso**

- algoritmo che ogni stazione utilizza per accedere al canale di trasmissione e ottenere il diritto a trasmettere

➤ **Tecniche a contesa**

- Accesso in modo casuale
- Se due o più stazioni cercano di trasmettere simultaneamente, il conflitto viene risolto secondo alcune regole di mediazione.
- Le prestazioni possono essere calcolate solo statisticamente, in relazione alla probabilità che all'inizio di una trasmissione non vi sia una contesa tra stazioni per l'accesso al canale.

➤ **Tecniche non a contesa**

- danno luogo a reti deterministiche, in cui ogni trasmissione avviene in un istante definito e sicuramente va a buon fine, dato che in quell'istante la stazione trasmittente è l'unica a possedere l'accesso al canale.
- Le prestazioni delle reti non a contesa possono quindi essere determinate con precisione, in funzione di un ben definito insieme di parametri.

CSMA/CD

Carrier Sense Multiple Access Collision Detection

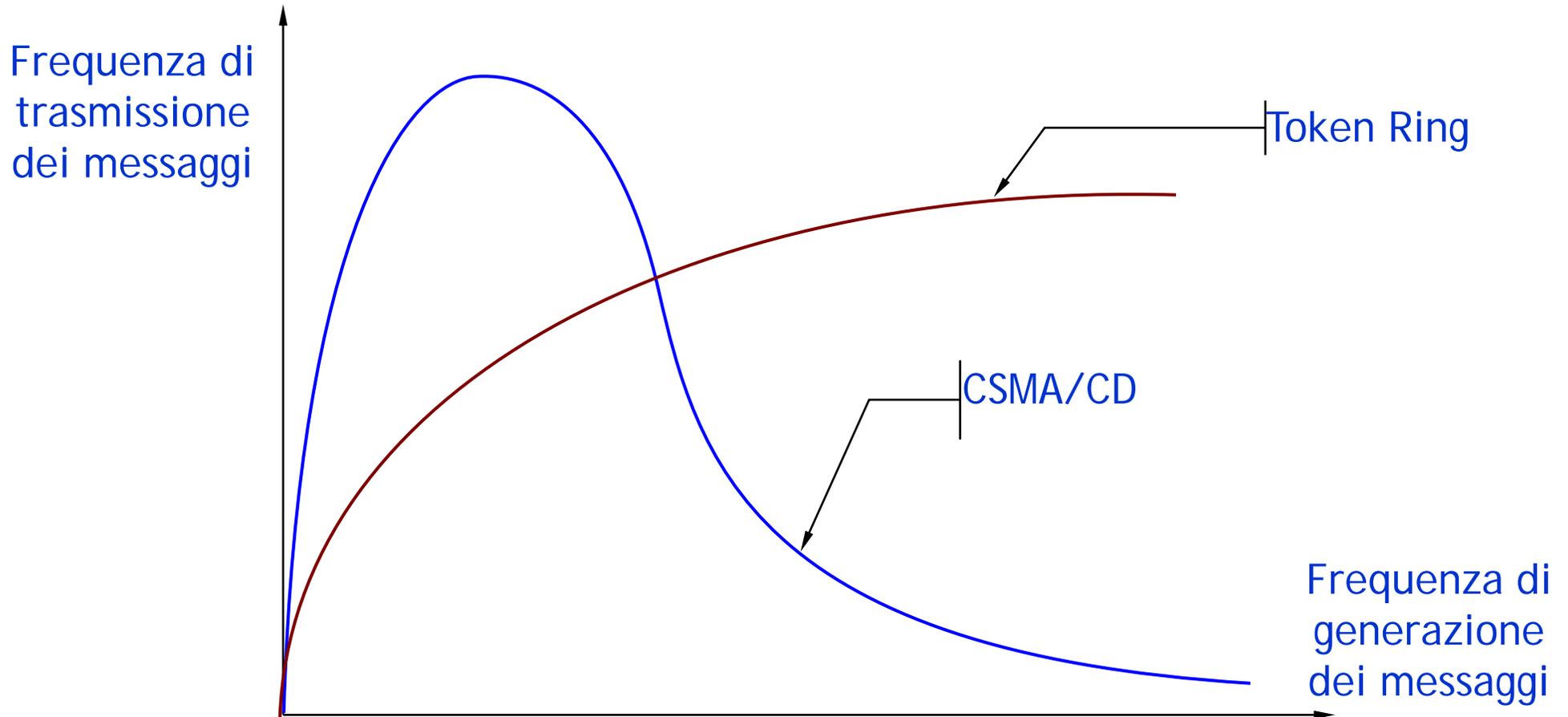
- Adottato dagli standard *Ethernet* e IEEE 802.3,
- Non prevede la presenza di alcun sistema con funzioni di controllore centrale, ma tutti sono collegati in parallelo alla rete
- Vantaggi:
 - flessibilità nella connessione e disconnessione di stazioni alla rete, dato che il protocollo di accesso è indipendente dalla conoscenza delle stazioni presenti sulla rete e quindi una stazione può essere aggiunta o eliminata senza alcuna modifica alle altre stazioni.
 - in situazioni di scarso traffico il protocollo risulta essere molto efficiente, dal momento che la stazione che vuole trasmettere ha elevate probabilità di trovare il canale libero e quindi di non entrare in collisione con altre stazioni.
- Svantaggi:
 - In situazioni di traffico molto elevato sulla rete, in quanto ogni stazione che voglia trasmettere ha una elevata probabilità di entrare in collisione con altre stazioni;
 - non esiste un modo di garantire la consegna di un messaggio entro un certo intervallo di tempo.

Tecniche non a contesa

Token ring e token bus

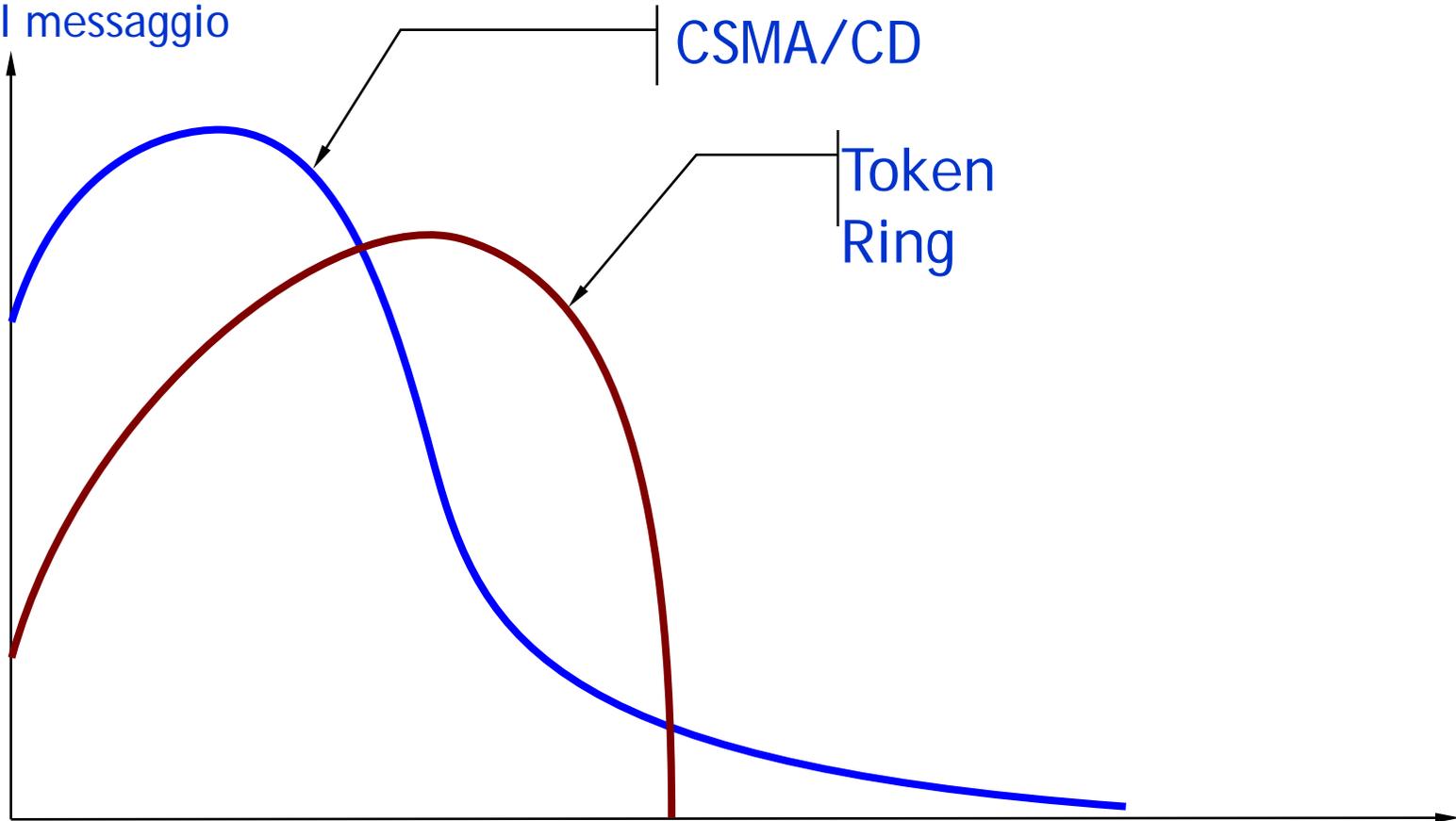
- Ogni stazione deve attendere il suo turno per trasmettere.
- Protocollo a gettone circolante: il diritto a trasmettere si basa sul continuo passaggio di un gettone (*token*) fra le stazioni della rete.
- Una rete *token ring* è costituita da stazioni collegate in successione con una configurazione ad anello.
- La tecnica del gettone circolante può essere applicata anche alle configurazioni a bus (*token bus*).
- Svantaggi:
 - Rigidità della rete (è necessario definire un ordinamento delle stazioni della rete e ogni modifica della configurazione richiede la ridefinizione della successione di circolazione)
 - Traffico scarso: una stazione che vuole trasmettere deve comunque attendere il gettone anche se il canale è libero
- Vantaggi
 - Traffico intenso: ogni stazione ha la garanzia di poter inviare un messaggio entro un dato tempo massimo.

Token ring vs CSMA/CD



Token ring vs CSMA/CD

Probabilità di consegna
del messaggio



CSMA/CD

Token
Ring

T_{MAX}

Tempo di consegna del messaggio

Tipologie di rete

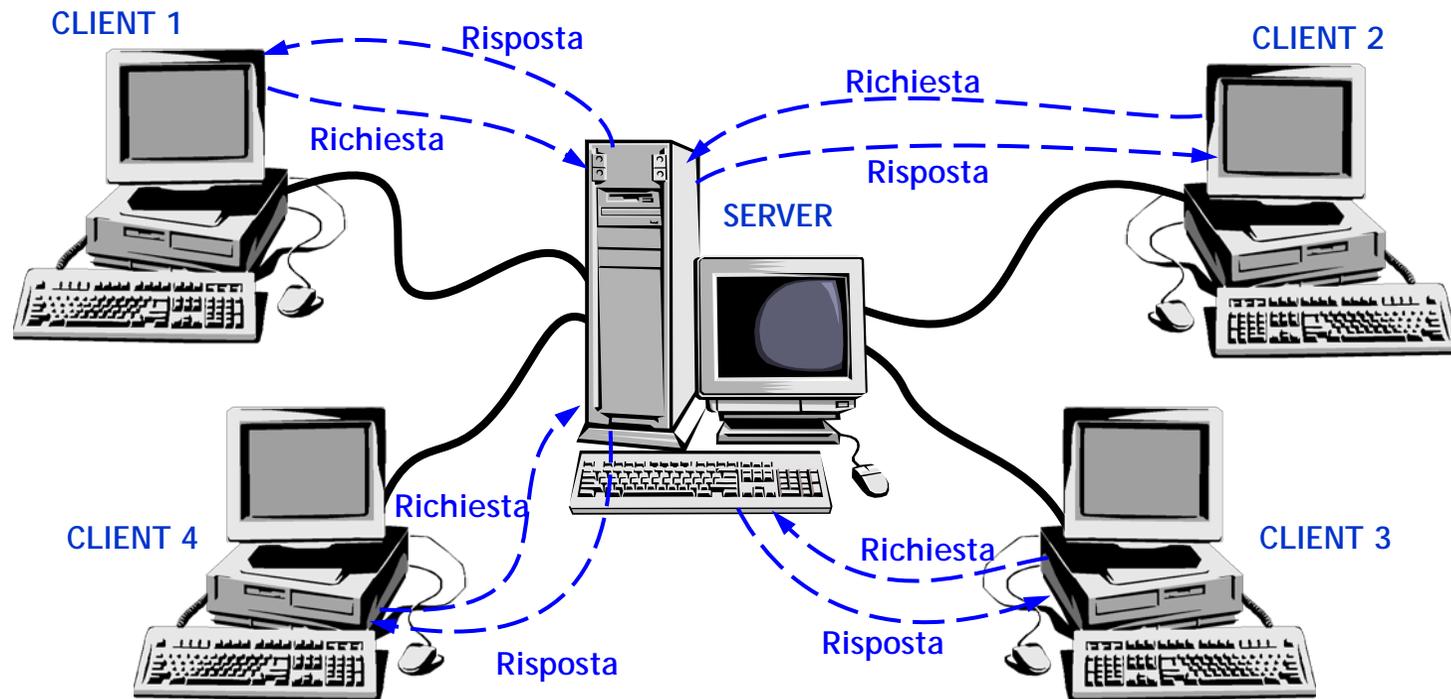
➤ **client-server**

- il server gestisce la condivisione delle risorse e la sicurezza della rete
- le altre stazioni della rete sono dette **client**
- le risorse condivise e rese accessibili ai client sono quelle collegate direttamente al server, per cui la condivisione di dati e programmi richiede che essi siano stati memorizzati su un disco di rete collegato e gestito direttamente dal server.

➤ **peer-to-peer**

- insieme di stazioni connesse in modo paritetico, in modo tale che non esiste una gerarchia tra stazioni per la gestione e il controllo della rete: ognuna può inviare messaggi e condividere risorse sia hardware che software
- ogni stazione deve gestire il controllo degli accessi alle proprie risorse, definendo cosa condividere e con chi, in modo da proteggersi da eventuali intrusioni.

Rete client-server



Architettura del SW di rete

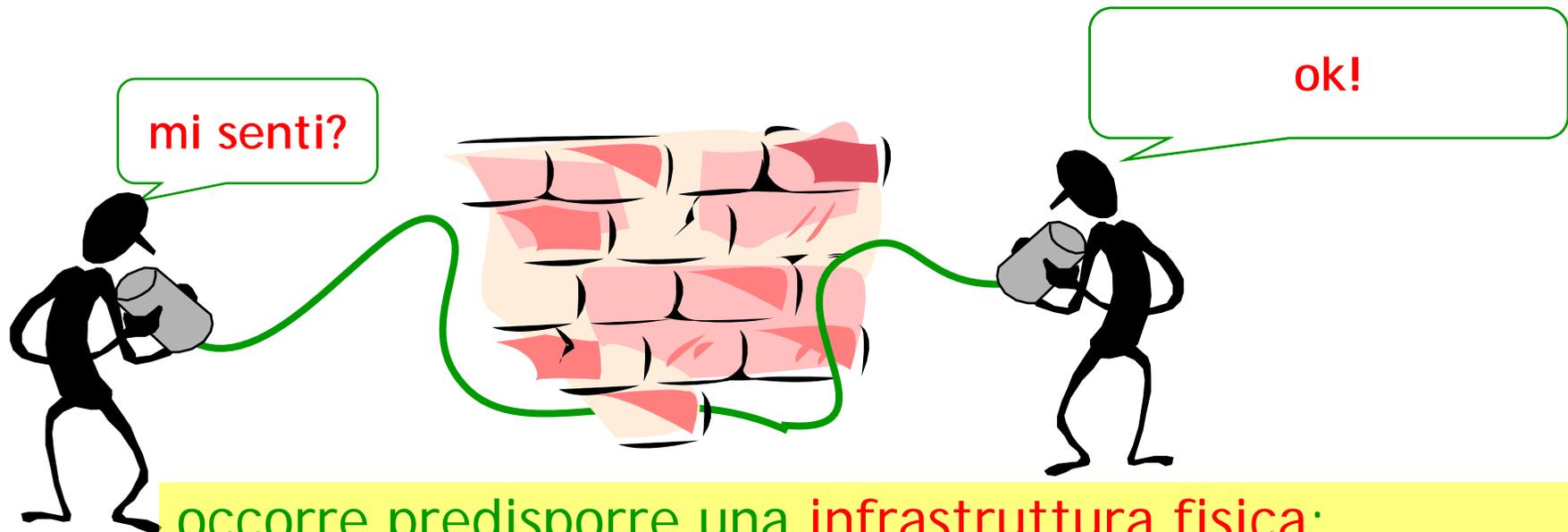
I protocolli di comunicazione

- Per comunicare i calcolatori debbono seguire delle le regole: i **protocolli di comunicazione**.
- I protocolli di comunicazione specificano:
 - i formati dei dati,
 - la struttura dei pacchetti (includendo la definizione delle informazioni di controllo)
 - la velocità di trasmissione
 - ...
- Definire tutte queste proprietà tramite un unico protocollo è praticamente impossibile, per questo si definisce un **insieme di protocolli**:
 - ogni protocollo gestisce univocamente una componente ben definita della comunicazione
 - ogni protocollo condivide con gli altri protocolli i dati di cui essi necessitano.

Per comunicare ...

/1

... è necessario che esista un **canale fisico** adatto
(requisito per la **connessione fisica**)

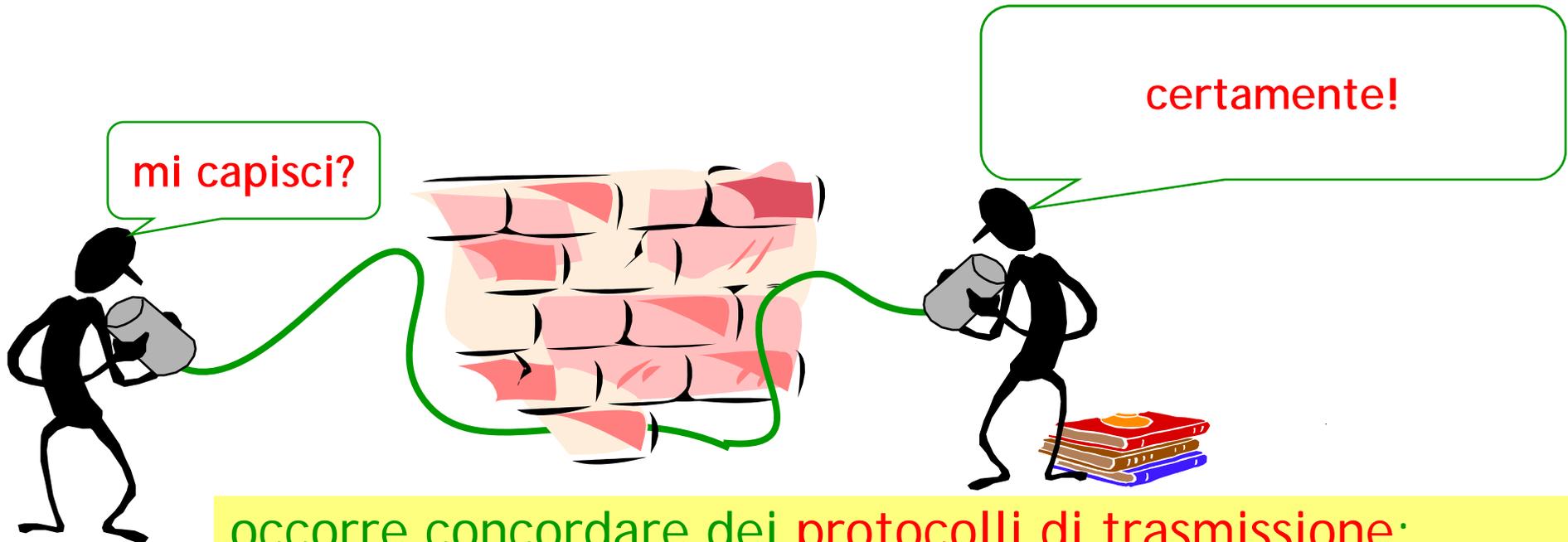


occorre predisporre una **infrastruttura fisica**:
degli strumenti per trasferire i segnali tra i comunicanti

Per comunicare ...

/2

... è necessario avere **competenze linguistiche comuni**
(requisito per la **trasmissione**)



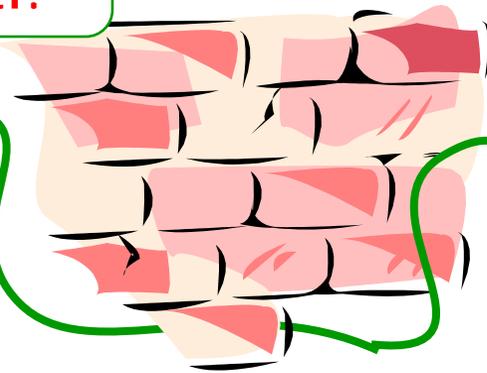
occorre concordare dei **protocolli di trasmissione**:
delle regole per interpretare i segnali "a basso livello"

Per comunicare ...

/3

... è necessario **avere competenze di contenuto comuni**
(requisito per la **comunicazione**)

possiamo parlare
di trasmissione dati?

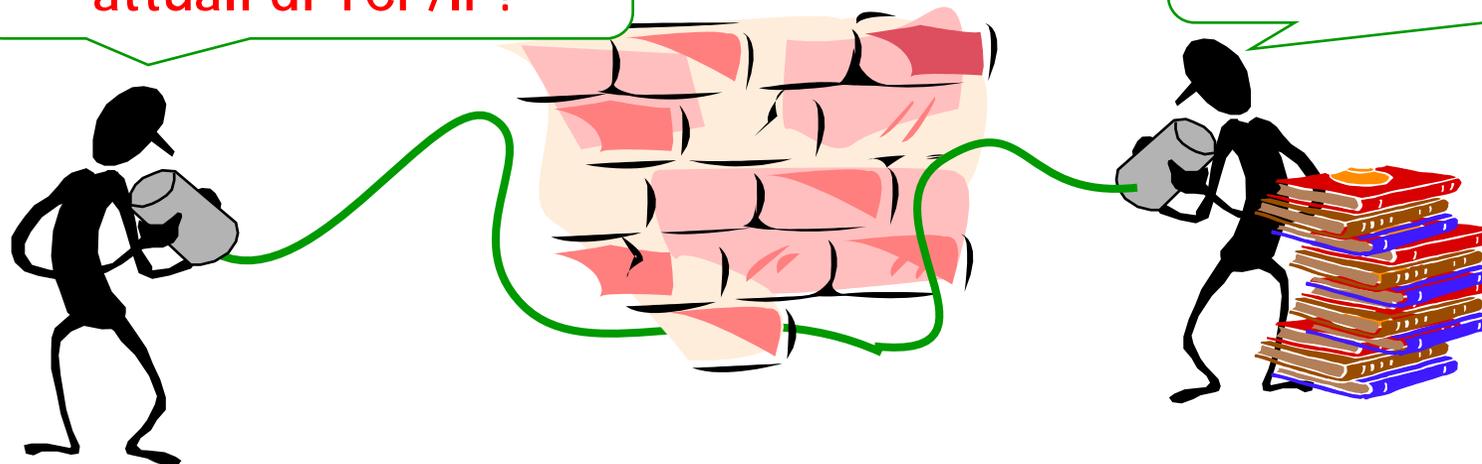


bene: cominciamo pure!

occorre concordare un **protocollo applicativo**:
delle regole per interpretare i segnali "ad alto livello"

Si comunica!

cosa pensi dei problemi
attuali di TCP/IP?



ritengo che IPv6 sarà
fondamentale nel futuro

Se le soluzioni adottate per soddisfare le tre
precondizioni sono efficienti, la comunicazione si
realizza *come se* esse non fossero più necessarie
("trasparenza" dei protocolli e dell'infrastruttura)

L'architettura del sistema

contenuto della
comunicazione

sistema per la
gestione della
comunicazione

sottosistema C

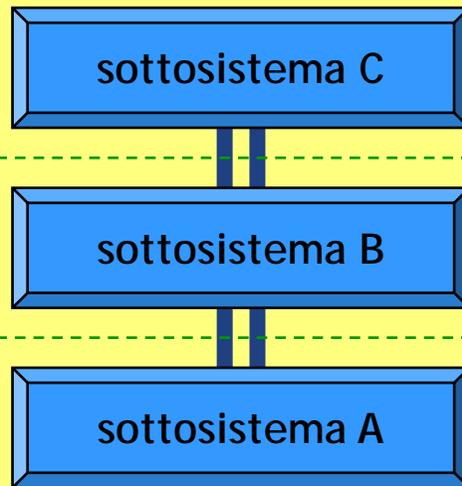
protocolli
applicativi

sottosistema B

protocolli di
trasmissione

sottosistema A

infrastrutture
fisiche



La struttura di Internet

il contenuto della
comunicazione ...

Posta elettronica
Login remoto

Copia di files
World Wide Web

protocollo applicativo:
livello applicativo

NNTP
SMTP/POP

TELNET

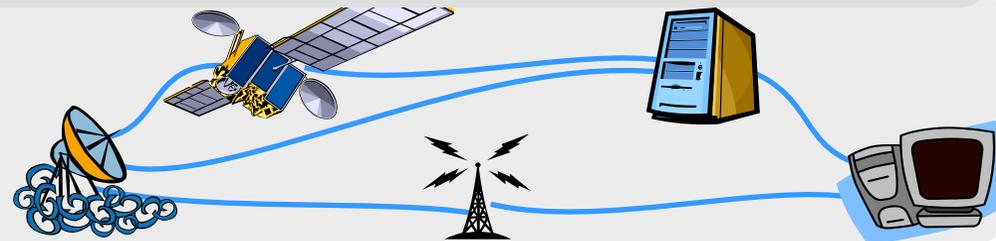
FTP

HTTP

protocolli di trasmissione:
livello di trasmissione

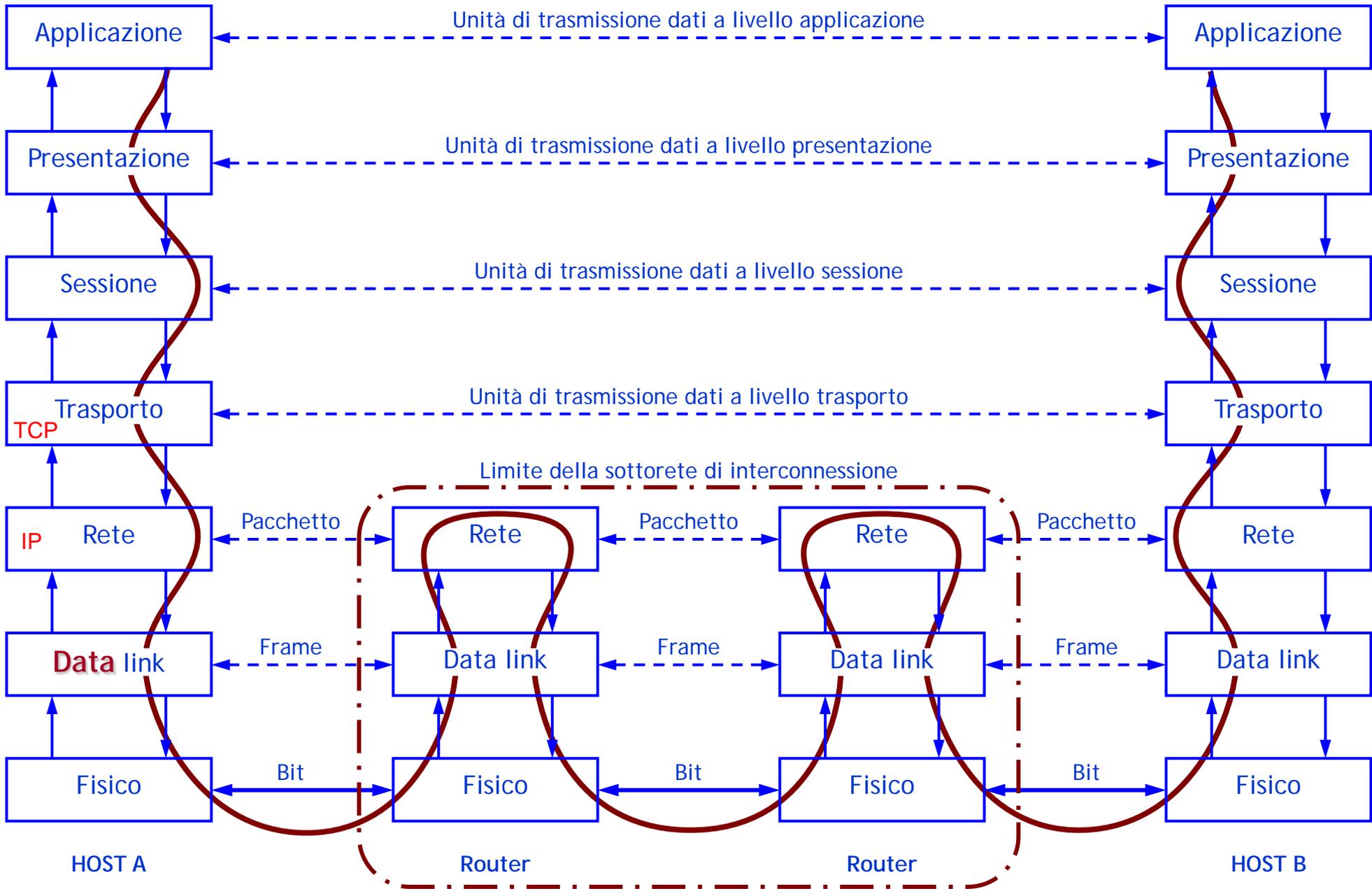
TCP/IP

infrastruttura telematica:
livello di connessione fisica



Architettura a livelli di un insieme di protocolli

- La trasmissione dell'informazione avviene simulando la connessione tra i livelli corrispondenti (peer) dei due sistemi che si scambiano blocchi formattati di dati, seguendo le regole stabilite dal protocollo definito per quel livello. Gli elementi chiave di un protocollo sono pertanto:
 - la sintassi da seguire per la formattazione dei blocchi dei dati;
 - la semantica, che riguarda, per esempio, le modalità di controllo della trasmissione e di gestione degli errori;
 - la temporizzazione, ovvero l'adattamento della comunicazione alla velocità di trasmissione e la sequenzializzazione delle attività.
- **Modello ISO-OSI:**
 - International Standard Organization (ISO),
 - Open Systems Interconnect (OSI).
 - Nel modello ISO-OSI, la comunicazione è originata dal livello più alto della stazione che invia il messaggio, passa ai livelli inferiori (sette in tutto), in cui il messaggio viene elaborato e preparato per la trasmissione, fino a giungere al livello fisico, che si occupa dell'effettiva trasmissione verso la stazione di destinazione.



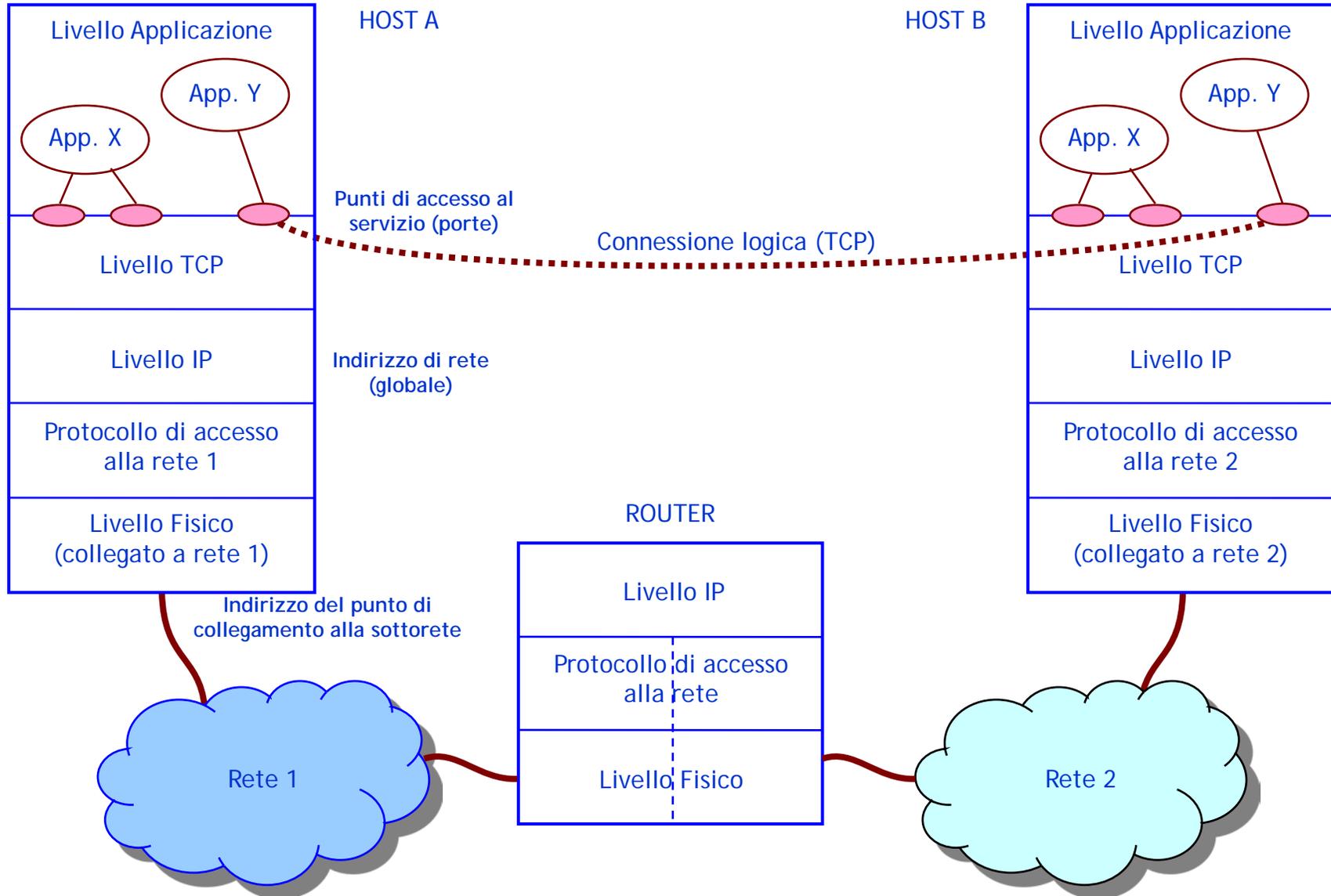
TCP/IP

- **Modello “Internet” impostato su un’architettura a cinque livelli:**
 - livello fisico
 - livello di accesso alla rete
 - livello internet - **IP (Internet Protocol)**
 - livello di trasporto (host to host) - **TCP (Transmission Control Protocol)**
 - livello di applicazione
- **Il successo di questa architettura si deve alle seguenti ragioni:**
 - è stata ed è un’eccellente piattaforma per la realizzazione di applicazioni client-server **affidabili** ed **efficienti** in particolare nell’ambito di reti geografiche;
 - ha permesso da subito di condividere informazioni tra organizzazioni diverse;
 - è stato implementato nella gran parte dei sistemi operativi ed è stato supportato da subito dai produttori di bridge e router.

TCP/IP: indirizzamento

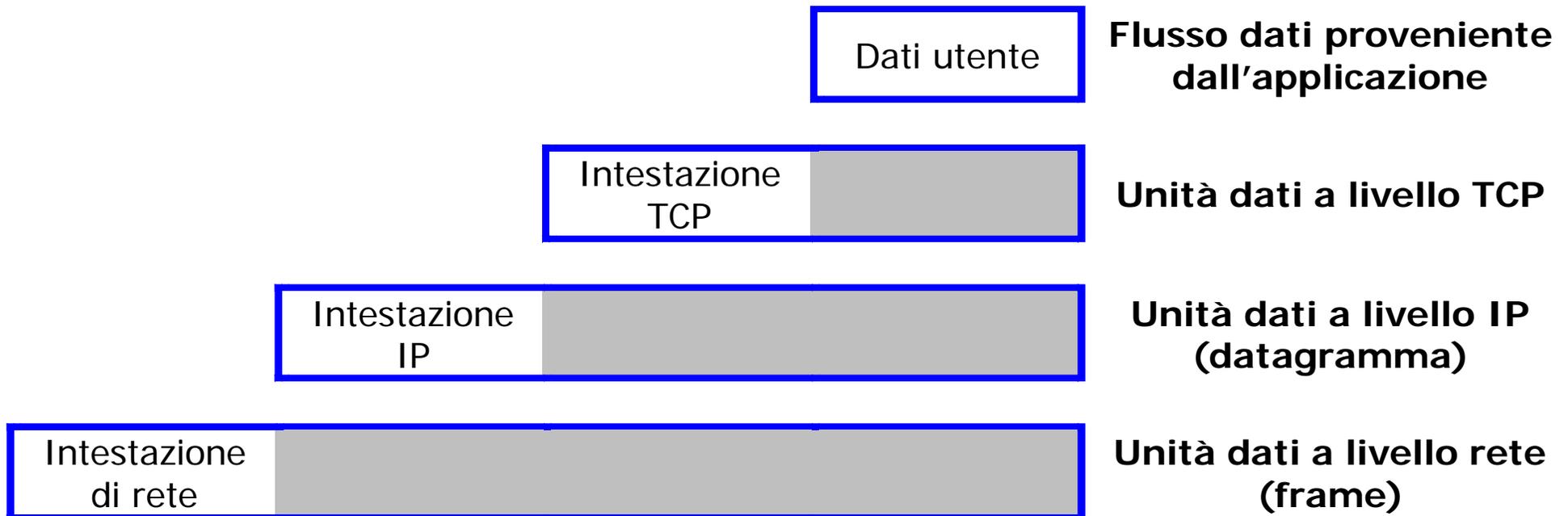
- Schema di indirizzamento generale su due livelli: indirizzo IP + porta TCP
 - **Indirizzo IP**
 - indirizzo associato a ogni calcolatore collegato a una sottorete;
 - si tratta di un indirizzo Internet globale unico, utilizzato da IP per l'instradamento e la consegna dei pacchetti.
 - **Porta TCP**
 - indirizzo unico all'interno dell'host che individua un processo attivo sull'host;
 - utilizzato da TCP per consegnare i dati al processo giusto;
 - TCP aggiunge altre informazioni di controllo/servizio:
 - il numero d'ordine nella sequenza (riordinare i messaggi dopo il loro arrivo a destinazione);
 - codici di controllo della correttezza (*checksum*), che permettono al destinatario di verificare l'assenza di errori;
 - ...

Indirizzi TCP/IP



Da un livello all'altro

- Ogni livello attraversato aggiunge un'intestazione (contiene informazioni utili alle funzioni proprie di quel livello):
- TCP (porta TCP, checksum, numero d'ordine, ...)
 - IP (indirizzo host destinazione, indirizzo host mittente, ...)
 - rete (MAC address destinazione, MAC address mittente, ...)
 - ...



Indirizzo IP (versione 4)

- 32 bit (cioè 4 byte) per un totale di 2^{32} possibili indirizzi diversi;
- rappresentato in forma "dotted decimal"
 - successione di quattro numeri (uno per byte), separati da un punto (e.g. 102.54.94.97)
 - ognuno dei quattro numeri della notazione dotted decimal è compreso tra 0 e 255.
- strutturato in due parti:
 - una parte che individua la rete fisica a cui la stazione è collegata,
 - l'altra che identifica la singola stazione nell'ambito della rete fisica;
 - esistono tre classi primarie, chiamate A, B e C, ognuna caratterizzata da una diversa suddivisione dei 32 bit:
 - A - un byte (8 bit) per la rete + 3 byte (24 bit) per i calcolatori; inizia per "0";
 - B - 2 byte (16 bit) per la rete + 2 byte (16 bit) per le stazioni; inizia per "10";
 - C - 3 byte (24 bit) per la rete + 1 byte (8 bit) per i calcolatori; inizia per "110".

IPv6 gestisce fino a circa $3,4 \times 10^{38}$ indirizzi, mentre IPv4 gestisce soltanto fino a circa 4 miliardi (4×10^9) di indirizzi. Quantificando con un esempio, per ogni metro quadrato di superficie terrestre, ci sono 666.000.000.000.000.000.000 indirizzi IPv6 unici (cioè 666 mila miliardi di miliardi), ma solo 0,000007 IPv4 (cioè solo 7 IPv4 ogni milione di metri quadrati; la regione toscana è circa 23Km^2).

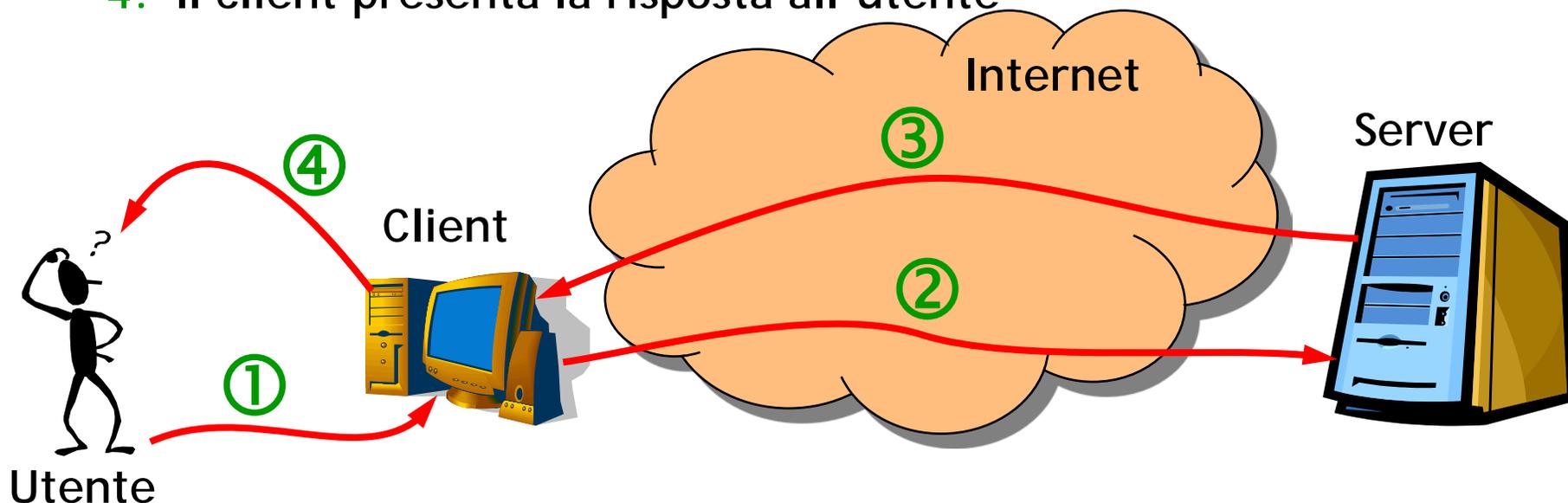
Gli indirizzi IPv6 sono composti di 128 bit ma sono solitamente rappresentati come 8 gruppi di 4 cifre esadecimali (ovvero 8 parole di 16bit ciascuna). Ad esempio:
2001:0db8:85a3:08d3:1319:8a2e:0370:7344

Affidabilità su TCP/IP

- **IP è un protocollo *connectionless* (non orientato alla connessione)**
 - frammenta il messaggio in datagrammi;
 - ogni datagramma viene inviato a destinazione lungo percorsi indipendenti;
 - il controllo (*checksum*) consente soltanto la verifica dell'integrità dell'intestazione, ma non dei dati;
 - attenzione:
 - non c'è garanzia che tutti i pezzi arrivino a destinazione né che arrivino "in ordine"
 - la correttezza e l'ordine di ricezione dei dati devono essere assicurati da protocolli di livello più elevato.
- **TCP è un protocollo *connection oriented* (orientato alla connessione)**
 - garantisce la consegna di un messaggio completo di tutte le sue parti e ordinato correttamente,
 - il controllo consente la valutazione della correttezza sia dell'intestazione TCP che dei dati.
- **La combinazione delle due modalità permette di ottenere sia una buona efficienza di trasmissione che una elevata affidabilità:**
 - OK per applicazioni *client-server*;
 - KO laddove l'affidabilità non è un requisito essenziale. In questi casi TCP può essere sostituito con altri protocolli (e.g. UDP - User Datagram Protocol).

Il paradigma client-server

1. L'utente usa il client per esprimere le sue richieste
2. Il client si collega al server e trasmette la richiesta
3. Il server risponde al client
4. Il client presenta la risposta all'utente

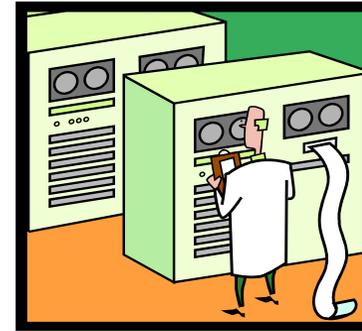


Il client



- Si preoccupa di dialogare con l'utente
- Sfrutta tutte le possibilità fornite dal calcolatore su cui viene eseguito (audio, video, ...)
- Fornisce all'utente un'interfaccia intuitiva
- Elabora le richieste dell'utente e le risposte dei server
 - la comunicazione avviene secondo un formato standard (protocollo)

Il server



- **Rende disponibili delle risorse**
- **Accetta richieste e risponde automaticamente**
 - non bada alla provenienza della richiesta
 - il processo client può trovarsi in qualsiasi punto della rete
- **Si può organizzare un insieme di server in modo che siano collegati tra loro**
- **Potrebbe essere eseguito dallo stesso calcolatore che esegue il processo client!**

Indirizzi numerici vs indirizzi simbolici

- Gli indirizzi IP sono **machine-oriented**, quindi difficili da utilizzare per un utente “umano”;
- è stato definito un sistema per passare da indirizzi numerici (gli **indirizzi IP**) a **nomi** facilmente memorizzabili, il **Domain Name System**;
- **Domain Name System (DNS)**
 - associa a ogni indirizzo IP uno o più indirizzi simbolici,
 - gestisce la conversione tra indirizzi simbolici e indirizzi IP
- organizzato in **maniera gerarchica** (domini, sotto-domini, sotto-sotto-domini, ...) per semplificarne l'uso.



DNS

- Il nome DNS di un calcolatore è costituito da una successione di stringhe alfanumeriche separate da punti (per esempio, server1.isttec.liuc.it)
- ogni stringa identifica un “dominio”:
 - la stringa più a destra rappresenta il dominio di primo livello (detto anche dominio generale)
 - la seconda stringa, sempre proseguendo da destra verso sinistra, indica il dominio di secondo livello
 - Le stringhe successive indicano i domini di terzo livello (sottodomini dei domini di secondo livello), quelli di quarto livello, e così via finché non si arriva a individuare un dominio che comprende il singolo host.

Come si passa da DNS a IP?

- A ogni dominio è associato a un **calcolatore responsabile del dominio**
- Il calcolatore responsabile di un dominio mantiene un **elenco dei calcolatori responsabili dei suoi sottodomini** (e ne conosce i relativi indirizzi IP)
- Per tradurre l'indirizzo DNS di un calcolatore nel suo indirizzo IP si deve **interrogare il responsabile di ciascuno dei domini** (di I, II, ... livello) cui quel calcolatore appartiene:
 - il calcolatore responsabile del dominio di I livello sa dove si trova il calcolatore responsabile del dominio di II livello
 - il calcolatore responsabile del dominio di II livello sa dove si trova il calcolatore responsabile del dominio di III livello
 - ...

Sicurezza e collegamento a Internet

➤ Filtraggio dei pacchetti (*packet filtering*)

- evitare che qualcuno possa accedere senza autorizzazione alle risorse di un sistema informatico
- è compito del router che collega la rete locale alla rete esterna.
- basato sull'analisi dei vari campi che compongono l'intestazione dei pacchetti TCP/IP

➤ Firewall

- Servizi integrati nei router o dispositivi dedicati
- facendo uso di più dispositivi di questo tipo si può creare un *perimetro sicuro*, all'interno del quale è garantita l'assenza di interferenze esterne
- un firewall non potrà proteggere efficacemente un sistema se esiste una via alternativa di accesso al sistema.