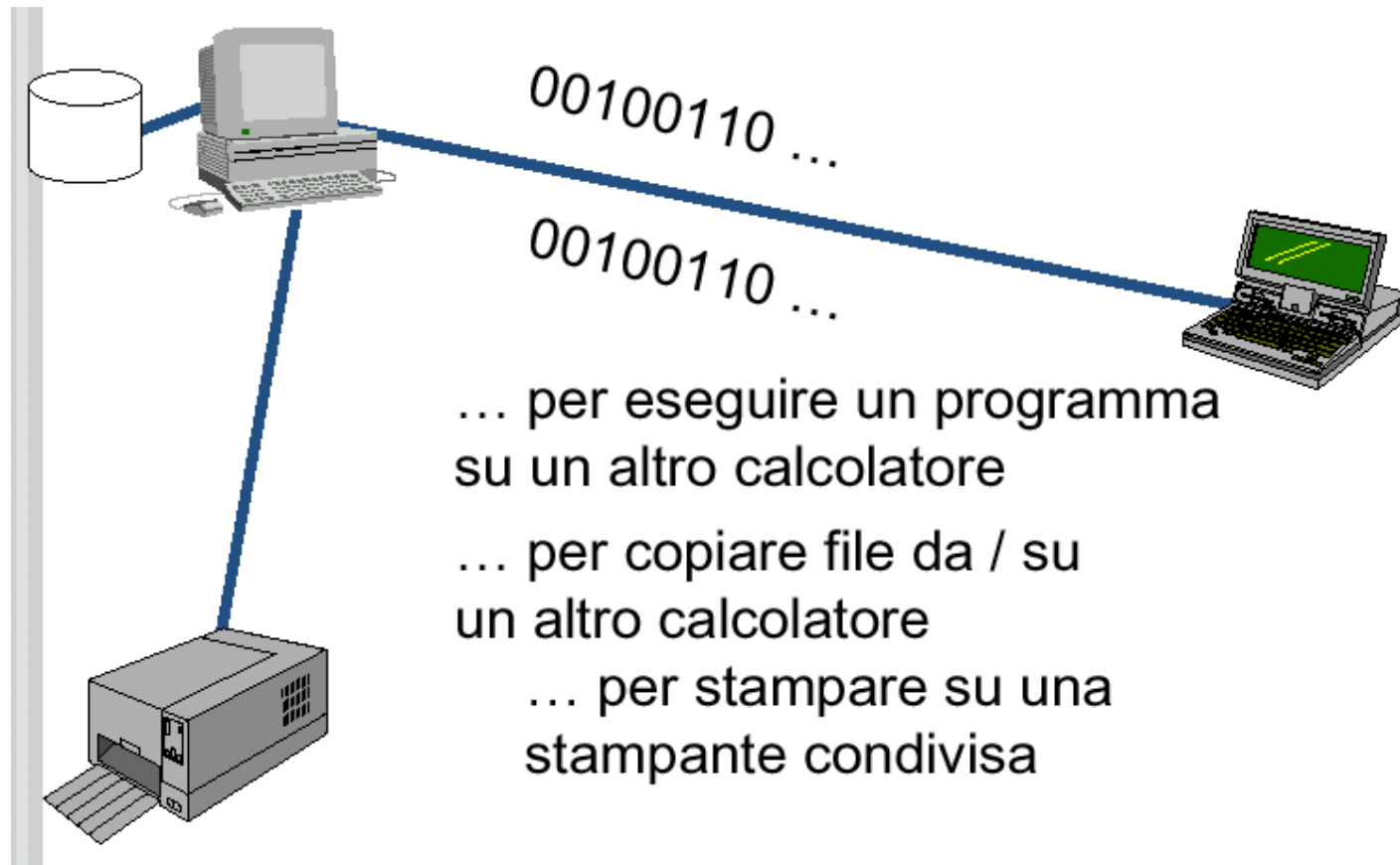


Reti di Calcolatori

Dr. Damiano Macedonio
damiano.macedonio@univr.it

Connettiamo due calcolatori...



Perché una rete di calcolatori?

- ▶ **Condividere risorse**
 - ▶ utilizzo razionale di dispositivi costosi
 - ▶ modularità della struttura
 - ▶ affidabilità e disponibilità
- ▶ **Comunicare tra utenti**
 - ▶ scambio informazioni
 - ▶ collaborazione a distanza

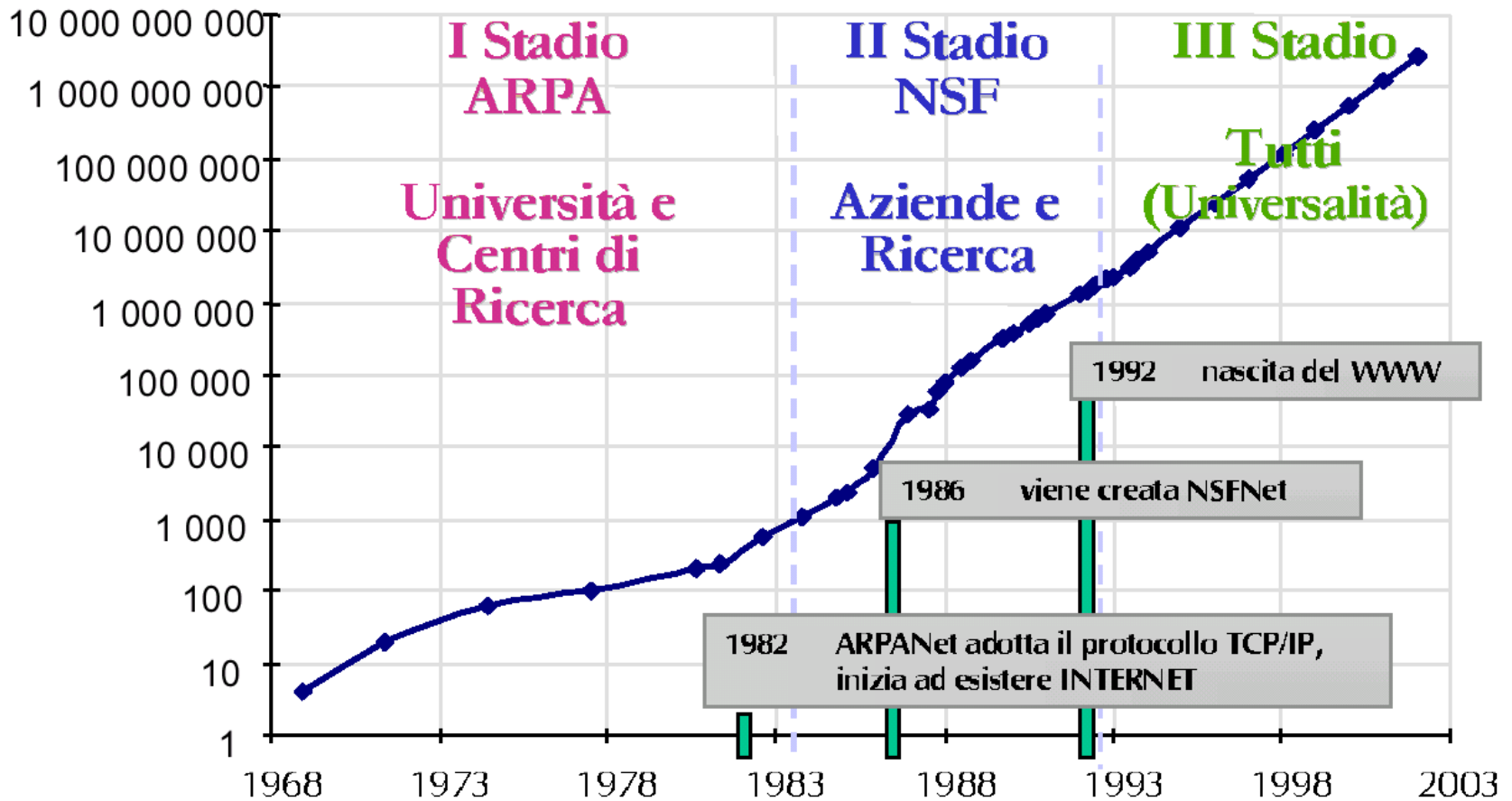
Le origini

- ▶ L'elaborazione a distanza:
 - ▶ **remote job entry** (stazione di lavoro con lettore di schede, stampante, piccolo computer connesso tramite linee telefoniche all'elaboratore centrale)
 - ▶ **elaborazione in time-sharing** (le macchine soddisfacevano contemporaneamente più utilizzatori connessi mediante telescriventi)
- ▶ In questo modo un grande computer era connesso con i suoi utenti

Da dove proviene Internet?

- ▶ **ARPANet**: rete militare sviluppata negli anni '70 basata sulle seguenti ipotesi:
 - ▶ garanzia di operatività anche nel caso in cui alcune connessioni risultino inutilizzabili;
 - ▶ gestione distribuita delle comunicazioni fra computer;
- ▶ La *National Science Foundation* creò una propria rete, **NSFnet** (1986):
 - ▶ reti regionali per collegare centri vicini;
 - ▶ rete ad alte prestazioni per collegare dei supercalcolatori tra loro;
 - ▶ interconnessione di queste reti;
- ▶ NSFnet divenne la dorsale di INTERNET

Come è evoluta?



Elementi di una rete

- ▶ **infrastruttura di comunicazione** (linee telefoniche, link satellitari, cavi transoceanici, fibre ottiche, ecc...)
- ▶ **hardware per il collegamento** fisico di un computer alla rete (schede, cavi, modem, ...).
- ▶ hardware per collegare più reti insieme (modem, router, ...)
- ▶ **protocollo di comunicazione**: regole per lo scambio di informazioni sotto forma di bit

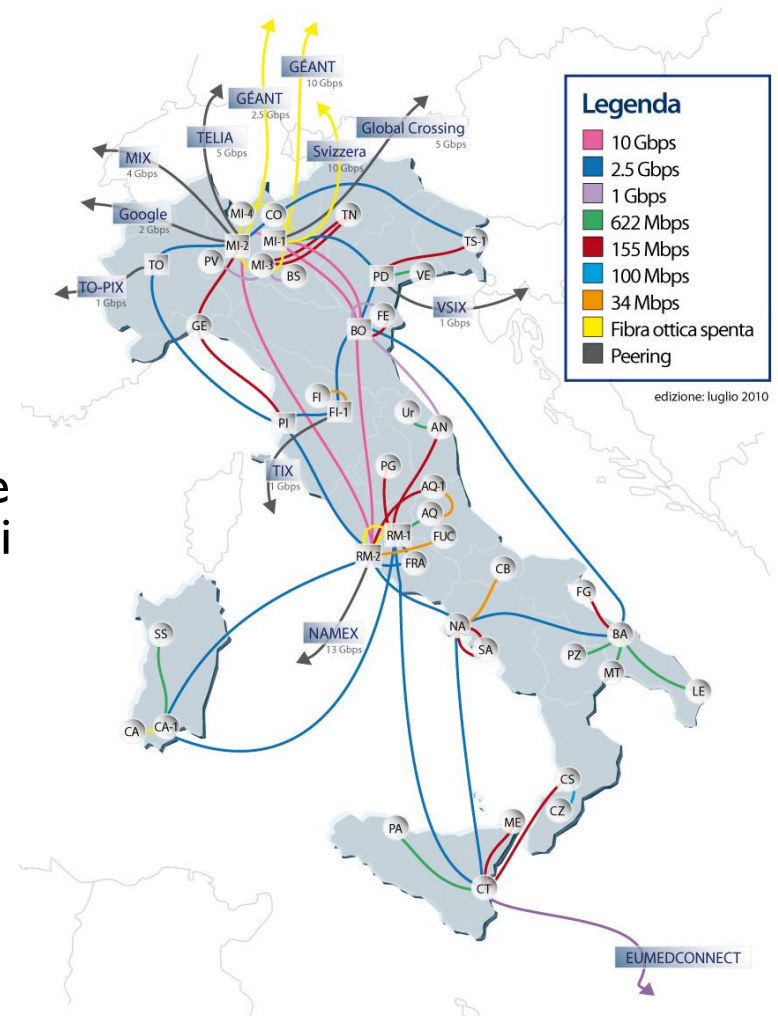
Protocollo

- ▶ Far “*parlare*” le macchine fra loro: difficile a causa dell’enorme diversità delle strutture hardware e software
- ▶ Definizione di **protocollo**:
“insieme di regole concordate atte a stabilire una modalità con cui sono scambiate le informazioni.”

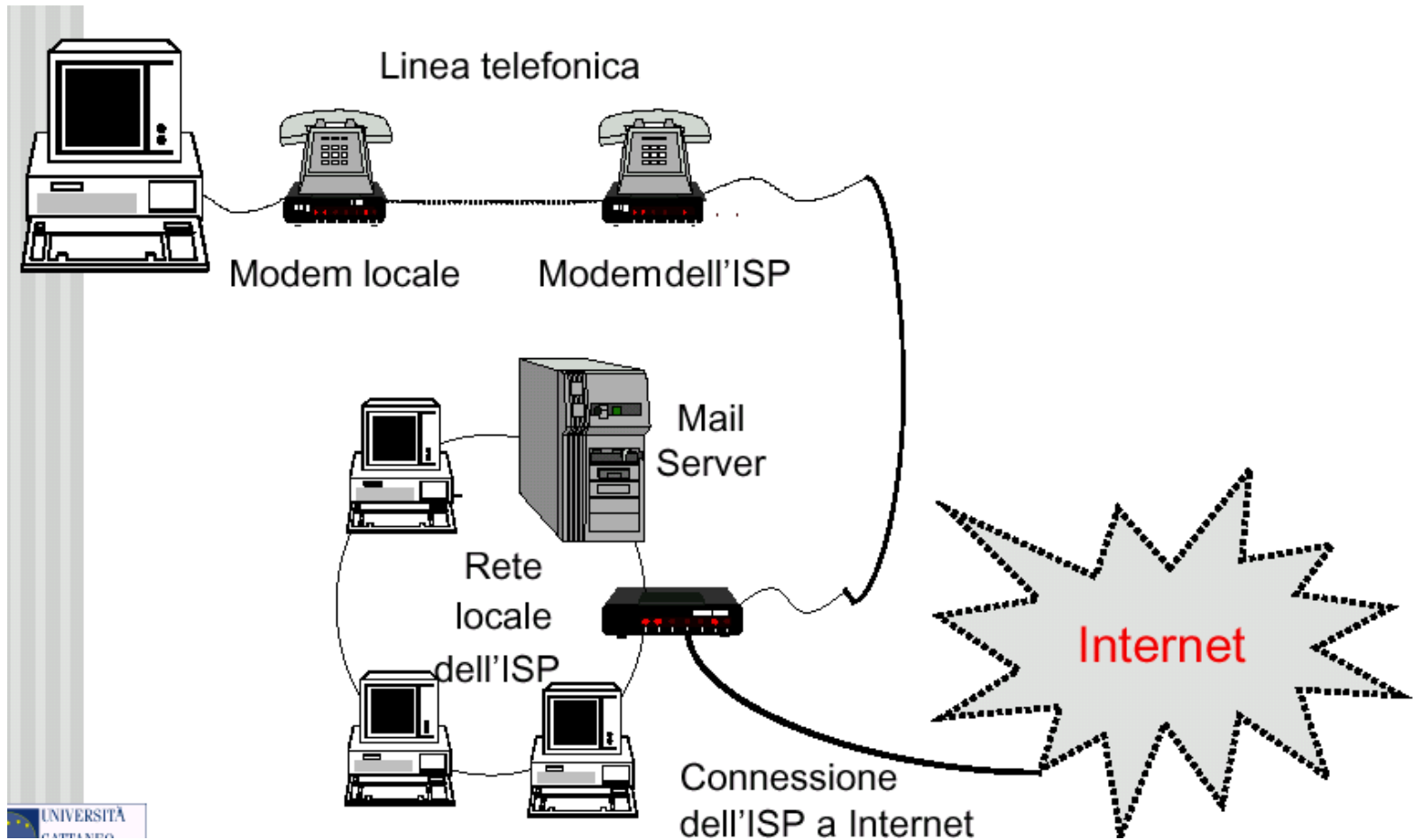
Tassonomia

- ▶ reti locali, **LAN**
(Local Area Network)
- ▶ reti metropolitane, **MAN**
(Metropolitan Area Network)
- ▶ reti geografiche, **WAN**
(Wide Area Network)
- ▶ “Reti di reti”, **Internetwork**: collegano 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**).
- ▶ Fornitore dell’accesso a Internet, **ISP**
(Internet Service Provider)

Topologia di backbone di GARR-G

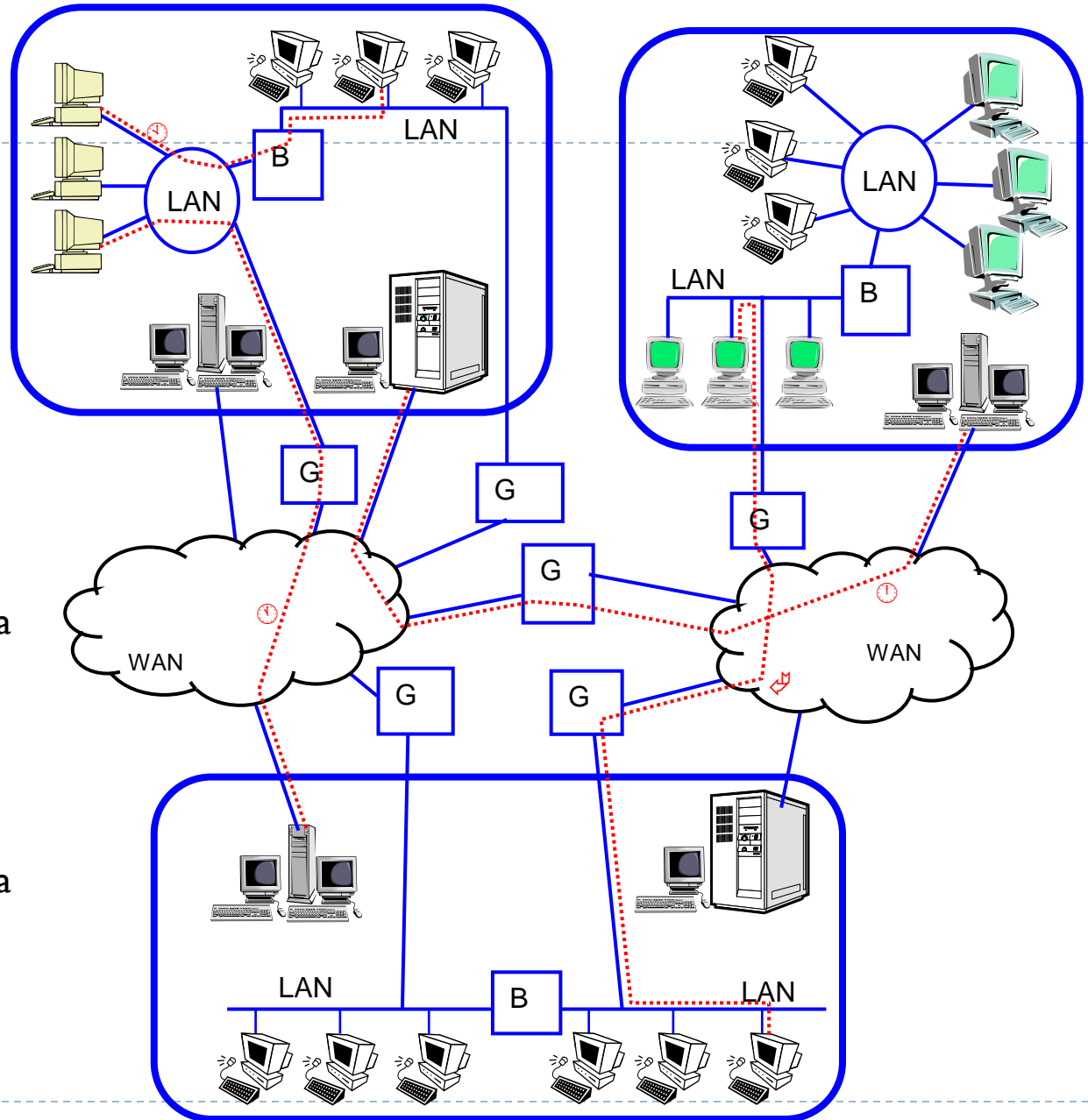


Come sono collegato?



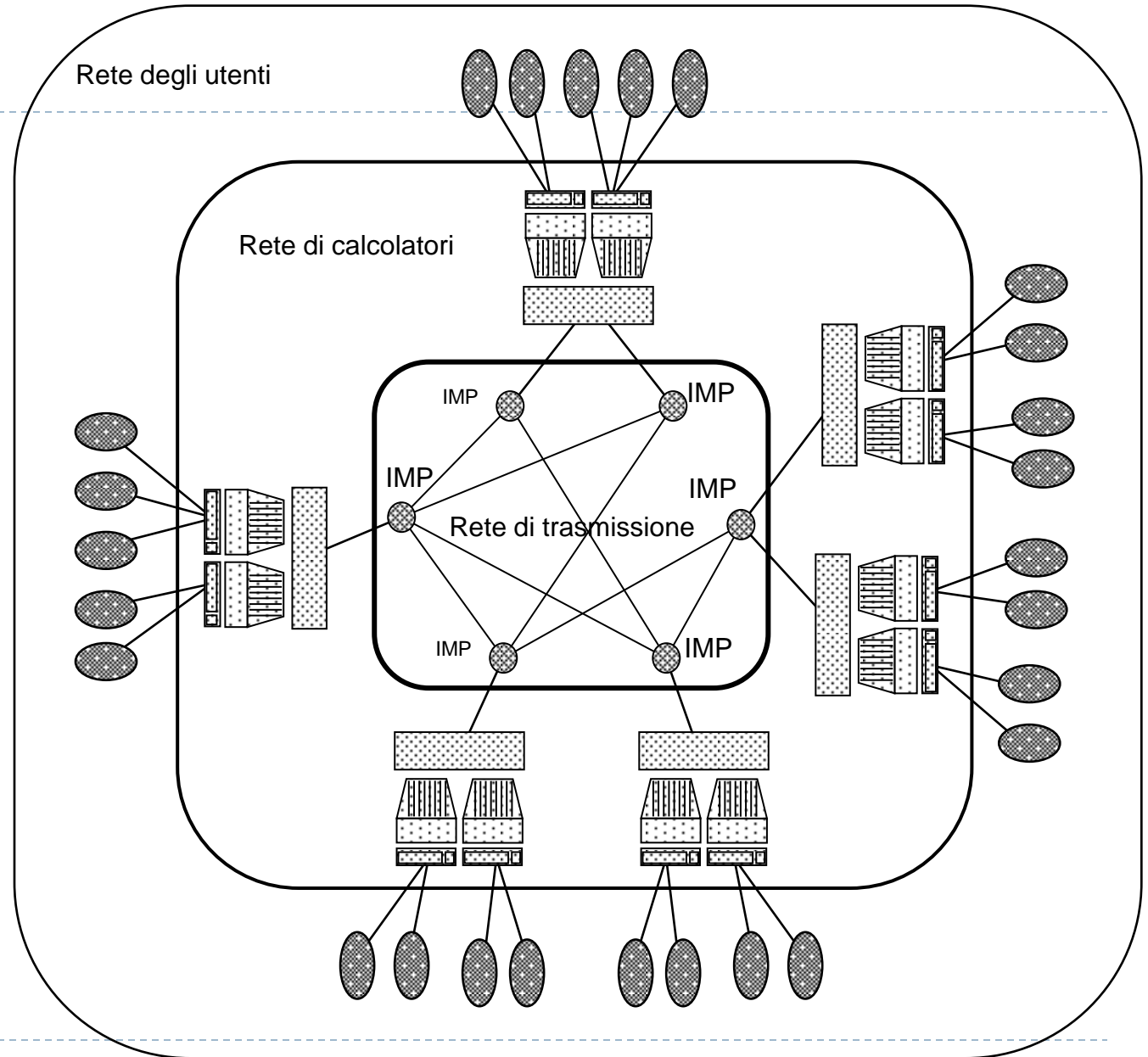
Interconnessione di reti

- ▶ **B: bridge**
Calcolatore dedicato alle connessioni tra LANs
- ▶ **G: gateway**
Calcolatore dedicati alle connessioni tra WANs



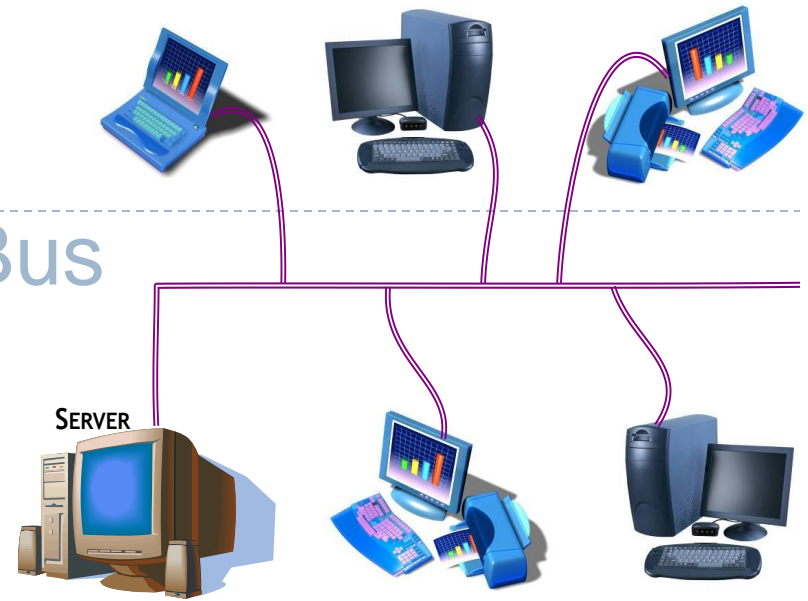
Reti Geografiche (WAN): I tre livelli

IMP:
Interface
Message
Processor

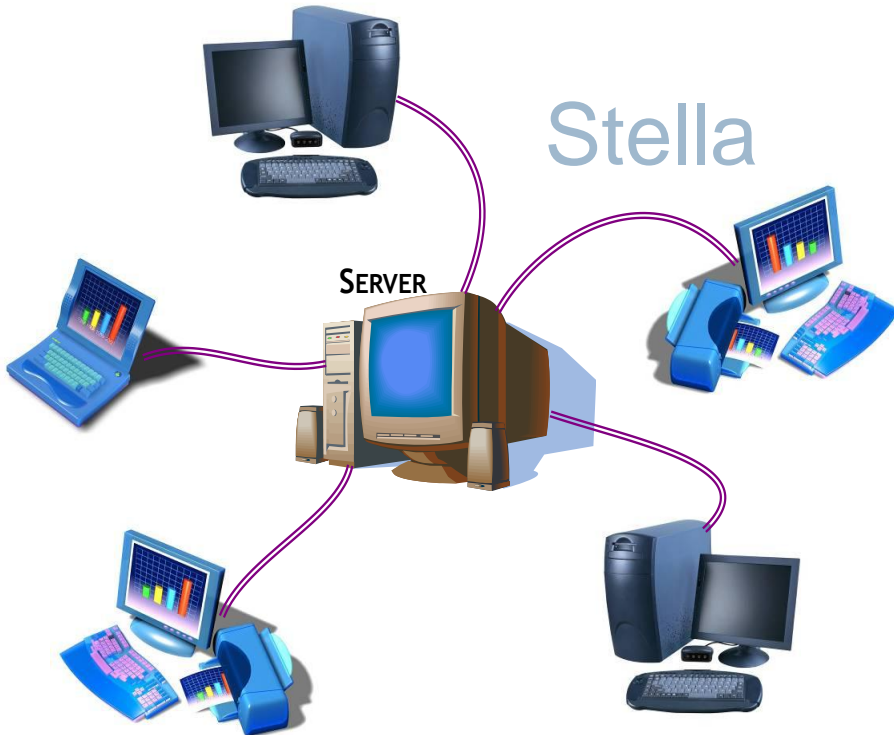


Diverse topologie di rete locale

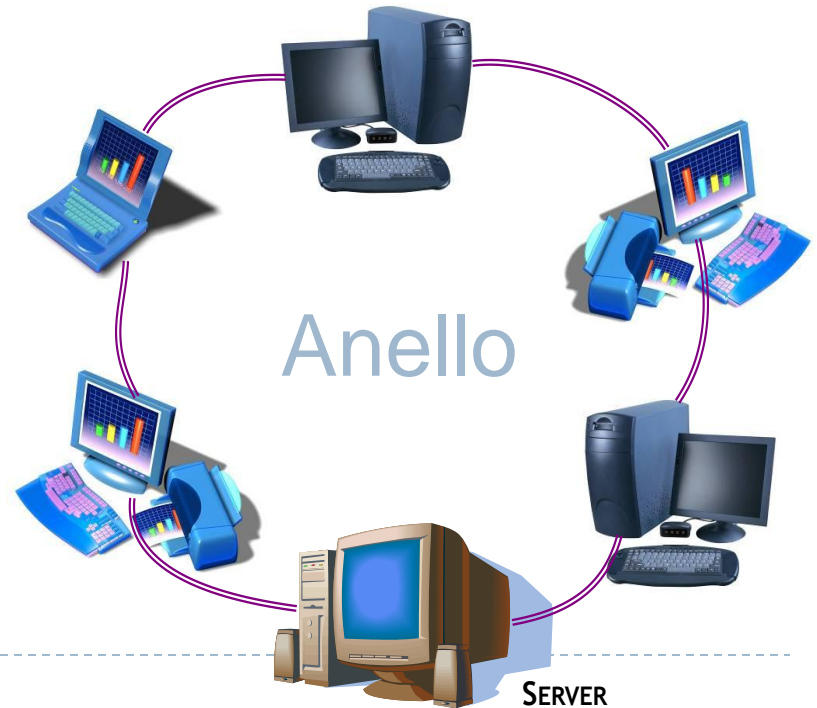
Bus



Stella

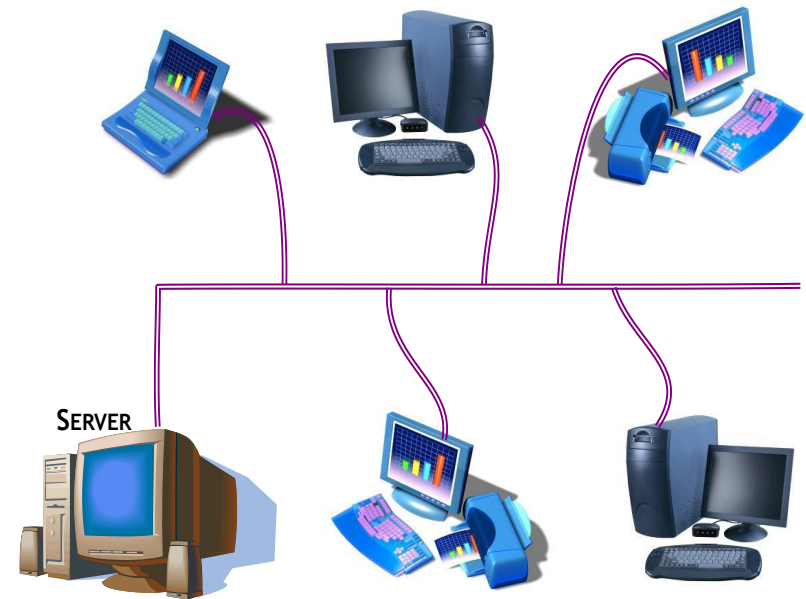


Anello



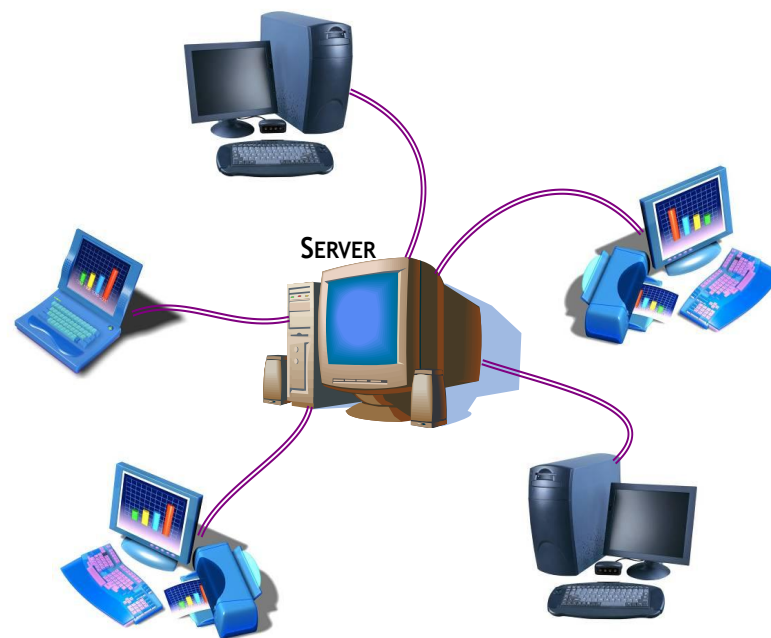
Topologia a bus

- ▶ 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.



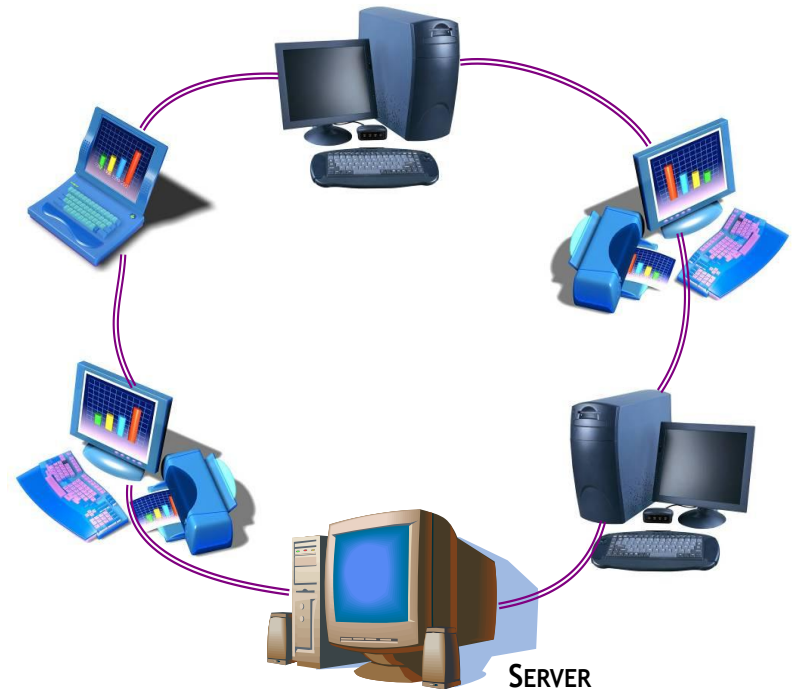
Topologia a stella

- ▶ 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

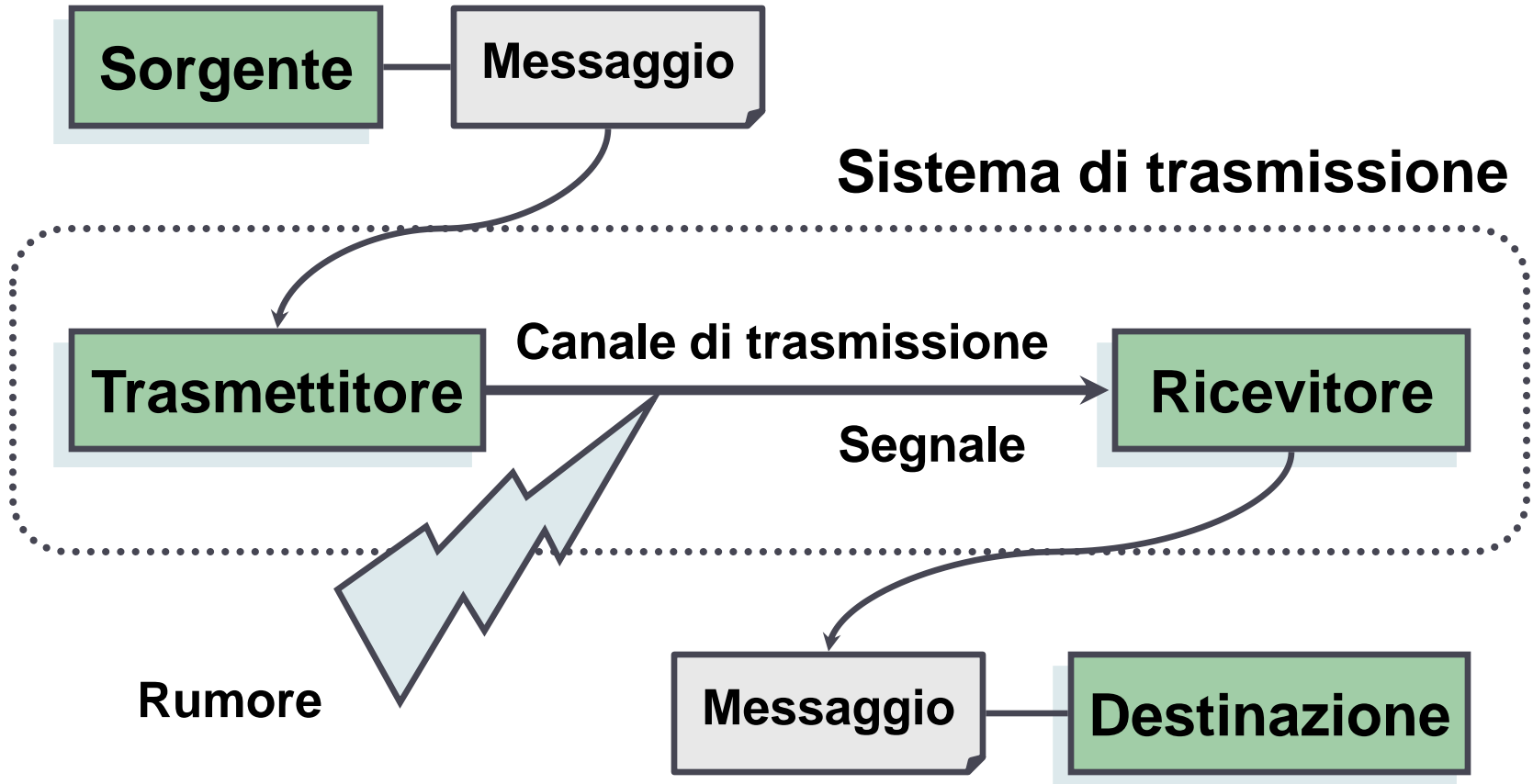
- ▶ Connessione circolare punto-a-punto tra tutte le stazioni collegate
- ▶ L'informazione transita in una direzione e viene ricevuta a turno da ogni stazione, che verifica se essa è la destinataria del messaggio: in caso negativo la stazione rigenera il segnale e lo trasmette alla stazione successiva.
- ▶ 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.

Sistema di comunicazione



I problemi della comunicazione

- ▶ E' necessario che esista un **canale fisico** di comunicazione adatto: un'infrastruttura telematica: cavi, antenne, centrali, satelliti, calcolatori, ...



Errori di trasmissione

- ▶ A causa del **rumore**, non è sempre possibile garantire che i dati ricevuti da un canale di trasmissione siano corretti.
- ▶ Si verifica un **errore di trasmissione** quando il dato ricevuto in uscita dal canale è **diverso** dal dato immesso.
 - ▶ L'errore si definisce *singolo, doppio, triplo* ecc. in base al numero di bit errati.
- ▶ Esistono appositi codici di **rilevazione e correzione** degli errori di trasmissione.

Rilevazione degli errori, un esempio

- ▶ **Codice di parità:** al dato da trasmettere si aggiunge un **bit di parità**, che indica se gli **1** del dato sono pari o dispari.
 - ▶ **parità pari:** es. a 01001110 si aggiunge 0 per ottenere 01001110 0
 - ▶ **parità dispari:** es. a 01101110 si aggiunge 1 per ottenere 01001110 1
- ▶ In questo modo i dati ricevuti devono avere sempre un numero pari di **1**, altrimenti sono errati.
- ▶ Tuttavia questo codice permette di rilevare solo gli errori singoli o dispari.

I problemi della comunicazione

- ▶ E' necessario che si parli la stessa lingua: occorre stabilire un *protocollo di base* comune, delle regole per interpretare i segnali "a basso livello"



I problemi della comunicazione

- ▶ E' necessario che si abbiano competenze comuni: occorre stabilire un *protocollo applicativo* comune, delle regole per interpretare i segnali "ad alto livello"



I problemi della comunicazione

Occorre quindi:

1. Predisporre un'infrastruttura telematica
 2. Stabilire un protocollo di base comune
 3. Stabilire un protocollo applicativo comune
- ▶ Se le precedenti condizioni sono soddisfatte, si può dialogare ...
ma occorre avere qualcosa da dire!

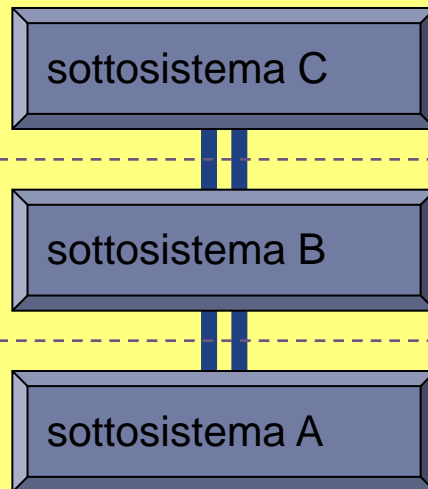
La comunicazione tra reti di calcolatori

- ▶ Storicamente le diverse società di informatica e telecomunicazioni hanno offerto soluzioni differenti e non sempre compatibili l'una con l'altra
- ▶ l'effetto: se io “ho la rete X” e tu “hai la rete Y”, allora i miei calcolatori non sono in grado di comunicare con i tuoi

L'architettura del sistema

contenuto della comunicazione

sistema per la gestione della comunicazione



protocolli applicativi

protocolli di trasmissione

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

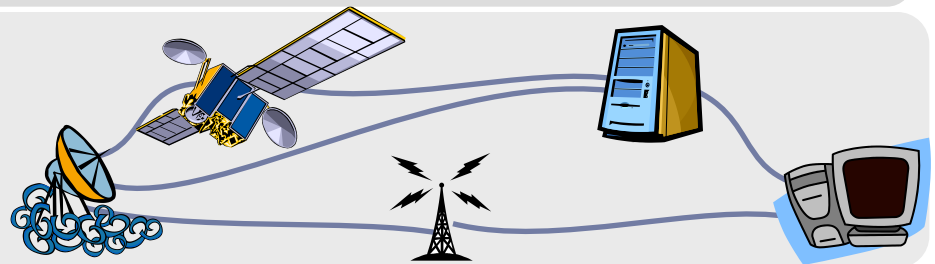
FTP

HTTP

protocolli di trasmissione:
livello di trasmissione

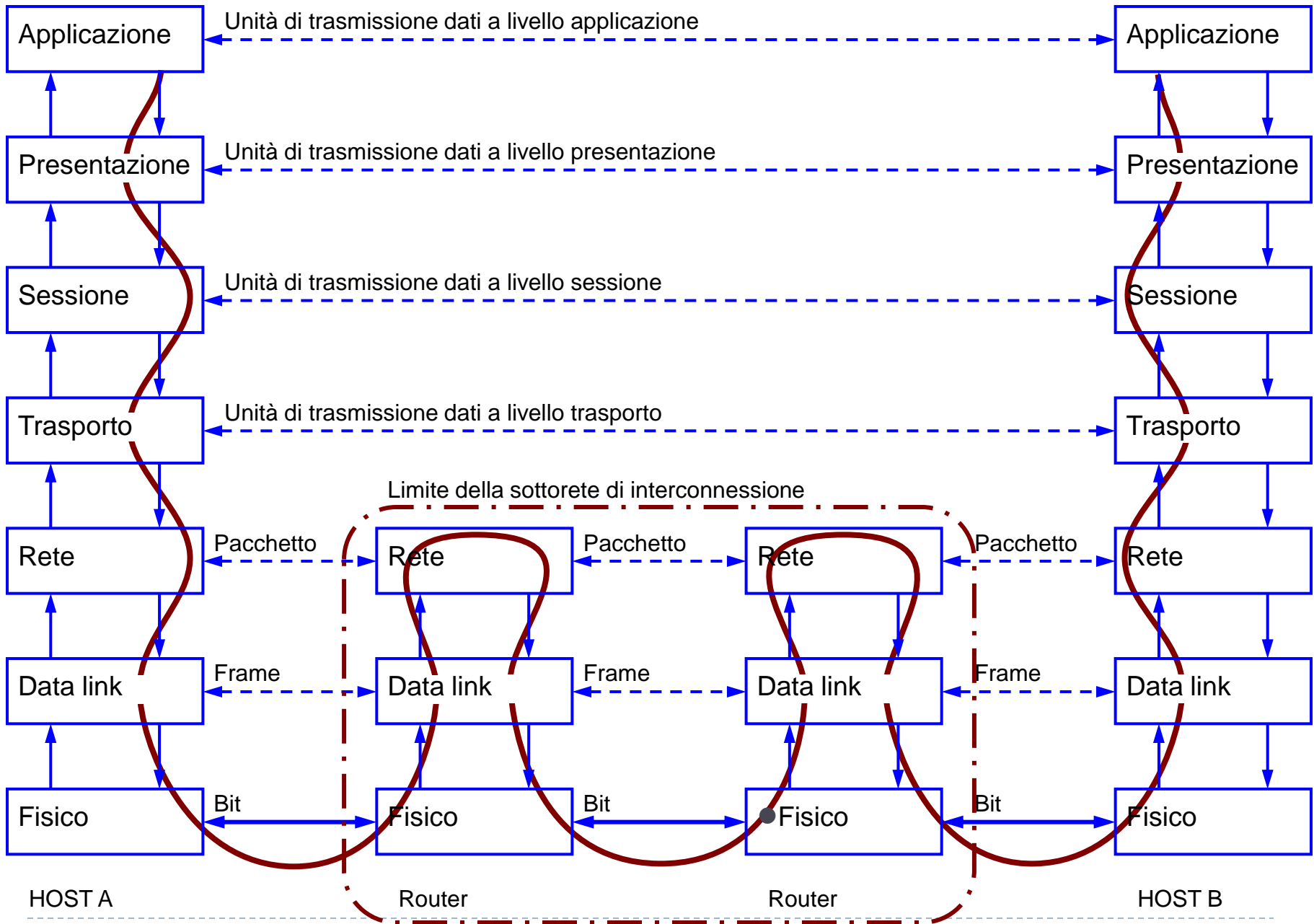
TCP/IP

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

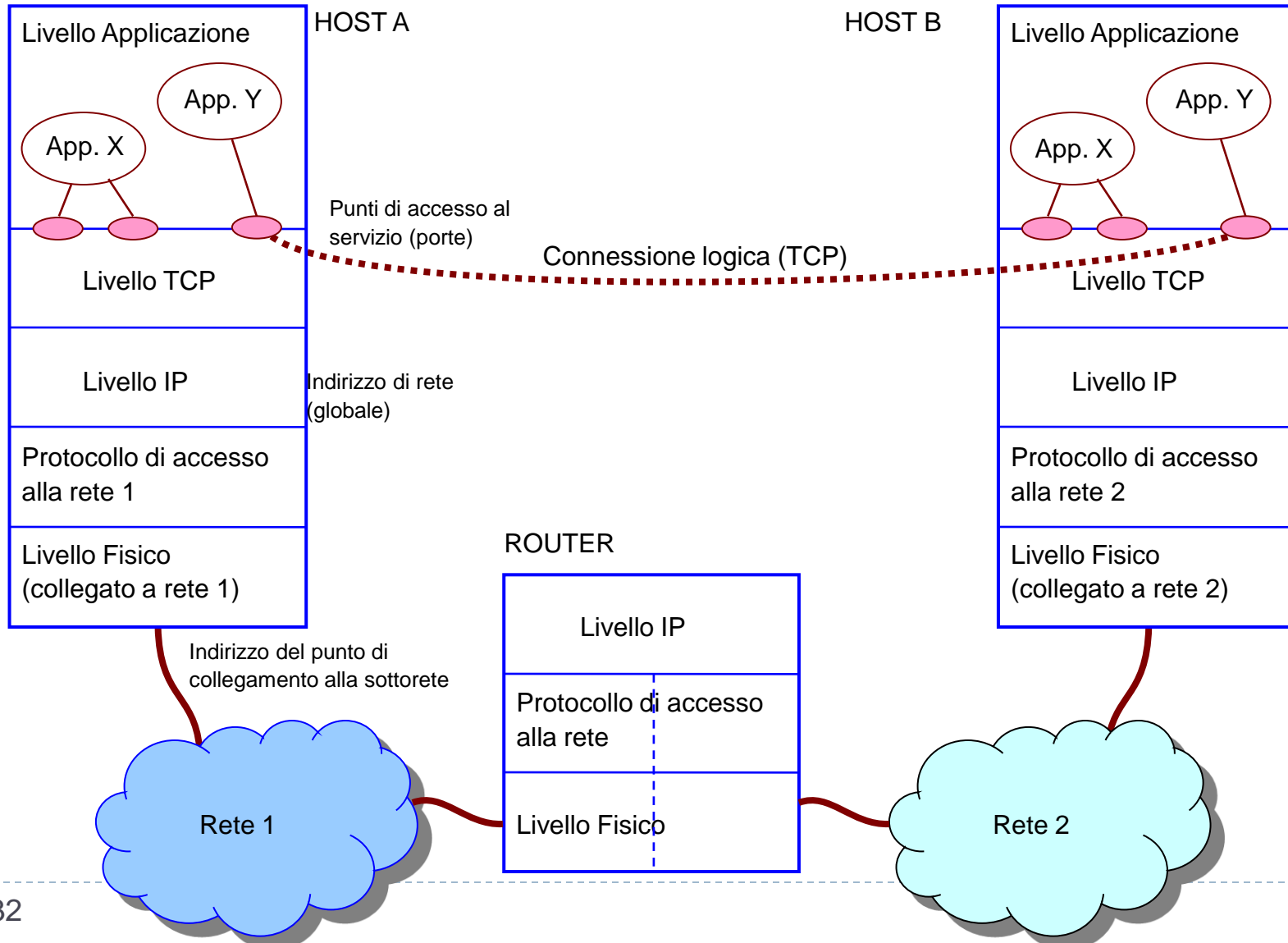
- ▶ Modello “Internet” impostato su un’architettura a cinque livelli:
 - ▶ **livello fisico**
 - ▶ **livello di accesso alla rete**
 - ▶ **livello internet – IP (Internet Protocol)**
 - ▶ **livello di trasporto (host to host) – TCP (Transmission Control Protocol)**
 - ▶ **livello di applicazione**

- ▶ 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

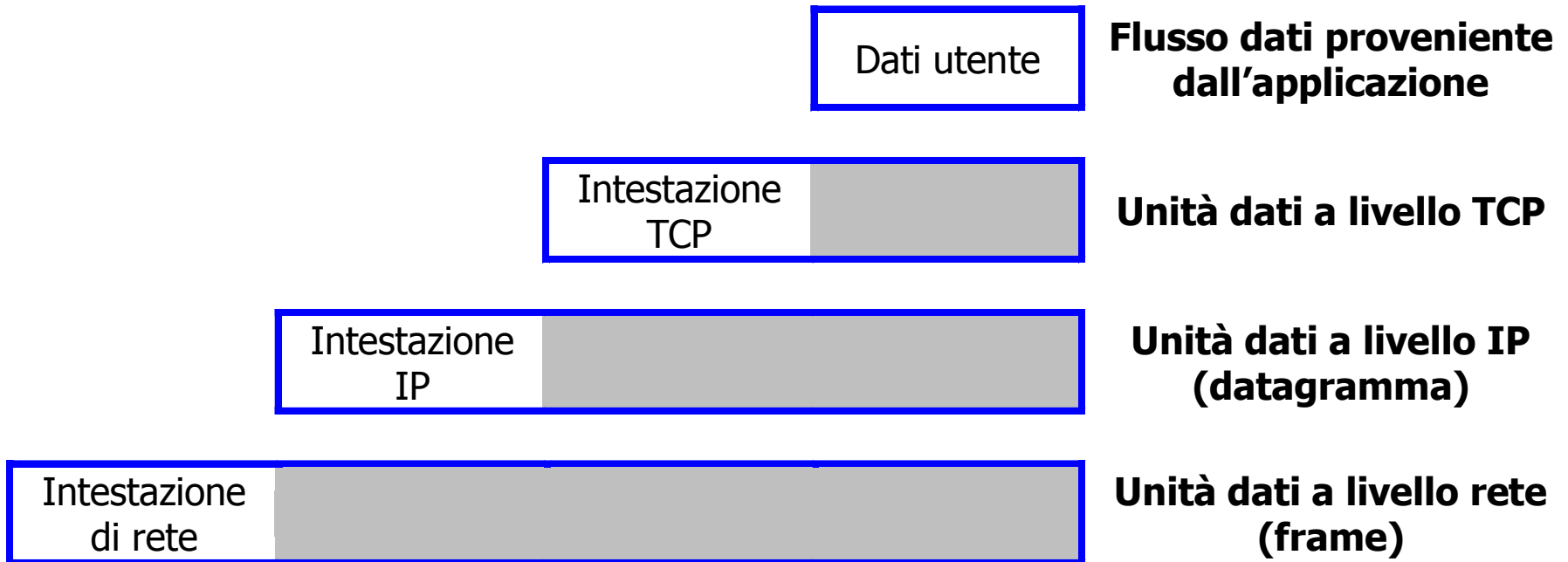
- ▶ Schema di indirizzamento generale su due livelli: indirizzo IP + porta TCP
 - ▶ **Indirizzo IP**
 - ▶ indirizzo associato a ogni calcolatore collegato a una sottorete;
 - ▶ si tratta di un indirizzo **Internet** globale unico, utilizzato da IP per l'instradamento e la consegna dei pacchetti.
 - ▶ **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”.

Affidabilità su TCP/IP

- ▶ IP è un protocollo **connectionless** (non orientato alla connessione)
 - ▶ frammenta il messaggio in datagrammi (o pacchetti);
 - ▶ 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).

Organizzazione dei messaggi in dettaglio

- ▶ I messaggi sono organizzati in pacchetti (datagrammi)
- ▶ **Pacchetto** =
 - ▶ Intestazione:
 - ▶ Indirizzo del calcolatore destinatario
 - ▶ Num. Progressivo del pacchetto
 - ▶ Parte del messaggio che gli compete

Trasmissione dei messaggi in sintesi

- ▶ **Fasi della trasmissione di un messaggio:**

 - 1. Invio

 - 2A. Ricezione e controllo indirizzo (reinvio)

 - 2B. Ricezione e controllo (ricostruzione).

- ▶ **Il protocollo TCP garantisce un trasferimento dati affidabile:**

 - ▶ Converte i dati provenienti dal livello superiore in pacchetti

 - ▶ Stabilisce una connessione con il calcolatore destinatario e la controlla

 - ▶ È responsabile della ritrasmissione di eventuali pacchetti alterati

- ▶ **Il protocollo IP gestisce l'attraversamento di reti interconnesse**

 - ▶ Decide le strade dei pacchetti (*routing*)

 - ▶ Definisce lo schema di indirizzamento: indirizzo IP.

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’utilizzo.



DNS

- ▶ Il nome DNS di un calcolatore è costituito da una successione di stringhe alfanumeriche separate da punti (per esempio, kerala.dsi.unive.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
 - ▶ ...

Il riconoscimento delle risorse su Internet

- ▶ A livello di macchina:
 - ▶ IP address: es. 157.138.20.116
 - ▶ DNS: es. kerala.dsi.unive.it

- ▶ A livello di file:
 - ▶ URL: es. <http://www.dsi.unive.it/~prog1/>

- ▶ A livello di utente:
 - ▶ Email address: es. pippo@unive.it

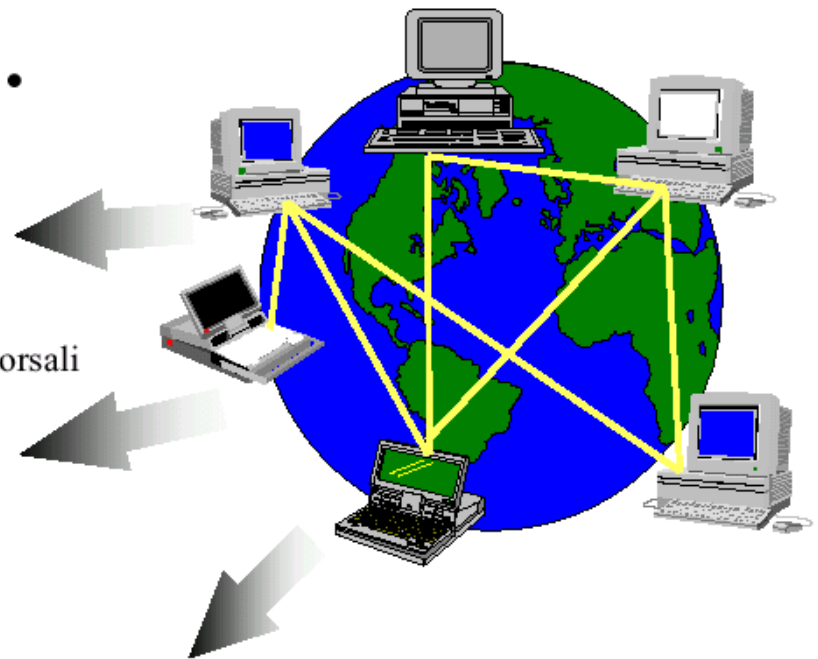
Internet è....

Una *rete di reti* basate su un protocollo di comunicazione comune (TCP/IP)

Collega 60.000 reti per oltre 60 milioni di calcolatori (Dorsali (2-45 MB) e alberi di reti Ethernet, TR, FDDI, ATM)

Un insieme di risorse disponibili
("l'ho trovato su Internet")

L'insieme delle persone che la utilizzano
("siamo collegati ad Internet")

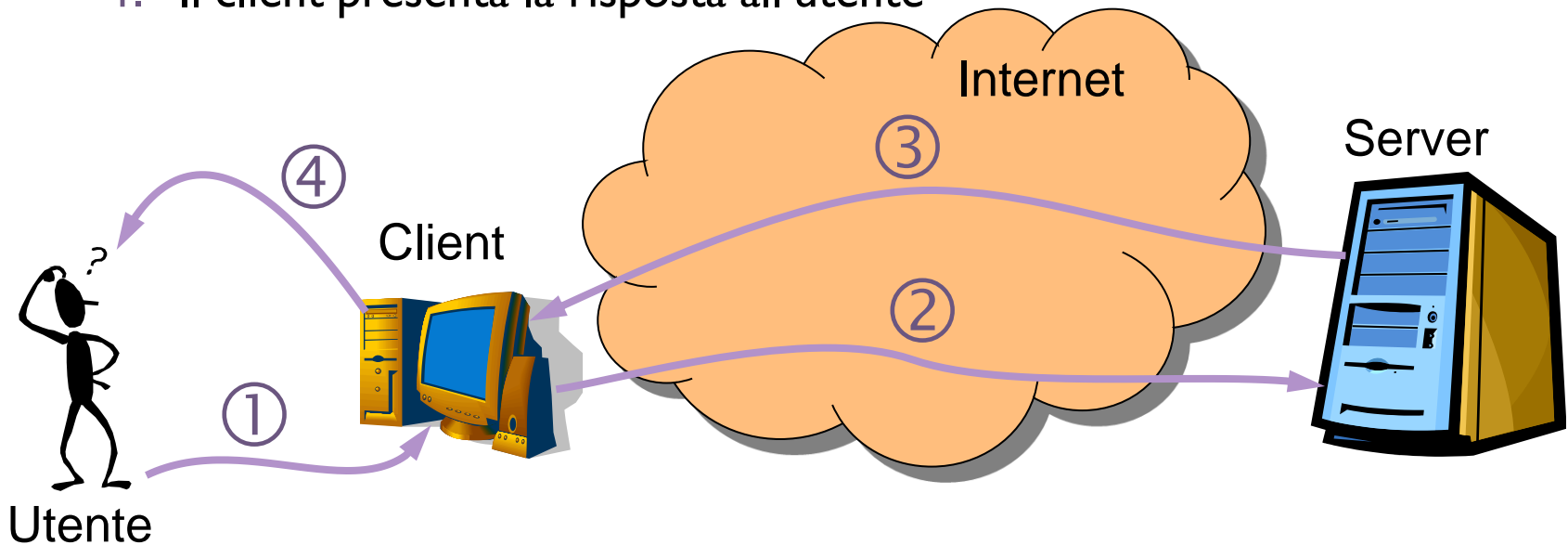


Internet

- ▶ Non esiste un proprietario unico ma alcune associazioni che si occupano della gestione tecnica e degli standard.
- ▶ Internet appartiene a tutti.
- ▶ ... ma ognuno paga le sue spese, cioè il costo del collegamento della sua sottorete alla rete globale.
- ▶ Nessuno paga per Internet...

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



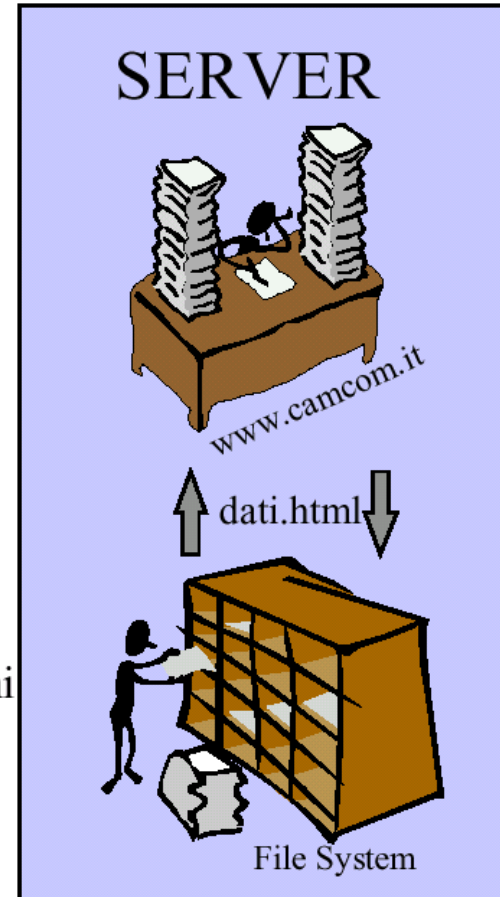
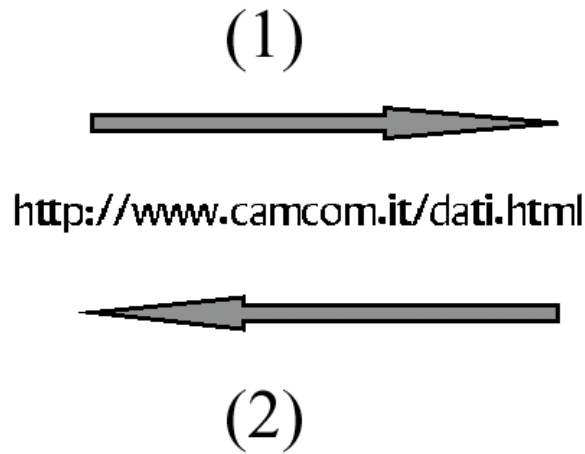
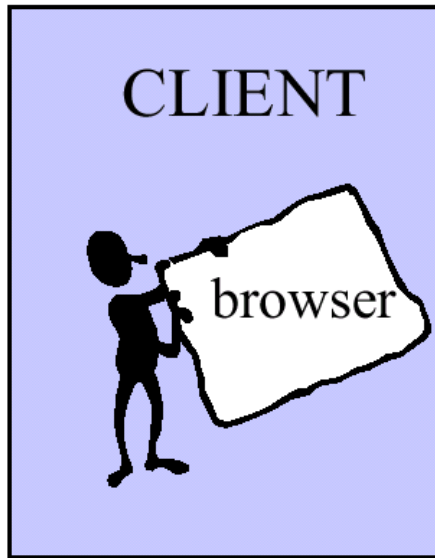
Il client

- ▶ 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!

(1): CLIENT: salve, mi serve il documento *dati.html*



(2): SERVER: ok, eccolo qui. Attenzione contiene 2 immagini tipo GIF

CLIENT: nessun problema, lo passo ad un programma di visualizzazione che riconosce quel formato

I servizi disponibili

- ▶ Il login remoto (Telnet)
- ▶ Il trasferimento di files (FTP)
- ▶ La posta elettronica (EMail)
- ▶ L'accesso al World Wide Web (WWW)
- ▶ L'accesso ai gruppi di discussione (news)
- ▶ I canali per “parlare” argomenti particolari (IRC - Internet Relay Chat)
- ▶ I servizi di VoIP (Skype)
- ▶ Wiki e servizi di lavoro cooperativo

Servizi di Internet

	Sincrono	Asincrono
Utente-Utente	chat	e-mail
Utente-Macchina	telnet/ftp	http

Telnet

- ▶ Il protocollo **TELNET** consente di emulare sulla rete la presenza di un terminale video collegato a un computer remoto
- ▶ Si può agire su una macchina remota come se fosse sulla stessa stanza
- ▶ Per maggior sicurezza si usa il protocollo **SSH** (Secure Shell) che consente di crittografare le informazioni trasmesse

SmtP

- ▶ È possibile inviare messaggi a qualunque corrispondente dotato di un indirizzo e-mail
- ▶ L'e-mail si usa tramite specifiche applicazioni che risiedono sulla macchina utente (Eudora, Outlook) o il browser Web
- ▶ Indirizzo di posta elettronica:
 - ▶ es: pippo@dsi.unive.it
 - ▶ Ogni messaggio diretto al nostro indirizzo viene ricevuto e archiviato dal server, il quale provvede a farcelo consultare quando ci colleghiamo

News, blog, chat

- ▶ **News:** paragonabili a bacheche contenenti brevi articoli aggiornati continuamente e leggibili da tutto il mondo
- ▶ **Blog:** una forma di diario pubblico
- ▶ **Chat:** permettono una comunicazione scritta in tempo reale tra due o più persone interessate allo stesso argomento

NTP

- ▶ **NTP** (*Network Time Protocol*): consente la diffusione dell'ora esatta sui computer di tutto il mondo

VoIP

- ▶ E' possibile trasformare i suoni catturati da un microfono in sequenze di bit e poi ottenere segnali elettrici per alimentare un altoparlante.
- ▶ **Protocolli VoIP:**
 - ▶ Protocolli di Segnalazione (SIP, H.323)
 - ▶ Protocolli di Trasporto per i “pacchetti voce” (RTP&RTCP, RTSP)
 - ▶ Protocolli di supporto:
 - ▶ All'attraversamento di Firewall (STUN, TURN)
 - ▶ Alla Quality of Service (RSVP, COPS)

Intranet

- ▶ Rete intra-aziendale basata sugli standard Internet
- ▶ Oltre alla connessione interna si può accedere ad Internet mediante un gateway
- ▶ Un firewall protegge da accessi indesiderati