

IL SISTEMA OPERATIVO

un **insieme di programmi** che svolgono funzioni di **servizio**

parte essenziale del **software di sistema** (o di base)

non svolge funzioni applicative, ma ne costituisce un supporto

Esempi di software NON di base (**SOFTWARE APPLICATIVO**)

- programmi di utilità (Word, Excel,...) spesso forniti insieme al sistema operativo
- ambienti di programmazione (compilatore C...)
- pacchetti applicativi (Autocad, matlab...)
- programmi o applicazioni sviluppate dall'utente

Il Sistema Operativo è organizzato a **livelli funzionali** (struttura a cipolla)

Nozione di Macchina Virtuale:

ogni livello

- fornisce funzionalità ai livelli superiori
- nasconde dettagli della realizzazione delle funzionalità

STRUTTURAZIONE A LIVELLI DEL SISTEMA OPERATIVO

- **MACCHINA FISICA (HARDWARE)**
- **Gestione della CPU (nucleo)**
- **Gestione della memoria di lavoro**
- **Gestione delle unità periferiche**
- **Gestione dei file (File System)**
- **Gestione dell'interfaccia utente (interprete comandi)**
- **Gestione delle comunicazioni in rete**

Programmi usufruiscono dei servizi del Sistema Operativo

mediante le **chiamate di sistema**

come se fossero normali sottoprogrammi

NB. Spesso chiamate di sistema non effettuate da un programma

ma piuttosto da funzioni di libreria che il programma invoca

Esempio: funzioni di I/O del linguaggio C

TIPI DI SISTEMA OPERATIVO

SISTEMA OPERATIVO MONOUTENTE (macchina dedicata a singolo utente)

➤ **monoprogrammato**

- un solo programma applicativo in esecuzione
- un solo programma applicativo caricato nella memoria di lavoro

➤ **multiprogrammato (multitasking)**

- esecuzione *concorrente* di più programmi applicativi
(programma in esecuzione = **processo**)
- più programmi applicativi caricati in memoria di lavoro

SISTEMA OPERATIVO MULTIUTENTE (macchina dedicata a più utenti)

utenti utilizzano la macchina contemporaneamente

il S.O. la “virtualizza” e la mostra "dedicata" a ciascun utente

- virtualizzazione delle "risorse" (CPU, memoria di lavoro, dischi, stampanti)
- implementazione di meccanismi per garantire
assenza di interazione se non necessaria
corretta cooperazione se necessaria

GESTIONE DELLA CPU (NUCLEO)

principali funzioni fornite:

Gestione delle interruzioni (interrupt)

segnali generati da periferiche

per **sincronizzazione e trasferimento dei dati**

Gestione dell'orologio di sistema

variabile interna di sistema rappresenta la data e l'ora

Gestione dei processi

processo = programma in esecuzione

per sistemi multitasking (mono-utente o multi-utente)

gestire e assegnare a questi l'uso dell'**unica CPU**

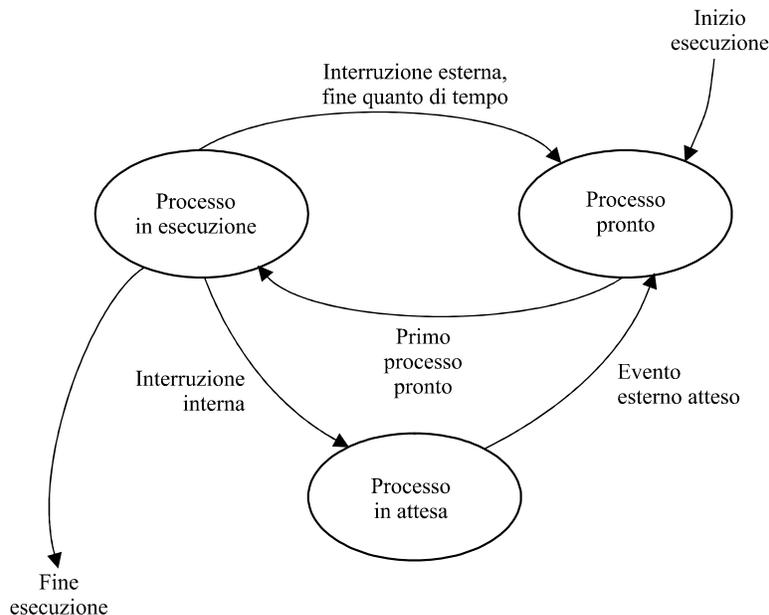
virtualizzazione

programmi risultano in esecuzione contemporanea

come se ognuno avesse una sua CPU

gestione dei processi è "trasparente" al programma e all'utente

diagramma degli stati di un processo (transizioni gestite dal nucleo)



NB: il diagramma assume già risolta la risposta alle interruzioni

Stati di un processo

in esecuzione: assegnata la CPU al processo ed eseguito il suo codice

in qss momento un solo processo è in esecuzione (è disponibile una sola CPU)

pronto: può essere eseguito ma CPU non disponibile (assegnata a un altro processo)

più processi possono essere in stato di pronto

"ordinati" in una coda in base a relativa priorità

in attesa: non può proseguire l'elaborazione

attende completamento di operazione di input/output (da lui stesso richiesta)

più processi possono essere in stato di attesa

GESTIONE DELLA MEMORIA DI LAVORO (1)

partizione della memoria di lavoro tra

i programmi applicativi e il Sistema Operativo stesso

i diversi programmi applicativi

Gestione della memoria virtuale

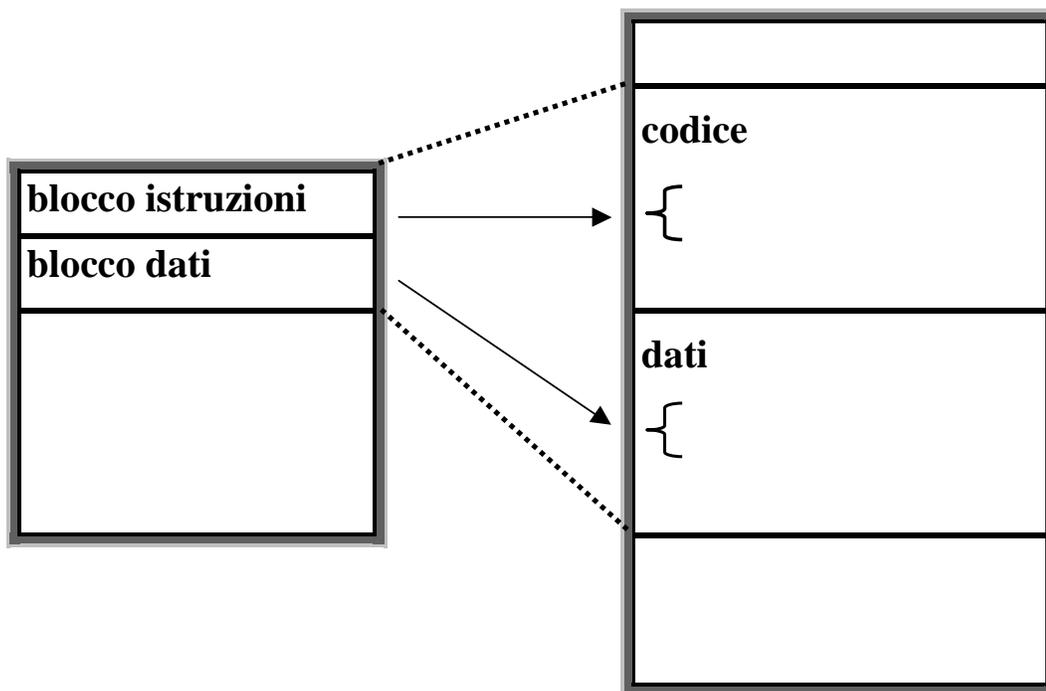
a programma applicativo assegnata **area di memoria di lavoro** (virtuale)

maggiore dell'area di memoria fisica effettivamente allocata al programma stesso

- in memoria centrale solo una parte del programma e dei suoi dati
- caricate (e scaricate) da memoria di massa
parti di codice e dati che risultano necessarie, di volta in volta

memoria centrale

memoria virtuale



GESTIONE DELLE UNITÀ PERIFERICHE

- Verifica se il dispositivo periferico è collegato
- Gestione dei trasferimenti di singole unità
(byte, pacchetti di byte o formati più complessi)
- transcodifica e verifica di correttezza del dato

Esempi:

Tastiera - da pressione tasto generata la codifica ASCII

Stampante - rilevate anomalie, come “assenza di carta”

Video - trasformazione codice ASCII in matrice di punti sullo schermo

Tra le periferiche più complesse la **memoria di massa (disco)**

- **comandi di spostamento della testina magnetica**
- **gestione di meccanismo hardware** (DMA = Direct Memory Access)
per trasferire grossi blocchi di informazione

GESTIONE DEL FILE SYSTEM (1)

Gestione della struttura gerarchica
albero dei direttori e dei file

Identificazione univoca dei file.

pathname = percorso nell'albero dei direttori fino al file

Gestione attributi dei file

- data e ora di creazione o dell'ultima modifica
- dimensioni, espresse in numero di byte
-

gestione corrispondenza tra

pathname di file e

porzioni del disco in cui il file è memorizzato

gestione delle porzioni del disco occupate e libere

GESTIONE DELL'INTERFACCIA UTENTE

interfaccia costituita di un **interprete di comandi**

utente utilizza un **Linguaggio di Comando** per

chiedere informazioni

impartire ordini

comandi sono forniti

da **tastiera** o

tramite **mouse**,

con eco (visualizzazione dei comandi) e risposte su **video**.

- gestione del video in modo **alfanumerico** (tipica di MS-DOS)
linguaggio di comando **testuale**
comandi digitati su **tastiera** (**parole chiave** e **nomi** di eventuali file interessati)

- gestione del video in modo **grafico** (tipica di Windows)
uso della *metafora della scrivania* (**desktop**)
comandi impartiti con il **mouse**
puntando e “cliccando” su **icone** e **bottoni**
riempiendo campi di maschere

Risorse per le quali sono previsti dei comandi

Programmi eseguibili

Caricamento in memoria operativa e lancio dell'esecuzione

File di tutti i tipi

Richiesta di elenchi di file e direttori contenuti nella memoria di massa

Copiatura, spostamento e cancellazione di file

Creazione di nuovi direttori

Passaggio da un direttorio corrente a un altro

Unità periferiche

Modifica configurazione di periferiche

Richiesta informazioni sullo stato (funzionante, occupata, ecc.) di una periferica

GESTIONE DELLE COMUNICAZIONI IN RETE

Protocollo =

insieme di regole e convenzioni per l'interazione tra entità comunicanti

il più diffuso **protocollo** gestire reti è

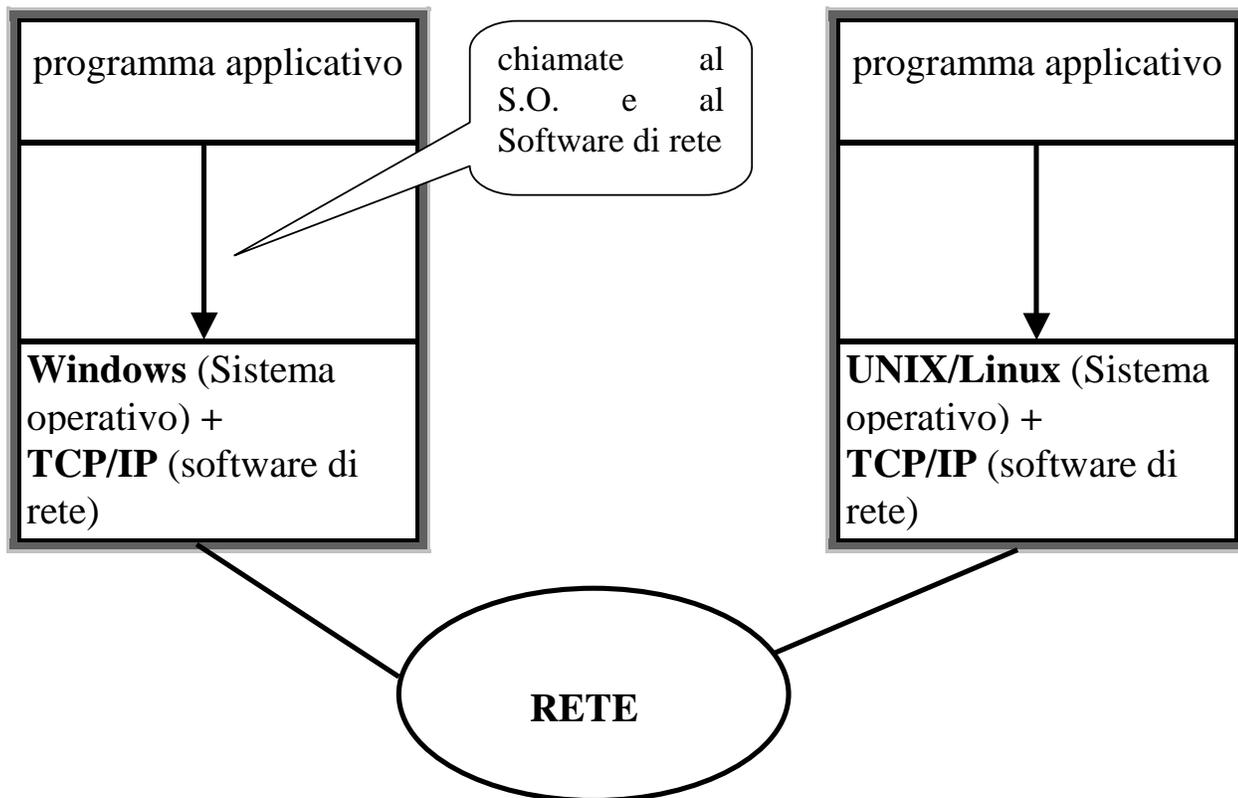
il **software di rete TCP/IP** (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

utilizzato anche in **Internet**

TCP/IP definisce i **servizi di rete** disponibili in maniera astratta

ogni Sistema Operativo fornisce

interfacce specifiche per le chiamate ai servizi di rete



RETI DI CALCOLATORI

Complesso sistema di collegamenti tra unità di elaborazione (i **nodi della rete**) che consente

- lo *scambio di dati*
- la *comunicazione*
- la *cooperazione e*
- lo *scambio di servizi*

Servizi disponibili nelle reti di calcolatori

- posta elettronica (veloce come una telefonata, asincrona come la posta ordinaria)
- Bulletin Board Systems (sistemi di scambio di informazioni tra utenti con interessi e problematiche comuni)
- File transfer
- Terminale virtuale
- Condivisione di risorse
 - dischi
 - stampanti
 - periferiche
- Banche dati

Categorie di reti

LAN (Local Area Network)

- velocità: 10 Mbps – 10 Gbps
- estensione/distanza tipicamente inferiori ai 10 km
- connettono elaboratori in un edificio o in un ristretto comprensorio *privato*
- apparecchiature di proprietà di un'organizzazione non necessariamente pubblica
- sono definite delle topologie standard (a stella, ad anello, a bus condiviso)
- protocolli di trasmissione standardizzati (Ethernet, Fast Ethernet, Token Ring)

MAN (Metropolitan Area Network)

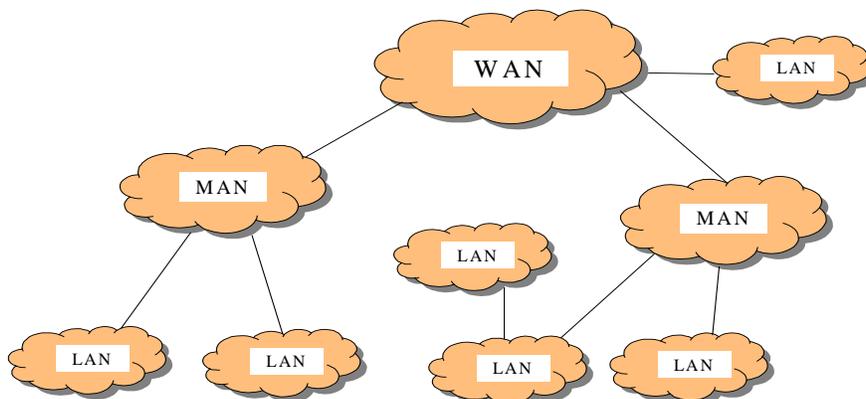
- limitate all'ambito urbano
- velocità: 56 Kbps - 1 Gbps
- a topologia mista (possono essere viste come LAN collegate)

WAN (Wide Area Network)

- velocità varia ampiamente in dipendenza di
 - mezzo trasmissivo (supporto fisico)
 - traffico
 - disponibilità di servizi
- distanza geografiche (migliaia di km)
- a topologia mista

INTERNETWORKS (Internet)

tra reti con architettura (organizzazione e struttura) diverse ci sono *gateways*



ARCHITETTURE DI RETE ISO/OSI E TCP/IP

Organizzazione del SW e dell'HW strutturata in livelli e chiamata *architettura di rete*

Compatibilità tra sistemi diversi (interoperabilità) \Rightarrow necessità di definire *standard*

molto più semplice

definire *uno* standard a cui far adeguare *n* costruttori che

definire $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$ meccanismi di conversione tra *n* tecnologie incompatibili

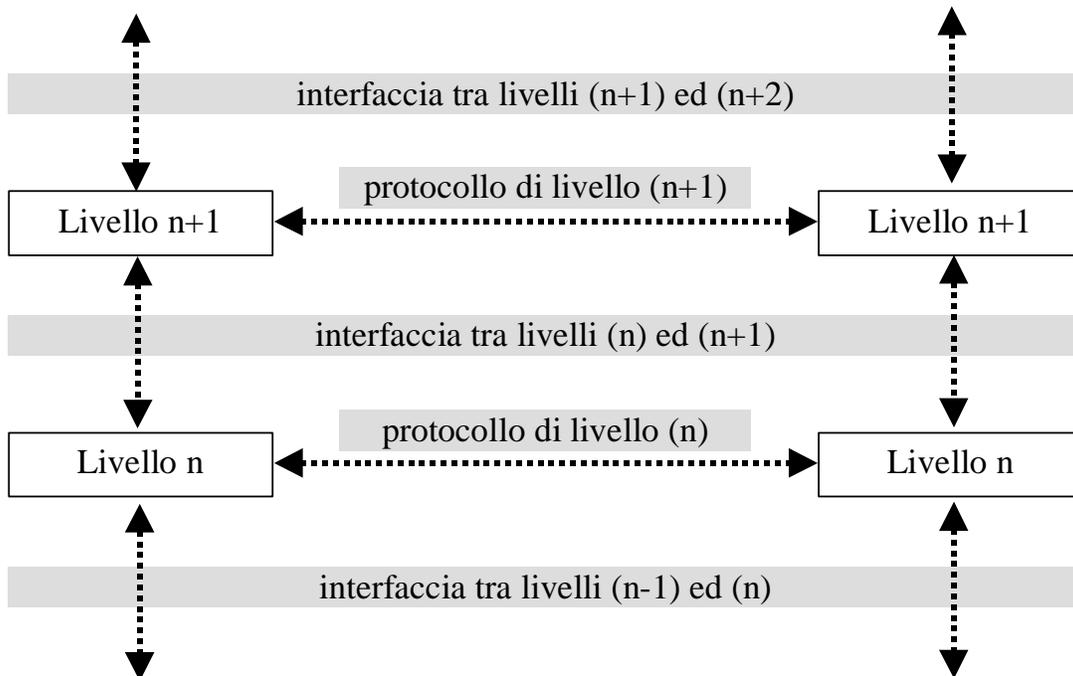
ISO (International Standard Organization) ha definito (nel 1978)

il modello di riferimento OSI (Open Systems Interconnection)

per la realizzazione di standard aperti

Definizioni:

- **Architettura di rete:** gerarchia di livelli indipendenti che contengono moduli atti a svolgere funzioni specifiche in accordo a regole e relazioni stabilite (protocolli e interfacce)
- **Protocollo:** regole e convenzioni per l'interazione tra entità comunicanti
- **Interfacce:** regole e convenzioni per l'interazione tra moduli di livelli adiacenti



Al livello più alto, le entità comunicanti di ultima istanza (le *applicazioni informatiche*)

Al livello più basso, il mezzo di trasmissione fisico (e.g., cavo, onde radio, ...)

Ogni modulo di un livello

comunica direttamente (attraverso l'interfaccia) solo con i livelli adiacenti

usa i servizi forniti dal modulo di livello sottostante

fornisce i servizi al livello superiore

comunica indirettamente (attraverso il protocollo) con il modulo allo stesso livello

modello ISO/OSI definisce 7 livelli di protocollo

di applicazione	offre servizi direttamente utilizzabili dall'utente. E' l'insieme delle interfacce per i programmi applicativi che utilizzano la rete (API)
di presentazione	offre servizi direttamente utilizzabili dall'utente. Offre funzioni, non indispensabili, relative al formato delle informazioni da trasferire (e.g., compressione, crittografia, conversione caratteri ASCII-BCD)
di sessione	offre servizi direttamente utilizzabili dall'utente. Gestisce una sessione di lavoro tra due utenti collegati in rete, stabilisce e controlla il dialogo (protocolli diversi per tipologie di sessioni)
di trasporto	Gestisce la trasmissione dei dati da trasferire tra un mittente e un destinatario, eventualmente suddividendo i dati in messaggi o pacchetti di dimensioni inferiori
di rete	Gestisce la trasmissione del singolo messaggio (o pacchetto) tra un mittente e un destinatario e stabilisce il percorso attraverso nodi intermedi (routing)
di collegamento dati	Definisce le regole di trasmissione tra due nodi fisicamente adiacenti
fisico	Definisce la trasmissione dei singoli bit lungo il canale fisico

Modello ISO/OSI ha avuto numerosi problemi, derivanti da

- complessità
- cattivo tempismo
- assenza di implementazioni commerciali

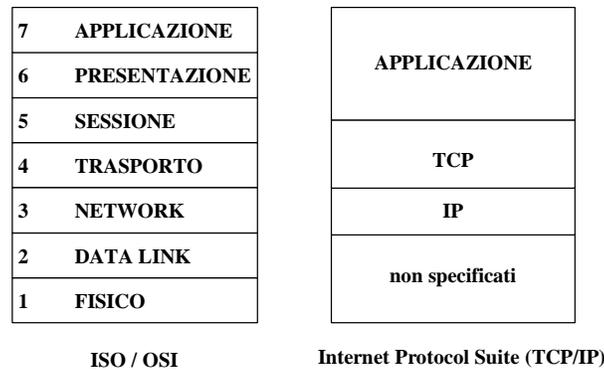
⇒ non ha avuto quasi alcuna diffusione

Si è diffusa altra architettura di rete

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) o Internet Protocol Suite
diventato standard *de facto*

non include specifiche per i livelli più bassi

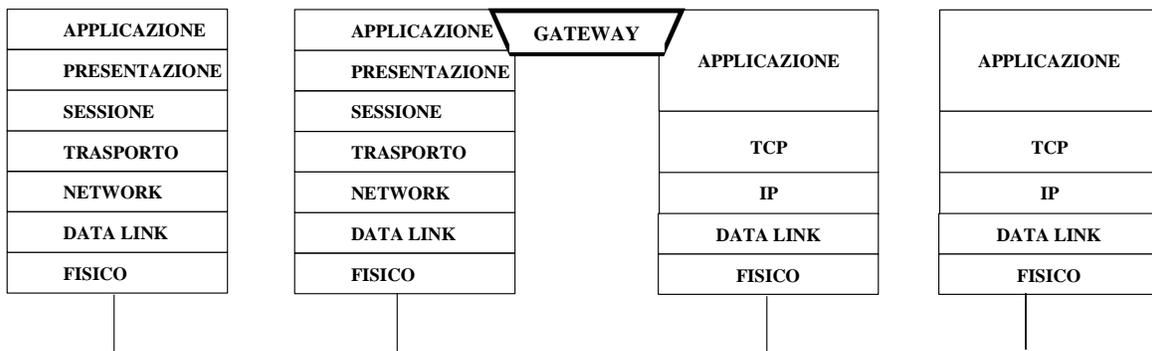
Modello ISO/OSI rimane importante riferimento concettuale, molto citato in tutta la letteratura



Reti eterogenee non possono interoperare direttamente perché usano protocolli diversi

Apparecchiature, dette *gateway*, operano a livello di applicazione

traducono funzionalità di una rete in quelle di un'altra, permettendo interazione



Noi facciamo rassegna degli aspetti rilevanti del networking

partendo dai livelli bassi del modello ISO/OSI e andando verso l'alto

in modo incompleto e non del tutto sistematico

facendo occasionalmente notevoli semplificazioni

MODULAZIONE DEI SEGNALI

Alcuni canali trasmissivi di grande diffusione (linee telefoniche)

costruiti per portare un segnale analogico (che varia con continuità)

NON un segnale digitale binario (con due soli valori)

⇒ per trasmettere segnale digitale su linea telefonica

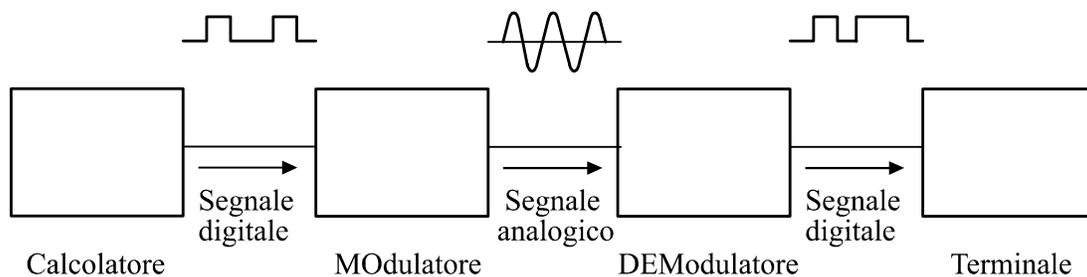
occorre effettuare conversioni

all'invio da digitale ad analogico (modulazione)

all'arrivo da analogico a digitale (demodulazione)

un solo dispositivo fa tutto ciò per una macchina a una delle estremità del collegamento

MODEM: MOdulatore - DEModulatore



TOPOLOGIA DI RETI

rete a stella nodo centrale collegato a nodi periferici

ruolo dell'elaboratore centrale è fondamentale

l'efficienza del sistema dipende dall'efficienza del suo centro

nodo centrale è più potente degli altri

adatto a organizzazioni centralizzate (es. Banca: sede centrale e filiali)

limite fondamentale: vulnerabilità, se non funziona il centro non funziona nulla

rete ad anello elaboratori disposti lungo circuito chiuso

tutti nodi hanno stessa importanza

messaggi circolano lungo il circuito (*treno di messaggi*)

i messaggi arrivano anche a nodi diversi dai destinatari

caduta di uno dei nodi è dannosa ma può essere "tollerata"

(occorre predisporre opportuni meccanismi)

rete a bus tutti nodi disposti lungo unica connessione (bus)

bus utilizzato per brevi periodi di tempo

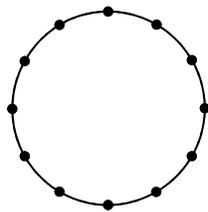
in esclusiva da coppie di nodi che scambiano messaggi

poi "rilasciato"

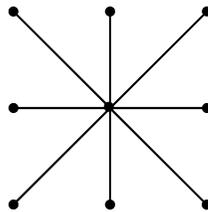
topologia molto diffusa per reti locali (Ethernet)

topologia a maglia, o irregolare: è un grafo generico

frequente nelle reti MAN e WAN



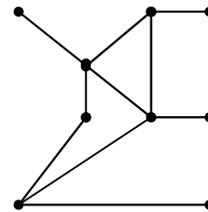
Rete ad anello



Rete a stella



Bus



Topologia irregolare

UN ESEMPIO DI LAN: Ethernet

sviluppata nei laboratori di ricerca della Xerox di Palo Alto
adottata come standard comune da Xerox, Intel e Digital
diventata standard e diffusissima

forma originale della rete

cavo coassiale

lunghezza ≤ 500 m

velocità di trasmissione di 10 Mbit/s; recentemente 100 Mbit/s e oltre ...

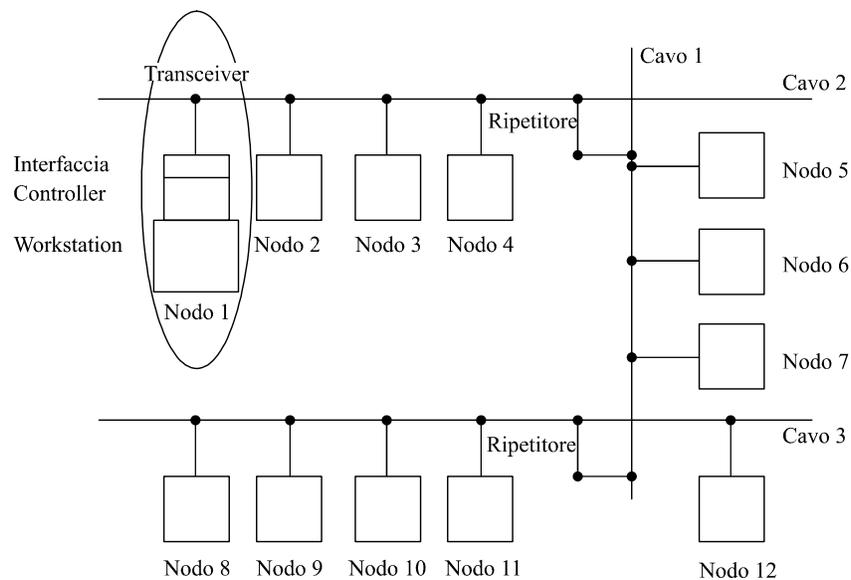
topologia a bus

ogni nodo collegato a rete tramite dispositivo **transceiver** (responsabile trasmissione)

dietro a questo **interfaccia** (responsabile conversione bit \Leftrightarrow byte)

dietro a questa **controller** (responsabile sincronizzazione con altri nodi CSMA/CD)

due cavi Ethernet collegabili tramite dispositivo **ripetitore**
ma una trasmissione può coinvolgere al più due ripetitori



metodo di trasmissione CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection*)

molto diverso da quello sul bus di sistema di un calcolatore

(in cui CPU fa da *master* e tutti gli altri da *slave*)

invece con CSMA/CD la rete si *autoregola*

in CSMA/CD ogni nodo comunica con altri in modo asincrono e indipendente

non assegnato a nessun nodo un ruolo *master* a priori

fasi della comunicazione CSMA/CD:

- un nodo che vuole comunicare ascolta se sulla rete già in corso comunicazione (*carrier sense*)
- se nessuna trasmissione in corso, tutti possono attivare comunicazione (*multiple access*)
- se più nodi trasmettono contemporaneamente ⇒ *collisione*
messaggi arrivano incomprensibili per entrambi
trasmissione va quindi ripetuta
 - nodi “mittenti” si accorgono della collisione (*collision detection*)
 - ritrasmettono ciascuno i propri messaggi
 - per evitare nuova collisione attendono per un tempo *di lunghezza casuale*

(sorprendentemente) funziona molto bene

Esempio interessante di algoritmo casuale che dà origine a

comportamenti prevedibili e stabili

utilizzo efficiente delle risorse

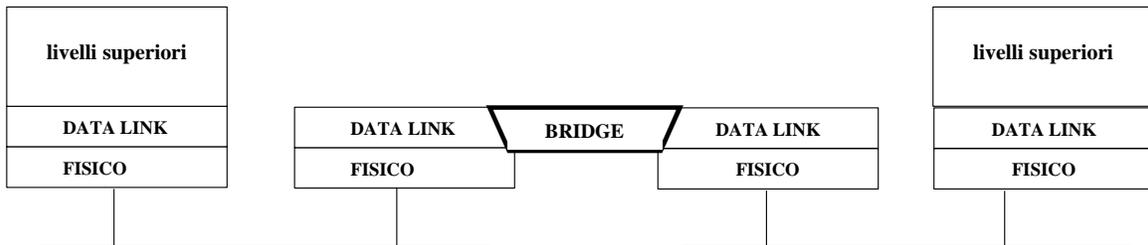
Evoluzioni più recenti:

- topologia da bus a stellare aggiungendo *repeater* (detti anche *hub* o *concentratori*)
- da cavo coassiale a doppino
- aumenta velocità
 - Ethernet versione originaria 10 Mbps
 - Fast Ethernet 100 Mbps
 - Gigabit Ethernet 1 Gbps

Reti locali hanno limiti di

- estensione
- numero nodi collegati
- prestazioni (calano al crescere della rete, in estensione fisica e/o numero nodi)

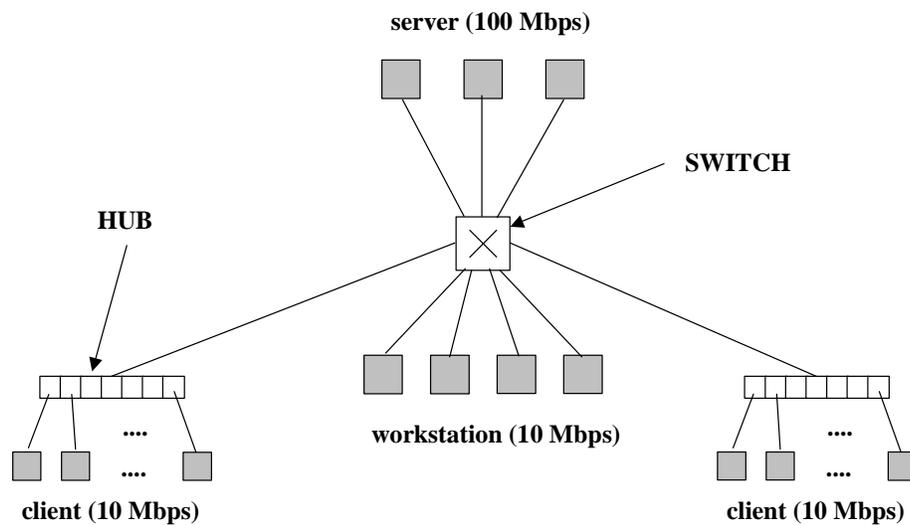
Due reti locali collegabili con un *bridge* (a livello 2 del modello ISO/OSI)



Bridge Multiporta (switch)

- gestisce (connette) più di due LAN
- gestisce simultaneamente più di due coppie di porte
- porte diverse a velocità diverse

⇒ si va verso MAN



RETI GEOGRAFICHE (WAN)

Due temi principali

- tecnologie di collegamento
- tecniche di instradamento (aspetti topologici)

Tecnologie di collegamento

(NB: NON supporto fisico ma tecniche di condivisione del canale)

⇒ Multiplexing (MPX): tecnica per dividere canale in più canali indipendenti; MPX a divisione di

- spazio: banalmente, tanti “cavi” per tanti canali; corrispondenza “cavi” \leftrightarrow canali è fisica e invariante nel tempo (statica)
- frequenza: canali diversi modulati su frequenze diverse (come nella TV)
- tempo: stesso mezzo fisico assegnato a turno ai diversi canali, come la CPU in un sistema multiprogrammato a partizione di tempo

Tecnologie di collegamento

⇒ Commutazione: tante trasmissioni diverse, su una rete con topologia a grafo generico, hanno origine e destinazione diverse; non esistono, in generale, collegamenti diretti tra qualsiasi coppia di nodi ⇒ servono meccanismi di *commutazione* per connettere mittente e destinatario

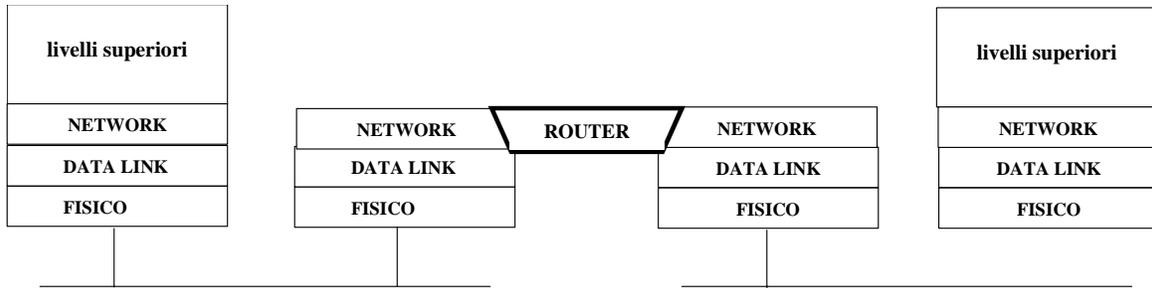
- CONNESSIONE A COMMUTAZIONE DI CIRCUITO

- connessione fisica diretta (punto a punto) tra 2 nodi (stabilito un circuito usato in modo esclusivo per tutta la durata della trasmissione) (in realtà richiede spesso attraversamento di altri nodi)
- una volta stabilita dura per tutta la trasmissione
- garantisce una certa banda (ad es. 64 Kbps)
- tipicamente basata sulle linee telefoniche (tradizionalmente usata per connessioni telefoniche)
- sfruttamento della banda del canale è spesso limitato e discontinuo
- caratterizzata da elevati costi per connessione

- CONNESSIONE A COMMUTAZIONE DI PACCHETTO

- dati da trasferire suddivisi in pacchetti di dimensione variabile (poche centinaia di byte)
- *ogni pacchetto* è corredato da informazioni (destinatario e il n. d'ordine, etc.) per ricostruire in modo corretto i dati dai vari pacchetti dopo la ricezione
- trasmesso un pacchetto alla volta; ogni nodo che riceve un pacchetto lo ritrasmette, se non è il destinatario
- non viene garantito il percorso seguito dai pacchetti
 - ogni pacchetto può effettuare un percorso fisico diverso
 - garantita la ricostruzione dei dati
- richiede tecniche molto efficienti di instradamento dei pacchetti
- vantaggi
 - sfrutta maggiormente le linee di trasmissione
 - permette comunicazioni simultanee

Instradamento (Routing)



Un Router

- ⇒ sta su un nodo della rete geografica
- ⇒ instrada i messaggi (pacchetti) sulla base di
 - loro indirizzo
 - topologia della rete
 - stato attuale (così come conosciuto) degli altri nodi e router
 - criteri di ottimizzazione di
 - lunghezza del cammino da far percorrere al pacchetto
 - velocità di trasmissione
 - intensità del flusso complessivo dei dati
 - ...
- ⇒ usa algoritmi e strutture di dati complessi (tabelle di instradamento...)
- ⇒ Router collocato usualmente a livello 3, ma alcuni usati per suddividere reti locali in più reti, per esigenze di sicurezza, efficienza o dimensione (no. max di nodi)

Schema riassuntivo dei diversi dispositivi di collegamento tra parti di reti, a diversi livelli

Livello Applicazione	Application Gateway
Livello Trasporto	Transport Gateway
Livello Rete	Router
Livello Dati	Bridge, Switch
Livello Fisico	Repeater, Hub

Indirizzi IP e nomi simbolici

Una rete di reti è detta **internet**

ogni calcolatore collegato a internet ha **indirizzo** (indirizzo IP) con caratteristiche:

- univoco, due macchine diverse hanno indirizzo IP diverso
- composto da un **netid** e da un **hostid** (per un totale di 32 bit)
- tutte le macchine di una stessa rete hanno lo stesso netid

esempio: (32 bit = 4 byte = netid+hostid) **131.175.31.1**

1° byte	2° byte	3° byte	4° byte
131	175	21	1
<i>rete</i>		<i>sottorete</i>	
netid			hostid

NB: allocazione dei bit alle parti (rete, sottorete, host (=computer)) non è così semplice

Problema: come ottimizzare l'uso dei 2^{32} indirizzi evitando che ne rimangano di inutilizzati?

- e.g., una rete con 10 sottoreti ⇒ 246 numeri per sottorete sprecati
- una sottorete con 50 host ⇒ 206 valori di hostid sprecati
- una sottorete con 500 sottoreti ⇒ non basta un byte per la sottorete

⇒ indirizzi IP divisi in **CLASSI**

per raggruppare reti e sottoreti sulla base del numero di sottoreti e host, rispettivamente
divisione in classi è molto complessa ed è stata cambiata recentemente

Nomi simbolici

esempio: l'indirizzo **131.175.31.1** corrisponde a **morgana.elet.polimi.it**

nome_simbolico_macchina (**morgana**) + nome_simbolico_dominio (**elet.polimi.it**)

indirizzi organizzati in modo gerarchico (come quelli postali!)

evita di confondere Via Mazzini di Torino con quella di Firenze

circa 200 domini di livello più alto, suddivisi in sottodomini etc.

un dominio di livello foglia può contenere un singolo elaboratore (host) o migliaia

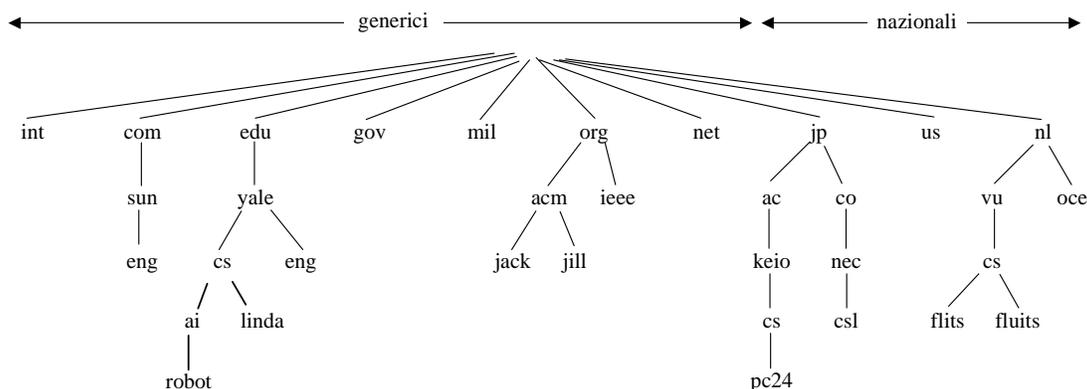
due tipi di domini di primo livello:

- generici (com, edu, gov, org, net, ...) usati prevalentemente dagli USA, e
- nazionali (it, fr, uk, ...)

ogni dominio controlla allocazione suoi sottodomini

Giappone (jp) ha due sottodomini (*ac* e *co*) simili a *edu* e *com* degli USA

Italia non fa particolari distinzioni, definibili nomi arbitrari già dal secondo livello



Esempi: eng.yale.edu (Università di Yale, Dip. di English, Stati Uniti)
cs.vu.nl (Vrije Universiteit, Dip. Comp. Sci. Olanda (The Netherlands))
cs.keio.ac.jp (Università di Keio, Dip. Comp. Sci., Giappone)

NB: denominazione dei domini segue la **struttura amministrativa**, non quella della rete
⇒ calcolatori nello stesso edificio possono appartenere a domini di primo livello diversi

trasformazione nomi simbolici ⇔ indirizzi numerici (indirizzi IP)

svolto dal servizio **DNS** (Domain Name Service) offerto da TCP/IP

Alquanto complesso, non entriamo nel merito

PROTOCOLLI APPLICATIVI

APPLICAZIONE DISTRIBUITA

insieme di programmi coordinati per svolgere una determinata funzione
programmi eseguiti su calcolatori diversi connessi tramite una rete

MODELLO CLIENT/SERVER

applicazioni distribuite usualmente realizzate secondo
modello di comunicazione Client/Server

- ◆ **processo Server** offre un servizio ad altri processi
 - accetta richieste che arrivano attraverso la rete da altri processi (clienti)
 - esegue il servizio e (se richiesto) fornisce risultato al richiedente
- ◆ **processo Client**
 - richiede dei servizi ad un processo Server
 - ne attende una risposta

Esempio "facile" di applicazione distribuita: Browser WEB+ WEBServer

- processo server WEBServer: gestisce le pagine WEB di un certo sito
- processo client Browser che invia al WEBServer richieste di pagine da visualizzare

Nel protocollo http è importante la nozione di URL (Uniform Resource Locator)

tipo :// host . dominio [:port] / path / filename

dove

- 'tipo' è il tipo di risorsa:
 - file (localmente)
 - ftp
 - http
 - telnet
 - news
 -
- 'host.dominio' è indirizzo del server (eventualmente 'port' indica il numero corrispondente in TCP/IP al protocollo applicativo scelto)
- 'path' e 'filename' identificano il file nel file system del server

protocollo applicativo:

regole per la comunicazione in una applicazione distribuita

per comunicare i programmi applicativi usano

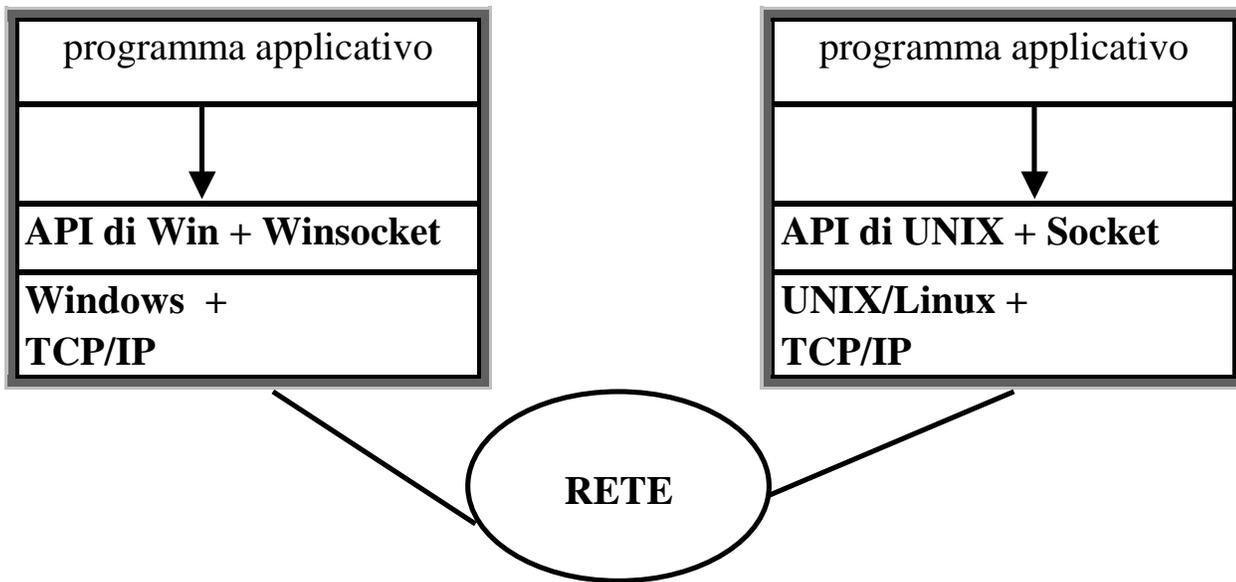
interfacce (**API** - Application Program Interface)

fornite dal sistema operativo della macchina e dal software di rete

L'**API** standard per TCP/IP si chiama "*interfaccia di socket*"

socket per UNIX

WinSocket per Windows



PROTOCOLLI APPLICATIVI DI TCP/IP

In tabella i principali protocolli applicativi forniti da TCP/IP

Sigla	Protocollo	Servizio
DNS	Domain Name Service	Servizio di conversione di nomi in indirizzi IP e viceversa
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol	Servizio di posta elettronica, comunicazione tra due server e da client a server
FTP	File Transfer Protocol	Servizio di trasferimento file in rete
HTTP	HyperText Transfer Protocol	Servizio Worl Wide Web
IMAP POP	Internet Mail Application Protocol Post Office Protocol	Servizio di posta elettronica, comunicazione da server a client
telnet	Telnetwork	Servizio di emulazione di terminale remoto