

Corso di

“Reti di Calcolatori e Comunicazione Digitale”

Modulo 2 :

- Le componenti software di una rete: i protocolli di rete ed il modello ISO-OSI

Prof. Sebastiano Pizzutilo
Dipartimento di Informatica

Modelli di comunicazione

Client-server

1) trasmissione di una richiesta da un processo (client) ad un altro processo (server)
2) esecuzione della richiesta sul server
3) trasmissione di una risposta dal server al client

Ogni richiesta contiene un identificatore che viene usato anche dal server per trasmettere la risposta al client.

Function shipping

E' una estensione del modello client-server in cui il client non **invia** un messaggio con solo dati, bensì **la procedura intera** con cui il server deve operare sui dati. Il server in tal caso opera come ambiente di esecuzione (o interprete) dei programmi che il client gli invia.

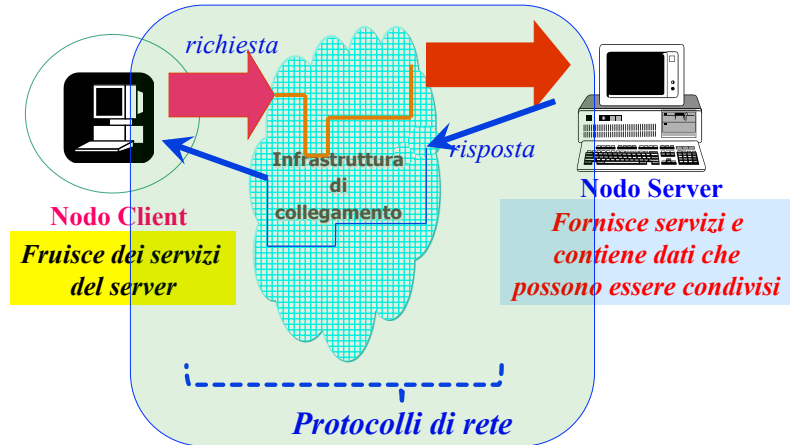
Group multicast

Corrisponde ad un message passing con un target multiplo, formato da un gruppo di processi destinatari/server. In questo caso ad un singolo *send* corrisponde un *receive* eseguito da ciascun membro di un gruppo di processi.
•Per localizzare un oggetto.
•Per aumentare fault tolerance.
•Per un multiple update.

Peer to Peer

Ogni computer (nodo autonomo ed indipendente) può operare indifferentemente come client o come server, consentendo accessi condivisi a diverse risorse (come file, periferiche e sensori) senza la necessità di un server centrale.
Ciò comporta che ciascun computer della rete utilizzi programmi compatibili che consentano questo tipo di comunicazione.

Il modello di comunicazione client-server

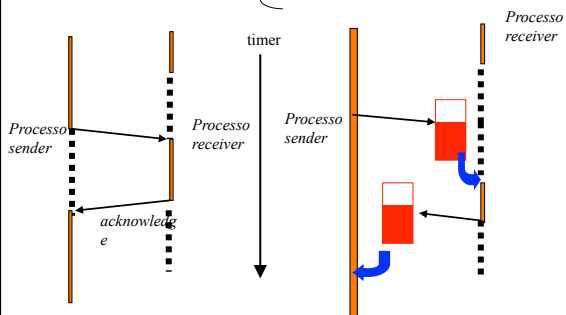


Sincronia nella comunicazione

Comunicazione SINCRONA (o bloccante)

`send (dest, &sptr)` Spedisce il messaggio puntato da `&sptr` al processo identificato da `dest` e **blocca** il mittente (client) finché non sia stato completamente spedito il messaggio

`receive (addr, &rptr)` **Blocca** `addr` finché non arriva il messaggio nel buffer puntato da `&rptr`



Comunicazione ASINCRONA (o non bloccante)

Il message passing **ASINCRONO** (o **non-bloccante**) si ottiene quando il messaggio viene posto in coda in attesa che il ricevente lo accetti, senza quindi che il mittente rimanga bloccato in attesa dell'acknowledge.

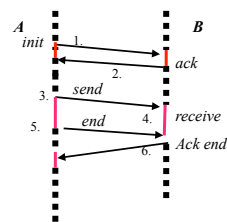
Protocolli e livelli

Con il termine “**protocollo**” si indica l’insieme di regole che debbono essere seguite da due o più interlocutori digitali affinché siano in grado di comunicare.

Per consentire un qualsiasi tipo di comunicazione occorre stabilire delle **convenzioni** tra le macchine (i nodi) che intendono “colloquiare” su una rete, in modo che gli host possano comunicare in maniera veloce .

Esempio di Protocollo di rete:

1. **A** contatta **B**: “**Init**”.
2. **B** risponde ad **A**: “**Ack**”.
3. **A** inizia a spedire pacchetti di dati a **B**.
4. **B** riceve i pacchetti di dati.
5. Il protocollo termina quando **A** invia “**Fine**” a **B**.
6. **B** risponde con “**AckFine**”.



I protocolli di rete e di comunicazione

Il **protocollo di rete** è il linguaggio utilizzato per la comunicazione tra due host remoti.

Il **protocollo di rete** definisce il modo in cui devono essere impacchettati i dati per la trasmissione in rete, in modo tale da poter essere consegnati e spaccettati nella maniera più opportuna dal ricevente. (Ad es. la suite di protocolli TCP/IP è l’insieme dei protocolli di rete oggi più utilizzata.)

Il **protocollo di comunicazione** stabilisce il linguaggio di comunicazione tra due applicativi posti eventualmente su computer remoti, al fine di poter dialogare.

(Esempi di protocolli di comunicazione attualmente largamente diffusi e noti sono:

FTP	File Transfer Protocol
HTTP	Hyper Text Transmission Protocol
POP	Post Office Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol

La stratificazione dei protocolli

Due interlocutori digitali che utilizzano una struttura condivisa (il bus) per comunicare, devono concordare un **protocollo** nel quale sono definite la **sintassi** (formato) dei messaggi/dati, la **semantica** (significato) della sequenza di bit e la **sincronizzazione** tra invio e ricezione dei dati.

I **protocolli di comunicazione in rete**, come le architetture, sono organizzate come una serie di **livelli logici** o **strati**.

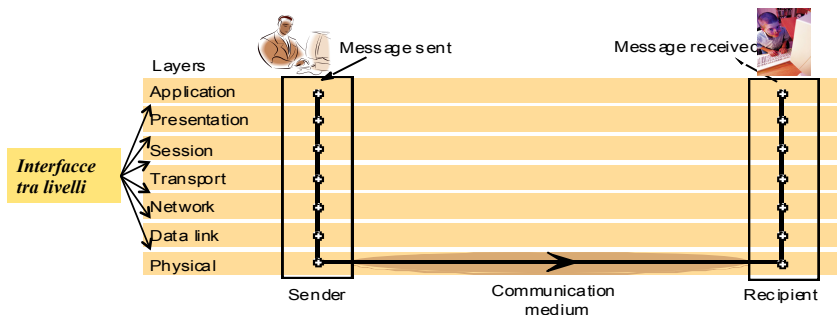
Questa strutturazione, pur appesantendo la comunicazione per i necessari passaggi tra un livello e l'altro, semplifica l'implementazione dei protocolli consentendone una definizione modulare e dinamica.

Nel 1980 la **International Standard Organization (ISO)** sviluppò un **modello** oggi conosciuto come **OSI (Open System Interconnection)**, che definisce l'**architettura di sistemi aperti** che intendono scambiarsi informazioni tramite una rete di telecomunicazione eterogenea.

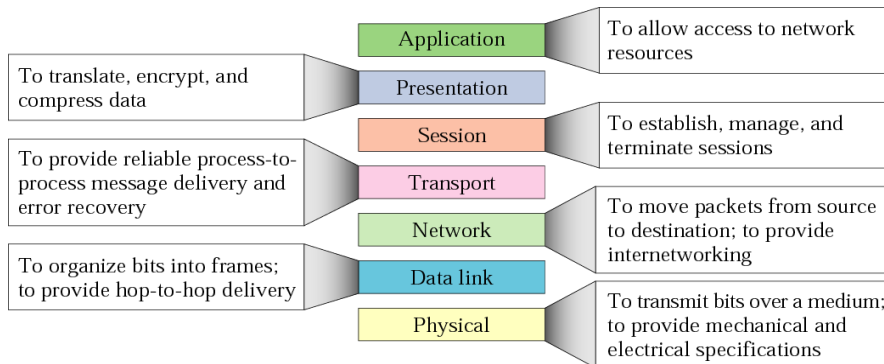
Il modello dei protocolli di rete: l'ISO OSI

Il modello OSI è strutturato su sette strati (o livelli) organizzati in modo gerarchico (pila protocollare).

*Il livello più alto, il **livello 7**, si interfaccia direttamente con l'utente, mentre il livello più basso, **livello 1**, si interfaccia con il mezzo fisico di trasmissione.*



Le funzioni di ogni strato



Behrouz A. Forouzan I protocolli TCP/IP, McGraw-Hill 2/ed

Il modello OSI: gli strati

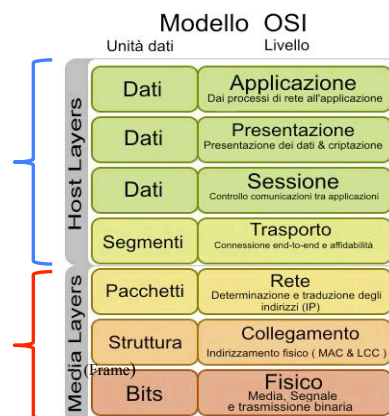
Ogni strato definisce un insieme di funzioni che operano su diversi tipi di informazione. Ogni strato utilizza le funzioni offerte dallo strato immediatamente sottostante e fornisce servizi allo strato immediatamente superiore.

I 4 strati superiori (Trasporto, Sessione, Presentazione ed Applicazione) hanno funzioni relative alla interoperabilità tra le applicazioni software utilizzate per generare e/o leggere i messaggi (i dati) trasmessi.

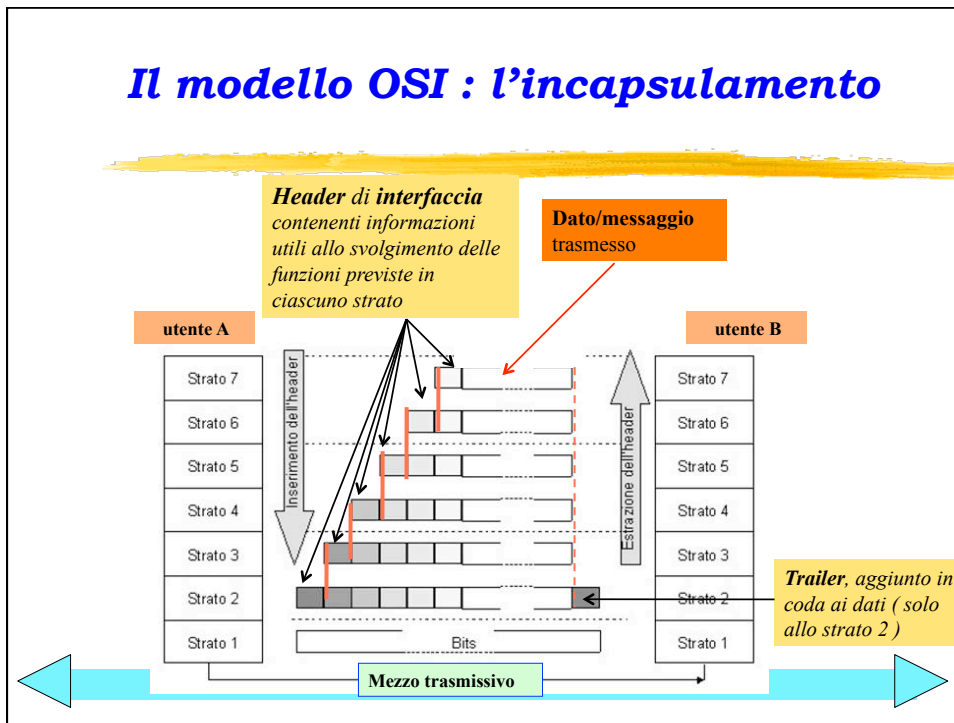
Vengono detti "Host Layer".

I 3 strati inferiori (Fisico, Collegamento e Rete) sono organizzati in maniera tale che hanno funzioni di supporto di rete e sono i soli utilizzati anche dai dispositivi intermedi (router, hub, switch,...).

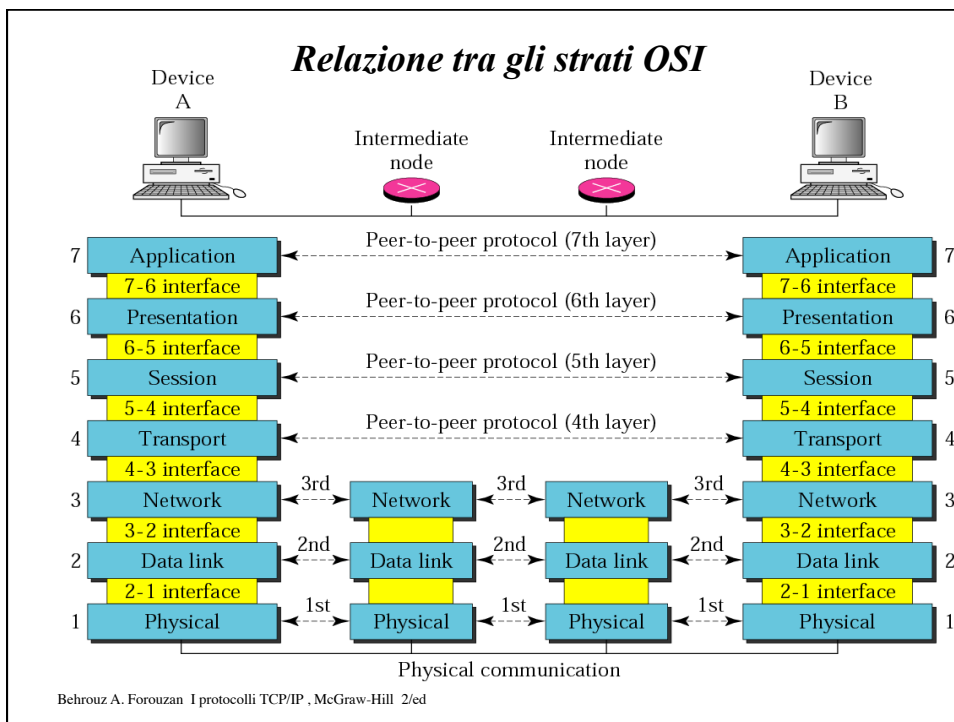
Vengono detti "Media Layer".



Il modello OSI : l'incapsulamento



Relazione tra gli strati OSI



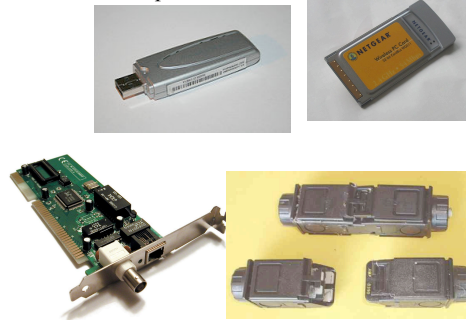
Lo Strato 1 del Modello ISO-OSI

Lo **strato fisico** si preoccupa di **trasmettere i singoli bit sul mezzo trasmissivo** (da un nodo di partenza ad un nodo di arrivo).

Definisce le correnti elettriche, gli impulsi fisici o gli impulsi ottici che sono coinvolti nel trasporto dei bit **dalla NIC (Network Interface Card)** di un host **al mezzo trasmissivo** e viceversa.

- Le schede variano a seconda della topologia di rete (e del protocollo utilizzata e del tipo di cavo da connettere).
- Sul retro della scheda sono presenti i connettori per il collegamento del cavo di rete. Di solito una scheda ha solamente un tipo di connettore, se ne ha più di uno viene detta "combo".

NIC per la connessione su una rete



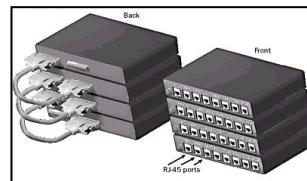
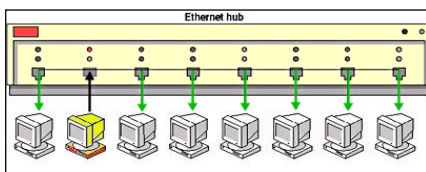
Il concentratore o HUB

Gli Hub operano al **livello fisico (layer 1)** del modello OSI

L'**HUB** ha lo scopo di raccogliere le informazioni trasmesse da un nodo e replicarle a tutti gli altri nodi a cui è collegato.

L'HUB ha funzioni di **repeater multiporta**.

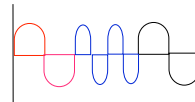
- ◆ L'HUB va scelto in base alla velocità consentita dalle schede e dai cavi; esistono hub a 10, 100 o 1000Mbps, oppure hub "autosense" che riconoscono in automatico la velocità del nodo connesso.
- ◆ Esistono HUB a 4, 8, 16, 24 porte; superato questo limite è necessario connettere "in catena" più hub, per aumentare il numero di nodi collegabili



Trasmissione analogica/digitale



Segnale analogico

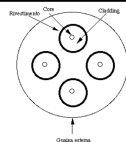


Modulazione di frequenza

Segnale digitale

0 1 0

- **mezzi elettrici** (cavi)
 - Fenomeno fisico: **energia elettrica**;
- **mezzi ottici** (LED, laser e fibre ottiche)
 - Fenomeno fisico: **luce**.
- **mezzi wireless** (onde radio)
 - Fenomeno fisico: **onda elettromagnetica**, una combinazione di campo elettrico e campo magnetico variabili, che si propaga nello spazio e che induce a distanza una corrente elettrica in un dispositivo ricevente (antenna);



Le fibre ottiche

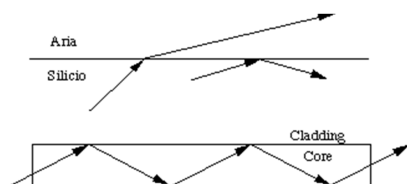


Le **fibre ottiche** sono fatte di un vetro molto trasparente (per cui offrono una bassissima attenuazione del segnale luminoso) e sfruttano il principio della deviazione che un raggio di luce subisce quando attraversa il confine fra due materiali diversi (**core e cladding** nel caso delle fibre). La deviazione dipende dagli indici di rifrazione dei due materiali. Oltre un certo angolo, il raggio rimane intrappolato all'interno del materiale.

Core: sottilissimo cilindro centrale in vetro, (diametro 50 micron, come quello di un capello);

Cladding: strato di vetro che circonda il core, avente un diverso indice di rifrazione

Guaina protettiva: raggruppa insieme più fibre.



• **multimodali:** raggi diversi possono colpire la superficie con diversi angoli (detti **mode**), proseguendo quindi con diversi cammini. Il diametro del core è di 50 micron;

• **monomodali:** sono così sottili (il diametro del core è 8-10 micron) che si comportano come una guida d'onda: la luce avanza in modo rettilineo, senza rimbalzare. Sono più costose ma reggono distanze più lunghe (fino a 30 km).

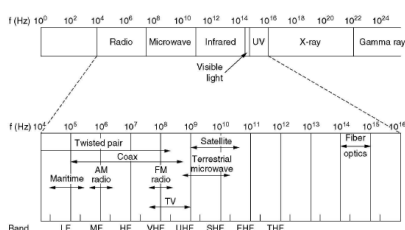
• **Vantaggi:** leggerezza, insensibile a disturbi elettromagnetici, difficoltà di intercettazione dei dati

• **Svantaggi:** difficoltà di posa, elevato costo, comunicazione unidirezionale (necessarie due fibre ottiche per comunicazione duplex)

Dispositivi Wireless

Le onde elettromagnetiche, create dal movimento degli elettroni, viaggiano nello spazio (anche vuoto) alla velocità della luce e possono indurre una corrente in un dispositivo ricevente (antenna) anche distante.

L'allocazione delle frequenze dipende dalla autorità statale.



Basse frequenze (<100Mhz)

- attraversano bene gli ostacoli;
- presentano una elevata omnidirezionalità (seguono la curvatura terrestre);
- presentano una rapida diminuzione della potenza all'aumentare della distanza.

Alte frequenze (>100MHz), tendono a comportarsi come la luce:

- rimbalzano contro gli ostacoli;
- tendono a viaggiare in linea retta (si sfrutta la riflessione della ionosfera, richiedono un preciso allineamento degli apparati, servono più ripetitori);
- preservano la loro potenza per distanze maggiori, grazie alla loro direzionalità;
- sono assorbite dalla pioggia

Lo Strato 2 del Modello ISO-OSI

Strato del collegamento dati (DATA LINK)

Questo strato si occupa della trasmissione **affidabile e privo di errori di frame di bit** tra un nodo ed il successivo.

Funzioni dello strato 2:

- **framing dei dati** (incapsulare il datagramma ricevuto dal livello di rete superiore in frame per trasmetterlo al livello inferiore fisico),
- **controllo degli errori** (CRC nel Trailer),
- **gestione degli indirizzi fisici (MAC address)** dei due host comunicanti e
- **de-framing** (all'estrazione dal frame del datagramma da inviare allo strato superiore di rete).

Un **frame** comprende le seguenti componenti :

- ▶ **ID del destinatario**. Indirizzo **MAC** dell'host di destinazione o del gateway predefinito. **L'indirizzo MAC (Media Access Control) è un numero esadecimale univoco di 12 cifre.**
- ▶ **ID del mittente**. Indirizzo **MAC** del mittente.
- ▶ **Informazioni di controllo**. Includono informazioni quali l'effettivo tipo di **frame** e notizie riguardo l'instradamento e la segmentazione.
- ▶ **CRC (Cyclic Redundancy Check)**. Effettua la verifica che il **frame** di dati sia arrivato privo di errori all'host destinatario.

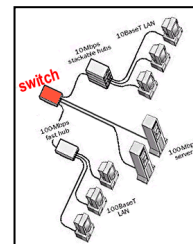
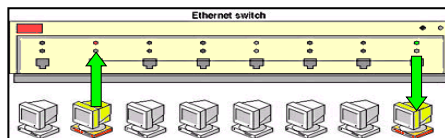
Il commutatore o SWITCH

Opera al livello di *data link (layer 2)* del modello OSI.

SWITCH = dispositivi che servono a interconnettere segmenti di rete e sono in grado di instradare la trasmissione di un nodo direttamente al destinatario, senza replicarla a tutti i nodi (no broadcast).

Gli Switch possono processare i dati anche al *network layer (layer 3 e superiori)*, in tal caso sono definiti come *Layer 3 Switch* oppure come *multilayer switch*.

Lo switch velocizza lo smistamento delle informazioni. Può essere usato in qualsiasi condizione come sostituto dell'hub, ma, dato il suo costo superiore, viene impiegato nei nodi centrali di smistamento, in modo da segmentare una rete in sezioni più piccole e meno congestionate.



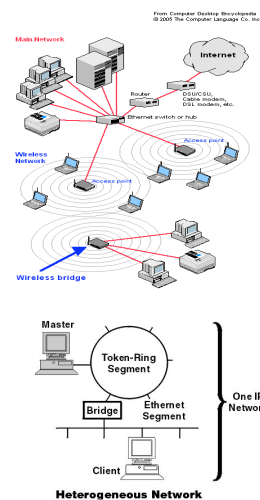
II BRIDGE

Opera a livello di *data link (layer2)* del modello OSI.

Un **network bridge** connette diversi segmenti di rete.

Il Bridge opera allo stesso modo degli switch di livello 2, analizzando i pacchetti di dati in arrivo e valutando se è in grado di spedire il pacchetto dati ad un altro segmento della rete.

- ◆ Il **bridge** filtra le trasmissioni tra due segmenti di rete, riducendone il traffico grazie a tabelle di instradamento gestite nella sua memoria.
- ◆ Si utilizza in reti di dimensioni elevate o con molto traffico.
- ◆ Un **bridge** può essere usato anche per connettere **reti eterogenee**, che cioè utilizzano protocolli differenti (Ethernet e Wi Fi, Ethernet e Token Ring).



MAC protocols allo strato 2

Sono protocolli dello **strato 2** che operano a livello di **Medium Access Control (MAC)** ed hanno l'obiettivo di:

- garantire un'alta velocità di trasmissione dei messaggi,
- garantire un uso intensivo del canale di comunicazione,
- garantire il più basso ritardo possibile nella trasmissione o ritrasmissione del messaggio.

L'**indirizzo MAC** è un numero **esadecimale univoco di 12 cifre** assegnato al costruttore dell'hardware dall'organismo internazionale deputato alla generazione di tali indirizzi (ad es. **FF: B5: 53: A2: 33: C6**).

MAC protocols definiti in relazione alla topologia della rete :

- ▶▶ **Ethernet (IEEE 802.3)** con **CSMA/CD** (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*)
- ▶▶ **Token Ring (IEEE 802.5)**
- ▶▶ **Slotted Token Ring**

Come individuo un indirizzo MAC?

Sulla scheda di rete



In ambiente Windows

Dal prompt dei comandi digitando **ipconfig/all**

```
Command Prompt
Made Upg . . . . . : 1
IP Routing Enabled. . . . . : No
WINS Proxy Enabled. . . . . : No
Wireless LAN adapter Wi-Fi:
Connection-specific DNS Suffix . : linksys_8E3999
Description . . . . . : 8E3999-8E3999-8E3999
Physical Address . . . . . : 8E-39-99-8E-39-99
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfig Enabled. . . . . : Yes
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::c43:bc08:2147:e43c161c1e1e%10
IPv4 Address. . . . . : 192.168.1.102 (Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Lease Expires . . . . . : Friday, October 12, 2012 1:48:39 PM
Lease Expires . . . . . : Saturday, October 13, 2012 1:48:43 PM
Default Gateway . . . . . : 192.168.1.1
DHCP Server . . . . . : 192.168.1.1
DHCPv6 I/D . . . . . : 212:29:99
DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-17-00-01-91-EB-67-95-D8-67-EC
```

In ambiente Linux

Dalla shell digitare **ifconfig**

```
root@pilo:~# ifconfig
eth0: Link encap:Ethernet  Hardware Address: BE:FE:FE:FE:FE:FE
       inet addr:10.0.0.0  Bcast:10.0.0.255  Mask:0.0.0.0
       BRD:10.0.0.255  MTU:1500  Metric:1
       RX packets:0  errors:0  dropped:0  overruns:0  frame:0
       TX packets:0  errors:0  dropped:0  overruns:0  carrier:0
       collisions:0  queue:0len:100
       Interrupt:12  Base address:0x7400
```

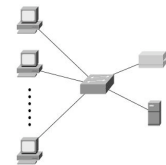
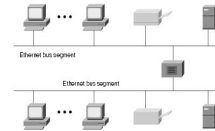
ETHERNET (IEEE 802.3)

E' una tecnologia (famiglia di prodotti) per la gestione delle comunicazioni nelle reti a **BUS** e a **stella** caratterizzata dal protocollo standard IEEE 802.3 , accoppiato al protocollo CSMA/CD (IEEE1985a).

Ethernet consente di gestire reti LAN con topologia a **BUS** ed a **stella** costituite da nodi di due tipi:

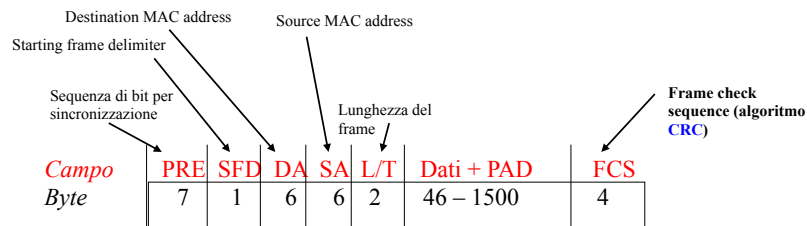
1. Data terminal equipment (DTE) – Dispositivi che possono essere sorgenti e destinazione di **frame di dati** : **PC, workstation, file server, print server.**

2. Data communication equipment (DCE) – Dispositivi intermedi della rete che ricevono e ritrasmettono **frame** attraverso la rete. I DCE possono essere dispositivi *standalone* come **repeater, network switch, e router** o interfacce di comunicazione nella rete come **NIC e modem.**



Il frame nello standard 802.3

Struttura del Frame ethernet

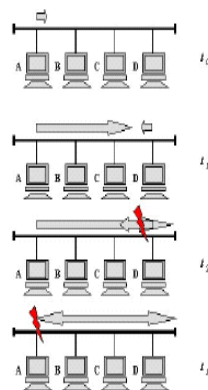


- ❑ **Preambolo**: usato per sincronizzare il ricevente prima che i dati effettivi vengano inviati
- ❑ **SFD (start frame field)**: delimitatore di inizio frame usato per ottenere l'allineamento al byte
- ❑ **Indirizzo MAC di destinazione**
- ❑ **Indirizzo MAC di origine** (della stazione mittente)
- ❑ **Lunghezza/Tipo**: indicano la lunghezza del campo dati e il tipo di pacchetto
- ❑ **Dati/Pad**: corpo del messaggio
- ❑ **FCS (frame check sequence)**: controllano l'integrità del frame mediante il CRC

CSMA/CD (IEEE1985a)

E' un protocollo che permette un **controllo decentrato** (senza un sito controllore centrale) del mezzo trasmissivo e si basa sul **controllo continuo** del canale di comunicazione finalizzato all'attivazione della trasmissione solo in caso di assenza di altre comunicazioni.

- Una stazione che desidera trasmettere un messaggio (packet) si pone in ascolto sul BUS (**Carrier Sense**) e trasmette il messaggio solo se non è presente alcun altro segnale (**Multiple Access**).
- Mentre il segnale del messaggio viene trasmesso, il protocollo controlla sul BUS se il segnale ascoltato è uguale a quello trasmesso. Se questo è differente allora viene rilevata una **COLLISIONE (Collision Detection)**.
 - In tal caso la stazione interrompe la trasmissione e trasmette invece un segnale di avviso dell'avvenuta collisione (**jamming signal**). La ritrasmissione del messaggio interrotto verrà ripresa dopo un certo **intervallo di tempo Δt** .



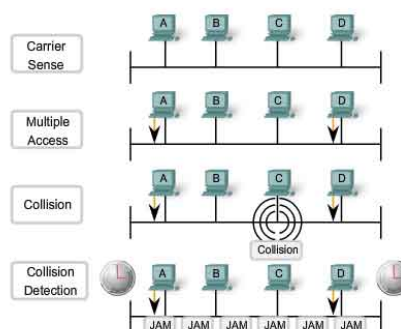
CSMA/CD: Ritrasmissione ritardata

- L'algoritmo per il calcolo del tempo di attesa per la ritrasmissione è il **binary exponential back-off**.

Completata la trasmissione dello **jamming signal**, l'unità che trasmette ritarda la ritrasmissione del **packet** interrotto di un tempo che, ad ogni tentativo di ritrasmissione dopo ulteriori collisioni, **crece della potenza di due di un prefissato slot time**.

- Il segnale di jam viene subito individuato da tutte le stazioni che sono in ascolto sul mezzo trasmissivo; con esso riconoscono che il mezzo è occupato e quindi non possono parlare.
- In ogni stazione viene mandato in esecuzione l'algoritmo (**binary exponential back-off**) che determina il tempo che questa stazione dovrà attendere prima di iniziare una nuova trasmissione.

Stations detecting a collision send a jam signal.



Il Controllo Ciclico di Ridondanza (1)

1) Il messaggio M viene interpretato come un polinomio, cioè:

$$M(x) = m_{n-1}x^{n-1} + m_{n-2}x^{n-2} + \dots + m_1x^1 + m_0$$

ad es. una stringa (messaggio) di 12 bit si può esprimere con un polinomio

$$M(x) = 110100111011 = x^{11} + x^{10} + x^8 + x^5 + x^4 + x^3 + x^1 + 1 \rightarrow \text{grado del pol.} = 11$$

2) Viene stabilito il polinomio generatore $CRC(x)$ di grado r (ad es. $1011 = x^3 + x^1 + 1$ con $r=3$)

(il polinomio generatore usato nell'802.3 è a 32 bit = CRC-32)

3) Si genera un nuovo polinomio $M'(x)$, traslando a sinistra il polinomio $M(x)$ di r posizioni, ottenendo $M'(x) = x^r * M(x)$ per es. $M'(x) = 110100111011 000$

4) Si divide (in mod 2 senza riporto) ripetutamente $M'(x)$ per il polinomio generatore $CRC(x)$.

L'operazione $M'(x)/CRC(x)$ si realizza facendo l'XOR ripetuto ciclicamente tra gli $r+1$ bit del polinomio generatore (ad es. 1011) con gli $r+1$ bit più a sinistra (più significativi) di $M'(x)$ (ad es. 1101) fino agli ultimi $r+1$ bit meno significativi di $M'(x)$.

Il Controllo Ciclico di Ridondanza (2)

5) Si ottiene alla fine un resto $R(x)$ con un numero di bit minore o uguale al grado del CRC. Tale resto è il checksum (*chck R(x)*) che si inserisce in coda (*trailer*) al frame generato. (ad es. 101)

6) Il receiver all'arrivo di questi bit eseguirà la stessa operazione: $(M(x) + \text{chck } R(x)) / CRC$ e controllerà se l' $R(x)$ (il resto) ricavato è uguale o meno a zero (cioè se l'intero frame è divisibile per il CRC).

Se otterrà 0 come resto, ci saranno buone probabilità che la trasmissione sia avvenuta senza errori altrimenti ci sarà un errore e il frame verrà ritrasmesso

Polinomi Generatori standard

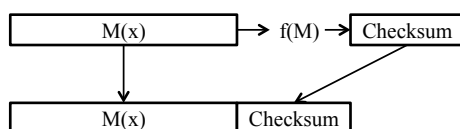
- CRC-8: $x^8 + x^2 + x + 1$
- CRC-16: $x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$
- CRC-CCITT: $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$
- CRC-32: $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

CRC: Trasmissione e ricezione del frame

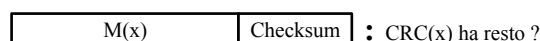
Quando si utilizza una codifica polinomiale, sorgente e destinazione devono concordare in anticipo un polinomio generatore CRC(x). **Il generatore deve avere i bit di ordine più alto e più basso uguali a 1.**

Si calcola il checksum di un frame di m bit corrispondente al polinomio M(x).

Il frame deve essere più lungo del polinomio generatore, in modo tale che il polinomio costituito dalla concatenazione di frame e checksum sia divisibile per CRC(x).



Quando la destinazione riceve il frame con checksum prova a dividerlo per CRC(x), se c'è un resto vuol dire che c'è stato un errore di trasmissione.



un esempio di calcolo del CRC

Ad esempio, un messaggio costituito dalla sequenza di 7 bit 1010001 viene interpretato con il polinomio $1x^6 + 0x^5 + 1x^4 + 0x^3 + 0x^2 + 0x^1 + 1x^0$. Il grado del polinomio è = 6.

Se il **polinomio generatore** è **1101** di grado 3 si aggiungono **3 zeri** al polinomio del messaggio.

Si effettua ciclicamente l'XOR del polinomio del messaggio con il polinomio generatore allineando quest'ultimo al bit più significativo diverso da zero (a sinistra):

```

1010011000
1101
-----
0111011000
1101
-----
0001111000
1101
-----
0000010000
1101
-----
01010
1101
-----
0 111
    
```

Il checksum finale sarà 111

TOKEN RING IEEE 802.5

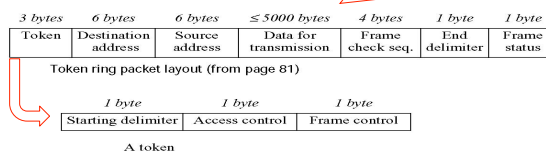
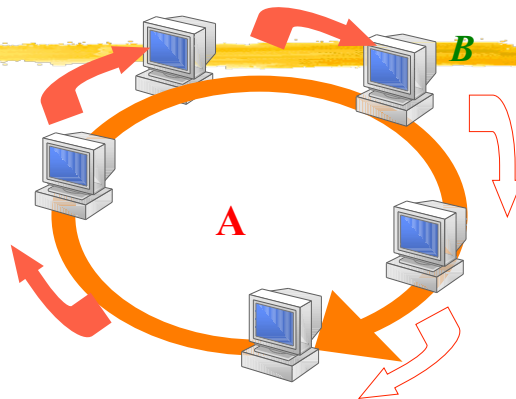
E' una tecnologia per gestire le comunicazioni nelle reti a **topologia ad anello (ring)**

Prevede l'uso di un protocollo (IEEE 802.5) basato su **TOKEN** per controllare l'accesso al mezzo trasmissivo.

Il **TOKEN** è un messaggio speciale che consente al suo possessore di usare il canale di comunicazione per la trasmissione di un messaggio. Un campo particolare del token indica se il token è libero o occupato.

1. Il **token** viene generato da una stazione che intende inviare un messaggio e viene trasmesso insieme al messaggio da una stazione all'altra lungo l'anello.
2. La stazione successiva controlla lo **stato del token**:
 - 2.1 se il **token è occupato**, la stazione controlla se il messaggio è indirizzato a se stessa
 - 2.1.1 se si, legge il messaggio e rispedisce il token senza il messaggio alla stazione successiva
 - 2.1.2 se no, passa il messaggio alla stazione successiva.
 - 2.2 se il **token è libero** e la stazione vuole trasmettere un messaggio :
 - occupa il token con un flag,
 - aggancia il messaggio al token,
 - trasmette tutto alla stazione successiva.
3. Dopo un giro completo dell'anello, il **token generato torna alla stazione originaria**, che lo rimuove dall'anello e genera un **token libero** che viene passato alla stazione successiva
4. [Salta al punto 2\)](#)

TOKEN RING



Formato del frame token ring IEEE 802.5

Slotted TOKEN RING

Cambridge Ring 1970

Token Ring con un numero costante di **slot di messaggi (packet)** a lunghezza fissa che circolano nell'anello.

Ciascuno **slot** è composto di due parti:

- ⇒ **controllo** (flag di riempimento, source address, destination address e flag di direzione)
- ⇒ **dati** (messaggio di lunghezza fissa)

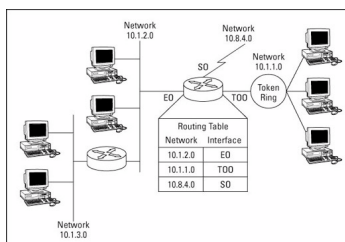
Questo schema di protocollo permette un uso più intensivo dell'intera banda disponibile, in quanto permette la trasmissione simultanea di slot da parte di più stazioni (a differenza del Token Ring che permette la trasmissione da una sola stazione alla volta.).

Lo strato 3 del Modello ISO-OSI

Strato della rete

Lo strato della rete determina il modo migliore per spostare i dati (organizzati in pacchetti) da un host all'altro (routing), attraversando più reti, se necessario.

Gestisce l'**indirizzamento logico** dei singoli nodi comunicanti nella rete, la **traduzione** degli indirizzi logici (es. **gli indirizzi IP**) in indirizzi fisici (**gli indirizzi MAC**), con protocolli connection oriented (**X.25**) o connectionless (**IP**) e l'**instradamento** dei messaggi (packet) verso la destinazione finale.



II ROUTER

Opera a *livello di network (layer 3)* del *modello OSI*.

Dispositivo che **opera inoltrando i pacchetti di dati in arrivo direttamente verso il destinatario** sulla base di una **tabella di instradamento (routing table)** memorizzata (ed aggiornata costantemente) nella sua memoria .

- ◆ Viene usato nel caso si intendano unire segmenti di rete.
- ◆ Consente, come il bridge, di collegare reti con architetture o protocolli differenti.



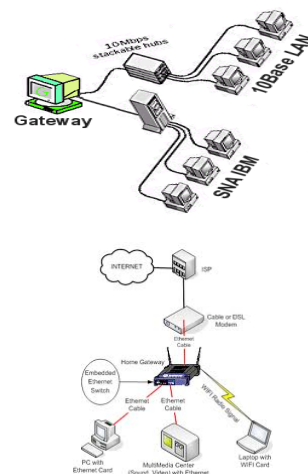
Grazie alle **tabelle di instradamento** gestite nella sua memoria, consente di scegliere i percorsi di connessione più veloci o più economici. Nelle piccole reti, uno dei principali utilizzi del router è consentire l'accesso condiviso ad Internet.

II GATEWAY

Può operare quindi ad *uno qualsiasi dei livelli del modello OSI dal livello di network in su*.

Un **network gateway** è un sistema (**hardware/software**) capace di interconnettere due reti che usano protocolli differenti.

I **Gateway** (detti anche **protocol converter**) operano quindi ad un livello di complessità maggiore dei router o degli switch, per realizzare funzionalità di **firewall**, di **Internet Service Provider (ISP)**, di **Proxy server**, di **NAT**, ecc...



II ROUTING

Un router svolge 2 attività principali :

- a) *Determinazione del percorso ottimale dei messaggi.*
- b) *Trasporto delle informazioni tra 2 reti diverse .*

Le reti (network) sono raggruppate in **Autonomous System (AS)**, cioè in gruppi di network controllati e gestiti da un'unica entità.

Gli AS sono identificati tramite un numero intero, univoco a livello mondiale, assegnato dalla stessa autorità che rilascia gli indirizzi Internet.

I router che instradano i messaggi all'interno dello stesso AS sono detti **interior router** (che scambiano informazioni di instradamento tramite un **IGP = Interior Gateway Protocol**), mentre quelli che instradano i messaggi tra AS diversi sono detti **exterior router** (che utilizzano un **EGP = Exterior Gateway Protocol**).

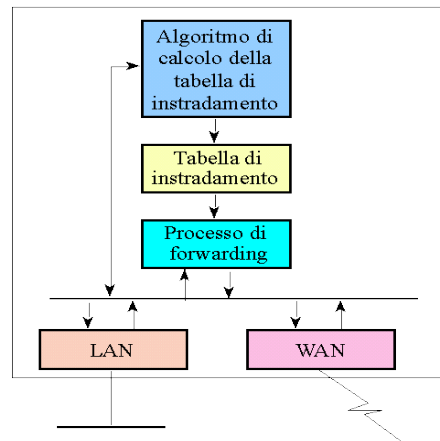
All'interno di un AS si usa lo stesso IGP su tutti i router.

CARATTERISTICHE DEGLI ALGORITMI DI ROUTING

Gli algoritmi di routing si differenziano in base a diverse caratteristiche :

- **Ottimizzazione** : è l'abilità dell'algoritmo a scegliere la strada migliore. La strada dipende dalla **metrica** (*unità di misura per calcolare la lunghezza del percorso*).
- **Semplicità** : l'algoritmo deve essere funzionalmente efficiente con un minimo software e una bassa utilizzazione delle risorse hardware.
- **Robustezza** : a fronte di guasti hardware, alto traffico, l'algoritmo deve continuare a lavorare.
- **Rapidità di convergenza** : quando ad esempio cade una network , i router distribuiscono messaggi di aggiornamento di tale cambiamento a tutta la rete nel più breve tempo possibile perché in caso contrario si potrebbero verificare dei "routing loop".
- **Flessibilità** : i router devono adattarsi velocemente e accuratamente a una varietà di circostanze quali per esempio la caduta di una network : in questo caso i router devono scegliere il miglior percorso per tutti quei pacchetti che usavano la network caduta.

Il routing



Tecniche di routing

In una WAN con *packet switching*, la selezione del percorso (*path*) ottimale per trasferire i pacchetti è determinata da differenti tecniche di instradamento.

Gli algoritmi di routing vengono classificati in base a :

- ***Dove vengono prese le decisioni di routing:***
 - **source routing** (il sorgente decide l'intero percorso)
 - **hop by hop routing** (ogni PSE decide il prossimo PSE cui consegnare il pacchetto)
 - **hybrid routing.**

- ***Quando viene specificata l'informazione necessaria al routing:***
 - ⇒ **routing statico** (**routing table** fissate che si modificano raramente)
 - ⇒ **routing dinamico** (**routing table** che cambiano in relazione allo stato delle rete)

- ***Quali meccanismi di controllo vengono usati per il routing dinamico:***
 - ✓ **modo isolato** (di aggiornare l'informazione della **routing table**)
 - ✓ **modo centralizzato** (un PSE centrale ha il compito di aggiornare la **routing table** in base allo stato della rete e invia periodicamente tale tabella a tutti i PSE)
 - ✓ **modo decentralizzato** (ciascun PSE ha una sua **routing table** aggiornata in base alla interazione con gli altri PSE)

Lo strato 4 del Modello ISO-OSI

Strato del trasporto

Lo strato 4 di trasporto è responsabile della connessione tra il **processo dell'applicazione dell'host mittente** ed il **processo dell'applicazione dell'host destinatario**.

Lo strato 4 **segmenta** i dati prodotti dal mittente (*che provengono dal livello di sessione*) e trasmette i segmenti al livello inferiore 3 di rete.

Lo strato 4 **riassembla** i segmenti ricevuti dallo strato 3 di rete in un flusso verso il livello di sessione.

Le funzioni previste in questo strato sono:

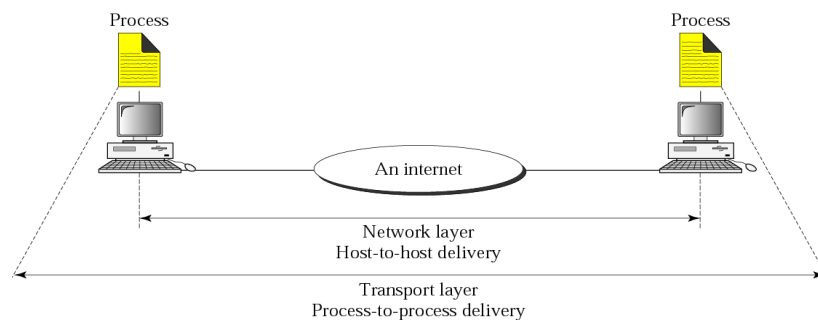
- l'**indirizzamento dei processi**,
- la **segmentazione ed il riassemblaggio dei messaggi**,
- il **controllo della connessione**,
- il **controllo del flusso** (della velocità di trasmissione tra processi) e
- il **controllo degli errori sui dati trasmessi**.

La spedizione del messaggio dati dal processo mittente al processo destinatario

I dati da trasferire sono **spezzettati in segmenti** e **spediti al processo destinatario** con una numerazione sequenziale.

Il processo destinatario, **al termine della ricezione dei segmenti**, invia un **segnale di avvenuta ricezione**.

Nel caso di mancata ricezione di un segmento, il destinatario può richiederne la **ritrasmissione**.



Behrouz A. Forouzan I protocolli TCP/IP, McGraw-Hill 2/ed

Lo strato 5 del Modello ISO-OSI

Strato della sessione

Lo strato della sessione consente a due applicazioni su host *eventualmente* separati di stabilire **una connessione per la comunicazione**, chiamata **sessione** (*tempo di comunicazione (tra login e logout) tra due o più interlocutori*).

La sessione assicura che i messaggi inviati dall'uno all'altro siano ricevuti con un alto grado di attendibilità.

Le funzioni realizzate sono :

- il **controllo del dialogo** tra due sistemi (modalità half-duplex o full-duplex)
- la **sincronizzazione dei processi**
- **funzioni di sicurezza**, per assicurare che i due host siano autorizzati a comunicare attraverso la rete.

protocollo che opera a livello di sessione:

- ⇒ **Socket**. È una interfaccia di programmazione che stabilisce le porte, i protocolli e gli indirizzi di due host che si apprestano a comunicare su rete.

Lo strato 6 del Modello ISO-OSI

Strato della presentazione

Lo strato di **presentazione determina il modo in cui i dati sono "formattati"** nello scambio di dati tra due computer in rete.

Lo strato di presentazione è responsabile di:

- **traduzioni,**
- **cifratura,**
- **compressione e**
- **codifiche dei dati** per le **conversioni dei set di caratteri** e dei protocolli.

I dati ricevuti dallo strato dell'applicazione sono tradotti in un formato intermedio comunemente riconosciuto (detto canonico).

Alcuni formati di presentazione :

√ **ASCII**. L'*American Standard Code for Information Interchange* è un set di caratteri codificati ad 8 bit, usato per definire tutti i caratteri alfanumerici.

√ **XDR**. L'*eXtended Data Representation* viene usata da applicazioni come RPC, NFS e NIS per fornire un formato universale per la trasmissione di testi tra due computer che si servono di due rappresentazioni diverse (per es. ASCII ed EBCDIC).

√ **MIME**.

Lo strato 7 del Modello ISO-OSI

Strato dell'applicazione

A questo livello sono definite collezioni di **protocolli di comunicazione vari per attività a livello di utente come posta elettronica, trasferimento file (FTP), login remoto, DNS, WWW, ecc...**

Lo strato dell'applicazione si occupa fundamentalmente di consentire ai programmi utente di accedere ai servizi di rete.

Per usare lo strato dell'applicazione, un programma utente deve avere una componente della comunicazione che richieda risorse di rete.

Di seguito sono riportati alcuni esempi di programmi che coinvolgono lo strato dell'applicazione:

- ✦ **Posta Elettronica.** Lo strato dell'applicazione consente ai programmi di accedere ai servizi di comunicazione di rete. Esempi di prodotti di questo tipo sono Lotus Notes e MS Exchange Server.
- ✦ **Applicazioni per teleconferenze.** Lo strato dell'applicazione consente agli utenti di utilizzare applicazioni per riunirsi, come per esempio video, dati vocali, etc. Un programma di questo tipo è MS Net Meeting.
- ✦ **World Wide Web.** Attraverso i browser gli utenti possono accedere ad informazioni provenienti da località remote in varietà di formati diversi (testo, immagini, video, suoni). Applicazioni di questo genere sono Apache Web Server, e tutti gli altri tradizionali Web server.

I protocolli standard

- ✓ Verso la fine degli anni '70 si completa la realizzazione dell' **Internet Protocol Suite**, che comprende i due principali protocolli :
 - IP: Internet Protocol;
 - TCP: Transmission Control Protocol,da cui il nome **TCP/IP** .
- ✓ Nasce la rete Arpanet, prima rete della ricerca mondiale che evolve e diventa Internet.
- ✓ Comprende anche molti altri protocolli, quali:
 - UDP (User Datagram Protocol);
 - NFS (Network File System).
- ✓ È una architettura di dominio pubblico realizzata da tutti i costruttori di calcolatori. Molto spesso è l'unica architettura di rete fornita.
- ✓ Standardizzata con dei documenti detti RFC (Request For Comment).

Come nasce Internet

- 1957 Nasce ARPA (Advanced Research Projects Agency)
- 1962 Su incarico della USAF (United States Air Force) viene progettata una rete a commutazione di pacchetto
- 1968 BBN (Bolt, Beranek e Newman) riceve l'incarico da ARPA di costruire una rete a commutazione di pacchetto. **Nasce ARPAnet.** Inizialmente sono **collegati 4 nodi**
- 1972 ARPAnet si allarga a 32 nodi
- 1973 Inizia lo sviluppo di un insieme di protocolli di rete che diventeranno nel tempo **TCP/IP**
- 1976 La Xerox sviluppa Ethernet che permise lo sviluppo di reti locali (LAN, Local Area Network)
- 1982 Nasce il termine **Internet**. Fino ad allora si chiamavano **internet** un gruppo di reti interconnesse con protocollo TCP/IP. Con Internet si definisce l'insieme delle internet TCP/IP connesse tra di loro
- 1983 ARPAnet viene divisa in ARPAnet e MILNET. Viene introdotto un metodo più efficiente per la risoluzione dei nomi e degli indirizzi di rete: il **DNS** (Domain Name Space)
- 1985 La National Science Foundation inizia a stendere le nuove linee a 1,544 Mbps. La nuova generazione di reti viene denominata NSFNET.
- 1996 Il traffico in questi anni è continuato a crescere in modo esponenziale, si passa ad una nuova dorsale a 145 Mbps: **ATM**