

***Dispensa corso: Architettura
Hardware di Laboratorio***

***Docente referente: Davide Quaglia
Autore: Luca Grandi***

Sommario

Reti di calcolatori.....	6
Classificazione di rete	6
• tipo di trasmissione:	6
• dimensione:	7
Modelli di collegamento.....	9
• modello Client-Server:.....	9
• modello Peer-to-peer:.....	9
Topologia di rete	10
• link semplice:	10
• stella:	10
○ semplice:.....	10
○ albero:	11
• anello:.....	11
• maglia:.....	11
○ completa:.....	11
○ incompleta:.....	12
Definizioni utilizzate nello studio delle reti	12
tempo di Propagazione:	12
capacità canale:	12
bitrate:.....	12
Organizzazione reti.....	12
livelli,.....	12
servizi.....	12
problematiche di un protocollo	13
• indirizzamento:.....	13
• rilevamento e recupero pacchetti mancanti, errati o fuori sequenza;	13
• controllo flusso:.....	13
• frammentazione e ri-assemblaggio:.....	14
• instradamento (routing):.....	14
Modello OSI e TCP/IP	14
• commutazione di circuito:.....	14
• commutazione di pacchetto:.....	15
Servizio	15
Protocollo	15

PDU (Protocol Data Unit)	17
Livello Fisico.....	17
nemici della trasmissione	17
• attivazione:.....	17
• distorsione:.....	18
• interferenza:.....	18
Tipologie di trasmissione del segnale.....	18
• cavo di rame:	18
○ trasmissione sbilanciata:	18
○ Trasmissione differenziale o bilanciata:	19
• fibra ottica:	20
○ multimodali:	21
○ monomodali:	21
Confronto tra fibra ottica e rame:.....	21
• trasmissione radio:	22
Cablaggio strutturato	23
Tecnologie di trasmissione	24
• seriale:	24
• parallela:.....	24
Tipi di trasmissione.....	24
• trasmissione sincrona:.....	24
• trasmissione asincrona:.....	24
RS-232.....	24
protocollo	24
tipi di collegamento.....	25
• cavo incrociato:	25
• cavo dritto:	25
USB (Universal Serial Bus)	26
FireWire (IEEE 1394).....	26
• modalità asincrona:.....	26
• modalità isocrona:.....	26
Livello Data Link.....	27
LLC:	28
MAC (Media Access Control):.....	28
pacchetto MAC: (frame).....	28

IEEE 802.3 (Ethernet).....	29
formato frame:	29
CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection).....	29
evoluzioni standard ethernet:.....	29
• 802.3u:.....	29
• 802.3z:	30
• 802.3ae:	30
IEEE 802.11 (WLAN).....	30
stazione nascosta	30
stazione esposta	31
Tipi di trasmissioni.....	32
• ad hoc:.....	32
• infrastructure:	32
Livello Network.....	32
IP (internet Protocol).....	33
routing di primo livello	35
ARP (Address Resolution Protocol)	35
Virtual LAN (VLAN)	36
IEEE 802.1Q	36
Livello trasporto	37
UDP (User Datagram Protocol)	38
TCP (Trasmission Control Protocol).....	38
Livello Applicazione	39
World Wide Web (WWW).....	39
HTTP	40
DNS (Domain Name System).....	40
Acquisizione e memorizzazione delle informazioni	41
Introduzione	41
Segnale analogico.....	43
Segnale digitale	43
Calibrazione:.....	43
Conversione da analogico a digitale.....	44
• campionamento:	44
• quantizzazione:.....	45
Compressione.....	46
Correlazione Statistica.....	46

Codifica entropica	48
Algoritmo di Huffman.....	49
Memorizzazione su supporti di massa	51
• disco magnetico:	52
▪ prestazioni del disco	53
• dischi ottici:	53
• memoria flash:.....	54
RAID (Redundant Array of Independent Disks).....	55
• RAID 0:.....	55
• RAID 1:.....	55
• RAID 2:.....	56
• RAID 3:.....	56
• RAID 4:.....	56
• RAID 5:.....	56
SAN (Storage Area Network).....	57
file.....	58
directory	58
Allocazione su disco.....	59
• allocazione contigua:.....	59
• allocazione a lista:	60
• allocazione indicizzata:.....	61
Miglioramento prestazioni disco.....	61
• dischi virtuali:	61
• cache del disco:	62
Journalized File System.....	62
Formati di memorizzazione	62
• basati su Pixel (raster o bitmap):.....	62
○ JPEG (Joint Photographic Experts Group):	64
○ TIFF (Tagged Image File Format):	64
○ GIF (Graphics Interchange Format):.....	64
○ PNG (Portable Network Graphics):.....	64
• basati su Vettori:	64
○ SVG (Scalable Vector Graphics):.....	64
▪ HL7 (Health Level 7):	64
▪ CDA (Clinical Document Architetture):.....	65

▪ CDISC (Clinical Data Interchange Standards Consortium);.....	65
▪ DICOM (Digital Imaging and COmmunications in Medicine):	65
Tipi di compressione	65
• compressione Lossless:	65
• compressione Lossy:.....	65
Tracciabilità	66
AIDC (Automatic Identification & Data Capture)	66
modi per l'acquisizione automatica	66
○ scansione ottica e visione artificiale:.....	66
○ radio frequenza:	66
○ tessere magnetiche:	66
○ chip card:	66
○ metodi biometrici:.....	66
Tracciabilità automatica in laboratorio	67
Codici a barre.....	68
• codici lineari:	68
• codici 2D:	69
Sistemi Hardware per codici a barre	70
Bokode,.....	70
Radio Frequency Identification (RFID).....	71
○ tag passivi:	72
○ tag attivi:.....	76
ZigBee	77
topologie ZigBee.....	77
• stella:	77
• maglia:	78
• albero:	78
tipi di nodi.....	78
• ZigBee Coordinator:.....	78
• ZigBee Router:	78
• ZigBee End Device	78
EPCGlobal	79
EPCIS (EPCGlobal Information Service)	79

Reti di calcolatori

Per reti di calcolatori si intende un'interconnessione di unità autonome di elaborazione dati importanti per la raccolta, elaborazione e distribuzione dei dati. L'obiettivo è quello di favorire la condivisione delle risorse e di renderle disponibili a chiunque sulla rete indipendentemente dalla posizione fisica dell'utente e della risorsa stessa.

Le reti possono essere **formate da**:

- **Super computer:** è un tipo di sistema di elaborazione progettato per ottenere potenze di calcolo estremamente elevate e dedicato all'esecuzione di calcoli particolarmente onerosi. Sono strumenti molto costosi, normalmente di proprietà di società o enti di ricerca che condividono il loro utilizzo tra molti dipendenti/ricercatori;
- **Personali computer (PC):** tipologia di computer contraddistinta dall'essere general purpose (cioè non destinato a specifici compiti), monoutente (cioè utilizzabile da un solo utente alla volta), destinato principalmente ad un utilizzo produttivo e dalle prestazioni base/medie. Un esempio sono i PC da casa, ufficio, ecc;
- **Sistemi Embeded (SE):** tipologia di sistema contraddistinta nell'essere special purpose, cioè tutti quei sistemi elettronici a microprocessore progettati appositamente (spesso con una piattaforma hardware ad hoc) per una determinata applicazione e perciò non riprogrammabili dall'utente per altri scopi.

Classificazione di rete

Esistono due tipi di classificazione delle reti:

- **Per tipo di trasmissione:**
 - **Broadcast:** hanno un solo canale di comunicazione che è condiviso fra tutte le macchine della rete. Brevi messaggi (pacchetti) sono inviati da ciascuna macchina e ricevuti da tutte le altre. Un campo di indirizzo nel pacchetto individua il destinatario. Alla ricezione del pacchetto, una macchina controlla il campo indirizzo, se il pacchetto era indirizzato alla macchina ricevente viene processato, altrimenti viene ignorato. Questo sistema ha anche la possibilità di indirizzare un pacchetto a tutti i destinatari utilizzando un codice speciale nel campo destinazione. Quando viene trasmesso un pacchetto con questo codice, viene ricevuto e processato da tutte le macchine presenti sulla rete (modo operativo chiamato anche broadcasting);

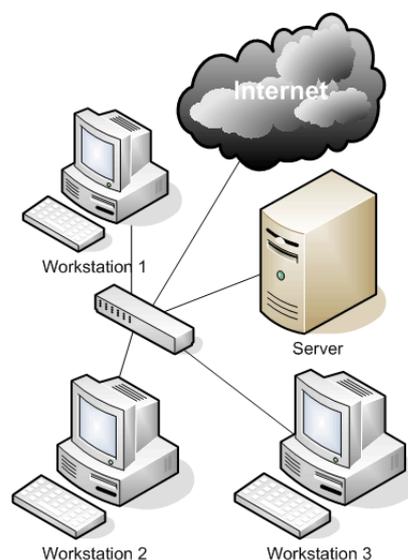
- **Punto punto:** Trasmissione che consiste in molte connessioni tra singole coppie di macchine. Il pacchetto per andare da sorgente a destinazione deve visitare una o più macchine intermedie. Le reti a trasmissione punto-punto con un solo trasmettitore e un ricevitore vengono anche chiamate reti unicasting;

- **Per dimensione:**

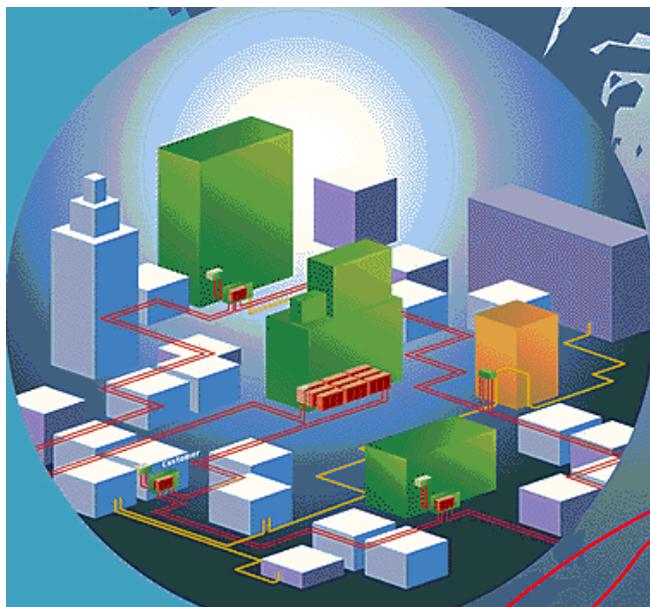
- **PAN (Personal Area Network):** tipologia di rete utilizzata per permettere la comunicazione tra diversi dispositivi situati vicini (distanza massima 1-2 metri) per esempio telefono e auricolare Bluetooth. Una rete PAN può essere realizzata inoltre come collegamento via cavo come per esempio USB, FireWire, oppure senza fili come IrDA e Bluetooth;



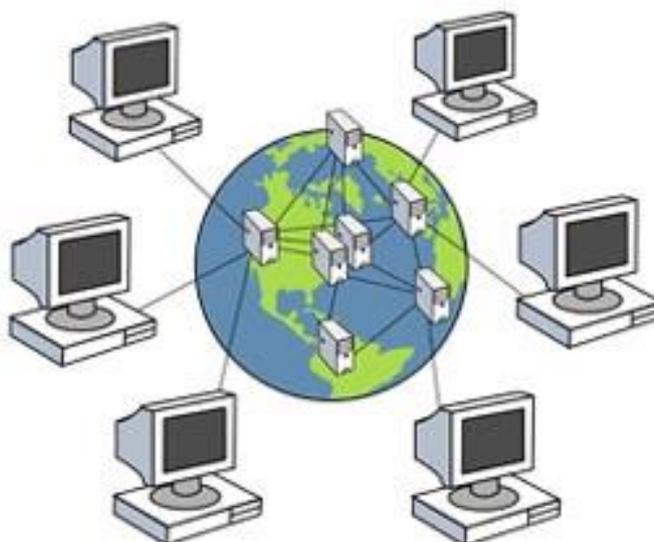
- **LAN (Local Area Network):** reti aziendali o domestiche che rimangono in un ambiente privato senza attraversamento di strade. Sono impiegati per collegare Personal Computer e Workstation;



- **MAN (Metropolitan Area Network):** reti cittadine che sfruttano i medesimi protocolli della LAN. In questo caso a differenza delle LAN è di tipo legale e la rete MAN può attraversare strade pubbliche e quindi anche suolo pubblico;

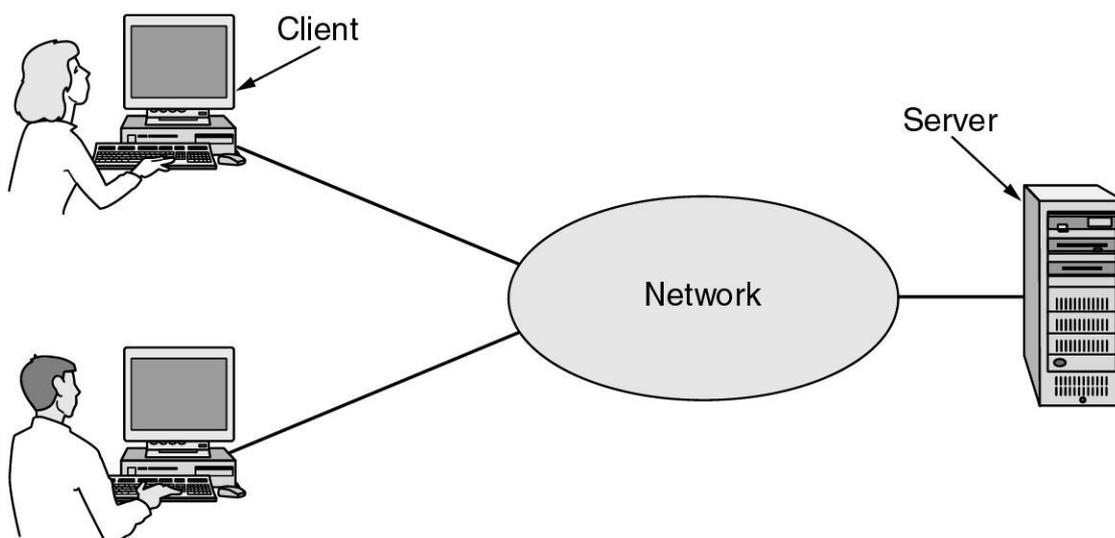


- **WAN (Wide Area Network):** reti che coprono un'area geografica estesa per il collegamento di città, nazioni, continenti. Utilizzano le stesse risorse della MAN. Queste reti dovendo trasferire grandi quantità di dati è necessario che siano molto veloci ed è per questo che negli ultimi anni si sta cercando di realizzare queste connessioni in fibra ottica.

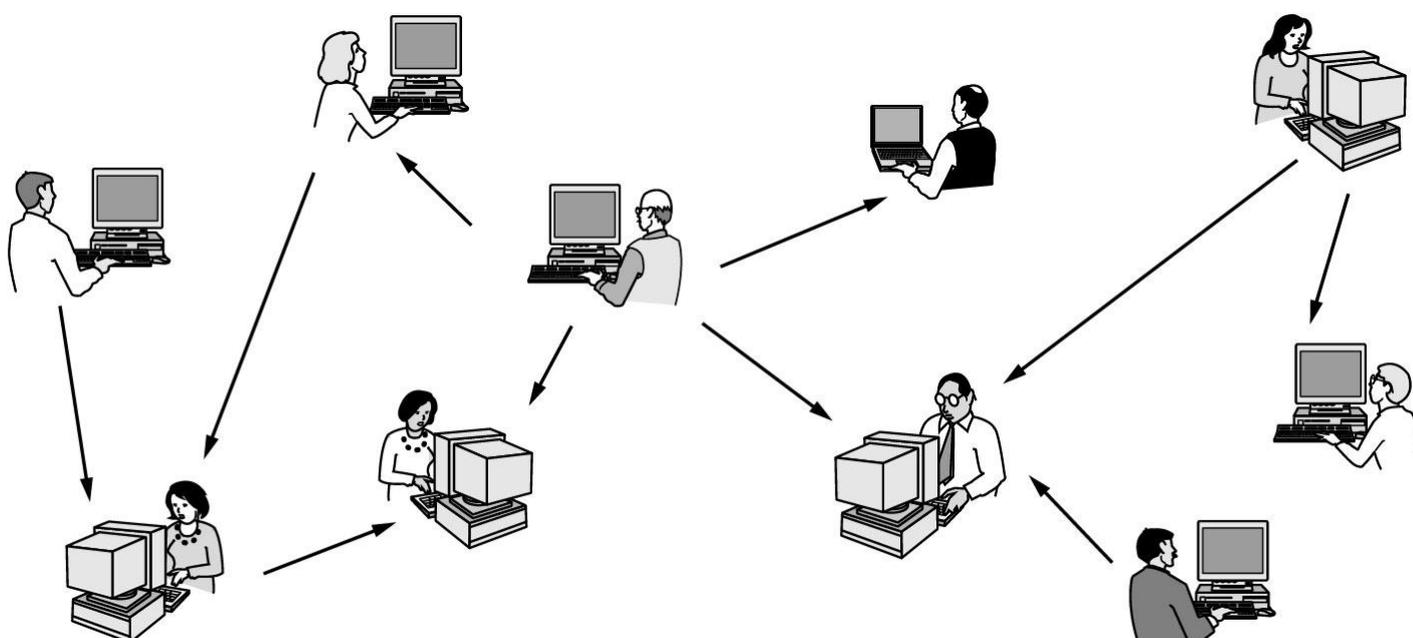


Modelli di collegamento

- **Modello Client-Server:** modello in cui i dati sono memorizzati in computer ad alte prestazioni chiamati server. Solitamente sono installati nell'ufficio centrale gestito da un amministratore di sistema, mentre un utente utilizza una tipologia di macchine più semplice (client). I due sistemi sono collegati tramite una rete (infrastruttura di comunicazione). Il Client ha come scopo la sola richiesta, mentre il server ha il compito di rispondere alla richiesta del client. Da notare è che il server non prende mai l'iniziativa;



- **modello Peer-to-peer:** in questo modello le postazioni sono in grado di lavorare sia da client che da server. Qualcuno fa da client ed altri fanno da server, creando così una comunicazione fra le varie postazioni;



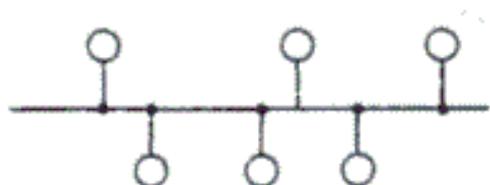
Topologia di rete

Con topologia di rete si intende lo studio riguardante la sistemazione ed il collegamento fra le reti. La rete è formata da dei nodi (unità attive di comunicazione) più un canale di trasmissione.

Le diverse topologie di reti sono:

- **link semplice:** collegamenti semplici che possono includere collegamenti di tipo punto-punto.

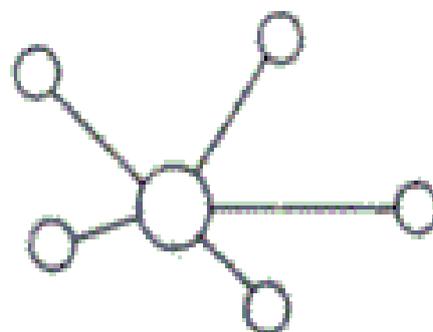
- **Vantaggi:** economica, semplice da realizzare, facilmente ampliabile;
- **Svantaggi:** poco affidabile, numero massimo di nodi limitato, decadimento prestazioni in caso di traffico;



- **stella:** sono utilizzate principalmente nella rete LAN e si dividono in due sottotipologie:

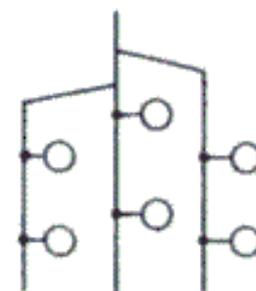
- **semplice:** tutte le stazioni sono collegate ad una stazione centrale (centro-stella) e tali connessioni sono di tipo punto-a-punto.

- **Vantaggi:**
 - *alte prestazioni:* essendo i collegamenti di tipo punto-a-punto, non c'è mai contesa sul mezzo trasmissivo, il quale quindi, a differenza di altre soluzioni, è praticamente sempre disponibile per una stazione che voglia trasmettere;
 - *semplicità di protocollo:* per lo stesso motivo del punto precedente;
 - *facilità di controllo:* il controllo è tutto concentrato (centralizzato) in un unico punto della rete (centro-stella);
 - l'eventuale fuori uso di una stazione (che non sia il centro-stella) non ha alcuna influenza sul funzionamento della rete;
- **Svantaggi:**
 - se avviene un guasto al centro stella gli altri nodi rimangono isolati;
 - in caso di intenso traffico, il nodo centrale può risultare sovraccaricato di lavoro e questo potrebbe portare al blocco delle richieste di connessione;
 - L'affidabilità dell'intero sistema dipende tutta dall'affidabilità del componente centrale.

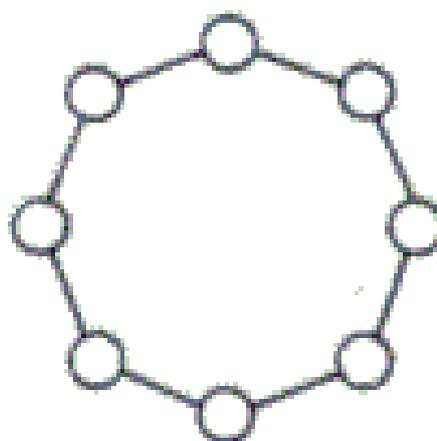


- **albero:** in questo caso il fulcro è un nodo che funge da radice.

- **Vantaggi:** stessi del modello a stella ma è più facile la scrittura di un programma di instradazione dei bit;
- **Svantaggi:** stessi del modello a stella, ma nel caso in cui si rompa un nodo interno una parte risulterà isolata.



- **anello:** nella topologia ad anello, tutte le stazioni sono collegate fra loro attraverso una caratteristica configurazione circolare chiusa su se stessa, nella quale le stazioni sono tra loro collegate tramite linee punto-a-punto. In questa tipologia la trasmissione avviene in un unico senso. Tutte le stazioni prendono parte alla trasmissione infatti quando una stazione invia sulla linea il proprio pacchetto, quest'ultimo percorre l'intero anello in quanto ciascuna stazione riceve il pacchetto, lo memorizza, lo rigenera e lo ritrasmette sulla linea successiva. Proprio il fatto per cui ogni stazione provvede a rigenerare il segnale, l'anello può avere anche una elevata estensione. Al contrario, i limiti di estensione riguardano la distanza massima tra stazione e stazione. Questa soluzione si rivela ottima nel caso in cui vengano usate le **fibre ottiche** (che sono notoriamente mezzi trasmissivi unidirezionali).

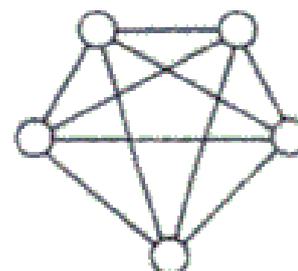


- **Svantaggi:** sistema usato in passato ma sta andando in disuso in quanto, se si verifica un guasto in due nodi, il sistema non funziona più mentre, se il guasto interessa un solo nodo, il sistema è in grado di funzionare normalmente senza particolari problemi.
- **maglia:** sono reti tipicamente geografiche in cui i nodi sono interconnessi tra loro per più di una volta, creando quindi percorsi alternativi per i dati nel caso che si verifichi una congestione o un malfunzionamento di linea. Si possono distinguere varie tipologie di maglie:

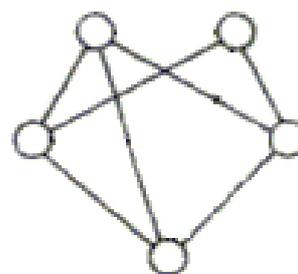
- **Completa:** tutti i nodi sono collegati fra loro.

Il numero della rete è quindi: $n(n-1)$;

- **Vantaggi:** molto robusta;
- **Svantaggi:** reti molto costose.



- **Incompleta:** le caratteristiche sono simili al modello a maglia completa, con la differenza che manca qualche collegamento fra i nodi;
 - **Vantaggi:** molto robusta;
 - **Svantaggi:** reti molto costose.



Definizioni utilizzate nello studio delle reti

Tempo di Propagazione: è il tempo di entrata di un bit nel canale e il suo arrivo nel sistema di destinazione.

Capacità canale: numero massimo di bit che si è in grado di trasmettere nell'unità di tempo.

Bitrate: numero di bit trasmessi da un nodo nell'unità di tempo. È quindi la velocità di trasferimento e si misura in Kbit/sec o Kbps.

Esiste inoltre una relazione fra la capacità del canale ed il bitrate, infatti la capacità totale di un percorso in rete fra 2 end-system è condizionata dalla minima tra le capacità del link che lo formano e la capacità di accettazione del ricevitore (dipende dalla sua potenza). Il bitrate emesso da un end-system è maggiore della capacità totale del percorso si ha una perdita dell'informazione.

Organizzazione reti

Per ridurre la complessità di progetto, le reti sono in genere organizzate a **livelli**, ciascuno costruito sopra il precedente. Fra un tipo di rete ed un'altra, ci possono essere diversi:

- numeri di livelli;
- nomi dei livelli;
- contenuti dei livelli;
- funzioni dei livelli.

Lo scopo di un livello è offrire certi **servizi** ai livelli più alti, nascondendo i dettagli sul come questi servizi siano implementati.

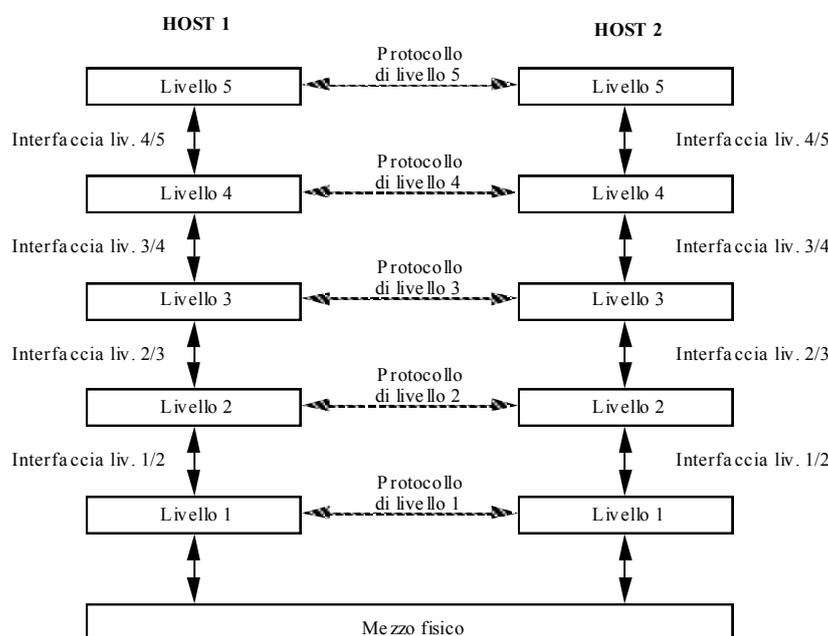
Il livello n su un host porta avanti una conversazione con il livello n di un altro host.

Le regole e le convenzioni che governano la conversazione sono collettivamente indicate col termine di **protocollo di livello n-esimo**.

Le entità (processi) che effettuano tale conversazione si chiamano **peer entity (entità di pari livello)** ed il dialogo fra due peer entity di livello n-esimo viene materialmente realizzato tramite i servizi offerti dal livello (n-1).

Dalla figura qui sotto si può notare che non c'è un trasferimento diretto dal livello n di host 1 al livello n di host 2, ma ogni livello dell'host 1 passa i dati, assieme a delle informazioni di controllo, al livello sottostante fino ad arrivare al livello 1. Al di sotto del livello 1 c'è il mezzo fisico, attraverso il quale i dati vengono trasferiti dall'host 1 all'host 2. Dal momento in cui i dati arrivano all'host 2, vengono passati da ogni livello (a partire dal livello 1) a quello superiore, fino a raggiungere il livello n. Fra ogni coppia di livelli adiacenti è definita un'**interfaccia**, caratterizzata da:

- operazioni primitive che possono essere richieste al livello sottostante;
- servizi che possono essere offerti dal livello sottostante.



I vantaggi di una buona progettazione delle interfacce sono la minimizzazione delle informazioni da trasferire e la possibilità di modificare l'implementazione del livello con una più attuale che offra gli stessi servizi. Un esempio può essere la sostituzione delle linee telefoniche con i canali satellitari.

Esistono diverse **problematiche di un protocollo** e vengono qui di seguito elencate:

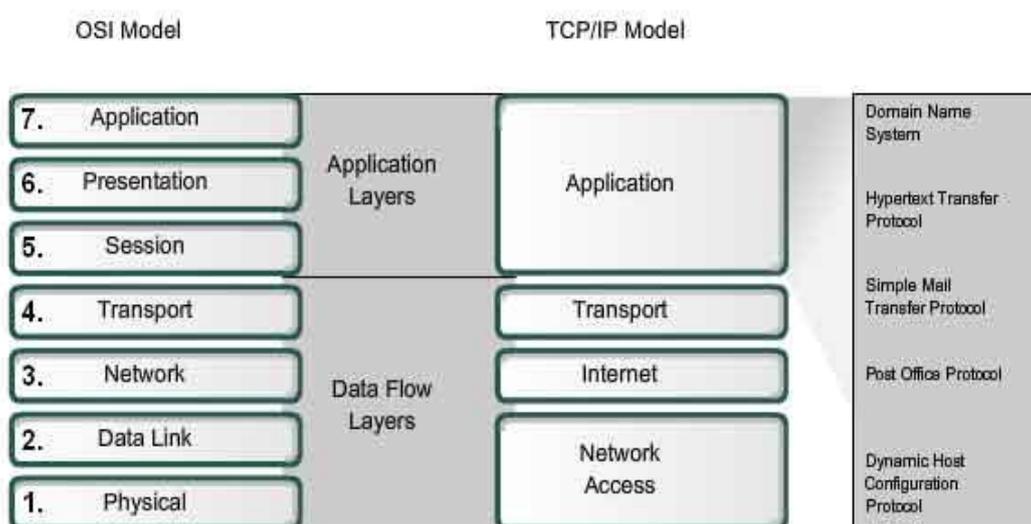
- **indirizzamento:** se ho più peer entity, ogni entità deve avere un indirizzo univoco;
- **rilevamento e recupero pacchetti mancanti, errati o fuori sequenza;**
- **controllo flusso:** consiste nel non inviare più parole di quelle che il ricevitore riesce a ricevere (→Regolazione velocità dei messaggi);

- **frammentazione e ri-assemblaggio:** consiste in una verifica della correttezza dello svolgimento dell'operazione;
- **instradamento (routing):** decisione riguardo alle strade sulle quali far viaggiare un pacchetto.

Modello OSI e TCP/IP

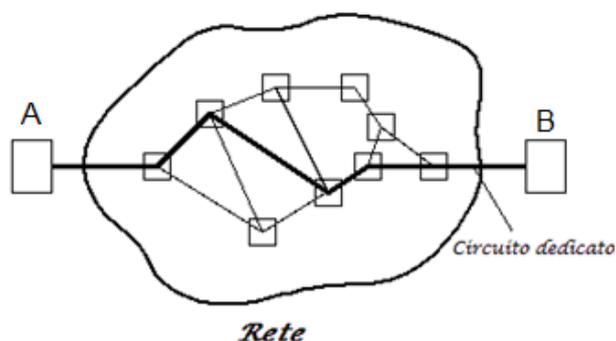
Anche se i protocolli associati al modello OSI sono ormai in disuso, il modello in sé è tutt'ora considerato valido e le caratteristiche discusse per ogni strato sono ancora molto importanti.

Il modello TCP/IP ha invece caratteristiche opposte: il modello in sé è poco utilizzabile, ma i protocolli in se sono largamente impiegati.



Un altro problema da affrontare a livello di pila dei protocolli è la commutazione, la quale si occupa di come instradare i pacchetti tra sorgente e destinazione attraverso la rete:

- **commutazione di circuito:**
 - viene stabilito un percorso fisso tra A e B per tutto il tempo della trasmissione;
 - tutti i dati seguono un percorso (come un filo continuo);
 - crea un circuito virtuale, vi è quindi la certezza che lo spazio per il passaggio dei bit sia sufficiente e che nessun altro possa occupare il circuito;
 - usato per telefonate analogiche (ISDN, GSM, ecc).

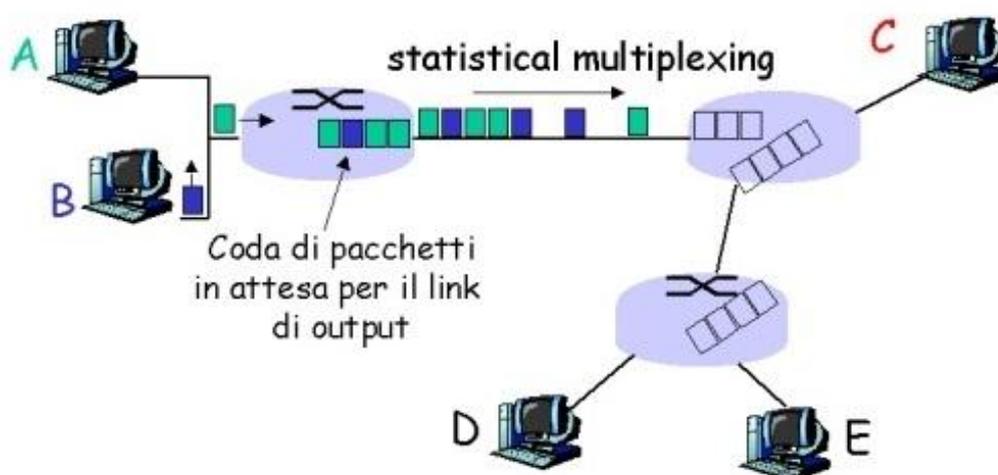


Vantaggi: basso ritardo e bassa capacità totale (perché ho già preparato il sistema);

Svantaggi: possibile spreco di risorse.

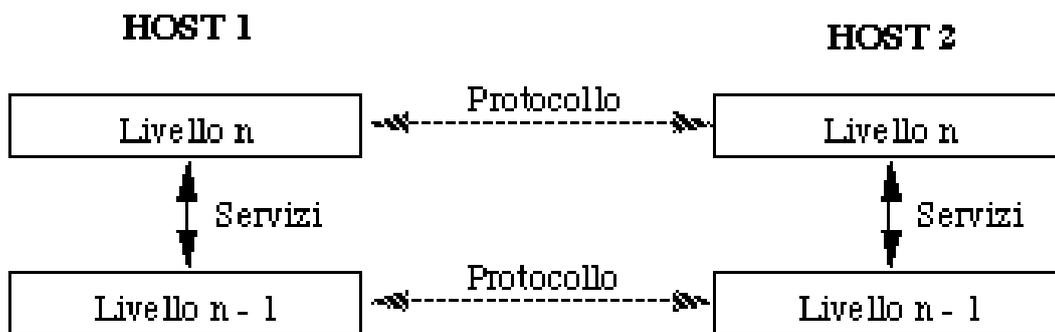
- **commutazione di pacchetto:** non si crea un percorso costante fra A ed E in quanto la decisione viene presa nodo per nodo:
 - i bit vengono raggruppati per pacchetti i quali contengono informazioni che consentono l'instradamento attraverso i nodi;
 - al bit va aggiunto un indirizzo dal momento in cui il percorso è già formato;
 - i bit vanno dunque raggruppati in pacchetti.

Svantaggi: E' necessario costruire dei pacchetti, ne consegue maggior ritardo e la possibilità che vi siano zone più congestionate che causino rallentamenti.



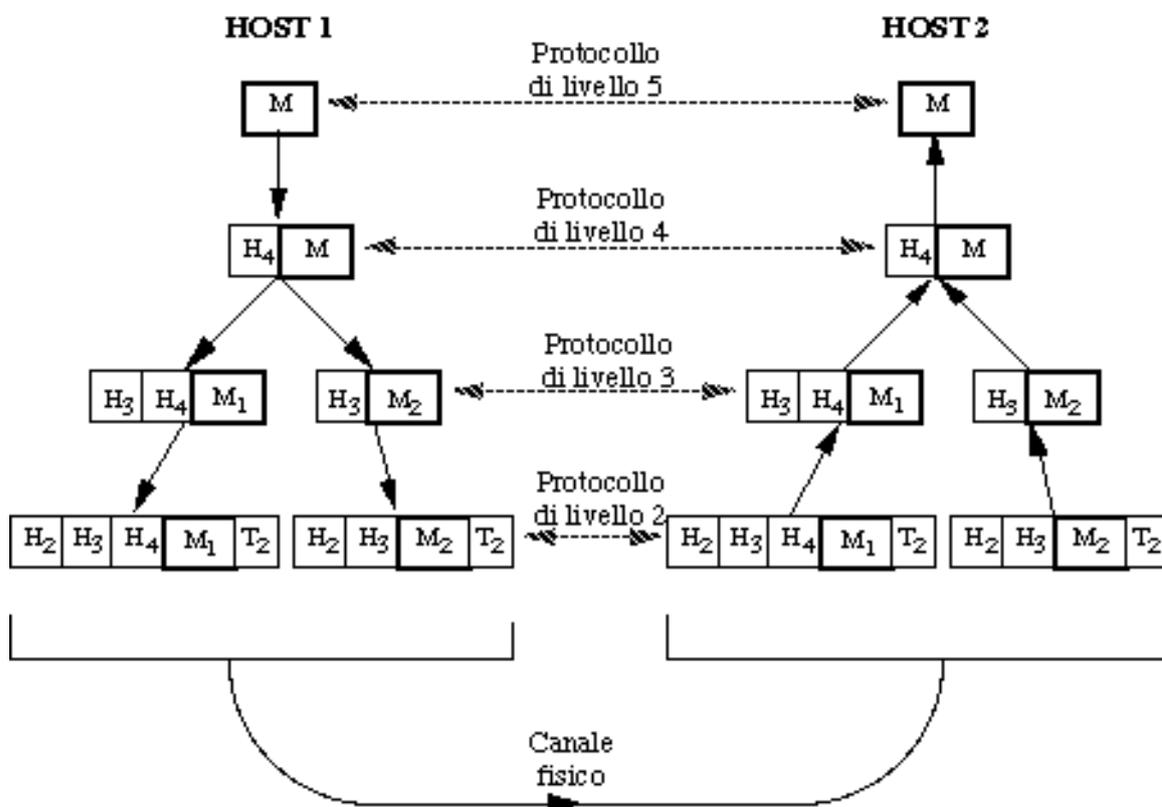
Servizi e protocolli sono spesso confusi, ma sono concetti ben distinti.

Servizio	Insieme di operazioni primitive che un livello offre al livello superiore. Come tali operazioni siano implementate non riguarda il livello superiore.
Protocollo	Insieme di regole che governano il formato ed il significato delle informazioni (messaggi, frame, pacchetti) che le peer entity si scambiano fra loro. Le entità usano i protocolli per implementare i propri servizi.



Nel caso delle reti, la comunicazione fra le due entità di livello superiore avviene con una modalità che, almeno in linea di principio, è uguale in tutte le architetture di rete.

Vediamo cosa accade nel dettaglio:



1. Il programma applicativo (livello 5) deve mandare un messaggio M alla sua peer-entità;
2. Il livello 5 consegna M al livello 4 per la trasmissione;
3. Il livello 4 aggiunge un suo **header** in testa al messaggio (talvolta si dice che il messaggio è inserito nella **busta** di livello 4; questo header contiene informazioni di controllo tra le quali:
 - numero di sequenza del messaggio;
 - dimensione del messaggio;
 - priorità;
4. Il livello 4 consegna il risultato al livello 3;

5. Il livello 3 può trovarsi nella necessità di frammentare i dati da trasmettere in unità più piccole (**pacchetti**) a ciascuna delle quali aggiunge il suo header;
6. Il livello 3 passa i pacchetti al livello 2;
7. Il livello 2 aggiunge ad ogni pacchetto il proprio header e lo spedisce sul canale fisico;
8. Nella macchina di destinazione i pacchetti fanno il percorso inverso, con ogni livello che elimina (elaborandoli) l'header ed il trailer di propria competenza, passando il rimanente al livello superiore.

Per **PDU (Protocol Data Unit)** si intende il pacchetto che viene creato e spedito dal protocollo che opera ad un dato livello. Ad ogni livello il PDU utilizza un nome differente:

- a livello applicativo il PDU si chiama "data" cioè "dati da spedire";
- a livello di trasporto il PDU si chiama "segment" cioè "segmento". In pratica si tratta di una parte dei dati da spedire con l'aggiunta dell'apposita header;
- a livello di rete (network) il PDU si chiama "packet" cioè "pacchetto", vengono aggiunti gli indirizzi IP;
- a livello data link il PDU si chiama "frame" ed ha un header con gli indirizzi MAC e un trailer (parte conclusiva) contenente dei bit per effettuare il controllo di parità (verifica dell'integrità del frame stesso);
- a livello fisico il frame viene visto come una sequenza di bit da spedire attraverso un mezzo trasmissivo.

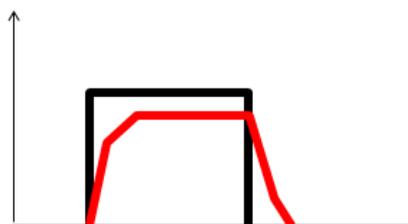
Vengono ora spiegati in dettaglio i vari livelli del modello ISO OSI.

Livello Fisico

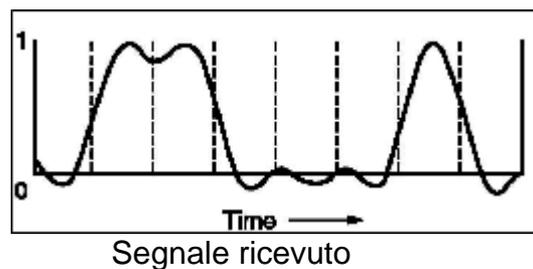
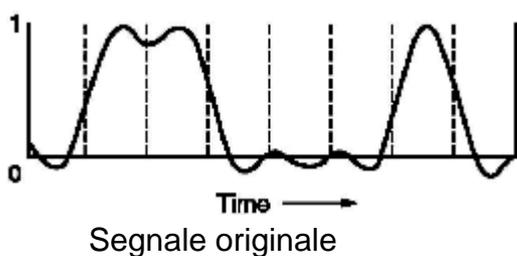
Questo livello definisce le interfacce meccaniche, elettriche e le temporizzazioni della rete ed ha lo scopo di trasportare un flusso grezzo di bit sul canale di comunicazione. Si deve inoltre assicurare che ogni bit trasmesso sia ricevuto con lo stesso valore di spedizione senza subire modifiche o alterazioni.

Esistono dei **“nemici della trasmissione”** che rovinano in un certo senso il segnale e sono:

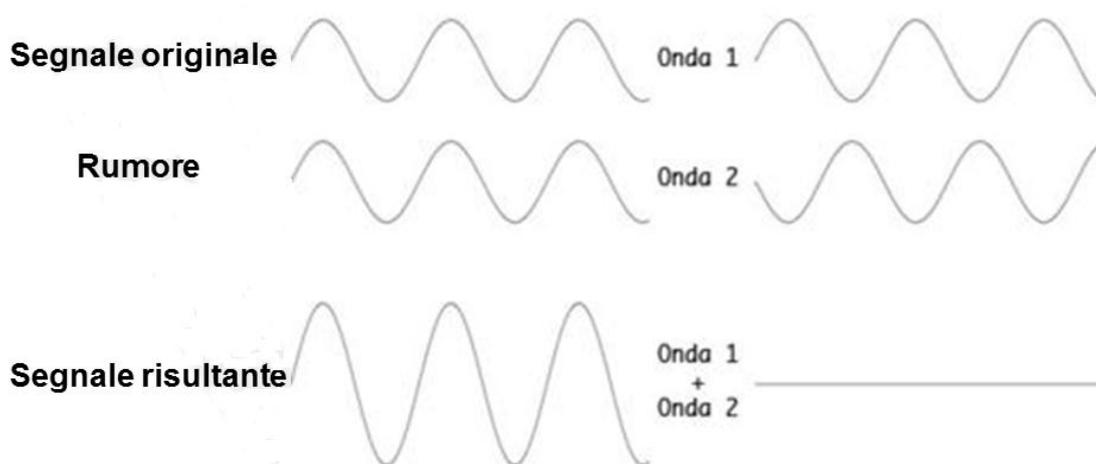
- **attivazione:** il segnale perde forza lungo il cammino o in presenza di ostacoli (solo per reti wireless);



- **distorsione:** il segnale cambia forma perdendo quella originale;



- **interferenza:** in questo caso i segnali si vengono a sovrapporre e tale sovrapposizione può essere:
 - esterna;
 - interna (diafonia o cross-talk).

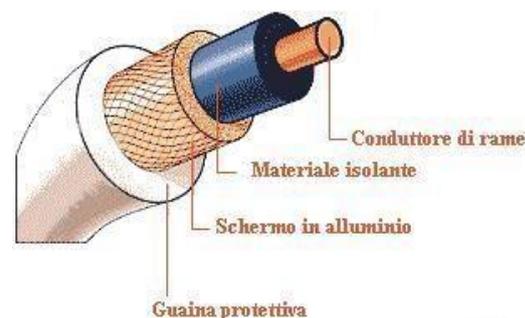


Tipologie di trasmissione del segnale

- **cavo di rame:**
 - **trasmissione sbilanciata:** è una metodica di trasmissione che utilizza tre fili: un segnale A, un segnale B ed una massa.
Importante ricordare che la tensione di A è uguale ed opposta alla tensione di B.
 - I fili possono essere fra loro:
 - **Paralleli;**

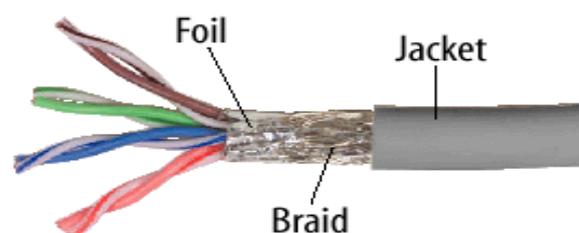
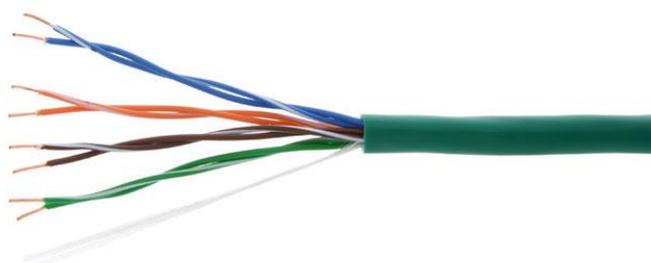


- **Coassiali:** il filo segnale è al centro, mentre il filo della massa lo avvolge diminuendo così le interferenze.



Esistono due tipi di cavo coassiale che vengono distinti in base alle caratteristiche elettriche (che dipendono dalla geometria del cavo) e che vengono utilizzati per scopi differenti:

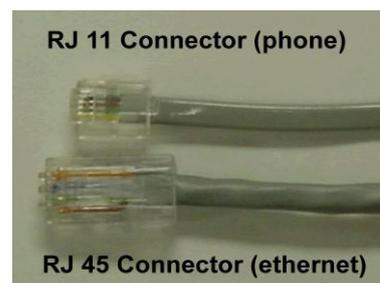
- **Cavo con impedenza a 75 Ω :** viene usualmente utilizzato per la trasmissione analogica (distribuzione televisiva, TV via cavo, tratte di back-bone del sistema telefonico con multiplexing FDM). In multiplexing FDM può trasportare oltre 10000 canali vocali in contemporanea;
 - **Cavo a 50 Ω :** solitamente utilizzato nella trasmissione digitale (per reti locali, come Ethernet, token bus, e nelle connessioni dati a livello geografico).
- **Trasmissione differenziale o bilanciata:** il cavo che lo trasmette è chiamato **doppino**: utilizza infatti due fili, uno per il polo positivo ed uno per la massa. Il doppino può avere un'ulteriore schermatura tutto attorno la lunghezza del cavo (come nella figura sottostante) oppure esserne privo.



- sistema più immune alle interferenze. Questo accade perché i cavi sono fra loro intrecciati e le interferenze di annullano a vicenda;
- il numero di spire su se stessi è indicato con UTP (Unshielded Twisted Pair) e possono essere di tipo 3,4,5 e l'ultimo tipo che è la

6. Più la categoria è alta e più la frequenza di avvolgimenti su metro lineare aumenta;

- usata per telefonia e ADSL (utilizza 2 coppie di cavi intrecciati (connettore RJ11)), Ethernet (utilizza 4 coppie di cavi intrecciati (connettore RJ45)), CAN (Bus di campo).



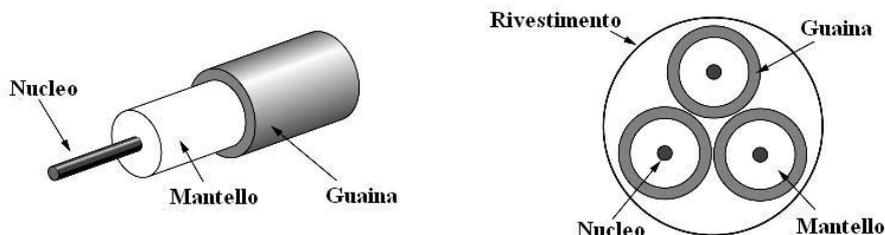
- **Fibra ottica:** è un sistema di trasmissione ottico formato principalmente da tre componenti: la sorgente luminosa, il mezzo di trasmissione (cavo fibra ottica) e il rilevatore.

Il cavo in fibra ottica è costituito da:

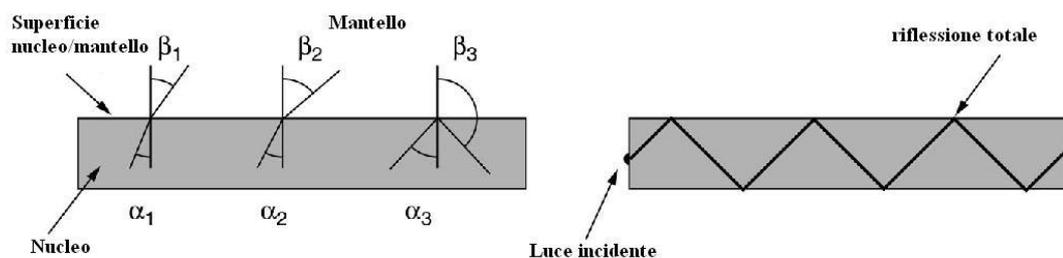
- **nucleo:** sottile filo di sostanza vetrosa, generalmente silicio, molto fragile, attraverso il quale si propaga la luce;
- **mantello:** sostanza che avvolge il nucleo con proprietà ottiche differenti dal nucleo;
- **guaina:** sostanza plastica protettiva che avvolge il mantello e protegge il cavo da umidità e deformazioni.

Le proprietà ottiche del nucleo e del mantello sono tali che la luce introdotta nel nucleo con direzione opportuna, non possa più uscirne ma venga riflessa in modo da viaggiare lungo il nucleo fino a destinazione.

I cavi per utilizzo breve possono essere a coppie di fibre mentre i cavi per lunghe tratte possono invece contenere centinaia di fibre distinte.



Quando un raggio di luce passa da un mezzo ad un altro, subisce un cambio di direzione (rifrazione). L'ampiezza dell'angolo di rifrazione dipende dalle caratteristiche fisiche dei due mezzi.



Esiste inoltre un angolo di incidenza (chiamato **angolo critico**) oltre il quale il raggio viene completamente riflesso entro il mezzo più denso.

Le fibre ottiche inoltre si possono suddividere in:

- **multimodali:** raggi diversi possono colpire la superficie con diversi angoli (detti **mode**), proseguendo quindi con diversi cammini;
- **monomodali:** sono cavi sottili (diametro del core di circa 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: molto veloce, immune ad interferenze elettriche, non porta corrente, posso trasmettere più comunicazioni sullo stesso tubicino, più difficile l'intercettazione dei dati;

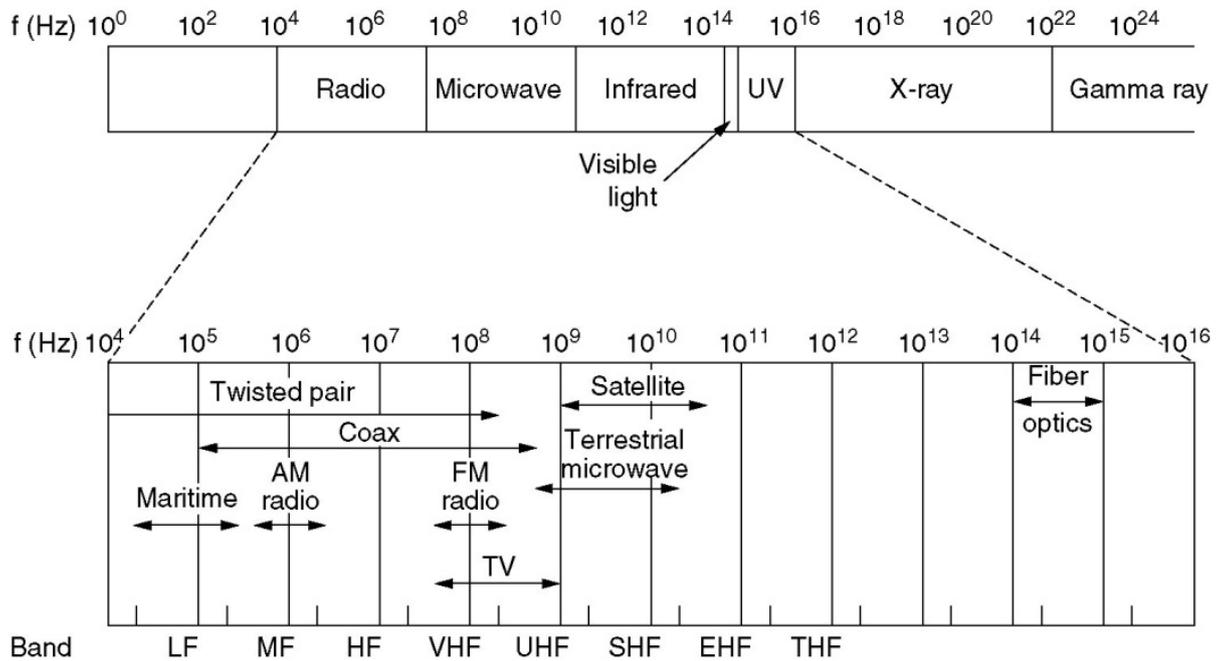
Svantaggi: costo elevato, molto delicata.

Confronto tra fibra ottica e rame:

La fibra offre molti vantaggi, primo fra tutti è la maggior ampiezza di banda. Già questa caratteristica la rende necessaria per le reti di fascia alta. A causa del basso livello di attenuazione, i ripetitori possono essere installati ogni 50 Km di linea, mentre nel caso dei cavi in rame devono essere installati al massimo ogni 5 Km.

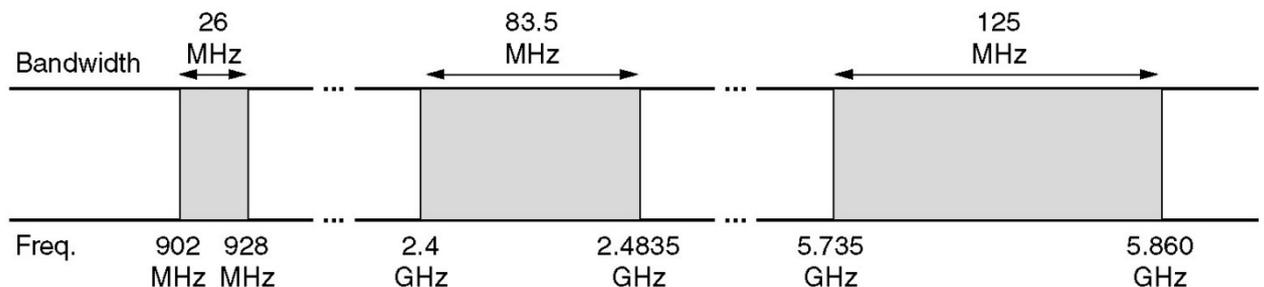
La fibra ha anche il vantaggio di non essere influenzata dalle sorgenti elettriche, dai campi elettromagnetici e dalle interruzioni della linea elettrica e poiché non è influenzata dai corrosivi chimici presenti nell'aria, la fibra è adatta anche agli ambienti più particolari. Un altro punto a favore per le fibre è che non perdono la luce ed è piuttosto difficile entrarvi per intercettare i dati, rendendole **molto più sicure dei cavi in rame**.

- Trasmissione radio:** le onde elettromagnetiche che si propagano attraverso lo spazio (anche nel vuoto) sono generate dallo spostamento degli elettroni. Il numero di oscillazioni al secondo di un'onda è chiamato frequenza ed è misurato in Hz. Nella figura qui sotto viene indicato lo spettro elettromagnetico.



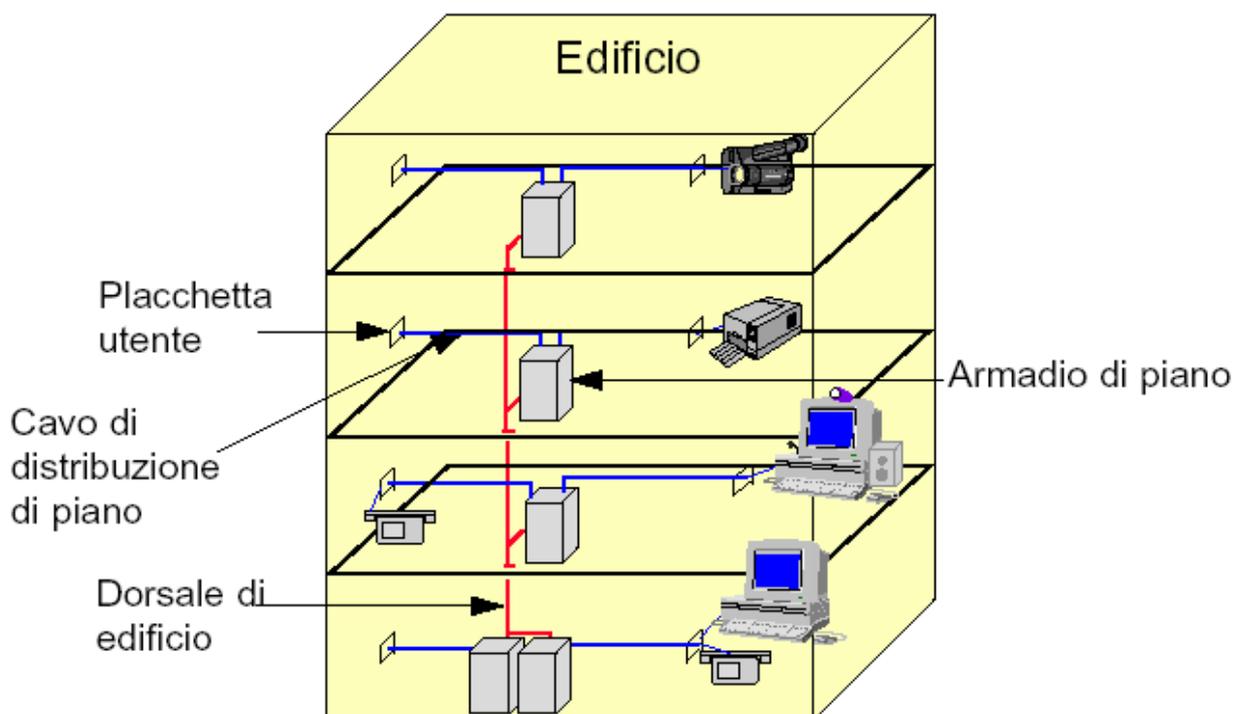
A parità di potenza, maggiore è la frequenza e maggiore è la trasmissione in linea retta ed il blocco da parti delle pareti. Ad esempio i muri bloccano il segnale per le Wi-Fi ma non le trasmissioni TV: questo perché la rete Wi-Fi utilizza frequenze più elevate rispetto alle frequenze TV.

La maggior parte dei governi ha riservato alcune bande di frequenza, chiamate ISM (*Industrial Scientific Medical*) per l'utilizzo di frequenze senza licenze (Bluetooth, wireless lan, ZigBee). Per limitare l'interferenza tra i dispositivi non coordinati le bande ISM utilizzano tecniche di trasmissione a spettro distribuito. La distribuzione delle frequenze è comunque controllata a livello nazionale e possono esservi delle differenze di banda di frequenza fra i vari stati.



Cablaggio strutturato

Consiste in un insieme di norme (**cablaggio strutturato**) che indicano come eseguire il cablaggio della rete in un edificio organizzato in modo gerarchico. In questo cablaggio integriamo le reti locali, la telefonia, il controllo accessi, la video-sorveglianza, l'antifurto e tutti quei componenti che non utilizzano alte tensioni.



Gli elementi che compongono il cablaggio strutturato sono i mezzi trasmissivi (cavi di rame o fibre ottiche), le strutture di permutazione (cioè i pannelli in cui arrivano i cavi), i connettori, spine, prese, adattatori, apparati di protezione elettrica, materiali di supporto (cassette, supporti, canaline, armadi, ecc).

Il sistema di cablaggio deve essere inoltre:

- adatto ad un ambiente multiproduct/multivendor;
- indipendente dai prodotti di telecomunicazioni che verranno installati;
- pensato per essere realizzato contestualmente alla costruzione o ricostruzione organica dell' edificio.

Tecnologie di trasmissione

Le diverse tecnologie di trasmissione esistenti sono:

- **seriale:** sistema in cui viene trasmesso un bit per volta, avendo così un minor utilizzo di cavi o canali radio. Degli esempi di trasmissione seriale sono l'USB, l'RS-232, la FireWire e la Ethernet;
 - **Svantaggi:** più lenta rispetto alla trasmissione parallela;
- **parallela:** sistema in cui vengono trasmessi più bit contemporaneamente su cavi o canali radio differenti. Degli esempi di questo tipo di trasmissione sono il cavo di collegamento fra computer e stampante con porta parallela ed il collegamento tra Hard-Disk e CPU nel PC;
 - **Svantaggi:** in alcuni casi può risultare ingombrante.

Oltre alle tecnologie della trasmissione che sono state precedentemente elencate, esistono due ulteriori **tipi di trasmissione** differenti e sono:

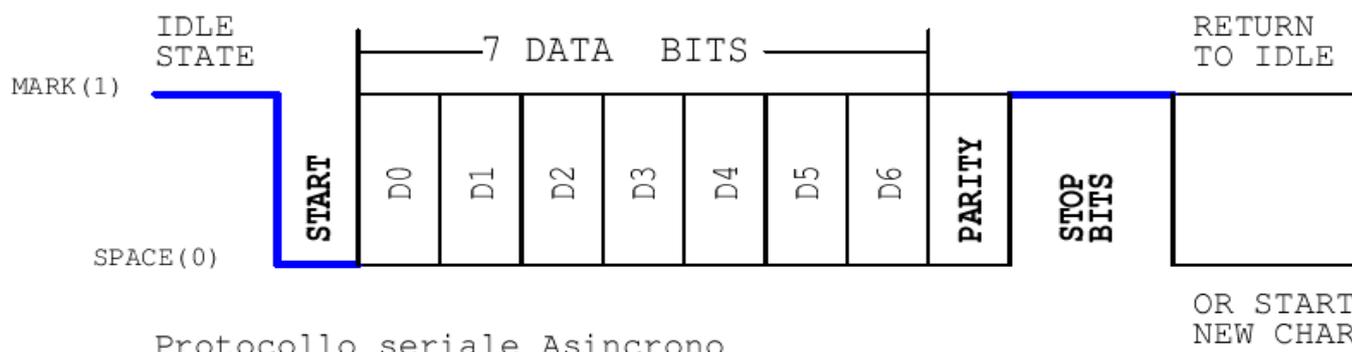
- **trasmissione sincrona:** in questa trasmissione sia il trasmettitore che il ricevitore hanno una base dei tempi comune (clock) che scandisce l'invio dei bit. Trasmissione che funziona bene per una breve distanza;
- **trasmissione asincrona:** non c'è una base dei tempi comune (clock), ma ciascuna trasmissione deve essere identificata da un bit di Start ed un bit di Stop. Il bit di Start indica che il dato sta per iniziare, ed il bit di stop indica che il dato è terminato, cioè che la trasmissione si è conclusa.

RS-232

Standard di trasmissione seriale asincrona, nata per collegare il modem al PC, utilizza una trasmissione elettrica sbilanciata (un filo per trasmettere, uno per ricevere ed una massa comune). La velocità è di 1 Mb/s per i cavi da 1-2 metri e di 19200 b/s per i cavi da 15 metri.

Spiegazione del **protocollo seriale RS-232:**

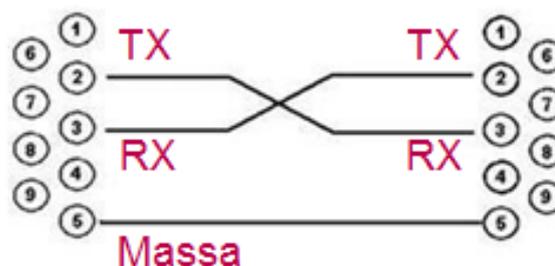
- **Baud rate:** indica il reciproco del tempo di trasmissione di un bit (velocità);
- **Idle:** il livello è alto quando rileva la rottura della linea;
- **Dato:** pacchetto che dipende dallo standard, può essere 5,6,7,8 bit;
- **Parity:** bit di parità, ha lo scopo di rilevare la presenza di un errore nella trasmissione, può essere pari, dispari o non essere presente;
- **Stop:** è sempre ad 1, e può avere una lunghezza di 1, 1.5, 2 bit.



Perché sia il trasmettitore che il ricevitore siano in grado di comunicare correttamente senza commettere errori, bisogna che abbiano il valore di baud rate, numero bit di dato, presenza o no della parità e numero dei bit di stop, impostati in modo uguale. Un valore differente in una delle due parti provoca un errore di sincronizzazione della trasmissione del dato.

Esistono inoltre due **tipi di collegamento** per la seriale:

- **cavo incrociato:** il ricevitore è collegato con il trasmettitore, il trasmettitore con il ricevitore e la massa in comune. (schema a fianco);



- **cavo dritto:** il trasmettitore è collegato con il trasmettitore, il ricevitore con il ricevitore e l'incrocio viene fatto a livello del circuito elettronico. La massa è in comune. Sia il ricevitore che il trasmettitore devono essere impostati con gli stessi valori di Baud rate, numero di bit di dato, presenza parità e tipo, numero di bit di stop. Se uno di questi valori è diverso per le due parti, la comunicazione avviene ugualmente ma i dati trasmessi saranno sbagliati.



Vantaggi: sistema sicuro e molto economico;

Svantaggi: la velocità di trasmissione è ridotta e dipende dalla lunghezza del cavo.

USB (Universal Serial Bus)

È uno dei successori della seriale RS-232. Tale dispositivo consente di collegare diverse periferiche ad un elaboratore; è stata progettata per consentire a più periferiche di essere connesse usando una sola interfaccia standardizzata, un solo tipo di connettore e per migliorare la funzionalità plug-and-play consentendo di collegare/scollegare i dispositivi senza dover riavviare ogni volta il sistema. Supporta fino ad un massimo di 127 periferiche. Ogni cavo può avere la lunghezza massima di 5 metri (altrimenti poi il segnale diventerebbe troppo debole). C'è la possibilità anche di inserire degli hub per moltiplicare le porte e amplificare il segnale.



La velocità di trasferimento dipende dallo standard:

- la **versione 1.0** (nato nel gennaio 1996) supporta collegamenti a solo 1,5 Mbit/s, velocità adeguata per mouse, tastiere e dispositivi lenti;
- la **versione 1.1** (nata nel settembre 1998) innalza la velocità a 12 Mbit/s;
- la **versione 2.0** (nato nell'aprile del 2000) ha innalzato la velocità di trasferimento a 480 Mbit/s e può essere usato come trasferimento dati da parte di Hard-Disk esterni.

L'ultima versione e novità è l' **USB 3.0** che è stata rilasciata il 13 agosto del 2008 ed è in grado di trasferire i dati dieci volte più velocemente dell' USB 2.0 con una velocità di trasferimento pari a 4,8 Gbit/s al secondo.

FireWire (IEEE 1394)

Interfaccia standard seriale successore dell' RS-232: supporta due diverse modalità di trasferimento dati:

- **modalità asincrona:** modalità che avviene quando il dato spedito viene ricevuto dall'altra parte del cavo. Nel caso in cui la linea non fosse libera, viene nuovamente inviato;
- **modalità isocrona:** modalità che prevede un invio di dati attraverso un flusso continuo in tempo reale. In questa modalità si possono acquisire dati dagli apparecchi digitali come videocamere e macchine fotografiche.



Il trasferimento dei dati avviene ad 800 Mb/s per un massimo di 4,5 metri di lunghezza del cavo.

Livello Data Link

Questo livello ha il compito di offrire una comunicazione affidabile ed efficiente a due macchine **adiacenti**, cioè connesse fisicamente ad un canale di comunicazione (cavo coassiale, doppino, linea telefonica, ecc).

Elemento fondamentale è che in questo caso i bit devono partire ed e arrivare nello stesso ordine e la gestione di questo problema è più complessa di quanto possa sembrare proprio perché possono avvenire dei disturbi occasionali sul canale di trasmissione, ritardi di propagazione o altri fattori che possono portare a problemi.

Questo livello deve inoltre offrire un servizio di interfaccia al livello network, determinare come i bit del livello fisico sono raggruppati in **frame**, gestire gli errori di trasmissione e regolare il flusso della trasmissione fra sorgente e destinatario.

Il servizio principale è il trasferimento dei dati dal livello network della macchina di origine al livello network della macchina di destinazione; i più comuni sono:

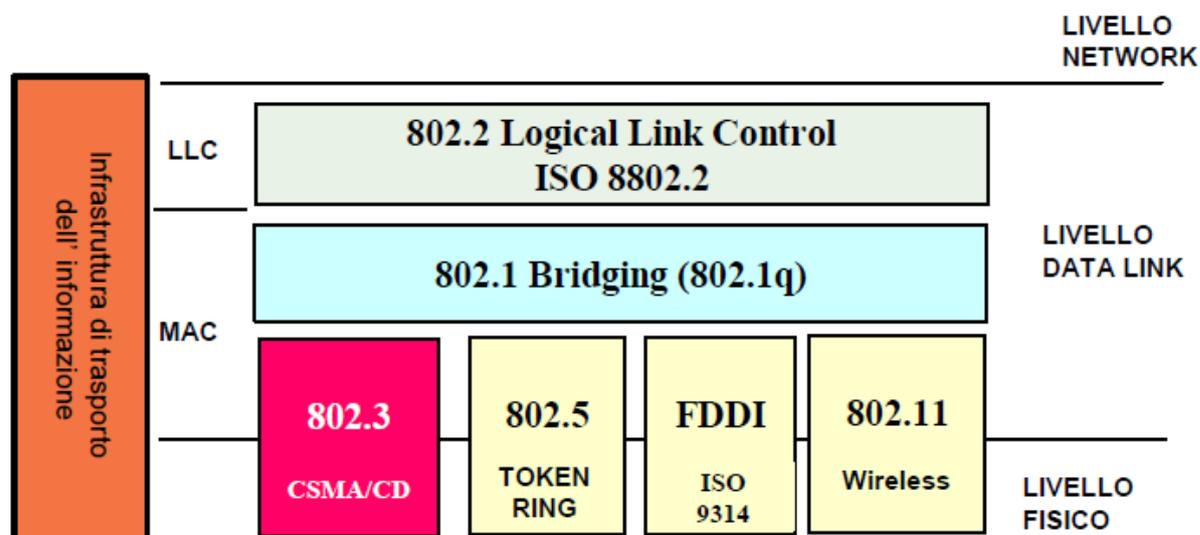
- **connectionless NON confermato:**
 - invia frame indipendenti;
 - non conferma i frame;
 - non stabilisce una connessione;
 - i frame persi non vengono recuperati;
 - tipo di connessione utilizzata per:
 - canali con tasso d'errore molto basso;
 - traffico real-time (ad esempio per il traffico voce).

- **connectionless confermato:**
 - i frame vengono confermati;
 - nel caso in cui la conferma non arrivi, il mittente può scegliere di rispedire il frame;
 - utilizzato su canali non affidabili (per esempio nei sistemi Wireless);
 - la perdita di un ack può causare la trasmissione di più copie dello stesso frame.

- **connection oriented confermato:**
 - è un servizio più sofisticato;
 - prevede queste fasi:
 - apertura della connessione;
 - invio di dati;
 - chiusura della connessione.

 - garantisce l'esatta ricezione (anche rispetto alla correttezza dell'ordine);
 - fornisce al livello network un flusso di bit affidabile.

LLC: Protocollo in grado di far comunicare tutti gli standard fra loro.



MAC (Media Access Control): chiamato anche *indirizzo fisico*, *indirizzo ethernet* o *indirizzo LAN*. È un codice di 48 bit (6 byte) assegnato in modo univoco ad ogni scheda di rete prodotta nel mondo. L'indirizzo MAC è del tipo XX:XX:XX:XX:XX:XX dove X è un numero esadecimale.

Formato pacchetto MAC: (frame)

Start Frame Delimiter (SFD)	Destination MAC (DMAC)	Source MAC (SMAC)	Header Info	SDU (Payload)	Frame Check Sequence (FCS)
-----------------------------	------------------------	-------------------	-------------	---------------	----------------------------

- utilizza il tipo di trasmissione asincrona;
- il campo **Star Frame Delimiter**, il campo **Head Info** (gialli) e la distanza massima e minima di un frame dipendono dallo specifico protocollo;
- **Destination MAC (DMAC):** è l'indirizzo MAC di destinazione (6 byte);
- **Source MAC (SMAC):** è l'indirizzo MAC sorgente (6 byte);
- **SDU (Payload):** è il contenuto della busta;
- **Frame Check Sequence (FCS):** coda che viene aggiunta al livello 2 (trailers). Codice di errore che controlla che il messaggio inviato non siano presenti errori. (4 byte);
- i frame sono delimitati da:
 - **Start Frame Delimiter (SDF);**
 - **Inter Frame Gap:** spazio minimo tra frame, cioè lo spazio che ci deve essere fra un frame ed un altro per non confonderlo come un unico pacchetto.

IEEE 802.3 (Ethernet)

L'IEEE 802.3 è uno standard di evoluzione dell' ethernet v.2 .È un protocollo **CSMA/CD** di tipo 1-persistent funzionante a 10 Mb/s.

Formato frame:

Preamble	Start Frame Delimiter (SFD)	Destination Address	Source Address	Length	Data	Frame Check Sequence (FCS)
----------	-----------------------------	---------------------	----------------	--------	------	----------------------------

- **Preamble:** sequenza di 7 byte per sincronizzare il clock del ricevitore;
- **Start Frame Delimiter (SFD):** indica l'inizio del frame;
- **Destination Address:** indirizzo MAC del mittente;
- **Source Address:** indirizzo MAC del destinatario;
- **Length:** lunghezza del campo Data;
- **Data:** contiene i dati (da 0 a 1500 byte);
- **PAD:** byte di padding in caso non si riescono a raggiungere la dimensione minima di 64 byte;
- **Frame Check Sequence (FCS):** codice per il controllo degli errori di trasmissione.

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

Protocollo che permette di verificare se il canale è libero prima di trasmettere il messaggio; in tal modo, però, più stazioni possono iniziare contemporaneamente la trasmissione credendo libero il canale. Rilevare la collisione è un processo analogico: si ascolta il canale durante la propria trasmissione e, se la potenza del canale ricevuto è superiore a quella trasmessa, vuol dire che è in corso una collisione. Quando questo fenomeno il sistema aspetta un tempo casuale di tempo per poi riprovare a trasmettere.

Evoluzioni standard ethernet:

- **802.3u:** Fast Ethernet, trasmissione a 100 Mb/s:
 - 100Base-T4: cavo doppino intrecciato, 100 metri di lunghezza massima di un segmento, utilizza UTP di categoria 3;
 - 100Base-TX: cavo doppino intrecciato, 100 metri di lunghezza massima di un segmento, utilizza UTP di categoria 5;
 - 100Base-FX: cavo in fibra ottica, 2000 metri di lunghezza massima di un segmento.

- **802.3z:** Gigabit Ethernet, trasmissione ad 1 Gb/s:
 - 1000Base-SX: cavo in fibra ottica, 550 metri di lunghezza massima di un segmento, fibra multimodale (50,62,5 micron);
 - 1000Base-LX: cavo in fibra ottica, 5000 metri di lunghezza massima di un segmento, fibra monomodale (10 micron) o fibra multimodale (50,62,5 micron);
 - 1000Base-CX: 2 coppie di STP (doppino schermato) come cavo, 25 metri di lunghezza massima di un segmento;
 - 1000Base-T: 4 coppie di cavo UTP (categoria 5), 100 metri di lunghezza massima di un segmento.

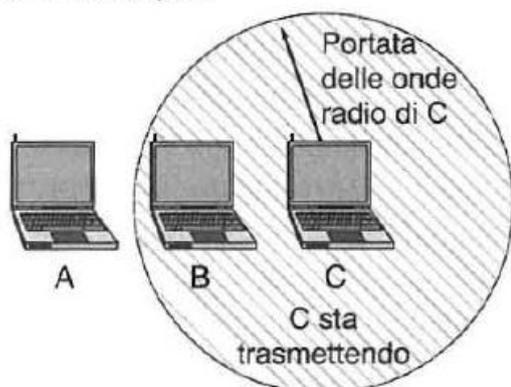
- **802.3ae:** 10 Gigabit Ethernet, trasmissione a 10 Gb/s, utilizzata per collegare le reti geografiche e come sistema di collegamento veloce tra server e Hard-Disk condivisi (SAN).

IEEE 802.11 (WLAN)

Protocollo per stazioni fisse e mobili in ambito locale. Le frequenze sono centrate fra 2.4 GHz e 5 GHz con potenza compresa fra i 10 mW e 100 mW, avendo così una riduzione di interferenze, un aumento di durata delle batterie ed un minor inquinamento elettromagnetico.

Nella WLAN 802.11 esiste il problema della **stazione nascosta** (problema che nello standard 802.3 non esisteva). Questo problema viene riscontrato nel momento in cui non tutte le stazioni si trovino all'interno del campo radio delle altre. Le trasmissioni che avvengono in una parte della cella possono non essere ricevute in un'altra parte della stessa. La figura di seguito spiega il problema:

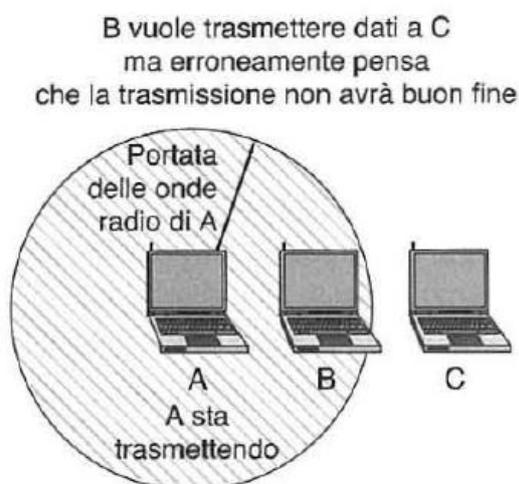
A vuole trasmettere dati a B
ma non è in grado di scoprire
se B è occupato



La stazione C sta trasmettendo alla stazione B e, dopo aver controllato il canale, A conclude erroneamente che può iniziare a trasmettere a B.

Esiste poi il problema inverso, detto della

stazione esposta che viene spiegato dalla prossima figura:



In questo caso la stazione *B* vuole trasmettere dei dati a *C*, *B* si mette in ascolto sul canale, ma rileva una trasmissione e conclude erroneamente che non può trasmettere a *C* anche se magari *A* sta trasmettendo ad un'altra stazione che non è presente in figura.

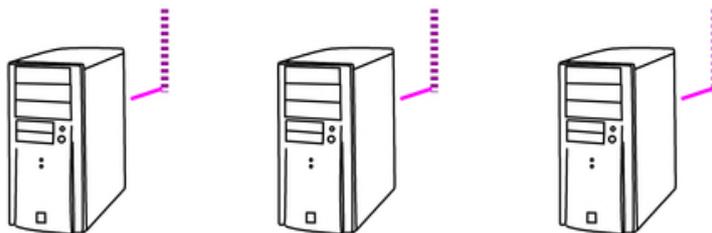
Questo accade perché la maggior parte delle radio è half duplex, cioè non può trasmettere e rimanere in ascolto in un'unica frequenza. A causa di tutti questi problemi, l'802.11 non utilizza CSMA/CD come invece fa Ethernet, ma supporta due **modalità operative**:

1. **DCF (Distributed Coordination Function)**: non utilizza alcun tipo di controllo centrale (simile a Ethernet);
2. **PCF (Point Coordination Function)**: usa la stazione base per controllare tutta l'attività nella cella. Tutte le implementazioni devono supportare DFC (Distributed Coordination Function), al contrario PCF (Point Coordinator Function) è opzionale.

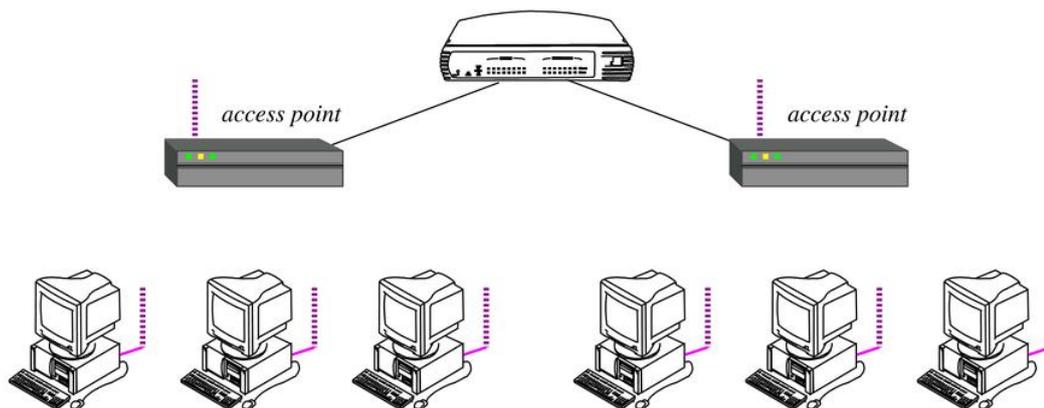
Lo standard IEEE 802.11 utilizza un protocollo chiamato CSMA/CA (CSMA Collision Avoidance), ovvero accesso multiplo tramite rilevamento della portante che evita collisioni.

Tipi di trasmissioni

- **Ad hoc:** trasmissione diretta fra le stazioni;



- **Infrastructure:** trasmissione attraverso l'Access Point (AC);



Livello Network

Strato con la funzione di muovere i pacchetti da sorgente fino a destinazione finale, attraversando tanti sistemi intermedi (router).

Le incombenze principali di questo livello sono:

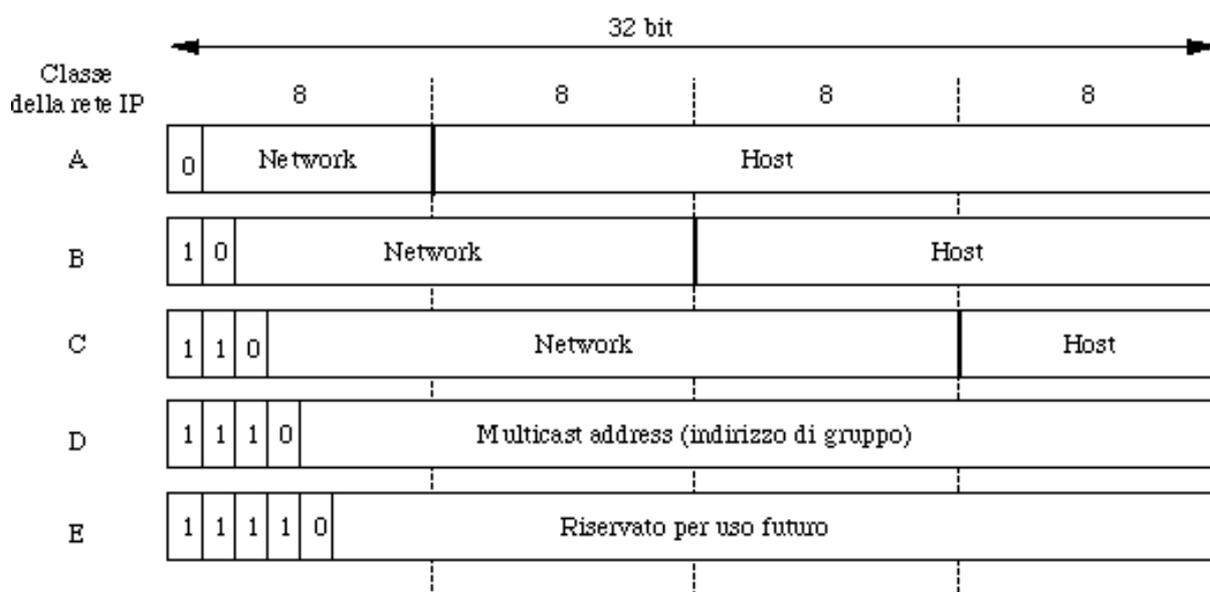
- la conoscenza della topologia della rete;
- la scelta, di volta in volta, del cammino migliore (**routing**);
- la gestione del flusso dei dati e delle congestioni (**flow control** e **congestion control**);
- la gestione delle problematiche derivanti dalla presenza di reti diverse (**internetworking**).

IP (internet Protocol)

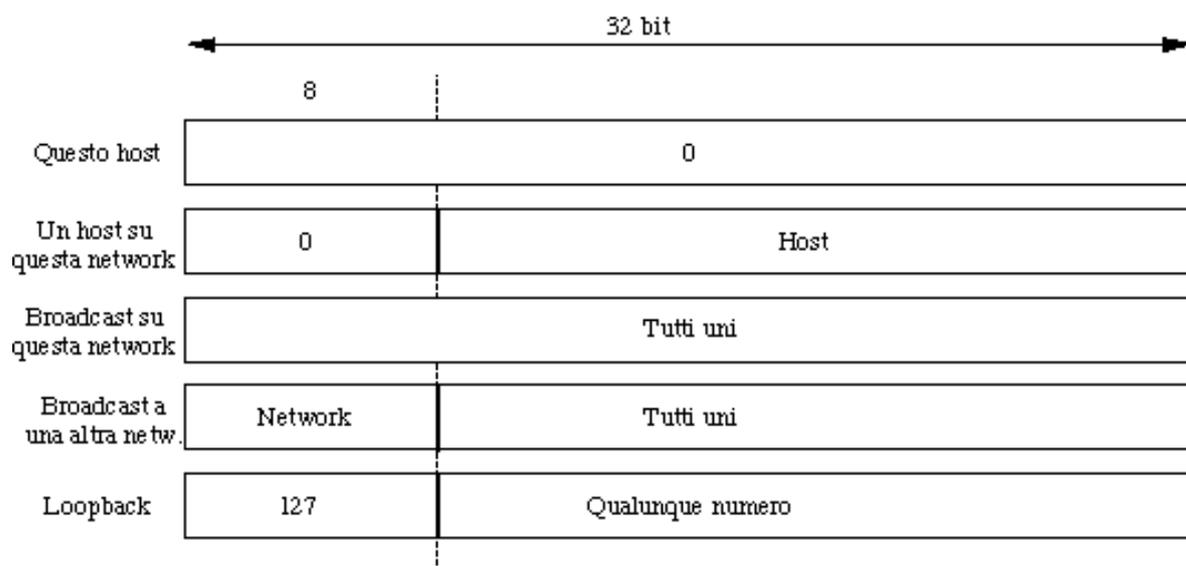
Indirizzo formato da 32 bit che ha il compito di codificare due cose:

- **network number:** è il numero assegnato alla rete IP su cui si trova l'elaboratore;
- **host number:** è il numero assegnato all'elaboratore.

La combinazione deve essere unica, non possono esistere due indirizzi IP uguali nella stessa rete. Gli indirizzi IP sono assegnati da autorità nazionali **NIC** (*Network Information Center*) e coordinati a livello mondiale. Esistono 5 classi e sono:



Esistono inoltre degli indirizzi speciali:



Quando si utilizza il **loopback**, il pacchetto non viene inviato sulla rete ma viene elaborato come se fosse in arrivo. Questo sistema risulta essere utile per effettuare localmente dei test su un software di rete in fase di sviluppo.

Ricapitolando, poiché alcune configurazioni binarie per gli indirizzi sono impegnate per gli indirizzi speciali, possono esistere:

- 126 network di classe A, le quali possono contenere 16 milioni di host ciascuna;
- 16382 network di classe B, con circa 64.000 host ciascuna;
- 2 milioni di network di classe C, con 254 host ciascuna.

Gli indirizzi sono usualmente espressi nella **dotted decimal notation**, cioè i valori dei singoli byte sono espressi in decimale e sono separati da un punto come nell'indirizzo:

141.192.140.37

Nel caso dell'indirizzo IP precedente (che è relativo ad una network di tipo B) si ha:

- il network number: 141.192. (da notare il punto finale);
- l'host number: 140.37 (non c'è il punto finale).

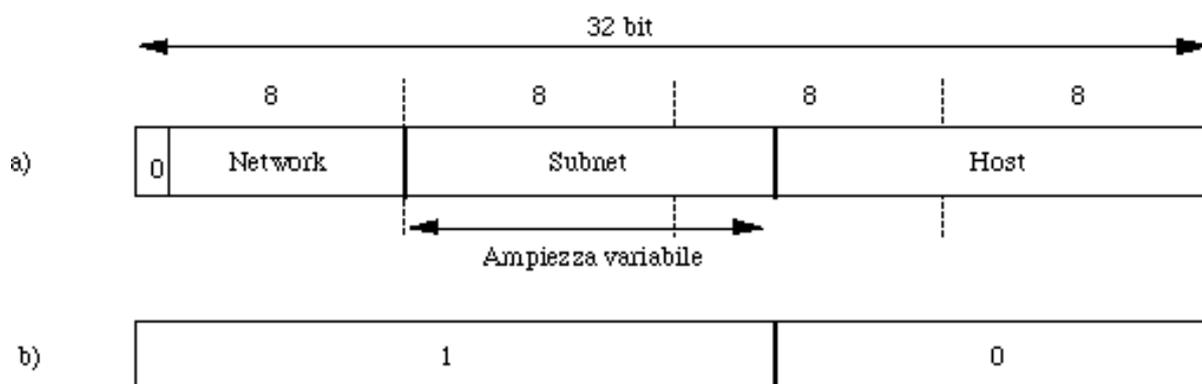
Al fine di ridurre il numero di network da usare, una network può essere divisa in varie **subnet**, ciascuna contenente i suoi host. Questo è un processo privato della network che non implica la necessità di comunicarlo all'esterno.

Il meccanismo usato è quello di considerare, nell'indirizzo IP originario, l'host number come una coppia di valori:

- subnet number;
- host number.

Ciò avviene sulla base di una maschera di bit, detta **subnet mask**, che deve essere unica per tutta la rete e delimita la parte di host number che viene usata come subnet number.

Ad esempio, per una rete di classe A si potrà avere:



A seconda dell'ampiezza del campo dedicato alla subnet, si possono ottenere molte subnet contenenti ciascuna pochi host oppure poche subnet che però potranno contenere molti host.

Routing di primo livello

Ogni interfaccia conosce il proprio indirizzo IP, la lunghezza della Netmask e l'IP di un router (default gateway). Si confronta l'indirizzo IP di destinazione alla parte network del proprio indirizzo IP e si possono avere due possibilità:

1. **Indirizzi uguali:** raggiungibilità diretta sulla rete di livello 2. L'invio di un pacchetto IP tra due host (da A verso B) della stessa sottorete IP è del tipo:

MAC B	MAC A	0x800	IP A	IP B	CRC
-------	-------	-------	------	------	-------	-----

Per conoscere l'indirizzo MAC di B la stazione A usa l' ARP (Address Resolution Protocol);

2. **Indirizzi diversi:** raggiungibilità diretta sulla rete di livello 2. L'invio di un pacchetto IP tra due host (da A verso B) della stessa sottorete IP è del tipo:

MAC Default Gateway	MAC A	0x800	IP A	IP B	CRC
---------------------------	-------	-------	------	------	-------	-----

Per conoscere l'indirizzo MAC del Default Gateway la stazione A usa l' ARP (Address Resolution Protocol).

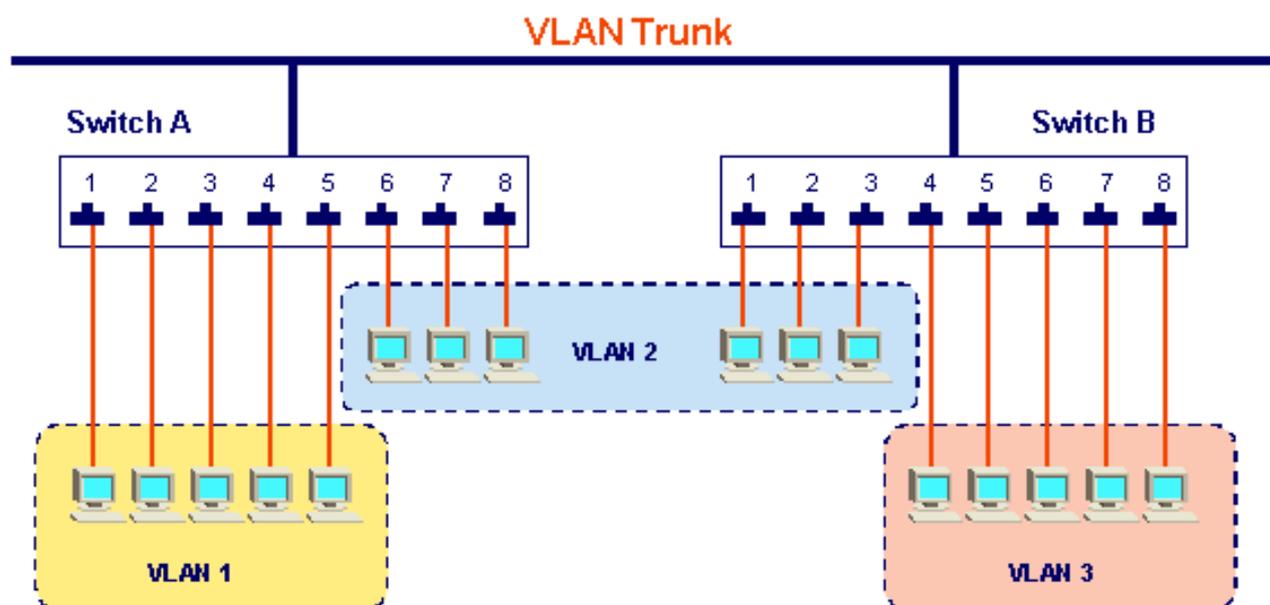
ARP (Address Resolution Protocol)

Protocollo che serve per derivare dall'indirizzo IP dell'host di destinazione, l'indirizzo di livello data link necessario per inviare il frame che incapsulerà il pacchetto destinato all'host. Esso opera a livello data link e non su IP. Le tappe principali sono le seguenti:

- viene inviata a tutte le stazioni nella LAN in data link broadcast una richiesta con indicato l' indirizzo IP;
- solo l' host con l' indirizzo IP corrispondente risponde, inserendo nella risposta il proprio indirizzo data link.

Virtual LAN (VLAN)

Rappresentano un metodo per segmentare un dominio di broadcast in più domini di dimensione ridotta. A livello 2 ogni VLAN contiene solo il traffico dei dispositivi appartenenti a quella VLAN ed è inoltre possibile creare dei gruppi di lavoro con dispositivi ubicati fisicamente in qualsiasi punto di una rete, che sono però in grado di comunicare come se fossero sullo stesso segmento fisico.



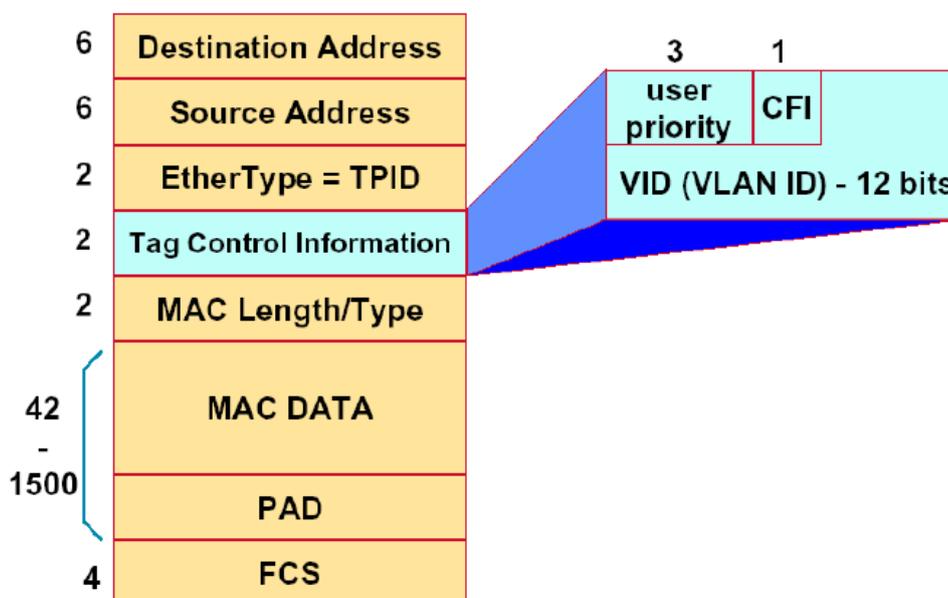
Il vantaggio delle VLAN è che forniscono un sistema di segmentazione di rete molto più flessibile rispetto a qualsiasi rete tradizionale.

Le altre caratteristiche importanti sono:

- **cambiamento e circolazione dei dispositivi nella rete;**
- **maggiore sicurezza nella rete:** poiché i dispositivi all'interno di ogni VLAN possono comunicare solo con i dispositivi appartenenti alla stessa VLAN;
- **minor congestione.**

Lo standard che permette a più reti virtuali VLAN di condividere lo stesso collegamento fisico senza perdita di informazioni tra un apparato e un altro è l'**IEEE 802.1Q**. Questo protocollo di incapsulamento è utilizzato nel processo di trunking nelle reti Ethernet. L'802.1Q non incapsula il frame originale, ma aggiunge 4 byte all'header. I primi 2 byte modificati riguardano il **TPID** (Tag Protocol Identifier), mentre i successivi 2 byte riguardano la **VLAN Tag** che sono così suddivise:

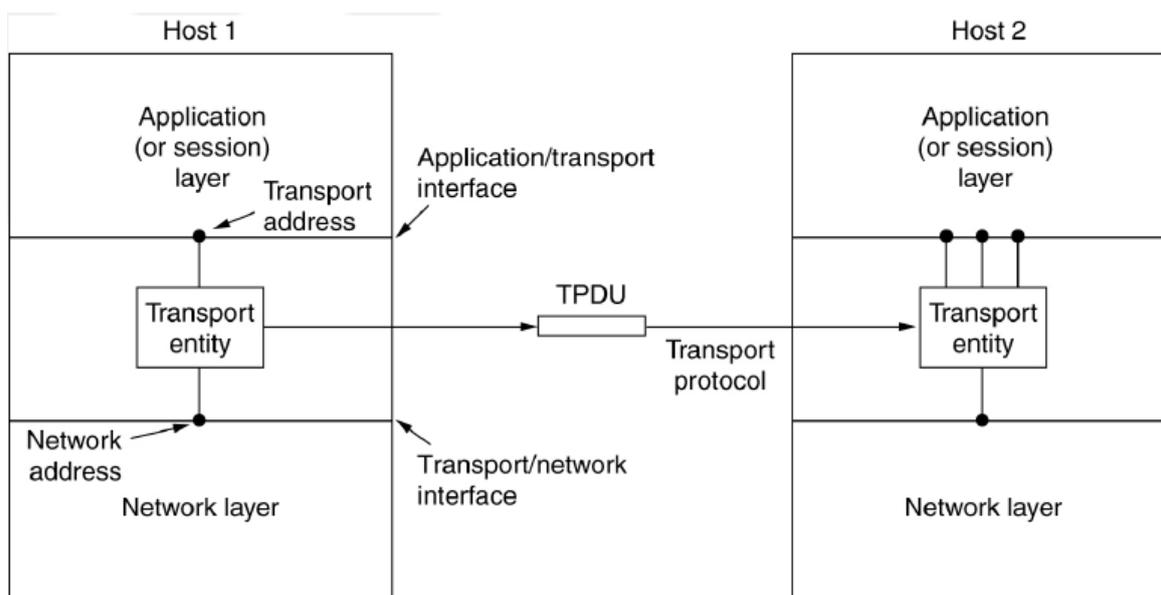
- **user_priority:** campo a 3 bit che può essere utilizzato per indicare un livello di priorità per il frame;
- **CFI:** campo di 1 bit che indica se i MAC address del frame sono in forma canonica;
- **VID:** campo di 12 bit che indica l'ID delle VLAN.



Livello trasporto

Questo livello è il cuore di tutta la gerarchia di protocolli. Il suo compito è fornire un trasporto affidabile ed efficace dall'host di origine all'host di destinazione indipendentemente dalla rete utilizzata.

I problemi di questo protocollo riguardano fondamentalmente la distinzione delle coppie di processi che si stanno scambiando i dati e la fornitura dei meccanismi adatti al tipo di applicazione coinvolta.

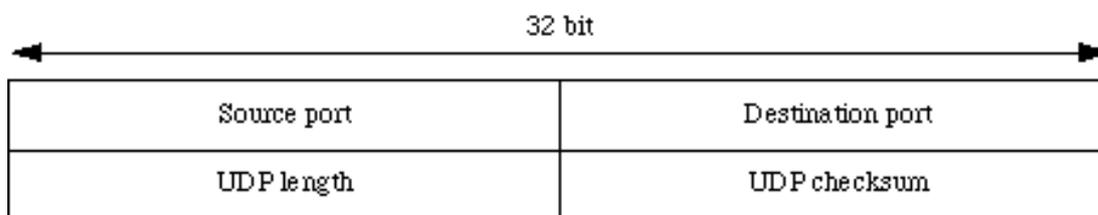


I servizi principali offerti ai livelli superiori sono i vari tipi di trasporto delle informazioni fra una transport entity su un host e la sua peer entity su un altro host.

Naturalmente, tali servizi sono realizzati dal livello transport per mezzo dei servizi ad esso offerti dal livello network.

UDP (User Datagram Protocol)

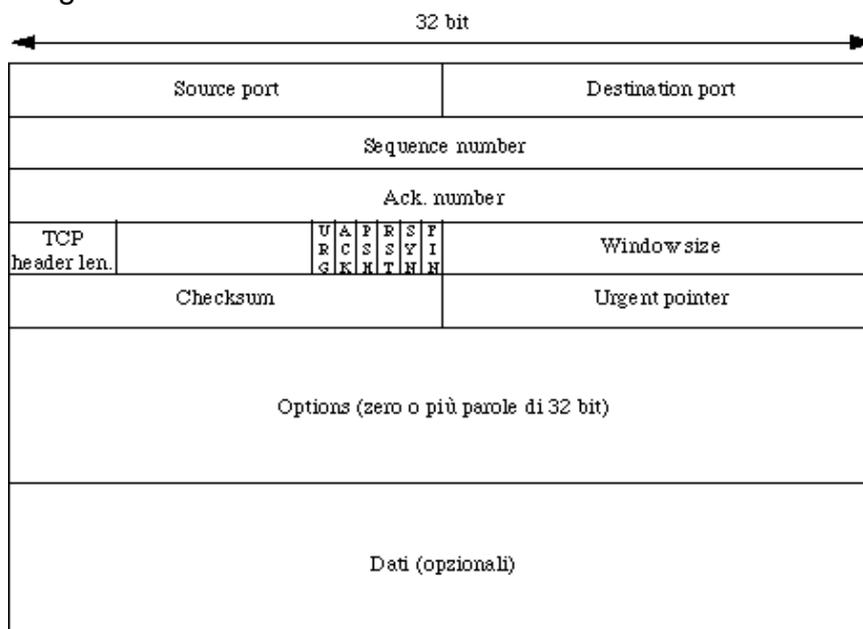
Protocollo di servizio non orientato alla connessione e non confermato, utile per inviare dati senza connessione. Trasmette segmenti costituiti da un'intestazione di 8 byte seguita dal dato. Sono presenti due porte, le quali servono per identificare i punti finali all'interno dei computer sorgente e di destinazione.



La funzione di calcolo del checksum può essere disattivata, tipicamente nel caso di traffico in tempo reale (come voce e video) per il quale è in genere più importante mantenere un'elevato tasso di arrivo dei segmenti piuttosto che evitare i rari errori che possono accadere.

TCP (Transmission Control Protocol)

Protocollo che fornisce un servizio di consegna affidabile orientato alla connessione. Il protocollo è affidabile in quanto garantisce la consegna dei pacchetti, esegue controlli sull'integrità dei dati trasmessi (utilizzando il checksum), garantisce l'appropriata sequenza e ordinata consegna dei dati. È orientato alla connessione in quanto viene realizzata una connessione tra i due host (sorgente e destinazione) ed i dati vengono suddivisi in tanti segmenti numerati.



Vantaggi: trasferimento con sicurezza di una grande quantità di dati e garanzia del corretto instradamento dei pacchetti anche in caso di rete congestionata;

Svantaggi: lentezza a causa dei numerosi controlli.

Livello Applicazione

Il livello applicazione è il settimo ed ultimo livello del modello OSI. La sua funzione principale è quella di interfacciare e fornire servizi per i processi delle applicazioni.

I protocolli utilizzati sono:

- protocolli di supporto a tutte le applicazioni, come per esempio il DNS (Domain Name System);
- protocolli di supporto ad applicazioni di tipo standardizzato, come ad esempio:
 - SNMP (Simple Network Management Protocol) per la gestione della rete;
 - FTP (File Transfer Protocol) per il trasferimento di file;
 - SMTP e POP3 (Simple Mail Transfer Protocol, e Post Office Protocol) per la posta elettronica;
 - HTTP (HyperText Transfer Protocol).

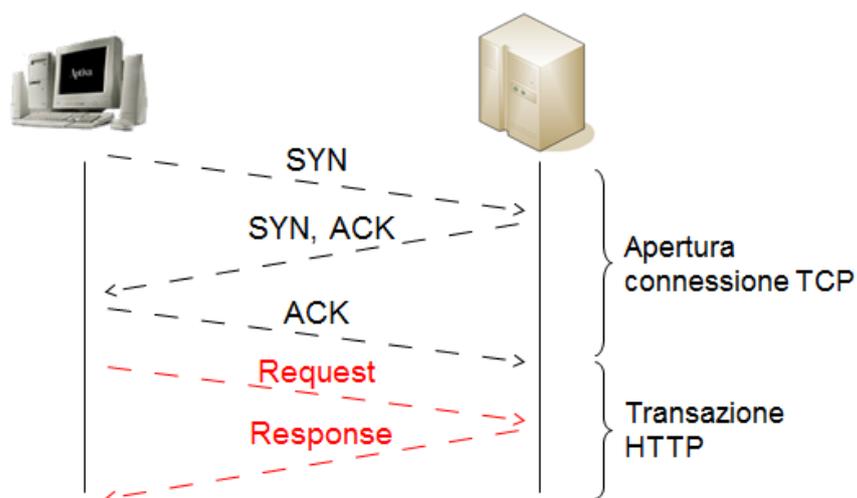
World Wide Web (WWW)

Sistema nato nel 1989 da Tim Berners-Lee al CERN di Ginevra, viene utilizzato da un web browser (client) per accedere a documenti HTML, immagini e contenuti sui vari server sparsi nella rete internet.

Le operazioni svolte da browser quando viene richiesta una pagina web ad un server sono fondamentalmente:

1. determinazione dell'URL (Universal Resource Locator) da parte del browser;
2. richiesta al DNS (Domain Name System) locale da parte del browser dell'IP dell'indirizzo;
3. risposta da parte del DNS con l'indirizzo IP dell'indirizzo richiesto;
4. apertura di una connessione TCP da parte del browser verso la porta 80 dell'indirizzo IP precedentemente passato dal DNS;
5. richiesta da parte del browser della pagina html;
6. il server invia la pagina html e chiude la connessione TCP;
7. il browser chiude anche lui la connessione e visualizza la pagina che ha ricevuto dal server;
8. il browser richiede al server le immagini ed altri contenuti. Per ognuno di questi verrà aperta una nuova connessione TCP.

È da notare il fatto che tutte le richieste e le risposte sono regolate dal protocollo **HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)**.



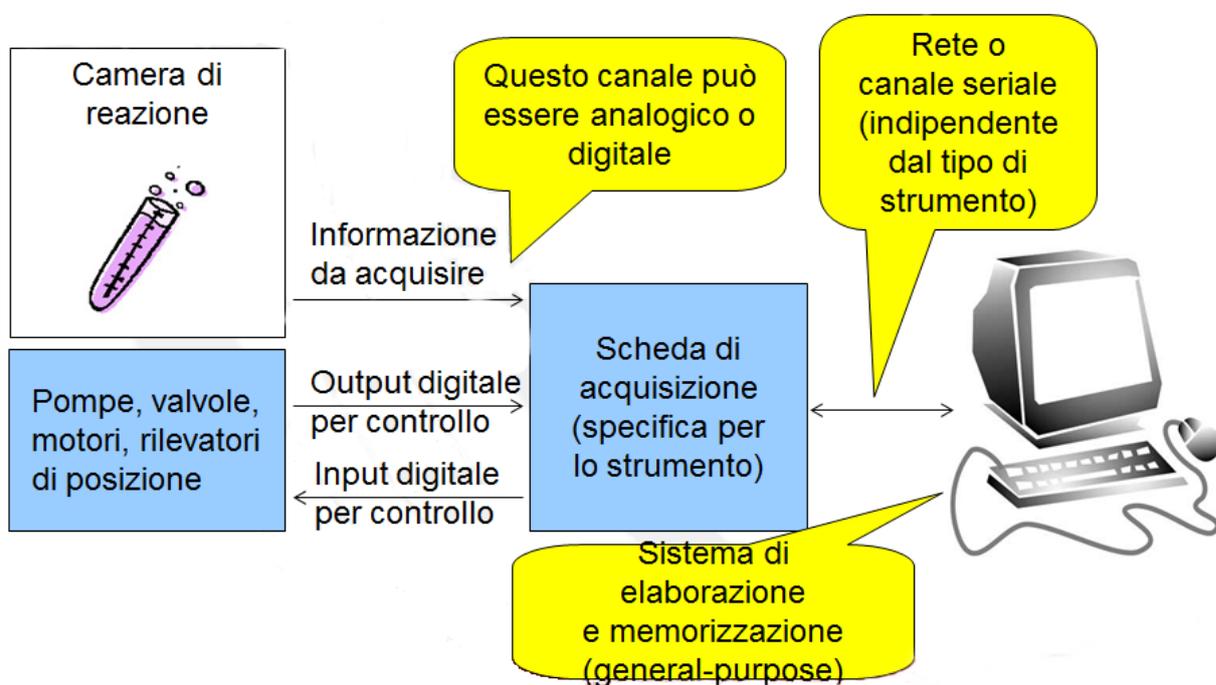
DNS (Domain Name System)

È un sistema utilizzato per la risoluzione di nomi di host in indirizzi IP e viceversa. Il servizio è realizzato tramite un database distribuito, formato da server DNS. L'utilizzo del DNS risulta semplice soprattutto rispetto alla necessità di riferirsi ad una risorsa utilizzando l'indirizzo IP numerico (anche per difficoltà mnemoniche). Risulta invece molto più agevole per le persone utilizzare un meccanismo tramite il quale tali risorse sono identificate da un **nome logico** (stringa di caratteri).

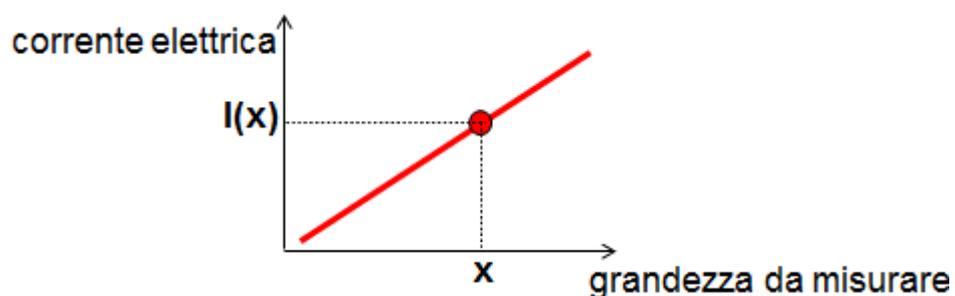
Acquisizione e memorizzazione delle informazioni

Molti strumenti da laboratorio sono oggi automatizzati. Il fenomeno bio-fisico non viene più osservato da un essere umano, ma viene trasformato in numeri per poi per essere elaborato da un calcolatore tramite l'acquisizione e la memorizzazione dei dati.

Uno schema semplificato dell'interfaccia computer-strumento è mostrata nella figura qui sotto:



Se conosco la legge che lega la grandezza da misurare (ad esempio la concentrazione di una sostanza) con una grandezza che riesco a misurare (ad esempio una corrente elettrica), posso automatizzare la misura → Curva caratteristica del sensore.



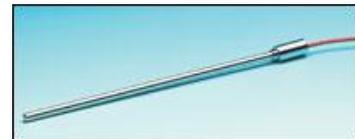
L'informazione da acquisire è una grandezza che può essere misurata attraverso:

- **una misura di intensità luminosa:** l'intensità di luce viene convertita in un segnale elettrico. Spesso però la proprietà di questi dispositivi è la sensibilità ad uno specifico spettro luminoso;
- **una misura di concentrazione ionica:** uno ione è una molecola dotata di carica elettrica. Il movimento di uno ione ed il suo urto genera:
 - una corrente;
 - un'emissione di luce;
 - un impulso elettrico.
- **una misura di tensione/corrente proveniente da un altro tipo di sensore:**

- *temperatura:* termocoppia o termo-resistenza.
La termocoppia determina una differenza di potenziale (tensione) proporzionale alla temperatura. Un esempio di utilizzo è nei piani cottura a gas in cucina



mentre la termo-resistenza determina una variazione di resistenza elettrica al variare della temperatura;

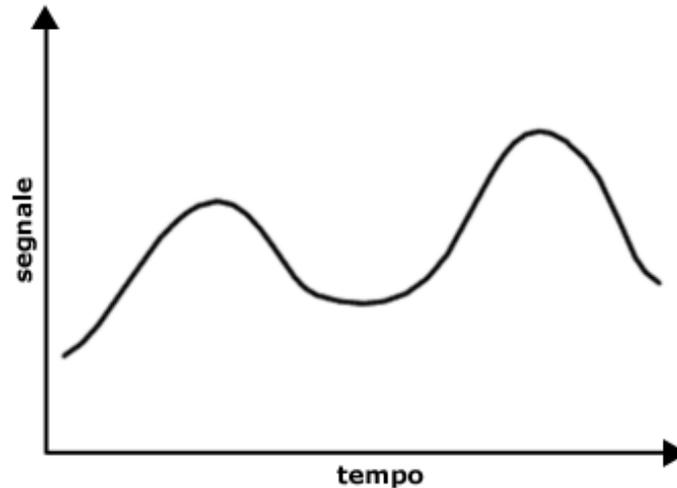


- *pressione:* sensore piezoelettrico → crea una variazione di tensione al variare della pressione;
- *altre misure:* se è conosciuta la legge che collega la grandezza che devo misurare alla grandezza che riesco a misurare allora è possibile automatizzare la misura.



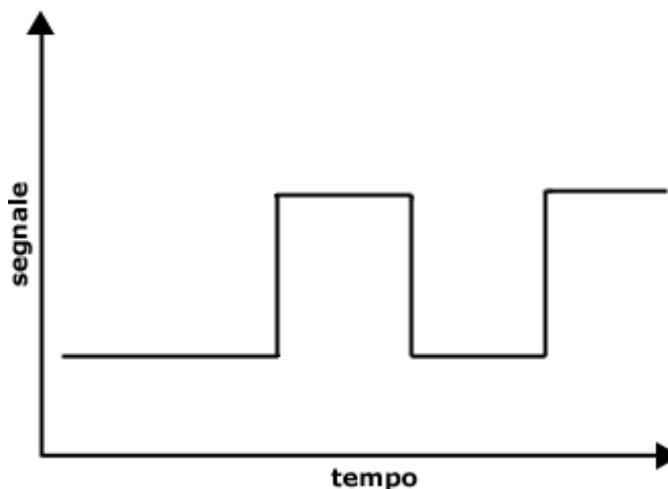
Segnale analogico

Segnale il cui valore varia nel tempo all'interno un intervallo continuo. Ovvero, se il segnale è compreso tra $[\min, \max]$, esso assumerà tutti i valori reali compresi tra \min e \max .



Segnale digitale

Il segnale digitale viene definito come un segnale discreto, ovvero un segnale che può assumere solo un numero finito di valori. Gli elaboratori sono in grado di gestire solo segnali digitali in base 2 (cioè possono avere valore 0 o 1).



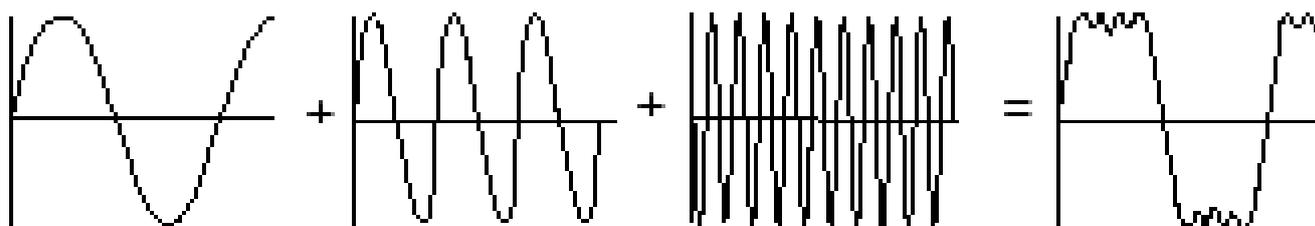
Calibrazione: quando si verifica una variazione, misurando il valore ad un campione noto, si cerca di compensare l'errore del sistema di misurazione ritardando quando possibile il sensore e migliorare il più possibile l'accuratezza.

Conversione da analogico a digitale

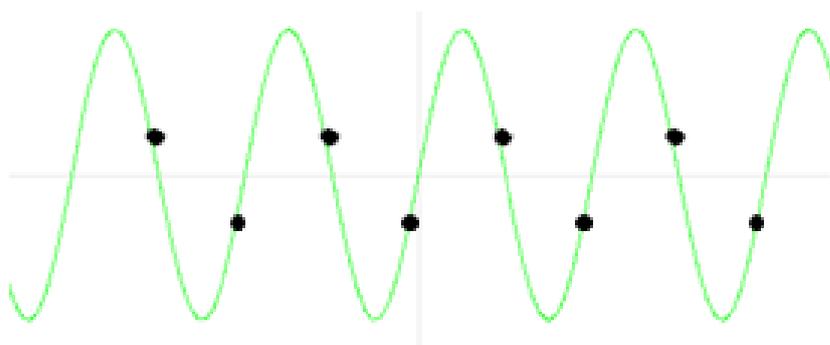
La conversione da analogico a digitale consiste in due azioni che sono fra loro indipendenti:

- **Campionamento:** operazione che trasforma un segnale analogico $x(t)$ in una sequenza di segnali impulsivi, di ampiezza uguale al valore del segnale originario ad istanti di tempo determinati. Quindi, più il valore varia velocemente nel tempo, più la frequenza di campionamento deve essere maggiore per poter avere i punti di campionamento più vicini. L'intervallo di campionamento è scelto in modo da rispettare le condizioni di Nyquist-Shannon per consentire la ricostruzione del segnale a partire dai campioni.

Da questo teorema si può dedurre che il segnale può essere rappresentato come una somma di sinusoidi e, di conseguenza, per ricreare un segnale occorre ricreare tutte le sinusoidi che lo compongono.



Per avere quindi un buon campionamento e non avere perdita di informazioni la frequenza di campionamento deve essere almeno doppia della lunghezza di banda del segnale.



2 campioni per periodo

- **Quantizzazione:** operazione che consiste nell'assegnare ad una misura a precisione infinita un numero avente misura di precisione finita. Tale operazione viene suddivisa in quattro passi:

1. determinazione di un range di variazione;
2. individuazione di un insieme di punti **finito** all'interno di tale range;
3. assegnamento di **un numero intero** a ciascun punto.

Questo provoca sempre un errore irreversibile di approssimazione chiamato *errore di quantizzazione*. L'effetto di questo errore diminuisce con l'aumentare del numero di bit.

Una possibile misura dell'errore di quantizzazione è detta distorsione.

Data una sequenza $\{v_i\}$ una possibile misura è la seguente:

$$MSE = \frac{\sum_1^N (v_i - v'_i)^2}{N}$$

v_i = simbolo prima della quantizzazione.

v'_i = simbolo dopo la codifica.

N = numero di elementi considerati.

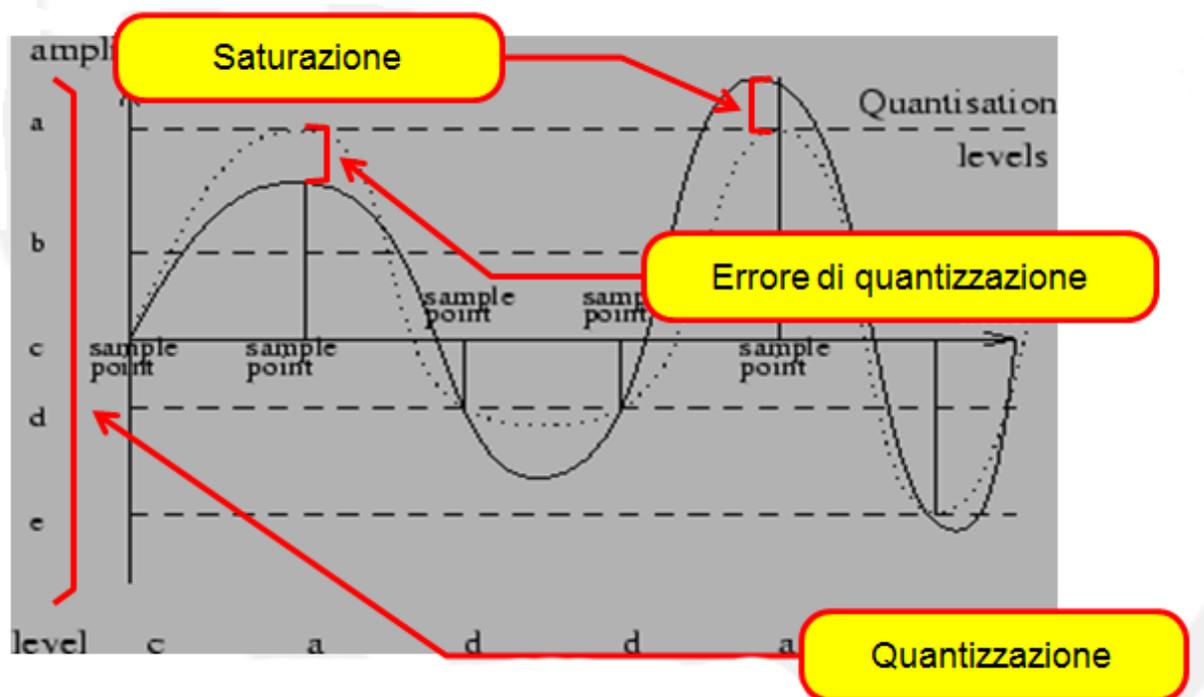
La relazione grafica fra distorsione e memoria è:



Da come si può notare dal grafico, più il valore della distorsione è piccolo e più l'occupazione in memoria è maggiore, mentre se il valore della distorsione è elevato l'occupazione in memoria ha un valore ragionevole;

4. Misurazione del segnale analogico e rappresentazione della misura con il numero corrispondente al punto più vicino.

Nella figura di seguito vengono visualizzati gli altri problemi relativi alla conversione analogico – digitale:



Compressione

Per compressione, si intende un cambio **reversibile** di alfabeto tale che la rappresentazione binaria della sequenza di simboli tradotta nei simboli del nuovo alfabeto (da notare è che ogni simbolo deve essere codificato con dei bit per poter essere elaborato e trasmesso), richieda meno bit per essere memorizzata.

Tecnica con perdita reversibile di informazione.

Correlazione Statistica

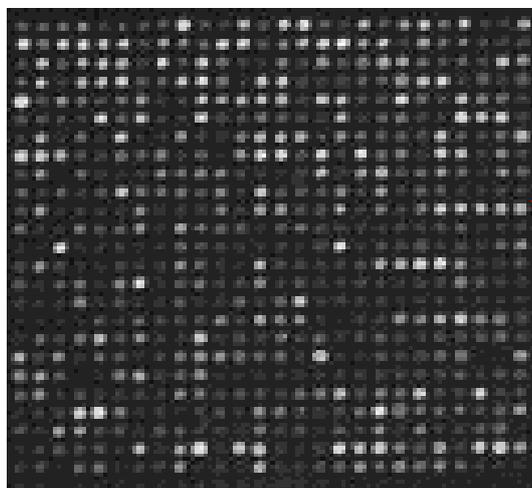
Per **correlazione** si intende una relazione tra due variabili casuali, tale che a ciascun valore della prima variabile corrisponda, con una certa regolarità, un valore della seconda. Non si tratta necessariamente di un rapporto di causa ed effetto ma semplicemente della tendenza di una variabile a variare in funzione di un'altra.

Data una sequenza ordinata di simboli s_0, s_1, \dots, s_n di un certo alfabeto emessa da una sorgente di informazione, esiste correlazione quando la probabilità che s_i assuma un certo valore dipendente dal valore assunto dagli elementi precedenti della sequenza.

Si dice che l'informazione contenuta nella sequenza sia **ridondante** ed è quindi possibile cambiare alfabeto in modo da utilizzare meno bit.

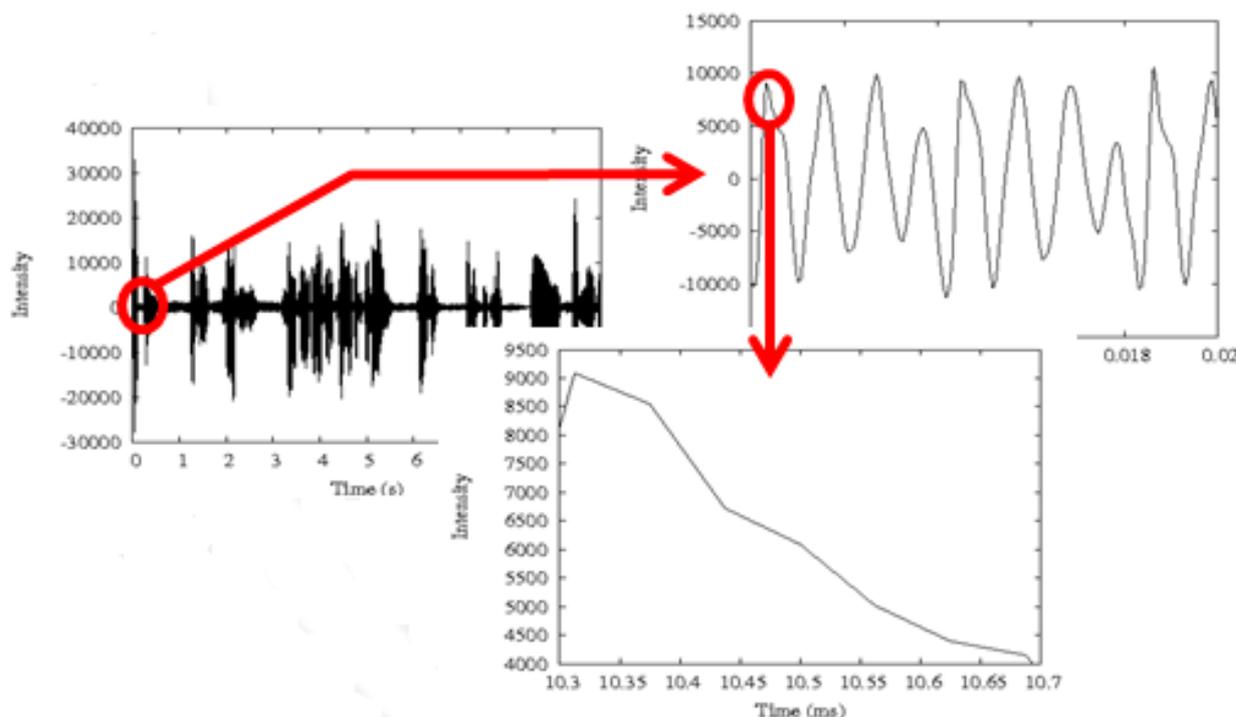
Di seguito vengono riportate delle correlazioni a titolo esemplare:

- immagine in bianco e nero da scansione di microarray;



← Spazi tra un pozzetto e l'altro

- andamento nel tempo della temperatura quantizzata su 16 bit;



L'eliminazione della correlazione statistica può avvenire tramite:

- **cambio alfabeto di rappresentazione;**
- **codifica run-length:** prendendo come esempio un'immagine in bianco e nero a due livelli (esempio immagine precedente del microarray), la sequenza 1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1 può diventare (1,4),(0,6),(1,5). Per (1,4) significa quattro 1 in sequenza, per (0,6) corrispondono a sei 0 in sequenza e (1,5) corrisponde a cinque 1 in sequenza;
- **codifica differenziale:** prendendo come esempio l'esempio della temperatura una codifica $s_0 s_1 s_2 \dots s_n$ può diventare $(s_1 - s_0), (s_2 - s_1), \dots, (s_n - s_{n-1})$;
- **trasformata:** un esempio di trasformata è l'utilizzo dello sviluppo in serie di Fourier. Un esempio utile è l'esempio della temperatura fatto precedentemente. Una codifica del tipo $s_0 s_1 s_2 \dots s_n$ può diventare a_0, a_1, \dots, a_n

Codifica entropica

Misura la quantità di incertezza o informazione presente in un segnale aleatorio. Da un altro punto di vista l'entropia è la minima complessità descritta da una variabile aleatoria, ovvero il limite inferiore della compressione dei dati. Per ottimizzarne la rappresentazione, un buon metodo è quello di rappresentare con meno bit i simboli più frequenti e con più bit i simboli più rari.

Il numero minimo teorico di bit/simbolo per un alfabeto (s) è dato dalla formula:

$$H(s) = \sum_k p_k \log_2 \frac{1}{p_k} ,$$

dove p_k = frequenza di apparizione del simbolo al k -esima posizione.

Questa formula non specifica però come assegnare i bit ai simboli, ma fornisce un valore medio minimo.

Un esempio di calcolo dell'entropia è: data una sorgente che emette simboli appartenenti ad un alfabeto di 4 simboli (a, b, c, d) con le seguenti frequenze di apparizione ($1/2, 1/4, 1/8, 1/8$).

Notiamo che la somma delle frequenze è uguale ad uno. Applicando la formula precedente otteniamo:

$$H(s) = \frac{1}{2} \log_2(2) + \frac{1}{4} \log_2(4) + \frac{1}{8} \log_2(8) + \frac{1}{8} \log_2(8) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{3}{8} + \frac{3}{8} = 1.75 \text{ bit/simbolo}$$

Per ottenere una lunghezza media dell'alfabeto vicina al valore dell'entropia occorre rappresentare i simboli su un numero variabile di bit.

Algoritmo di Huffman

Metodo di assegnamento dei bit ai simboli che garantisce la corretta decodifica.

L'algoritmo è suddiviso in vari step che sono:

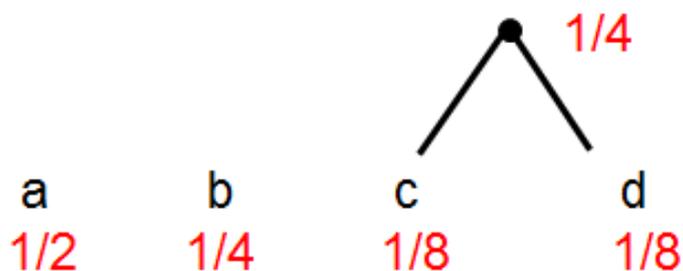
- costruzione di un albero binario dove le foglie rappresentano i simboli;
- ad ogni biforcazione la somma delle frequenze dei simboli del sotto-albero di destra deve essere il più possibile vicina alla somma delle frequenze dei simboli del sotto-albero di sinistra;
- ciascun arco di una biforcazione è etichettato rispettivamente con 0 e 1;

Tale algoritmo risulta essere ottimale se le frequenze sono potenza di 2. Se riprendessimo l'esempio fatto precedentemente (simboli a, b, c, d con frequenze $1/2$, $1/4$, $1/8$, $1/8$) e applicassimo l'algoritmo otterremmo:

1. a b c d
 $1/2$ $1/4$ $1/8$ $1/8$

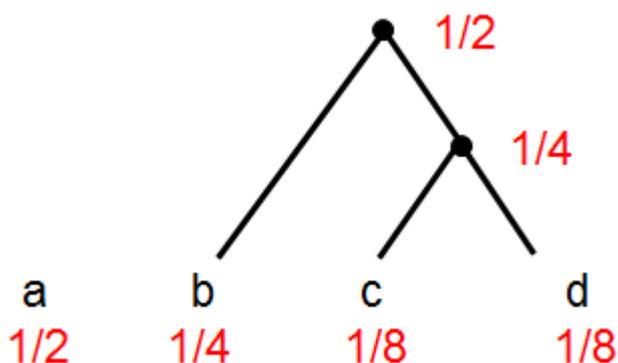
Selezioniamo i due simboli con frequenza minore (c,d).

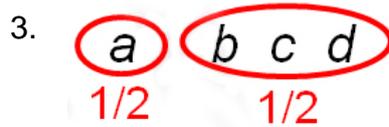
Sommiamo le rispettive frequenze ($1/8 + 1/8$) ed uniamo in un unico nodo avente frequenza $1/4$



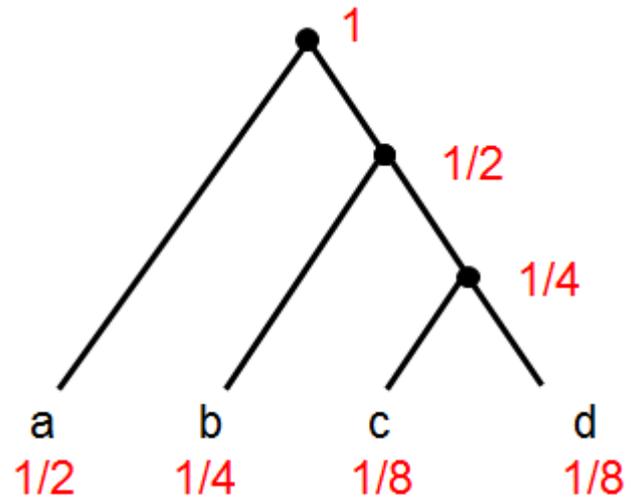
2. a b c d
 $1/2$ $1/4$ $1/4$

Selezioniamo i due simboli con frequenza minore (b,cd). Sommiamo le rispettive frequenze ($1/4 + 1/4$) ed uniamo in un unico nodo avente frequenza $1/2$

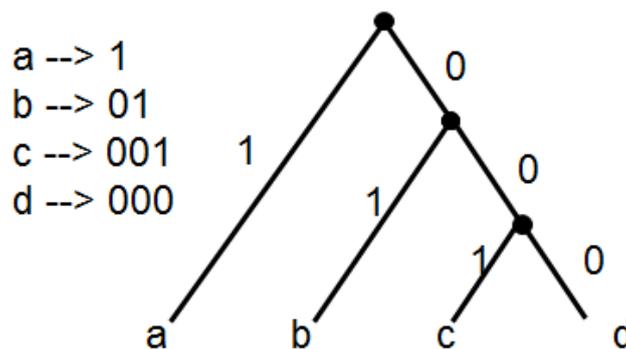




Selezioniamo ancora una volta i due simboli con frequenza minore (a, bcd). Sommiamo le rispettive frequenze ($1/2 + 1/2$) ed uniamo in un unico nodo avente frequenza 1.

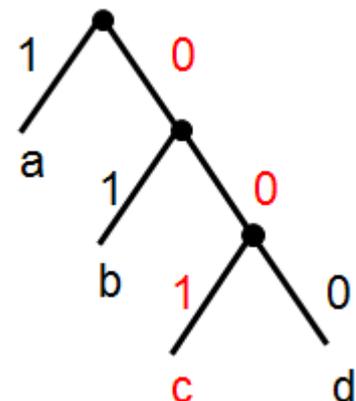


Ora che l'albero è stato costruito è possibile creare il codice. Mettiamo nel ramo di destra il valore 0, nel ramo sinistra il valore 1 e **codifichiamo** i simboli.

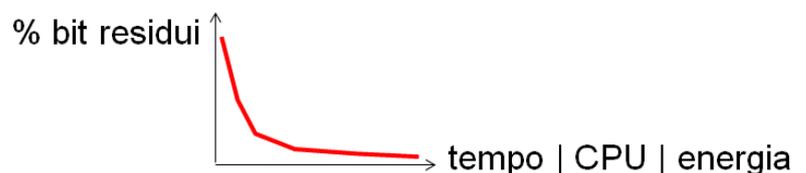


Per **decodificare** i simboli si visita l'albero binario in base ai bit in arrivo.

Se per esempio vogliamo decodificare il valore c, partendo dalla radice, navighiamo l'albero e scendiamo (percorso rosso) verso la foglia contenente il valore c. Tracciamo il percorso ed otteniamo il valore cercato. (c → 001)



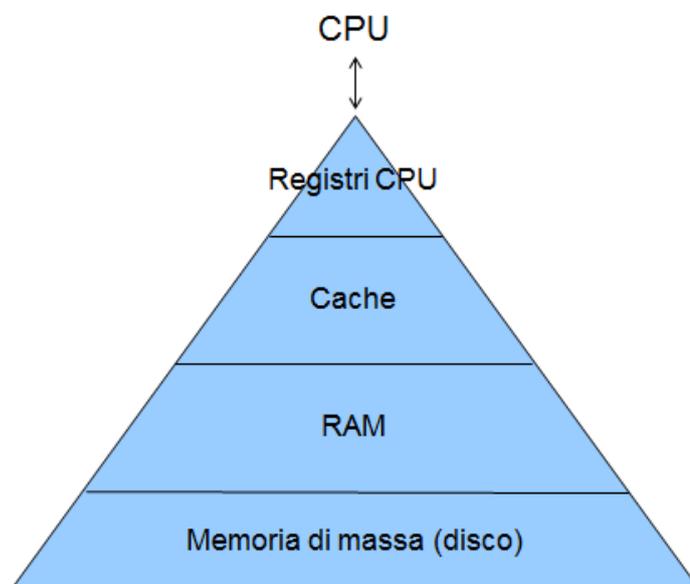
Per la compressione di più sequenze di simboli occorrono algoritmi più complessi che utilizzano più tempo, CPU più potenti e un maggiore consumo di energia.



Memorizzazione su supporti di massa

Nella figura qui sotto viene rappresentata la gerarchia di memoria.

In cima alla piramide è presente una memoria molto veloce e piccola ma nello stesso tempo molto costosa. Scendendo fra i vari piani, troviamo memorie sempre più grandi, lente ma con un costo per kb sempre più piccolo.



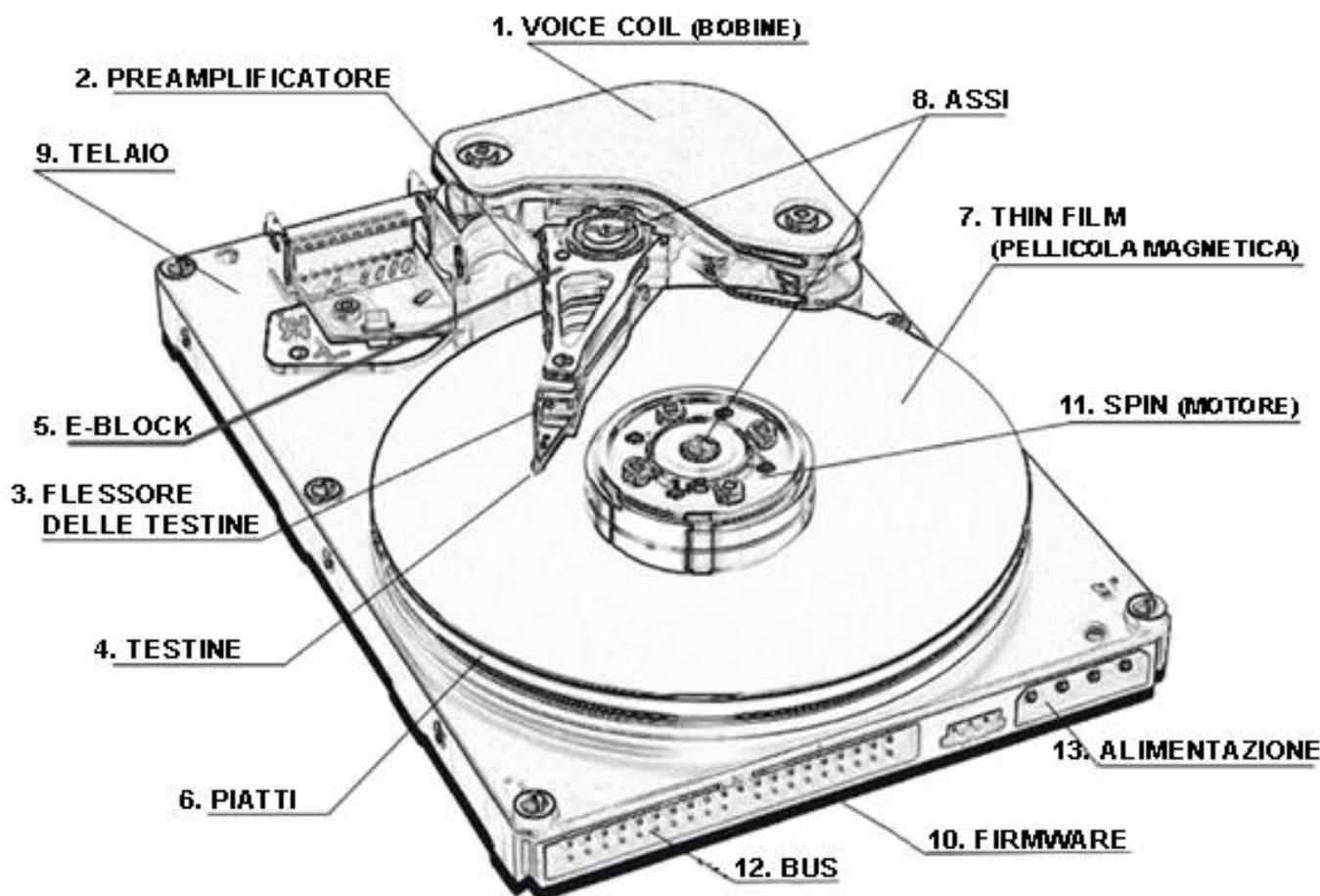
Nome memoria	Dimensione	Tempo di accesso
Registri CPU	100 byte	$0,5 \cdot 10^{-9}$ sec
Cache	2 MB (Mega Byte)	10^{-9} sec
RAM	2 GB (Giga Byte)	10^{-8} sec
Memoria di massa	1 TB (Tera Byte)	10^{-3} sec

La tabella riporta le relazioni fra le varie tipologie di memoria in relazione alla dimensione ed al **tempo di accesso**, che è inteso come il tempo che intercorre tra la richiesta di un dato e l'arrivo del dato alla CPU.

Memoria di massa

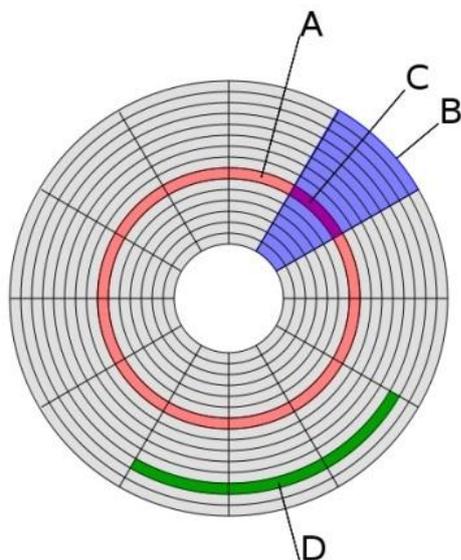
Tipologia di memoria che occupa il piano più basso della piramide. È una memoria ad alta capacità di memorizzazione con lo scopo principale di ospitare molti dati e programmi in maniera permanente. Ne esistono diversi tipi, i più importanti sono elencati qui di seguito:

- **disco magnetico:** è un dispositivo che sfrutta il fenomeno fisico della polarizzazione. Può effettuare due tipi diversi di magnetizzazione (positiva e negativa) corrispondono alle unità elementari di informazione (0 e 1).



I dischi sono formati da:

- **piatti:** un disco rigido si compone di uno o più dischi paralleli destinati alla memorizzazione dei dati. Ogni piatto è suddiviso in:
 - **tracce concentriche;**
 - **settori:** ogni settore è una fetta di disco, identificata dal numero di faccia, numero di traccia e dal numero di settore all'interno della traccia. Può contenere 512 o 1024 byte;
 - **blocchi:** suddivisione di ogni traccia in porzioni;
 - **cluster:** insieme di settori contigui;



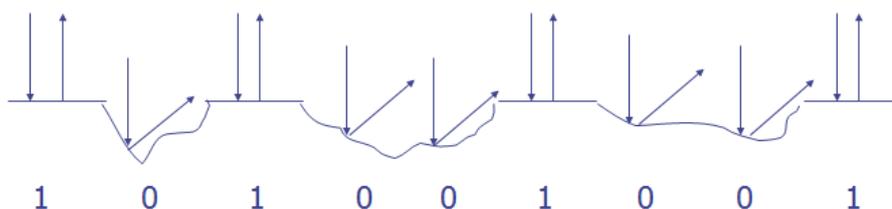
- A) Traccia;
- B) Settore;
- C) Settore di una traccia;
- D) Cluster, insieme di settori contigui.

- **testine:** per ogni piatto è presente una testina che accede in scrittura o lettura i dati memorizzati sul piatto. Il numero di testine è dato quindi dal numero di piatti presenti nel disco.

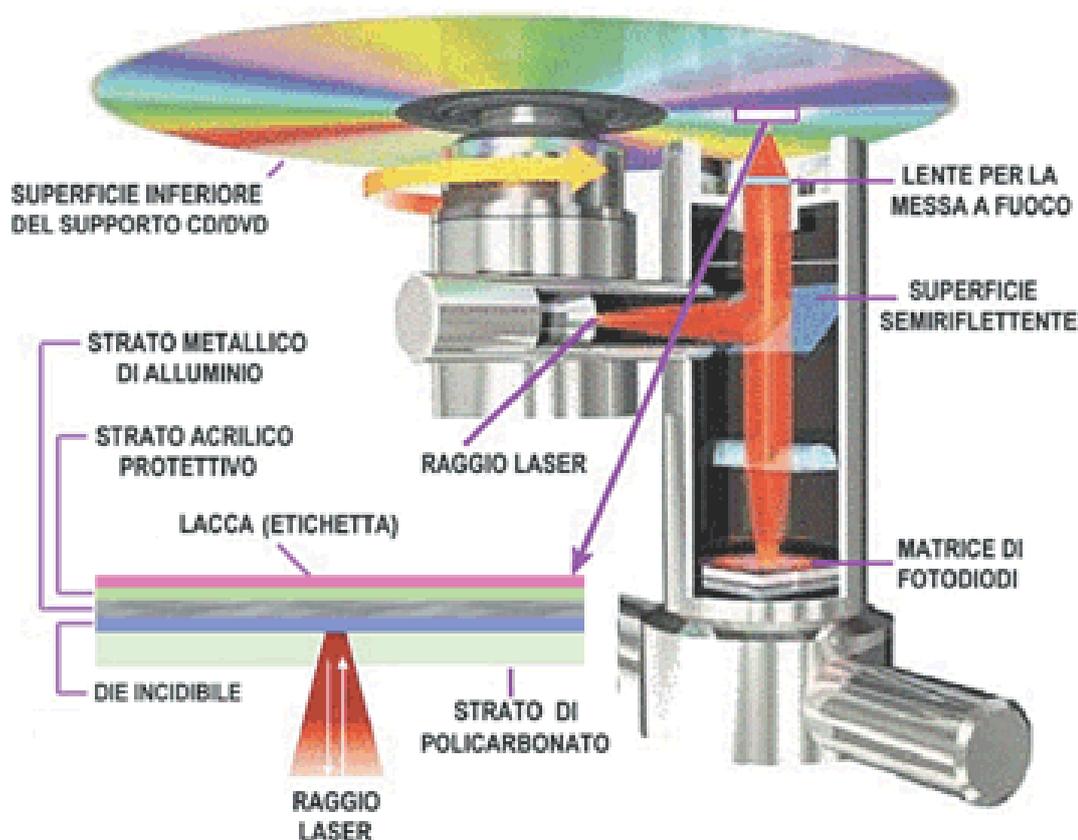


Le **prestazioni del disco** sono caratterizzate da:

- **tempo di seek:** tempo per il posizionamento del braccio sulla traccia (circa 5-10 ms);
 - **tempo latenza rotazionale:** tempo di attesa prima che il settore scelto passi sotto le testine (in media 3 ms);
 - **tempo trasferimento settore:** tempo che occorre per trasferire un settore. Per una velocità di 20 - 40 Mb/s, per trasferire un settore di 512 byte occorrono circa 12-24 us.
- **dischi ottici:** dispositivo costituito da un piatto rigido su cui viene proiettato un raggio laser.



I bit vengono scritti in modo che la riflessione del laser è differente per i valori zero e per i valori uno.



I dischi ottici attuali sono: CD (700 Mb), DVD (4.7 GB, 8.5 GB, 9.4 GB, 17 GB), Blu-ray (25 Gb). I Blu-ray hanno una lunghezza d'onda del laser inferiore e quindi di conseguenza si ha una maggiore densità;

- **memoria flash:** memoria a semiconduttori (come ad esempio la memoria RAM), i bit vengono memorizzati sotto forma di carica elettrica in piccolissimi condensatori. È un dispositivo che non perde l'informazione quando viene tolta la corrente (comportamento opposto rispetto la memoria RAM). Usati per chiavette USB, memorie per fotocamere e cellulari, dischi a stato solido, sistemi embeded, ecc.
 - *Vantaggi:* non è presente rumorosità (non ci sono parti in movimento), minor possibilità di rottura, maggiore resistenza agli urti, minore produzione di calore (effetto legato al minor consumo).
 - *Svantaggi:* costo per bit maggiore rispetto altri dispositivi. Ha una minore durata del disco a causa del limite delle riscritture (dato in genere indicato sulla confezione di vendita).

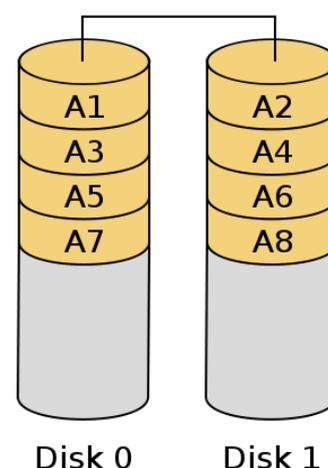
RAID (Redundant Array of Independent Disks)

È un sistema informatico che usa un insieme di dischi rigidi per condividere o replicare le informazioni. I benefici del RAID sono di aumentare l'integrità dei dati, la tolleranza ai guasti e le prestazioni rispetto l'uso di un disco singolo. Si può pensare di utilizzare in modo coordinato un insieme di dischi fissi che però vengono visti dalla CPU come un unico disco. Il controllore RAID viene installato tra la CPU ed il sistema di dischi. Questo controllore può inoltre essere implementato sia in hardware (si hanno maggiori prestazioni) che in software come driver del sistema operativo.

Esistono 6 diversi modi di configurazione (chiamati comunemente anche livelli):

- **RAID 0:** suddivisione dei settori su più dischi in RR (Round – Robin). Quindi divisione dei dati fra i dischi (due o più) senza controllo di parità;

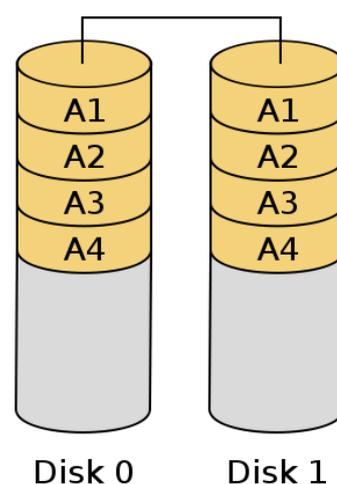
- *Vantaggi:* maggiore capienza e velocità rispetto un normale disco.
- *Svantaggi:* affidabilità inferiore rispetto un singolo disco.



- **RAID 1:** sistema che crea una copia esatta di tutti i dati su due o più dischi. Poiché ogni disco può essere gestito autonomamente nel caso l'altro si guasti, l'affidabilità aumenta linearmente al numero di dischi presenti. Con questo sistema aumenta anche le prestazioni in lettura, visto che molte implementazioni possono leggere da un disco mentre l'altro è occupato.

Per questo sistema il numero minimo di dischi necessari è 2;

- *Vantaggi:* affidabilità che aumenta all'aumentare del numero di dischi.
- *Svantaggi:* bassa scalabilità, infatti vengono utilizzati più dischi ma lo spazio è dato dal disco più piccolo.



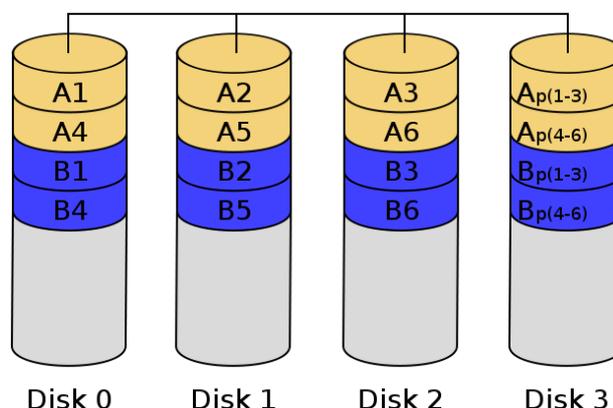
- **RAID 2:** sistema che divide ogni byte di dato in gruppi di 4 bit e k bit di controllo (codice di Hamming) per la correzione d'errore che permette di correggere errori sui singoli bit e di rilevare errori doppi.

Il sistema RAID 2 è sostanzialmente un sistema RAID 1 maggiormente affidabile;

- *Vantaggi:* sistema utile per ambienti con numerosi errori, garantisce alte prestazioni.
- *Svantaggi:* difficile implementazione causata da una difficile sincronizzazione dei dischi.

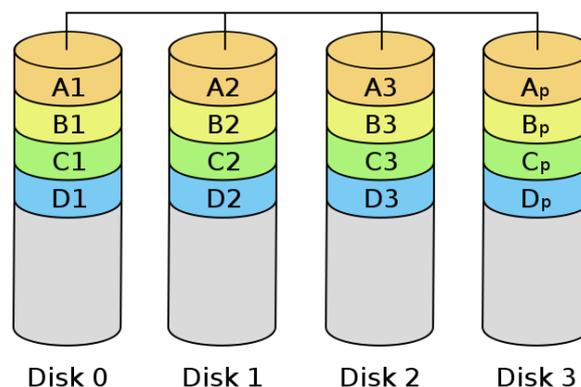
- **RAID 3:** Come il sistema RAID 2, con $k=1$ (bit di parità).

- *Svantaggi:* non è possibile eseguire richieste multiple simultaneamente.



- **RAID 4:** sistema che gestisce M dischi come il RAID 0 ed un disco con una stripe (insieme di settori) per M stripe;

- *Vantaggi:* letture molto veloci grazie al parallelismo.
- *Svantaggi:* scrittura lenta a causa della modifica o scrittura della parità. In caso di guasto il disco utilizzato per la parità può diventare il collo di bottiglia del sistema.



- **RAID 5:** la funzionalità assomiglia al sistema RAID 4, con la differenza che i stripe (insieme di settori) per il controllo di parità sono distribuiti su tutti gli $M+1$ dischi. Questo per evitare il collo di bottiglia in caso di guasto.

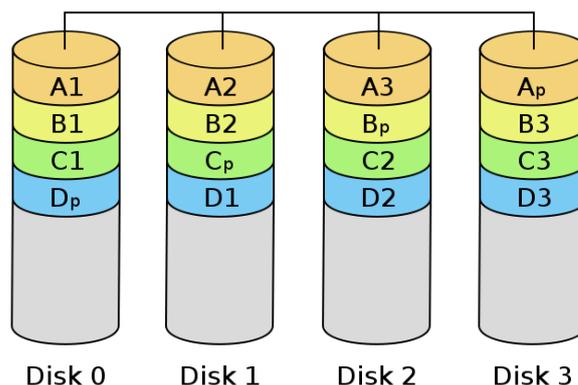
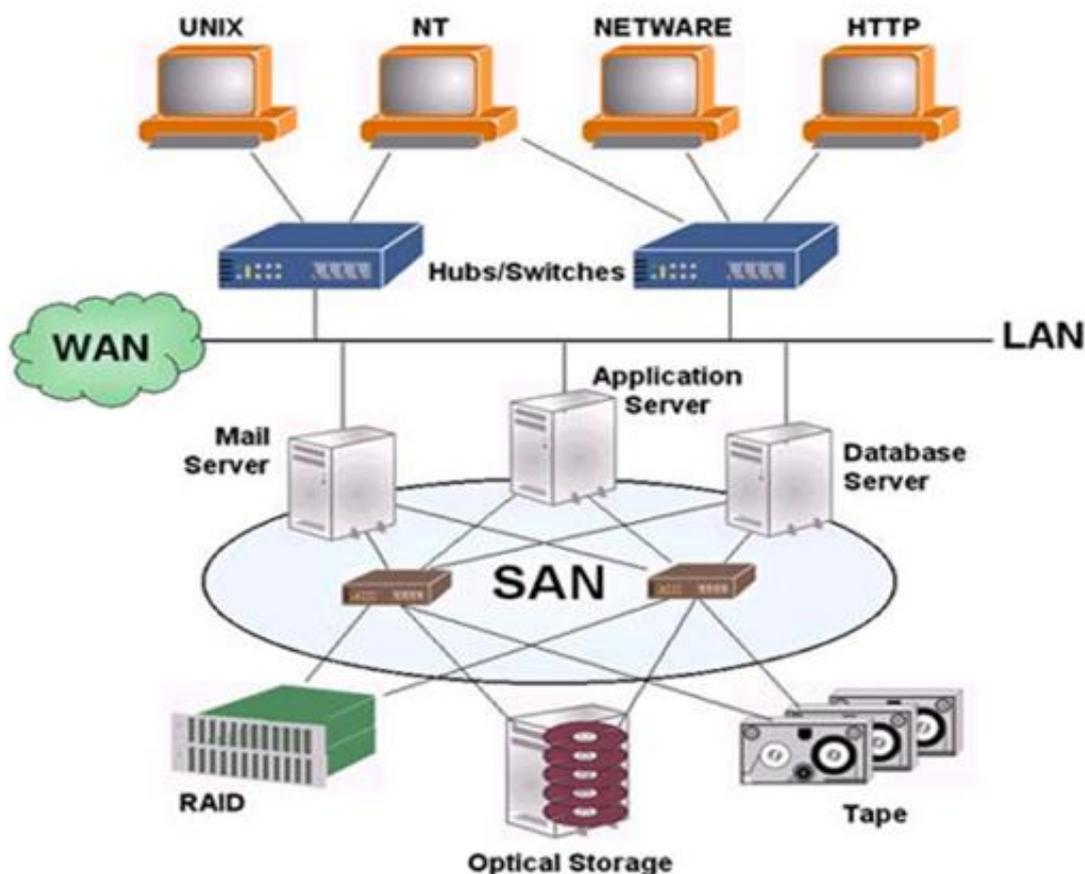


Tabella riassuntiva che mette in relazione il tempo di lettura, scrittura e affidabilità dei vari sistemi RAID. L'esempio utilizza un sistema a 6 dischi.

	NO RAID	RAID 0	RAID 1	RAID 2 (con K=2)	RAID 4	RAID 5
Tempo Scrittura	1	1/6	1/3	1/4	1/5	1/5
Tempo Lettura	1	1/6	1/6	1/4	1/5	1/5
Affidabilità	NO	NO	50%	$\frac{K}{K+4} = 1/3$	1/6	1/6

SAN (Storage Area Network)

La SAN è una rete o un settore di una rete ad alte prestazioni, alla quale sono collegati esclusivamente dispositivi di memoria di massa (anche di tipologie differenti), disponibili ed accessibili da ogni punto della rete.



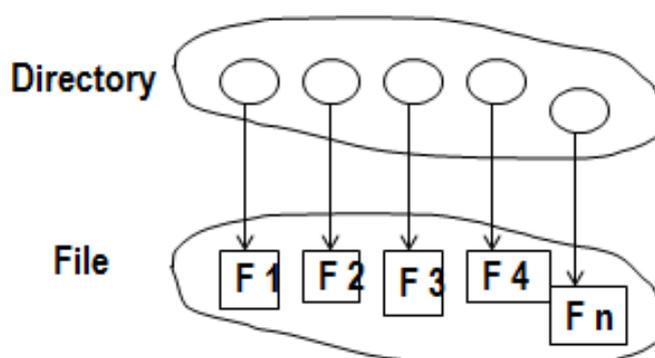
Normalmente una SAN utilizza dischi collegati ad una struttura di tipo RAID per migliorare le prestazioni e aumentare l'affidabilità del sistema.

I vantaggi di utilizzo delle SAN sono le alte prestazioni, alta disponibilità, scalabilità e la facilità di gestione.

I **file** sono uno spazio di indirizzamento logico e contiguo. Ogni file ha degli attributi che sono salvati su disco nella struttura della directory (nome, tipo, posizione, dimensione, protezione, data e identificazione utente). Si possono eseguire anche le seguenti operazioni:

- **creazione:** creazione di spazio su disco;
- **scrittura:** chiamata al sistema che specifica nome del file e i dati da scrivere. Necessita un puntatore di locazione alla prossima scrittura;
- **lettura:** chiamata al sistema che specifica nome del file ed il posizionamento dei dati letti in memoria. Necessita di un puntatore di locazione alla prossima lettura;
- **riposizionamento all'interno del file:** aggiornamento del puntatore alla posizione corrente;
- **cancellazione:** liberazione di spazio associato al file e all'elemento corrispondente nella directory;
- **troncamento:** mantenimento dell'inalterazione dei contenuti, ma cancella il contenuto dei file;
- **apertura:** ricerca del file nella struttura della directory su disco, copia del file in memoria e inserisce un riferimento nella tabella dei file aperti;
- **chiusura:** copia del file in memoria su disco.

Le **directory** sono una collezione di nodi le quali contengono *informazioni sui file*.



Per gestire un file system si usano diverse strutture dati presenti in parte su disco ed in parte in memoria. Queste caratteristiche sono fortemente dipendenti dal Sistema Operativo (S.O) e dal tipo di file system. Esistono comunque delle caratteristiche che sono in comune con tutte le tipologie.

Il file system è suddiviso in:

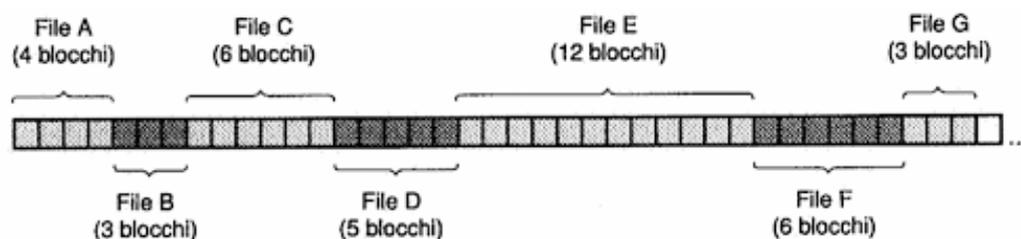
- **blocco di boot:** contiene le informazioni necessarie per l'avviamento del Sistema Operativo (S.O);
- **blocco di controllo delle partizioni:** dettagli riguardanti la partizione (numero e dimensione dei blocchi, lista blocchi liberi, lista descrittori liberi, ecc);
- **strutture di directory:** descrivono l'organizzazione dei file;
- **descrittori di file (i-node):** vari dettagli sui file e puntatori ai blocchi dati;
- **tabella delle partizioni:** informazioni sulle partizioni montate;
- **strutture di directory:** copia in memoria delle directory a cui si è fatto accesso di recente;
- **tabella globale dei file aperti:** copie dei descrittori di file;
- **tabella dei file aperti per ogni processo:** puntatore alla tabella precedente ed informazioni di accesso.

Allocazione su disco

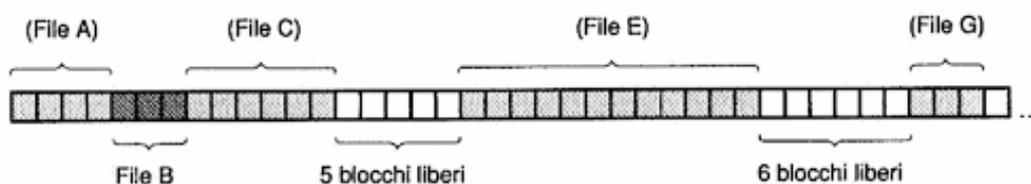
Definisce come i blocchi su disco sono allocati ai file o alle directory. L'obiettivo dell'allocazione su disco è il tentativo di minimizzare i tempi d'accesso e la massimizzazione dell'utilizzo dello spazio.

Esistono diversi tipi di allocazione, vengono qui di seguito elencate:

- **Allocazione contigua:** ogni file occupa un insieme di blocchi contigui su disco. Entry della directory molto semplice, infatti contiene l'indirizzo del blocco di partenza e il numero di blocchi.



Allocazione contigua di 7 file con dimensioni variabili



Allocazione contigua dopo aver eliminato i file D e F

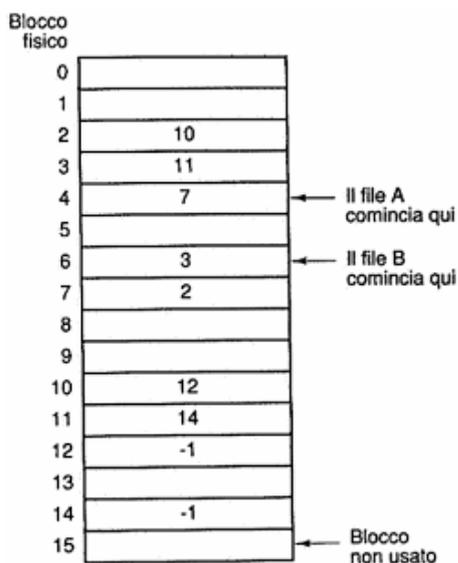
- *Vantaggi:* accesso semplice, lo spostamento al blocco successivo non richiede spostamento della testina;

- **Svantaggi:** tipo di allocazione che porta a problemi simili all'allocazione dinamica (spreco spazio, continua richiesta di compattazione, ecc). Emerge inoltre il problema di quanto spazio allocare quando viene creato un nuovo file (i file non possono crescere dinamicamente di dimensione).

Le soluzioni a questo problema possono essere:

- il file deve crescere e se non c'è spazio sufficiente avviene un errore di terminazione del programma → ri-esecuzione. Sistema che tende a sovrastimare lo spazio necessario (spreco);
- trovare un'allocazione più grande e ricopiare tutto il file (compresa la parte nuova) in quest'ultimo. Sistema trasparente per l'utente, ma rallenta il sistema.

- **Allocazione a lista:** ogni file viene allocato come una lista di blocchi. I blocchi possono essere sparsi ovunque sul disco (la directory contiene un puntatore al primo ed all'ultimo blocco ed ogni blocco contiene un puntatore al blocco successivo).



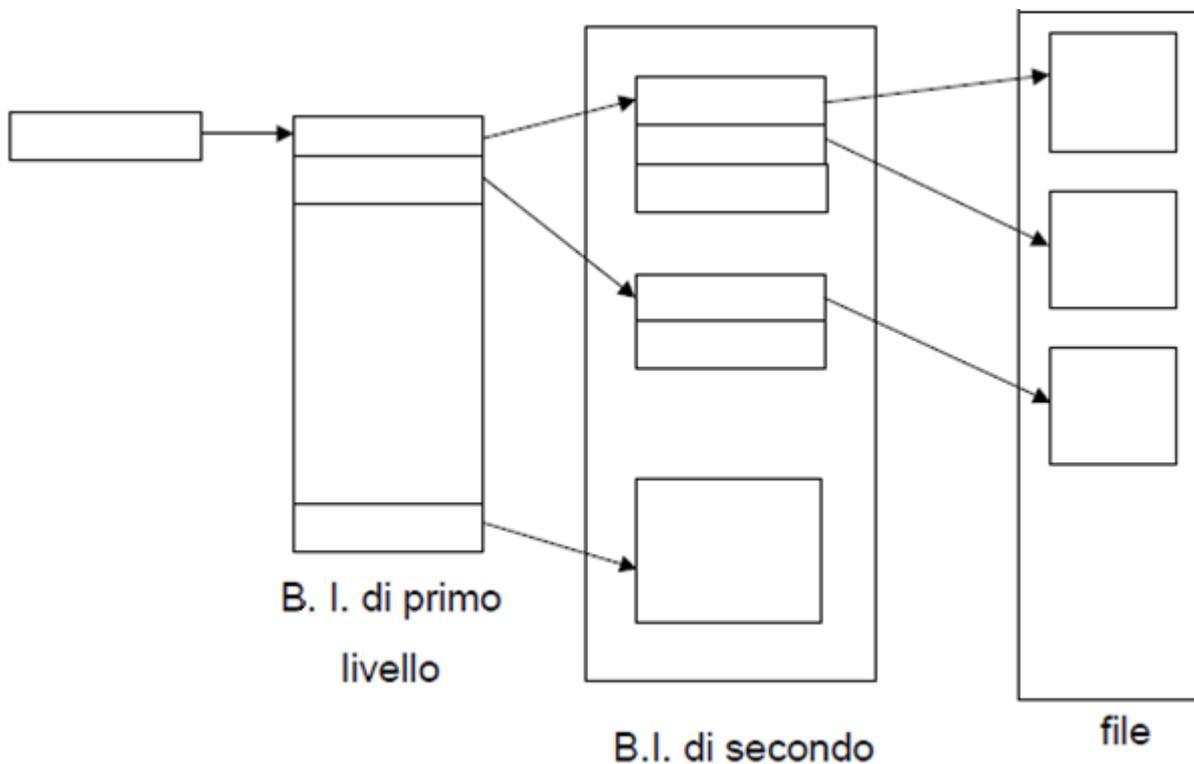
Il file A inizia dal blocco fisico 4 e punta al blocco 7. Il 7 punta al 2, il 2 punta al blocco 10, il 10 punta al 12.

Il file B inizia dal blocco fisico 6 e punta al blocco 3. Il 3 punta al 11, il blocco 11 punta al blocco 14.

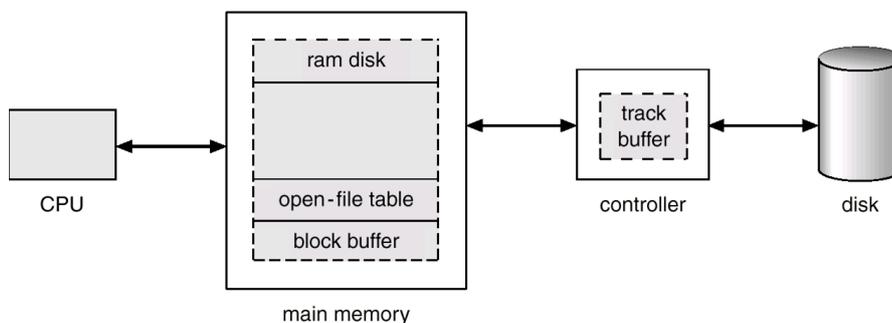
Per calcolare l'indirizzamento, dato indirizzo logico (X) e la dimensione del blocco (N), si è in grado di calcolare:

- Numero del blocco della lista = $X/(N-1)$;
- Offset all'interno del blocco = $X\%(N-1)$.

- **Allocazione indicizzata:** ogni file ha un blocco indice contenente la tabella degli indirizzi (index table) dei blocchi fisici. La directory contiene l'indirizzo del blocco indice. Lo schema di vista logica è:



Il disco rimane quindi il collo di bottiglia per le prestazioni. L'efficienza dipende quindi dall' algoritmo di allocazione dello spazio su disco e dal tipo di dati contenuti nelle directory.



Per queste motivazioni il controller del disco possiede una piccola **cache** che è in grado di contenere un'intera traccia, ma nonostante ciò non risulta essere sufficiente per garantire delle prestazioni elevate. Sono stati quindi introdotti:

- **dischi virtuali:** è una parte della memoria che viene gestita come se fosse un disco (maggiore velocità), questo però è supportata solo per i file temporanei, infatti se prima non vengono salvati su disco, allo spegnimento dell'alimentazione i dati presenti in memoria vengono persi. Sistema gestito dall'utente che scrive sulla RAM disk invece che sul disco;

- **cache del disco:** è una porzione di memoria nella quale vengono memorizzati i blocchi usati più frequentemente. Sistema gestito dal Sistema Operativo e sfrutta il principio della località.

Le maggiori problematiche riscontrate sono:

- **politica di rimpiazzamento:** cosa posso fare in caso di eliminazione di un settore, LRU, LFU, RANDOM;
- **politica di scrittura:** come aggiornare il contenuto del disco in caso di scrittura.

In caso in cui il **file system** si guasti esistono varie possibilità per il recupero delle informazioni:

- utilizzo dei RAID;
- utilizzo del file system con log (jornaled file system), cioè viene registrato ogni cambiamento del file system come una transazione;
- eseguire un backup periodico su disco o nastri;
- utilizzare un tools di riparazione come lo scandisk di windows, oppure fsck per linux ma utilizzando questa tecnica la probabilità che l'operazione vada a buon fine è bassa.

Journalled File System

Ogni cambiamento del file system viene registrato come una transazione che viene scritta su un file di log. Le transazioni sul log sono scritte in modo asincrono nel file system, e quando il file system è modificato, la transazione viene cancellata dal log.

Nel caso in cui il sistema va in crash, le transazioni non avvenute sono quelle presenti sul log. I vantaggi di questo sistema sono una buona tolleranza ai guasti di sistema e l'ottimizzazione dell'accesso al disco.

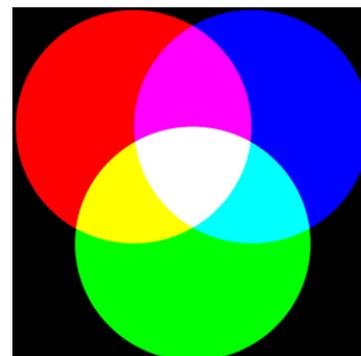
Formati di memorizzazione

È un modo standard per memorizzare e trasmettere immagini digitali. Esistono diversi tipi di formati, elencati di seguito:

- **Basati su Pixel (raster o bitmap):** formati che si basano su una descrizione dell'immagine come matrice bidimensionale di valori di colori (pixel). La risoluzione spaziale è data dal numero di righe per il numero delle colonne, mentre la profondità indica un numero di bit per ciascun pixel per rappresentare il suo colore.

Gli **spazi di colore** possono essere:

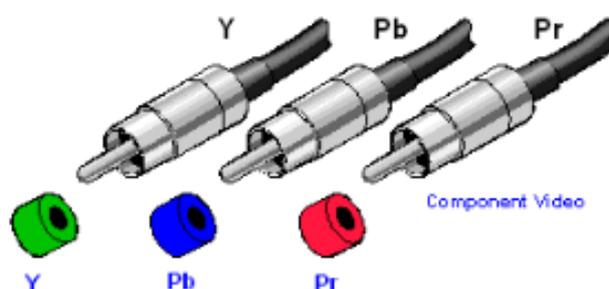
- **RGB**: modello di colori di tipo additivo che si basa su tre colori (Red, Green, Blue), da cui appunto il nome RGB, da non confondere con i colori primari sottrattivi Giallo, Ciano e Magenta (chiamati anche giallo, blu e rosso);



- **YUV**: modello che definisce lo spazio dei colori in termini di una componente di luminosità (luma Y') e 2 di cromaticità (UV). Viene usato negli standard video a colori NTSC, PAL e composito SECAM;



- **YCbCr**: indica una famiglia di spazi di colore usata nei sistemi video e nella fotografia digitale. Y' è il componente di luma, mentre Cb e Cr indicano i componenti di cromaticità. La **cromaticità** è una proprietà dello spettro di un segnale televisivo che unita alla luminanza permette di ricostruire le immagini a colori. I valori di luminanza Y che rappresentano l'intensità di luce complessiva dell'immagine ($Y = \text{Blu} + \text{Rosso} + \text{Verde}$). Cr indica i valori di differenza dal colore rosso ($Cr = Y - \text{Rosso}$), mentre Cb indica i valori di differenza dal colore blu ($Cb = Y - \text{Rosso}$). In questo modo un televisore in bianco e nero, pur ricevendo tutti e tre i segnali, utilizza solo il primo, quello di luminanza, ignorando gli altri due. Al contrario, un televisore a colori utilizza i segnali del rosso e del blu trasmessi, e ne ricava il verde, sottraendo al segnale di luminanza le informazioni su rosso e blu.

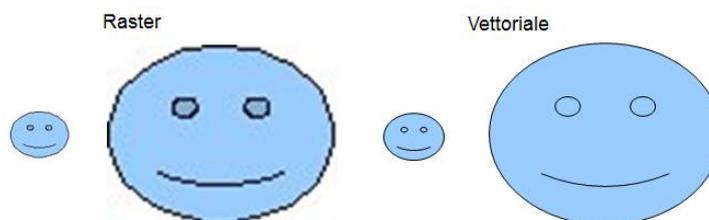


I formati più comuni basati su **immagini raster o bitmap** sono:

- **JPEG (Joint Photographic Experts Group):** è una tecnica lossy (spiegata più avanti) basata sulla trasformata coseno discreta (DCT) per separare le frequenze spaziali. Viene eliminata la ridondanza statistica e le frequenze più alte.
 - Profondità di colore: YUV a 8 bit per componente.
 Se la qualità dell'immagine è scadente o la compressione è troppo elevata compare il fenomeno della blocchettizzazione.
 Formato molto usato dalle fotocamere digitali e per codificare le immagini nei PDF;
- **TIFF (Tagged Image File Format):** formato che permette sia la compressione lossless che quella lossy.
 - Profondità di colore: 8 o 16 bit per componente (scala di grigio, RGB, CMYK, CIE Lab).
 Formato utilizzato dai scanner, alcune fotocamere per evitare il degrado del Jpeg e frequentemente nella tipografia;
- **GIF (Graphics Interchange Format):** utilizza la compressione lossless. Utilizza 256 colori (8 bit) ed è un formato adatto a memorizzare immagini come grafici e loghi. È inoltre in grado di memorizzare più immagini di seguito formando animazioni;
- **PNG (Portable Network Graphics):** formato nato come progetto Open Source per sostituire il formato GIF. Utilizza sia una compressione lossless che lossy.
 - Profondità di colore: indicizzata, livelli di grigio, colori a 24 bit (16 milioni)
 I pixel sono memorizzati in modo da permettere una veloce pre-view senza dover aspettare di aver scaricato in modo completo il file.
- **Basati su Vettori:** l'immagine viene descritta come una composizione di elementi grafici di base (segmenti, curve, punti, cerchi, elissi e poligoni) e per ogni elemento è definita forma e colore.
 I formati più comuni sono:
 - **SVG (Scalable Vector Graphics):** formato che utilizza la sintassi XML ed eventualmente viene compresso con tecniche usate per file testuali come i file zip.
 - **Formati per applicazioni mediche:**
 - **HL7 (Health Level 7):** formato per scambiare, memorizzare, condividere e recuperare informazioni mediche. Riesce inoltre a fornire un'interfaccia standard per far comunicare tra loro diversi sistemi (cartelle cliniche con i risultati del laboratorio, ecc). Il numero 7 indica che HL7 si pone a livello 7 della pila ISO/OSI;

- **CDA (Clinical Document Architecture):** è uno standard che specifica la struttura e la semantica dei documenti clinici per lo scambio nel dominio sanitario. Questo documento è in grado di contenere immagini, testo, suoni e altri contenuti multimediali;
- **CDISC (Clinical Data Interchange Standards Consortium);**
- **DICOM (Digital Imaging and COmmunications in Medicine):** standard che definisce i criteri per la comunicazione, visualizzazione, l'archiviazione e la stampa di informazioni di tipo biomedico (esempio immagini radiologiche). È uno standard pubblico, nel senso che la sua definizione è accessibile a tutti. La sua diffusione si rivela estremamente vantaggiosa perché consente di avere una solida base di interscambio di informazioni tra apparecchiature di diversi produttori, server e PC, specifica per l'ambito biomedico.

Un esempio di confronto fra immagini che utilizzano formati basati su raster e immagini che utilizzano formati vettoriali:



Tipi di compressione

Esistono due tipi di compressione:

- ***compressione Lossless:*** la fase di compressione non pregiudica la qualità dell'immagine, infatti utilizza tecniche di rimozione di ridondanza statistica e codifica entropia. Usata per archiviazione e per applicazioni mediche;
- ***compressione Lossy:*** la fase di compressione pregiudica **irreversibilmente** la qualità dell'immagine. Utilizza anche tecniche per la rimozione di dettagli poco percettibili. A parità di immagine questa compressione riesci a comprimere maggiormente rispetto la precedente.

Tracciabilità

Grazie alla tracciabilità si è in grado di capire la storia di un oggetto seguendo fase dopo fase (dalla produzione alla vendita). La tracciabilità infatti determina l'evoluzione dello stato di un oggetto nel tempo. È utilizzata per identificare in maniera automatica un oggetto, per la raccolta dei dati, per conoscere lo stato dell'oggetto (posizione, lotto, temperatura, ecc), per l'immissione automatica in un sistema di elaborazione e per un eventuale validazione dell'evoluzione rispetto un modello.

AIDC (Automatic Identification & Data Capture)

AIDC è la tracciabilità automatica eseguita mediante un sistema informatico. I pilastri che compongono questo sistema sono:

- **acquisizione automatica di identità e stato di un oggetto con informazioni temporali:** indica il metodo di lettura o scrittura compatibile con il trattamento dei dati (ad esempio il costo, manutenibilità, limiti fisici, ecc).

I diversi **modi per l'acquisizione automatica** di identità sono:

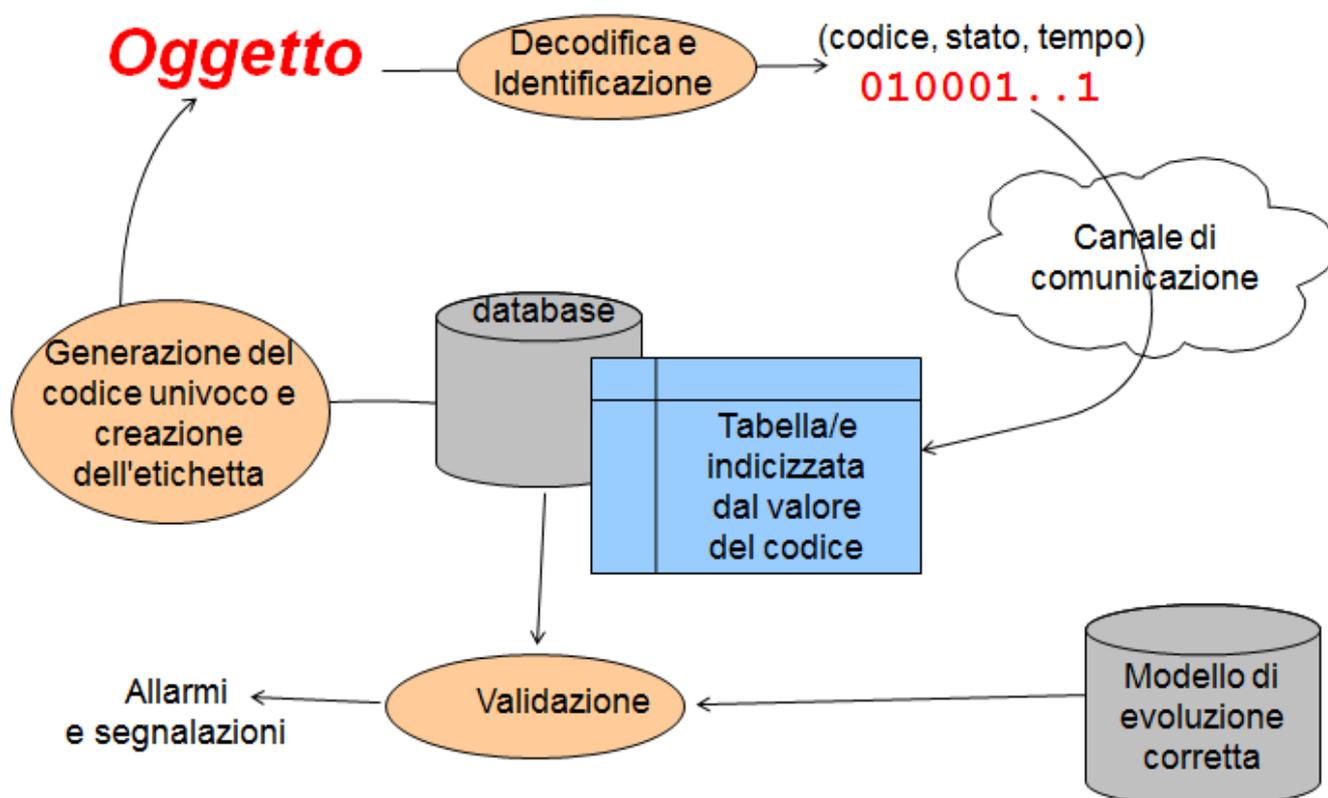
- **scansione ottica e visione artificiale:** il sistema automatico è in grado di identificare un oggetto guardandolo con un sensore ottico. Metodo molto semplice ed economico. Un esempio può essere rappresentato dal codice a barre;
- **radio frequenza:** l'oggetto ha al suo interno un chip il quale comunica al lettore tutte le sue informazioni utilizzando le onde radio. È una tecnologia in via di sviluppo e sta emergendo in questi ultimi anni;
- **tessere magnetiche:** codifica dei dati relative ad un oggetto mediante la magnetizzazione di una superficie;
- **chip card:** sono delle carte contenenti un chip. Nel momento stesso in cui vengono lette, i dati passano dal chip al lettore mediante un contatto. È un sistema molto affidabile e potente; il chip è un'entità attiva e viene interrogato per essere rilevato;
- **metodi biometrici:** identificazione mediante impronte digitali;

- **modello dell'evoluzione corretta per la validazione:** l'evoluzione reale dello stato di un oggetto dovrebbe essere confrontata con quella desiderata al fine di rilevare incongruenze (errori di lavorazione, furti, oggetti non validi, ecc). Tale modello potrebbe essere formalizzato mediante sistema di Work Flow;
- **base di dati per memorizzare stato e evoluzione temporale degli oggetti:** è la modellazione delle entità e delle relazioni coinvolte nell'applicazione (posizione, tempo, stato) ed il collegamento con il sistema informatico pre esistente. Si utilizzano codici identificativi numerici unici.

Tracciabilità automatica in laboratorio

La tracciabilità automatica viene molto utilizzata in laboratorio perché consente di identificare reagenti, campioni da esaminare, persone che accedono al laboratorio (...) in maniera sicura ed automatica. Ad esempio nel caso dei reagenti permette di identificarli evitando di confonderli fra loro. Un altro aspetto importante è la localizzazione, per evitare il verificarsi di furti di materiale o apparecchiature ed errori di incompatibilità tra sostanze nello stoccaggio. E' più facile inoltre eseguire l'inventario dei reagenti e dei campioni in quanto tutte queste operazioni possono essere svolte da un elaboratore.

La figura qui sotto presenta in maniera semplificata la struttura di un sistema di tracciabilità automatica:



I **vantaggi** della **tracciabilità automatica** sono:

- **affidabilità:** si evitano errori di inserimento manuale dei dati → una persona può sbagliare l' inserimento dei dati, mentre un sistema automatico è molto meno probabile che commetta errori di questo genere;
- **efficienza:** l'acquisizione dei dati è molto più rapida rispetto all' immissione manuale;
- **pervasività:** il tracciamento non interferisce con le attività principali dell'azienda.

Codici a barre

E' costituito da un insieme di elementi grafici (barre verticali) a contrasto elevato disposti in modo da poter essere letti da un sensore a scansione e decodificati per restituire l'informazione contenuta.

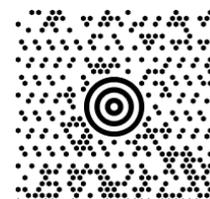
Il funzionamento è molto semplice: sono presenti dei segni di colore contrastante su uno sfondo (non necessariamente bianco) che si possono generare tramite una semplice stampante su carta e che vengono letti tramite un lettore a scansione ottica formato da un diodo o laser che emette un raggio di luce ed un foto-resistore che misura l'intensità della luce riflessa e la trasforma in un segnale elettrico.



Esistono diversi **tipi di codice a barre:**

- **codici lineari:** codici a barre formati da una serie di barre di vario spessore separate e delimitate da spazi maggiori all' inizio e alla fine. Esistono molti standard, i più importanti sono:
 - **UPC-A:** 12 numeri (11 liberi e 1 di controllo);
 - **UPC-E:** 7 numeri (6 liberi e 1 di controllo);
 - **EAN-8:** 8 numeri (7 liberi e 1 di controllo);
 - **EAN-13:** 13 numeri (12 liberi e 1 di controllo);
 - **Code 32 o Codice Farmaceutico:** è adottato dal Ministero della Sanità Italiano per la codifica dei prodotti farmaceutici. Il codice delle specialità medicinali ad uso umano è composto da 7 cifre che identificano il tipo di confezione per ciascuna specialità medicinale, precedute dalla cifra zero e seguite da un carattere di controllo. Le 9 cifre complessive vengono poi rappresentate in base 32 con 6 caratteri alfanumerici, utilizzando (la codifica del codice 39) le 10 cifre decimali ed i caratteri dell'alfabeto anglosassone con l'esclusione di A, E, I, O;

- **Code 39:** tipo di codice a barre sviluppato nel 1974 per applicazioni richiedenti un codice alfanumerico. È un codice interessante sotto molti aspetti, ha avuto una forte espansione negli enti pubblici, nell'industria e nel commercio. È il più diffuso fra i codici industriali;
- **Code 128:** tipo di codice che può codificare 128 caratteri ASCII oltre i quattro caratteri funzionali. Consente inoltre di rappresentare i dati numerici in una forma compatta a doppia densità. Ogni carattere è costituito da 11 moduli, distribuiti in tre barre e tre spazi (escluso carattere di Stop). I simboli hanno due autocontrolli che minimizzano la probabilità di errore in lettura: il self - checking dei caratteri (sulla parità) ed un check digit modulo 103. La sequenza comincia con un carattere di start, seguito da caratteri, dal check digit e termina con un carattere di stop;
- **UCC/EAN-128:** è stato sviluppato per fornire un formato standard per lo scambio di dati tra diverse aziende . Mentre altri standard codificano dei dati senza dire cosa rappresentano, questo codifica i dati e quello che rappresentano. È un sistema di formazione di un codice che utilizza il Codice 128 per la stampa e qualsiasi lettore è in grado di leggerlo;
- **codici 2D:** tipologia di codice che permettono di codificare più informazioni rispetto i precedenti, necessitano però un lettore più complicato. Degli esempi di codici a barre a due dimensioni sono i seguenti:



Problemi: possibilità di sporcarsi, problemi di lunghezza o grandezza, le macchie possono portare problemi alla lettura.

Sistemi Hardware per codici a barre

I lettori per i codici a barre possono essere manuali collegati tramite porta seriale (RS-232), USB o Bluetooth, oppure lettori fissi presenti su nastri trasportatori collegati tramite BUS di campo (CAN, fieldbus, ecc).



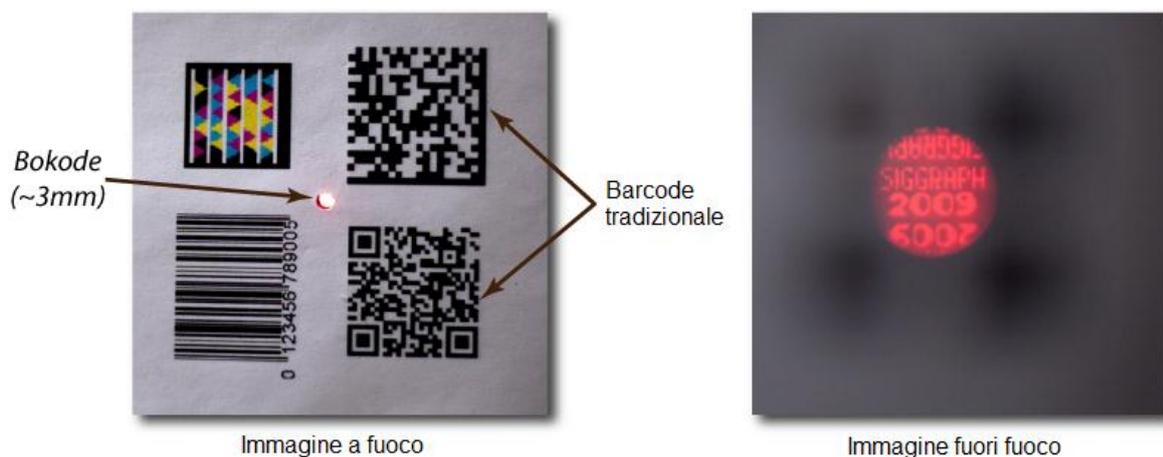
Le stampanti di codici a barre possono stampare su normale carta, su carta adesiva, su carta di plastica, ecc.



Il codice a barre potrebbe essere fra qualche anno accantonato e sostituito dal **Bokode**, un codice di minori dimensioni, ma in grado di memorizzare un maggior numero di dati. È un sistema di lettura digitale automatizzata: ad occhio nudo sembra un semplice puntino luminoso rosso, ma grazie all'utilizzo di una fotocamera con focus all'infinito, emerge la visione di un led, sul quale sono collocate una lente e un'etichetta da 3 mm contenente diversi kilobit di informazioni.

La fotocamera permette la corretta visione del codice perché, inquadrandolo, lo rimette a fuoco e recupera così l'immagine vera e propria dell'etichetta che sarà poi trasformata tramite un software di lettura in un elenco di informazioni.

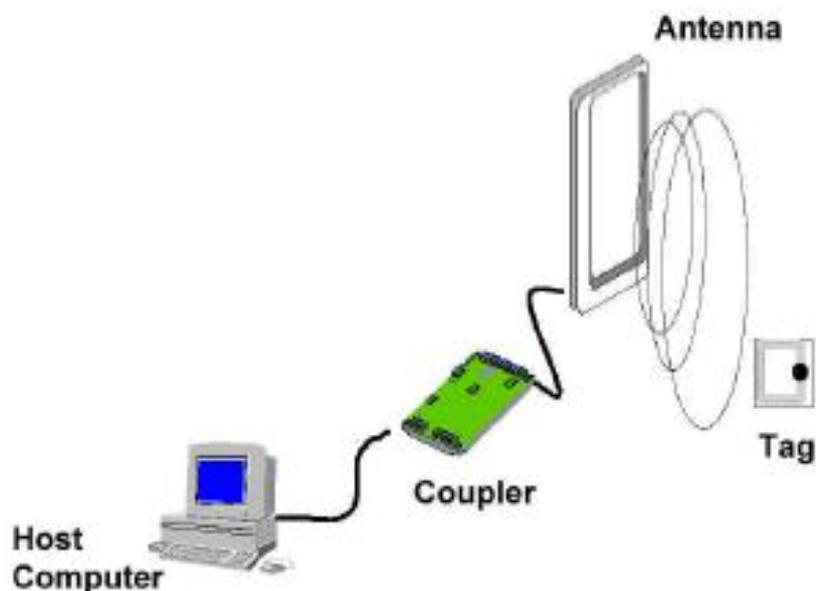
Il problema di questo sistema è legato alla difficoltà di produzione legate ai costi elevati.



Radio Frequency Identification (RFID)

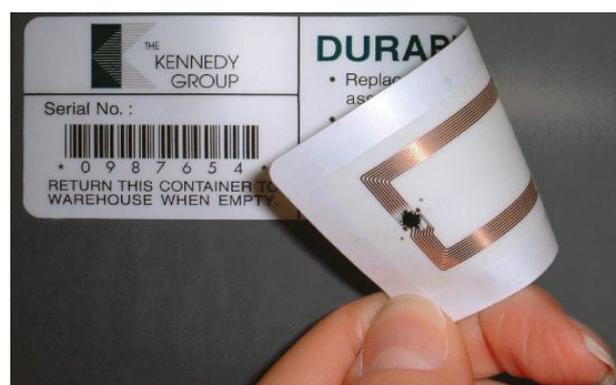
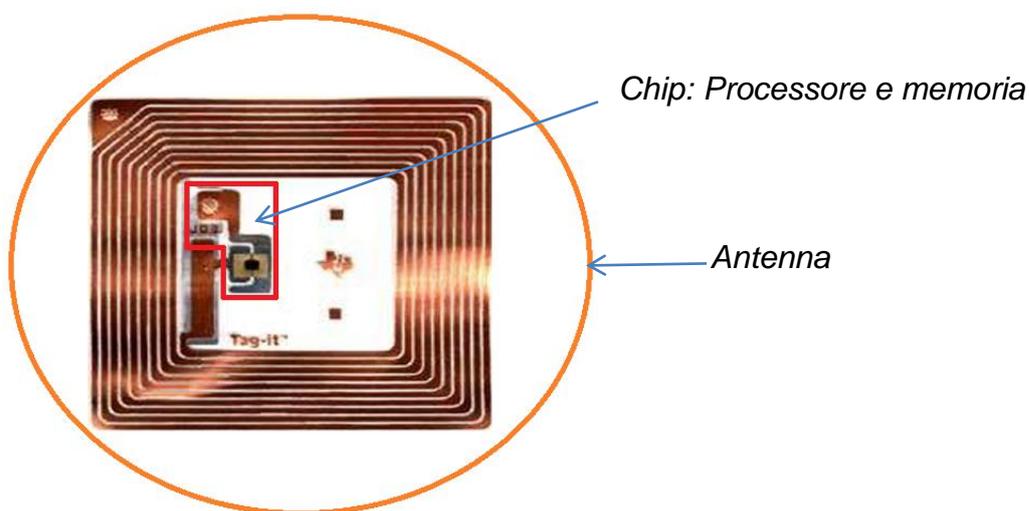
Nella tracciabilità gli RFID sono etichette che trasmettono via radio un'informazione ad un lettore senza la necessità di un contatto fisico. Come risultato è simile ai codici a barre, con la differenza che si può usare una maggiore distanza di lettura, sono più veloci e non è necessario che il codice sia visibile (grazie all'impiego delle onde radio). È possibile leggere più tag in contemporanea (aumentando il range di lettura), operazione che con i codici a barre non era possibile fare. Oltre la lettura è possibile anche la scrittura ed è quindi possibile aggiungere ulteriori informazioni anche in un secondo momento.

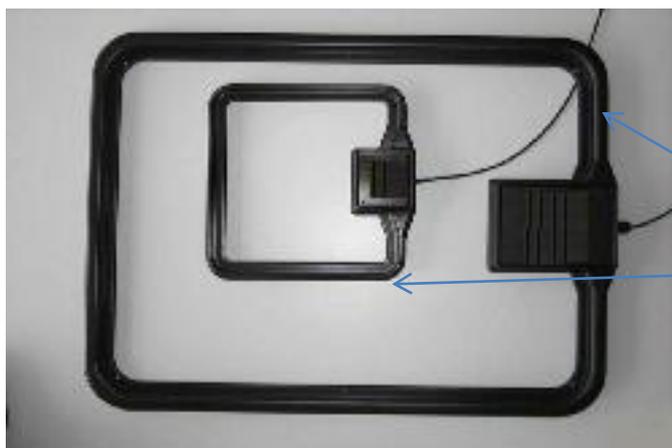
Gli elementi coinvolti nella lettura e scrittura di un tag RFID sono:



Il tag RFID è formato da:

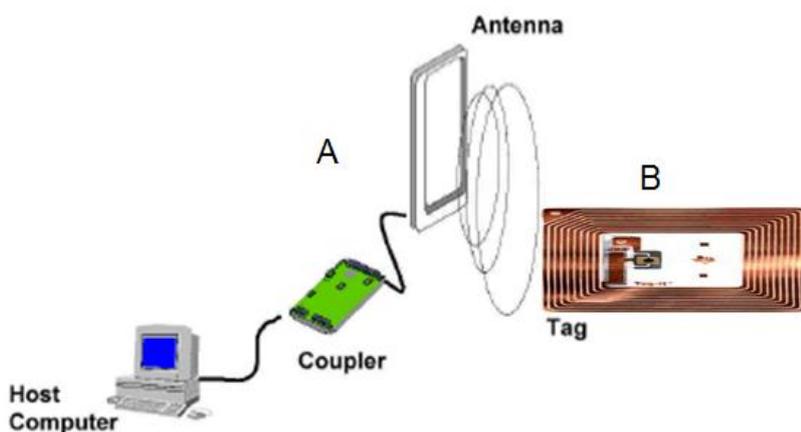
- **processore:** è in grado di elaborare le informazioni, solitamente è un processore molto semplice, piccolo ed economico;
- **memoria:** deve memorizzare il contenuto dell'etichetta, è una memoria di tipo flash. Contiene l'identificazione dell'oggetto e nelle ultime versioni contiene anche delle informazioni aggiuntive come ad esempio la data di scadenza;
- **antenna:** la geometria dipende dalla frequenza utilizzata, possono essere costruiti anche con due antenne, una per ricevere ed una per trasmettere le onde elettromagnetiche;
- **package esterno:** è il pacchetto che contiene l'etichetta. Deve essere in grado di adattarsi all'oggetto ed essere flessibile e resistente in ambienti ostili (ad esempio resistere alle alte temperature, oppure basse, ecc);
- **batteria o altra sorgente:** esistono due tipologie di tag in base a questa caratteristica:
 - **Tag passivi:** non necessitano di alimentazione e quindi non hanno una fonte di energia. In questo tipo di tag l'alimentazione è data dall'onda elettromagnetica che, sbattendo sull'antenna, crea un campo elettromagnetico dando l'energia di alimentazione al processore.





Esempi di antenne per lettori

Spiegazione in dettaglio del funzionamento del tag passivo:



Il lettore (A) attraverso l'antenna genera un campo elettromagnetico che induce una corrente elettrica al tag (B). La corrente debole ma sufficiente di B alimenta il processore che legge il dato nella sua memoria e lo trasmette attraverso la sua antenna al lettore (A).

Per i tag passivi esistono tre **tipi di lettori**:

- **manuale**: le operazioni di lettura o scrittura vengono eseguite tramite il lettore in modo manuale dall'utente;



- **fisso**: lettori fissi in una posizione, come per esempio le obliteratrici (Mover) utilizzate nei trasporti degli autobus veronesi;



- **gate o portale:** tipo di lettore utilizzato molto nella logistica o nelle aziende in cui si deve far passare molti oggetti contrassegnati da tag RFID passivi contemporaneamente. Grazie a questo sistema si è in grado di far passare tutti gli oggetti (per esempio un pallet di materiale) contemporaneamente all'interno del gate o portale e questo è in grado di elaborare contemporaneamente tutti i dati.



Questi tag possono usare diversi tipi di frequenze. I tag con basse frequenze hanno più possibilità di una lettura a 360° e gli ostacoli non portano particolari problemi, mentre le alte frequenze possono portare a più problematiche. Questo accade perché più la frequenza è elevata e più ci si avvicina al visibile (luce).

Gli standard esistenti per RFID passivi si suddividono in base alle frequenze:

- **Tag Low Frequency (LF):** utilizza la banda di frequenza 125/134 KHz. Tag utilizzato soprattutto per la tracciabilità di animali domestici (microchip), animali da allevamento, controllo accessi, chiavi con codice elettronico delle auto e molte applicazioni in ambienti dove è forte la presenza di metalli e liquidi.
 - *Vantaggi:* diffusione globale, nessun problema di funzionamento in presenza di metalli e soprattutto di liquidi.
 - *Svantaggi:* distanze di lettura molto ridotte (qualche centimetro). Questa caratteristica molte volte obbliga l'utilizzo di lettori manuali, la quantità di memoria integrata e solitamente limita in sola lettura, impossibilità di lettura di molti tag in contemporanea e costi di produzione più alti rispetto ad altri tag passivi.
- **Tag High Frequency (HF):** utilizza la banda di frequenza 13.56 MHz. Per questo tipo di tag esistono diversi standard, i più importanti sono:
 - **ISO 14443 (tipo A e B):** caratterizzati dalla sicurezza (crittografia applicata ai dati) e per la breve distanza di lettura. Tag utilizzati per smart card, pagamenti, controllo accessi, carte bancarie e tutte quelle applicazioni dove è importante la sicurezza;

- **ISO 15693 (ISO 18000-3 Mode 1):** caratterizzati dai costi relativamente bassi, dalla buona capacità di memoria e da un buon comportamento con metalli e liquidi. Sono molto utilizzati per controllo accessi, biglietteria, farmaceutica, gestione libri e altri media come cd e dvd;
- **ISO 15693 (ISO 18000-3 Mode 2):** standard poco diffuso, per il momento confinato a pochi ambiti ma è interessante per la sua velocità di comunicazione e per le ottime performance nella lettura di tag molto vicini tra loro e anche sovrapposti. È utilizzato in particolare nei campi della gestione documentale e nelle lavanderie industriali.

Le caratteristiche principali sono date dal basso costo per etichetta (circa 1 euro) e dalla distanza di lettura che va da qualche centimetro a decine di centimetri.

- *Vantaggi:* possibilità di implementare funzionalità di sicurezza dei dati data dalla distanza di lettura brevi, memoria spesso capiente, buon funzionamento con metalli e liquidi, costi in molti casi ridotti rispetto i tag Low Frequency.
 - *Svantaggi:* distanze di lettura limitate per molte applicazioni come la logistica di magazzino.
- **Tag Ultra High Frequency:** utilizza la banda di frequenza 868/915 MHz. La distanza di lettura può arrivare anche a diversi metri. È inoltre possibile leggere contemporaneamente più tag per volta.
 - *Vantaggi:* distanza di lettura, costo delle etichette mediamente più basso rispetto alle etichette HF, capacità di leggere molti più tag allo stesso tempo rispetto agli HF ISO 15693 ed è compatibile con lo standard EPC.
 - *Svantaggi:* difficoltà soprattutto con liquidi (materiali assorbenti) e quindi anche con il corpo umano, si hanno inoltre problemi con i metalli se non realizzati specificatamente per ovviare al problema. Infatti il sistema UHF utilizzato per la logistica non è in grado di leggere scattolame se i tag sono posizionati su materiali come lattine, acciai, ecc. Il costo dei lettori UHF è mediamente di più rispetto ai lettori HF e LF.

- **Tag attivi:** necessitano di una fonte di alimentazione quindi hanno una sorgente di energia interna (batteria, pannellino solare, ecc). Utilizzano la stessa tecnologia delle reti wireless. Rispetto i tag passivi, i tag attivi hanno una maggiore distanza di lettura ed un costo più elevato. Con questi tag è inoltre possibile utilizzare una trasmissione multi-salto, come nell'immagine di seguito:



Un esempio di uso quotidiano di tag attivo è il telepass delle autostrade italiane:



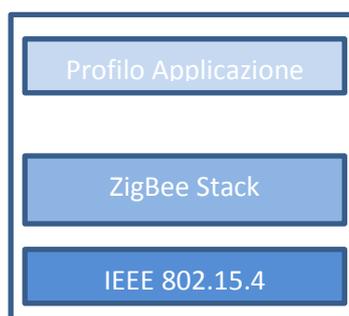
Schema riassuntivo metodi tracciabilità

	Costo	Manutenzione	Limiti fisici
Codice a barre	Bassissimo	Bassa	Visibilità diretta
Tessera magnetica	Basso	Bassa	Contatto
Chip Card	Medio	Bassa	Contatto
RFID passivo LF	Medio	Bassa	Raggio cortissimo, Problemi con metalli
RFID passivo HF	Medio	Bassa	Raggio cortissimo, Problemi con metalli
RFID passivo UHF	Medio	Bassa	Problemi con metalli
RFID attivo	Alto	Alta (batteria)	Nessun limite

ZigBee

Uno dei protocolli dei tag RFID attivi è lo **ZigBee**. È un protocollo di comunicazione ad alto livello e bassa potenza radio digitale basato sullo standard **IEEE 802.15.4** (standard per le reti wireless Personal Area Network). È rivolto alle applicazioni che richiedono dati a bassa velocità, una lunga durata della batteria e sicurezza della rete.

La piattaforma conforme lo ZigBee deve garantire a tutti parte dello stack quindi altre applicazioni compatibili con lo standard ZigBee, consentire l'interoperabilità di rete, ma non implica l'interoperabilità a livello di applicazione.

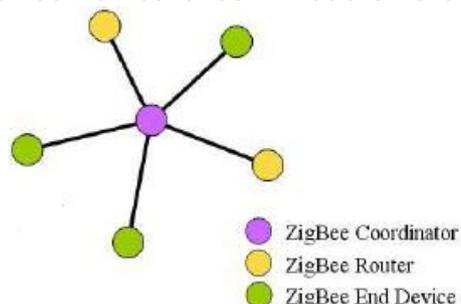


Nello standard sono definiti due tipi di dispositivi:

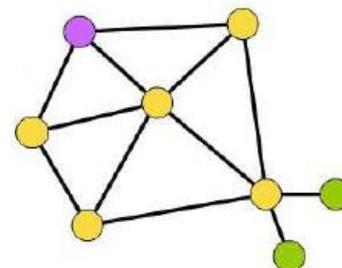
- **Full Function Device (FFD):** è un dispositivo con funzionalità piene. Si può utilizzare come coordinatore unico per le PAN, come nodo standard o come router. Solitamente è sempre alimentato così da permettere il routing dei messaggi;
- **Reduced Function Device (RFD):** è un dispositivo molto semplice con funzionalità ridotte e utilizzo modesto delle risorse. Possono comunicare con il coordinatore e con il router.

Topologie ZigBee

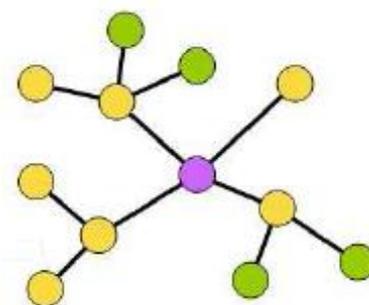
- **stella:** i dispositivi finali sono solo in grado di comunicare con il coordinatore. Non sono necessari algoritmi di routing;



- **maglia:** i nodi di tipo FFD (Full Function Device) sono collegati fra loro, più percorsi possibili fra due nodi. Per questa tipologia serve un algoritmo di routing;



- **albero:** un nodo finale può direttamente comunicare con il coordinatore o con un nodo router. È possibile inoltre estendere fisicamente la rete.



Analizziamo ora i ruoli dei vari **tipi di nodi** in dettaglio:

- **ZigBee Coordinator:** esegue una richiesta per ogni rete ZigBee, inizializza la formazione delle reti e memorizza le informazioni relative alla rete;
- **ZigBee Router:** svolge il routing dei messaggi, deve unirsi alla rete esistente prima di trasmettere, ricevere e inoltrare i messaggi;
- **ZigBee End Device:** trasmette e riceve i dati attraverso i parent (FFD a cui è associato).

Da come si può notare, una rete ZigBee deve essere formata da almeno due nodi: il coordinatore e da un end device oppure dal router.

EPCGlobal

EPCGlobal è un ente di standardizzazione EPC (Electronic Product Code). Lo scopo è quello di fare una standardizzazione di eventi applicabili all'oggetto tracciato, API di lettura e interrogazione per la sicurezza. L'interfaccia dei lettori deve avere uno standard API per leggere, scrivere ed eliminare i codici.

EPCIS (EPCGlobal Information Service)

Identificazione univoca tramite codici elettronici (codici a barre, tag, ecc...). Standardizza per gli eventi applicabili all'oggetto, per le API di lettura e interrogazione e per i meccanismi di sicurezza. Le caratteristiche principali sono: l'indipendenza dal produttore HW e SW di tag, indipendenza dall'ente utilizzatore e presenza di profili specifici per specifiche tipologie di utenti. I supporti possibili per l'identificazione del prodotto sono gli RFID passivo UHF e HF, i codici a barre (lineari e 2D), i tag attivi e i numeri leggibili direttamente.