

Livelli ISO/OSI

MODELLO ISO/OSI



Le tecniche di interconnessione fra computer inizialmente furono messe a punto dai costruttori di sistemi informativi, primo fra tutti **IBM**. Le soluzioni che ne risultavano erano però delle reti di computer "chiuse", ossia costituite da apparati tutti dello stesso costruttore e quindi incapaci di comunicare con macchine prodotte da altri.

La necessità di avere sistemi informativi "aperti" ha chiaramente imposto meccanismi comuni capaci di lavorare in presenza di diversi "metodi" per gestire l'informazione (ad esempio diversi mezzi trasmissivi, diverse strutture del *file system*; diverse procedure di stampa, di login, etc.).

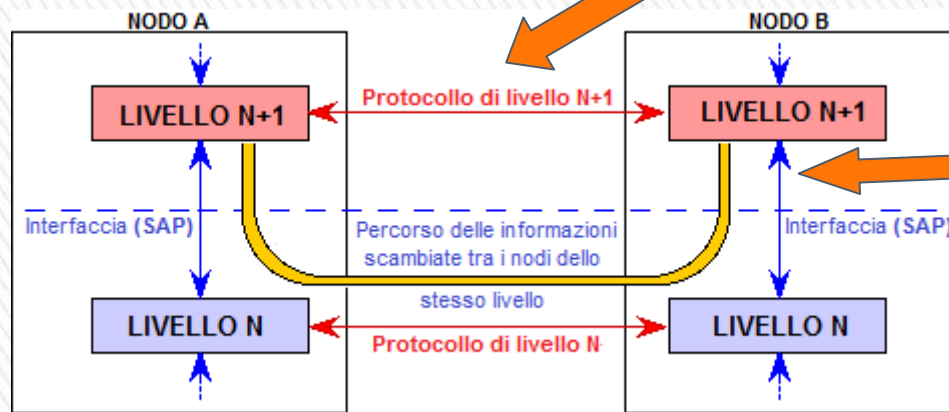
Per garantire funzionalità e caratteristiche omogenee tra i vari produttori è stato necessario definire degli standard che garantiscano l'interoperabilità tra i diversi prodotti.

Tale standard è rappresentato dallo schema di riferimento noto con il nome **modello ISO/OSI**.

La caratteristica principale di OSI è quella di essere un modello a strati. Le funzioni che due sistemi devono svolgere per poter comunicare vengono suddivise da **OSI** in una gerarchia a 7 strati.

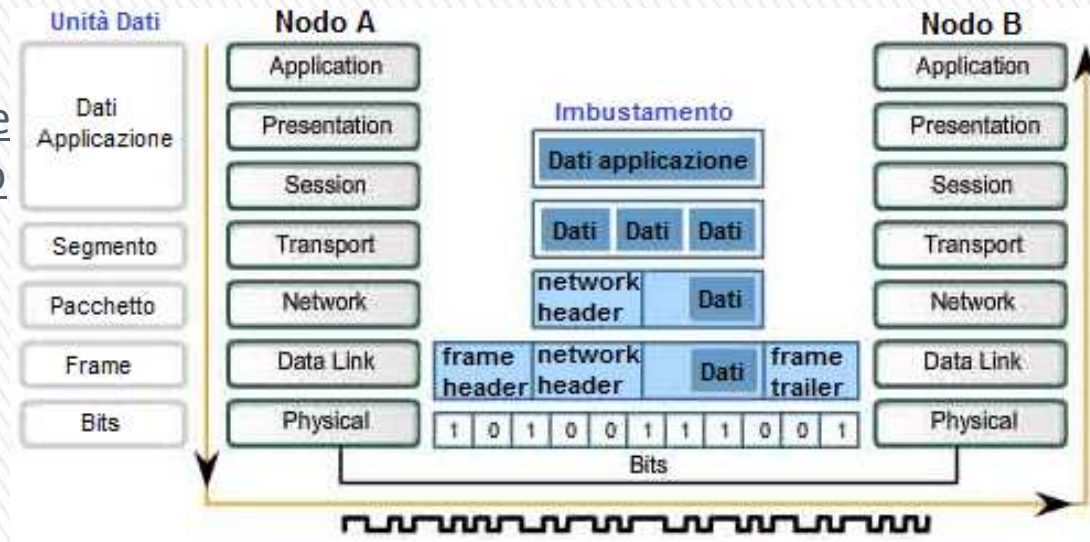
Lo scopo di ciascun livello è quello di fornire servizi al livello superiore.
 Ogni livello comunica con il livello sottostante mediante un'interfaccia detta **SAP (service access point)**.

*Tra due **nod** A e B, il **livello N** del **nod** A può scambiare informazioni solo col **livello N** del **nod** B.*



*Ogni livello in trasmissione realizza la comunicazione col livello corrispondente del nodo destinatario usando il **SAP** del livello immediatamente sottostante. Solo le entità di livello 1 comunicano direttamente, tramite i mezzi trasmissivi (fisici) che le interconnettono.*

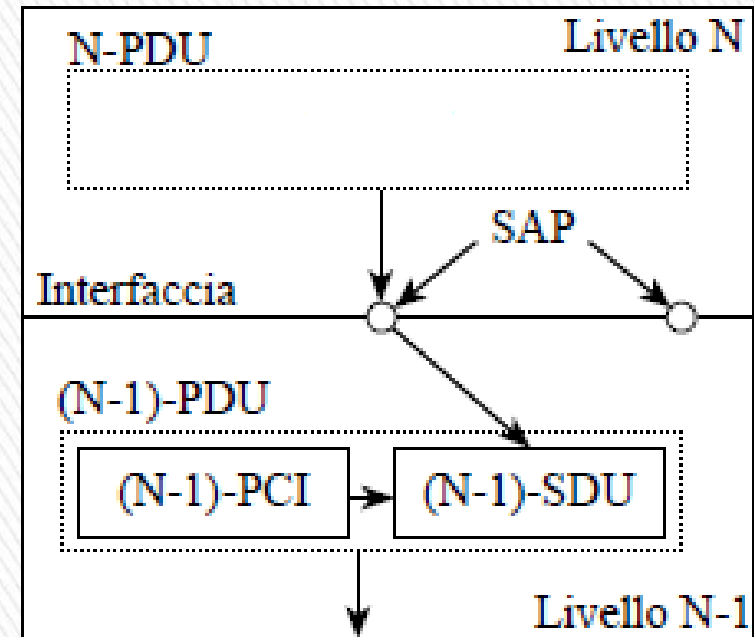
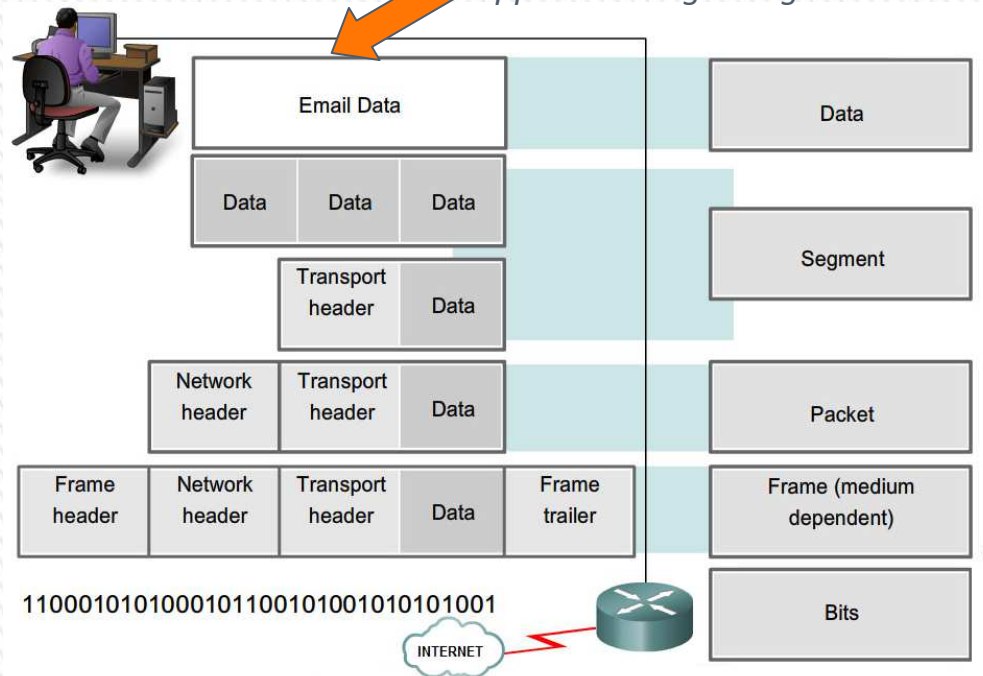
Anche se è definito un protocollo comunicazione per ogni livello N, nessun dato è trasferito direttamente tra i due nodi A e B sullo stesso livello N. Ogni livello passa i dati e le informazioni di controllo a quello sottostante e questo procedimento continua fino a quando non si arriva al **livello fisico**, che è quello che effettua la trasmissione vera e propria.



I dati **N-PDU (Protocol Data Unit)**, generati da un protocollo di **livello N**, una volta attraversata l'interfaccia SAP tra il livello N e il livello N-1, diventano **(N-1)-SDU (Service Data Unit)**.

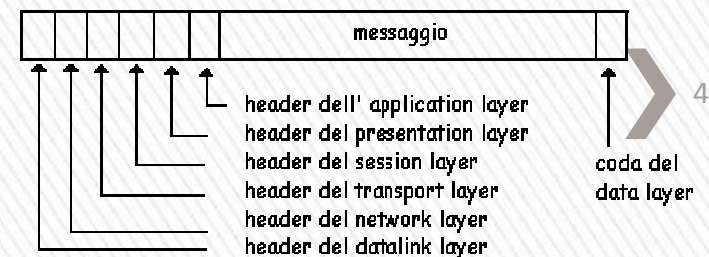
Ogni livello **N-1** aggiunge ai dati **N-PDU** ricevuti dal livello superiore N delle informazioni di controllo **(N-1)-PCI (Protocol Control Information)**.

La mail quando viene inviata subisce una serie di trattamenti applicati da ogni singolo livello



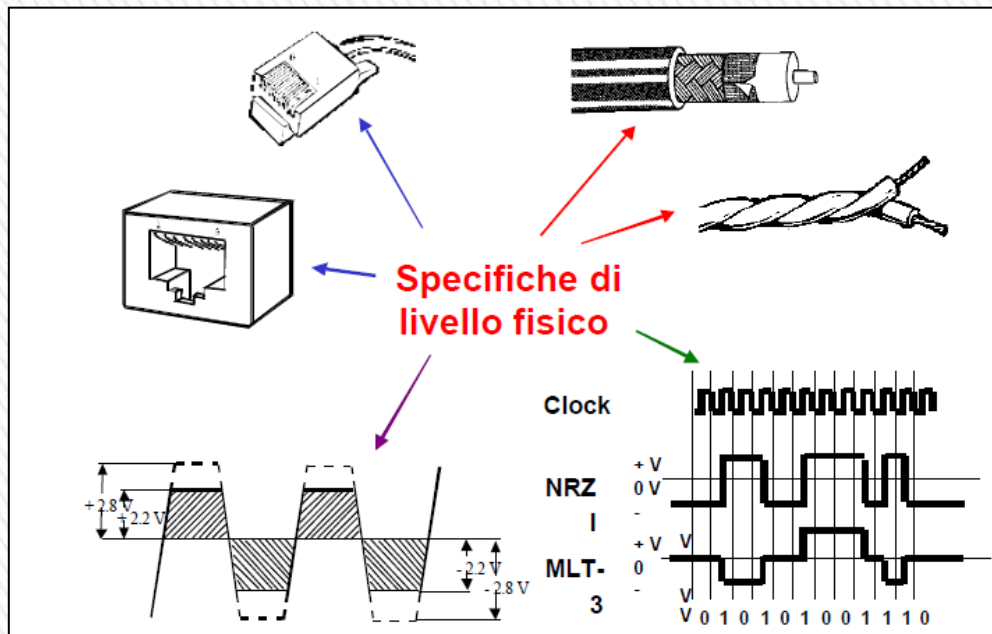
Quindi i dati prodotti dal livello N-1 **(N-1)-PDU** sono costruiti antepo- **ndendo alla (N-1)-SDU** la **(N-1)-PCI**.

Molto spesso al posto del termine PDU si utilizzano altri di uso più comune come **pacchetto** o **trama**.



LIVELLO 1: Livello Fisico

Obiettivo di questo livello è trasmettere un flusso di dati non strutturati (**bit**) attraverso un collegamento fisico. Definisce la forma e la tensione del segnale. Implementa le procedure meccaniche ed elettroniche necessarie a stabilire, mantenere e disattivare un collegamento fisico. È l'unico livello che riguarda direttamente l'hardware.



Il **livello fisico** definisce:

- Caratteristiche dei cavi, prese e connettori;
- Le tensioni scelte per rappresentare i bit trasmessi;
- La durata in microsecondi del segnale che identifica un bit;
- Tipologia dei segnali (es. elettrici, ottici, etc);
- L'eventuale trasmissione simultanea in due direzioni (duplex);

La sua unità dati fondamentale è il **bit**

LIVELLO 2: Datalink

Il livello di **collegamento dati** si preoccupa di gestire il collegamento da un pc all'altro appartenenti alla stessa LAN.

Altra funzione principale di questo livello è quello di recuperare gli errori trasmissivi; di solito questo avviene mediante tecniche di ritrasmissione automatica dei dati che sono stati ricevuti corrotti.

Il protocollo Ethernet appartiene a questo livello.

Il **livello data link** si occupa di:

- **Identificare i nodi connessi:** Le interfacce di rete (NIC) dispongono di un numero cablato (di 48 bit) detto **MAC Address**. Non è quindi modificabile, univoco in tutto il mondo che viene impiegato per indicare l'entità a cui si vuole inviare un messaggio.
- **Controllare Errori:** aggiunge al pacchetto proveniente dal livello ISO/OSI superiore (il terzo) una sequenza di bit (**checksum**) che è usato in ricezione per valutare la corretta trasmissione del pacchetto. Se il "checksum calcolato" è diverso dal "checksum ricevuto" il destinatario capisce che è stato commesso un errore.
- **Correggere gli errori mediante ritrasmissione:** I pacchetti inviati sono tutti numerati. Per ogni pacchetto ricevuto, il destinatario invia al mittente un ACK (acknowledgement, conferma) contenente lo stato della trasmissione (positivo o negativo) e il numero del pacchetto abbinato. Il mittente deve ripetere l'invio dei pacchetti mal trasmessi e di quelli che non hanno ricevuto alcun riscontro (ACK) entro un lasso di tempo prestabilito.

L'ACK può essere trasmesso in un messaggio a sé stante, o essere inviato in un campo all'interno di un pacchetto utente che viaggia in direzione opposta (questa modalità prende il nome di piggyback). Può capitare che, per via dei reinvii dovuti a ritardi nella ricezione dell'ACK, il destinatario riceva lo stesso pacchetto più volte: in questo caso le copie del pacchetto verranno scartate.

- **Definire la connessione logica (LLC):** LLC definisce e controlla il collegamento logico tra i nodi di una rete Questo sottolivello fornisce i servizi al Network Layer che nascondono i dettagli dovuti alle diverse tecnologie fisiche utilizzate.
- **Controllare il flusso:** ovvero sincronizza il dispositivo fisico più veloce portandolo alla velocità di quello più lento. In questo modo si evita che un mittente troppo veloce tenda a trasmettere pacchetti con un volume superiore a quello supportato dal ricevente evitando che quest'ultimo risulti completamente sopraffatto dal sovraccarico di lavoro (buffer overflow).
- **Accesso condiviso al canale (MAC):** Disciplina l'accesso multiplo di più nodi ad un canale di comunicazione condiviso evitando o gestendo l'occorrenza di collisioni.
- **Data Framing:** Il secondo livello forma dei pacchetti dati detti frame o trama da far viaggiare lungo la dorsale di comunicazione. Il **frame** è l'unità dati fondamentale di questo livello. Il livello DataLink incapsula il pacchetto proveniente dallo strato superiore (livello 3) in un nuovo pacchetto detto frame (o trama) al quale aggiunge un **header** (intestazione) e un **tail** (coda).

Ethernet, Token Ring, FDDI, IEEE 802.11 (WLAN), ATM, TCP/IP's Serial Link Interface Protocol (SLIP) e Point-To-Point Protocol (PPP) sono alcune tecnologie e protocolli associati al livello 2. Anche il protocollo **ARP** che permette di conoscere l'indirizzo fisico di una scheda di rete corrispondente ad un indirizzo IP, appartiene a questo livello.

LIVELLO 3: Rete

Il **livello di rete** definisce come devono funzionare delle reti interconnesse (*internetworks*). Il Network Layer fornisce al 4° livello (trasporto) una connessione end-to-end tra i due elaboratori coinvolti nello scambio dei dati. Il **livello di rete** definisce:

- **Indirizzamento logico:** Ogni nodo connesso deve essere identificato con un indirizzo logico (indipendente dall'hardware!) che deve essere unico sull'intera Internetwork.
- **La scelta del cammino migliore (routing)** o di un cammino alternativo in caso di guasto, per raggiungere il destinatario del messaggio. Gli algoritmi di Instradamento possono essere di tipo Statico (*basano le proprie scelte su informazioni memorizzate in un archivio che viene aggiornato manualmente*) o di tipo Dinamico (*utilizzano misure e stime del traffico sulla rete, in modo da instradare i dati sui percorsi che di volta in volta sembrano più promettenti*).
- **Datagram Encapsulation:** I messaggi ricevuti dal livello superiore vengono incapsulati all'interno di un'unità dati detta *datagrams* (o **pacchetto**) alla quale viene messa l'intestazione relativa al livello di rete (network layer header).
- **Error Handling and Diagnostics:** Speciali protocolli sono utilizzati a questo livello per permettere alle device connesse logicamente di scambiarsi informazioni relative allo stato dei nodi o delle device stesse.



- **Fragmentation and Reassembly:** Il livello di rete deve inviare messaggi al livello sottostante datalink (il 2°). Alcune tecnologie associate al livello data link hanno dei limiti sulla lunghezza del frame (*Maximum Transmission Unit*) che possono spedire. Se il pacchetto del livello di rete è troppo grande questo deve essere suddiviso in pezzi in modo che possa essere inserito all'interno del frame del livello inferiore. Analogamente quando riceve diversi frame relativi allo stesso messaggio il **network layer** questo deve preoccuparsi di riassemblarli. In altre parole questo livello si deve preoccupare della conversione dei dati nel passaggio fra un tipo di rete fisica ed un'altra con diverse caratteristiche fisiche (traduzione degli indirizzi di rete, nuova frammentazione dei pacchetti, ...).
- **Gestione delle connessioni:** alcuni protocolli di rete forniscono un servizio di gestione delle connessioni (**x.25, Frame Relay, Asynchronous Transfer Mode o ATM**), ovvero richiedono che venga stabilito un canale di comunicazione fisso e dedicato prima che due host possano iniziare a scambiarsi dati; altri protocolli invece trasportano semplicemente i datagrammi a destinazione (**IP, IPX**) senza connessione;

Il più importante protocollo legato al Network layer è **IP**. Anche il principale protocollo diagnostico **ICMP**, utilizzato insieme ad **IP**, appartiene a questo livello. Altro protocollo legato al livello di rete, estraneo al mondo del TCP/IP, è il protocollo della **Novell IPX**.



LIVELLO 4: Trasporto

Il **Transport Layer** provvede al trasferimento dei messaggi sulla rete procedendo in tre fasi:

1. realizzazione della connessione
2. trasferimento dei dati
3. rimozione della connessione.

Stabiliscono, mantengono e terminano la connessione (che deve essere affidabile e duratura per assicurare la corretta trasmissione dei dati e allo stesso tempo non durare più dello stretto necessario per evitare di congestionare la rete).

Il livello di trasporto è preposto alla connessione logica tra due nodi di una rete

La connessione è generalmente riservata per tutta la durata della comunicazione (**commutazione di circuito**) ma il livello può dividere il messaggio in pacchetti da inoltrare con percorsi distinti (**commutazione di pacchetto**).

LIVELLO 5: Sessione

Si occupa di instaurare, mantenere e rimuovere connessioni tra applicazioni cooperanti

Il **livello di sessione** provvede a gestire la comunicazione fra processi presenti su macchine differenti. Il dialogo fra i processi sul livello 5 avviene attraverso specifici "linguaggi".

Ad esempio le reti Microsoft utilizzano per la comunicazione i **Server Message Block** (SMB). Solo sistemi operanti con **SMB** potranno comunicare tra loro e richiedere o ricevere servizi offerti dal NOS (più alto livello).

LIVELLO 6: Presentazione

Il **Presentation Layer** ha il compito di gestire la sintassi dell'informazione lungo l'intero percorso end-to-end, convertendo i codici e i formati da un sistema operativo all'altro. A questo livello sono previste 3 diversi sintassi che si occupano:

- Della definizione formale dei dati scambiati dagli applicativi (**Sintassi astratta**)
- Di come i dati sono rappresentati sui singoli sistemi (**Sintassi concreta locale**)
- Di come i dati sono rappresentati lungo il percorso (**Sintassi concreta di trasferimento**)

Compito del 6° livello è eventualmente crittografare i messaggi per motivi di sicurezza o comprimerli per questioni di performance nella trasmissione.

LIVELLO 7: Applicazione

L'**Application Layer** si occupa di garantire l'interoperabilità di applicazioni semanticamente simili ma tecnologicamente differenti. L'**Application Layer** si occupa di fornire agli utenti l'interfaccia per accedere alle reti.

A questo livello, i protocolli interagiscono direttamente con i programmi e i software che al loro interno hanno moduli di comunicazione di rete (come ad esempio i client di posta elettronica).

Alcune delle funzioni fornite sono:

- * Trasferimento file tra nodi.
- * Gestione di messaggi (come la posta elettronica).
- * Scambio risultati tra programmi (Applicazioni Client-Server).
- * Visualizzazioni di pagine informative (web).

Fanno parte di questo livello tutte le applicazioni funzionanti in rete



APPROFONDIMENTI

APPROFONDIMENTO 1: IL MAC ADDRESS

E' un numero di 48 bit (rappresentato nella forma **aa:bb:cc:dd:ee:ff**) che serve ad identificare le interfacce di rete. E' cablato nella scheda e pertanto non è modificabile e viene impiegato per indicare l'entità a cui si vuole inviare un messaggio.

Questi numeri vengono assegnati dall' Institute of Electrical and Electronics Engineers (**IEEE**) seguendo delle regole ben precise:

Il primo bit ha un significato particolare:

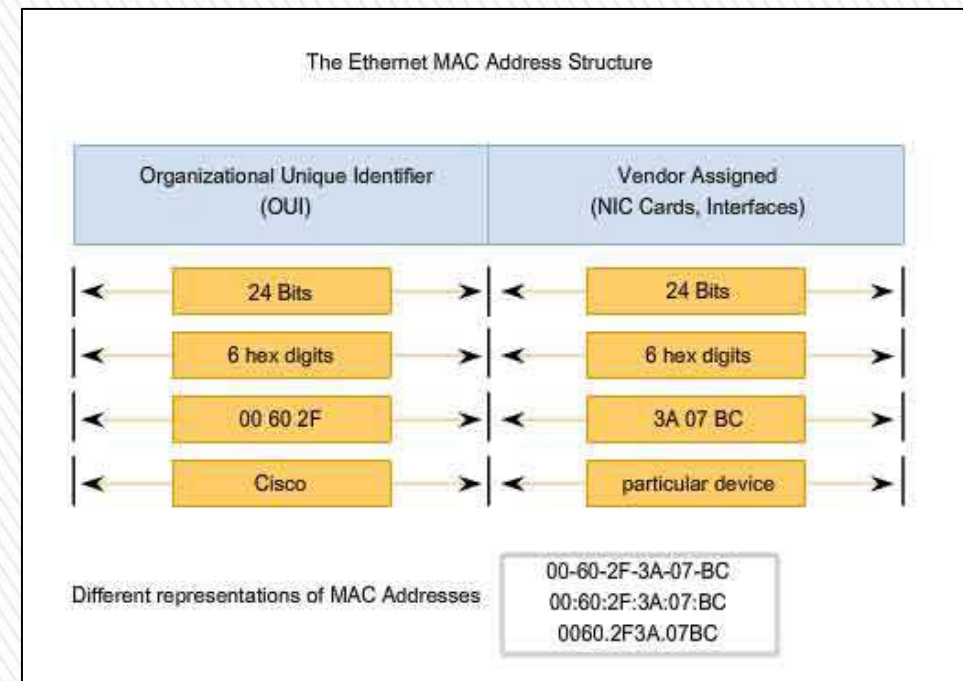
- se vale 0, la destinazione è una singola unità, altrimenti è un gruppo.

Anche il secondo bit ha un significato speciale: se vale 0, l'indirizzo ha valore globale (**universally administered**), se vale 1 ha valore locale (**locally administered**).

Gli indirizzi **locally administered** vengono assegnati ad un componente da chi amministra la rete, annullando l'indirizzo **burned-in** (assegnato dal produttore).

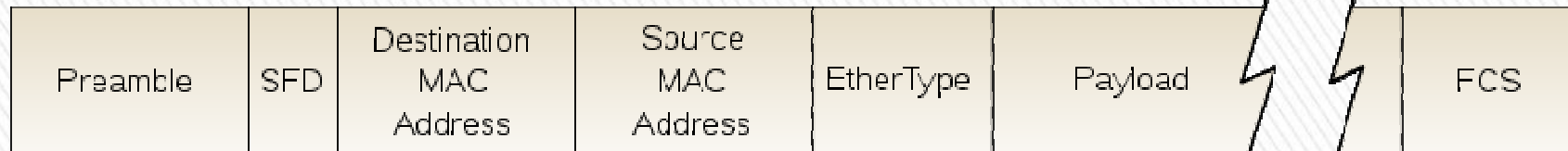
I primi 24 bit (**OUI**) del MAC Address identificano l'azienda che ha prodotto la scheda di rete. Il sito dove reperire gli **OUI** è:

<http://standards.ieee.org/develop/regauth/oui/public.html>



APPROFONDIMENTO 2: IL FRAME ETHERNET:

Ecco la struttura di un **frame Ethernet** (livello datalink nella pila ISO/OSI).



- **Preamble (preambolo)** di 7 byte: questi primi byte hanno sempre il valore **10101010** e servono a "svegliare" il ricevente e a sincronizzarsi con il mittente.

- **Start Frame Delimiter (SFD)** di 1 byte: questo byte ha valore **10101011**. I due bit finali a 1 indicano al destinatario che sta arrivando del contenuto importante;

- **Destination MAC address** (indirizzo di destinazione) di 6 byte;

- **Source MAC address** (indirizzo sorgente) di 6 byte;

- **EtherType** (campo tipo) di 2 byte: Lunghezza o tipo del frame. Esistono diversi tipi di frame. Il tipo normale serve a trasferire dati, ma in certi casi è necessario trasmettere informazioni estranee ai dati veri e propri, per segnalare qualche particolare situazione creatasi nella rete locale. Se questo campo assume un valore da 1536 in su significa che non è un frame normale. Se invece il valore è inferiore a questa soglia (al massimo 1500), questo indica esattamente il numero di byte di dati forniti dal livello superiore.

- **Payload (campo dati)**, da 46 a 1500 byte: contiene i dati reali. Se i dati superano la capacità massima, vengono suddivisi in più pacchetti, mentre se i dati non raggiungono la lunghezza minima di 46 byte, viene aggiunto del padding (riempitivo) della lunghezza opportuna;

- **Frame Check Sequence (FCS)** controllo a ridondanza ciclica (CRC o polinomiale) di 4 byte: permette di rilevare se sono presenti errori di trasmissione;

APPROFONDIMENTO 3: Algoritmo CSMA/CA

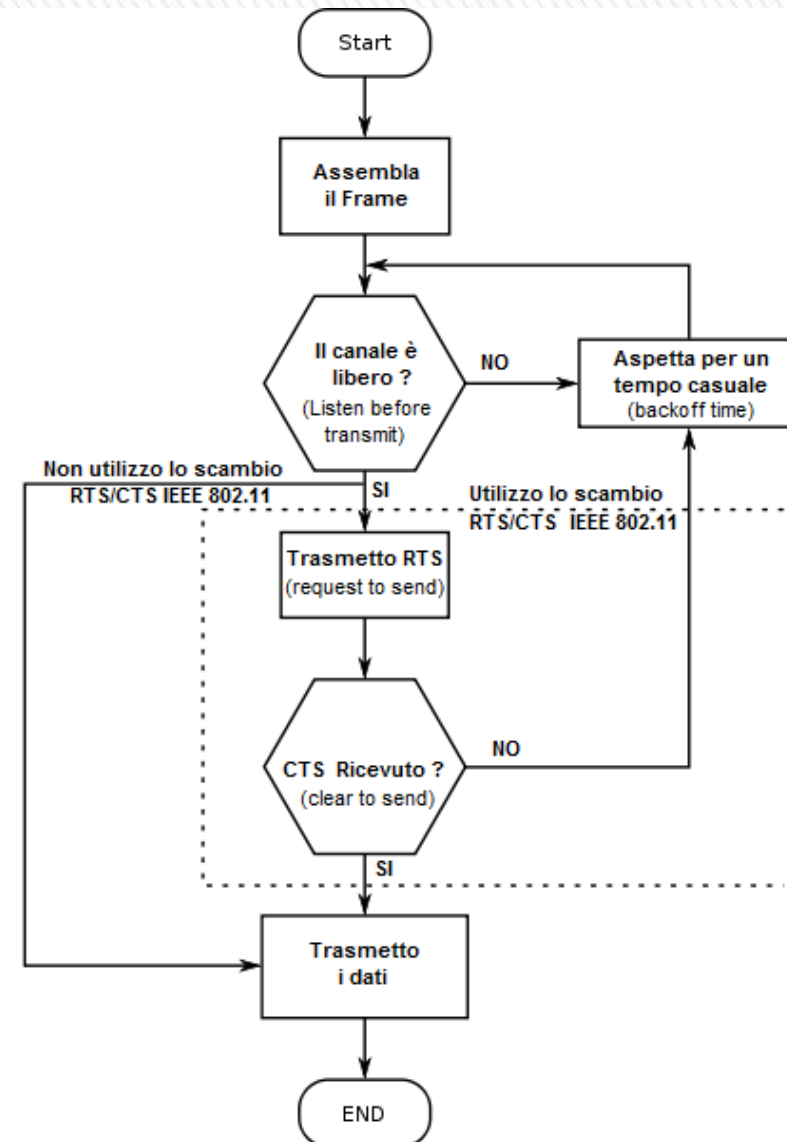
Li sistemi wireless non possono rilevare le collisioni durante la fase di trasmissione. Queste devono essere il più possibile evitate. CSMA/CA è stato progettato a tale scopo.

Vediamo come funziona:

quando una stazione vuole trasmettere ascolta il canale (*Listen-before-Transmit*).

- Se il canale risulta libero trasmette una richiesta di spedizione al destinatario (RTS) ed attende la ricezione di un ACK di conferma (CTS). In tutto questo periodo di tempo le altre stazioni, trovando il canale occupato, non potranno trasmettere, evitando così di trasmettere e produrre collisioni.

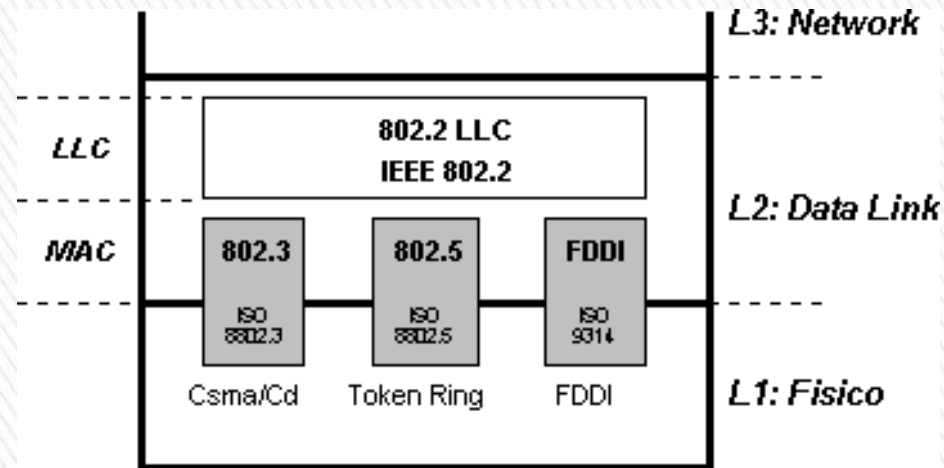
- Se il canale invece è occupato in trasmissione oppure ci sono state altre prenotazioni da parte di altre stazioni, la stazione attiva un timer di durata casuale (detto tempo di backoff). Quando il timer arriva a zero la stazione fa un altro tentativo di trasmissione.



APPROFONDIMENTO 4: Suddivisione del livello DATALINK in 2 sottolivelli

Lo standard per reti locali **IEEE 802** (relativo a reti che hanno pacchetti di lunghezza variabile) suddivide il livello DataLink in 2 parti: sottolivello **MAC** e **LLC**.

Il **livello LLC** è comune a tutti i **livelli MAC** sottostanti.



Sottolivello MAC

Lo scopo del livello MAC (**Media Access Control**) è quello di disciplinare l'accesso multiplo di più nodi ad un canale di comunicazione condiviso evitando o gestendo l'occorrenza di collisioni. A **livello MAC**, inoltre, si definisce il formato della trama

Due sono le principali tipologie di algoritmi di accesso multiplo: **casuale** e **ordinato**.

Nell'**accesso multiplo casuale** è possibile che si verifichino delle collisioni ma vengono implementati opportuni meccanismi per ridurre la probabilità di occorrenza e per ritrasmettere le trame collise.

Nell'**accesso ordinato** invece, l'evenienza di una collisione è del tutto impossibile poiché i nodi seguono un preciso ordine di accesso al canale che li rende utilizzatori esclusivi del mezzo trasmissivo.

Esistono molteplici algoritmi e protocolli standard per il controllo dell'accesso multiplo:

- **MAC IEEE 802.3** che adotta l'algoritmo **CSMA/CD**
- **MAC IEEE 802.11** (standard WLAN) si basa sull'algoritmo **CSMA/CA** (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*). Si tratta di una variante al CSMA/CD necessaria a causa della difficoltà di realizzazione di un apparato di ritrasmissione che possa contemporaneamente trasmettere ed ascoltare sullo stesso canale radio {il segnale in trasmissione disturberebbe notevolmente il segnale in ricezione - In sostanza il canale wireless è half-duplex}. Non potendo rilevare le collisioni {CD} queste dovranno essere evitate {CA}.
- **MAC IEEE 802.5**: specifiche per la *token ring*
- **MAC FDDI: FDDI**) specifiche per una particolare rete ad anello basata sull'uso delle fibre ottiche. La rete FDDI ha 2 anelli: un primario e uno di backup usato qualora quello principale abbia problemi oppure per raddoppiare la banda..

Sottolivello LLC (Logical link control) :

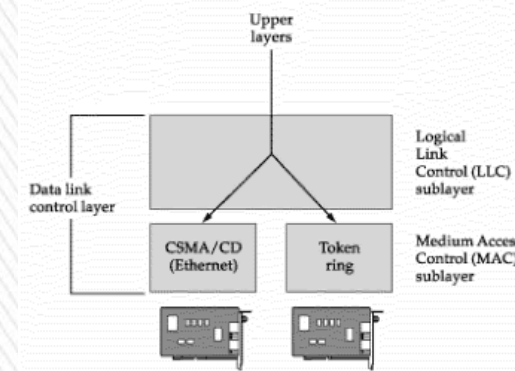
Questo sottolivello superiore fornisce i servizi:

- di controllo di flusso (sincronizza le velocità).
- rilevazione e correzione degli errori.
- invio di ACK di conferma ricezione

Il trasmittente può:

- attendere il riscontro di ciascun messaggio prima di trasmettere il successivo,
 - continuare a trasmettere fino al raggiungimento di un numero massimo di messaggi non ancora confermati dal ricevente, nei cosiddetti protocolli finestrati. Nei protocolli finestrati ciascun pacchetto trasmesso è identificato con un numero progressivo; i messaggi di conferma devono riportare il numero di sequenza del pacchetto associato.
- In alcuni casi il riscontro dei messaggi ricevuti utilizza un messaggio dedicato, in altri casi il riscontro viene inserito in campi specifici dei messaggi trasmessi in direzione opposta (piggyback) diminuendo le latenze di ritrasmissione.

Il protocollo **PPP** fa parte di questo sottolivello.

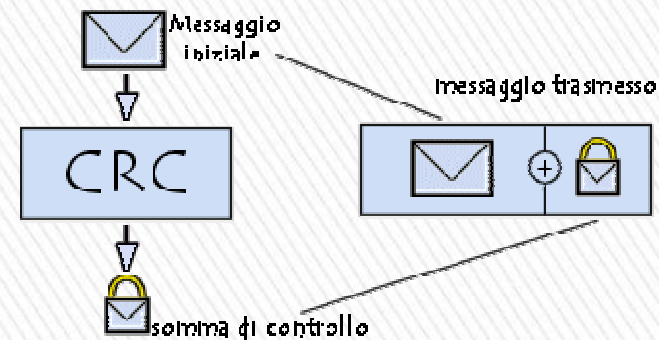


APPROFONDIMENTO 5: Controllo di ridondanza ciclico (CRC)

Il nome deriva dal fatto che i dati in uscita sono ottenuti facendo scorrere ciclicamente i dati di ingresso all'interno di una rete logica.

Utile per l'individuazione di errori casuali nella trasmissione dati (a causa di interferenze, rumore di linea, distorsione), il CRC non è invece affidabile per verificare la completa correttezza dei dati contro tentativi intenzionali di manomissione

Ad ogni frame è associato un blocco di dati, detto **codice di controllo** (detto generalmente CRC). Questo codice contiene degli elementi ridondanti rispetto al frame, che permettono di rilevare gli errori, ed in alcuni casi di ripararli.



1) Il calcolo del CRC inizia con la generazione di un polinomio $B(X)$ di grado pari al numero di bit del messaggio X associato. Supponiamo che il messaggio X sia rappresentato dalla sequenza binaria 0110101001 . La forma polinomiale associata è la seguente :

$B(X) \Rightarrow 0 \cdot X^9 + 1 \cdot X^8 + 1 \cdot X^7 + 0 \cdot X^6 + 1 \cdot X^5 + 0 \cdot X^4 + 1 \cdot X^3 + 0 \cdot X^2 + 0 \cdot X^1 + 1 \cdot X^0$ sia

$B(X) \Rightarrow X^8 + X^7 + X^5 + X^3 + X^0$ o ancora

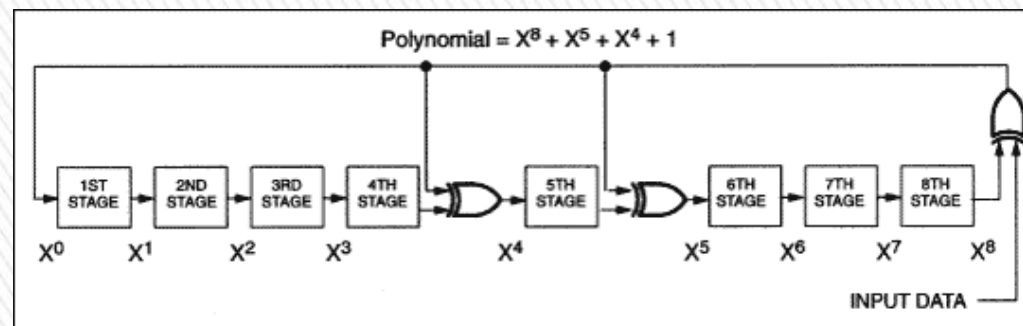
$B(X) \Rightarrow X^8 + X^7 + X^5 + X^3 + 1$

2) Al CRC è associato un polinomio generatore $G(x)$ di grado g . Generiamo il polinomio $P(X) = B(X) \cdot X^g$. Questa moltiplicazione equivale a "traslare" a sinistra il polinomio $B(X)$ di g posizioni

3) Si esegue ora la divisione $P(X)/G(X)$ ottenendo un quoziente $Q(X)$ e un resto $R(X)$. Tale divisione viene svolta con una lunga divisione in aritmetica modulo 2. Il messaggio $M(X)$ inviato lungo il canale è formato dall'unione del messaggio $P(X)$ meno il resto della divisione $R(X)$ ovvero $M(X)=P(X)-R(X) \rightarrow B(X)*X^g +R(X)$

4) $R(X)$ è il resto di una divisione per $G(X)$ per cui ha un grado strettamente inferiore a quello di $G(X)$; Ricordando inoltre che $P(X) = B(X)*X^g$ è ottenuto prendendo polinomio associato $B(X)$ e traslandolo di g (grado del polinomio $G(X)$) posizioni, si ottiene che i polinomi $P(X)$ e $R(X)$ quando vengono sommati non si sovrappongono per cui il polinomio $B(X)$ associato al messaggio viene inviato "inalterato".

5) Se $P(X)=Q(X)*G(X)+R(X) \rightarrow M(X)= Q(X)*G(X)+R(X) - R(X) \rightarrow Q(X)*G(X)$ per cui $M(X)$ è divisibile per il polinomio generatore $G(X)$ con resto nullo. La rilevazione degli errori usa questa proprietà: infatti se il ricevitore divide quello che ha ricevuto per il polinomio generatore dovrà ottenere un resto nullo altrimenti il messaggio è stato alterato durante la trasmissione. La presenza di errori multipli potrebbe produrre comunque una divisione senza resto in un messaggio errato. La probabilità che questo accada dipende dal polinomio e dal suo grado e statisticamente si dimostra che questo accade molto raramente.



APPROFONDIMENTO 6: Confronto livelli ISO/OSI dispositivi e protocolli

Vediamo in questo schema la posizione dei singoli protocolli o dispositivi rispetto allo schema di riferimento ISO/OSI

| Livello ISO/OSI | Nome | TCP/IP | NetBIOS su TCP/IP | NETBEUI | ALTRI ESEMPI | ALTRI ESEMPI | |
|-----------------|--------------|---|-------------------|--------------------|---|--------------------------------|--------------------|
| 7 | Application | TELNET, FTP, HTTP, SMTP, ... | SMB | SMB | JPEG, ASCII, TIFF, PICT, encryption, MIDI, MPEG, ... | Network Application | G |
| 6 | Presentation | | NetBIOS | NetBEUI | | RPC, Appletalk ASP, DECnet SCP | |
| 5 | Session | | | | TCP, UDP | | NetBEUI |
| 4 | Transport | RIP, BGP, IGMP, OSPF IP, ICMP, IPSEC ARP e RARP | NetBEUI | IPX, Appletalk DDP | | Routers | |
| 3 | Network | | | | IEEE 802.3, IEEE 802.5, PPP, SLIP, FDDI, ATM, Frame Relay | NetBEUI | IPX, Appletalk DDP |
| 2 | Data Link | Ethernet, RJ45, 802.3, 802.5 | NetBEUI | IPX, Appletalk DDP | | | |
| 1 | Physical | | | | | | |