

# 1 Lezione del 22-10-25

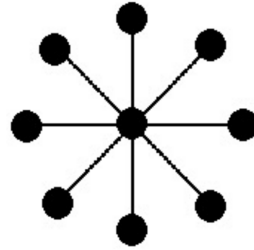
## 1.1 LAN

Le reti **LAN** (*Local Area Network*) sono reti ad accesso *locale*, quindi di estensione più o meno limitata ma comunque nell'ordine di abitazioni, edifici o al limite insiemi di edifici. La velocità in bitrate si aggira fra le centinaia di Mbps e le decine di Gbps.

Sono reti che sfruttano mezzi di tipo *broadcast*, e quindi richiedono sia un protocollo MAC per l'*accesso al mezzo*, che un meccanismo di **indirizzamento MAC**.

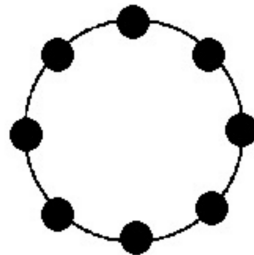
Il mezzo trasmissivo condiviso può assumere diverse topologie, cioè vi possono essere diverse *topologie di rete*. Ad esempio, possiamo nominare:

- Topologia a **stella**, dove un nodo centrale detto *hub* connette più nodi periferici:

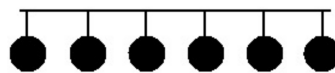


Viene detta anche *bus in the box*, in quanto l'hub rappresenta effettivamente una sorta di "bus" avvolto su sé stesso. Dal punto di vista elettronico l'hub non sarà altro che un amplificatore operazionale che amplifica il segnale e lo inoltra agli altri nodi;

- Topologia a **ring**, dove ogni nodo è collegato a 2 nodi adiacenti in una struttura circolare:



- Topologia a **bus**, dove tutti i nodi condividono un'unica linea di comunicazione condivisa:



Gli hub, dal punto di vista elettronico, dovranno essere "*smorzati*" con una resistenza che ne ancori il valore quando questi non portano segnale. Questa viene detta *terminatore*.

### 1.1.1 Indirizzamento MAC

Gli indirizzi **MAC** (detti anche indirizzi *fisici*, *LAN* o *Ethernet*) vengono usati per inviare frame fra interfacce localmente e fisicamente connesse fra di loro (cioè stanti su rete LAN). L'indirizzo MAC è su 48 bit, solitamente incluso nel firmware della NIC, a volte configurabile da software. I primi 24 bit dei codici MAC sono solitamente assegnati (dalla IEEE) all'azienda produttrice della NIC. Le aziende acquistano infatti porzioni dello spazio di indirizzamento MAC, per garantire l'univocità. I bit successivi sono quindi univoci per i singoli prodotti (magari hanno bit superiori dedicati a codificare categorie di prodotti, ecc...).

Ai MAC associamo chiaramente gli indirizzi **IP** su 32 bit che abbiamo già visto più volte. Ricordiamo che questi vengono usati a livello 3, cioè livello network, per effettuare il cosiddetto *packet forwarding*. Noi adesso stiamo discutendo il livello 1, cioè livello link.

Una buona analogia per il rapporto fra MAC e IP è questa:

- L'indirizzo **MAC** è il *codice fiscale*;
- L'indirizzo **IP** è l'*indirizzo di casa*.

Chiaramente, il MAC è unico per tutti, mentre l'IP può cambiare. Può essere che lo stesso dispositivo apparga, con lo stesso MAC, a più indirizzi IP nel tempo.

## 1.2 Ethernet

**Ethernet** è una famiglia di tecnologie, dominanti nell'ambito delle reti locali (LAN) cablate.

### 1.2.1 Old fashioned Ethernet

Ethernet è stata la prima tecnologia LAN ampiamente usata. Semplice ed economica, nelle sue prime versioni (*old fashioned Ethernet*) sfruttava come mezzo un cavo coassiale usato come bus da più dispositivi. I dispositivi si allacciavano al bus attraverso i cosiddetti *tap* (spesso perforazioni dirette del cavo coassiale), e il bus veniva terminato con una resistenza da 50 Ohm. La velocità di trasmissione era di 10 Mbps.

### 1.2.2 Ethernet oggi

Oggi Ethernet non sfrutta più bus su cavi coassiali, ma dispositivi di hub (detti *switch*). La differenza precisa fra hub e switch verrà discussa in seguito.

I nodi si collegano all'hub attraverso il classico doppino telefonico (per Ethernet con connettore RJ48).

Ethernet è un protocollo di tipo:

- **Senza connessione:** non c'è nessuna forma di *handshaking* fra le NIC trasmettitore e ricevitore;
- **Inaffidabile:** le NIC ricevitore non trasmettono ACK o NAK alle NIC trasmettitore. I dati nei frame persi vengono recuperati solo se il mittente usa un protocollo di trasferimento dati affidabile (ad esempio TCP);
- Il protocollo **MAC** di Ethernet è *CSMA/CD unslotted* con *backoff binario*.

### 1.2.3 Frame Ethernet

Un **frame Ethernet** incapsula un datagramma IP (o un qualche altro pacchetto di protocollo network) in una struttura del tipo:

1	8 byte	6 byte	6 byte	6 byte	variabile	4 byte
2	<preamble>	<dest>	<src>	<type>	<data>	<crc>

- **preamble** viene usato per avere sincronia fra ricevitore e trasmettitore: consiste in 7 byte di 10101010 seguiti da un byte di 10101011.

Può essere utile una breve discussione di come si trasmettono le sequenze di bit su Ethernet: anziché trasmettere i bit come 1 o 0 fisici, si trasmettono come transizioni da 1 a 0 e viceversa. Ciò si ottiene facilmente modulando i dati in XOR con il clock del trasmettitore.

Questo permette al ricevitore di rilevare transizioni anziché valori statici, e permette quindi nella fase (piuttosto lunga) di trasmissione del preambolo, la sincronizzazione dei clock.

- Gli indirizzi *dest* e *src* (rispettivamente *destinazione* e *sorgente*) sono su 6 byte, e sono di tipo MAC. Quando l'adattatore Ethernet riceve un frame con indirizzo MAC che combacia col suo (oppure un indirizzo broadcast, ad esempio per un pacchetto *ARP*, che vedremo fra poco), inoltra i dati incapsulati nel frame (campo *data*) al livello network. In caso contrario ignora il frame;
- *data* è il campo dati, cioè trasporta il *payload* (il datagramma IP o simile). Ha dimensione variabile dai 48 ai 1500 byte.
  - La dimensione massima  $L_{\max} = 1500$  bit è fissata per evitare la degradazione del segnale. Ethernet prevedeva infatti una distanza massima di 500m di cavo (200m per cavi più sottili), e l'introduzione di **repeater** (*ripetitori*) per raggiungere distanze maggiori (fino a 4 in cascata, per un totale di 2.5 Km di copertura).
  - La dimensione minima  $L_{\min} = 42$  bit è legata al rilevamento di collisioni su vecchio Ethernet coassiale.

Se poniamo come  $\tau$  il tempo di propagazione da host a ripetitore, o da ripetitore a ripetitore, abbiamo che su una linea di distanza massima (4 ripetitori) il tempo di rilevamento di collisione è:

$$t_{\text{coll}} = 2\tau + \Delta r = \frac{2l_{\max}}{v} + \Delta r \leq \frac{L_{\min}}{R}$$

dove  $l_{\max} = 500$  m è la distanza del link, e  $v$  la velocità di propagazione sul mezzo (per il rame circa 200.000 Km al secondo).  $\Delta r$  è invece un ritardo dovuto al repeater attraversato.  $L_{\min}$  sarà quindi la lunghezza minima del frame in modo che le collisioni possano essere rilevate in tempo utile (prima della completa trasmissione del frame). Abbiamo già messo a disuguaglianza il tempo di trasmissione  $L_{\min}/R$ , quindi ricaviamoci  $L_{\min}$ :

$$L_{\min} \geq \left( \frac{2l_{\max}}{v} + \Delta r \right) R$$

Il valore di 48 byte si ricava esattamente in questo modo. (Notiamo che finora si è considerato  $L_{\max}$  e  $L_{\min}$  come lunghezza del payload, in verità si tiene chiaramente conto dell'overhead dato dai campi di controllo).

- *type* indica il protocollo di livello network (solitamente IP);
- *crc* è un campo di ridondanza che permette il rilevamento di errori al ricevitore. I frame corrotti vengono persi.

Chiaramente, la privacy dei frame non è assicurata: ci potremmo fidare che tutte le interfacce NIC ignorano i frame che non le spettano, ma è possibile configurarle nella cosiddetta **modalità promiscua** per costringerle a rilevare tutti i frame, qualsiasi sia il destinatario.

L'**indirizzo di broadcast** è un indirizzo particolare a cui tutti i nodi rispondono (cioè da cui tutti i nodi ricevono frame), e viene usato, appunto, per fare *broadcast* di frame destinati alla totalità dei dispositivi in rete.

### 1.2.4 CSMA/CD su Ethernet

Vediamo come Ethernet implementa il protocollo CSMA/CD per permettere la condivisione del mezzo (MAC).

1. Quando la NIC riceve dati dal livello network, crea un frame;
2. Se la NIC rileva il mezzo fermo per 96 unità di tempo bit (con bitrate di 10 Mbps, 9.6 ms), e quindi trasmette;
3. Se la NIC riesce a trasmettere l'intero frame senza collisioni, il suo lavoro è finito;
4. Se la NIC rileva una collisione, abortisce ed invia un segnale di jam da 48 bit;
5. Dopo aver abortito, la NIC entra in *backoff esponenziale* come già visto in 13.1.7: quindi sceglie un  $K$  casuale fra  $0, 1, 2, \dots, 2^m - 1$  alla  $m$ -esima iterazione, aspetta  $K \cdot 512$  tempi bit, e torna al passo 2. Dopo 17 tentativi il frame è perso.

### 1.2.5 Livelli datalink e physical in Ethernet

Ethernet è definito da una vasta gamma di *standard* (100BASE-TX, 100BASE-T2, 100BASE-FX, 100BASE-T4, 100BASE-SX, 100BASE-BX), che hanno in comune il protocollo MAC e il formato dei frame. Le velocità invece differiscono ampiamente: 2, 10, 100 Mbps, oppure 1, 10, 40 Gbps.

Questi standard definiscono informazioni utili al livello **datalink** (o semplicemente *link*) e **physical**. Abbiamo infatti già introdotto come il vecchio Ethernet sfruttava, al livello fisico, bus su cavi coassiali, mentre oggi sfrutta collegamenti punto-punto (via doppino telefonico) dai nostri dispositivi ad un unico switch Ethernet centralizzato.