

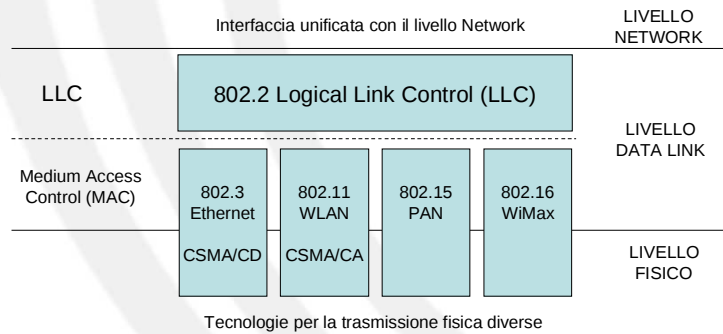
Ethernet e la famiglia di protocolli IEEE 802.

Davide Quaglia

Local Area Network (LAN)

- Apparecchiature indipendenti
- Canale ad alta capacita' ma condiviso da piu' stazioni
- Basso tasso di errore nel caso di reti cablate

Famiglia IEEE 802.X



Famiglia IEEE 802.X

- 802.1 bridge tra MAC diversi
- 802.3 Ethernet (10 Mb/s)
 - 802.3u Fast Ethernet (100 Mb/s)
 - 802.3z Gigabit Ethernet (1 Gb/s)
 - 802.3ae 10 Gigabit Ethernet (10 Gb/s)
- 802.10 Sicurezza nelle LAN

Medium Access Control (MAC)

- Indirizzamento delle stazioni
 - Unicast
 - Multicast
 - Broadcast
- Accesso e condivisione del canale

Indirizzi MAC

- 6 byte
- 3 byte assegnati dall'IEEE (Organization Unique Identifier - OUI)
 - Al costruttore della scheda
 - All'ente di standardizzazione di un certo protocollo
- 3 byte assegnati in modo progressivo dal costruttore alle sue schede

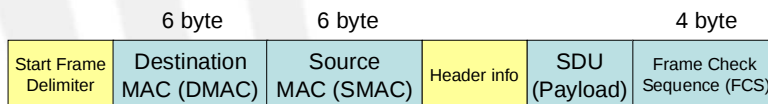
Primo byte dell'OUI

- Bit in posizione 0 (bit meno significativo)
 - “0” → indirizzo individuale (unicast)
 - “1” → indirizzo multicast/broadcast
- Bit in posizione 1
 - “0” → indirizzo assegnato ufficialmente
 - “1” → indirizzo deciso localmente

Indirizzi MAC multicast

- Il primo byte deve essere un numero dispari (bit meno significativo a “1”)
- Individuano un sotto-insieme delle stazioni presenti sulla rete
- Caso particolare: tutte le stazioni
 - 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF 0xFF

Formato della MAC PDU (frame)



- I campi gialli dipendono dallo specifico protocollo
- La lunghezza max e min di un frame dipendono dallo specifico protocollo
- FCS è un codice per la rilevazione di errore (CRC)
- I frame sono delimitati da
 - Start Frame Delimiter
 - Spazio minimo tra frame (Inter Frame Gap)

Ricezione di un frame

- Ogni scheda di rete ha
 - Un proprio indirizzo MAC assegnato dal costruttore (MAC_{HW})
 - Un registro per ospitare un indirizzo MAC assegnato opzionalmente dal software di rete (MAC_{SW})
 - Una lista (eventualmente vuota) di indirizzi MAC multicast di interesse compilata dal SW di rete (MAC_{mcast})

Ricezione di un frame (2)

- Più stazioni hanno accesso allo stesso mezzo fisico (mezzo condiviso)
- Una stazione passa un frame al sistema operativo (interrupt HW) se
 - $(DMAC == MAC_{HW}) \vee (DMAC == MAC_{SW}) \vee (DMAC \text{ in } MAC_{mcast})$
 - Lunghezza frame $\geq$ lunghezza minima
 - Frame Check Sequence corretta

CSMA/CD

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
- Carrier Sense = prima di trasmettere ascolto se il canale è libero
- Multiple Access = più stazioni, credendo libero il canale, possono iniziare la trasmissione
- Collision Detection = durante la trasmissione verifico se quanto passa sul canale è dovuto solo alla mia trasmissione
 - I bit ricevuti sono diversi da quelli trasmessi

Collisione

- Le staz. trasmittenti sospendono l'invio del frame e trasmettono una *sequenza di jamming* (32-48 bit)
 - Si genera un *frammento di collisione*
- Le stazioni riceventi scartano il frame ricevuto perché minore della lungh. minima oppure perché fallisce il controllo del CRC
- Le stazioni che hanno interrotto la trasmissione ritentano dopo un tempo casuale (alg. di backoff)

Algoritmo di Back-off

- Truncated binary exponential back-off
- All' n -esimo tentativo di trasmissione il tempo di attesa è scelto casualmente nell'intervallo $[0, 2^k) \cdot \text{slot_time}$ con $k = \min(n, 10)$
- Esempi:
 - $n=1 \rightarrow [0, 1] \cdot \text{slot_time}$
 - $n=2 \rightarrow [0, 3] \cdot \text{slot_time}$
 - ...
 - $n=16 \rightarrow [0, 1023] \cdot \text{slot_time}$
- Dopo 16 volte l'interfaccia di rete manda un messaggio di errore al sistema operativo

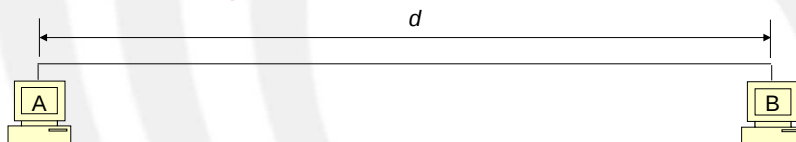
Esercizi

- Data una velocità dell'interfaccia di B bit/s e una velocità di propagazione sul mezzo fisico di V m/s
- Tempo di bit

$$T_{bit} = \frac{1}{B}$$
- Lunghezza del bit

$$L_{bit} = \frac{V}{B}$$
- $V=300 \cdot 10^6$ m/s per onde radio e $200 \cdot 10^6$ m/s per doppino in rame e fibra ottica.

Segmento di collisione



- A inizia a trasmettere perché trova il canale vuoto
- I bit del frame di A raggiungono B dopo d/V sec.
- B inizia a trasmettere 1 bit prima dell'arrivo del frame di A
 - Trasmette 1 bit e poi la sequenza di jamming
- La seq. di jamming arriva ad A dopo d/V sec.
- Affinché A si accorga della collisione deve essere ancora in fase trasmissiva cioè il tempo di trasmissione del frame più corto deve essere maggiore o uguale a $2d/V$ sec. detto *round trip delay*

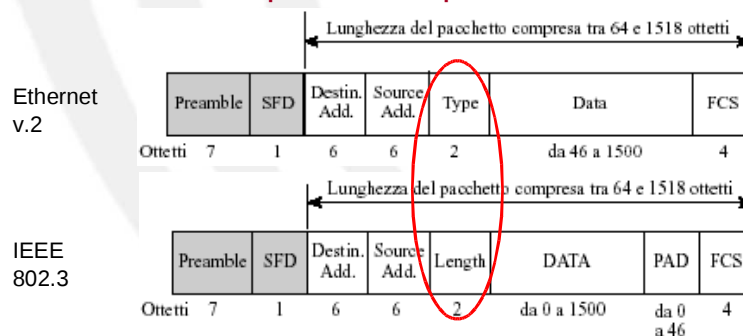
Segmento di collisione (2)

- In CSMA/CD il max valore di d e la min lunghezza di un frame L sono legati

$$\frac{L_{\min}}{B} \geq \frac{2d_{\max}}{V}$$

Ethernet/IEEE 802.3

- Ethernet v.2 → IEEE 802.3
 - differiscono per un campo del frame

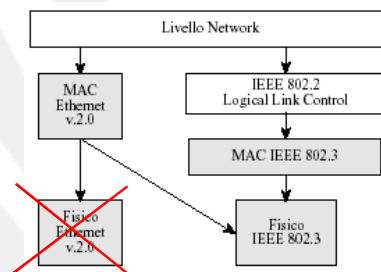


Ethernet/IEEE 802.3

- Preambolo: seq. di 7 byte per sincronizzare il clock del ricevitore
- Start Frame Delimiter (SFD): indica l'inizio del frame
- Type: codice del protocollo contenuto nel payload
- Length: lunghezza in byte della parte utile del payload
- PAD: byte di padding nel caso che con i soli dati non si riesca a raggiungere la dim min di 64 byte

Ethernet/IEEE 802.3

- Oggi il formato MAC Ethernet v.2 si usa ancora come alternativa a 802.3+LLC però si usa il livello fisico 802.3 perché il livello fisico Ethernet v.2 è ormai obsoleto.



Ethernet/IEEE 802.3

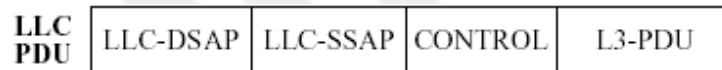
- Come si fa a distinguere un frame Ethernet v.2 da un frame 802.3 ?
- I codici contenuti nel campo Type hanno tutti valori maggiori di 1500
 - Ad es. IP ha codice 0x0800 (2048)
- Il campo Length puo' contenere al max il valore 1500

Parametri di Ethernet/802.3

- Slot time: 512 bit
- Inter Packet Gap: 96 bit
- N max tentativi di trasmissione: 16
- Limite di back-off: 10
- Seq. jamming: 32-48 bit
- Frame length:
 - Max: 1518 byte
 - Min: 64 byte
- Velocita' dell'interfaccia: 10 Mb/s

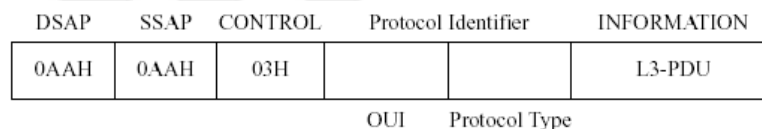
Sottolivello LLC

- Deriva da HDLC ma non necessita di sincronizzazione ne' di delimitazione di frame (e quindi neanche di bit-stuffing)
- In DSAP/SSAP sono contenuti i codici dei protocolli di liv. 3 di arrivo/partenza
 - Si possono usare solo i protocolli dell'ISO

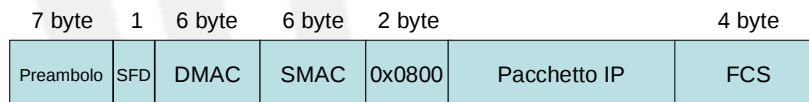


Sub Network Access Protocol (SNAP)

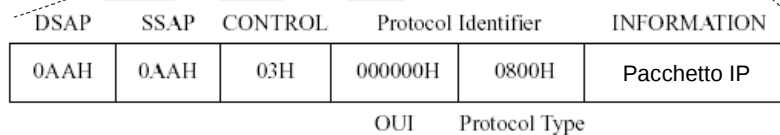
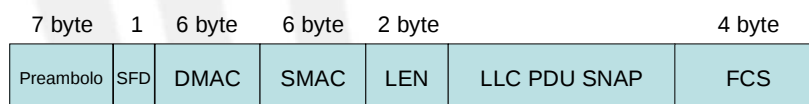
- Per imbustare in LLC protocolli di liv. 3 non ISO (ad es. IP) occorre ricorrere alla PDU di tipo LLC-SNAP



IP su Ethernet v. 2

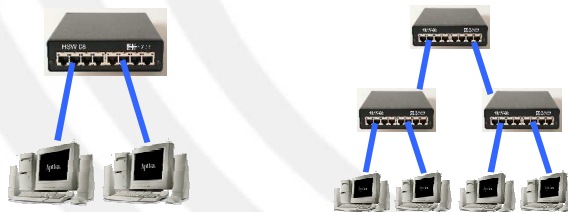


IP su 802.3/LLC



Ethernet/802.3 punto-punto

- 10baseT → doppino
 - 2 coppie: una per trasmettere e una per ricevere
- 10base F → fibra ottica
 - 2 fibre: una per trasmettere e una per ricevere
- Topologie a stella e ad albero con intermediate system (hub e switch)

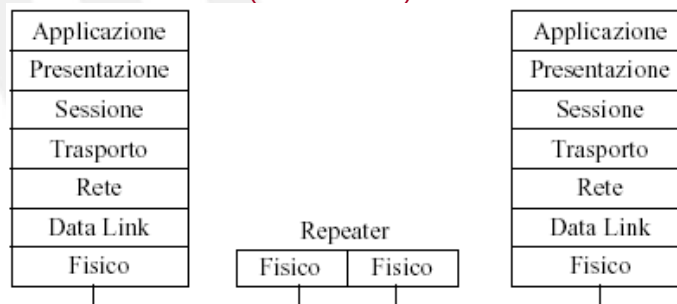


Multi-port repeater (hub)

- Propaga su tutte le porte i frame e i frammenti di collisione ricevuti su una porta
- Ricostruisce i bit
 - A causa di introduzione di ritardo può avvicinare i frame tra loro
- Gli hub e tutte le stazioni ad essi collegate formano un unico *dominio di collisione*
 - Capacità condivisa tra tutte le stazioni (Ethernet condiviso)
 - Trasmissione half-duplex cioè non si può contemporaneamente trasmettere e ricevere perché occorre rilevare le collisioni

Multi-port repeater (2)

- L'hub può collegare reti con lo stesso MAC 802 ma livello fisico diverso
 - Stessa velocità di interfaccia
 - Diverso mezzo fisico (es. UTP/fibra)



Norme di installazione

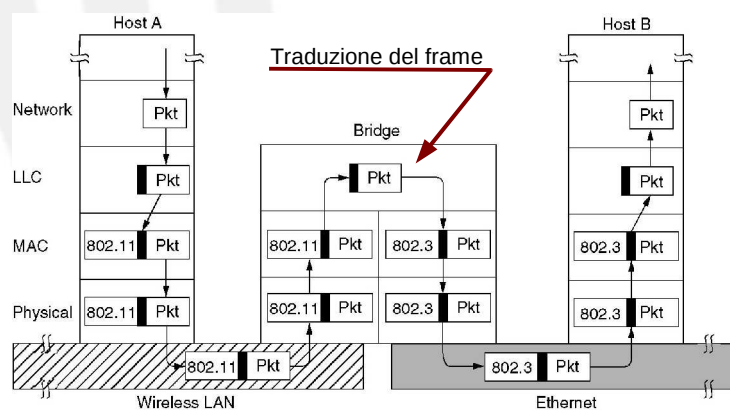
- Segmento = cavo hub-stazione o hub-hub
- Lunghezza max segmento
 - 100 m per UTP
 - 2000 m per fibra
- Dominio di collisione per Ethernet condiviso a 10 Mb/s
 - Tra 2 stazioni del dominio di collisione non ci devono essere più di 4 segmenti e 3 hub a causa del loro contributo al round trip time



Switch/Bridge

- Commutazione tra porte
- Accodamento in memoria dei frame (store&forward)
- Eliminazione frame errati e frammenti di collisione
- **Selective flooding** se non si conosce l'associazione MAC/porta
- Algoritmo di **backward learning**
- Selective flooding dei frame multicast e broadcast
- Spezzano il dominio di collisione ma non di mcast/bcast
- Possono collegare reti 802 diverse
 - 802.3 e 802.11
 - 802.3 a 10 Mb/s e 802.3 a 100 Mb/s (velocità diverse !)

Switch/Bridge (2)



Switch/Bridge (3)

- Maggiore sicurezza sebbene debole
 - Flooding iniziale
 - Possibile attacco che sporca la tabella MAC/porta (poisoning)

Switch/Bridge (4)

- Gli switch non propagano collisioni
 - Ogni stazione dispone di tutta la velocità dell'interfaccia
- In 802.3 tra stazione e switch (oppure tra switch) non serve più CSMA/CD (Ethernet dedicato)
 - Lunghezza cavi dipendente solo dalla attenuazione
 - Trasmissione e ricezione contemporanea (full-duplex) con aumento dei frame scambiati

Selective flooding

- I frame che arrivano da una certa porta vengono trasmessi su tutte le altre
- Infatti non ha senso trasmetterlo anche sulla porta dalla quale proviene

Backward learning

- Lo switch impara quali indirizzi MAC hanno le stazioni attaccate su una certa porta guardando il campo source MAC dei frame che arrivano su quella porta
 - L'associazione MAC/porta è multi-a-uno perché a quella porta può essere attaccato un intero sotto-albero della rete
- Le associazioni imparate si aggiornano dinamicamente nel tempo
- Nessun intervento umano è richiesto

Standard 802.1D

- Standardizza le funzionalità degli switch /bridge
- Traduzione MAC (802.3-802.11-802.16)
- Supporto a topologie magliate
 - Collegamenti ridondanti per sopperire ad eventuali cadute di link
 - Problema: duplicazione frame
 - Soluzione: spanning tree

Spanning tree

- Algoritmo distribuito su tutti gli switch/bridge
- Scambio periodico di frame multicast (bridge PDU) sullo stato dei propri link
- Copertura del grafo ciclico mediante un albero
 - disattivazione dei link ridondanti
- Riattivazione di link in caso di guasti
 - Notifica esplicita
 - Bridge PDU periodiche

Spanning tree (2)

- Ogni switch, porta, link ha un peso assegnato dal gestore della rete
- Ogni porta ha uno stato (blocked, listening, learning, forwarding)
- Bridge PDU
 - MAC mcast 0x01-0x80-0xC2-0x00-0x00-0x00
 - LLC SAP = 0x42

IEEE 802.3u (Fast Ethernet)

- Velocità dell'interfaccia: 100 Mb/s
- Tutti gli altri parametri come in 802.3
- Mezzi fisici supportati
 - 100baseT4: 4 coppie UTP cat. 3
 - 100baseTX: 2 coppie UTP cat. 5
 - 100baseFX: fibra ottica
- Interoperabilità con interfacce 802.3 mediante *interfacce auto-sensing* e *N-way auto-negotiation*

Norme di installazione 802.3u

- Lunghezza segmento
 - 100 m per UTP
 - 2000 m per fibra
- Dominio di collisione per Ethernet Condiviso a 100 Mb/s
 - Tutte le considerazioni fatte per 802.3 rimangono valide ma il dominio di collisione è ridotto di un fattore 10
 - Tra 2 stazioni del dominio di collisione non ci devono essere più di 2 segmenti e 1 hub a causa del loro contributo al round trip time
- Nessun limite in caso di uso di switch

IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet)

- Velocità dell'interfaccia: 1000 Mb/s
- Tutti gli altri parametri come in 802.3 e 802.3u
- Mezzi fisici supportati
 - 1000baseT: 4 coppie UTP cat. 5 (max 100 m)
 - 1000baseSX: fibra multimodale (max 550 m)
 - 1000baseLX: fibra multimod./monomod. (max 5000 m)

Norme di installazione 802.3z

- Ethernet Condiviso a 1 Gb/s
 - Tutte le considerazioni fatte per 802.3 rimangono valide ma il dominio di collisione è ridotto di un fattore 100
 - Tra 2 stazioni del dominio di collisione non ci devono essere più di 2 segmenti e 1 hub
 - Dim. min del blocco di dati trasmesso da una stazione: 512 byte
 - Una staz./hub può incollare tra loro più frame (Frame bursting)
 - Padding all'esterno del frame (carrier extension)

IEEE 802.3ae (10 Gigabit Ethernet)

- Standard del 2002
- Velocità interfaccia 10 Gb/s
- Solo modalità dedicata (commutata)
 - Full-duplex
- Solo fibra ottica (anche più comunicazioni per fibra con WDM)
- Livello fisico compatibile con SDH/Sonet per l'utilizzo su reti geografiche progettate per la telefonia