



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Local Area Network e Accesso multiplo

# LAN: Local Area Networks



Infrastruttura di telecomunicazioni che consente ad apparati **indipendenti** (stazioni) di comunicare in un' area **limitata** attraverso **un canale fisico condiviso** ad **elevata bit rate** con **bassi tassi di errore**

- **INDIPENDENTI**: assenza di architetture master-slaves
- **LIMITATA**: un' area di dimensioni moderate è spesso privata, non soggetta a regulations
- **CANALE FISICO CONDIVISO**: potrebbe essere un unico mezzo fisico condiviso
- **ELEVATA BIT RATE**: uso esclusivo dell' intera banda anche se per brevi intervalli
- **BASSI TASSI DI ERRORE**: a causa delle piccole distanze si dispone di molta potenza

# Scelte per le LAN

- Le LAN sono *reti di calcolatori* e devono essere implementate scegliendo *protocolli per tutti gli strati dell'OSI*
- Le **dimensioni limitate** rendono convenienti soluzioni particolari per gli **strati 1 e 2**
  - di questo si occupano gli standard per le LAN
- Occorre scegliere
  - Il mezzo trasmissivo
  - La topologia
  - Un eventuale protocollo di accesso

# Mezzo trasmissivo

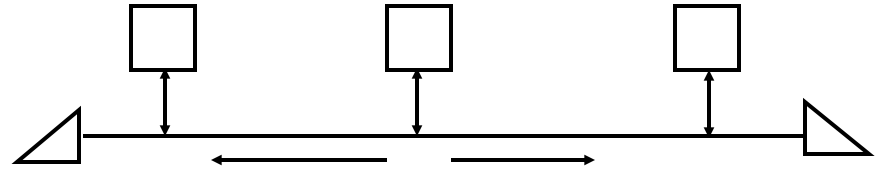
- Nelle reti geografiche (WAN) e nella rete di accesso la fibra ottica sta progressivamente sostituendo il rame
  - Abbiamo già discusso gli elementi fondamentali
    - Maggiore banda e distanza
    - Minore costo
    - Connettorizzazione più complessa e costosa
- Nelle LAN
  - Per le dimensioni limitate il costo del mezzo incide meno rispetto al costo dei connettori per le stazioni
    - La penetrazione delle fibre ottiche è più lenta
    - Per gli ultimi metri al momento sopravvive la soluzione basata su UTP
- Il mezzo radio, per motivi di affidabilità e di costi non è stato usato fino alla fine degli anni '90
  - Oggi ha una rilevanza grazie alla grande diffusione commerciale del Wi-Fi

# Reti cablate: topologie

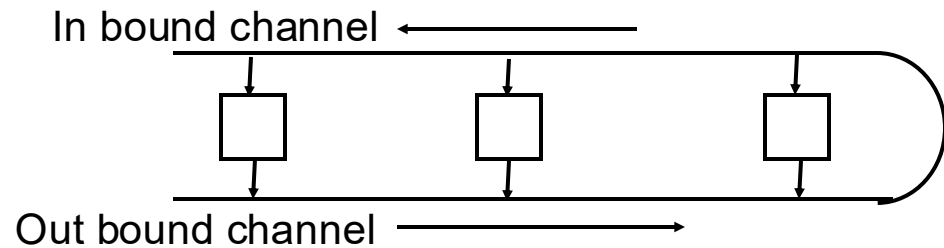
- Topologie tradizionalmente preferita nelle WAN
  - A stella
  - A maglia più o meno completa
  - Architettura gerarchica
- Topologie punto-multipunto
  - Non adatte per le WAN
    - Nelle WAN è importante avere i collegamenti più lunghi possibile
    - Le prese intermedie sottraggono potenza e aggiungono disturbi imponendo collegamenti più corti
  - Sono state preferite nelle prime proposte di LAN
    - Se i terminali sono pochi non servono nodi di commutazione

# Topologie punto-multipunto

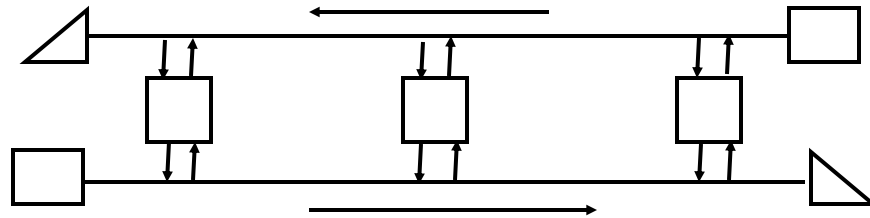
- Bus  
bidirezionale



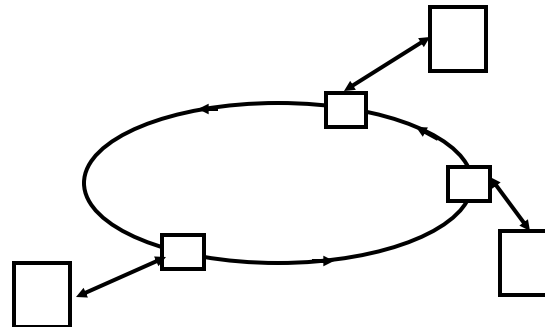
- Bus  
unidirezionale



- Doppio bus  
(dual bus)



- Anello



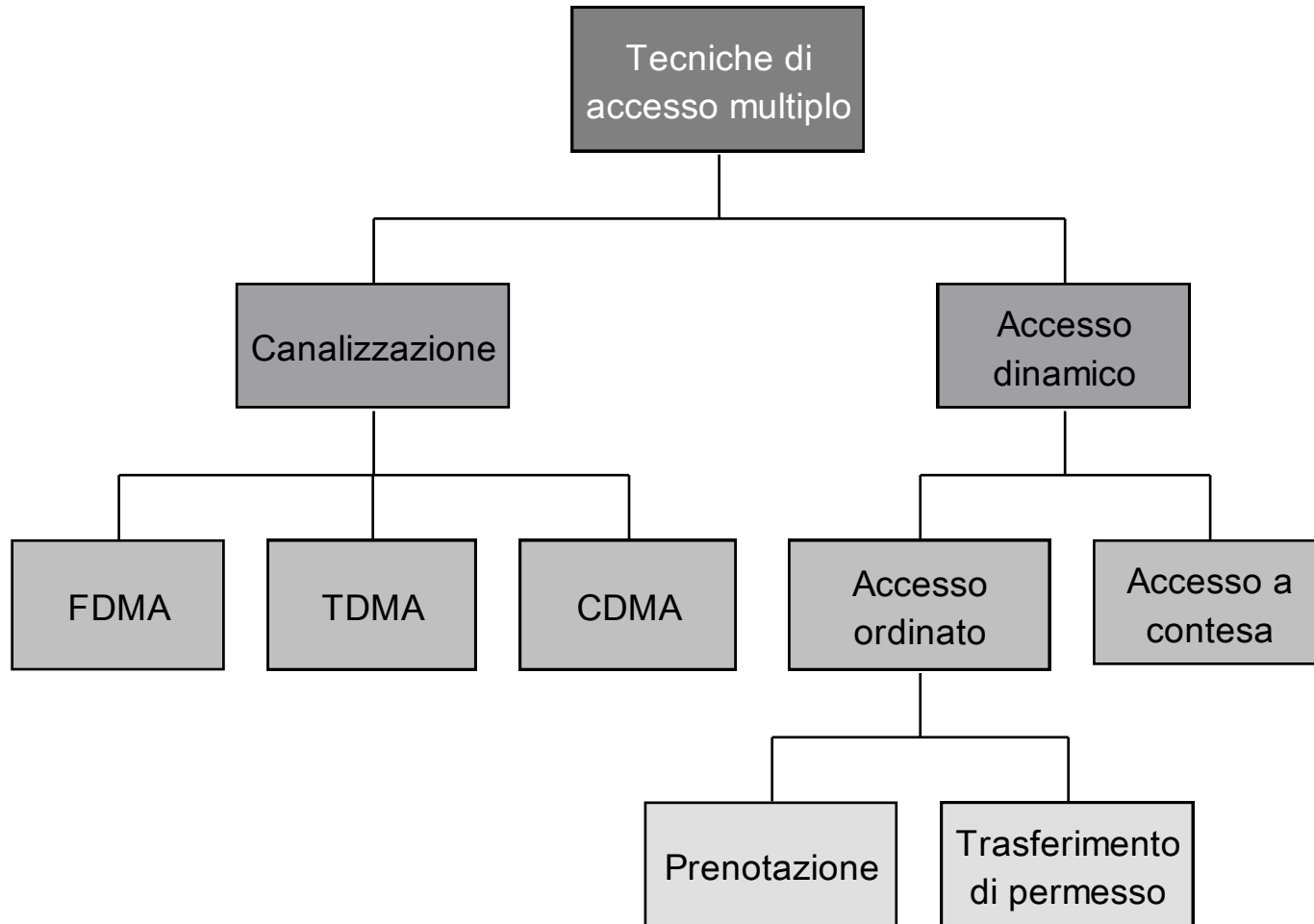
# Due caratteristiche

- Topologie punto-multipunto = mezzo di trasmissione condiviso = due caratteristiche peculiari
  - **Broadcast**
    - La LAN fornisce in modo nativo una comunicazione da uno a tutti (broadcast) sul mezzo condiviso
    - Per evitare che tutti i calcolatori leggano i dati di tutte le comunicazioni si deve introdurre un meccanismo di indirizzamento a livello di protocollo LAN
      - Si vuole evitare che lo strato 3 debba elaborare anche le conversazioni degli altri
  - **Collisione**
    - Su di un mezzo condiviso esiste la possibilità che più utenti inviino informazioni contemporaneamente
    - Interferenza – perturbazione o distruzione dell'informazione – perdita di trasparenza semantica

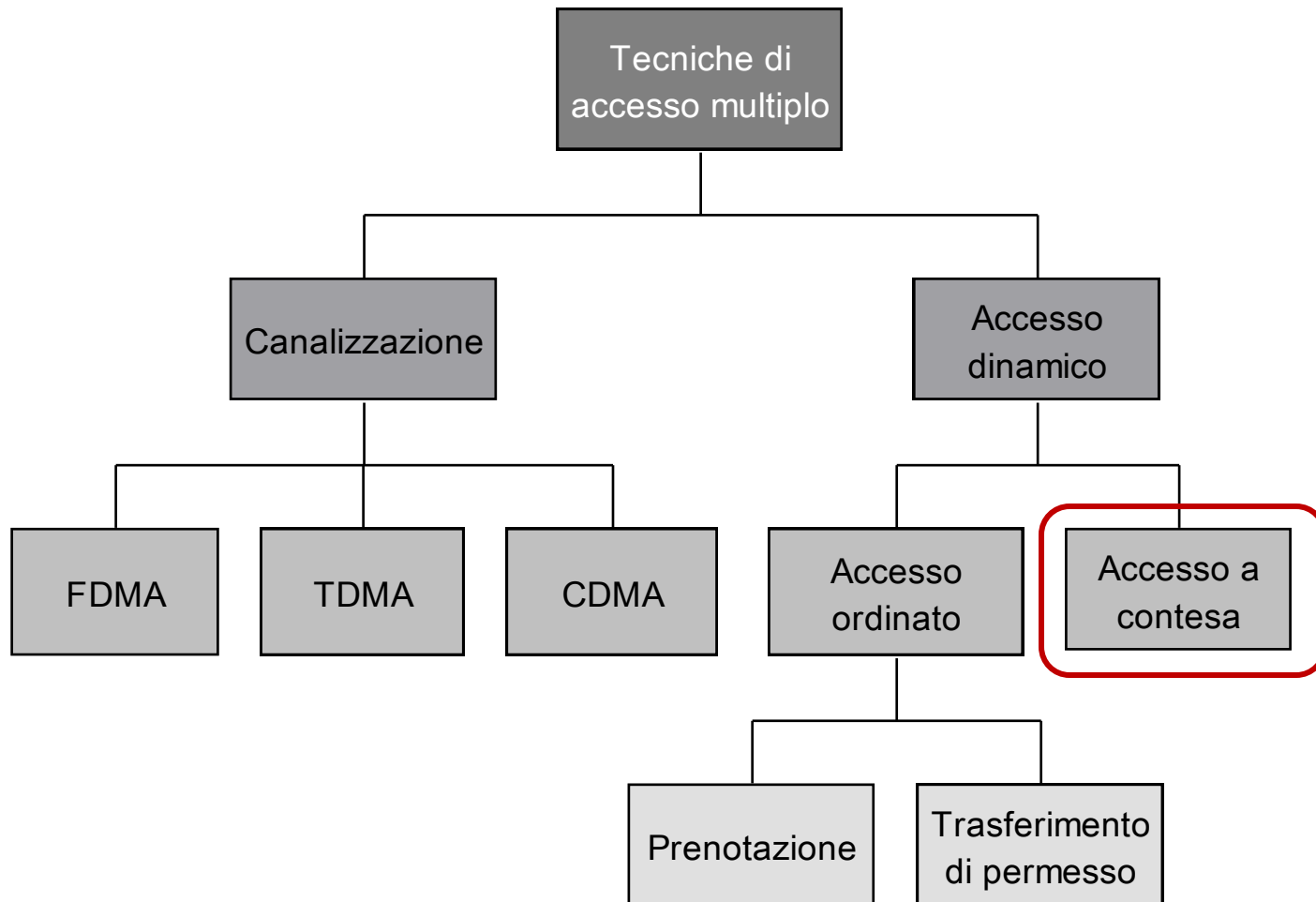
# Accesso al canale di collegamento

- Collegamenti con canali punto-punto e commutati
  - Solo sorgente e destinazione hanno accesso al canale quindi la sorgente può liberamente impegnare tutta la capacità certa di raggiungere la destinazione
- Collegamenti con canali ad accesso multiplo
  - Più sorgenti possono accedere al canale contemporaneamente determinando quindi la «**collisione**»
- Collegamenti con accesso al canale controllato
  - Il canale è condiviso ma l'accesso viene controllato in modo centralizzato o distribuito per **evitare** fenomeni di collisione

# Accesso multiplo: tassonomia



# Accesso multiplo: tassonomia

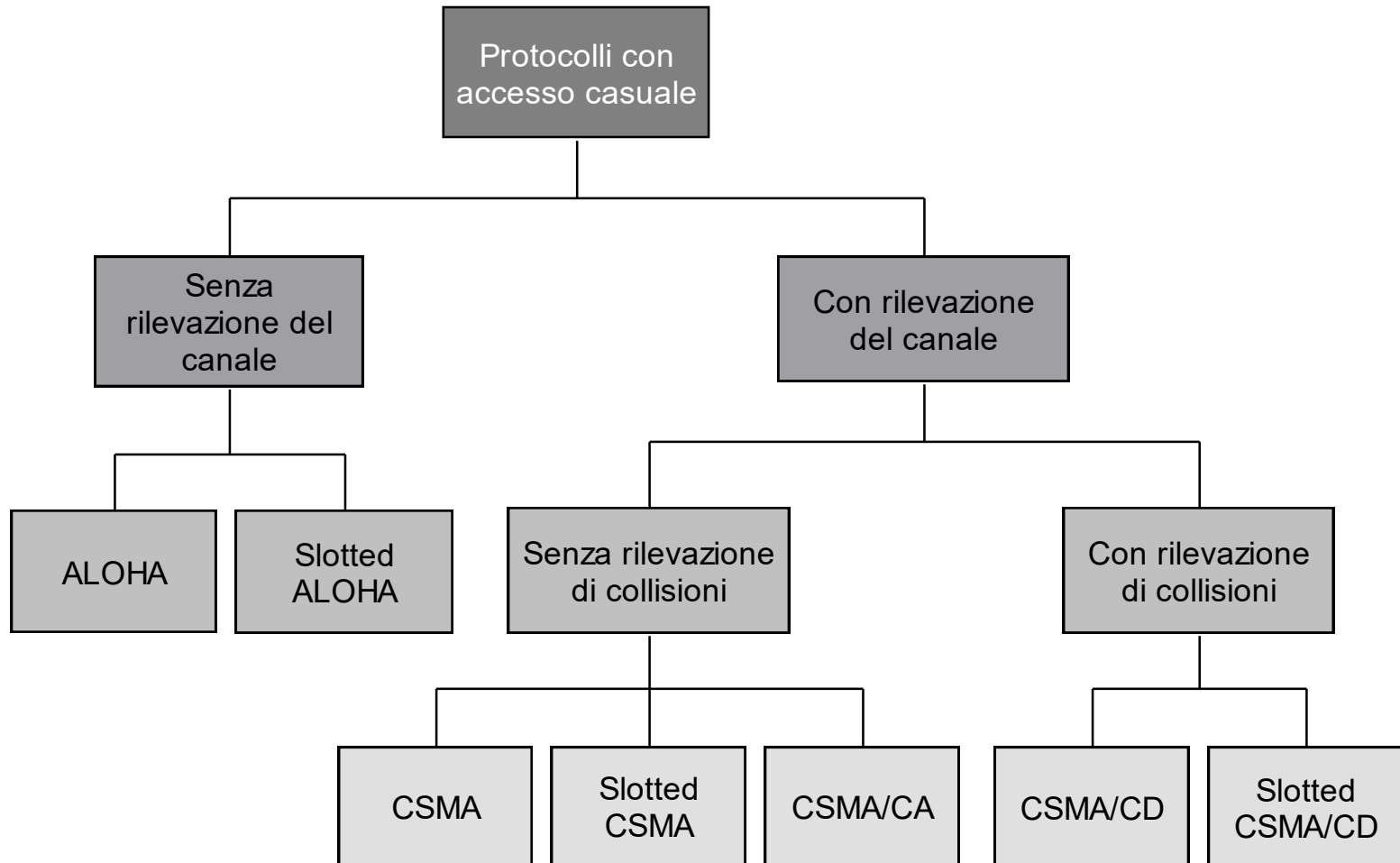




ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Protocolli ad accesso casuale: funzionalità e prestazioni

# Protocolli ad accesso casuale



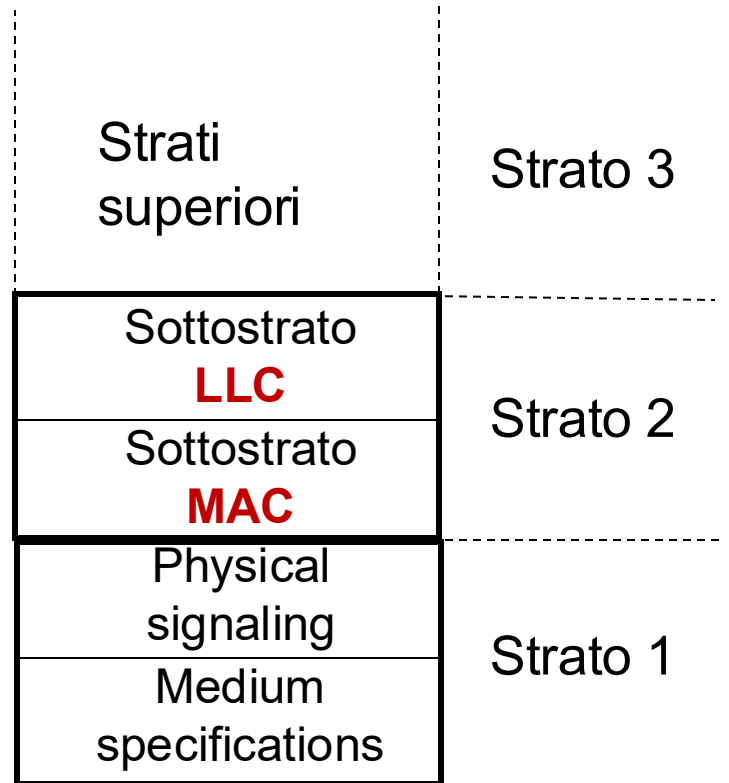
# Protocolli a contesa

- Ammettono le collisioni e devono cercare di gestirle
- Vengono anche chiamati protocolli di controllo di accesso al mezzo trasmissivo (Medium Access Control o MAC)
- CAP - Channel Access Procedure
  - E' l'insieme delle procedure che la stazione effettua per realizzare l'accesso al canale
- CRA - Collision Resolution Algorithm
  - E' l'insieme delle procedure che la stazione effettua per rivelare ed eventualmente recuperare situazioni di collisione

# Progetto IEEE 802

- Molti altri protocolli a contesa e collision free sono stati proposti soprattutto nei tardi anni ' 70
- Nel 1980 parte il **Progetto IEEE 802** per tentare di definire degli standard per LAN
  - IEEE ha già avuto un grande successo con lo standard IEEE 488, per applicazioni ai banchi di misura comandati da un calcolatore
    - Propone un' architettura master-slave
    - Si rifà ad uno standard di mercato proprietario: lo HP-IB (Hewlett Packard Interface Bus)
- Si organizza in commissioni che producono documenti denominati IEEE 802.x
  - diventeranno standard ISO col nome IS 8802/x

# Scelta importante di IEEE 802



- Lo strato 2 viene diviso in due sottostrati
  - LLC = Logical Link Control
  - MAC = Medium Access Control
- Lo strato LLC è indipendente dal mezzo fisico, dalla topologia e dal protocollo di accesso
- Anche lo strato 1 viene diviso in due

# Commissioni e documenti IEEE 802



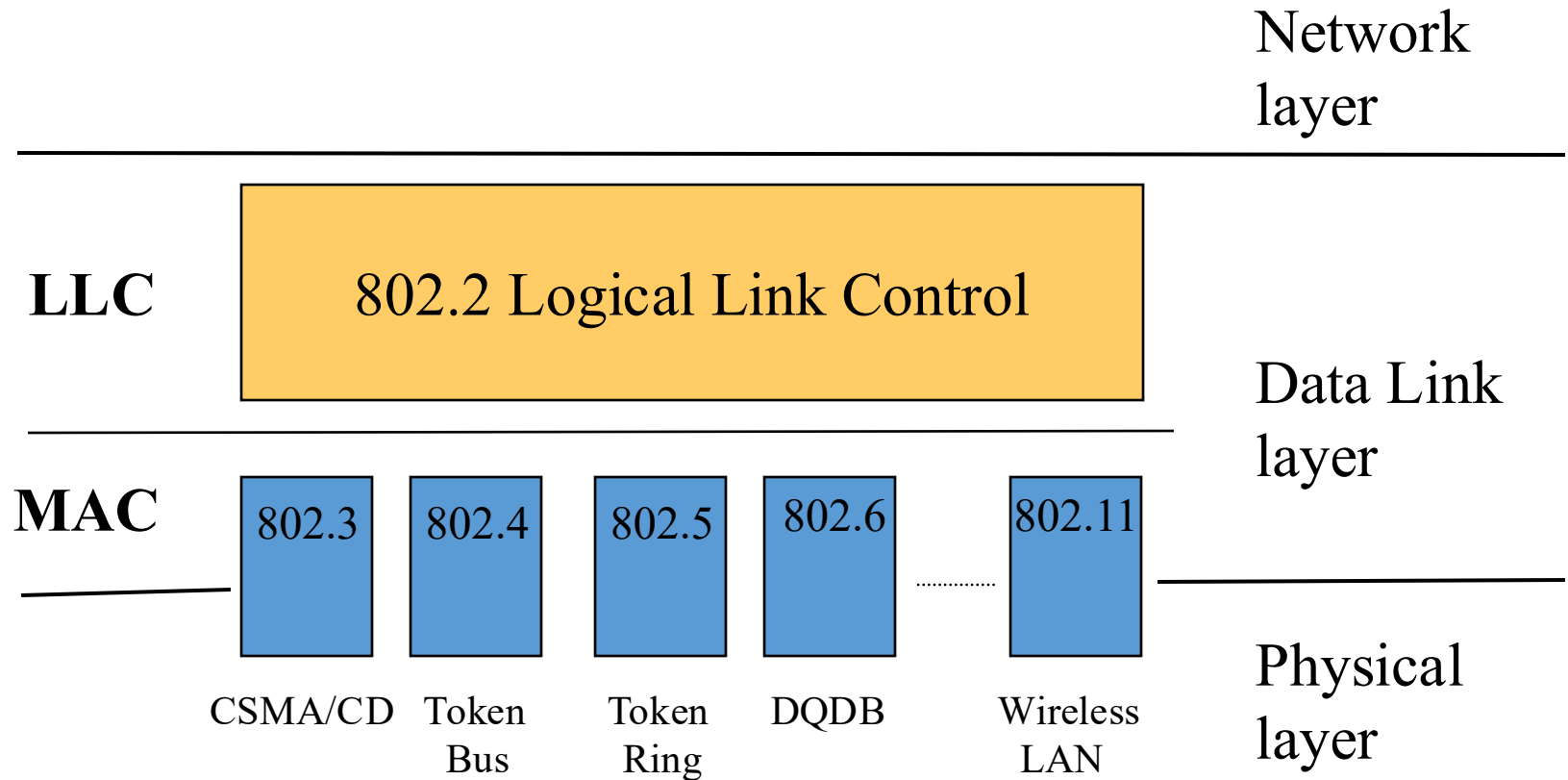
- IEEE 802.1 : descrizione generale del progetto, modello di riferimento
  - Non ha mai finito i suoi lavori
  - Contiene anche parte di standard che non trovano facilmente posto in altri documenti
- IEEE 802.2 : Sottostrato LLC, interfaccia con gli strati superiori
- **IEEE 802.3** : Rete locale basata su CSMA/CD, ispirata alla rete Ethernet
- IEEE 802.4 : Rete locale basata su Token Passing Bus
- IEEE 802.5 : Rete locale basata su Token Ring, ispirata alla rete Token Ring di IBM
- IEEE 802.6 : Reti in Area Metropolitana o MAN (Metropolitan Area Networks)

# Commissioni e documenti IEEE 802



- IEEE 802.7 : Studi sulle tecnologie a larga banda
- IEEE 802.8 : Studi sulla tecnologie in fibra ottica
- IEEE 802.9 : ISLAN (Isochronous LAN)
- IEEE 802.10 : LAN/MAN security
- **IEEE 802.11** : WLAN (Wireless LAN)
- IEEE 802.12 : Reti locali a 100 Mbit/s basate su Demand Priority (standard AnyLAN di HP)
- IEEE 802.13 : non esiste
- IEEE 802.14 : Cable modem per impianti di TV via cavo
- IEEE 802.15 : Personal Area Networks (Bluetooth)
- IEEE 802.16 : Accesso wireless a banda larga per utenti residenziali
- IEEE 802.17 : Resilient Packet Ring (RPR)

# PROGETTO IEEE 802





ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Rete Ethernet e IEEE 802.3

# Rete Ethernet

- Nasce da sviluppi della Xerox nel 1976, poi si forma in consorzio comprendente
  - Digital Equipment Corporation (DEC)
  - Intel
  - Xerox
- Il consorzio nel 1978 mette a punto lo standard a 10Mbit/s chiamato DIX
- Nel 1983 il DIX diviene con poche modifiche lo standard IEEE 802.3
- È basato sul protocollo di accesso CSMA/CD

# CSMA/CD

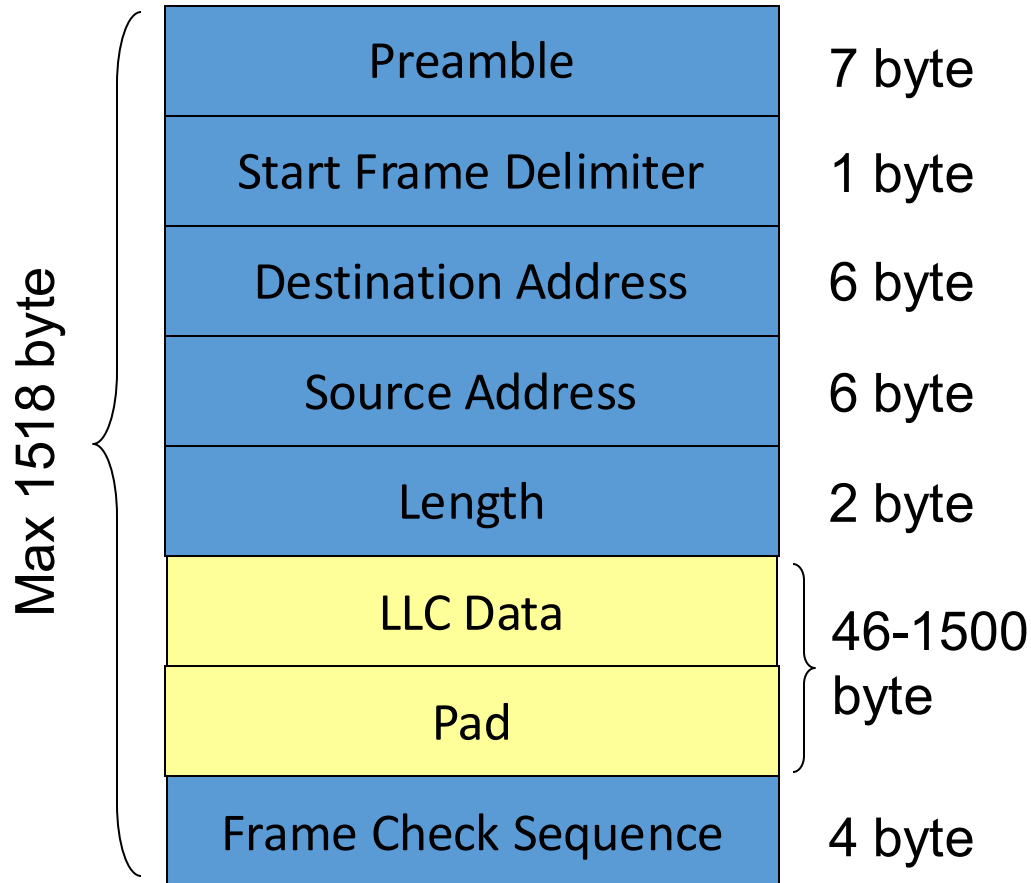
- Protocollo Carrier Sensing Multiple Access with Collision Detection
  - Limita molto ma non elimina la possibilità che due stazioni parlino in contemporanea
  - È quindi possibile la collisione fra due o più flussi informativi risultante in perdita di trame (layer 2 PDU)
- Permette un'utilizzazione molto efficiente della banda disponibile sul mezzo trasmissivo
- Non è in grado di garantire in modo certo i tempi di consegna delle trame (ritardo di accesso)

# Slot time

- Slot time = tempo necessario per trasmettere
  - 512 bit in reti a 10 e 100 Mbit/s
  - 4096 bit in reti a 1 Gbit/s
- La trama deve avere una dimensione minima uguale allo slot time
- Lo slot time deve essere superiore alla somma:
  - Del tempo di andata e ritorno del segnale
  - Del tempo necessario per rilevare la collisione e lanciare la sequenza di jamming
- Sequenza di jamming = 33 bit
  - La sequenza di jamming deve essere abbastanza lunga da garantire il riconoscimento di una collisione nel circuito di CD
- Fissata la dimensione dello slot time
  - Ogni trama di dimensione minore viene scartata
  - Viene imposto il tempo di propagazione massimo e quindi conseguentemente la dimensione massima della rete

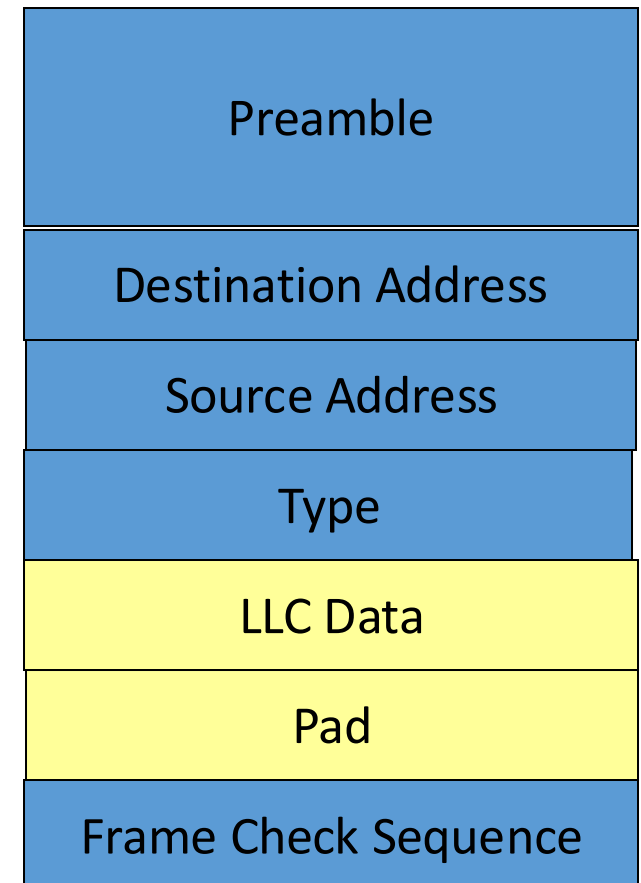
# Formato del Frame

## IEEE 802.3



$b_0$   $b_7$   
Ordine di trasmissione

## Ethernet



# Campi del frame

- **Preamble**

- 7 byte tutti uguali a 10101010; producono, a 10 Mbps, un'onda quadra a 10 Mhz per 5,6  $\mu$ s, che consente al ricevitore di sincronizzare il suo clock con quello del trasmettitore.

- **SFD**

- uguale a 10101011 ha la funzione di flag di inizio frame

- **Lunghezza / Tipo**

- Per IEEE 802.3 la lunghezza indica quanti byte ci sono nel campo dati (da 0 a 1500)
  - Il tipo di payload è dato da LLC
  - I primo 4 bit sono sempre 0
- Per Ethernet indica il Tipo di payload contenuto nel campo dati
  - Uno dei primi 4 bit è  $\neq 0$

- **Dati**

- contiene il payload del livello superiore.

# Campi del frame

- **Pad** (da to pad = riempire)
  - Se il frame (esclusi preambolo e delimiter) è più corto di 64 byte, con questo campo lo si porta alla lunghezza di 64 byte
- **Frame Checking sequence**
  - Contiene i bit di ridondanza per il codice di controllo dell'errore, di tipo polinomiale di grado 32
- **Indirizzi**
  - Sono composti da 48 bit (6 byte)
  - Sono cablati nella scheda di rete
  - Sono univoci a livello mondiale; i primi 3 byte individuano il costruttore e gli altri 3 numerano progressivamente le schede
  - E' possibile specificare
    - un singolo destinatario (unicast)  
`00-60-b0-78-e8-fd`
    - un indirizzo di gruppo (multicast): il primo bit deve essere a 1
    - un invio a tutte le stazioni (broadcast)  
`ff-ff-ff-ff-ff-ff`



Wireshark 1.12.4 (v1.12.4-0-gb4861da from master-1.12)

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: tcp Expression... Clear Apply Save

Source	Destination	Src Port	Dst Port	Protocol	Length	Info
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	62	nim-http [SYN] Seq=1075430079 Win=65535 Len=0 MSS=1460 SACK_PERFECT
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	62	http-nim [SYN, ACK] Seq=1126214783 Ack=1075430080 Win=5840 Len=0
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430080 Ack=1126214784 Win=65535 Len=0
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	HTTP	790	GET / HTTP/1.1
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	60	http-nim [ACK] Seq=1126214784 Ack=1075430816 Win=6624 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430816 Ack=1126217704 Win=65535 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430816 Ack=1126220624 Win=65535 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]

Frame 6: 790 bytes on wire (6320 bits), 790 bytes captured (6320 bits)

Ethernet II, Src: DellComp\_89:b3:e9 (00:06:5b:89:b3:e9), Dst: D-Link\_c6:fa:6f (00:50:ba:c6:fa:6f)

- Destination: D-Link\_c6:fa:6f (00:50:ba:c6:fa:6f)
- Source: DellComp\_89:b3:e9 (00:06:5b:89:b3:e9)
- Type: IP (0x0800)

Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.10.199 (192.168.10.199), Dst: 137.204.57.85 (137.204.57.85)

Transmission Control Protocol, Src Port: nim (1058), Dst Port: http (80), Seq: 1075430080, Ack: 1126214784, Len: 736

Hypertext Transfer Protocol

0000 00 50 ba c6 fa 6f 00 06 5b 89 b3 e9 08 00 45 00 .P...o... [....] E.  
0010 05 08 01 87 40 00 00 00 00 00 c0 a8 0a c7 89 cc ....@... ..  
0020 39 55 04 22 00 50 40 19 c2 c0 43 20 ac 80 50 18 9U..".P@. ..C ..P.  
0030 ff ff 91 8b 00 00 47 45 54 20 2f 20 48 54 54 50 .....GE T / HTTP  
0040 2f 31 2e 31 0d 0a 41 63 63 65 70 74 3a 20 69 6d /1.1..Ac cept: im  
0050 61 67 65 2f 67 69 66 2c 20 69 6d 61 67 65 2f 78 age/gif, image/x  
0060 2d 78 62 69 74 6d 61 70 2c 20 69 6d 61 67 65 2f -xbitmap , image/  
0070 6a 70 65 67 2c 20 69 6d 61 67 65 2f 70 6a 70 65 jpeg, im age/pjpe  
0080 67 2c 20 61 70 70 6c 69 63 61 74 69 6f 6e 2f 76 g, appli cation/v  
0090 6e 64 2e 6d 73 2d 70 6f 77 65 72 70 6f 69 6e 74 nd.ms-po werpoint  
00a0 2c 20 61 70 70 6c 69 63 61 74 69 6f 6e 2f 76 6e , applic ation/vn



ConnessioneDEISNET\_DNS.cap [Wireshark 1.12.4 (v1.12.4-0-gb4861da from master-1.12)]

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: tcp Expression... Clear Apply Save

Source	Destination	Src Port	Dst Port	Protocol	Length	Info
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	62	nim-http [SYN] Seq=1075430079 Win=65535 Len=0 MSS=1460 SACK_P
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	62	http-nim [SYN, ACK] Seq=1126214783 Ack=1075430080 Win=5840 Le
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430080 Ack=1126214784 Win=65535 Len=0
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	HTTP	790	GET / HTTP/1.1
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	60	http-nim [ACK] Seq=1126214784 Ack=1075430816 Win=6624 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430816 Ack=1126217704 Win=65535 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430816 Ack=1126220624 Win=65535 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	HTTP	106	HTTP/1.1 200 OK (text/html)

Frame 6: 790 bytes on wire (6320 bits), 790 bytes captured (6320 bits)

Ethernet II, Src: BellComp\_89:b3:e9 (00:06:5b:89:b3:e9), Dst: D-Link\_c6:fa:6f (00:50:ba:c6:fa:6f)

Destination: D-Link\_c6:fa:6f (00:50:ba:c6:fa:6f)

Address: D-Link\_c6:fa:6f (00:50:ba:c6:fa:6f)

... .. = LG bit: Globally unique address (factory default)

... .. = IG bit: Individual address (unicast)

Source: BellComp\_89:b3:e9 (00:06:5b:89:b3:e9)

Type: IP (0x0800)

Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.10.199 (192.168.10.199), Dst: 137.204.57.85 (137.204.57.85)

Transmission Control Protocol, Src Port: nim (1058), Dst Port: http (80), Seq: 1075430080, Ack: 1126214784, Len: 736

Hypertext Transfer Protocol

0000 00 50 ba c6 fa 6f 00 06 5b 89 b3 e9 08 00 45 00 .P...o.. [....E.

0010 03 08 01 87 40 00 80 06 00 00 c0 a8 0a c7 89 cc ....@... .....

0020 39 55 04 22 00 50 40 19 c2 c0 43 20 ac 80 50 18 9U..."P@...C...P.

0030 ff ff 91 8b 00 00 47 45 54 20 2f 20 48 54 54 50 .....GE T / HTTP

0040 2f 31 2e 31 0d 0a 41 63 63 65 70 74 3a 20 69 6d /1.1.Ac cept: im

0050 61 67 65 2f 67 69 66 2c 20 69 6d 61 67 65 2f 78 age/gif, image/x

0060 2d 78 62 69 74 6d 61 70 2c 20 69 6d 61 67 65 2f -xbitmap , image/

0070 6a 70 65 67 2c 20 69 6d 61 67 65 2f 70 6a 70 65 jpeg, im age/pipe

0080 67 2c 20 61 70 70 6c 69 63 61 74 69 6f 6e 2f 76 g, appli cation/v

0090 6e 64 2e 6d 73 2d 70 6f 77 65 72 70 6f 69 6e 74 nd.ms-po werpoint

00a0 2c 20 61 70 70 6c 69 63 61 74 69 6f 6e 2f 76 6e , applic ation/vn

00b0 64 2e 6d 73 2d 65 78 63 65 6c 2c 20 61 70 70 6c d.ms-exc el, appl



ConnessioneDEISNET\_DNS.cap [Wireshark 1.12.4 (v1.12.4-0-gb4861da from master-1.12)]

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: tcp Expression... Clear Apply Save

Source	Destination	Src Port	Dst Port	Protocol	Length	Info
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	62	nim-http [SYN] Seq=1075430079 Win=65535 Len=0 MSS=1460 SACK_P...
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	62	http-nim [SYN, ACK] Seq=1126214783 Ack=1075430080 Win=5840 Len=0
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430080 Ack=1126214784 Win=65535 Len=0
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	HTTP	790	GET / HTTP/1.1
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	60	http-nim [ACK] Seq=1126214784 Ack=1075430816 Win=6624 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430816 Ack=1126217704 Win=65535 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430816 Ack=1126220624 Win=65535 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]

Frame 6: 790 bytes on wire (6320 bits), 790 bytes captured (6320 bits)

Ethernet II, Src: DellComp\_89:b3:e9 (00:06:5b:89:b3:e9), Dst: D-Link\_c6:fa:6f (00:50:ba:c6:fa:6f)

Destination: D-Link\_c6:fa:6f (00:50:ba:c6:fa:6f)

Source: DellComp\_89:b3:e9 (00:06:5b:89:b3:e9)

Address: DellComp\_89:b3:e9 (00:06:5b:89:b3:e9)

... .. = LG bit: Globally unique address (factory default)

... .. = IG bit: Individual address (unicast)

Type: IP (0x0800)

Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.10.199 (192.168.10.199), Dst: 137.204.57.85 (137.204.57.85)

Transmission Control Protocol, Src Port: nim (1058), Dst Port: http (80), Seq: 1075430080, Ack: 1126214784, Len: 736

Hypertext Transfer Protocol

```
0000 00 50 ba c6 fa 6f 00 06 5b 89 b3 e9 08 00 45 00 .P...o... [....E.
0010 03 08 01 87 40 00 80 06 00 00 c0 a8 0a c7 89 cc ....@... ..
0020 39 55 04 22 00 50 40 19 c2 c0 43 20 ac 80 50 18 9U..."P@...C..P.
0030 ff ff 91 8b 00 00 47 45 54 20 2f 20 48 54 54 50 .....GE T / HTTP
0040 2f 31 2e 31 0d 0a 41 63 63 65 70 74 3a 20 69 6d /1.1..Ac cept: im
0050 61 67 65 2f 67 69 66 2c 20 69 6d 61 67 65 2f 78 age/gif, image/x
0060 2d 78 62 69 74 6d 61 70 2c 20 69 6d 61 67 65 2f -xbitmap , image/
0070 6a 70 65 67 2c 20 69 6d 61 67 65 2f 70 6a 70 65 jpeg, im age/pjpe
0080 67 2c 20 61 70 70 6c 69 63 61 74 69 6f 6e 2f 76 g, appli cation/v
0090 6e 64 2e 6d 73 2d 70 6f 77 65 72 70 6f 69 6e 74 nd.ms-po werpoint
00a0 2c 20 61 70 70 6c 69 63 61 74 69 6f 6e 2f 76 6e , applic ation/vn
00b0 64 2e 6d 73 2d 65 78 63 65 6c 2c 20 61 70 70 6c d.ms-exc el, appl
00c0 6a 70 65 67 2c 20 69 6d 61 67 65 2f 70 6a 70 65
```



ConnessioneDEISNET\_DNS.cap [Wireshark 1.12.4 (v1.12.4-0-gb4861da from master-1.12)]

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Telephony Tools Internals Help

Filter: tcp Expression... Clear Apply Save

Source	Destination	Src Port	Dst Port	Protocol	Length	Info
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	62	nim-http [SYN] Seq=1075430079 Win=65535 Len=0 MSS=1460 SACK_P
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	62	http-nim [SYN, ACK] Seq=1126214783 Ack=1075430080 Win=5840 Len
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430080 Ack=1126214784 Win=65535 Len=0
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	HTTP	790	GET / HTTP/1.1
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	60	http-nim [ACK] Seq=1126214784 Ack=1075430816 Win=6624 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430816 Ack=1126217704 Win=65535 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
192.168.10.199	137.204.57.85	1058	80	TCP	54	nim-http [ACK] Seq=1075430816 Ack=1126220624 Win=65535 Len=0
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]
137.204.57.85	192.168.10.199	80	1058	TCP	1514	[TCP segment of a reassembled PDU]

Frame 6: 790 bytes on wire (6320 bits), 790 bytes captured (6320 bits)

Ethernet II, Src: DellComp\_89:b3:e9 (00:06:5b:89:b3:e9), Dst: D-Link\_c6:fa:6f (00:50:ba:c6:fa:6f)

Destination: D-Link\_c6:fa:6f (00:50:ba:c6:fa:6f)

Source: DellComp\_89:b3:e9 (00:06:5b:89:b3:e9)

Type: IP (0x0800)

Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.10.199 (192.168.10.199), Dst: 137.204.57.85 (137.204.57.85)

Transmission Control Protocol, Src Port: nim (1058), Dst Port: http (80), Seq: 1075430080, Ack: 1126214784, Len: 736

Hypertext Transfer Protocol

```
0000 00 50 ba c6 fa 6f 00 06 5b 89 b3 e9 08 00 45 00 .P...O... [....] E.
0010 03 08 01 87 40 00 80 06 00 00 c0 a8 0a c7 89 cc ....@... ..
0020 39 55 04 22 00 50 40 19 c2 c0 43 20 ac 80 50 18 9U..."P@. ..C..P.
0030 ff ff 91 8b 00 00 47 45 54 20 2f 20 48 54 54 50 .....GE T / HTTP
0040 2f 31 2e 31 0d 0a 41 63 65 70 74 3a 20 69 6d /1.1..Ac cept: im
0050 61 67 65 2f 67 69 66 2c 20 69 6d 61 67 65 2f 78 age/gif, image/x
0060 2d 78 62 69 74 6d 61 70 2c 20 69 6d 61 67 65 2f -xbitmap, image/
0070 6a 70 65 67 2c 20 69 6d 61 67 65 2f 70 6a 70 65 jpeg, im age/pjpe
0080 67 2c 20 61 70 70 6c 69 63 61 74 69 6f 6e 2f 76 g, appli cation/v
0090 6e 64 2e 6d 73 2d 70 6f 77 65 72 70 6f 69 6e 74 nd.ms-po werpoint
00a0 2c 20 61 70 70 6c 69 63 61 74 69 6f 6e 2f 76 6e , applic ation/vn
00b0 64 2e 6d 73 2d 65 78 63 65 6c 2c 20 61 70 70 6c d.ms-exc el, appl
00c0 64 2e 6d 73 2d 65 78 63 65 6c 2c 20 61 70 70 6c d.ms-exc el, appl
```

# Delimitazione delle trame

- Assenza di trame = assenza di segnale sul canale
- Preambolo di sincronismo e SFD delimitano l'inizio
- L'assenza di segnale indica il termine di un frame
- Due frame devono essere separati almeno da un Inter-Frame Gap (IFG)
  - 96 tempi di bit
    - 10 Mbps Ethernet 9,6  $\mu$ sec
    - 100 Mbps Ethernet 960 nsec
    - 1000 Mbps Ethernet 96 nsec

# Collision Domain

- Collision domain = l'insieme delle stazioni connesse alla medesima rete Ethernet che possono collidere in trasmissione
- Per garantire il corretto funzionamento del CSMA-CD si devono imporre vincoli alla dimensione massima della LAN
  - In funzione della dimensione delle trame
  - In funzione della velocità di trasmissione
- Inoltre il mezzo trasmissivo impone dei vincoli sulle dimensioni dei collegamenti (attenuazione, rumore)
- La dimensione fisica del collision domain è conseguenza delle tecnologie adottate per lo strato fisico

# Broadcast domain

- Una trama MAC con

`Destination address = ff.ff:ff:ff:ff:ff:ff`

- Viene ricevuta da tutte le interfacce della LAN
- Realizza una comunicazione broadcast dalla sorgente a tutte le destinazioni della LAN
- Dominio di broadcast = insieme di stazioni raggiungibili con l'invio dalla medesima trama inviata con indirizzo broadcast
  - In condizioni normali una singola LAN è anche un singolo dominio di broadcast



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Soluzioni per lo strato fisico dell' Ethernet

# Ethernet classica a 10 Mbit/s

- **Proposta iniziale: 10base5**
  - 10: velocità 10 Mbit/s con codifica Manchester (clock a 20 MHz)
  - base: trasmissione in banda base (contrapposto a broad)
  - 5: segmenti fino a 500 metri (con max 100 stazioni)
  - Cavo coassiale a 50  $\Omega$ , diametro della cavità 6.15 mm (thick wire)
    - Attacco al cavo con prese a vampiro a cui si collegano apparati attivi detti Transceiver
    - Stazioni collegate mediante cavi transceiver (drop cable) lunghi fino a 40 m
- Cavo thin wire troppo rigido, non si presta al cablaggio di un edificio
  - Occorre distribuire capillarmente prese a muro per raggiungere tutte le stazioni

# Ethernet classica a 10 Mbit/s

- **10base2** (thin wire Ethernet)
  - Cavo coassiale sottile a 50  $\Omega$  ma con diametro della cavità di 2.95 mm, molto flessibile
  - Segmenti fino a 180 metri con max 30 stazioni
  - Il transceiver è integrato nella scheda a bordo del computer
    - collegamento con connettori BNC e computer in serie sul segmento con connettori a T (daisy chain)
  - Di solito si installa un backbone 10base5 (cablaggio verticale) che interconnette segmenti 10base2 per raggiungere le prese a muro (cablaggio orizzontale)
    - occorrono repeaters

# Ethernet classica a 10 Mbit/s (segue)

- **10baseT**

- Usa coppie simmetriche intrecciate senza schermatura UTP (Unshielded Twisted Pairs)
- occorrono UTP di categoria 3 per arrivare a 100 m
- Ogni stazione ha una UTP tutta a sua disposizione collegata alla porta di un Hub con connettore RJ45
  - RJ45 simile a RJ11 con 4 contatti
- Gli Hub fungono da multiport repeater per il cablaggio orizz.
- Il cablaggio verticale può essere fatto con altri multiport repeater (topologia a stella)

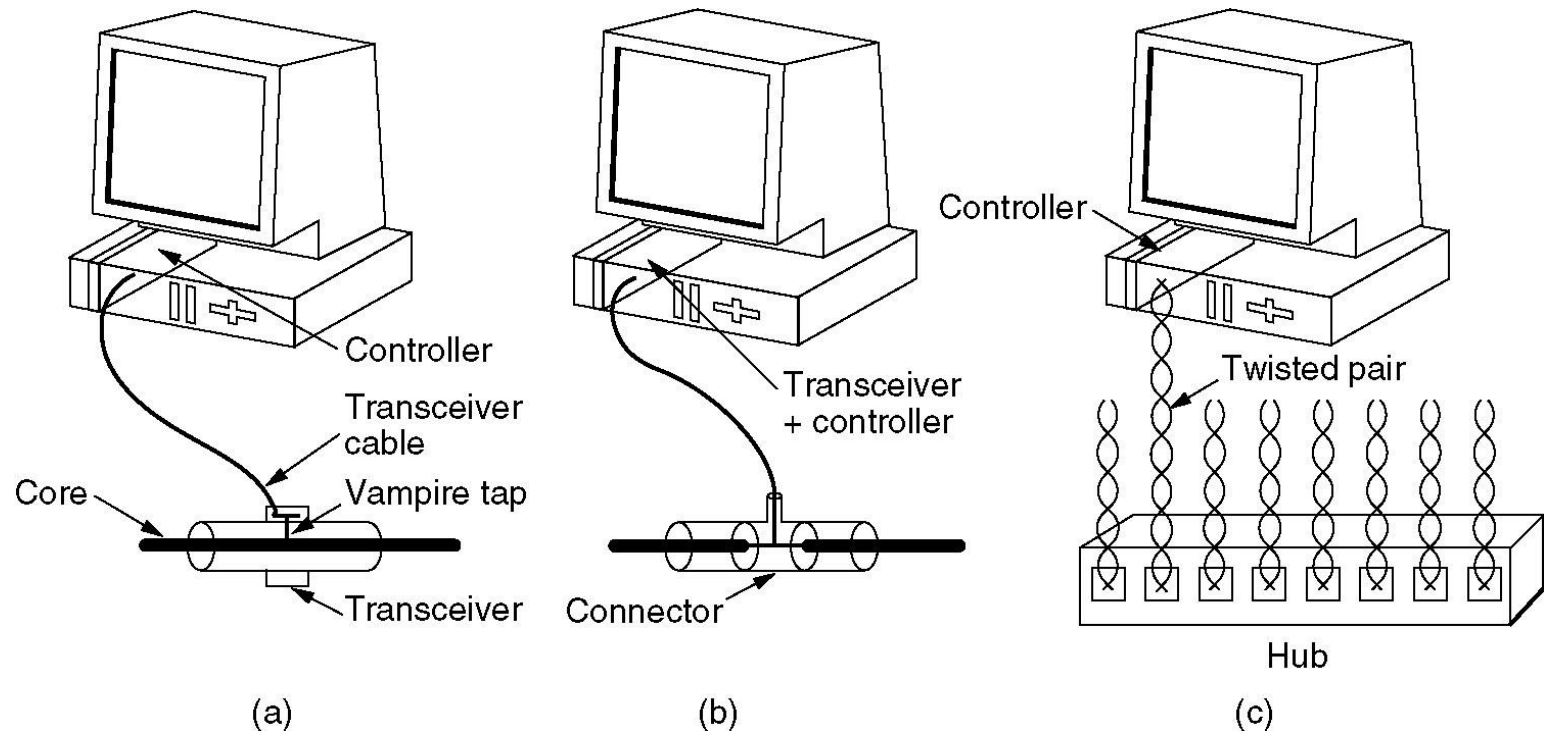
- **10baseF**

- Alternativa con cavo in fibra ottica multimodo
- Fino a 2000 m di distanza
- Ancora costosa a causa dei connettori e degli attacchi per le stazioni
- La 10baseF spesso viene usata per il cablaggio verticale

# Ethernet Cabling

Three kinds of Ethernet cabling.

(a) 10Base5, (b) 10Base2, (c) 10Base-T.



# Evoluzione dell' Ethernet

- 1992: IEEE riconvocò il comitato 802.3 con l' esigenza di definire LANs più veloci
  - prima proposta: di **mantenere 802.3 tale e quale**, rendendola solo più veloce,
  - Altra proposta: ridefinirla totalmente con nuove caratteristiche (traffico real-time, voce digitale,... )
- Il comitato 802.3 alla fine decise per la prima
- I fautori della seconda formarono un loro comitato **802.12** e la standardizzarono comunque
  - questo standard non ha però avuto successo

# IEEE 802.3 u – Fast Ethernet a 100 Mbit/s



- Diametro massimo di un collision domain: 250 m
- **100baseT4**
  - Ogni stazione è collegata con 4 UTP di cat. 3
  - Lunghezza fino a 100 m
  - Clock a 25 MHz
  - Codifica 8B/6T: 8 bit (256 comb.) da trasmettere vengono codificati in 6 simboli Ternari (729 comb.)
    - Restano diverse combinazioni *non dati*
    - Su ognuna delle UTP la velocità è 33.333.. Mbit/s
  - Un UTP sempre in direzione Hub-stazione, un UTP sempre stazione-Hub, gli altri 2 vanno a rinforzare una direzione alternativamente portandola a 100 Mbit/s

# IEEE 802.3 u – Fast Ethernet (segue)

- **100baseTX**

- 2 coppie UTP di cat. 5, fino a 100m
- Clock a 125 MHz
- Codifica 4B/5B (come in FDDI): 4 bit vengono mappati in 5 bit
  - Velocità netta 100 Mbit/s full duplex
  - Restano combinazioni libere per non dati

- **100base FX**

- Cavo in fibra ottica multimodo
- Fino a 2000 m

# IEEE 802.3 z - Gigabit Ethernet

- Standard per definire una rete Ethernet a 1 Gbit/s; i collision domain dovrebbero diventare di 25 m; per portarli a 200 m si usa:
  - Carrier extension
  - Frame bursting
- **1000baseSX e 1000baseLX**
  - Due alternative in fibra ottica, la prima multimodo, la seconda mono o multi modo
  - Codifica 8B/10B
  - Generatori a Laser
  - Distanze 550 m o 5000 m (solo con LX monomodo)

# IEEE 802.3 z - Gigabit Ethernet (segue)



- **1000baseCX**

- Usa 2 coppie intrecciate e schermate STP (nel cavetto ogni coppia è schermata e tutto l'insieme delle coppie è di nuovo schermato)
- Soluzione costosa e meno performante delle OF

- **1000baseT**

- 4 coppie UTP di cat. 5
- Clock a 125 MHz
- Codifica: 2 bit sino codificati su 1 simbolo a 5 livelli
  - È disponibile 1 livello come non dato
  - Velocità netta 1Gbit/s half duplex

# Multigigabit Ethernet

- Ora si parla di 10Gigabit Ethernet (allo studio dal 2002 come IEEE 802.3 ae)
  - Applicabile solo su fibra ottica e non su rame
  - Diversi tipi di fibre e modalità di trasmissione
    - Distanze fino a diversi Km
- La maggioranza dei computer sul mercato non può sfruttare la velocità superiori al Gigabit
  - Vengono usate per il backbone
  - Backbone anche su estensioni di diversi Km: sono una moderna alternativa per le MAN
- Lo standard IEEE802.17 (RPR) è una possibile proposta alternativa per i backbone MAN

# Carrier Ethernet

- Requisiti tecnologici
  - Diversi per trasporto e accesso
- Ethernet nasce per le LAN ossia per l'accesso
- La penetrazione nello strato di trasporto richiede l'introduzione di nuove funzionalità
  - Segnalazione e gestione
  - Indirizzamento
- Sono in fase di definizione una serie di nuovi standard per introdurre queste funzioni
  - Indirizzamento gerarchico multilivello
  - Recupero dei guasti

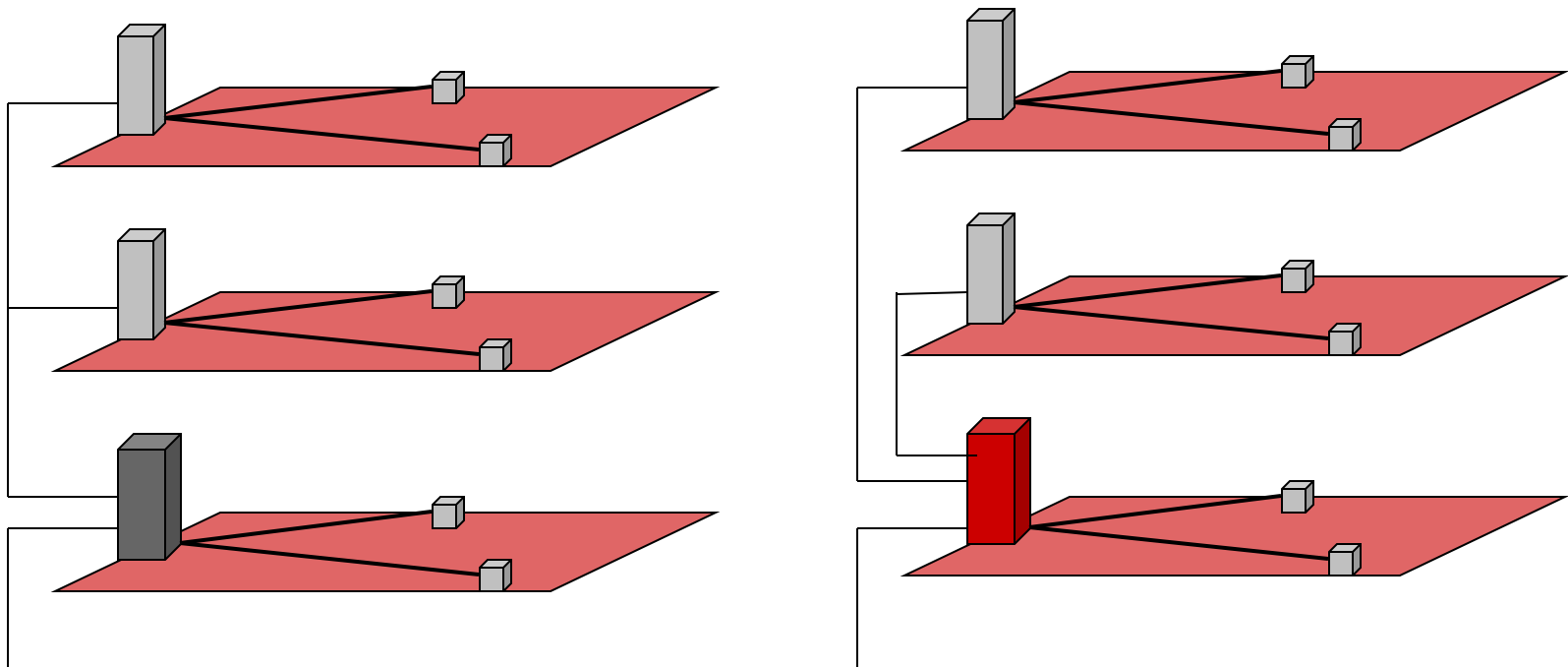


ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Il cablaggio delle LAN moderne

# Cablaggio strutturato

- Un unico cablaggio per tutti i servizi di telecomunicazioni degli edifici
  - **EIA/TIA 568** (standard di mercato)
  - **ISO 11801**
  - La soluzione più utilizzata è basata su UTP
    - In un nuovo edificio vengono posati cavetti con diverse coppie (tipicamente 4) che poi finiscono in prese a muro RJ11 o RJ45 per tutti i servizi di telecom.
- Il cablaggio è organizzato in modo gerarchico



# Componenti del cablaggio strutturato

## Prese a muro

Punti di accesso alla LAN per l'utente finale. Localizzate in prossimità delle postazioni di lavoro

## Cablaggio orizzontale o di piano

Cavidotti e cavi che collegano le prese a muro con l'armadio di rete realizzando una topologia a stella

## Armadio di rete

Punto di arrivo del cablaggio orizzontale e contenitore degli apparati attivi della LAN (hub, switch, bridge, router)

## Cablaggio verticale

Interconnette più armadi di rete per realizzare una LAN estesa

# Armadio di rete

Il cablaggio orizzontale entra nell'armadio di rete e i vari cavi sono collegati al retro dei **patch panel**

## Patch panel

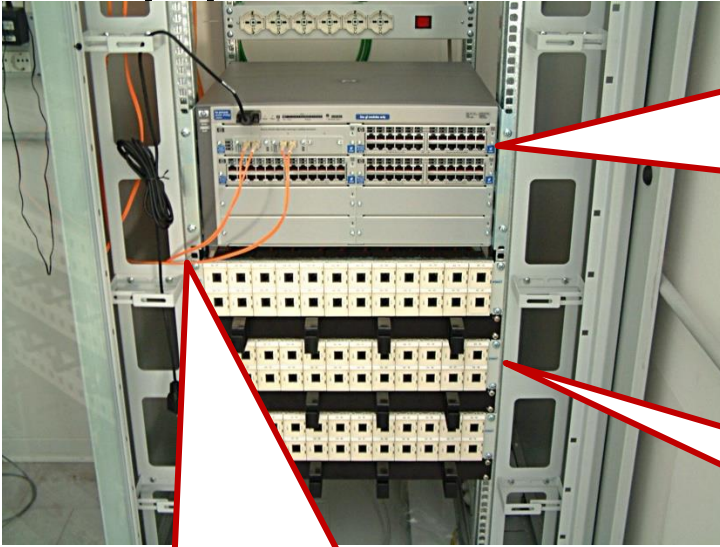
Pannello che presenta

- Sul retro un insieme di connettori per cavi UTP
- sul fronte un insieme di prese standard (in questo caso RJ45 per cavi UTP)

Riporta all'interno dell'armadio di rete i punti di connessione al cablaggio rappresentati dalle prese a muro



# Apparati attivi nell'armadio



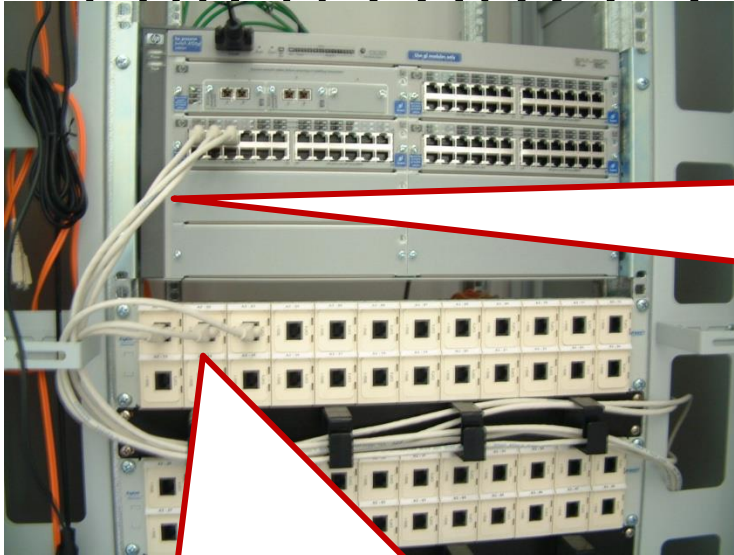
L'armadio di rete ospita gli apparati attivi, in questo caso uno switch equipaggiato con:

- Tre moduli da 24 porte fast Ethernet UTP
- Un modulo con 2 porte Ethernet in fibra

Switch e path panel sono affiancati ma in queste condizioni non esiste alcuna connettività di LAN

Le porte in fibra qui già connesse tipicamente servono per realizzare il cablaggio verticale

# Patch cord e connettività

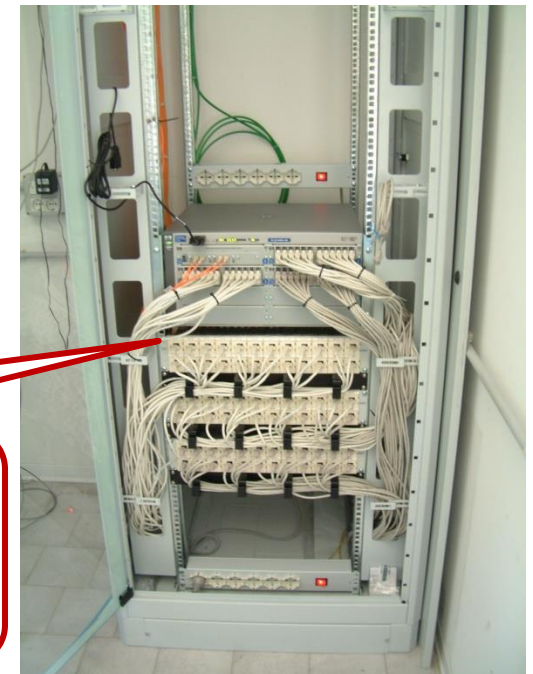


La connettività della LAN viene realizzata collegando le porte dei patch panel con le porte dello switch tramite spezzoni di cavo detti **patch cord**.

## Patch cord

Determina se e a quale porta della switch sia connessa una presa a muro

Per garantire connettività a tutte le prese a muro il numero di porte dei patch panel deve essere equivalente al numero di porte dello switch



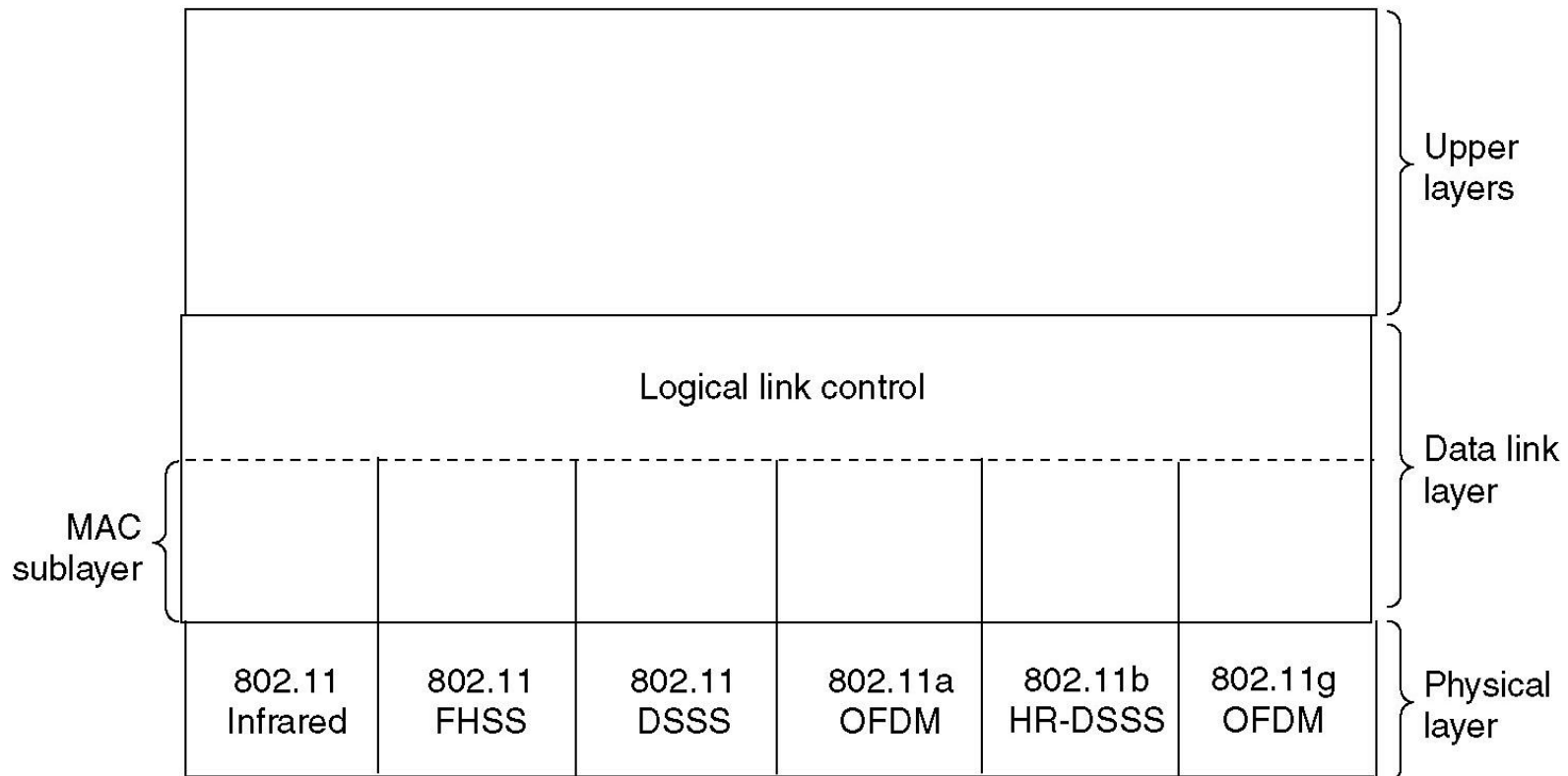


ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# WIRELESS LAN (Wi-Fi)

# Lo standard IEEE 802.11

- Il mezzo radio è stato ignorato nei primi standard 802
- A partire dal 1997 compare un nuovo standard per fornire l'accesso a reti locali via radio



# Lo strato fisico 802.11

- Si occupa della trasmissione fisica delle trame secondo le specifiche stabilite
- Interagisce con lo strato MAC per segnalare l'attività del canale (necessario per il protocollo di accesso)
- La prima versione (1997) prevedeva tre tecniche di trasmissione a **1Mb/s** e **2Mb/s**
  - infrarossi (scarsamente usata)
  - FHSS
  - DSSS
- Utilizza la banda **ISM** (Industrial, Scientific, Medical) a **2.4 GHz** (83.5 Mhz da 2.40 a 2.4835 Ghz)
  - disponibile per applicazioni industriali, scientifiche e mediche senza necessità di chiedere licenze

# Uso della banda ISM

- Proprio perché l'uso è libero, occorre una regolamentazione per evitare abusi e per ridurre le interferenze
  - limitazioni sulla potenza massima trasmessa
  - utilizzo di tecniche Spread Spectrum
  - specifiche di utilizzo
    - FHSS: 79 canali da 1 Mhz ciascuno  
tempo di permanenza su un canale  $\leq 400$  ms (dwell time)  
su 30 secondi occorre utilizzare almeno 75 canali diversi
    - DSSS: processing gain  $\geq 10$  dB
- In Italia, il D.M. 28 Maggio 2003 stabilisce
  - obbligo di richiesta di autorizzazione al Ministero per offrire servizi Wi-Fi nella banda ISM su suolo pubblico
  - obbligo di identificazione degli utenti di tali servizi
  - nessun obbligo su suolo privato

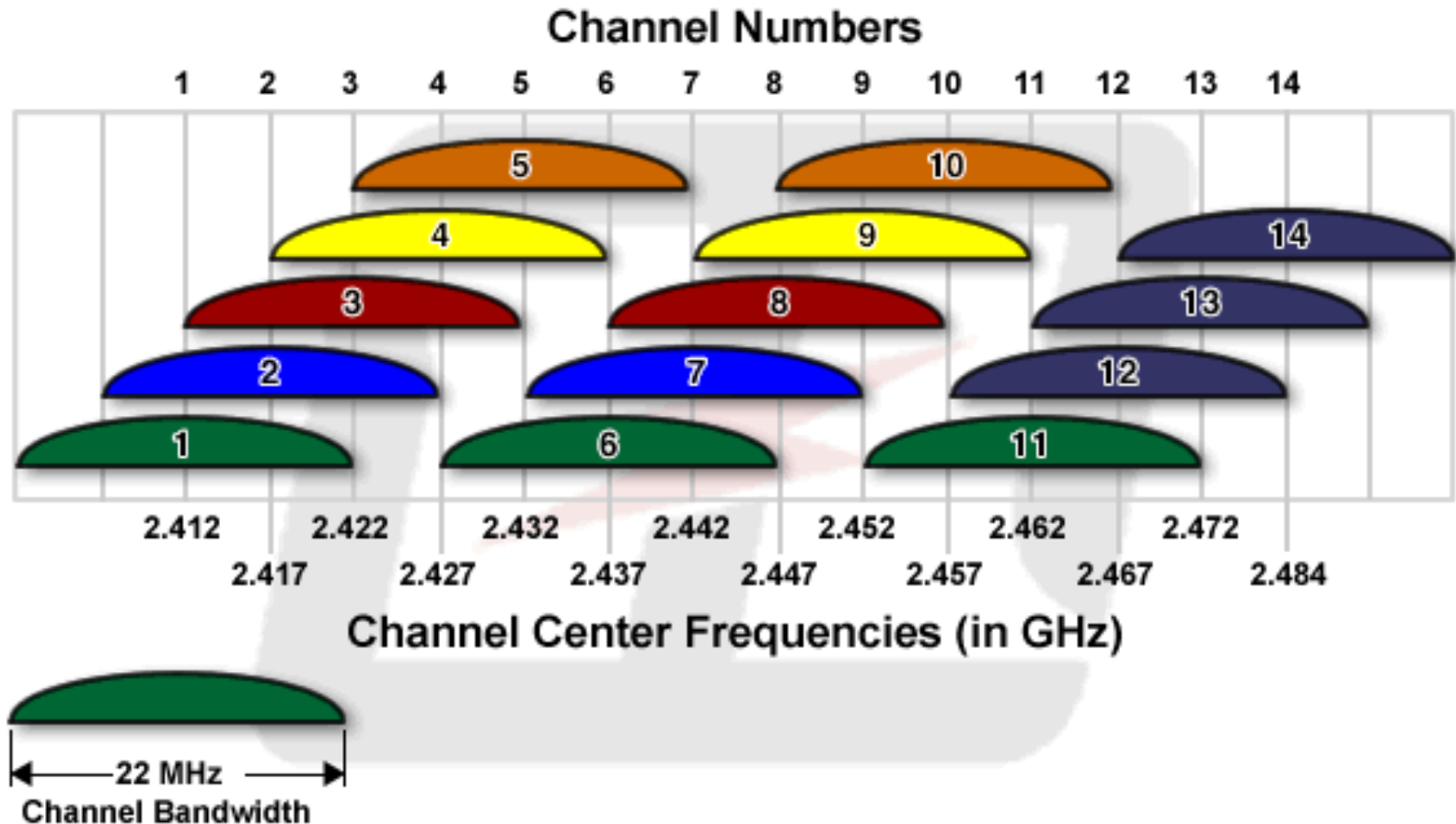
# Lo strato fisico 802.11a

- Emesso nel 1999, implementa il Wi-Fi a banda larga
- Utilizza la banda **ISM** a **5 GHz**
  - $5.15 \div 5.25 + 5.25 \div 5.35 + 5.725 \div 5.825$
  - meno utilizzata di quella a 2.4 GHz
  - maggiore larghezza di banda disponibile (300 MHz)
  - solo limiti sulla potenza massima trasmessa
- Fa uso di OFDM
  - 52 sottoportanti (48 per i dati, 4 per la sincronizzazione)
  - 312.5 kHz di banda per sottoportante
- 12 canali da 20 MHz ciascuno
- Bit rate: **6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mb/s**
  - ottenute con codifiche diverse e modulazioni BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
  - scelte in base alla distanza da coprire

# Lo strato fisico 802.11b

- Emesso nel 1999, implementa il Wi-Fi a banda larga
- Utilizza la banda **ISM** a **2.4 GHz**
- Fa uso di **High-Rate DSSS (HR-DSSS)**
- 14 canali (13 in Europa) da 5 MHz ciascuno
  - il segnale spread spectrum occupa 22 MHz
- Bit rate: **1, 2, 5.5, 11 Mb/s**
  - 1 e 2 Mb/s ottenuti con sequenza PN di Barker a 11 chip e modulazioni DBPSK e DQPSK (compatibile con 802.11)
  - 5.5 e 11 Mb/s ottenuti con una complessa codifica spread spectrum a 11 Mchip/s (Complementary Code Keying – CCK) e modulazione DQPSK
- Riesce ad adattare la bit rate alle condizioni del canale
  - **Dynamic Rate Shifting**

# Canalizzazione 802.11b



**IEEE 802.11 RF Channelization Scheme**

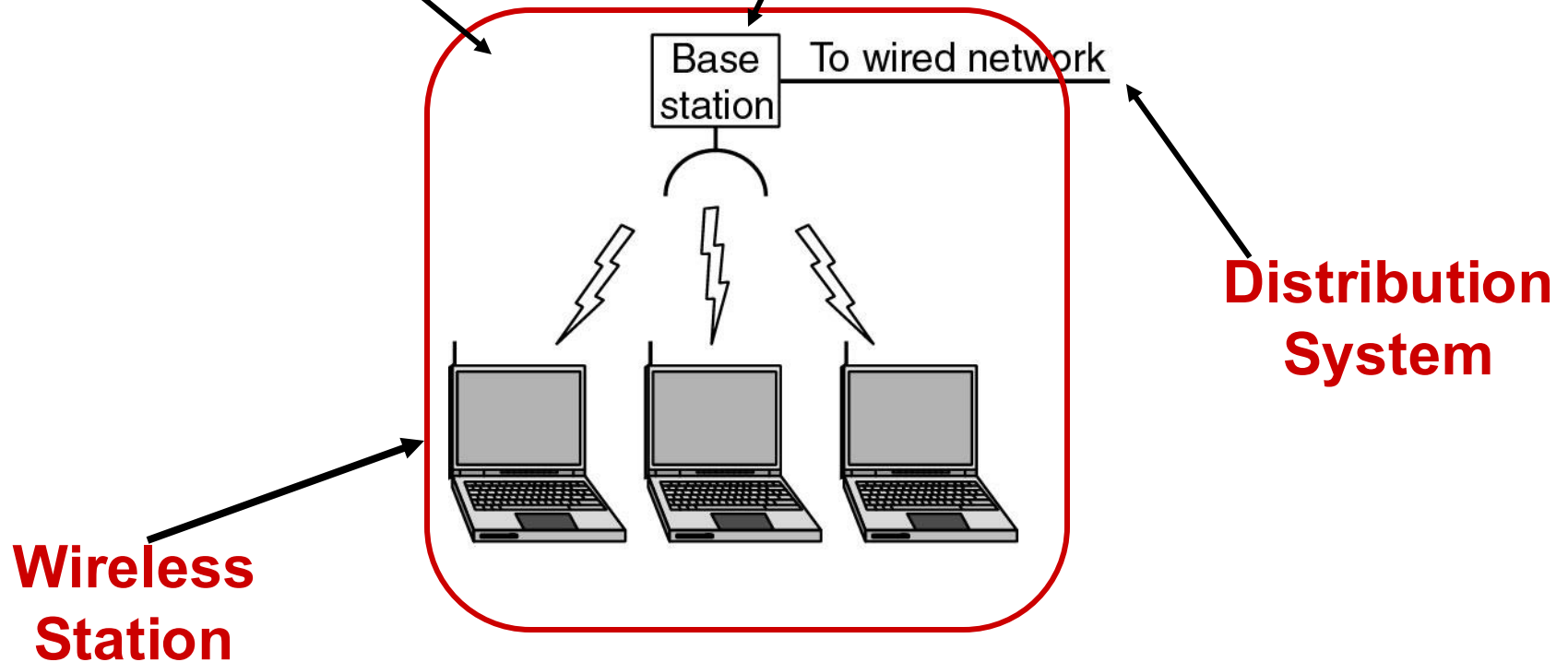
# Lo strato fisico 802.11g

- Emesso nel 2003
- Come 802.11b, utilizza la banda **ISM** a **2.4 GHz**
- Come 802.11a, fa uso di OFDM, ma può usare anche HR-DSSS
- Bit rate
  - HR-DSSS: **1, 2, 5.5, 11 Mb/s**
  - OFDM: **6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mb/s**

# Architettura di rete 802.11

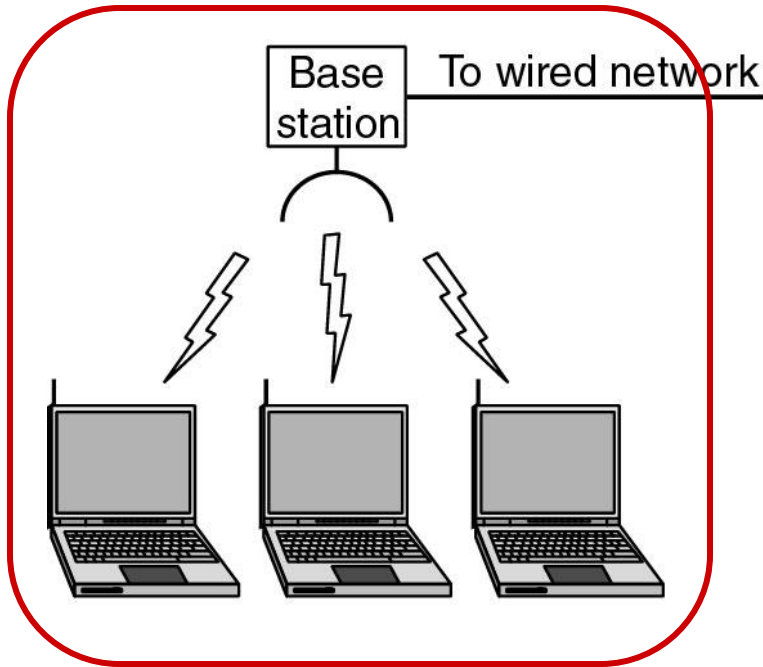
**Basic Service Set (BSS)**

**Access Point (AP)**



# Architettura di rete 802.11

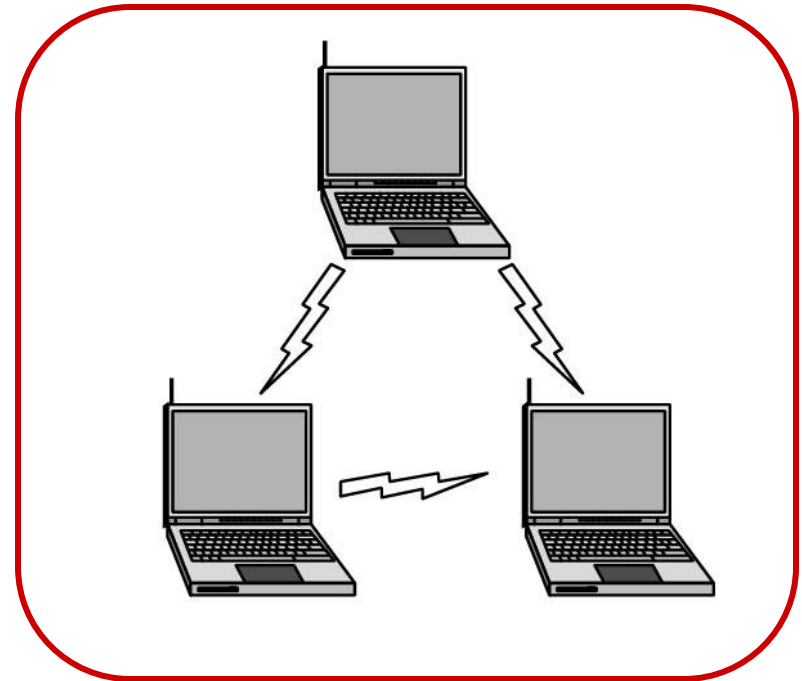
## Modalità Infrastrutturata (Infrastructure BSS)



Le stazioni comunicano attraverso l' AP (anche se non si vedono direttamente)

Da A.S. Tanenbaum, "Reti di Calcolatori"

## Modalità Ad-Hoc (Independent BSS)

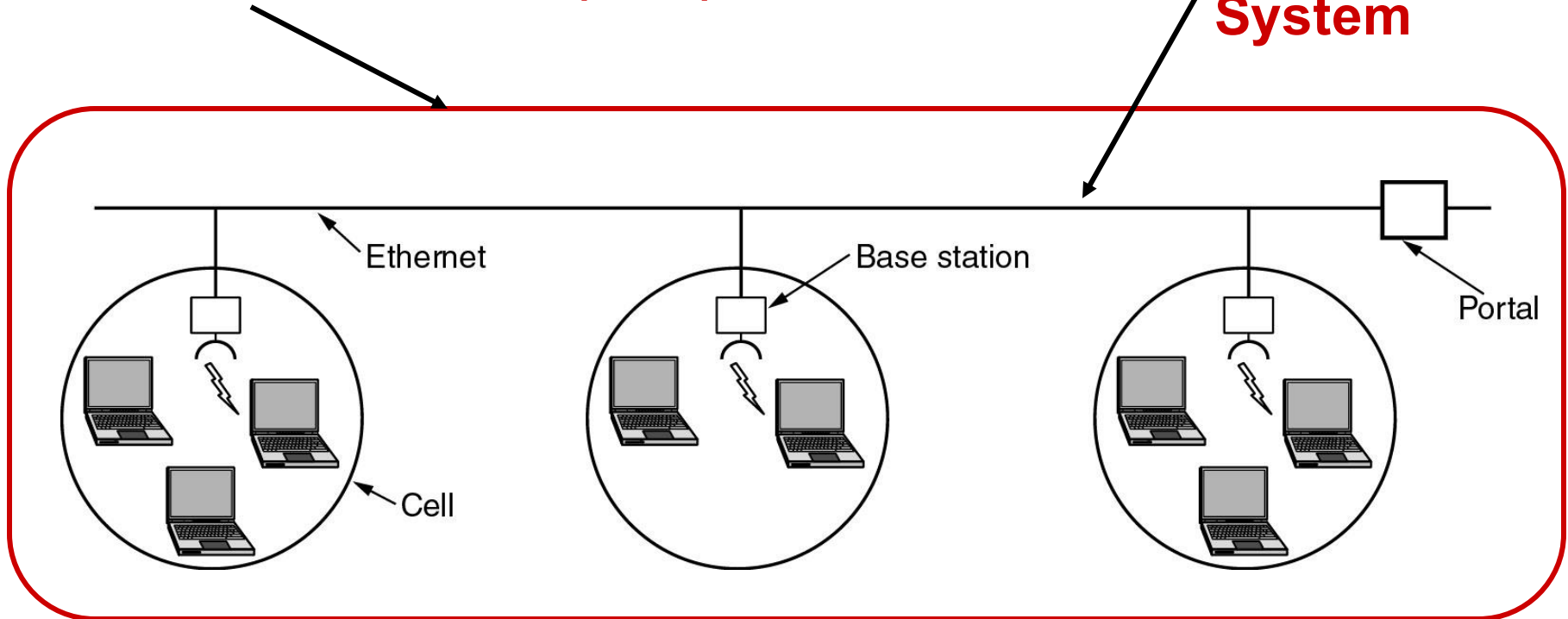


Le stazioni comunicano in modalità peer-to-peer e solo se si vedono direttamente

# Architettura di rete 802.11

**Extended Service Set (ESS)**

**Distribution System**



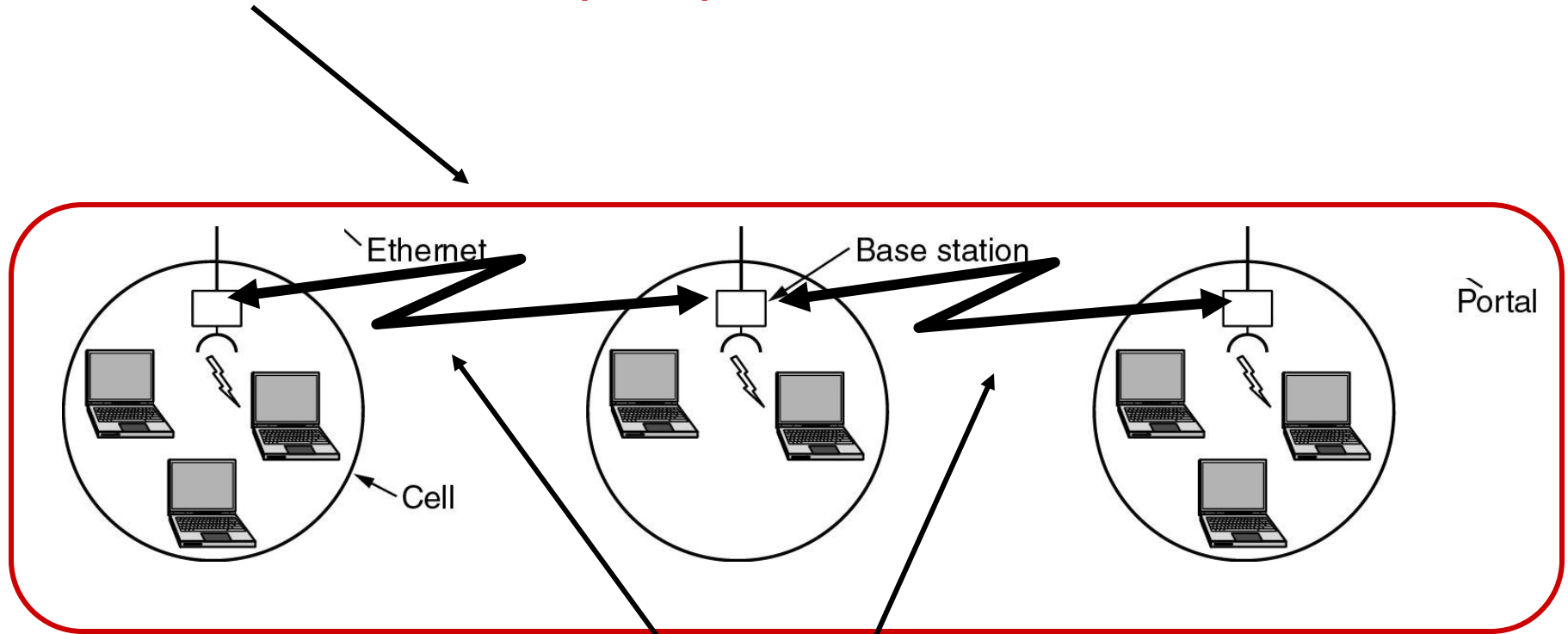
Occorre gestire l'associazione delle stazioni agli AP

Permette la mobilità delle stazioni trasparente agli strati superiori

Gli AP sono configurati come bridge tra WLAN e LAN, così l'intero ESS è visto come un'unica LAN (unico dominio di broadcast)

# Architettura di rete 802.11

## Extended Service Set (ESS)



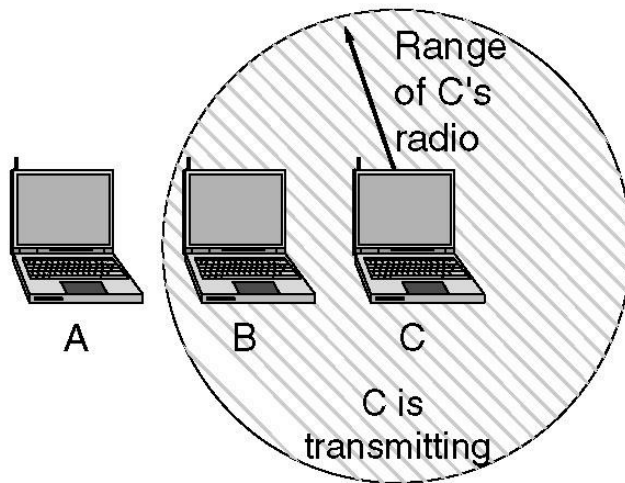
## Wireless Distribution System

# Problemi di accesso multiplo al canale

- A differenza delle LAN cablate, in cui tutti ricevono quello che viene trasmesso sul mezzo condiviso, nelle WLAN ci sono problemi specifici

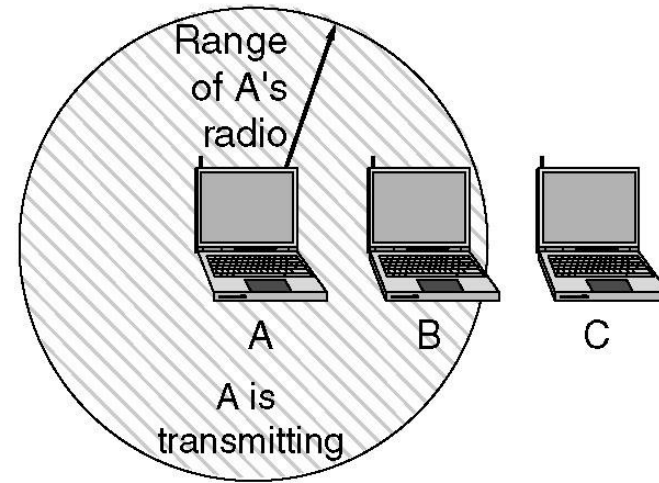
## stazione nascosta

A wants to send to B  
but cannot hear that  
B is busy



## stazione esposta

B wants to send to C  
but mistakenly thinks  
the transmission will fail



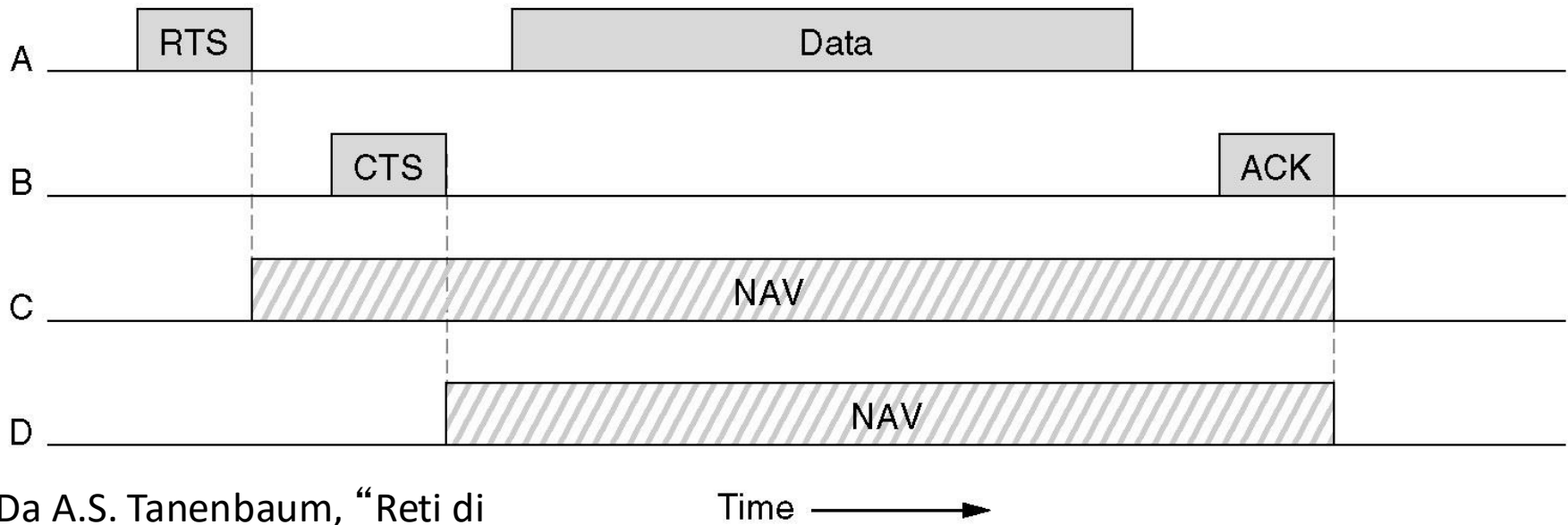
# Problemi di accesso multiplo al canale

- Il problema della stazione nascosta rende maggiormente problematico l'uso del **carrier sensing**, rispetto alle reti cablate
- La natura half-duplex delle interfacce WLAN impedisce l'uso di **collision detect**
- Il protocollo di accesso multiplo CSMA/CD usato da 802.3 non è utilizzabile nelle WLAN
- Si usa il **Carrier Sensing Multiple Access** con **Collision Avoidance (CSMA/CA)** in due modalità
  - **Distributed Coordination Function (DCF)**
    - l'accesso al canale è gestito in modo distribuito
  - **Point Coordination Function (PCF)**
    - l'accesso al canale è gestito dall' AP

# Protocollo MAC 802.11 – DCF

- Prima di inviare una trama, il mittente invia al destinatario un **Request To Send (RTS)**
  - le altre stazioni che lo ricevono sanno che il canale sta per essere occupato e quanto a lungo lo sarà (la durata del frame è contenuta nel RTS)
- Se il destinatario è in grado di ricevere, risponde con un **Clear To Send (CTS)**
  - a questo punto anche le stazioni che vedono il destinatario ma non il mittente sanno che il canale sarà occupato e conoscono la durata del frame
- L'unico ad accorgersi se una trama è errata è il ricevitore
  - invia un **ACK** al mittente per ogni trama ricevuta correttamente
  - se scade un time-out prima della ricezione dell'ACK, il mittente ritrasmette il frame (preceduto da un nuovo RTS)

# Protocollo MAC 802.11 – DCF



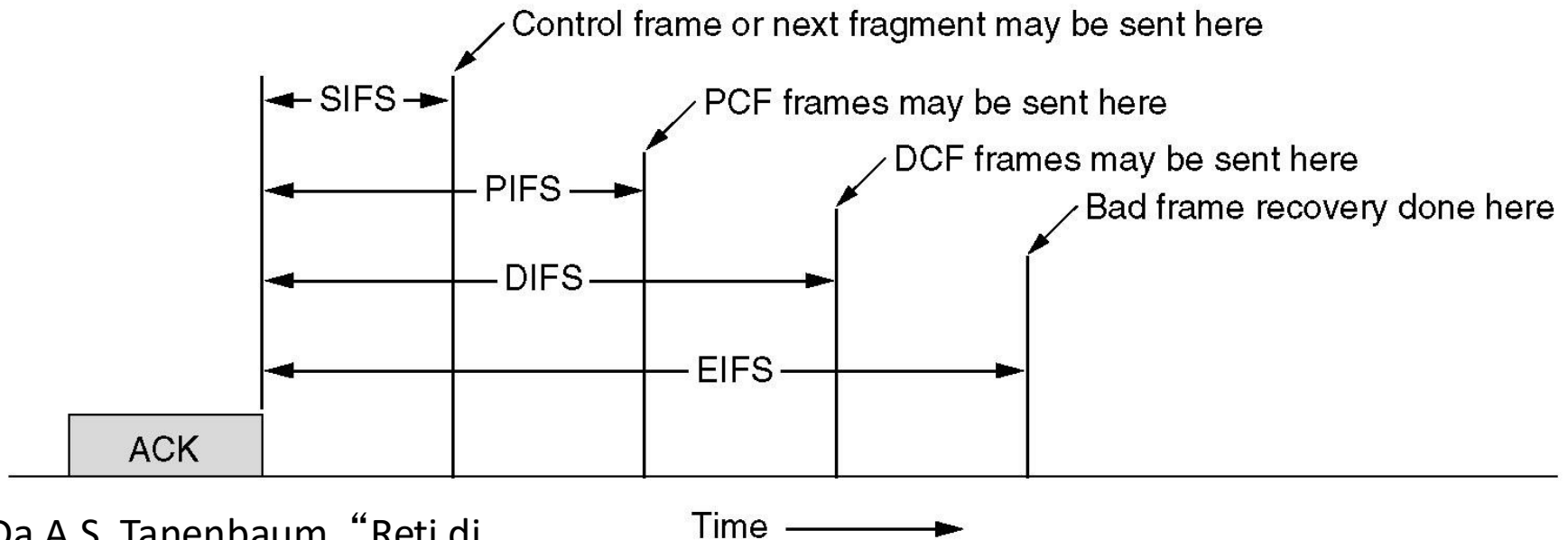
Da A.S. Tanenbaum, “Reti di Calcolatori”

- Le stazioni C e D si accorgono (in tempi diversi) che il canale non è disponibile ed effettuano un carrier sensing virtuale
  - il Network Allocation Vector (NAV) mantiene il canale virtuale occupato
- In caso di collisione tra due RTS, si applica un meccanismo di backoff esponenziale binario
  - si aspetta un tempo casuale entro un intervallo crescente come  $2^n$

# Protocollo MAC 802.11 – PCF

- Nel caso di rete infrastrutturata, l' AP gestisce l' utilizzo del canale a polling, attribuendolo a turno alle stazioni che hanno bisogno di trasmettere
- L' AP trasmette periodicamente un segnale di **beacon** che permette
  - la sincronizzazione delle stazioni
  - la rilevazione della presenza dell' AP
  - la possibilità di entrare nel processo di polling
- Quando una stazione viene attivata, essa scandisce i canali disponibili e cerca i beacon di eventuali AP con cui associarsi
  - tra le altre cose, il beacon mostra il **SSID** (se impostato) che identifica l' AP

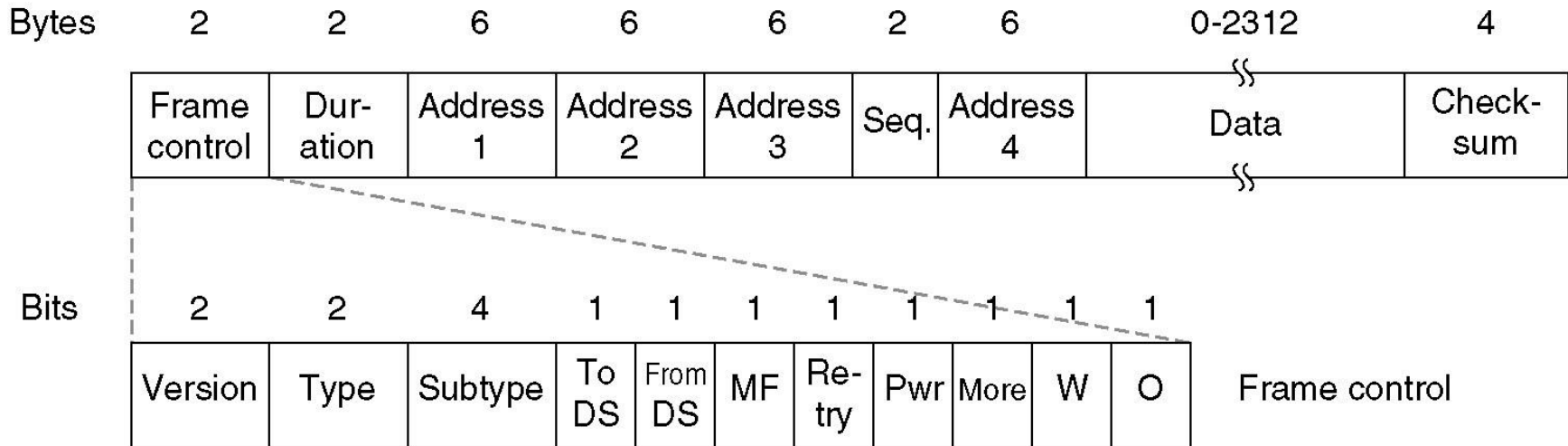
# Protocollo MAC 802.11 – PCF



Da A.S. Tanenbaum, "Reti di Calcolatori"

- dopo SIFS (Short InterFrame Spacing) ci si aspetta che qualcuno trasmetta un ACK, un CTS o un frammento di trama successivo
- altrimenti, dopo PIFS (PCF InterFrame Spacing) ci si aspetta che intervenga l' AP (beacon, polling, ...)
- altrimenti, dopo DIFC (DCF InterFrame Spacing) le altre stazioni possono provare ad accedere (con un RTS)
- altrimenti, dopo EIFS (Extended InterFrame Spacing) chi ha ricevuto un frame inatteso può segnalarlo

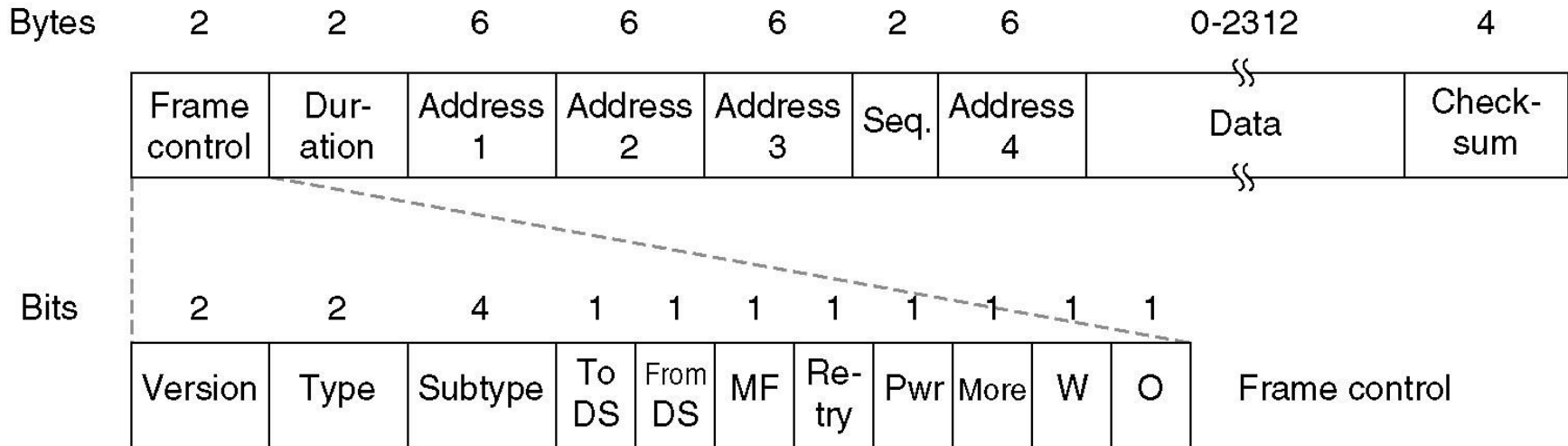
# Trama MAC 802.11



- Type = data, control, management
- Subtype = RTS, CTS, ACK, ...
- To DS, From DS = diretto a o proveniente dal sistema di distribuzione
- MF = More Fragments
- Retry = è una ritrasmissione
- Pwr = gestione dell' alimentazione delle stazioni (sleep, wake-up)
- More = altri frame a seguire
- W = dati cifrati con WEP
- O = mantenere l' ordine di sequenza dei frame

Da A.S. Tanenbaum, "Reti di Calcolatori"

# Trama MAC 802.11

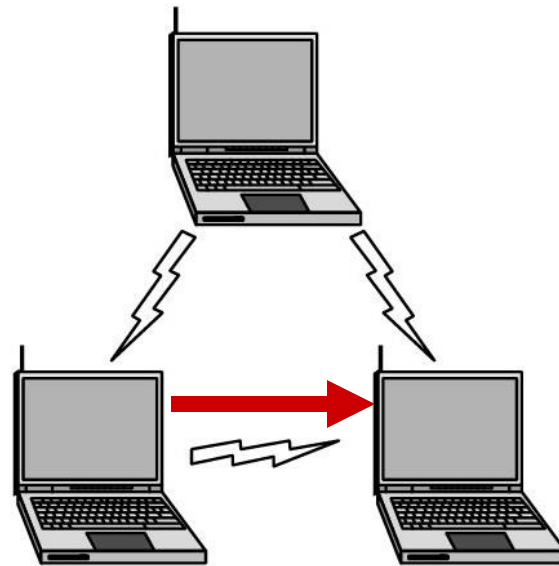


Da A.S. Tanenbaum, “Reti di Calcolatori”

- Duration = durata del frame e del relativo ACK
- Address 1...4 = indirizzi MAC (48 bit) di mittente, destinatario, Tx e RX radio (usati secondo le situazioni specifiche)
- Sequence = numerazione delle trame in sequenza
- Checksum = codice di controllo d' errore

# Indirizzamento 802.11

## IBSS (Ad-Hoc)



DA = destinatario e Rx

SA = mittente e Tx

Address 1 = DA

Address 2 = SA

Address 3 = BSSID (casuale generato da una delle stazioni nell' IBSS)

Address 4 = N/A

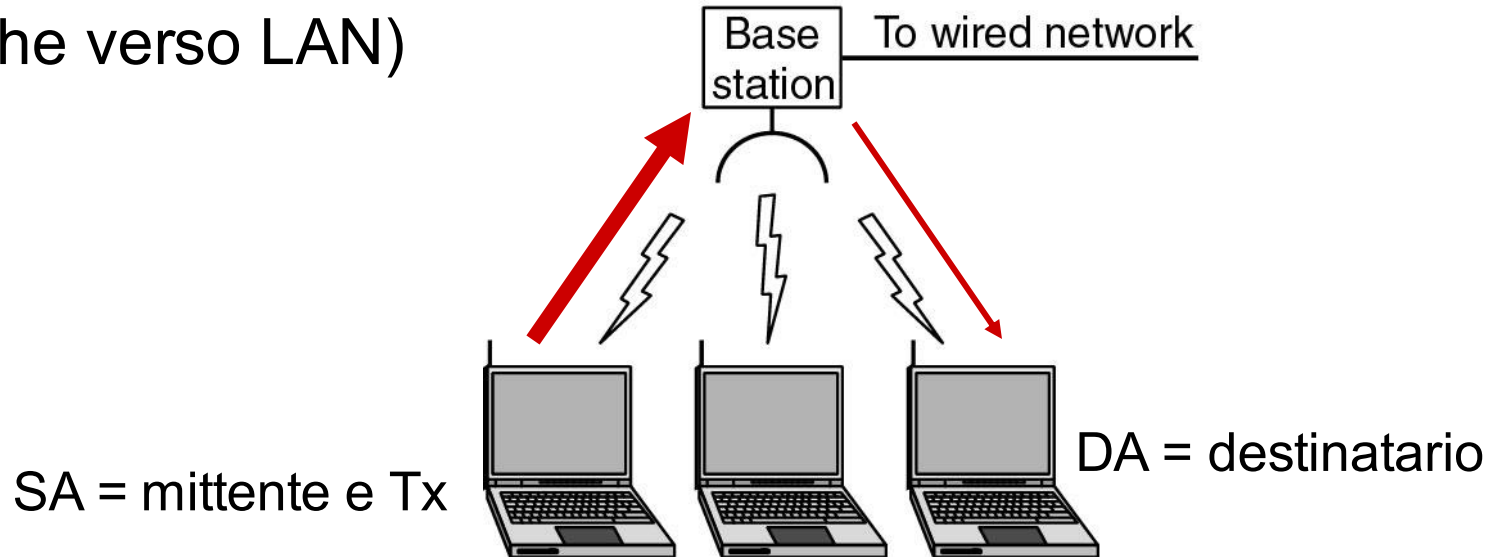
To DS = 0

From DS = 0

# Indirizzamento 802.11

BSS/ESS Uplink  
(anche verso LAN)

BSSID = Rx



Address 1 = BSSID (MAC address dell' AP)

Address 2 = SA

Address 3 = DA

Address 4 = N/A

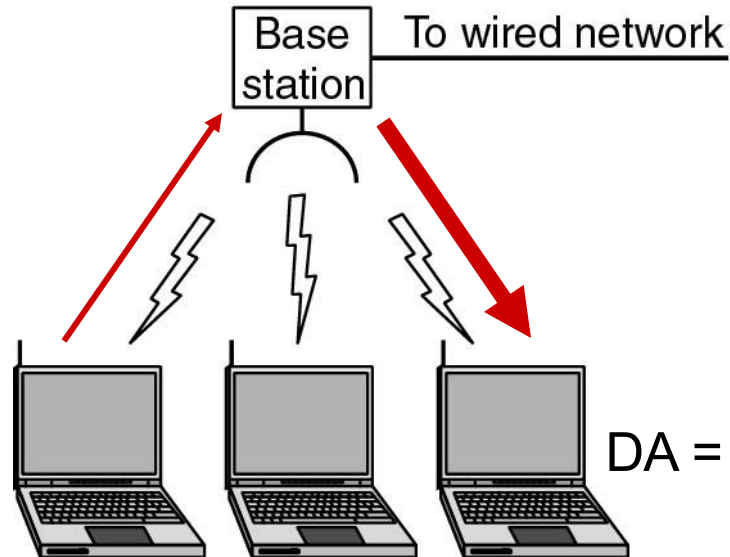
To DS = 1

From DS = 0

# Indirizzamento 802.11

BSS/ESS Downlink  
(anche da LAN)

BSSID = Tx



SA = mittente

DA = destinatario e Rx

Address 1 = DA

Address 2 = BSSID (MAC address dell' AP)

Address 3 = SA

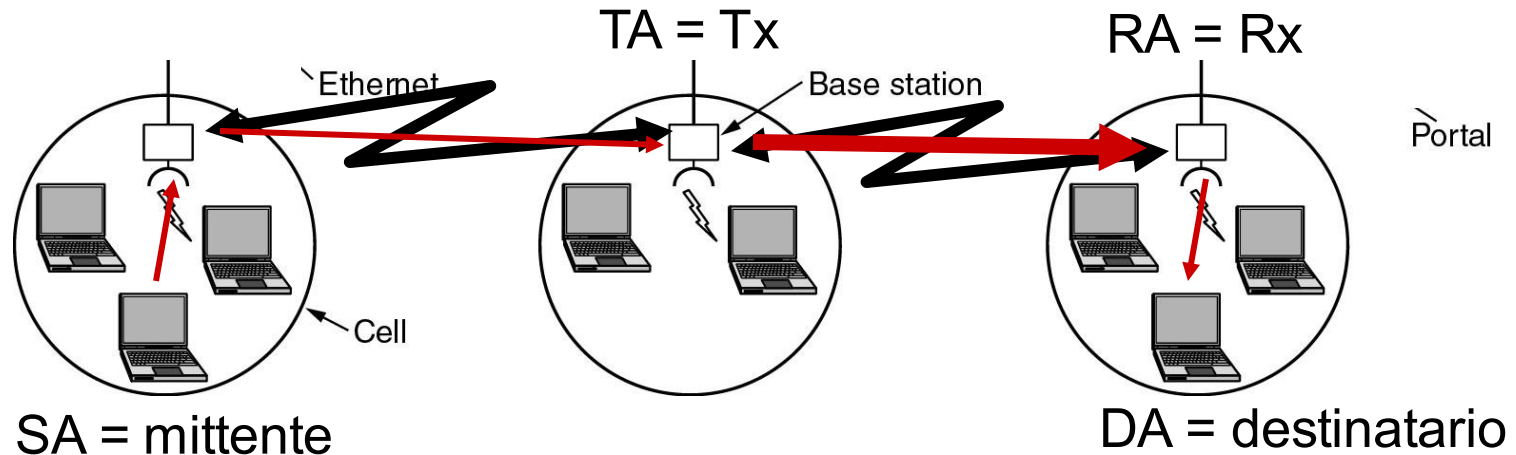
Address 4 = N/A

To DS = 0

From DS = 1

# Indirizzamento 802.11

## ESS con Wireless Distribution System



Address 1 = RA

Address 2 = TA

Address 3 = DA

Address 4 = SA

To DS = 1

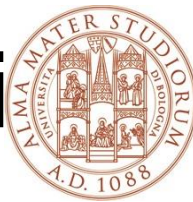
From DS = 1



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

# Interconnessione di LAN

# Alternative di interconnessione di LAN



- A volte può essere conveniente suddividere una LAN in più spezzoni o interconnettere LAN o reti di tipo diverso
- Servono apparati di interconnessione che a seconda della funzionalità prendono il nome di
  - Repeaters
  - Bridge
  - Routers
  - Gateways

# REPEATER

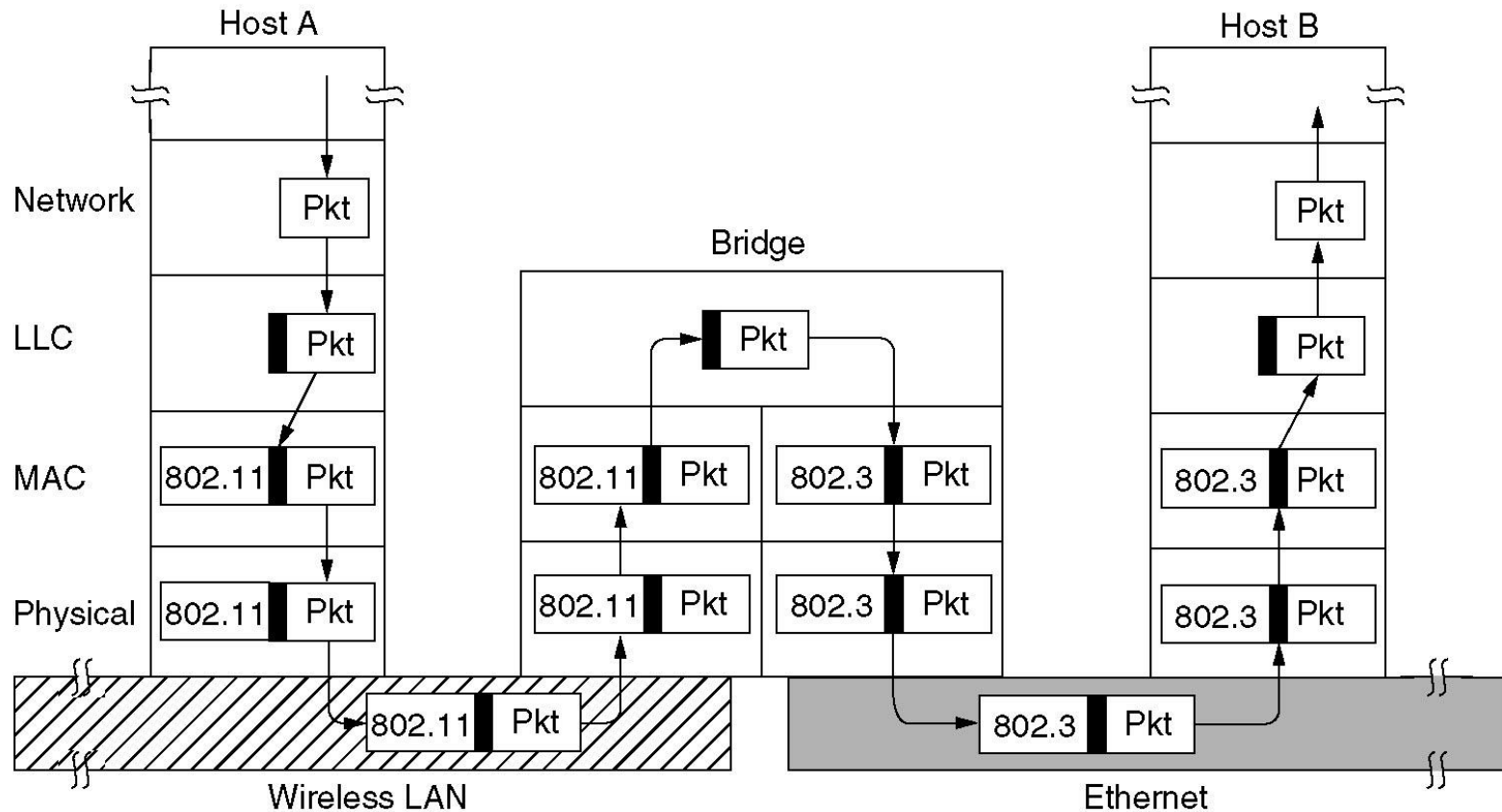
- Apparato attivo che collega 2 o più mezzi di trasmissione
- Opera a livello dello **strato1** OSI
- Permette l'estensione del mezzo di trasmissione
  - Amplifica il segnale
  - Rigenera i bit entranti e li sincronizza
- Permette di estendere una topologia LAN
  - Utilizza più "spezzoni" di mezzo trasmissivo, ciascuno dei quali deve sottostare alle norme di standard
  - Le "parti" della LAN devono essere equivalenti per quanto riguarda il livello 2 (MAC)
- Nella rete Ethernet il diametro complessivo non deve superare i 2500 metri

# Bridge

- Opera a livello dello strato 2 OSI
- Può interconnettere LAN di tipo diverso (Ethernet con Token ring, ...)
  - Esegue più protocolli MAC
  - Effettua conversioni del formato di trama
- Nel caso di reti Ethernet separa i domini di collisione
  - Il vincolo dei m. 2500 si applica al collision domain
  - Tramite bridge si possono realizzare LAN di dimensione superiore
- Learning bridge e Filtering bridge
  - Impara quali stazioni sono connesse ad una porta analizzando il "source address" delle trame MAC
  - Invia la trama solo sulla porta di uscita dove si trova il destinatario analizzando il destination address della trama MAC
    - Esegue una funzione di instradamento a livello di trama
  - Separa il traffico dei diversi domini di collisione

# Bridge da 802.x a 802.y

Operation of a LAN bridge from 802.11 to 802.3.

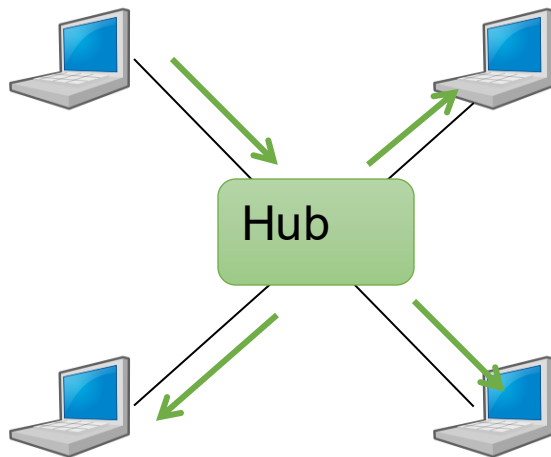


# SWITCH

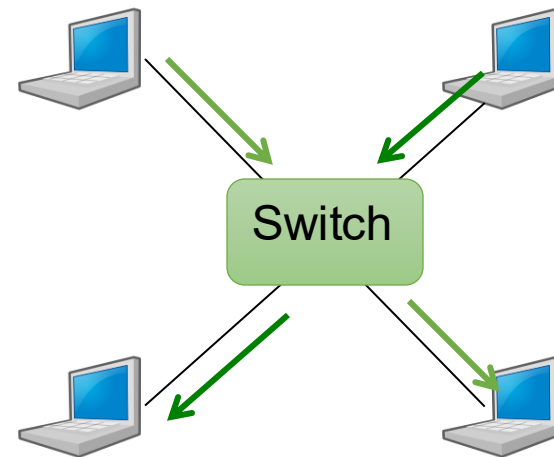
- È un bridge ad alta densità di porte
- Tipicamente ad ogni porta è connessa una sola stazione
- È in grado di trasferire contemporaneamente trame da più porte di ingresso a più porte di uscita
  - Opera una funzione di commutazione a livello 2 basata sull'indirizzo MAC
- Uno switch Ethernet svolge una funzione simile all'hub ma garantendo maggiori prestazioni

# Differenza fra hub e switch

- Hub
  - bus collassato = mezzo condiviso, trasmissione broadcast delle trame
  - Capacità aggregata = capacità della singola porta
- Switch
  - Sistema di commutazione = ri-trasmissione selettiva delle trame
  - Capacità aggregata superiore a quella della singola porta



Esempio: hub fast ethernet  
Si trasferiscono 100 Mbit/s



Esempio: switch fast ethernet  
Si trasferiscono 200 Mbit/s<sub>1</sub>

# Learning Switch

