



**Politecnico
di Milano**

**Dipartimento di
Elettronica e
Informazione**

Reti di Telecomunicazione

*Reti in area locale – LAN
Architetture*



Sommario

- **Proprietà**
- **Progetto IEEE 802**
- **IEEE 802.3: Ethernet**
- **IEEE 802.11: Wireless LAN**



Sommario

- **Proprietà**
 - ◆ Topologie
 - ◆ Protocolli di accesso
- **Progetto IEEE 802**
- **IEEE 802.3: Ethernet**
- **IEEE 802.11: Wireless LAN**



LAN

Caratteristiche

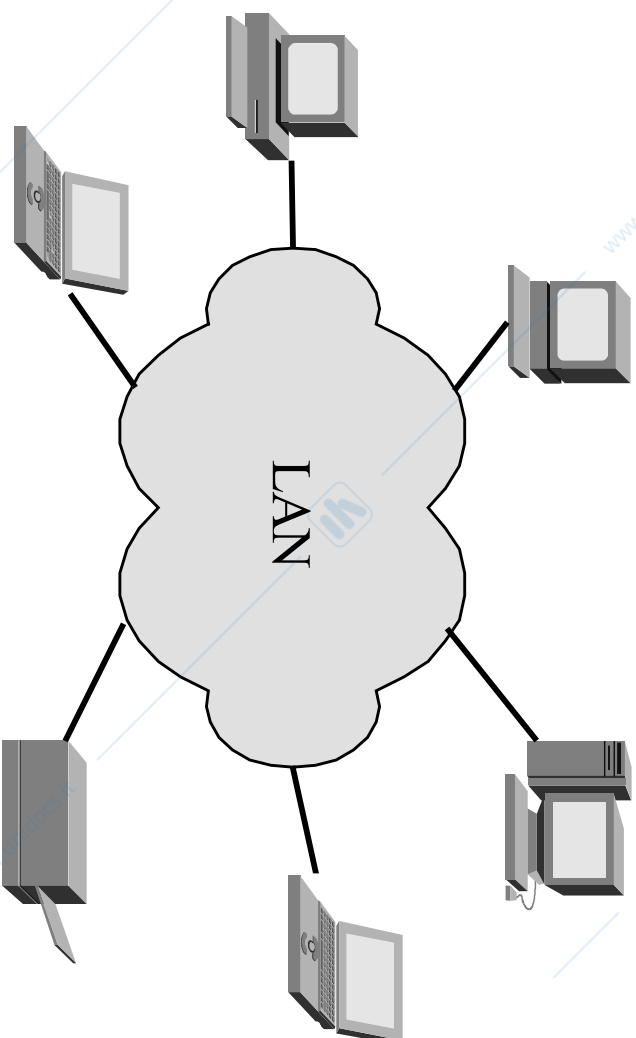
- **Definizione**
 - ◆ Sistema di comunicazione tra apparecchiature indipendenti entro un'area limitata che utilizza un canale fisico ad alta capacità con basso tasso d'errore
- **Attributi di una LAN**
 - ◆ Affidabilità: schede di LAN oggi prodotte con garanzia illimitata
 - ◆ Flessibilità: utilizzate per applicazioni molto diverse (LAN di PC, integrazione PC-mainframe, ecc.)
 - ◆ Espandibilità: crescita graduale della rete nel tempo in termini di
 - **Numero di utenti supportati**
 - **Parametri del servizio fornito (capacità, qualità di servizio, ecc.**
 - ◆ Standardizzazione: componenti di diversi costruttori utilizzabili e intercambiabili
 - ◆ Economicità: elemento chiave per la diffusione delle LAN



LAN

Struttura

- **Apparecchiature terminali di diverso tipo, con in comune l'hw per la comunicazione in rete**
- **Trasferimento di informazioni**
 - ◆ Trasmissione: mezzo trasmissivo "broadcast"
 - ◆ Comunicazione tra stazioni realizzata mediante "indirizzamento"
- **2 caratteristiche principali**
 - ◆ Il controllo di accesso al mezzo
 - ◆ La topologia



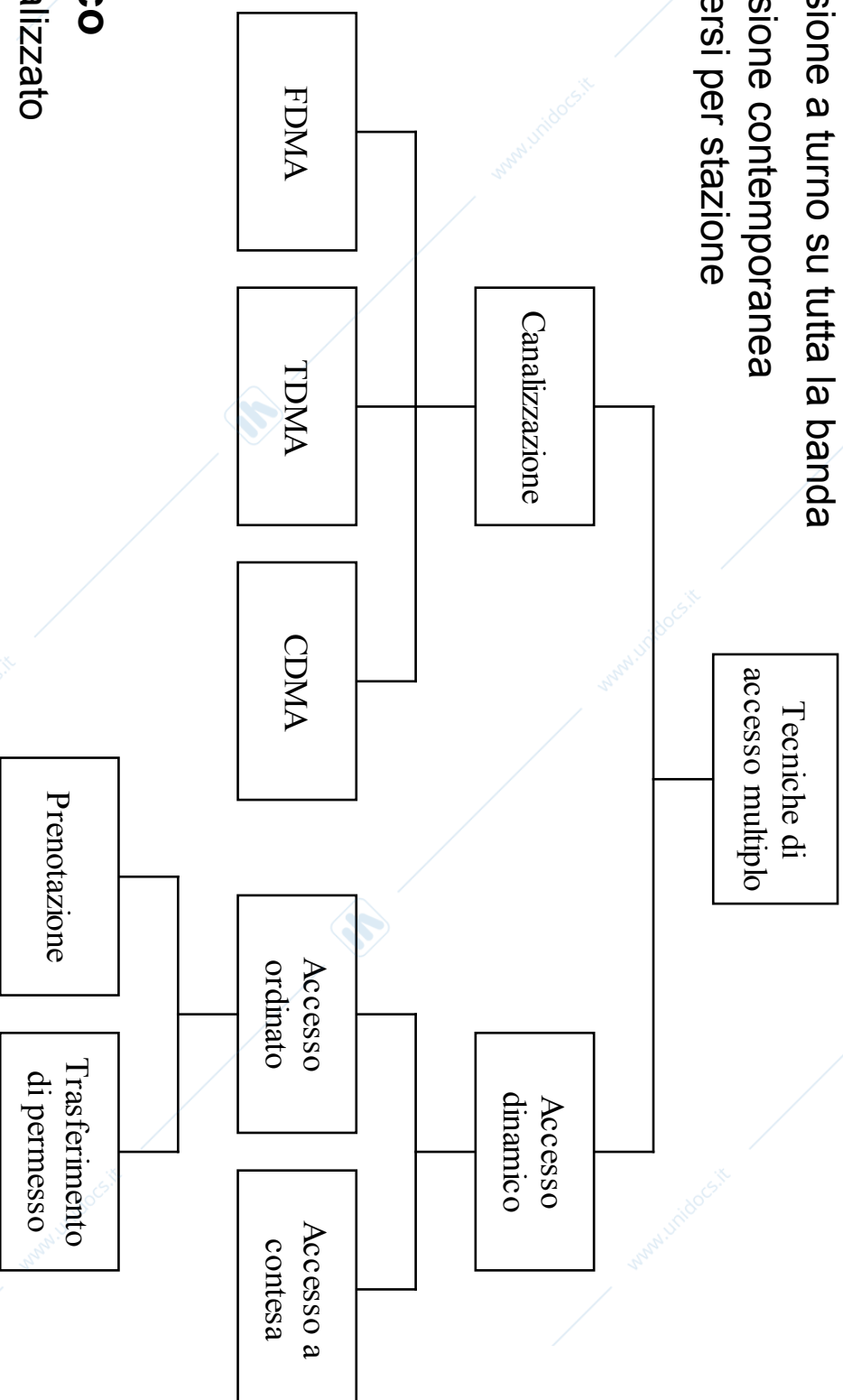


Tecniche di accesso multiplo

Tassonomia

■ Canalizzazione

- ◆ FDMA: trasmissione contemporanea su bande diverse
- ◆ TDMA: trasmissione a turno su tutta la banda
- ◆ CDMA: trasmissione contemporanea con "codici" diversi per stazione



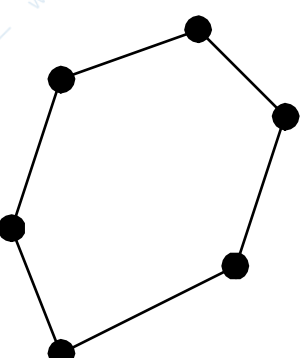
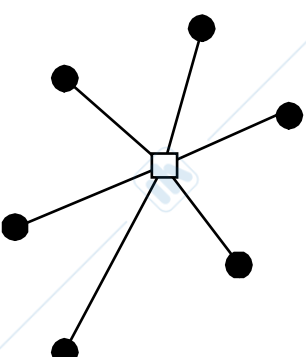
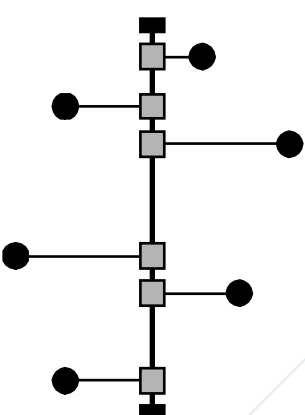
■ Accesso dinamico

- ◆ Controllo centralizzato
- ◆ Controllo distribuito



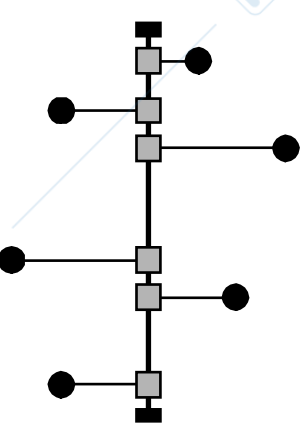
Topologie di rete

- **Bus**
 - ◆ Trasmissione bidirezionale
 - Half duplex
 - Full duplex
 - ◆ Stazioni: solo sorgente/destinazione di trame
- **Stella**
 - ◆ Trasmissione bidirezionale
 - ◆ Stazioni: solo sorgente/destinazione di trame
 - ◆ Nodo centrale ritrasmette le trame
- **Anello**
 - ◆ Trasmissione unidirezionale
 - ◆ Stazioni attive: ogni nodo ritrasmette anche le trame delle altre stazioni

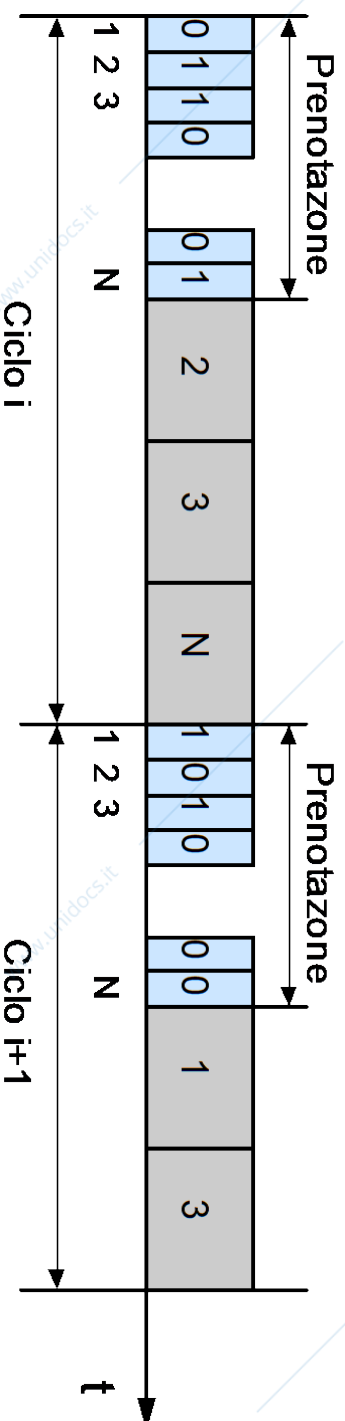


Topologia a bus

Accesso a prenotazione



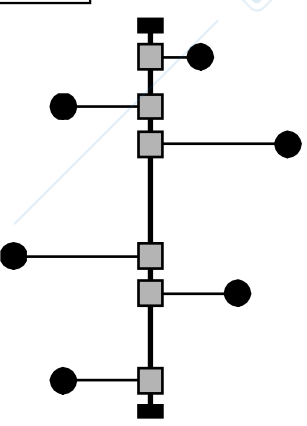
- **N stazioni con canale condiviso utilizzato in modalità half-duplex**
- **Asse temporale diviso in cicli di durata variabile**
- **Un ciclo comprende**
 - ◆ **N minislot per prenotazione**
 - ◆ **Slot dati di durata fissa in numero uguale alle prenotazioni nel ciclo**
- **Slot dati di durata variabile possibile con minislot che consentono di comunicare la lunghezza dello slot dati prenotato**



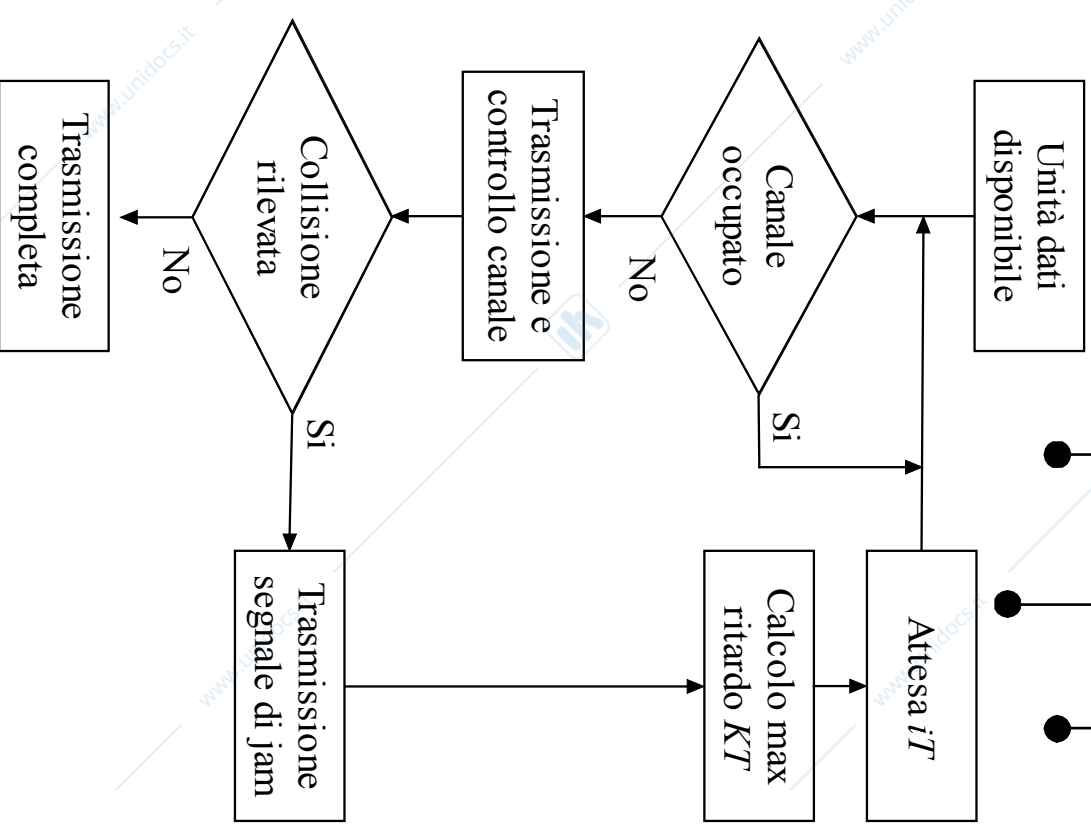


Topologia a bus

Accesso a contesa

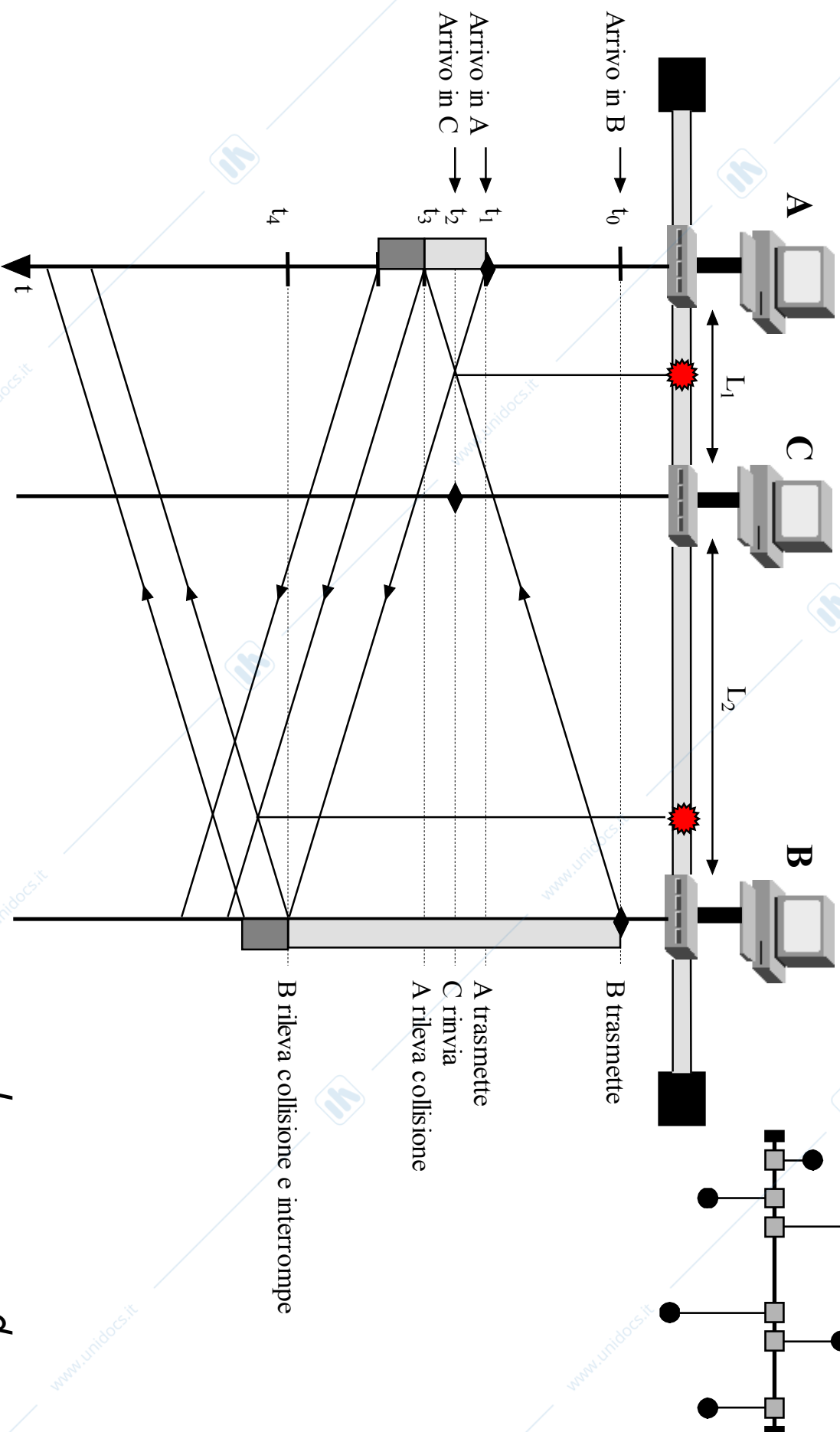


- **Metodo di accesso: CSMA/CD**
 - ◆ Carrier Sense: listen before talking
 - ◆ Multiple Access: mezzo trasmissivo condiviso con possibili collisioni
 - ◆ Collision Detection: listen while talking
- **Gestione collisioni**
 - ◆ Il MAC interrompe la trasmissione se rileva collisione
 - ◆ Il MAC genera segnale di jamming di 32 bit per segnalare l'avvenuta collisione
 - ◆ Il MAC rischedula la trasmissione con algoritmo di back-off (max 16 volte)
 - Ritardo è un multiplo intero iT dello slot time T (T dipende dalla frequenza di cifra C)
 - i è numero casuale in $[0, K]$
 - $K = 2^k - 1$, $k = \min(n, 10)$ dopo n collisioni
- **Protocollo CSMA/CD garantisce utilizzazione half-duplex del canale condiviso**



Topologia a bus

Accesso a contesa



- **Relazione tra parametri che consente la funzione "CD"**

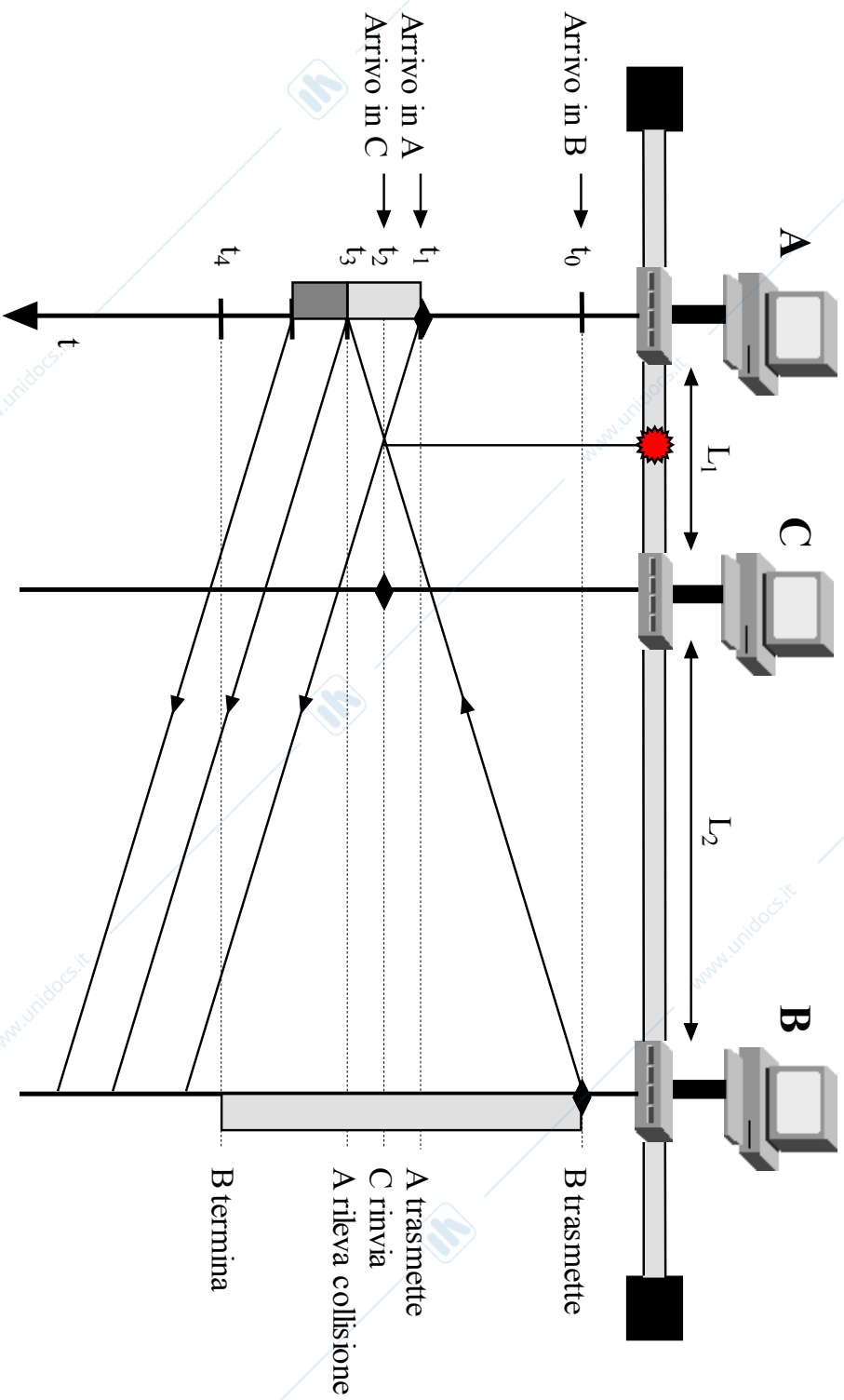
$$\frac{L_{\min}}{C} \geq 2\tau = 2 \frac{d_{\max}}{V}$$



Topologia a bus

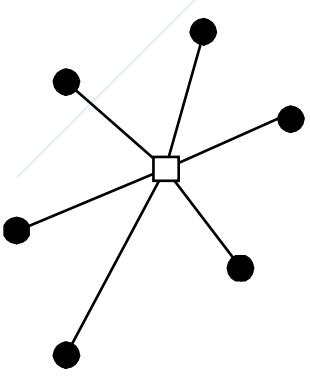
Accesso a contesa

■ Dimensionamento non corretto





Topologia a stella



- **Centro stella agisce da snodo delle informazioni**
- **Prende il nome di**
 - ◆ Hub (reti wired)
 - ◆ Stazione radio base (reti wireless)

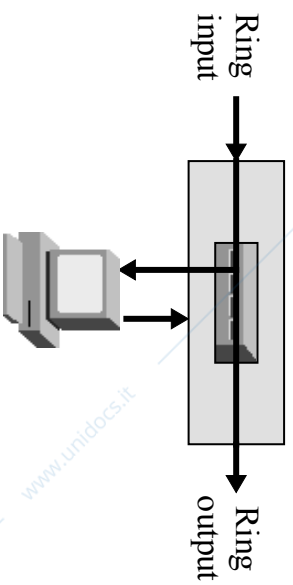


Topologia ad anello

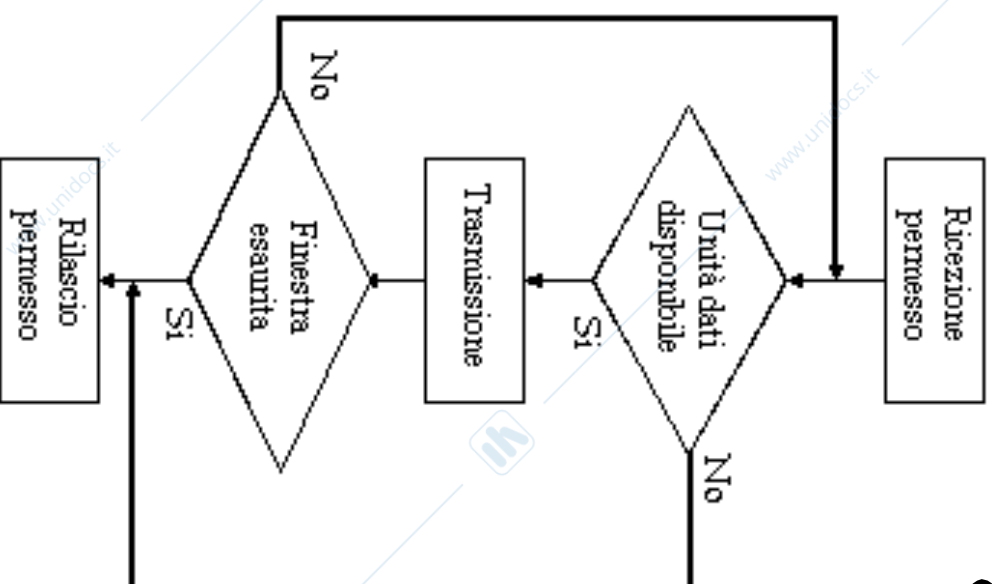
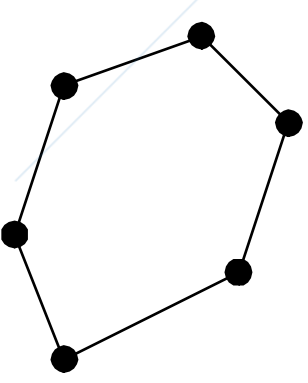
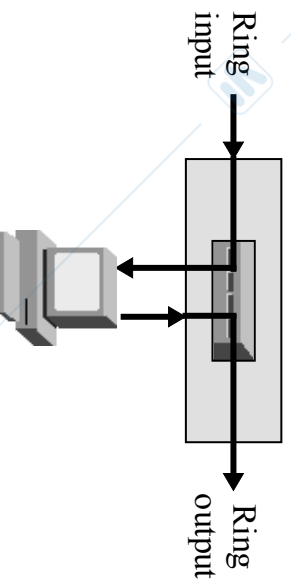
Accesso con trasferimento di permesso

■ Stato dell'interfaccia di stazione

◆ Ascolto (anello chiuso)



◆ Trasmissione (anello aperto)





Sommario

- **Proprietà**
- **Progetto IEEE 802**
 - ◆ Comitati IEEE
 - ◆ Strato LLC
 - ◆ Strato MAC
- **IEEE 802.3: Ethernet**
- **IEEE 802.11: Wireless LAN**
- **IEEE 802.5: Token ring**



LAN

Il progetto IEEE 802

- **Comitati IEEE per standardizzare l'evoluzione delle LAN (e MAN)**
 - ◆ 802.1 Overview, Architecture, Bridging and Management
 - ◆ 802.2 Logical Link Control
 - ◆ 802.3 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
 - 802.3u 100BaseT; 802.3z 1000BaseT
 - ◆ 802.5 Token Ring
 - ◆ 802.11 Wireless network

■ Struttura del progetto IEEE 802

	Strati superiori			Rete
LLC	802.2. Logical link control			Collegamento dati
MAC	802.3 CSMA/CD	802.5 Token ring	802.11 Wireless LAN	Fisico
PL	UTP, STP, radio, fibra, ecc.			OSI

IEEE 802



LAN

Il progetto IEEE 802

- **Altri comitati “dormienti”**
 - ◆ 802.4 Token Bus
 - ◆ 802.6: DQDB (Distributed Queue Dual Bus) - MAN
 - ◆ 802.7 Broadband technical advisory group
 - ◆ 802.8 Fiber-optic technical advisory group
 - ◆ 802.9 Integrated data and voice networks
 - ◆ 802.10 Network security
 - ◆ 802.12 100VG AnyLAN
 - ◆ 802.14 Cable-TV based broadband communication network
- **Altri comitati attivi**
 - ◆ 802.15 Wireless Personal Area Network (Bluetooth)
 - ◆ 802.16 Broadband Wireless Access (WiMAX)
 - ◆ 802.17: Resilient packet ring (RPR)



LAN

Il progetto IEEE 802

- **IEEE 802.1**
 - ◆ Specifiche generali del progetto IEEE 802
 - ◆ 802.1 Part A: Overview and Architecture
 - ◆ 802.1 Part B: Addressing, Internetworking and Network Management
 - ◆ 802.1 Part C: MAC Bridges
- **Obiettivo: LAN e MAN devono fornire interfaccia unificata verso il livello Network, nonostante le diverse tecnologie trasmissive**
- **Mezzo: livello Data Link diviso in**
 - ◆ LLC (Logical Link Control)
 - Comune a tutte le LAN
 - ◆ MAC (Medium Access Control)
 - Specifico per la singola LAN



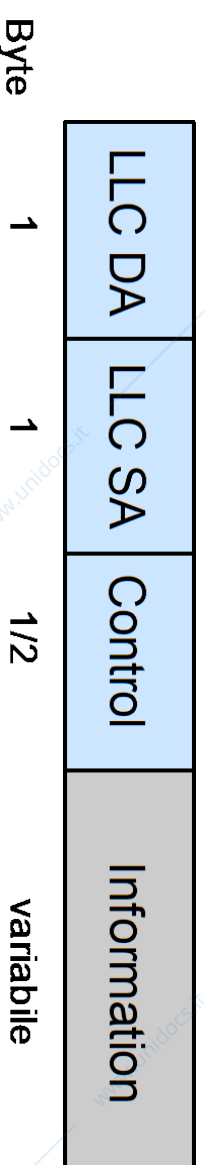
LAN

Strato LLC

- **LLC**
 - ◆ Fornisce interfaccia unificata verso il livello Network
 - ◆ Derivato da HDLC senza frame delimitation e FCS già svolti a livello MAC
 - ◆ Livello LLC realizzato in software (livello MAC in hardware)
 - ◆ Servizi resi
 - Connectionless senza riscontro
 - Connection-oriented
 - Connectionless con riscontro

■ Formato di LLC-PDU

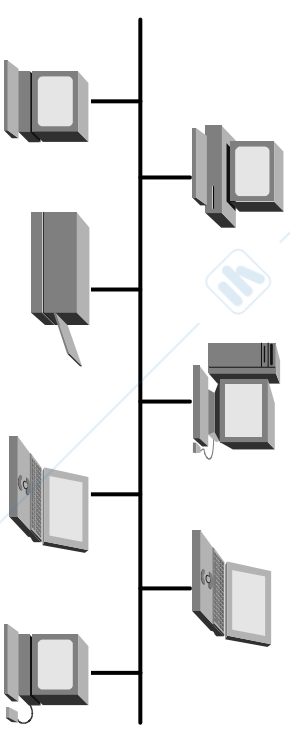
- ◆ LLC DA
- ◆ LLC SA
- ◆ Control
 - 1 byte: U-PDU
 - 2 byte: S-PDU, I-PDU
- ◆ Information





LAN

Strato MAC



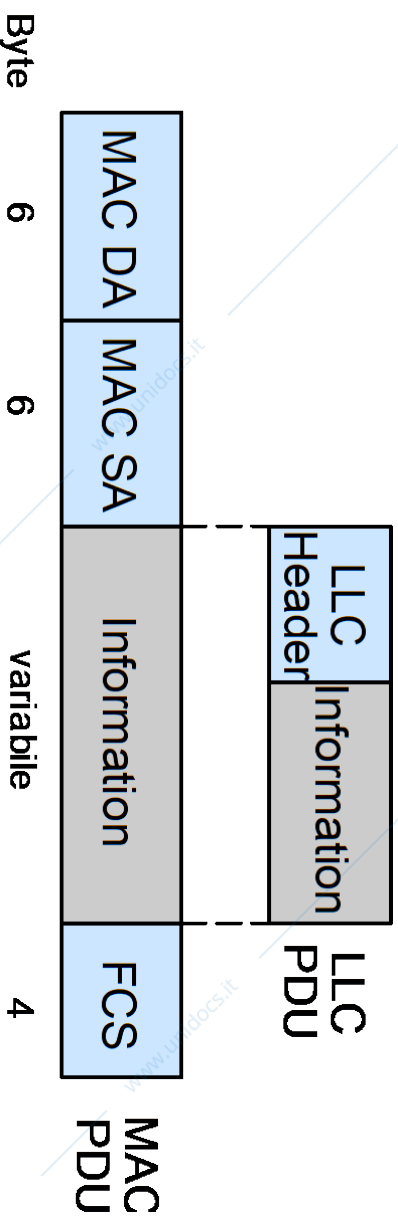
- **Il livello MAC**
 - ◆ Risolve il problema della condivisione del mezzo trasmissivo
 - ◆ Necessario poiché a livello Data Link le LAN usano una sottorete trasmissiva broadcast
- **Problemi connessi ad una sottorete condivisa trasmissiva di tipo broadcast**
 - ◆ Trasmissione: verifica di canale libero prima di trasmettere il messaggio
 - **Soluzione; uso di algoritmo di accesso**
 - ◆ Ricezione: determinazione dell'effettivo destinatario del messaggio
 - **Soluzione: uso di indirizzi a livello MAC (nella MAC-PDU) che trasformano trasmissioni broadcast in broadcast in**
 - Comunicazioni punto-punto (ultimo bit =0)
 - Comunicazioni punto-gruppo (ultimo bit =1)
 - Comunicazioni broadcast



LAN

Strato MAC

- **MAC-PDU**
 - ◆ DA, SA: 48 bit
 - ◆ FCS: codice CRC a 32 bit
- **Tipi indirizzo di destinazione**
 - ◆ Single
 - ◆ Multicast
 - ◆ Broadcast (FF-FF-FF-FF-FF-FF)
- **Scheda che riceve una trama**
 - ◆ Verifica integrità
 - ◆ Analizza indirizzo
 - MAC-DA broadcast
 - MAC-DA single con indirizzo uguale a quello della scheda
 - MAC-DA multicast con indirizzo di scheda nel gruppo



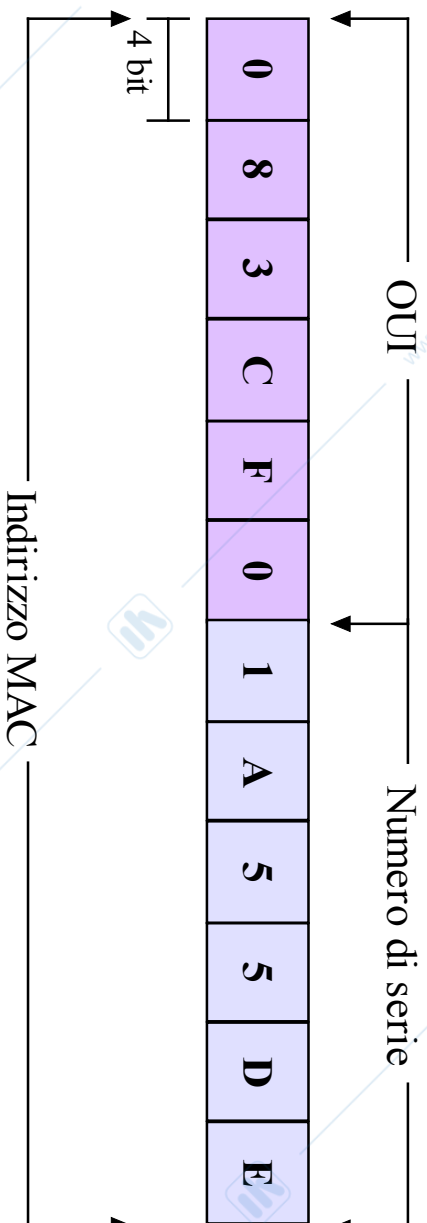


LAN

Strato MAC

■ Indirizzi MAC

- ◆ 6 byte nella ROM della scheda
 - Primi 3 byte: codice costruttore (OUI – Organization Unique Identifier)
 - Secondi 3 byte: numerazione progressiva



■ FCS

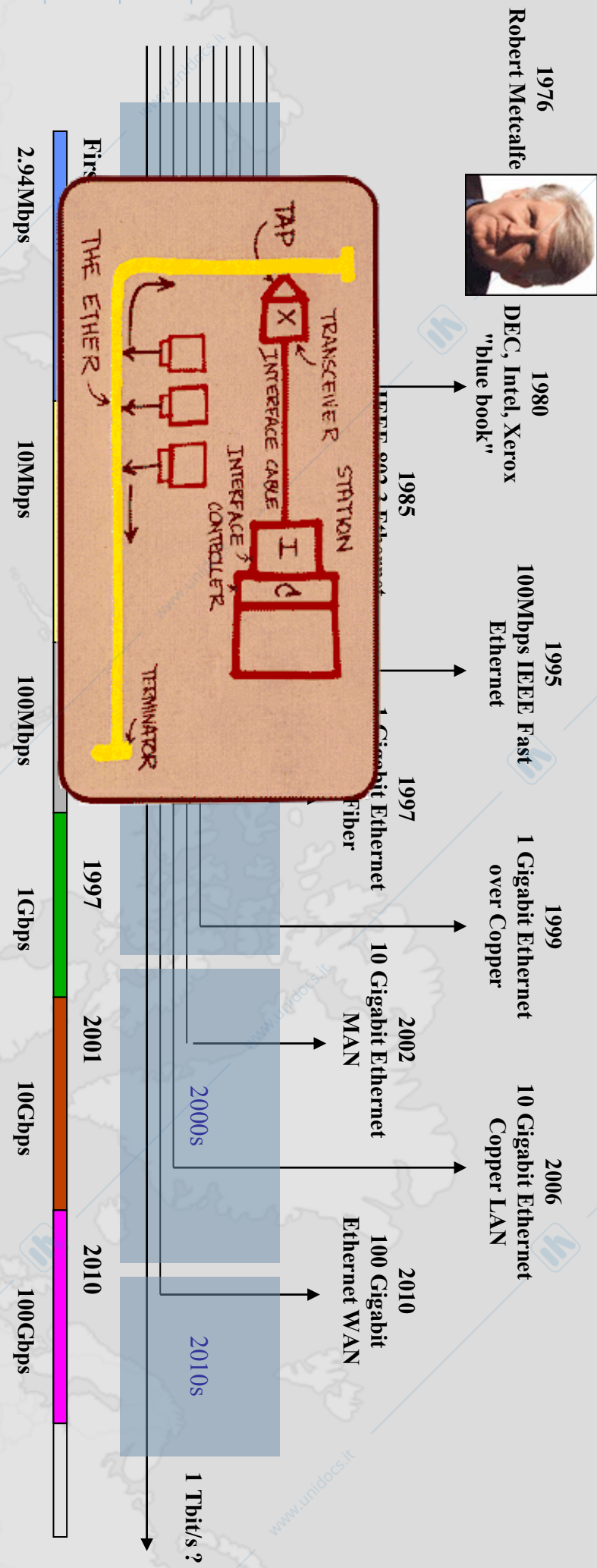
- ◆ $D(X) = X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^6 + X^4 + X^2 + X + 1$



Sommario

- **Proprietà**
- **Progetto IEEE 802**
- **IEEE 802.3: Ethernet**
 - ◆ Evoluzione storica
 - ◆ Ethernet
 - ◆ Fast Ethernet
 - ◆ Gigabit Ethernet
 - ◆ 10Gigabit Ethernet
- **IEEE 802.11: Wireless LAN**
- **IEEE 802.5: Token ring**

Evoluzione di Ethernet



No more plug adapters!





Ethernet

Nascita

- **Late 1960: ALOHA network**
 - ◆ Norman Abramson, University of Hawaii
 - ◆ Applicazione: rete radio tra isole
 - ◆ Primo protocollo ad accesso casuale (Pure Aloha/Slotted Aloha)
- **May 22, 1973: Ethernet memo**
 - ◆ Bob Metcalfe (Xerox Palo Alto Research Center)
 - ◆ Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and expo backoff
 - ◆ Frequenza di cifra: 3 Mbit/s

Original Metcalfe drawing

June 1976 presentation at

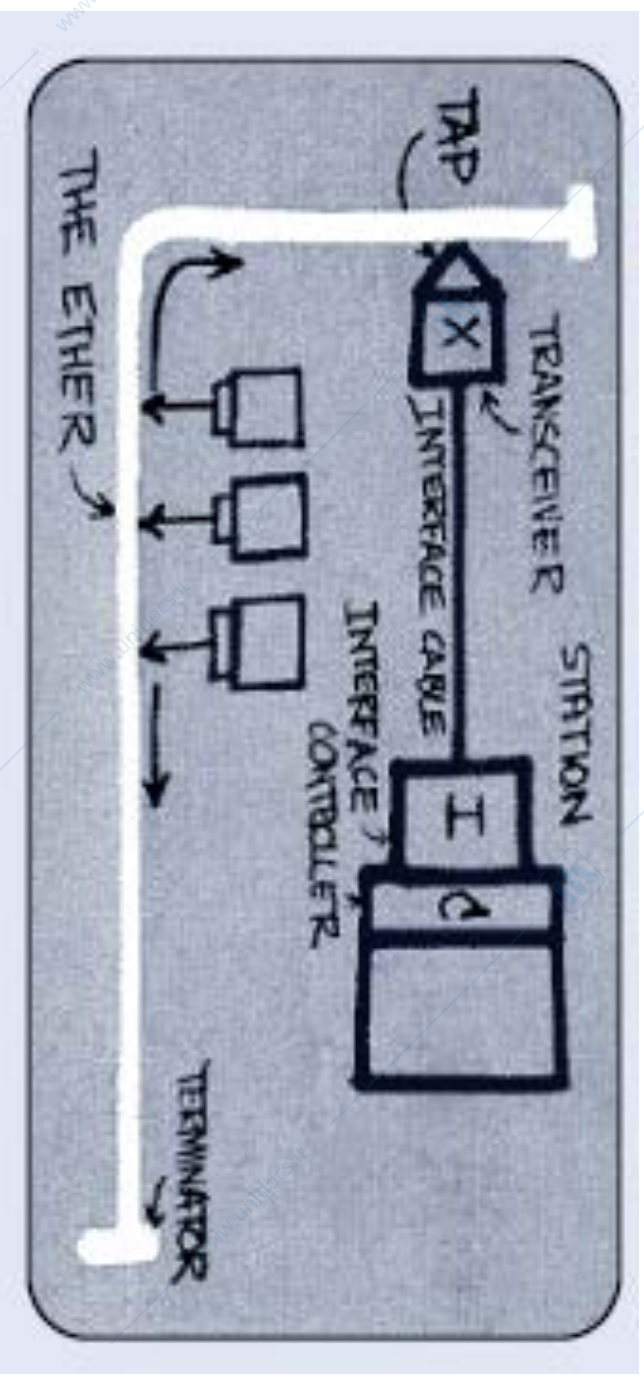
National Computer Conference

US Patent 4.063.220

“Multipoint Data Communication System with Collision Detection”

end 1977

1978: US Patent for
Ethernet Repeater

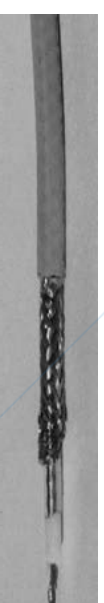




Ethernet

Standardizzazione

- **1979: Metcalfe start-up - 3COM**
- **1980: DIX Ethernet Standard**
 - ◆ DIX = Digital-Intel-Xerox vendor consortium
 - ◆ Prodotti interscambiabili tra le tre società fondatrici
- **1982: Xerox rilascia il trademark "Ethernet"**
- **1985: IEEE 802.3**
 - ◆ Ethernet diventa standard IEEE 802
 - **10 Mbit/s: 10BASE5**
 - Thick coaxial
 - **802.3 supplement a: 10BASE2**
 - Thin coaxial
 - ◆ Piccole modifiche allo standard DIX
 - ◆ Inizio della interoperabilità
- **1987: FOIRL (802.3d)**
 - ◆ Fiber Optic Inter-Repeater Link
 - ◆ Segmento punto-punto per connettere postazioni remote Ethernet (con repeaters)
 - **Nessuna connessione diretta PC-Ethernet fino allo standard 10BASE-F**





Ethernet

Standardizzazione

- **1990: 802.3i**
 - ◆ 10BASE-T twisted pair
 - Supera i problemi di cablatura legati ai cavi coassiali
 - Standard di cablatura che consente il riuso!
 - ◆ Inventato da SynOptics Communications
 - ◆ Inizia il successo di Ethernet!
- **1993: 10BASE-F (802.3j)**
 - ◆ 10BASE-FB: collegamento punto-punto attivo in fibra
 - Scarso successo
 - ◆ 10BASE-FL estende la specifica FOIRL
 - Unica sviluppata
 - ◆ 10BASE-FP: hub passivo in fibra
 - Mai costruita!
- **1995: 100BASE-T Fast Ethernet (802.3u)**
 - ◆ 100 Mbit/s
 - ◆ Su doppino (UTP)
 - Anche su altri “media”
 - ◆ Capacità di “autonegoziazione” (prodotti 10/100)





Ethernet

Standardizzazione

- **1997: standard full duplex (802.3x)**
 - ◆ Trasmissione e ricezione simultanea
- **1998: 1000BASE-X Gigabit Ethernet (802.3z)**
 - ◆ Su fibra e cavo in rame (corto)
- **1999: 1000BASE-T Gigabit Ethernet (802.3ab)**
 - ◆ Su doppino (UTP)
 - ◆ Autonegoziazione 10/100/1000
- **2002: 10GBASE-(SR,LR,ER,SW,LW,EW) 10 Gigabit Ethernet (802.3ae)**
 - ◆ Su fibra
- **2006: 10GBASE-T (802.an)**
 - ◆ Ethernet over unshielded twisted pair (UTP)
- **2010: 40 Gbit/s, 100 Gbit/s (802.ba)**



IEEE 802.3

Ethernet

- Ethernet sviluppata da Digital, Intel, Xerox negli anni 70
- Successivamente standardizzata come IEEE 802.3 (1985) e come ISO 8802.3 (1989)
- **Caratteristiche**
 - ◆ Topologia a bus
 - ◆ Frequenza di cifra: 10 Mbit/s
 - ◆ Metodo di accesso CSMA-CD

	Strati superiori			Rete
LLC	802.2. Logical link control			Collegamento dati
MAC	802.3 CSMA/CD	802.5 Token ring	802.11 Wireless LAN	Altre LAN
PL	UTP, STP, radio, fibra, ecc.			Fisico
	IEEE 802			OSI



Sommario

- **Proprietà**
- **Progetto IEEE 802**
- **IEEE 802.3: Ethernet**
 - ◆ Ethernet
 - ◆ Fast Ethernet
 - ◆ Gigabit Ethernet
- **IEEE 802.11: Wireless LAN**
- **IEEE 802.5: Token ring**

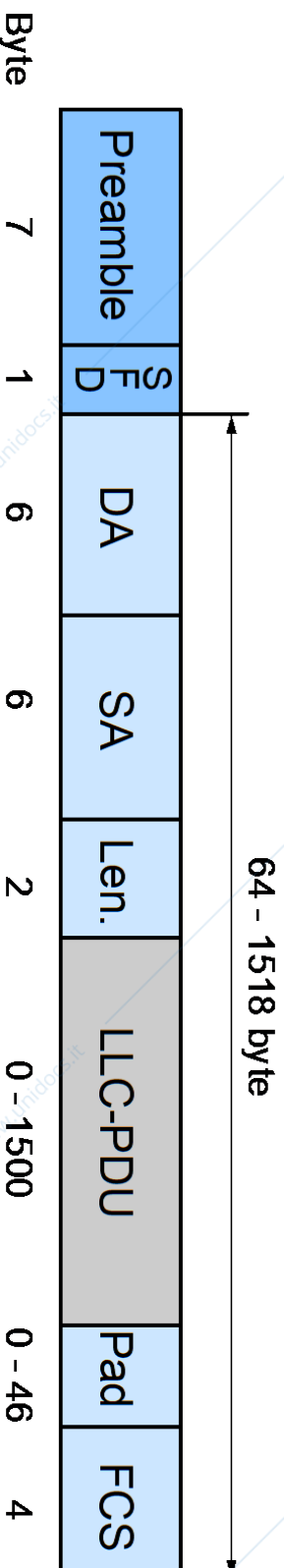


IEEE 802.3

Strato MAC

■ MAC-PDU: trama IEEE 802.3

- ◆ Preambolo (7 byte): consente la sincronizzazione in ricezione
- ◆ SFD - Start Frame Delimiter (1 byte): contiene una violazione del codice Manchester
- ◆ Destination address, DA (6 byte)
- ◆ Source address, SA (6 byte)
- ◆ Length (2 byte): lunghezza del campo LLC PDU
- ◆ Data (0-1500 byte): lunghezza variabile
- ◆ Pad (0-46 byte): garantisce lunghezza minima trama (64 byte)
- ◆ FCS - Frame Check Sequence (4 byte)





IEEE 802.3

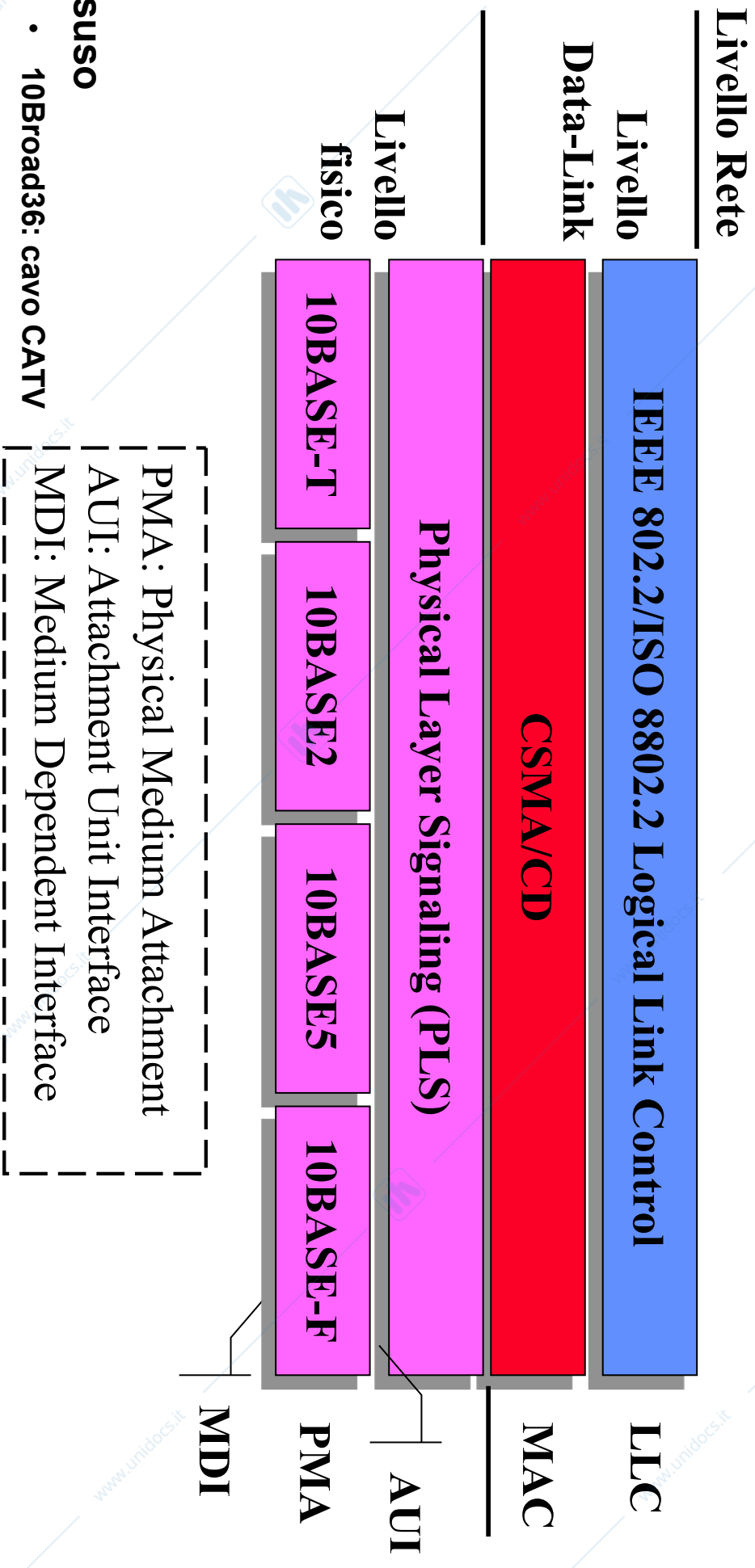
Strato MAC

■ Funzioni dello strato MAC

- ◆ **Trasmissione/ricezione trame**
 - Il MAC riceve l'unità informativa dal livello superiore e genera una stringa seriale da trasmettere sul mezzo fisico
 - Il MAC garantisce una spaziatura minima tra trame trasmesse (interframe spacing)
 - Il MAC riceve una stringa seriale di bit sul mezzo fisico e fornisce l'unità informativa al livello superiore
 - Il MAC scarta le trame più corte della lunghezza minima (64 byte)
- ◆ **Gestione campo FCS**
 - Generazione campo FCS per le trame da trasmettere
 - Controllo correttezza campo FCS nelle trame ricevute
- ◆ **Gestione preambolo**
 - Generazione preambolo per le trame da trasmettere
 - Rimozione preambolo nelle trame ricevute



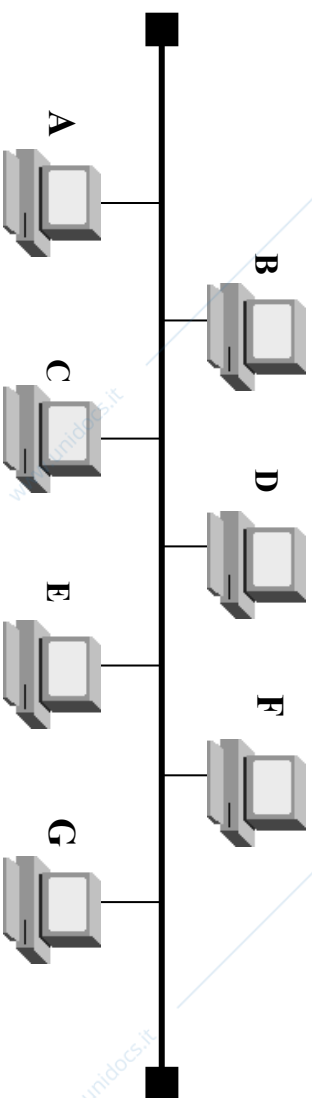
IEEE 802.3 Ethernet 10Mbit/s



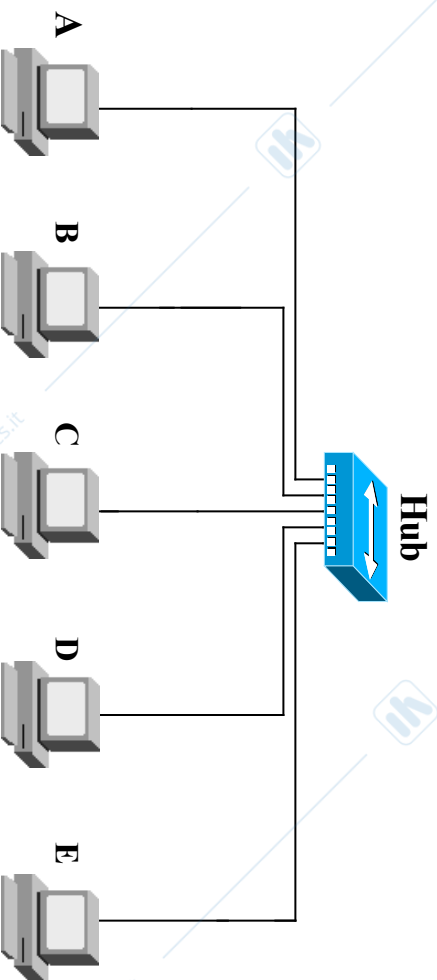


Ethernet

Rete



- **Topologie**
 - ◆ Logica
 - Bus
 - ◆ Fisica
 - Bus (10Base5, 10Base2)
 - Stella (10BaseT, 10BaseFP)
- **NB: Esiste anche la modalità punto-punto**
 - 10BaseFL, 10BaseFB





IEEE 802.3

Strato MAC

■ Principali parametri Ethernet

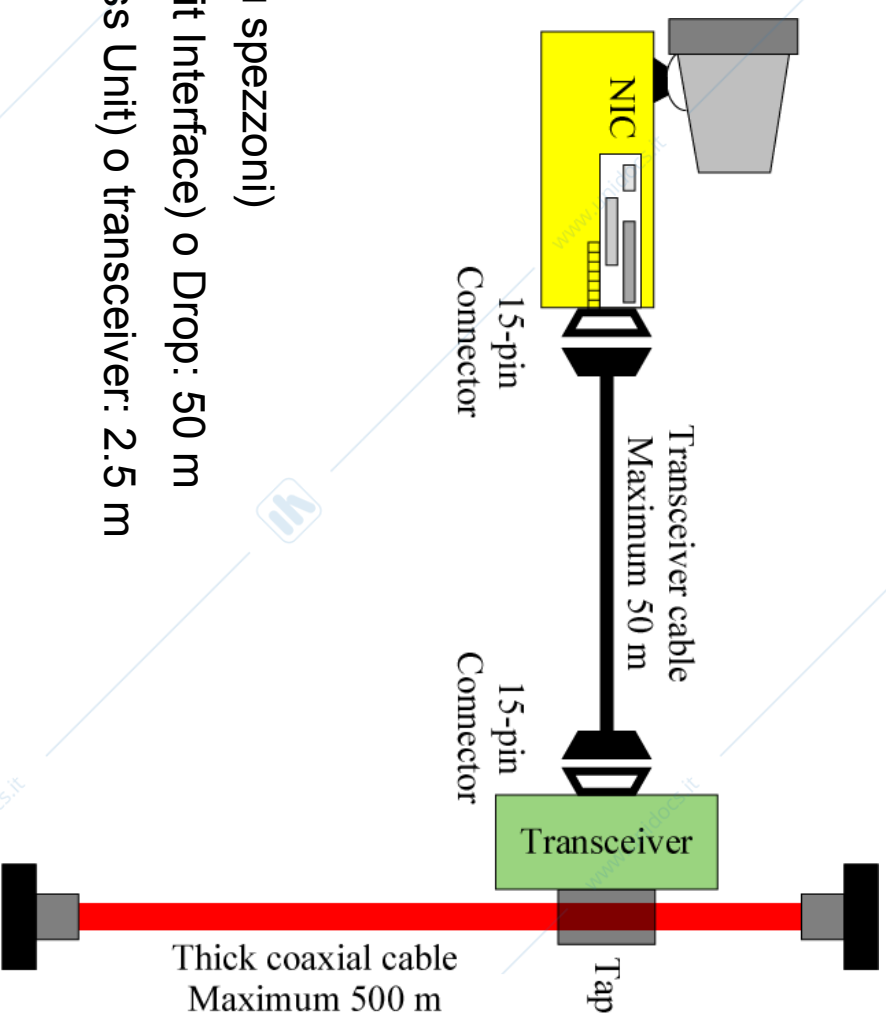
- ◆ Slot time (T) 512 bit time (51.2 μ s) (tempo attesa prima di ritrasm.)
- ◆ Inter Frame Gap (IFG) 9.6 μ s distanza minima tra due trame
- ◆ Attempt limit 16 max numero tentativi di ritrasmissioni
- ◆ Backoff limit 10 numero tentativi oltre il quale non aumenta più la casualità del backoff time
- ◆ Jam size 32 bit lunghezza sequenza di jam
- ◆ Min frame size 64 byte
- ◆ Max frame size 1518 byte



Ethernet

10Base5

- **Come in Ethernet v2.0**
- **Cavo coassiale thick (RG213)**
 - ◆ Lunghezza max segmento: 500 m
- **Parametri di configurazione**
 - ◆ Lunghezza max cavo coax: 500 m (1 o più spezzoni)
 - ◆ Lunghezza max cavo AUI (Attachment Unit Interface) o Drop: 50 m
 - ◆ Distanza min tra due MAU (Medium Access Unit) o transceiver: 2.5 m
 - ◆ Numero max MAU per segmento: 100

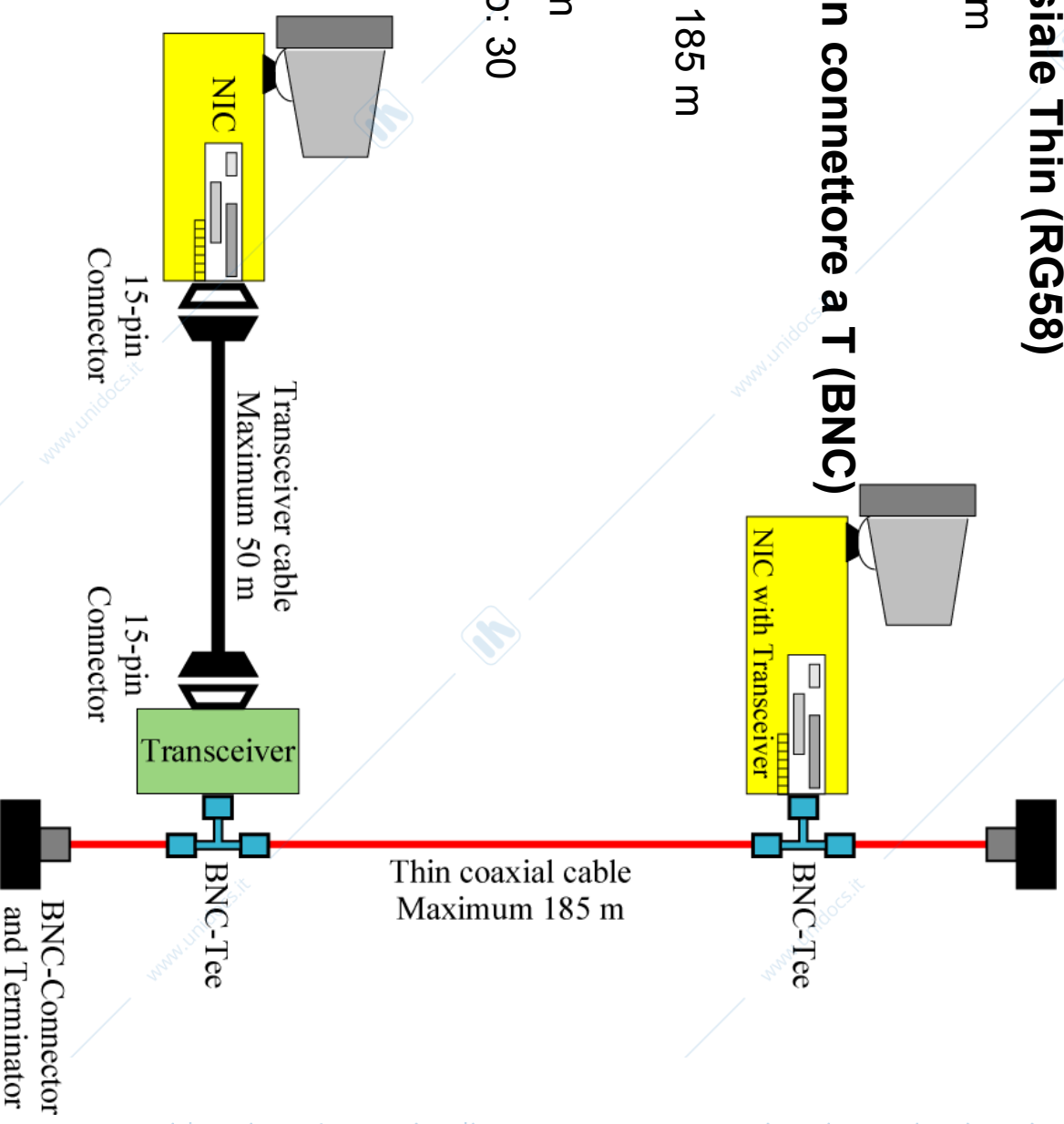




Ethernet

10Base2

- **Mezzo trasmissivo: cavo coassiale Thin (RG58)**
 - ◆ Lunghezza max segmento: 185 m
- **MAU collegato al cavo coax con connettore a T (BNC)**
- **Parametri di configurazione**
 - ◆ Lunghezza max cavo coassiale: 185 m
 - ◆ Lunghezza max cavo AUI: 50 m
 - ◆ Distanza min tra due MAU: 0.5 m
 - ◆ Numero max MAU per segmento: 30

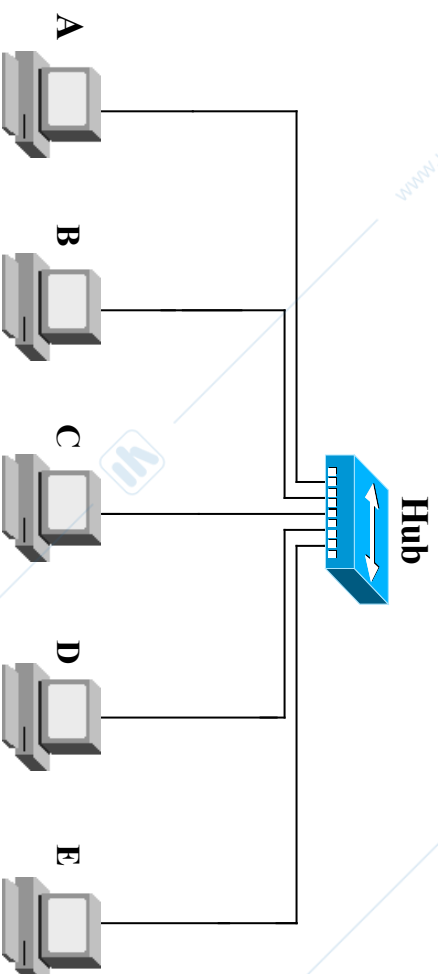




Ethernet

10Base-T

- **Mezzo trasmissivo: Unshielded Twisted Pair - UTP (minimo 2 coppie)**
- ◆ **Lunghezza max segmento: 100 m**

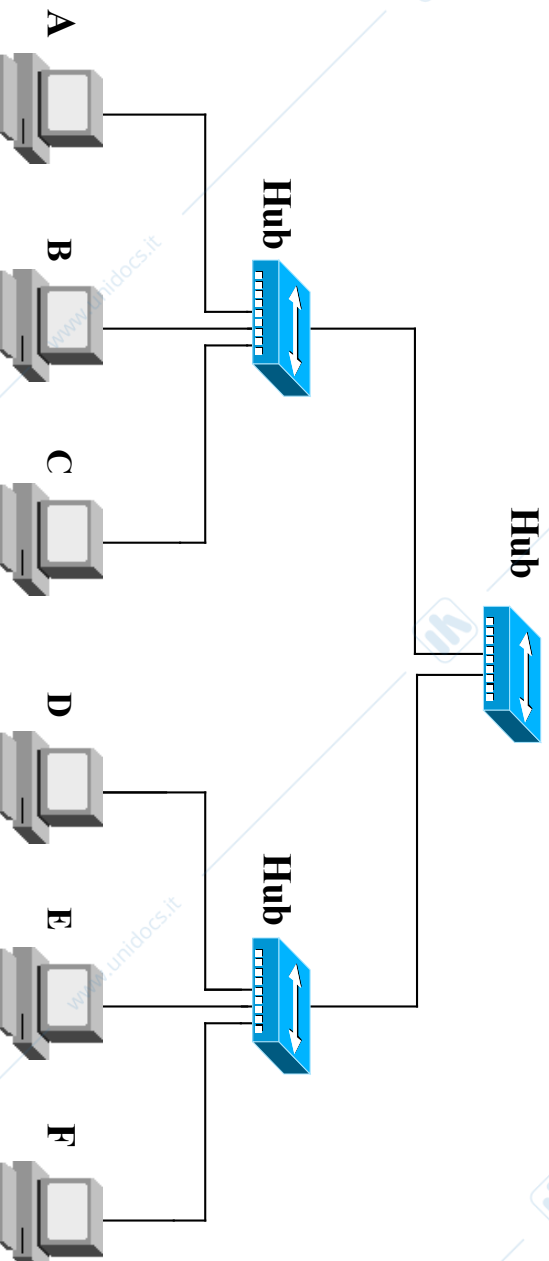




Ethernet

10Base-T

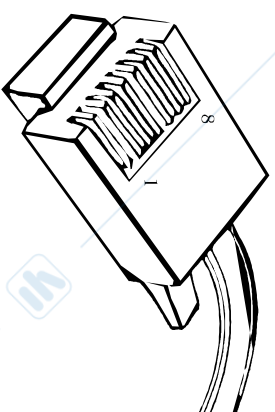
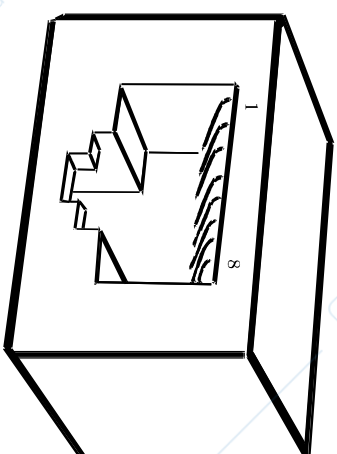
- **Hub: consente di connettere a stella più di 2 stazioni LAN come in un bus**
 - ◆ Stazioni connesse a stella all'hub, ognuna con due doppini
 - ◆ Opera come ripetitore multiporta
 - ◆ Due stazioni attive contemporaneamente → occorrenza di collisione con invio segnale di jam su tutte le porte
- **Topologia a doppia stella**
 - ◆ Distribuzione primaria tra hub
 - ◆ Distribuzione orizzontale hub-terminali





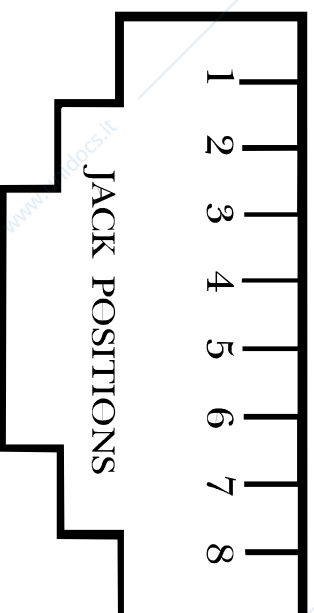
Ethernet

10Base-T



■ Connettore RJ 45

- ◆ 1 TD+
- ◆ 2 TD-
- ◆ 3 RD+
- ◆ 4 Non Utilizzato
- ◆ 5 Non Utilizzato
- ◆ 6 RD-
- ◆ 7 Non Utilizzato
- ◆ 8 Non utilizzato





Ethernet

10Base-F

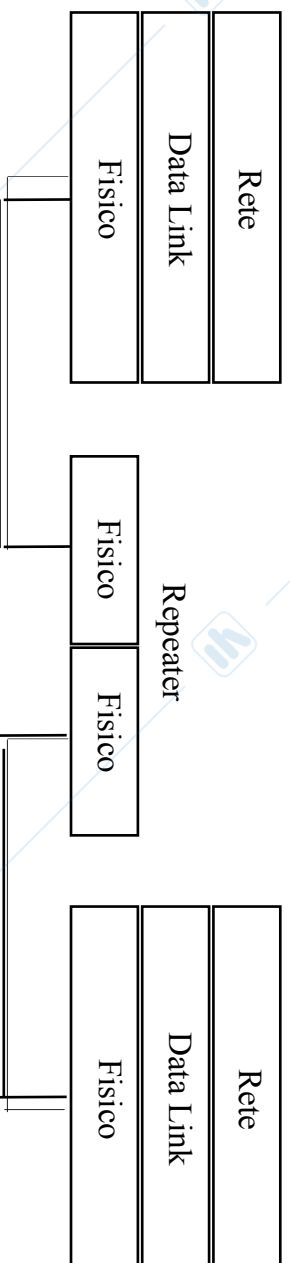
- **10Base-F: segmento Ethernet in fibra - I finestra (850 nm)**
- **10Base-FB (backbone)**
 - ◆ Collegamento punto-punto in fibra due apparati Ethernet (non utenti)
 - ◆ Max lunghezza segmento 2000 m
 - ◆ Opera ritrasmissione sincrona (ritrasmette con proprio clock interno)
- **10Base-FL (passive)**
 - ◆ Fibra ottica che interconnette stazioni con collegamenti punto-punto
 - ◆ Max lunghezza segmento 2000 m
- **10Base-FP (passive) – Nessuna realizzazione!**
 - ◆ Fibra ottica interconnette stazioni con stella ottica passiva e topologia stellare
 - ◆ Max 33 stazioni
 - ◆ Max lunghezza fibra 1000 m



Ethernet

Repeater

- **Repeater: estende la lunghezza del mezzo trasmissivo realizzando topologie ad albero**
 - ◆ Ripete le stringhe di bit ricevute su un segmento sugli altri segmenti con ampiezza appropriata
 - ◆ Rigenera la sequenza di jam (collisione su tutte le porte)
 - ◆ Dominio di collisione resta inalterato
 - ◆ Hub sono ripetitori multiporta





Ethernet

Rete

- Una rete Ethernet può anche essere formata da più segmenti con tecnologie diverse
- **Classificazione dei segmenti**
 - ◆ Mixing Segment, in grado di connettere più di 2 transceiver (connessione a bus)
 - 10base5: coassiale thick
 - 10base2: coassiale thin
 - 10base-FP: utilizzo di stelle ottiche passive
 - ◆ Link Segment, in grado di connettere solo 2 transceiver (connessione punto-punto)
 - 10base-T: doppio
 - 10base-FL: fibra ottica
 - 10base-FB: standard con caratteristiche di fault tolerance



Ethernet

Regole di configurazione

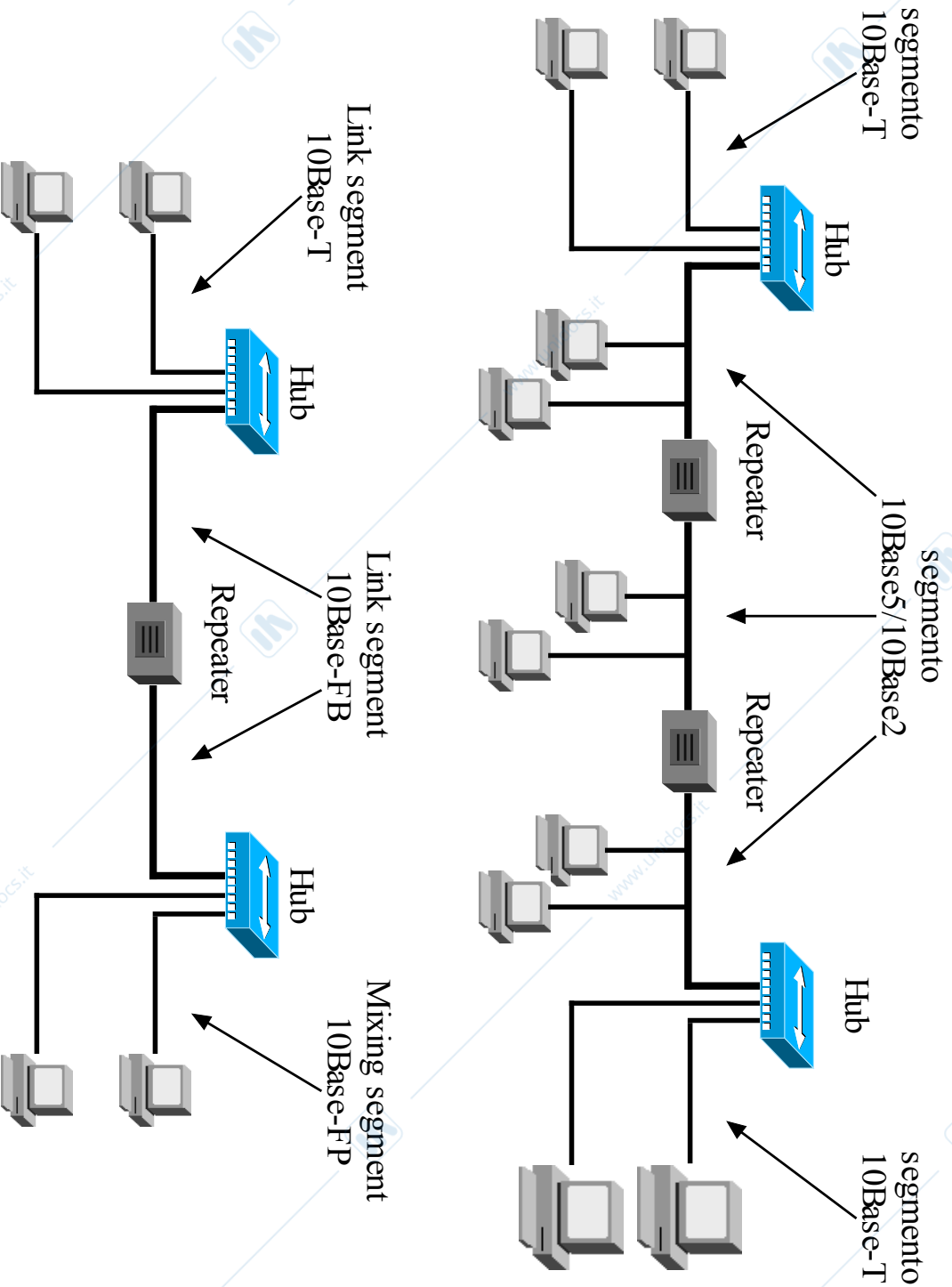
**Solo a titolo informativo!
Non si studiano**

- **Regole semplificate**
 - ◆ Tra due stazioni ci possono essere al massimo:
 - 5 segmenti
 - 4 repeater
 - 2 transceiver e 2 cavi AUI per le due stazioni
 - ◆ Con 5 segmenti e 4 ripetitori
 - Al massimo 3 mixing segment
 - Gli altri devono essere link segment
 - ◆ In presenza di 5 segmenti:
 - Ogni segmento ottico di tipo link (10Base-FB e 10 Base -FL) non deve eccedere i 500 m
 - Ogni segmento ottico di tipo mixing (10Base-FP) non deve eccedere i 300 m
 - ◆ In presenza di 4 segmenti e 3 ripetitori
 - Ogni link ottico tra repeater non deve eccedere i 1000 m per link segment (10Base-FB e 10Base-FL), i 700 m per mixing segment (10Base-FP)
 - Ogni link ottico tra stazione e repeater non deve eccedere i 400 m (10Base-FL), 300 m (10Base-FP)



Ethernet

Esempi di rete multisegmento



- ◆ Massima distanza tra stazioni: $100 + 1000 + 1000 + 1000 + 300 = 2400$ m



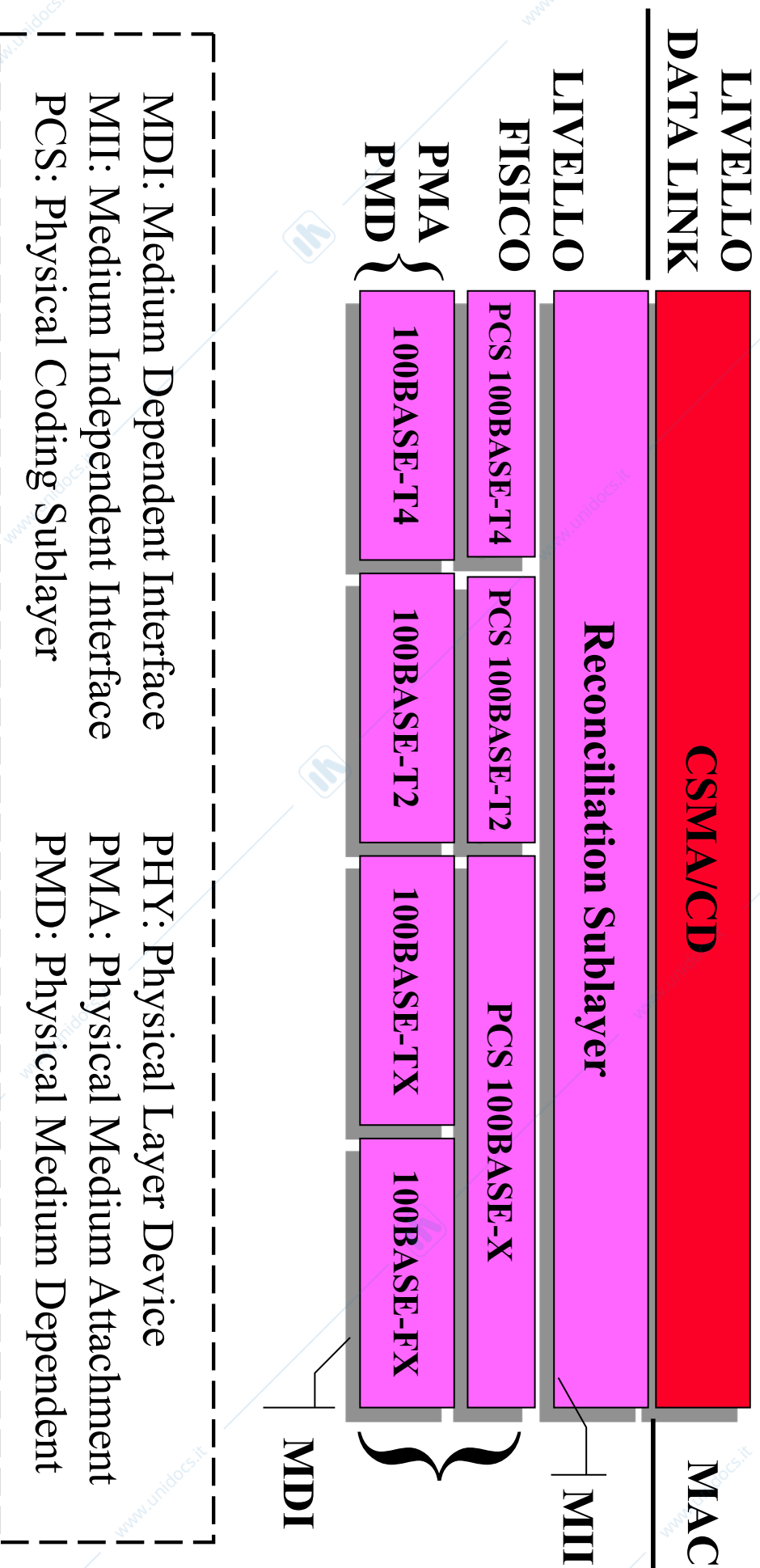
Sommario

- **Proprietà**
- **Progetto IEEE 802**
- **IEEE 802.3: Ethernet**
 - ◆ Evoluzione storica
 - ◆ Ethernet
 - ◆ Fast Ethernet
 - ◆ Gigabit Ethernet
 - ◆ 10Gigabit Ethernet
- **IEEE 802.5: Token ring**
- **IEEE 802.11: Wireless LAN**



IEEE 802.3u

Fast Ethernet

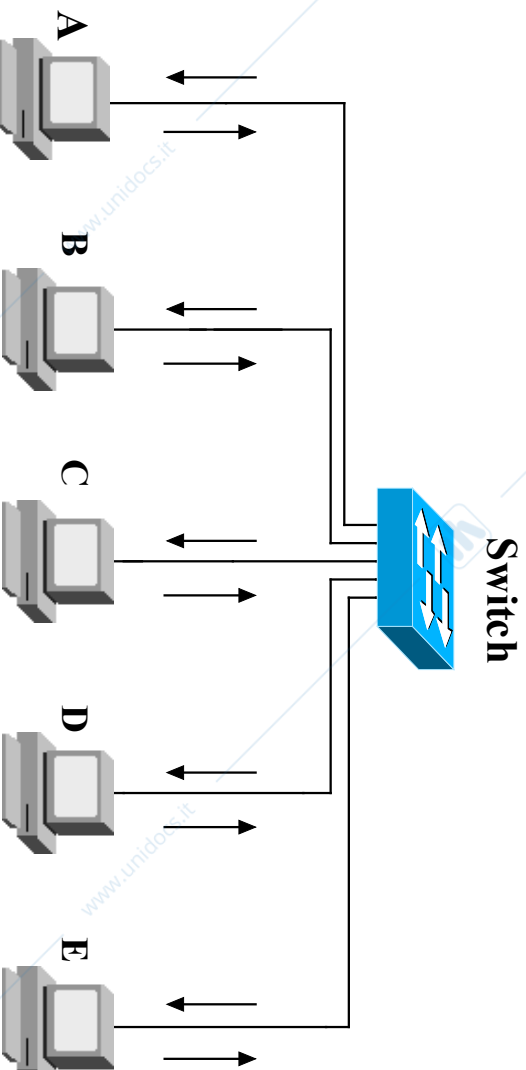




IEEE 802.3u

Fast Ethernet

- **Fast Ethernet: 100Base-T 100 Mbit/s**
 - ◆ Half-duplex: basata sull'hub, come nella rete a 10 Mbit/s (CSMA-CD)
 - ◆ Full-duplex: ammessa per mezzo di LAN switch
 - Rete logica a stella, non più a bus
- **LAN Switch**
 - ◆ Collegamenti punto-punto senza collisioni
 - ◆ Spezza il "dominio di collisione" in tanti domini quante sono le sue porte
 - ◆ Mantiene un unico "dominio di broadcast"





IEEE 802.3u

Fast Ethernet

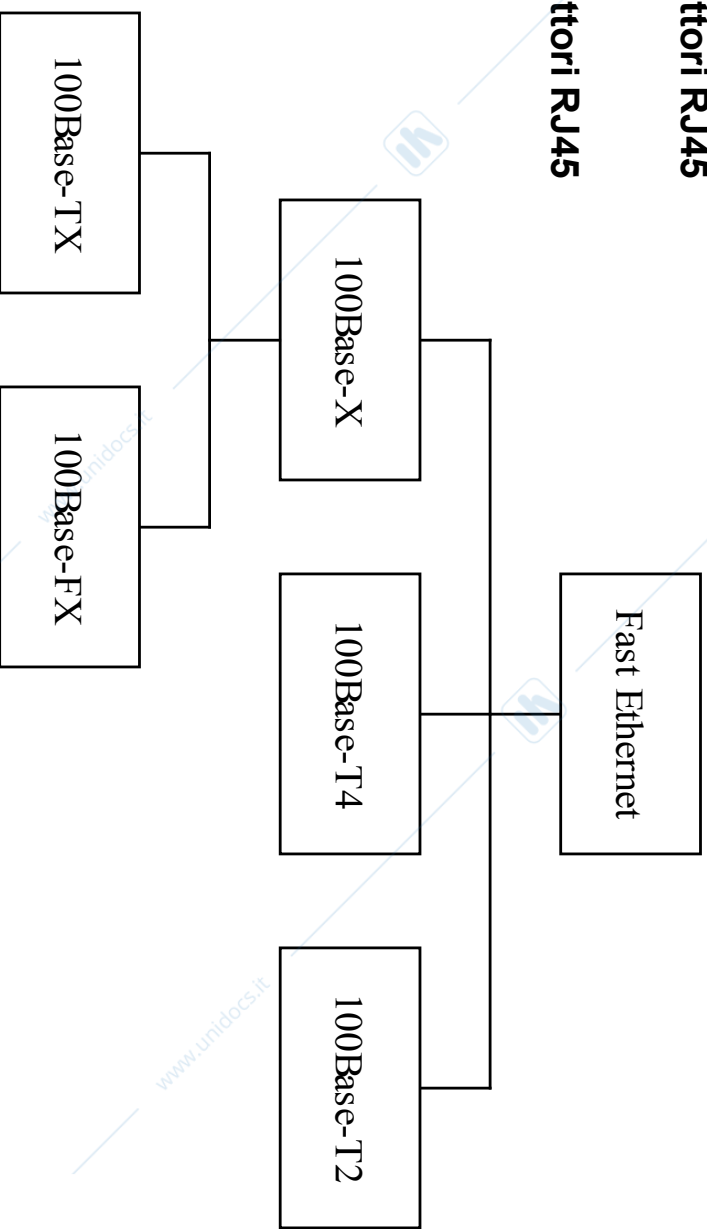
- **Fast Ethernet: Ethernet 10 volte più veloce**
 - ◆ Mantiene il MAC di Ethernet CSMA/CD
 - ◆ Mantiene il formato della trama
 - ◆ Parametri fisici
 - Rate = 100 Mbit/s
 - BitTime = 10 ns
 - IFG = 0.96 μ s
 - SlotTime = 512 bit (5.12 μ s)
 - ◆ Half duplex
 - Distanze coperte circa dieci volte inferiori
 - Piccole su grandi strutture senza Switch che spezzino i Collision Domain
 - Sufficienti a cablare a stella una rete di 100 m di raggio



Fast Ethernet

Tipologia

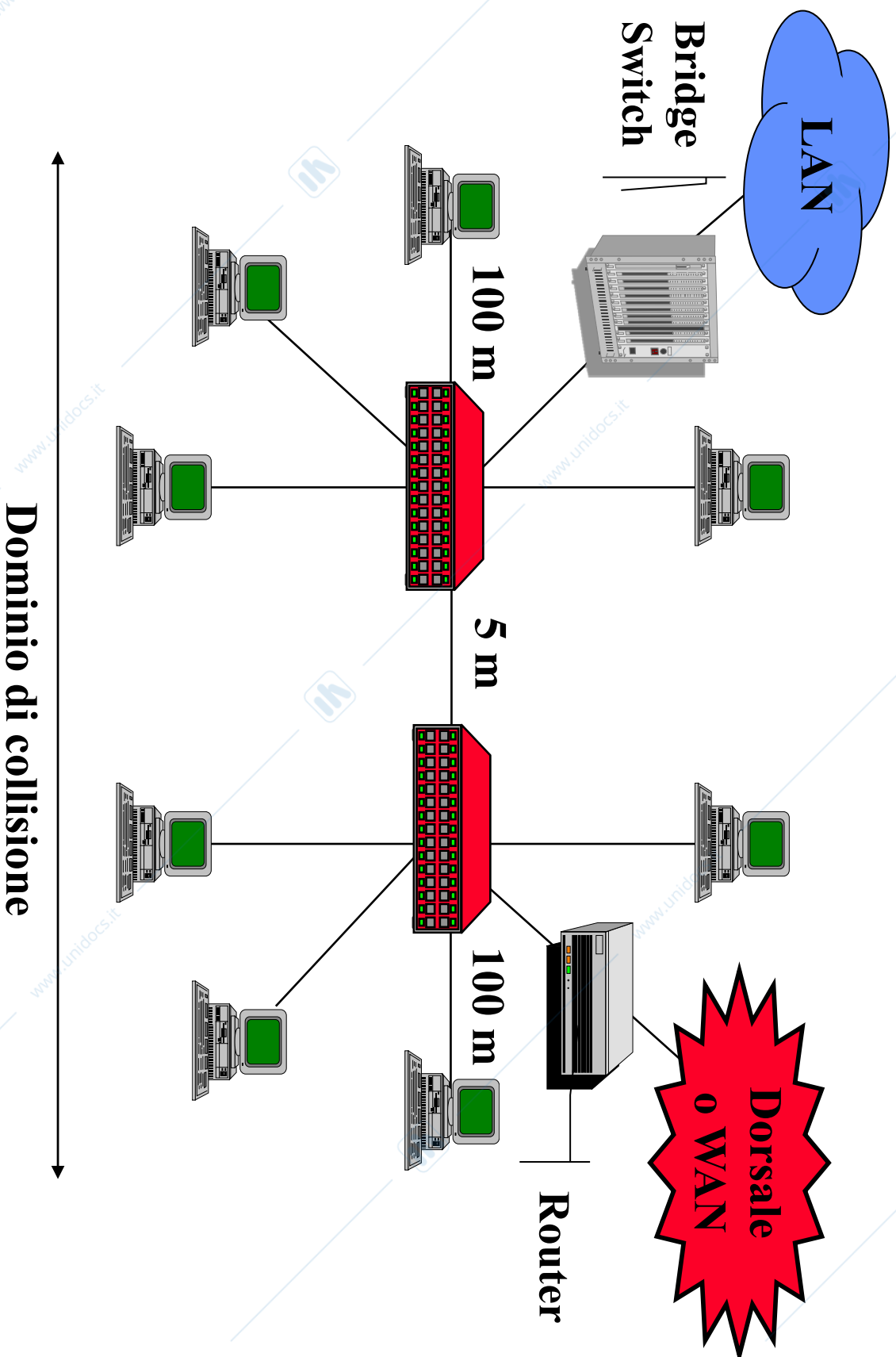
- **4 sotto-standard per tre tipi di mezzi fisici**
 - ◆ 100BASE-TX – FD/HD
 - 2 doppiini UTP Cat. 5 o 2 doppiini STP, con connettori RJ45
 - ◆ 100BASE-FX – FD/HD
 - 2 fibre ottiche multimodo
 - ◆ 100BASE-T4 – solo HD
 - 4 doppiini UTP Cat. 3, con connettori RJ45
 - ◆ 100BASE-T2 – FD/HD
 - 2 doppiini UTP Cat. 3, con connettori RJ45





Fast Ethernet

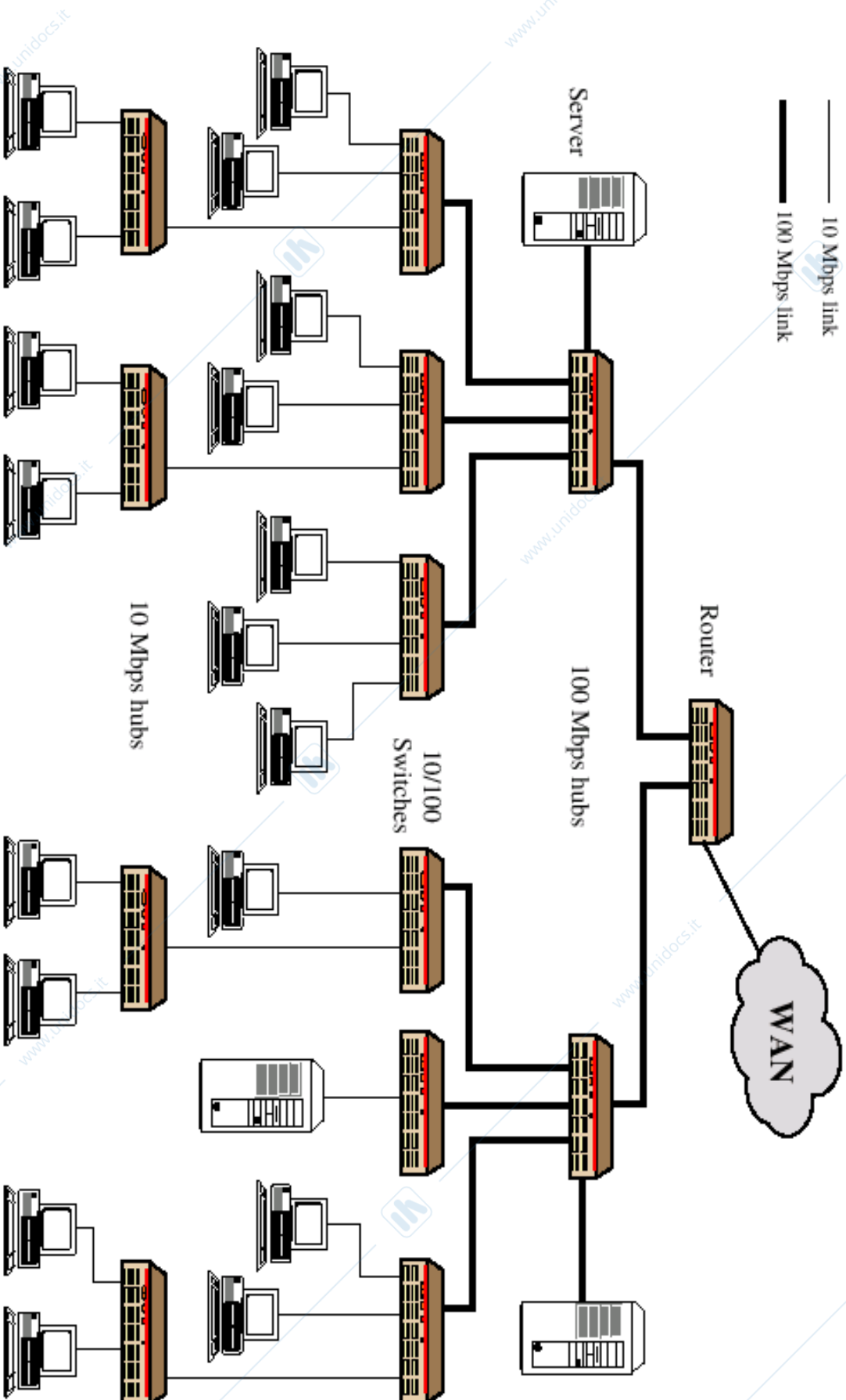
Dominio di collisione





Fast Ethernet

Configurazione di rete





Sommario

- **Proprietà**
- **Progetto IEEE 802**
- **IEEE 802.3: Ethernet**
 - ◆ Evoluzione storica
 - ◆ Ethernet
 - ◆ Fast Ethernet
 - ◆ [Gigabit Ethernet](#)
 - ◆ 10Gigabit Ethernet
- **IEEE 802.11: Wireless LAN**
- **IEEE 802.5: Token ring**



Gigabit Ethernet

IEEE 802.3z

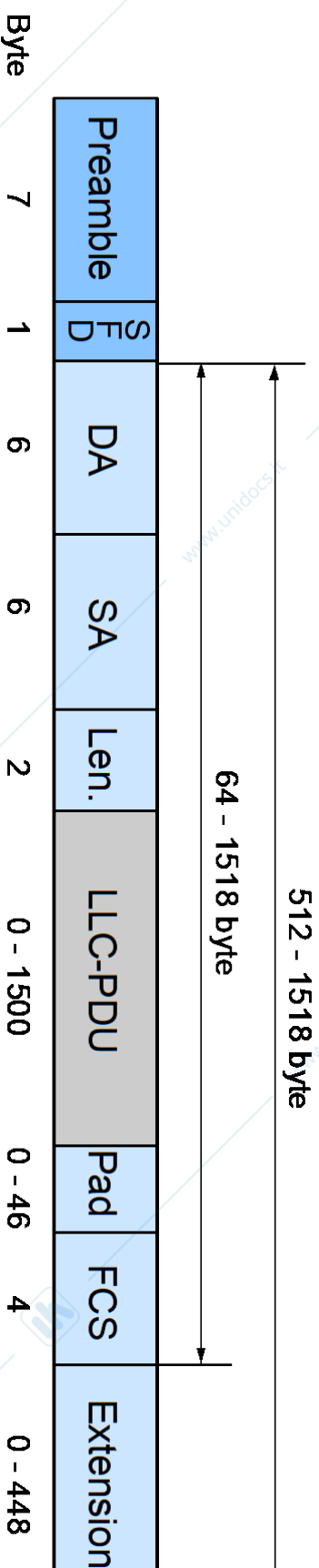
- **Offre i vantaggi tipici di Ethernet**
 - ◆ Semplicità del metodo di accesso CSMA/CD (stesso MAC)
 - ◆ Alta scalabilità con diverse frequenze di cifra: 10, 100, 1000 Mbit/s
 - ◆ Permette di velocizzare le LAN Ethernet già esistenti con costi bassi
 - **Tramite sostituzione degli apparati di rete (NIC, HUB, Switch)**
- **Gigabit Ethernet: IEEE 802.3z standard nel 1998**
 - ◆ Fornisce una banda di 1 Gbit/s
 - ◆ Half-Duplex quando si usano Repeater/Hub
 - **Metodo di accesso CSMA/CD con formato di trama esteso**
 - ◆ Full-Duplex per connessioni Switch–Switch & Switch–EndSys
 - **Formato di trama uguale a Ethernet/802.3**
- **Utilizzi principali del Gigabit Ethernet**
 - ◆ Realizzazione di un backbone veloce, che collega gli Switch
 - **In sostituzione ad un backbone Fast Ethernet**



Gigabit Ethernet

Trama

- **HD: Carrier extension: nuova lunghezza minima (512 byte) per avere massima estensione di rete simile a Fast Ethernet**
 - ◆ Formato di trama compatibile con Ethernet e Fast Ethernet

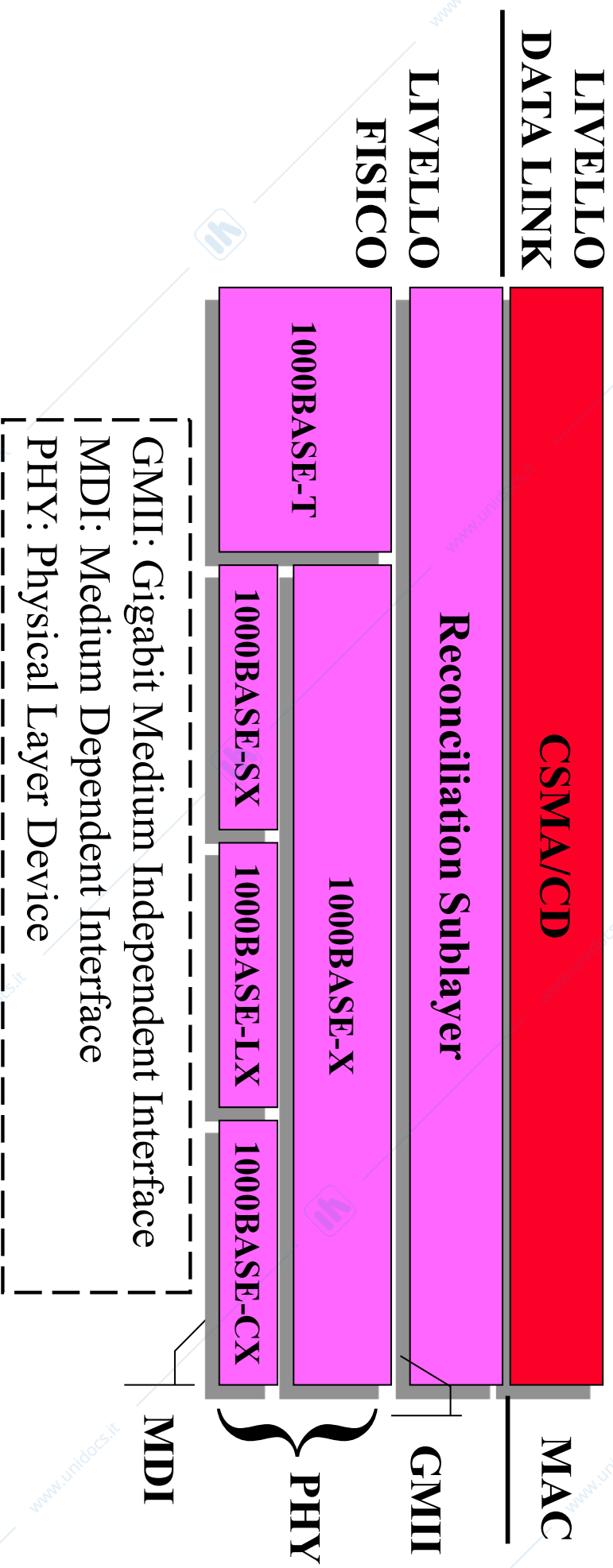


- **Frame bursting: ammessa la trasmissione di più trame consecutive separate da IFG di durata minima (96 ns)**
 - ◆ La prima trama nel burst è trattata con carrier extension (se necessario)
 - ◆ A partire dalla seconda trama l'estensione delle trame più corte di 512 byte non è più richiesta
 - ◆ Massima lunghezza del burst: 8192 byte



Gigabit Ethernet

Protocolli



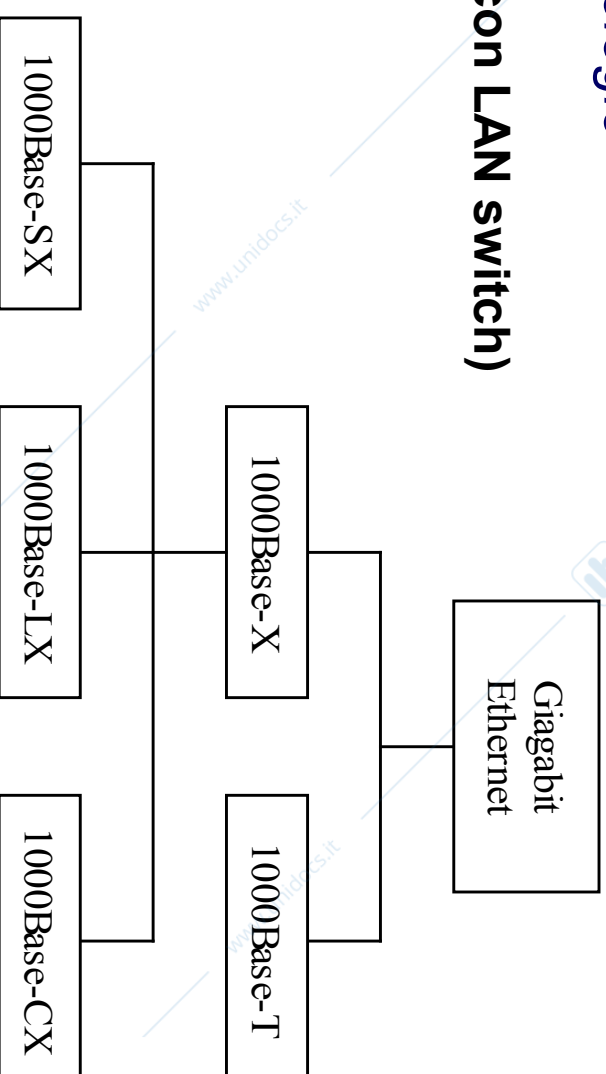


Gigabit Ethernet

Tipologie

Standard in fibra ottica (full-duplex con LAN switch)

- ◆ 1000Base-SX
 - Short wavelength: 770-860 nm
 - Fino a 550 m con fibra multimodo
- ◆ 1000Base-LX
 - Long wavelength: 1270-1355 nm
 - Fino a 550 m con fibra multimodo
 - Fino a 5 km con fibra monomodo

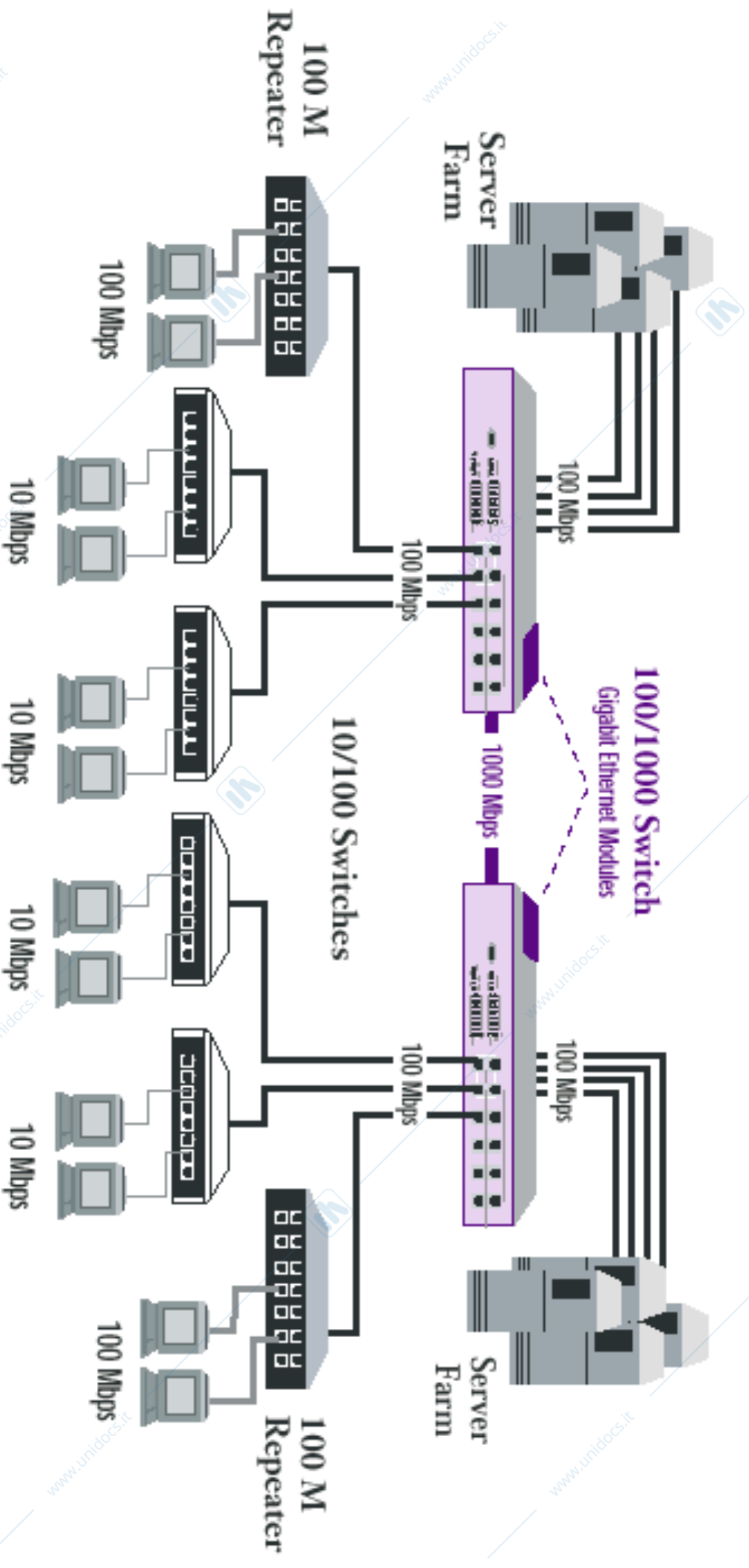


	Ethernet	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet
Bit rate	10 Mbit/s	100 Mbit/s	1000 Mbit/s
Bit time	100 ns	10 ns	1 ns
Slot time	51.2 μs	5.12 μs	4.096 μs
Inter Frame Gap	9.6 μs	0.96 μs	96 ns



Gigabit Ethernet

Configurazione





Sommario

- **Proprietà**
- **Progetto IEEE 802**
- **IEEE 802.3: Ethernet**
 - ◆ Evoluzione storica
 - ◆ Ethernet
 - ◆ Fast Ethernet
 - ◆ Gigabit Ethernet
 - ◆ 10Gigabit Ethernet
- **IEEE 802.5: Token ring**
- **IEEE 802.11: Wireless LAN**



10Gigabit Ethernet

Ethernet su fibra - 2002

■ Caratteristiche

- ◆ IEEE 802.3ae
- ◆ Solo full-duplex

Ethernet version	Fiber	Band	Max length	Remarks
10GBase-S	Multimodo	850 nm	300 m	
10GBase-L	Monomodo	1310 nm	10 km	
10GBase-E	Monomodo	1550 nm	40 km	
10GBase-LX4	Multimodo/ Multimodo	1310 nm	300 m 10 km	4 laser sources



10 Gigabit Ethernet

Ethernet su rame - 2006

■ Caratteristiche

- ◆ Solo full-duplex

Ethernet version	IEEE Standard	Physical medium	Max length	Remarks
10GBase-CX4	802.3ak	4 UTP per direction	15 m	
10GBase-KR	802.3ap	Copper on cards	1 m	Optional FEC
10GBase-KX4		Backplane Ethernet		
10GBase-T	802.3an	UTP cat. 6	55 m	Based on RJ45 connectors



Sommario

- **Proprietà**
- **Progetto IEEE 802**
- **IEEE 802.3: Ethernet**
- **IEEE 802.11: Wireless LAN**



IEEE 802.11

Wireless LAN

- **Standard di LAN più recente: 802.11 (WiFi)**
- **Caratteristiche**
 - ◆ Mezzo trasmissivo: etere in banda ISM (Instrumental, Scientific, Medical)
 - 900 MHz
 - 2.4 GHz
 - 5 GHz
 - ◆ Capacità: 1-54 Mbit/s
 - ◆ Diversi metodi di accesso

	Strati superiori								
	802.2. Logical link control								
LLC									
	802.3 CSMA/CD	802.5 Token ring	802.11 Wireless LAN	Altre LAN					
MAC									
	UTP, STP, radio, fibra, ecc.								
PL									

IEEE 802

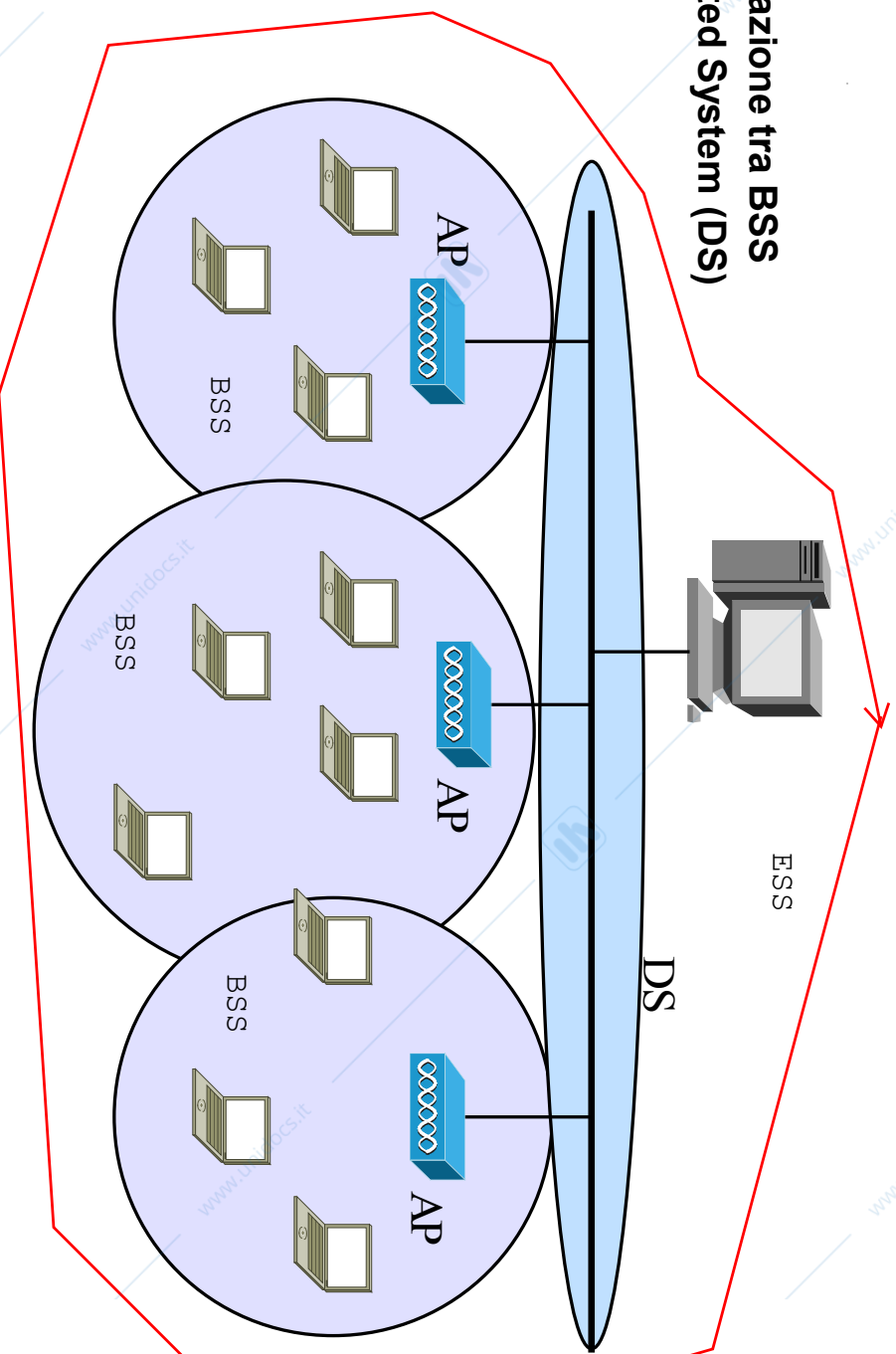
OSI



Wireless LAN

Struttura di rete

- **Basic Service Set (BSS)**
 - ◆ Stazioni mobili in mutua comunicazione
 - ◆ Detto anche "Rete ad-hoc"
- **Extended Service Set (ESS)**
 - ◆ BSS
 - ◆ Access Point (AP)
 - Consente la comunicazione tra BSS mediante un Distributed System (DS)

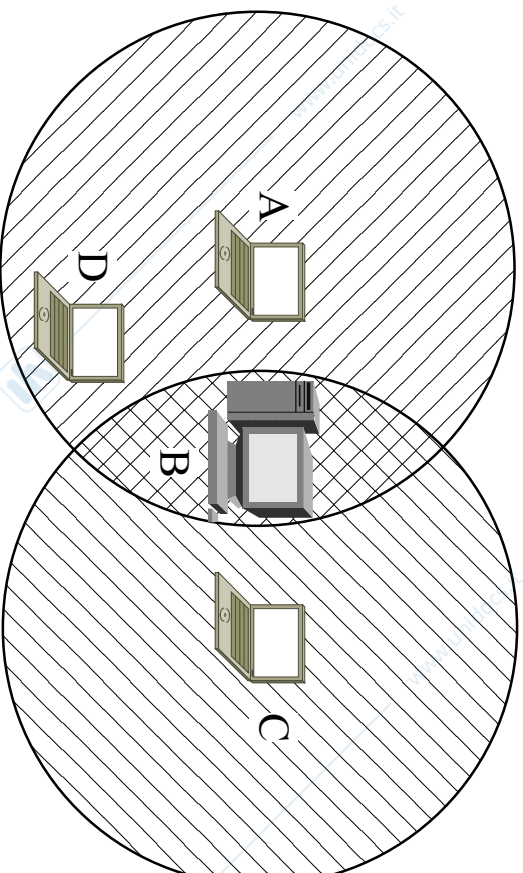




Wireless LAN

Stazione nascosta

- **Protocollo di accesso CSMA/CD non più utilizzato a causa del problema della stazione nascosta**
 - ◆ Manca la certezza della rilevazione di collisioni



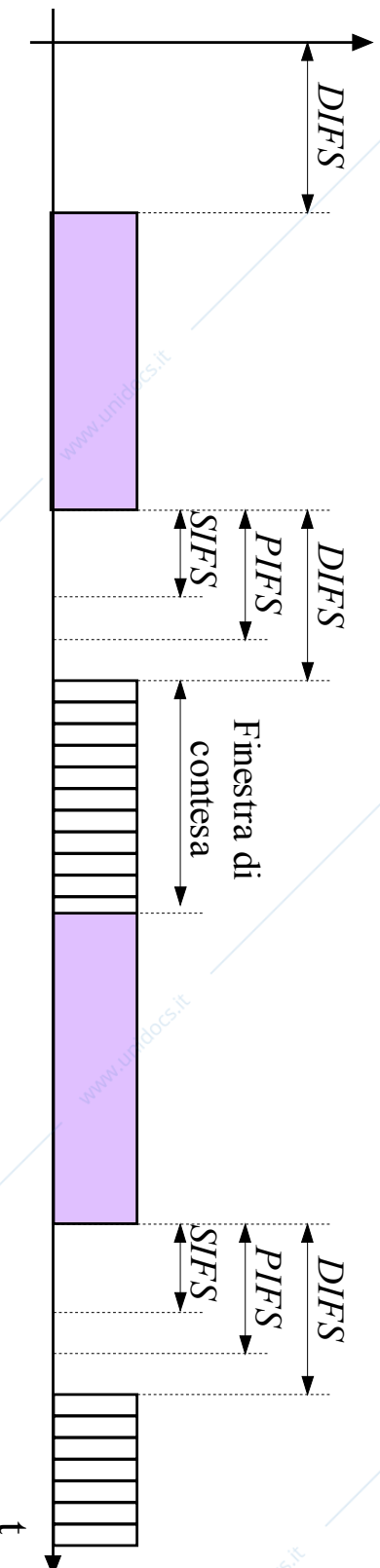
- **Nuovo protocollo di accesso: CSMA/CA (Collision Avoidance)**
 - ◆ Mittente invia esplicita richiesta di autorizzazione a trasmettere (*RTS*)
 - ◆ Destinatario risponde con esplicita autorizzazione (*CTS*)
 - ◆ Riscontro richiesto (*ACK*) per ogni trama corretta ricevuta



Wireless LAN

Protocollo di accesso

- **Modalità di accesso al canale radio**
 - ◆ Distributed Coordination Function (DCF): adotta CSMA/CA
 - ◆ Point Coordination Function (PCF): accesso coordinato senza collisioni
- **Priorità di accesso gestita con Interframe Spacing (IFS) di durata crescente**
 - ◆ SIFS (Short IFS): tempo di attesa minimo adottato per trasmettere
 - Trame ad alta priorità (CTS, ACK)
 - Trame di risposta a interrogazioni dall'AP
 - Frammenti successivi di trame con altri frammenti già ricevuti con successo
 - ◆ PIFS (PCF IFS): adottato in modalità PCF
 - ◆ DIFS (DCF IFS): adottato in modalità DCF per inviare il primo frammento
 - Seguito dalla finestra di contesa CSMA/CA (slot τ dell'ordine di 5-50 μ s)

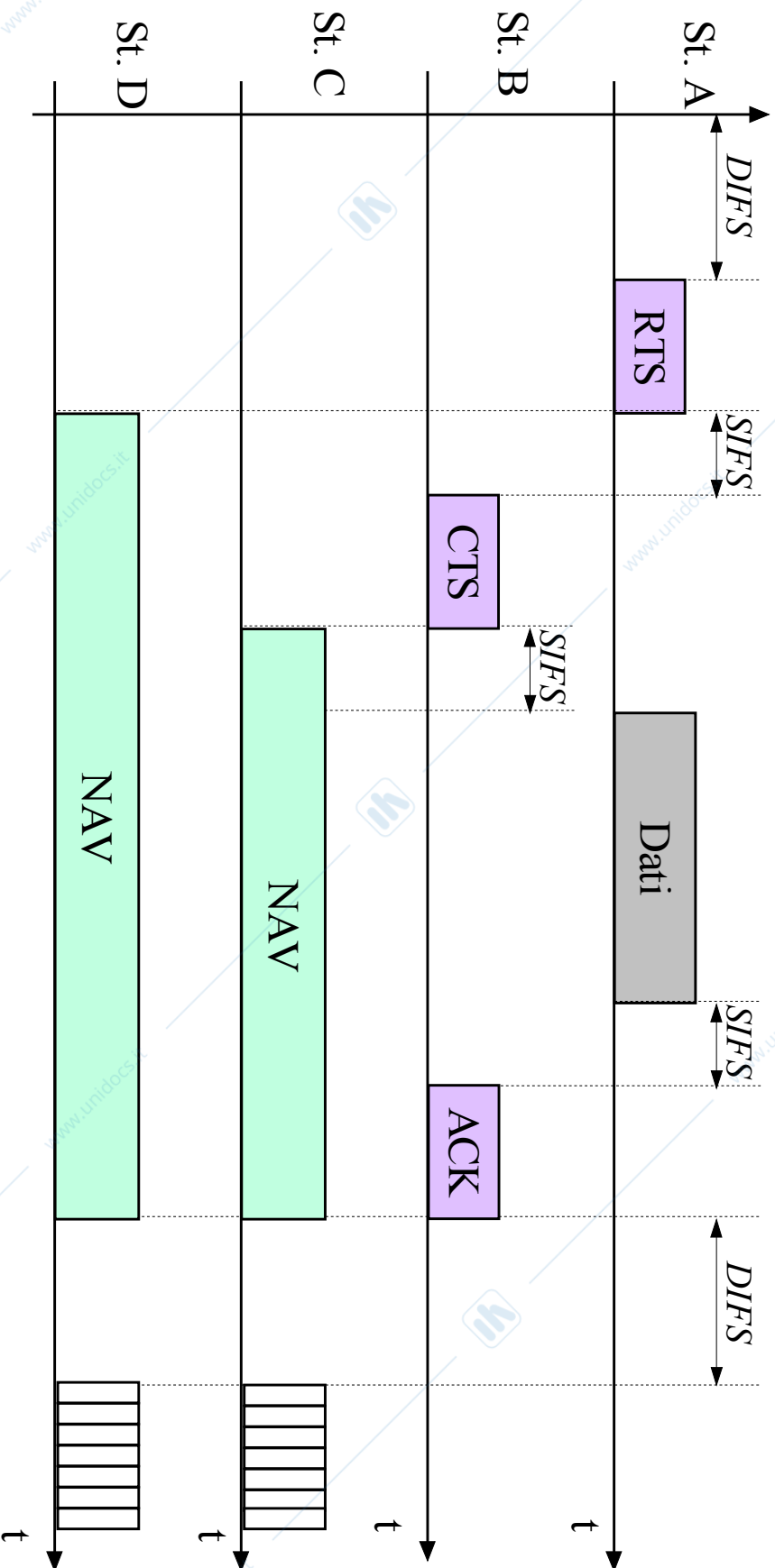
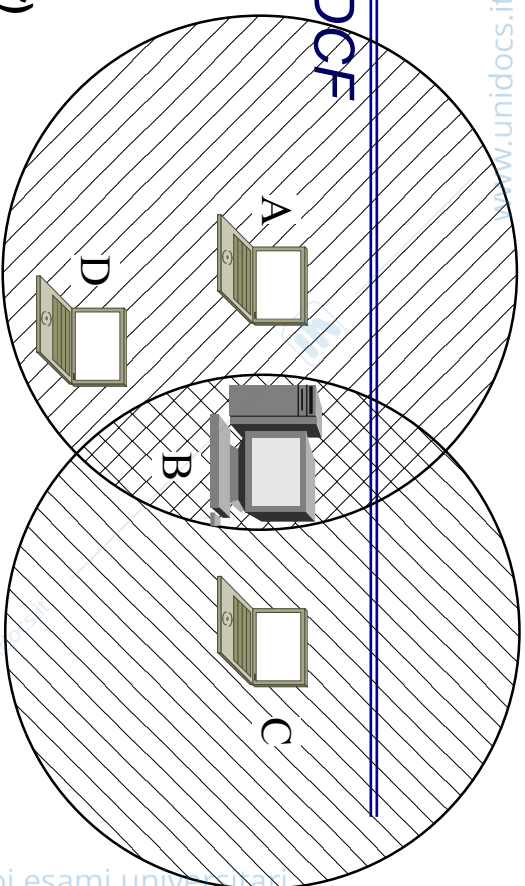




Wireless LAN

Accesso in modalità DCF

- **Esempio in assenza di collisioni**
 - ◆ Trasmissione da A a B
 - RTS, CTS recano NAV (Network Allocation Vector)





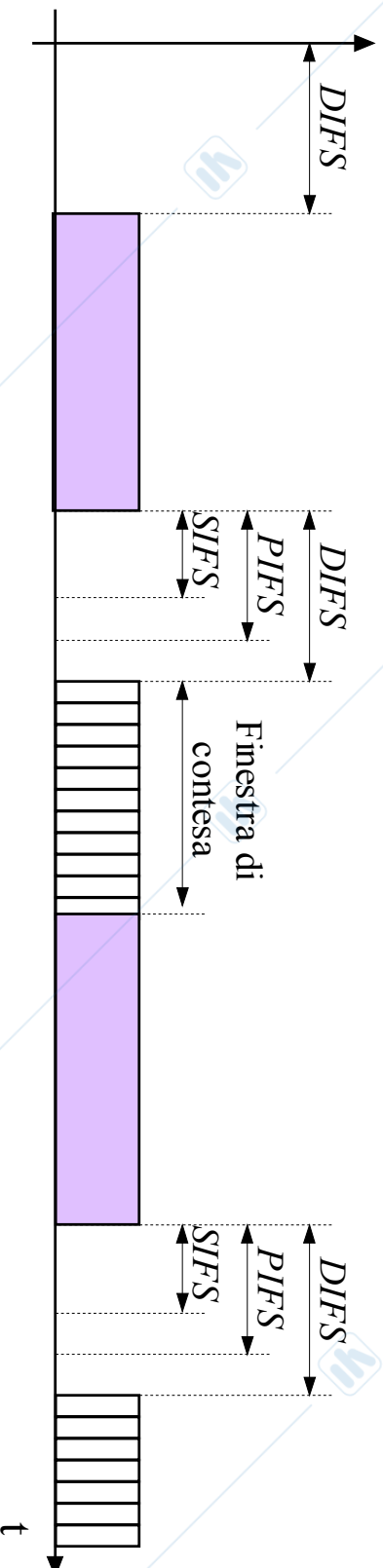
■ FINE SLIDES INCLUSE NEL PROGRAMMA



Wireless LAN

Accesso in modalità PCF

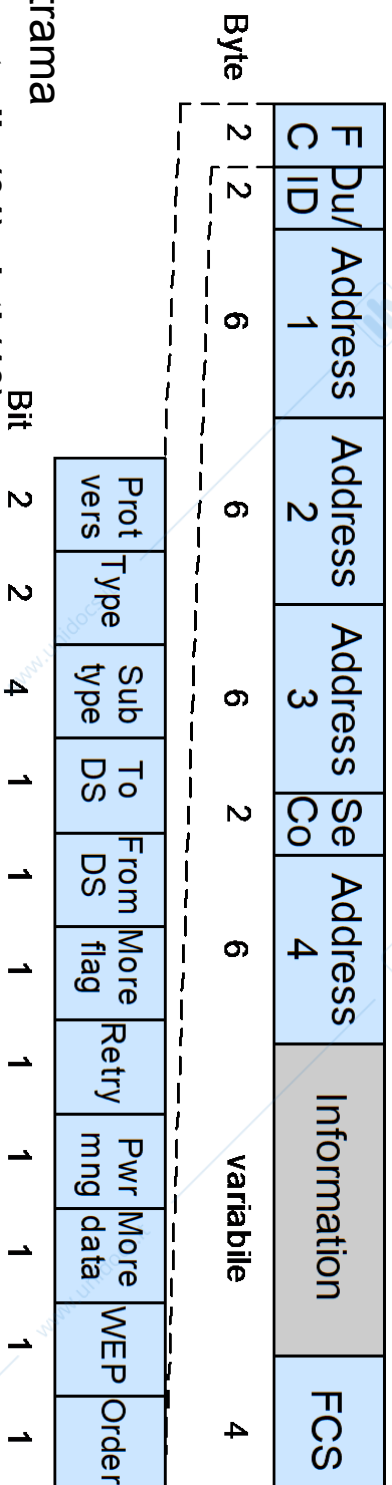
- **Una stazione agisce da Point Coordinator (PC)**
 - ◆ Controlla centralmente l'accesso al mezzo trasmissivo con modalità del tipo HDLC NRM in configurazione multipunto
 - ◆ Attiva la modalità PCF con invio di trama speciale dopo un tempo PIFS
 - **Ciò garantisce che contese non possano avvenire (richiedono un tempo DIFS)**
 - ◆ Interroga (poll) le singole stazioni che rispondono, sempre con un tempo SIFS





Wireless LAN

Formato di trama



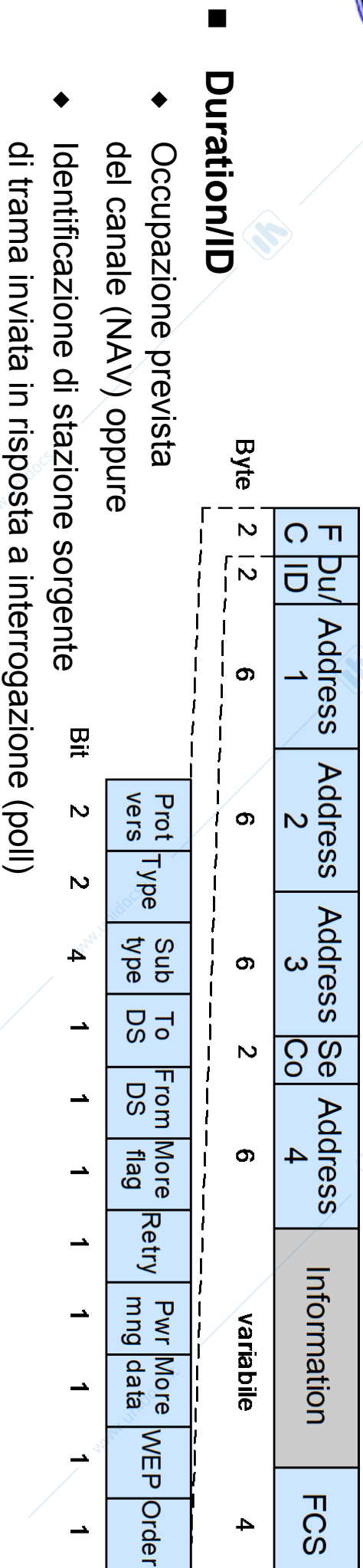
■ Frame control, FC

- ◆ *Protocol version*
- ◆ *Type*: classe della trama
 - **Gestione (00), controllo (01), dati (10)**
- ◆ *Subtype*: specifico tipo di trama
- ◆ *To DS, From DS*: Indicano il significato dei 4 campi Address
 - **Da stazione a stazione nel BSS**
 - **Uscente dal DS**
 - **Entrante nel DS**
 - **Da BSS a BSS**
- ◆ *More flag*: altri frammenti di trama da trasmettere
- ◆ *Retry*: trama ritrasmessa
- ◆ *Power management*: stato attivo/risparmio della stazione
- ◆ *More data*: altre trame indirizzate alla stazione destinataria
- ◆ *Wired Equivalence Privacy (WEP)*: uso di algoritmo di crittografia
- ◆ *Order*: indica che l'elaborazione delle trame in ricezione deve avvenire secondo l'ordine di ricezione



Wireless LAN

Formato di trama

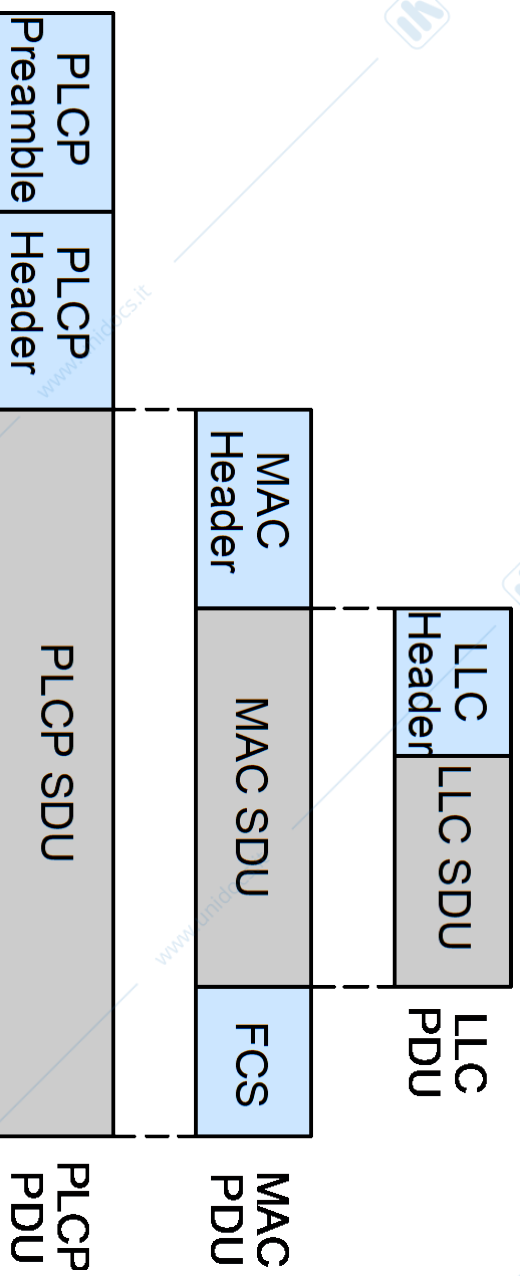


- **Duration/ID**
 - ◆ Occupazione prevista del canale (NAV) oppure
 - ◆ Identificazione di stazione sorgente di trama inviata in risposta a interrogazione (poll)
- **Address 1, 2, 3, 4**
 - ◆ Indirizzo di stazione mobile sorgente
 - ◆ Indirizzo di stazione mobile destinazione
 - ◆ Indirizzo del ricevitore/trasmittitore (AP del BSS di transito)
- **Sequence control**
 - ◆ Numero di trama
 - ◆ Numero di frammento nella trama
- **Information: 0-2312 byte**
- **FCS**



Wireless LAN

Physical Layer Convergence Procedure (PLCP)

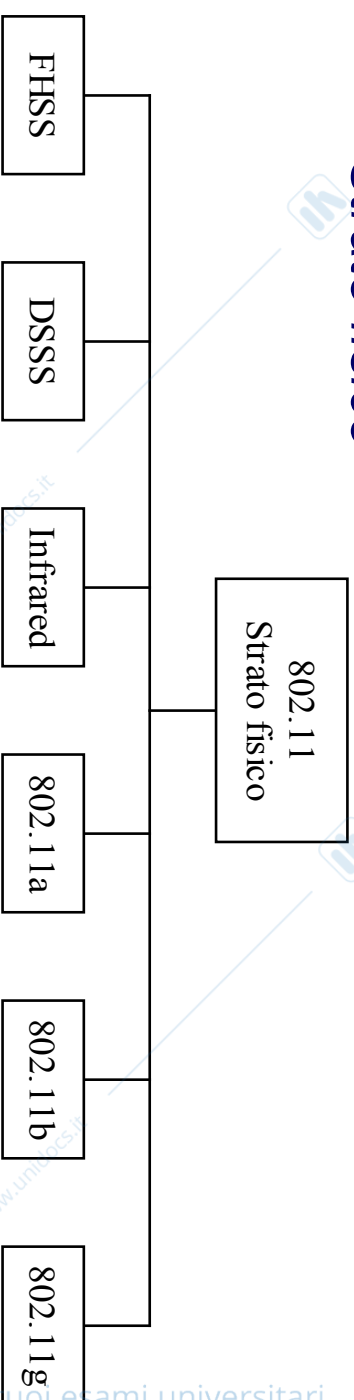


- **PLCP preamble**
 - ◆ Realizza la sincronizzazione in ricezione
- **PLCP header**
 - ◆ Specifica i parametri utilizzati in trasmissione
 - Frequenza di cifra
 - Lunghezza PLCP SDU
 - ...



IEEE 802.11

Strato fisico

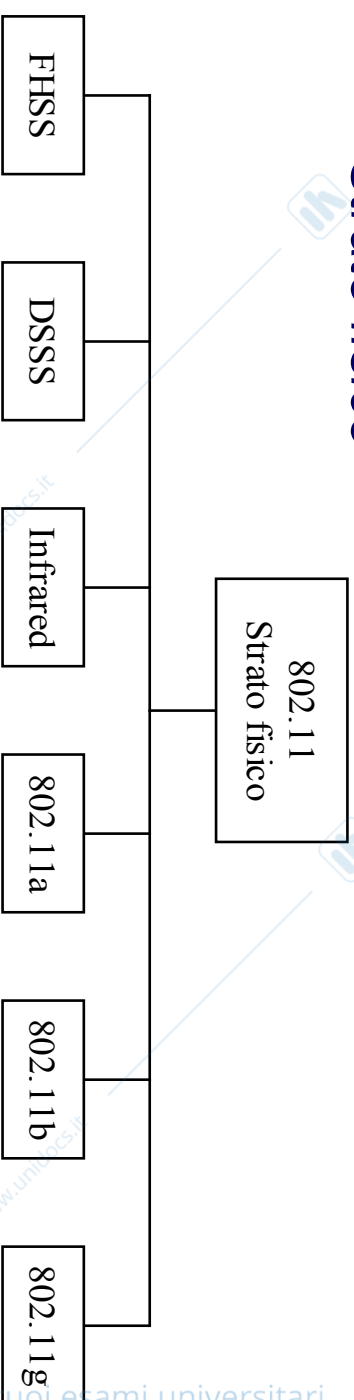


- **Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)**
 - ◆ 79 canali da 1 MHz nella banda dei 2.4 GHz
 - ◆ Flusso numerico modulato FSK (cambio frequenza pseudocasuale ogni 400 ms)
- **Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)**
 - ◆ Bit trasformato in 11 chip modulati PSK nella banda dei 2.4 GHz
 - 1 Mbit/s con modulazione BPSK (1 Mbit/s diventa 11 Mbit/s in linea)
 - 2 Mbit/s con modulazione QPSK (2 Mbit/s diventa 11 Mbaud in linea)
- **Infrarosso**
 - ◆ Spettro 800-950 nm
 - ◆ Modulazione PPM



IEEE 802.11

Strato fisico



- **802.11b**
 - ◆ Banda ISM a 2.4 GHz
 - ◆ Modulazione DSSS CCK (Complementary Code Keying)
 - ◆ Flussi numerici a 1, 2, 5.5, 11 Mbit/s
- **802.11a**
 - ◆ Banda ISM a 5 GHz
 - ◆ Moltiplicazione OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
 - ◆ Flussi a 6-18 Mbit/s: modulazione PSK
 - ◆ Flussi a 24-54 Mbit/s: modulazione QAM
- **802.11g**
 - ◆ Compatibile con 802.11b (banda ISM a 2.4 GHz)
 - ◆ Moltiplicazione OFDM
 - ◆ Capacità fino a 54 Mbit/s



Sommario

- **Proprietà**
- **Progetto IEEE 802**
- **IEEE 802.3: Ethernet**
- **IEEE 802.11: Wireless LAN**
- **IEEE 802.5: Token ring**
 - ◆ IEEE 802.5
 - ◆ FDDI



IEEE 802.5

Token ring

- **Token Ring sviluppata da IBM negli anni 70**
- **Successivamente standardizzata come**
 - ◆ IEEE 802.5 (1982) e
 - ◆ ISO 8802.5 (1985)
- **Caratteristiche**
 - ◆ Topologia ad anello
 - **Trasmissione unidirezionale dei segnali**
 - ◆ Frequenza di cifra: 4/16 Mbit/s
 - ◆ Metodo di accesso a trasferimento di permesso

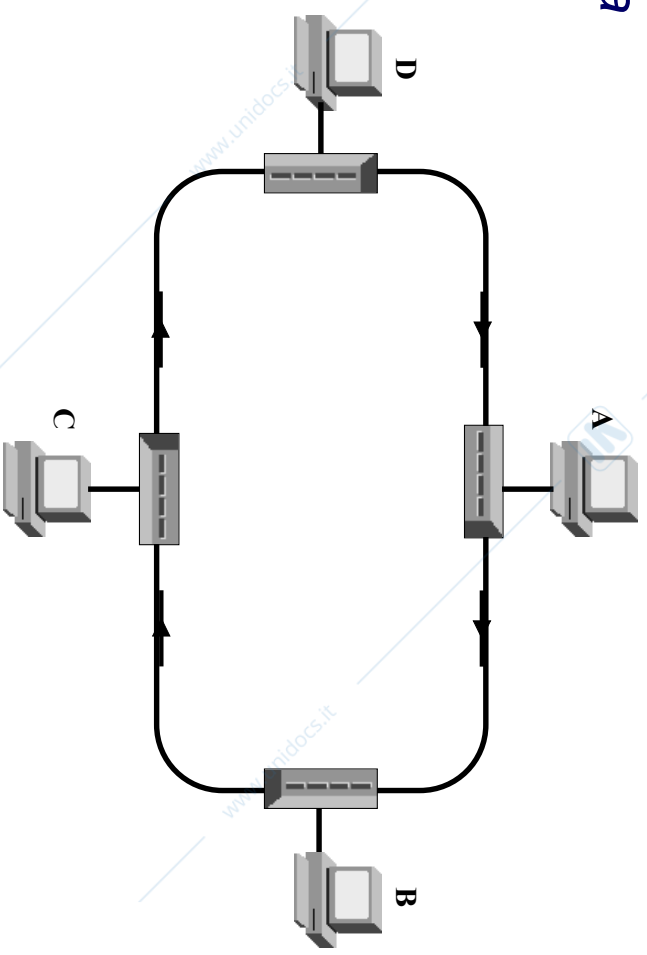
	Strati superiori			
	802.2. Logical link control			
LLC	802.3 CSMA/CD	802.5 Token ring	802.11 Wireless LAN	Altre LAN
MAC	UTP, STP, radio, fibra, ecc.			
PL	IEEE 802			
				OSI
				Collegamento dati
				Rete
				Fisico



IEEE 802.5

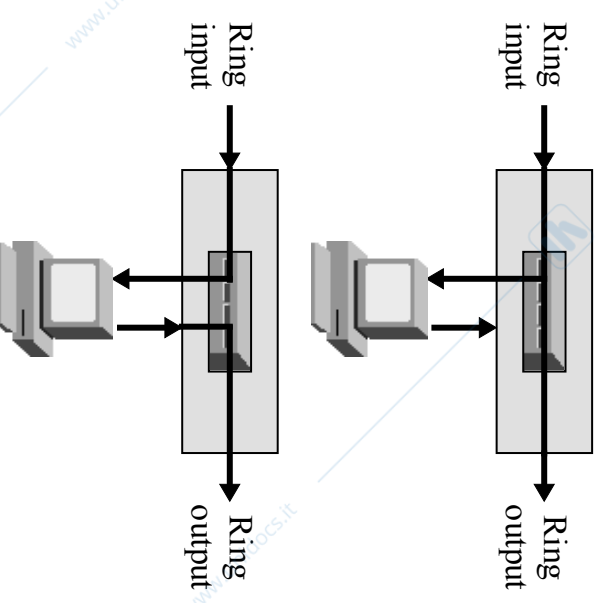
Topologia

- **Topologia**
 - ◆ Stazioni connesse serialmente ad anello
 - ◆ Stazioni attive sull'anello
 - Ogni stazione rigenera il segnale ricevuto
- **Cablatura**
 - ◆ Cablatura fisica a stella intorno ad un concentratore per motivi di affidabilità
 - ◆ Il concentratore esclude le stazioni spente o guaste dall'anello



- **Stati di una interfaccia di stazione**

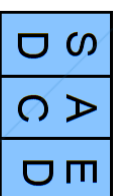
- ◆ Listen
 - Anello chiuso
 - Latenza di stazione : B_s bit time
- ◆ Transmit
 - Anello aperto





IEEE 802.5

Formato del token



Byte 1 1 1 1

Starting Delimiter (SD)

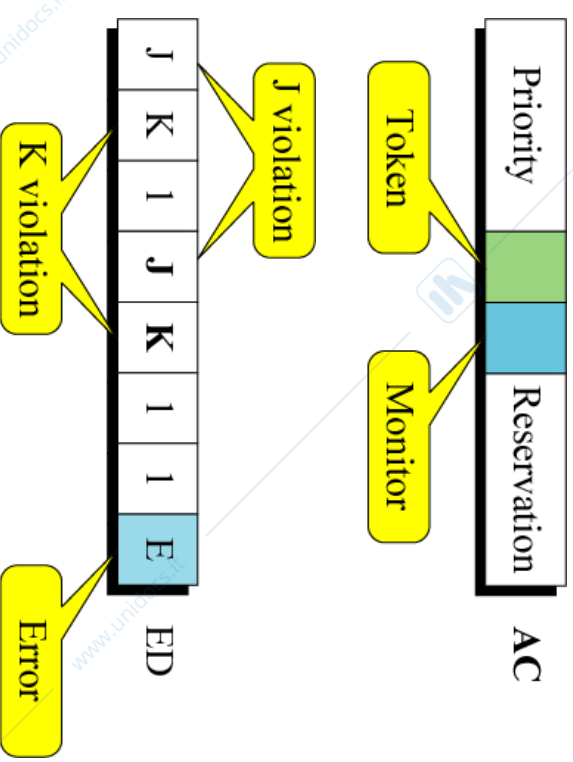
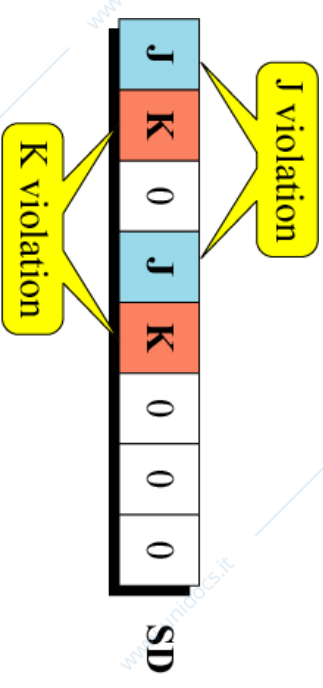
- ◆ 2 bit (J e K) violano il codice Manchester

Access Control (AC)

- ◆ $T = 0$ per token

Ending Delimiter (ED)

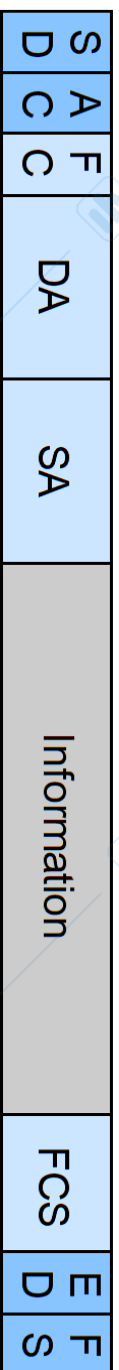
- ◆ 1 bit J e K violano il codice Manchester differenziale usato





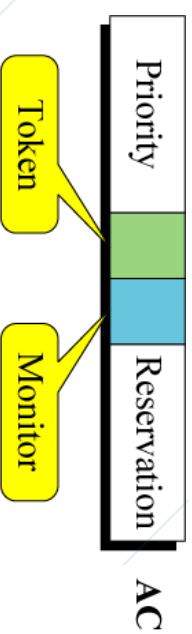
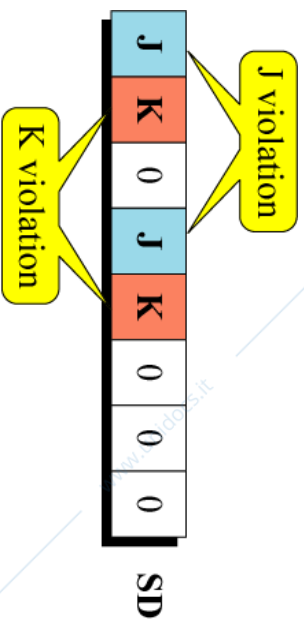
IEEE 802.5

Formato di trama

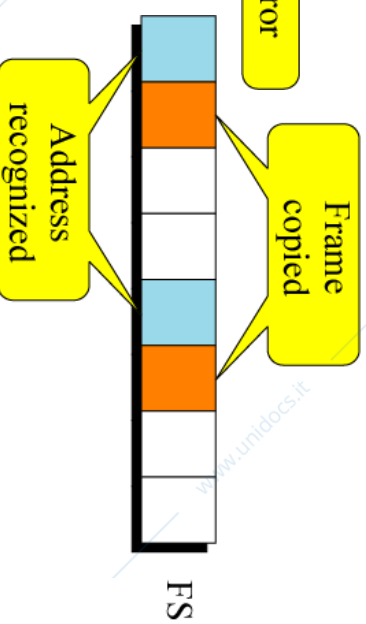
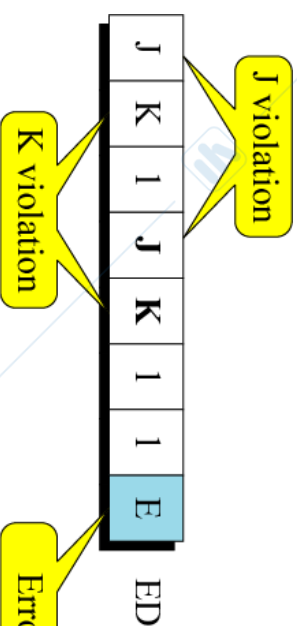


- Starting delimiter, SD Byte 1 1 1 1 6 6 variable 4 1 1

- 4 bit (J e K) violano il codice Manchester differenziale usato



- Access control, AC
- Frame control, FC
- Destination address, DA
- Source address, SA
- Information
- FCS
- Ending delimiter, ED
- Frame Status:



- 4 bit (J e K) violano il codice Manchester differenziale usato
- A = 0, C = 0: destinatario inattivo
- A = 1, C = 0: destinatario attivo, trama non copiata
- A = 1, C = 1: destinatario attivo, trama copiata



IEEE 802.5

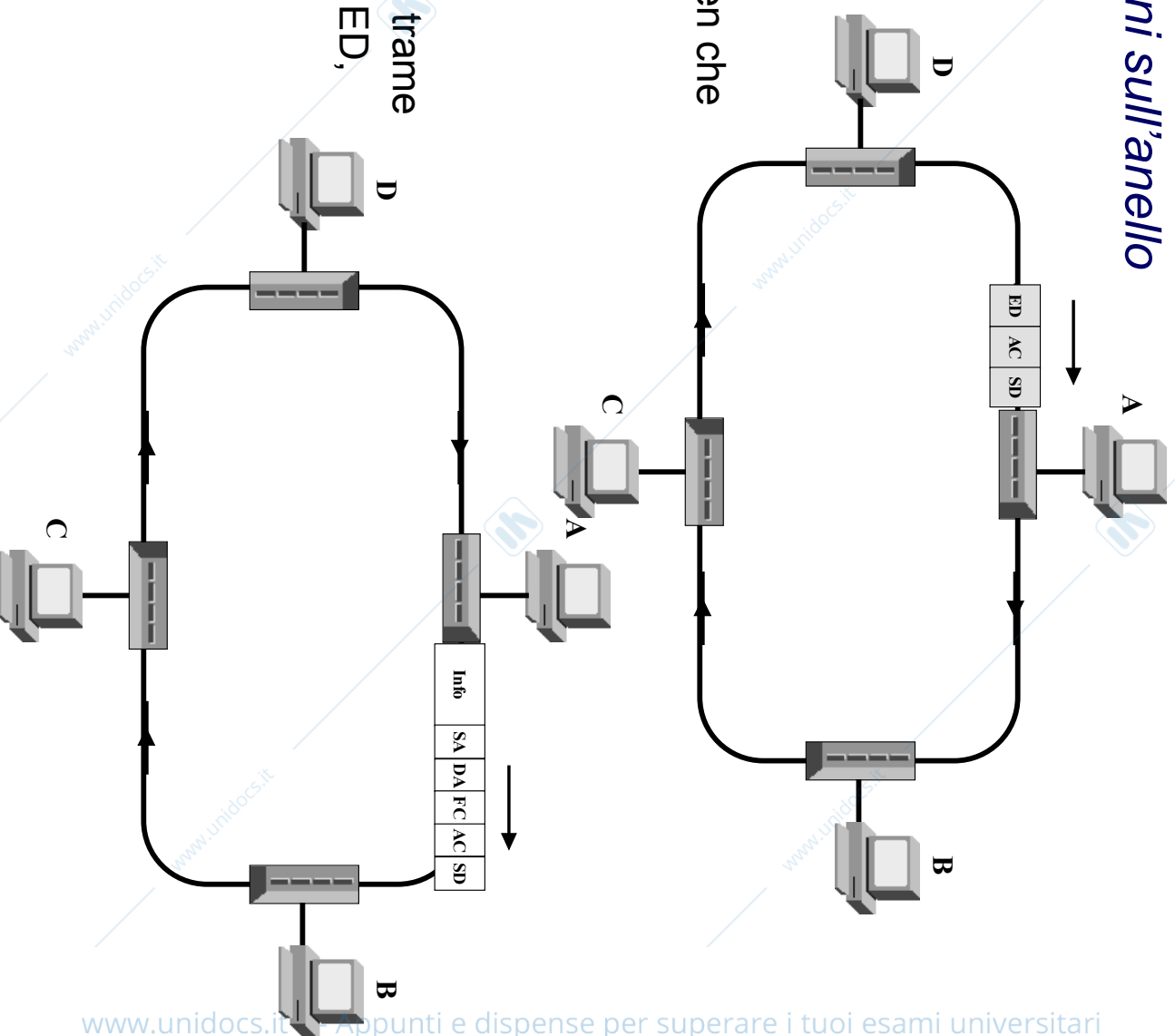
Metodo di accesso

- **Modalità di trasferimento del diritto di accesso all'anello**
 - ◆ Il token viene trasferito lungo l'anello come una trama speciale
 - ◆ Il token circola continuamente sull'anello in assenza di trame dati
- **Modalità di accesso**
 - ◆ La stazione rimuove il token dall'anello
 - ◆ La stazione trasmette una o più trame per un tempo max *THT* (Timer Holding Token)
 - ◆ Ogni trama è rimossa dall'anello dalla stazione mittente
 - ◆ La stazione riemette il token
- **Modalità standard di token release: single token**
 - ◆ Stazione emette il token non prima di aver rimosso dall'anello l'header della trama

IEEE 802.5

Operazioni sull'anello

- **Trasmissione trame da A a C**
 - ◆ A cattura token ponendo $T = 1$ del token che sta ritrasmettendo
 - ◆ A inibisce il repeat path
 - ◆ A trasmette FC, DA, SA, RI
 - ◆ A trasferisce i dati nel campo INFO
 - ◆ Se THT non esaurito, A trasmette altre trame dati ponendo $I = 1$ (Intermediate bit) in ED, altrimenti $I = 0$



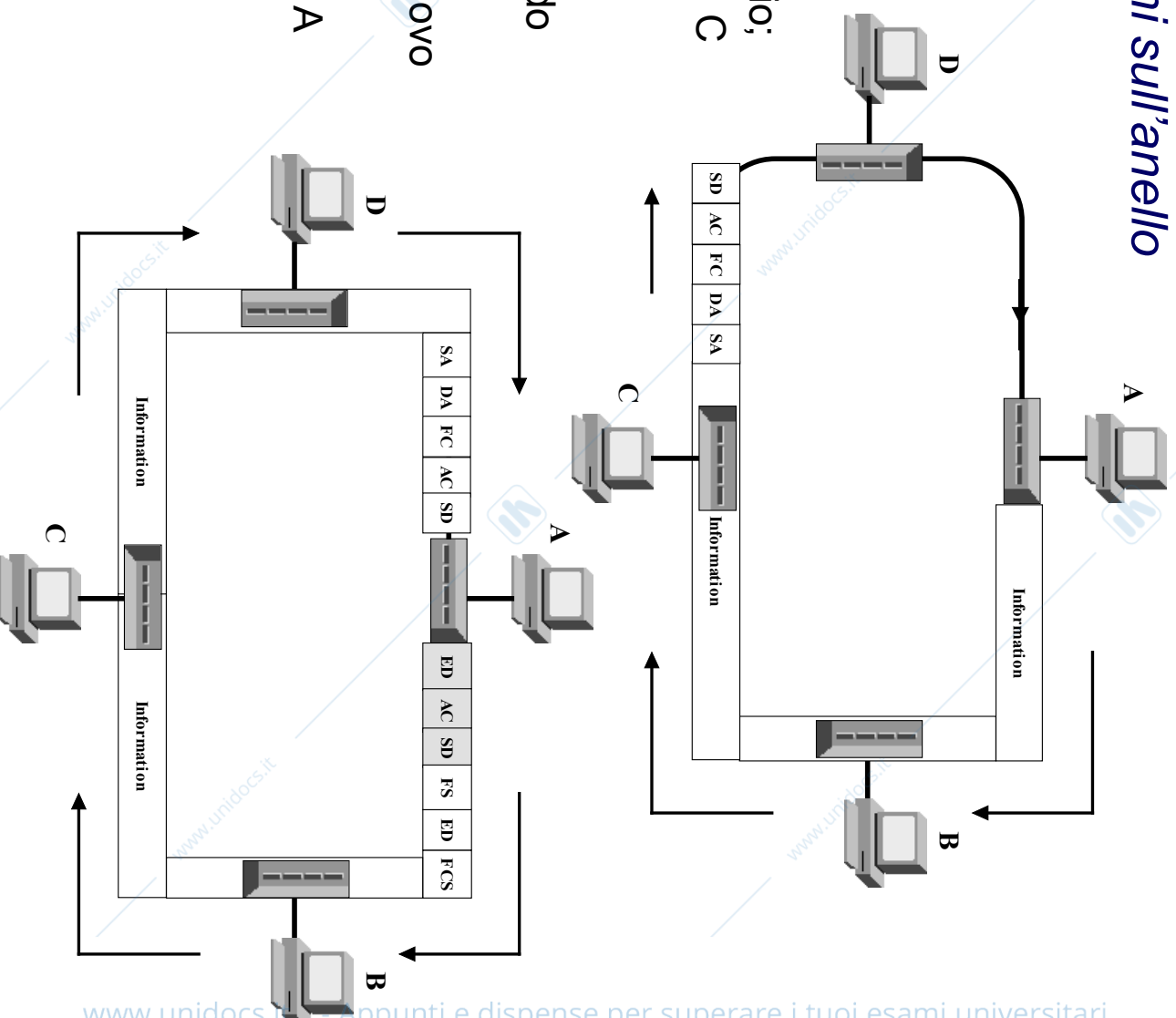


IEEE 802.5

Operazioni sull'anello

■ Trasmissione trame da A a C

- ◆ Ogni stazione controlla se DA è il proprio; se si, modifica opportunamente i bit A e C di FS
- ◆ Tutte le altre stazioni ritrasmettono le trame dati e segnalano gli errori ponendo $E = 1$ in ED
- ◆ A toglie la trama dall'anello e genera nuovo token in coda alle sue trame
- ◆ Alla fine della ricezione delle sue trame A riabilita il repeat path





IEEE 802.5

Lunghezza trame e latenza di anello

- **La lunghezza massima delle trame L_{\max} dipende da**
 - ◆ C (capacità sull'anello)
 - ◆ THT ($THT = 9.1 \text{ ms}$)
- $L_{\max} = THT * C / 8$
 - ◆ $C = 4 \text{ Mbit/s}$: $L_{\max} = 4550 \text{ byte}$
 - ◆ $C = 16 \text{ Mbit/s}$: $L_{\max} = 18200 \text{ byte}$
- **Latenza minima dell'anello: 24 bit time**
 - ◆ Garantisce l'assenza di "conflitti" tra token che viene rimosso e trama che viene trasmessa
 - B_s : latenza di stazione
 - N: numero di stazioni
 - L_{\min} : lunghezza minima della trama (token)

$$\tau + N \frac{B_s}{C} \geq \frac{L_{\min}}{C}$$



IEEE 802.5

Strato fisico

- **Mezzo trasmissivo dell'anello**
 - ◆ STP
 - ◆ UTP Cat. 5
- **Codifica dati: Manchester differenziale**
 - ◆ Solo l'active monitor usa il proprio clock locale
 - ◆ Tutte le altre stazioni ricavano il clock dal flusso dati ricevuto
- **Latenza minima sull'anello: tempo di trasmissione del token**
 - ◆ Se necessario l'active monitor usa il proprio latency buffer di $B_s = 24$ bit



IEEE 802.5

Strato fisico

- **DTR (dedicated token ring): collegamenti full-duplex verso le singole stazioni (token inutile)**
 - ◆ DTR switch opera con collegamenti full-duplex verso le singole stazioni
 - ◆ Utilizzabile anche con rete a 4 e 16 Mbit/s
- **Standard DTR a 100 Mbit/s**
 - ◆ Livello fisico come in FDDI (fibra o doppio)
 - ◆ Max lunghezza trama 18207 byte
- **Gigabit token ring DTR**
 - ◆ Livello fisico come in Gigabit Ethernet (fibra o doppio)
 - **PMC-SX: 2 fibre in I finestra**
 - **PMC-LX: 2 fibre in II finestra**
 - **PMC-CX: 2 STP**
 - **PMC-T: 4 UTP Cat. 5**
 - ◆ Max lunghezza trama 18207 byte

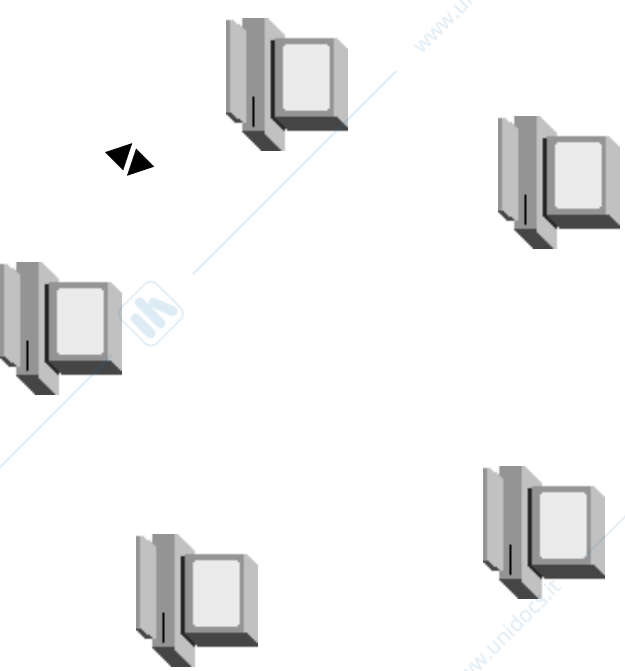


Token ring

FDDI

■ Fiber Distributed Data Interface (FDDI)

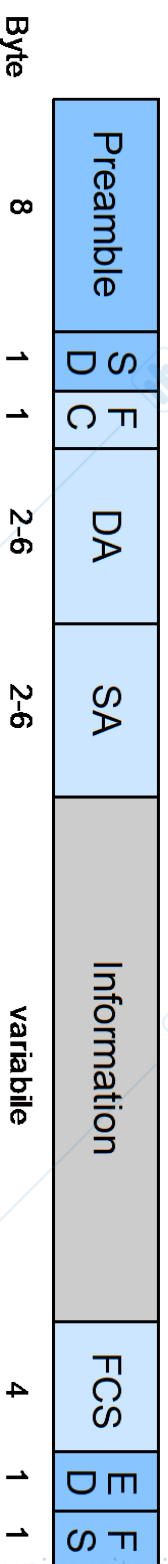
- ◆ Standard ANSI per MAN
- ◆ Frequenza di cifra C = 100 Mbit/s
- ◆ Mezzo trasmissivo: fibra ottica
- ◆ Supporta fino a 500 stazioni
- ◆ Estensione massima dell'anello: 200 km
 - Cablaggio a stella non consentito
- ◆ Doppio anello
 - Ogni anello trasmette fino a 100 Mbit/s
 - Garantisce connettività in presenza di un guasto
- ◆ Standard successivi anche in rame (CDDI) per reti a estensione limitata
 - UTP Cat 5
 - Cablaggio a stella
 - Max estensione dal centro stella: 100 m





Token ring

FDDI



Formato di trama

- ◆ Preamble: consente al ricevente la sincronizzazione
 - ◆ Frame control (FC)
 - C: traffico sincrono/asincrono
 - L: lunghezza campo indirizzo (2/6 byte)
 - FF: tipo di trama
 - ZZZZ: altre funzioni
 - ◆ SD, DA, SA, FCS, ED, FS come in IEEE 802.5
 - ◆ Information: lunghezza max 4500 byte
- **Formato di token: preamble, SD, FC, ED**
 - ◆ Rimozione completa dall'anello prima di trasmettere trama (non previsto un bit esplicito per distinguere tra trama e token)
 - ◆ Rilascio esclusivamente con Early token release (multiple token)
- **Parametri fisici**
 - ◆ Tolleranza cronosegnali: 50 ppm
 - ◆ Trasmissione con codifica 4B5B
 - ◆ Memoria tampone $B_s = 10$ bit in ogni stazione

