

Università degli Studi di Perugia

Dipartimento di Matematica e Informatica

Corso di Laurea in Informatica



Architettura Reti

- Integrazione Prima parte -

Osvaldo Gervasi

`osvaldo.gervasi@{unipg.it,gmail.com}`

Marco Simonetti

`marco.simonetti@collaboratori.unipg.it`

Modello di Riferimento ISO/OSI

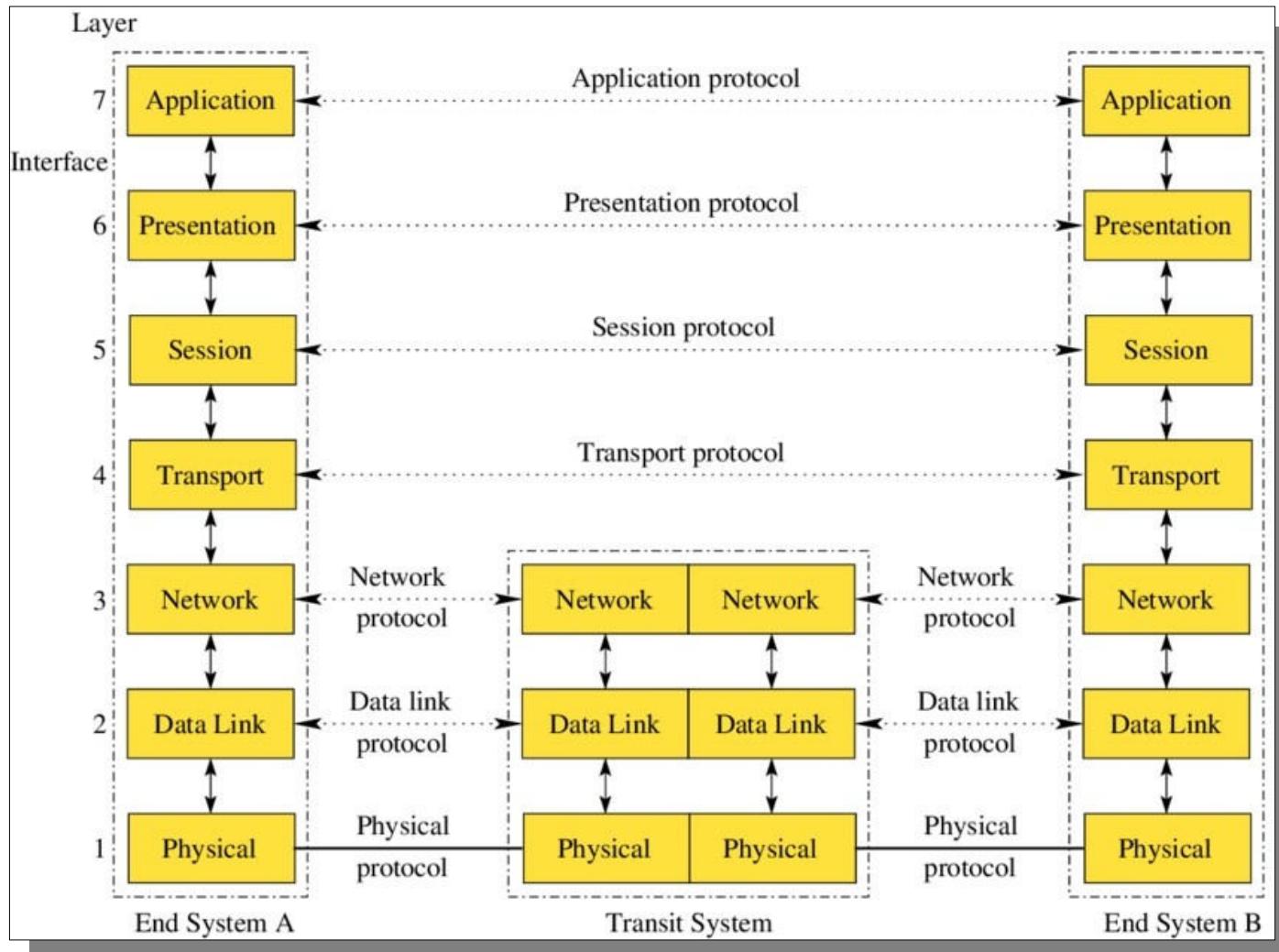


Modello di Riferimento ISO/OSI

- Il Modello ISO OSI (Open Systems Interconnection) è un modello concettuale che definisce il modo in cui le reti inviano i dati dal mittente al destinatario.
- Il modello è utilizzato per descrivere ogni componente nell'ambito della comunicazione dei dati così da permettere la definizione di regole e standard riguardo alle applicazioni e all'infrastruttura di rete.
- Il modello OSI contiene **sette livelli disposti concettualmente dal basso verso l'alto**.
- I livelli ISO OSI sono: *Fisico, Collegamento Dati, Rete, Trasporto, Sessione, Presentazione, Applicazione*.



Modello di Riferimento ISO/OSI



Modello di Riferimento ISO/OSI

OSI (Open Source Interconnection) 7 Layer Model

Layer	Application/Example	Central Device/ Protocols	DOD4 Model
Application (7) <small>Serves as the window for users and application processes to access the network services.</small>	End User layer Program that opens what was sent or creates what is to be sent Resource sharing • Remote file access • Remote printer access • Directory services • Network management	User Applications SMTP	
Presentation (6) <small>Formats the data to be presented to the Application layer. It can be viewed as the "Translator" for the network.</small>	Syntax layer encrypt & decrypt (if needed) Character code translation • Data conversion • Data compression • Data encryption • Character Set Translation	JPEG/ASCII EBDIC/TIFF/GIF PICT	Process
Session (5) <small>Allows session establishment between processes running on different stations.</small>	Synch & send to ports (logical ports) Session establishment, maintenance and termination • Session support - perform security, name recognition, logging, etc.	Logical Ports RPC/SQL/NFS NetBIOS names	
Transport (4) <small>Ensures that messages are delivered error-free, in sequence, and with no losses or duplications.</small>	TCP Host to Host, Flow Control Message segmentation • Message acknowledgement • Message traffic control • Session multiplexing	F I L T E R P A C K E T R O U t e r s IP/IPX/ICMP	Host to Host
Network (3) <small>Controls the operations of the subnet, deciding which physical path the data takes.</small>	Packets ("letter", contains IP address) Routing • Subnet traffic control • Frame fragmentation • Logical-physical address mapping • Subnet usage accounting	Routers IP/IPX/ICMP	Internet
Data Link (2) <small>Provides error-free transfer of data frames from one node to another over the Physical layer.</small>	Frames ("envelopes", contains MAC address) [NIC card — Switch — NIC card] (end to end) Establishes & terminates the logical link between nodes • Frame traffic control • Frame sequencing • Frame acknowledgment • Frame delimiting • Frame error checking • Media access control	Switch Bridge WAP PPP/SLIP Land Based Layers	Can be used on all layers
Physical (1) <small>Concerned with the transmission and reception of the unstructured raw bit stream over the physical medium.</small>	Physical structure Cables, hubs, etc. Data Encoding • Physical medium attachment • Transmission technique - Baseband or Broadband • Physical medium transmission Bits & Volts	Hub	Network

Modello di Riferimento ISO/OSI

The OSI Model



DHCP, DNS, FTP, HTTP, HTTPS,
POP, SMTP, SSH, etc...

TCP UDP

IP Address: IPv4, IPv6

MAC Address

Ethernet cable, fibre, wireless,
coax, etc...

The TCP/IP Model

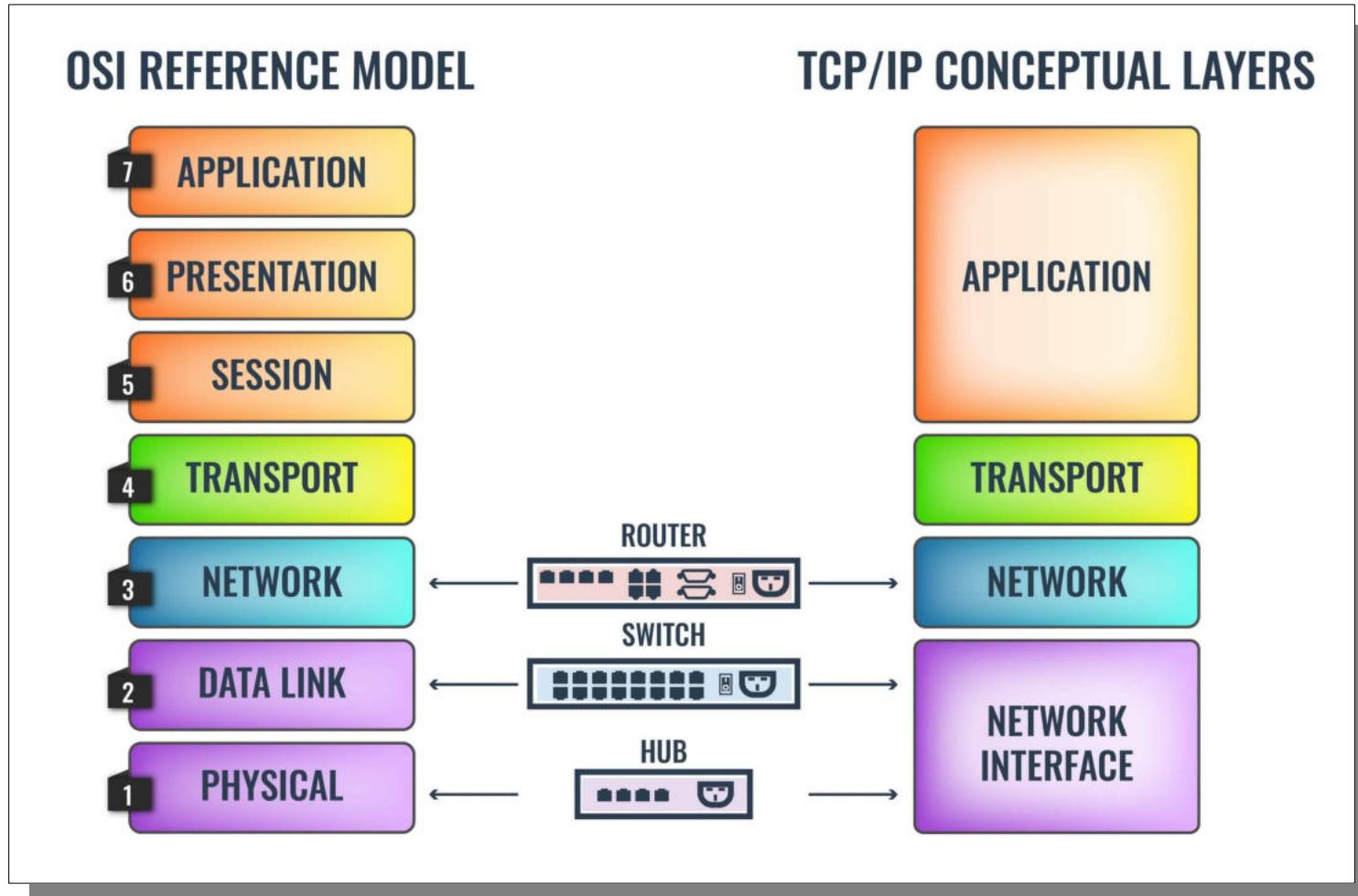
Application

Transport

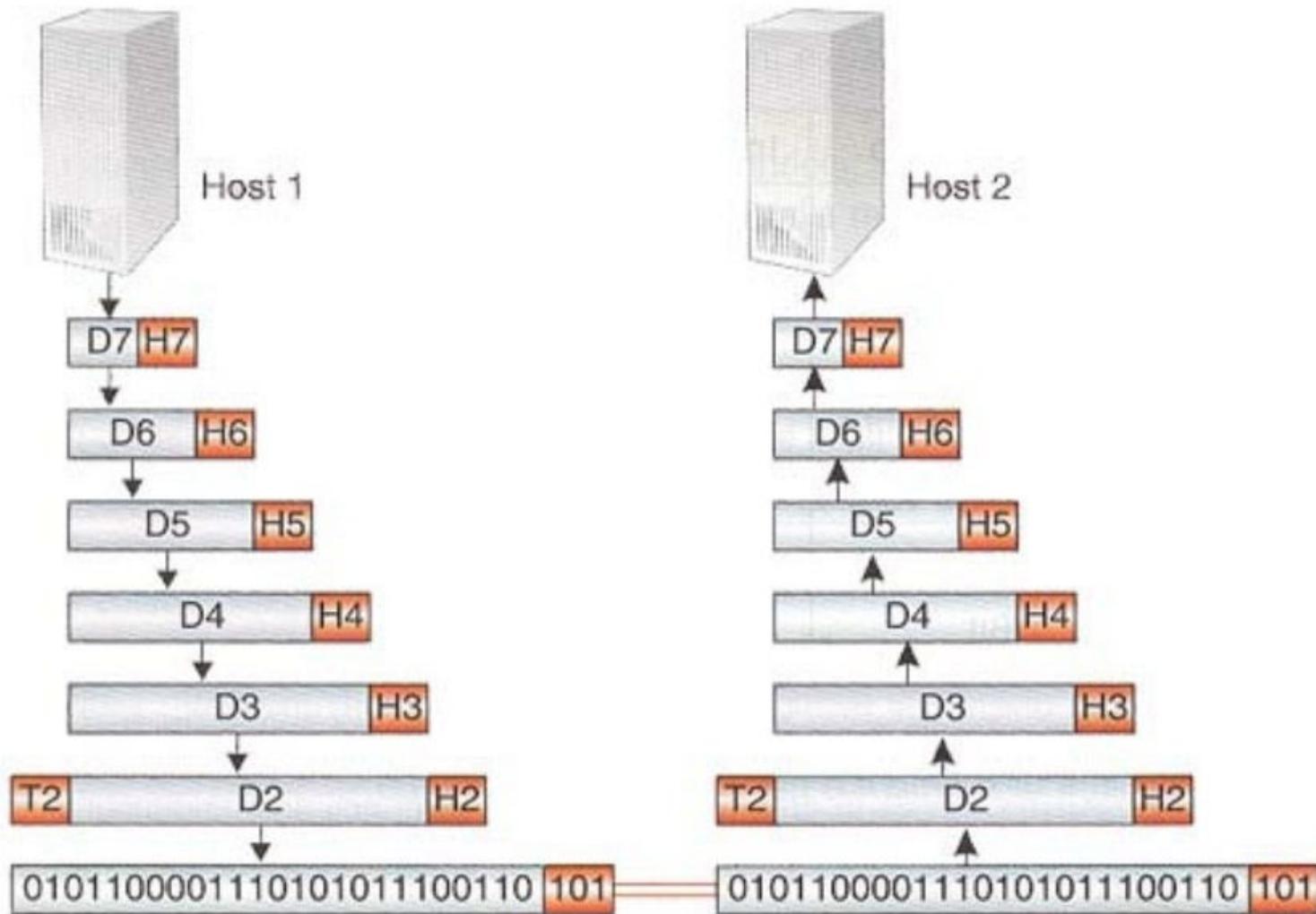
Internet

Network Access

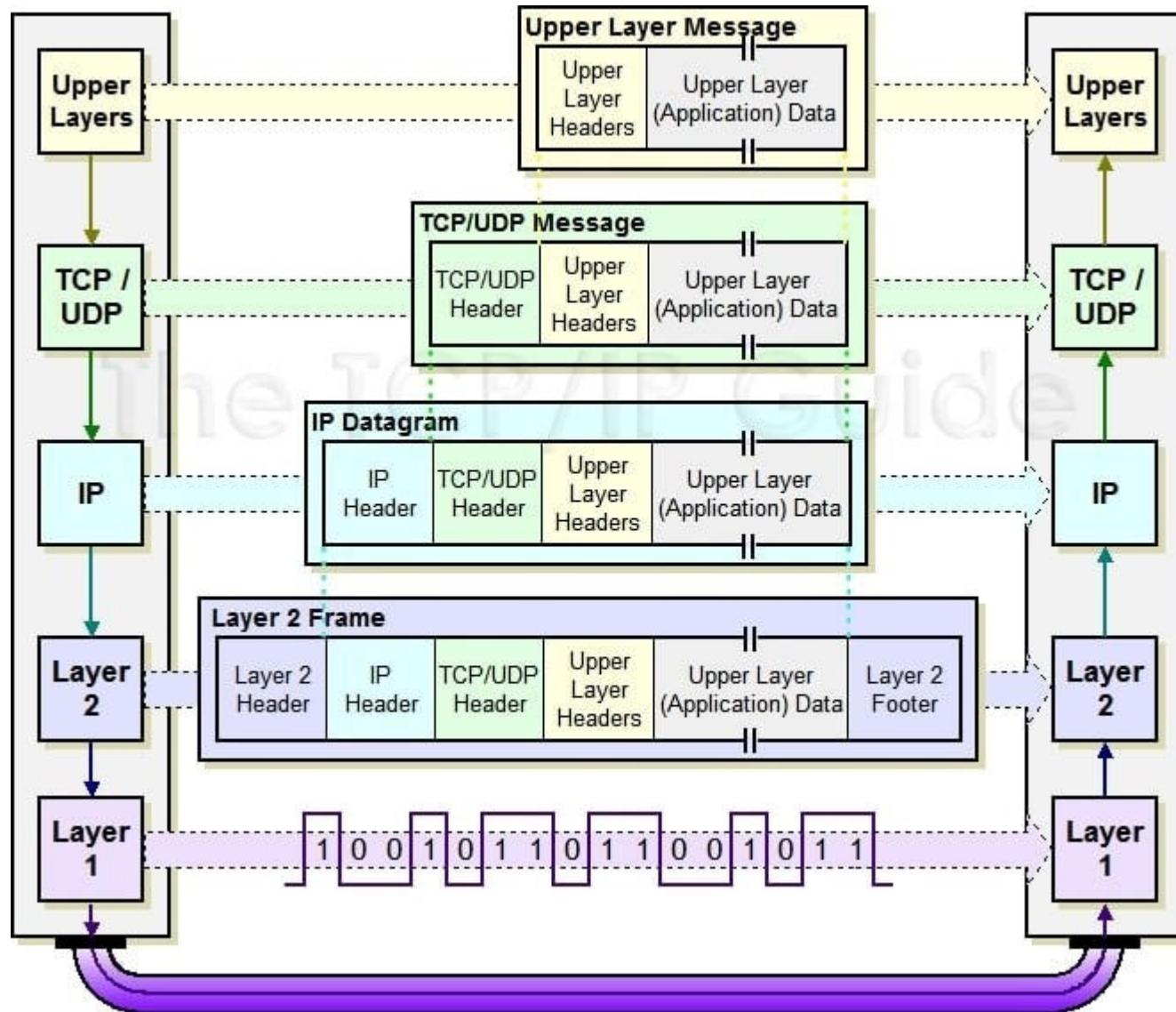
Modello di Riferimento ISO/OSI



Modello di Riferimento ISO/OSI



Modello di Riferimento ISO/OSI



Standards

- L'importanza degli **standards** ed il lavoro delle *organizzazioni di standardizzazione* è stato fondamentale per lo sviluppo delle TLC.
- Definiscono le **caratteristiche fisiche ed operative** degli apparati di rete.
- L'adozione di standard aiuta la vendita dei prodotti
- Il processo di standardizzazione favorisce l'interconnessione e l'integrazione di hardware prodotto da diversi costruttori
- Esistono standard
 - **de jure** (cioè codificati da organismi nazionali o internazionali)
 - **de facto** (massiccia adozione da parte degli utenti)

Organizzazioni: IEEE

- L'[Institute of Electrical and Electronic Engineers](#) (IEEE) è molto attivo nello sviluppo di standard di comunicazione dati (Communication Society, COMSOC).
- Il sottocomitato [802](#) ha iniziato i lavori nel 1980, prima che fosse stabilito un valido mercato per le reti locali, segnando comunque un avanzamento teorico fondamentale.



Organizzazioni: IEEE

- Il progetto 802 è concentrato sull'interfaccia fisica degli apparati e sulle procedure richieste per stabilire, mantenere e terminare connessioni tra dispositivi di rete, inclusa:
 - la definizione del formato dei dati
 - il controllo dell'errore
 - attività per il controllo del flusso dell'informazione

IEEE 802 Standards

Standard	Name	Topic
802.1	Internetworking	Routing,Bridging, and network-to-network Communications
802.2	Logical Link Control	Error and flow control over data frames
802.3	Ethernet LAN	All forms of Ethernet media and interfaces
802.4	Token BUS LAN	All forms of Token Bus media and interfaces
802.5	Token Ring LAN	All forms of Token Ring media and interfaces
802.6	Metropolitan Area Network	MAN technologies,Addressing, and Services
802.7	Broadband technical Advisory Group	Broadband network media,interfaces, adn other Equipments
802.8	Fiber Optic Technical Advisory Group	Fiber Optic media used in token-passing Networks like FDDI
802.9	Integrated Voice/ Data Network	Integration of voice and data traffic Over a single network medium
802.10	Netwok Security	Network access controls,encryption,Certification, and other Security topics
802.11	Wireless Networks	Standards for wireless networking for many different broadcast frquencies and usage techniques
802.12	High-Speed Networking	A variety of 100 Mbps-plus technologies,including 100 BASE-VG
802.14	Cable Broadband LANs and MANs	Standards for designing network over coaxial cable-based broadband connections.
802.15	Wireless Personal Area Networks	The coexistence of wireless personal area networks with Others wireless devices in unlicensed frequency bands.
802.16	Broadband Wireless Access	The atmospheric interface and related functions associated with Wireless Local Loop(WLL)



CCITT - ITU

- Il lavoro è articolato in periodi quadriennali, chiamati *Study Period*, al termine dei quali ha luogo un'assemblea plenaria nel corso della quale vengono emanate le raccomandazioni.
- Es:
 - V.21 Duplex 300 bits/s modem modulation.
 - V.22 Duplex 1200 bits/s modem modulation.
 - V.22bis Duplex 2400 bits/s modem modulation.
 - V.32 Duplex modem modulation up to 9600 bits/s.
 - V.32bis Duplex modem modulation up to 14400 bits/s.
 - V.34 Duplex modem modulation up to 28800 bits/s.



ISO

- L' International Standards Organization è un organo consulente dell'ONU
- Il suo scopo è *promuovere lo sviluppo di standards nel mondo, con l'obiettivo di favorire lo scambio internazionale di cose e servizi*
- *Sono membri oltre 100 organizzazioni standard nazionali*
- *Il maggior successo dell'ISO nel campo delle telecomunicazioni è stato il concepimento del modello a sette livelli **Open Systems Interconnection (OSI) Reference Model***



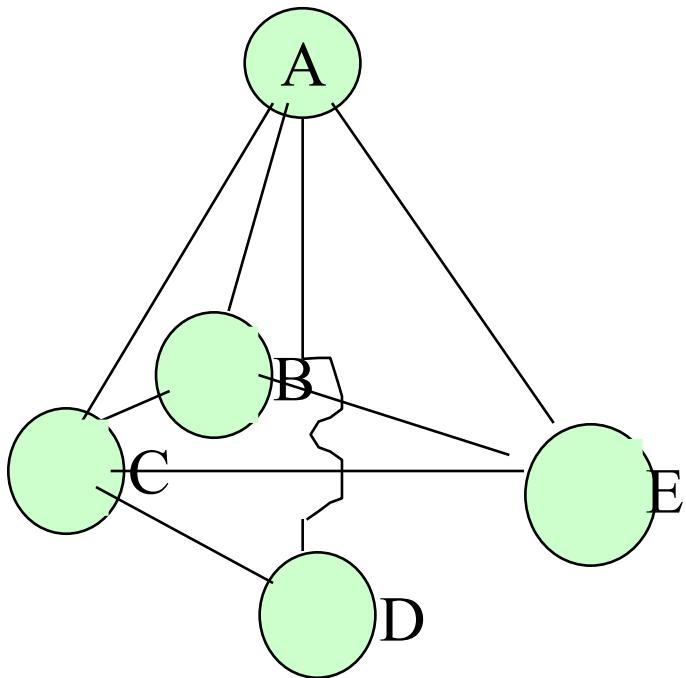
ISO OSI Reference Model

- Definisce un impianto concettuale sulla base del quale è possibile definire le modalità di interconnessione di sistemi informatici
- Fornisce un modello di riferimento per confrontare diverse implementazioni di protocolli di rete proprietari e non
- Rimane fondamentalmente uno strumento teorico e concettuale con uno scarsissimo numero di implementazioni di servizi. Es:
 - ✓ ISO/IEC 10021 per la posta elettronica (X.400)
 - ✓ ISO/IEC 9594 per i servizi di Directory (X.500)

ISO OSI Reference Model

- OSI introduce il concetto di **sistema**:
 - risorse hardware
 - risorse software
 - periferiche
 - programmi
- e di **applicazione**:
 - programma che elabora i dati ed eroga servizi
- OSI si preoccupa dello scambio di informazioni tra sistemi

Definizioni



- La figura illustra una tipica struttura di rete
- I cerchi rappresentano i *nodi della rete*
- I nodi sono connessi tra loro mediante dei *communication path*
- I percorsi tra due nodi sono *information path*

ISO Reference model *

Application	Layer 7
Presentation	Layer 6
Session	Layer 5
Transport	Layer 4
Network	Layer 3
Data Link	Layer 2
Physical	Layer 1

*CCITT Recommendation X.200



Architettura a livelli I

- La suddivisione in livelli del modello adotta l'approccio scientifico di dividere un problema complesso in più sotto-problemi, più agevoli da risolvere
- Risultano 7 livelli, ciascuno deputato ad uno specifico insieme di servizi, specifici per le finalità del livello

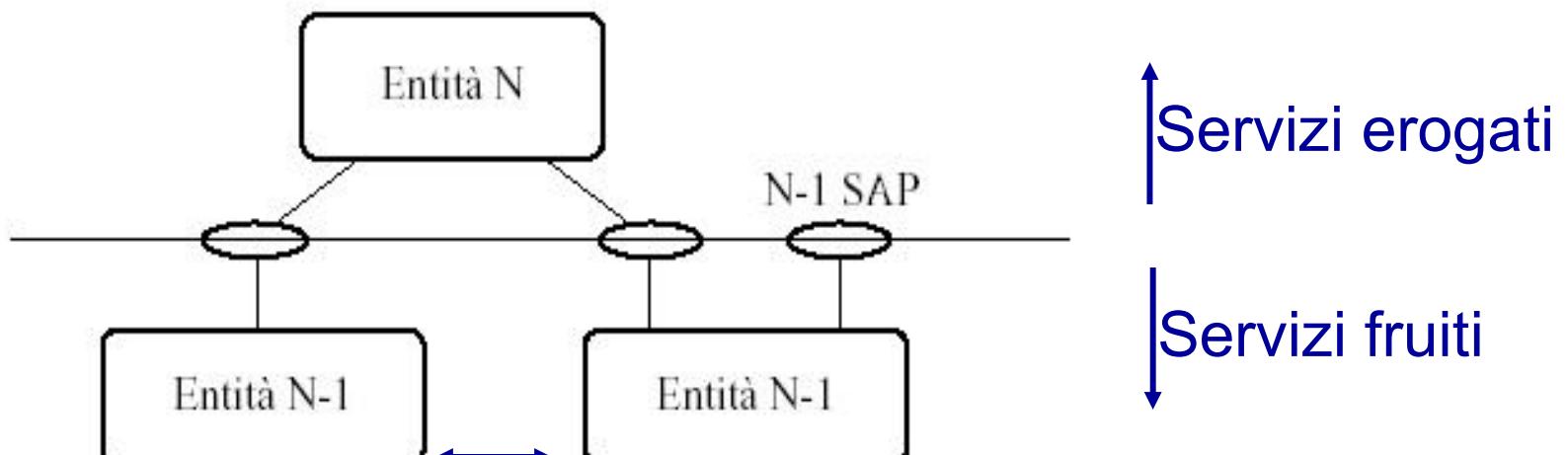
Architettura a livelli II

- Ad eccezione dei livelli 1 e 7, ciascun livello è collegato ai livelli precedente e successivo
- Ciascun livello sfrutta i servizi del livello immediatamente inferiore
- Un dispositivo deve potersi connettere con un qualsiasi altro dispositivo in rete

ISO OSI Reference Model (i)

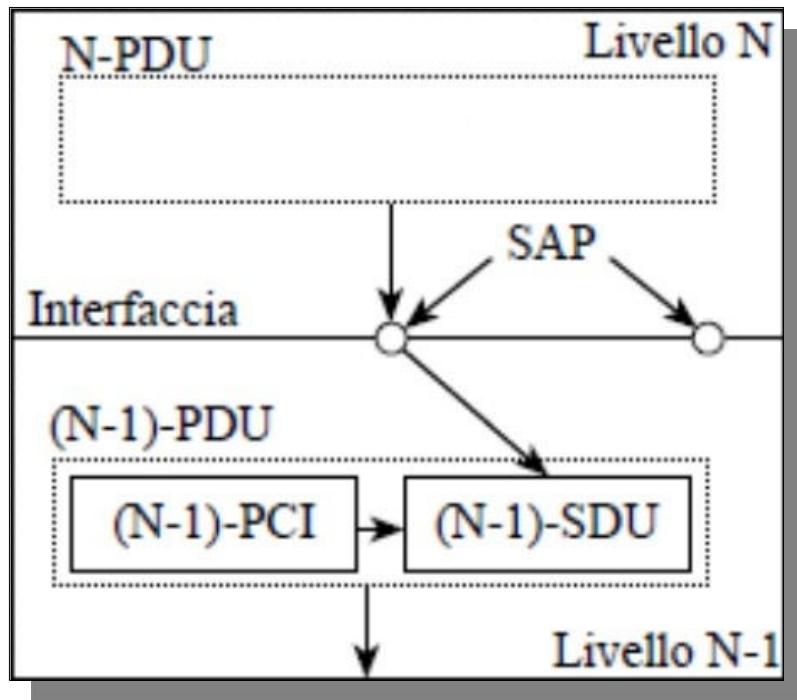
- Livelli adiacenti comunicano attraverso le loro interfacce
- Ogni livello è costituito da una o più entità
- Entità appartenenti allo stesso livello in sistemi diversi vengono dette **peer entities**
- Le entità usano i servizi del livello inferiore e forniscono servizi al livello superiore mediante il proprio **Service Access Point (SAP)**.
- Le operazioni specifiche di un livello sono realizzate mediante un insieme di **protocolli**

OSI Reference Model (ii)



Protocollo di livello N-1

OSI Reference Model (ii)



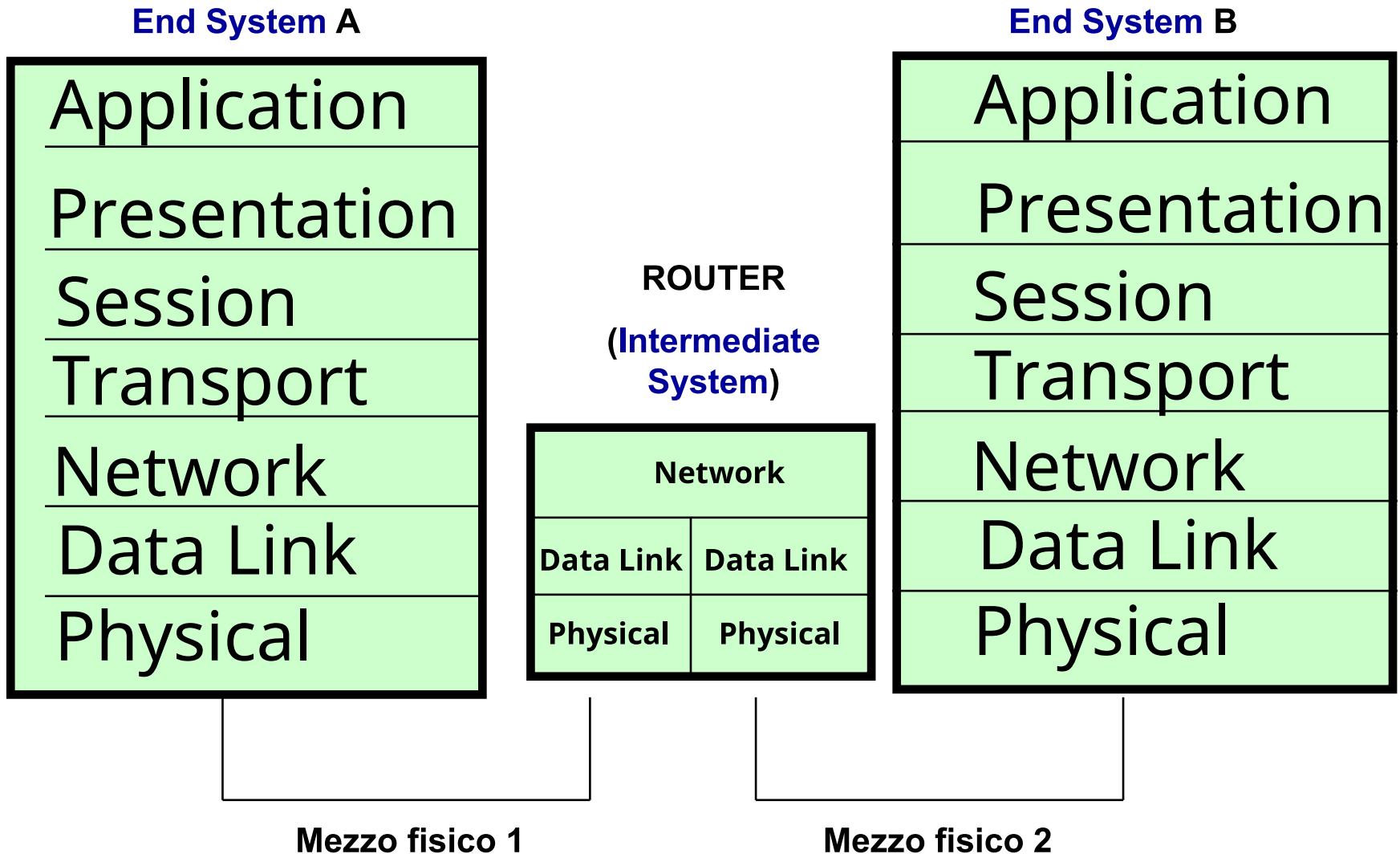
Lo scopo di ciascun livello è quello di fornire servizi al livello superiore.

Ogni livello comunica con il livello sottostante mediante l'interfaccia detta **SAP** (service access point).

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

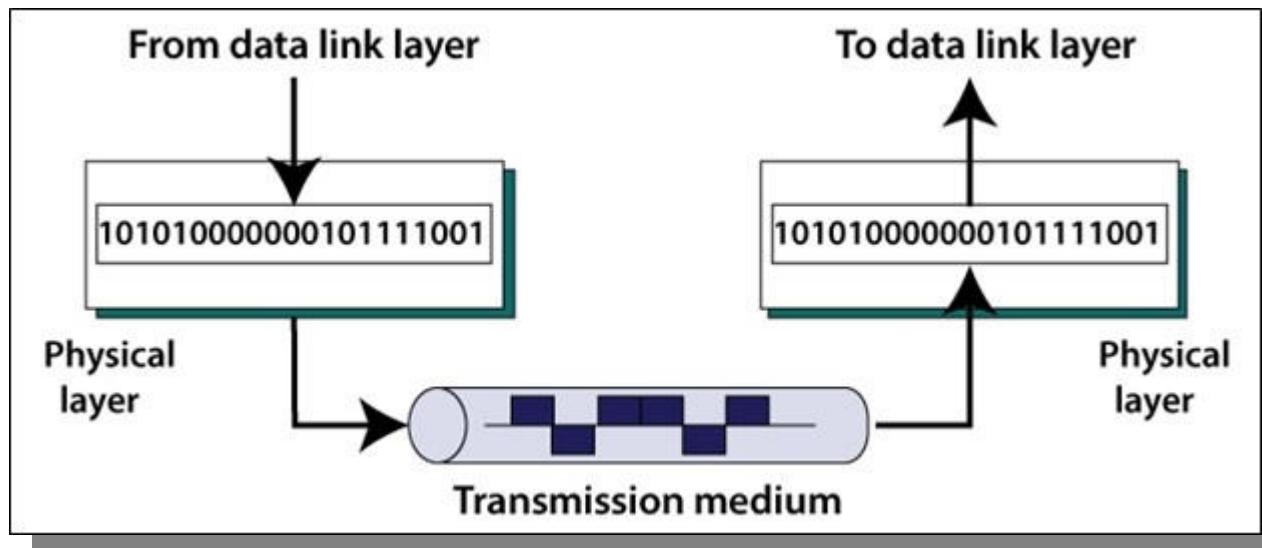
Ogni livello N-1 aggiunge ai dati N-PDU ricevuti dal livello superiore N delle informazioni di controllo **(N-1)-PCI** (Protocol Control Information).

Intermediate Systems (IS)



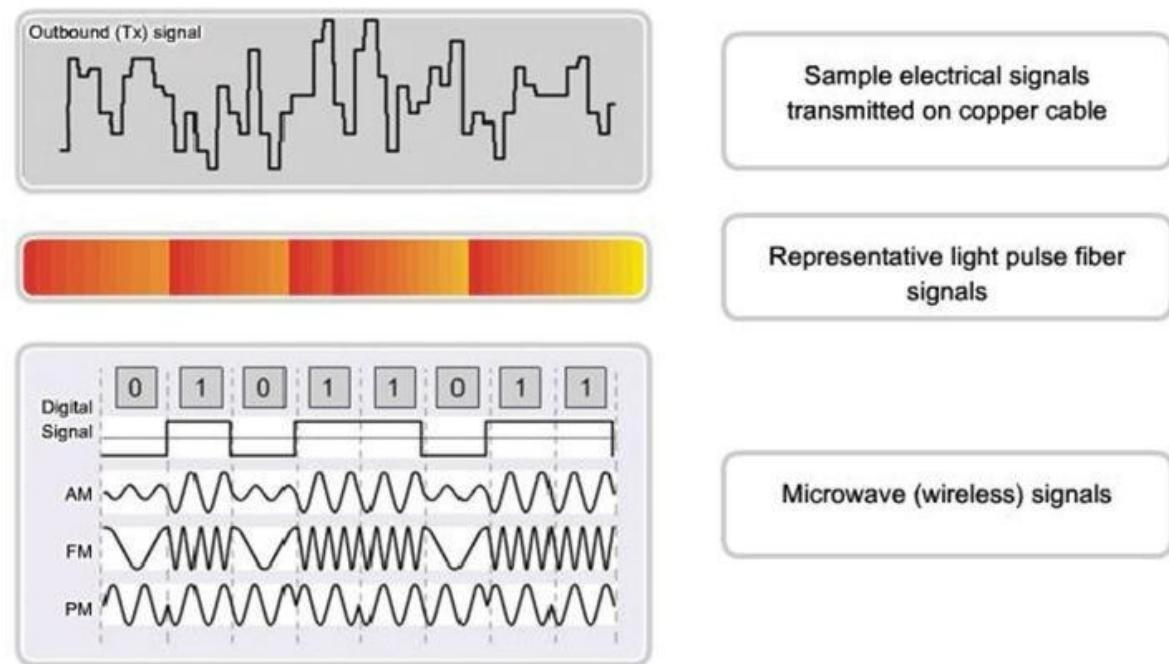
Physical layer

- Al livello più basso, il livello fisico, è un insieme di regole che specificano le connessioni elettriche e fisiche tra i dispositivi fisici.
- Questo livello specifica le connessioni dei cavi e il tipo di segnale elettrico associato ai vari pin di connessione delle interfacce utilizzate per trasferire dati tra i diversi dispositivi di rete.



Physical layer

- Il *physical link* corrisponde agli standard di interfaccia dei vari dispositivi. Ad esempio appartengono a tale livello le interfacce:
 - ✓ RS232
 - ✓ V.24
 - ✓ V.35
 - ✓ SONET/SDH
- Le regole definiscono la trasmissione dati per i terminali, i modem, le schede di rete, etc.



Physical layer

ELEMENTI DI TEORIA DELL'INFORMAZIONE

L'informazione richiede un supporto fisico per essere rappresentata, trasmessa, archiviata; essa però non coincide con il supporto, non è un'entità fisica, ma logica e si può creare e distruggere (contrariamente al supporto fisico che è soggetto al ben noto principio di conservazione della materia-energia).

Il supporto fisico deve poter assumere configurazioni diverse per essere in grado di rappresentare informazioni; se, infatti, la configurazione fosse sempre la stessa, non avremmo alcuna informazione dalla sua osservazione.

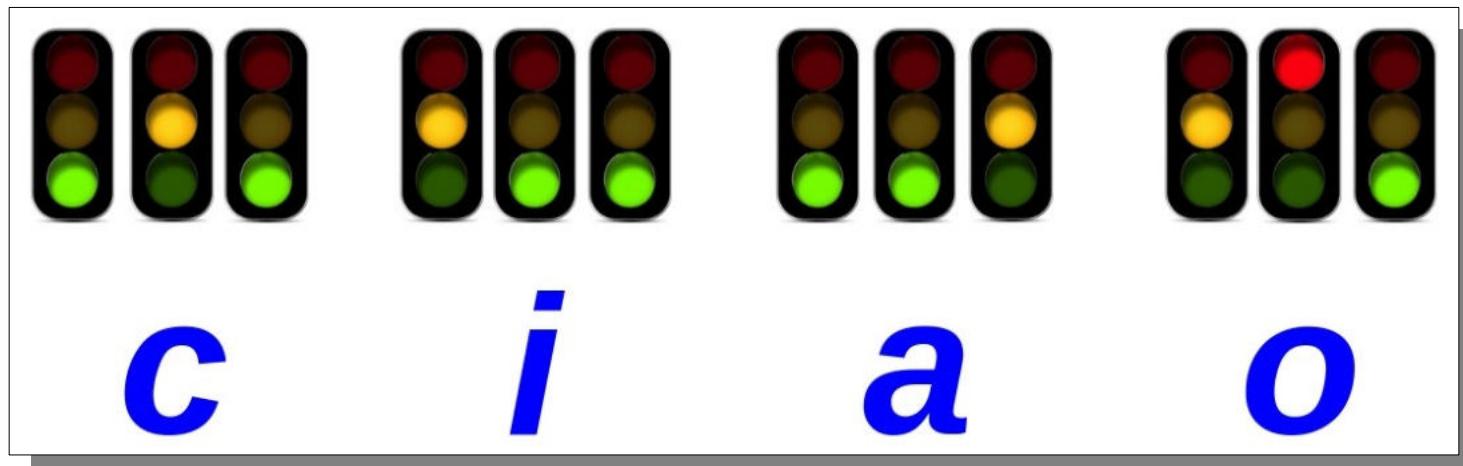
In esso si mette in evidenza che l'informazione contenuta in un evento x emesso da una sorgente X si calcola come:

$$I(x) = -\log_b(P(x))$$

dove $P(x)$ rappresenta la probabilità di accadimento dell'evento x e b è la base numerica di rappresentazione dell'evento.

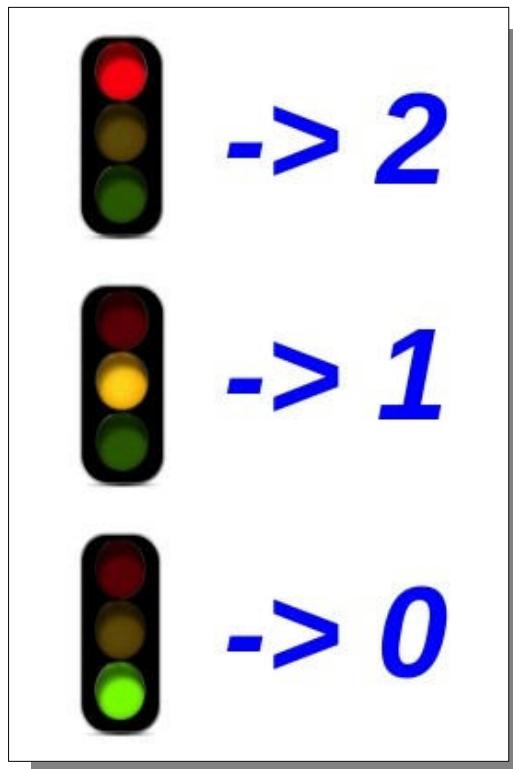
Physical layer

- Nell'elaborazione dei segnali, un segnale è una funzione che trasmette informazioni su un fenomeno.
- Qualsiasi quantità che può variare nello spazio o nel tempo può essere utilizzata come segnale per condividere messaggi tra osservatori.
- Esempi di segnale: l'audio, il video, il parlato, l'immagine, il sonar e il radar.



Physical layer

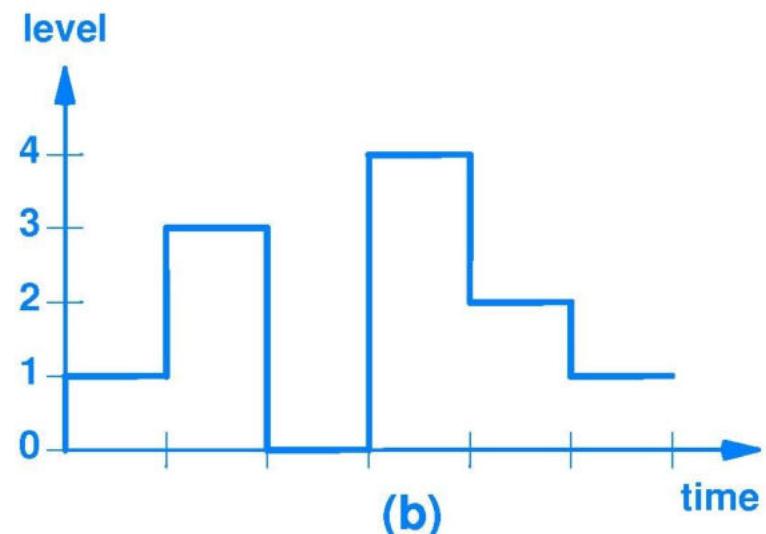
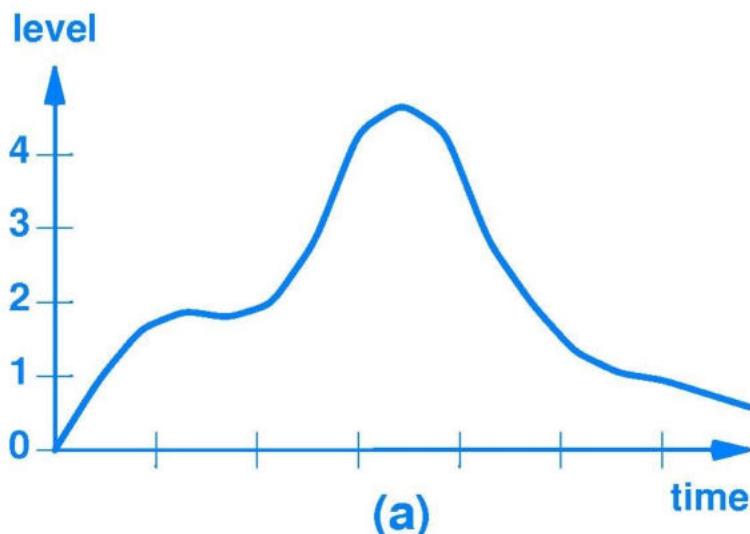
- Codifica usata per veicolare informazione tramite tre led



char	b3
a	001
b	002
c	010
d	011
e	012
f	020
g	021
h	022
i	100
j	101
k	102
l	110
m	111
n	112
o	120
p	121
q	122
r	200
s	201
t	202
u	210
v	211
w	212
x	220
y	221
z	222

Physical layer

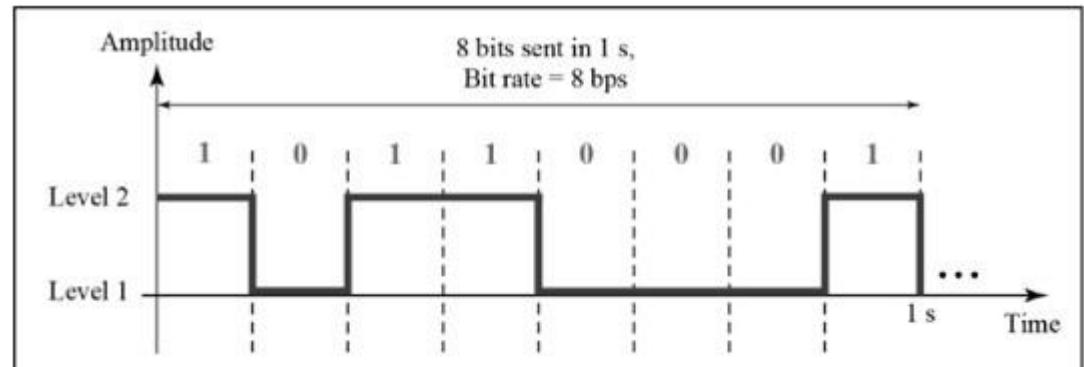
- Un segnale può anche essere definito come qualsiasi variazione osservabile di una quantità nello spazio o nel tempo, anche se non trasporta informazioni.



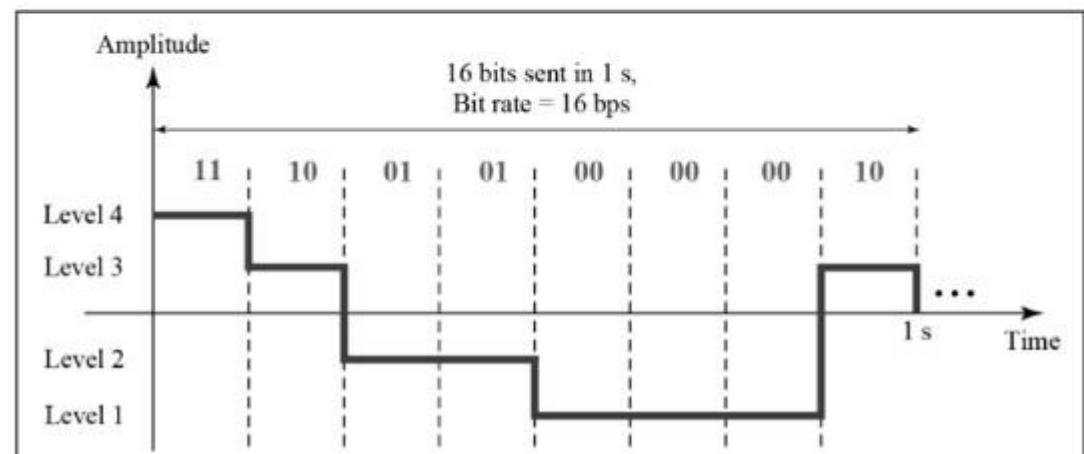
Physical layer

Il **bit-rate** indica la quantità di dati digitali che possono essere trasferiti in un dato intervallo di tempo.

Il **baud-rate** rappresenta il numero di simboli (dati) che viene trasmesso in un secondo.



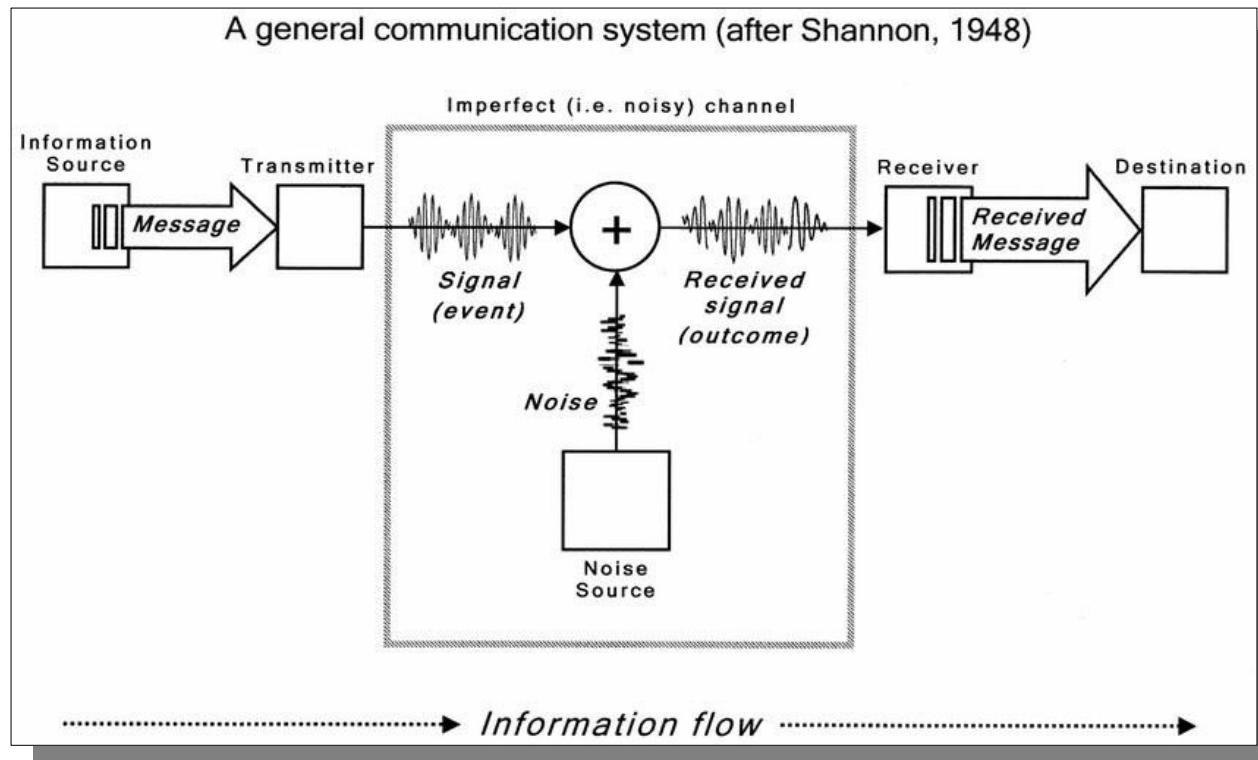
a. A digital signal with two levels



b. A digital signal with four levels

Physical layer

- Lo studio dei segnali permette di capire quanta informazione possiamo portare nell'unità di tempo, tenendo anche conto dei vincoli fisici del mezzo trasmittivo utilizzato



Physical layer

- Il massimo tasso trasmisivo permesso in un mezzo trasmittivo senza rumore è

$$2B \cdot \log_2 V \quad \text{bit/sec}$$

B: la banda del canale

V: livelli di discretizzazione del segnale

- Esempio

Con un canale di **3kHz** un **segnaletica binaria** può avere un tasso massimo trasmisivo di **6.000 bps**

Physical layer

- Una serie di Fourier è un'espansione di una funzione periodica $f(x)$ in termini di una somma infinita di seni e coseni.

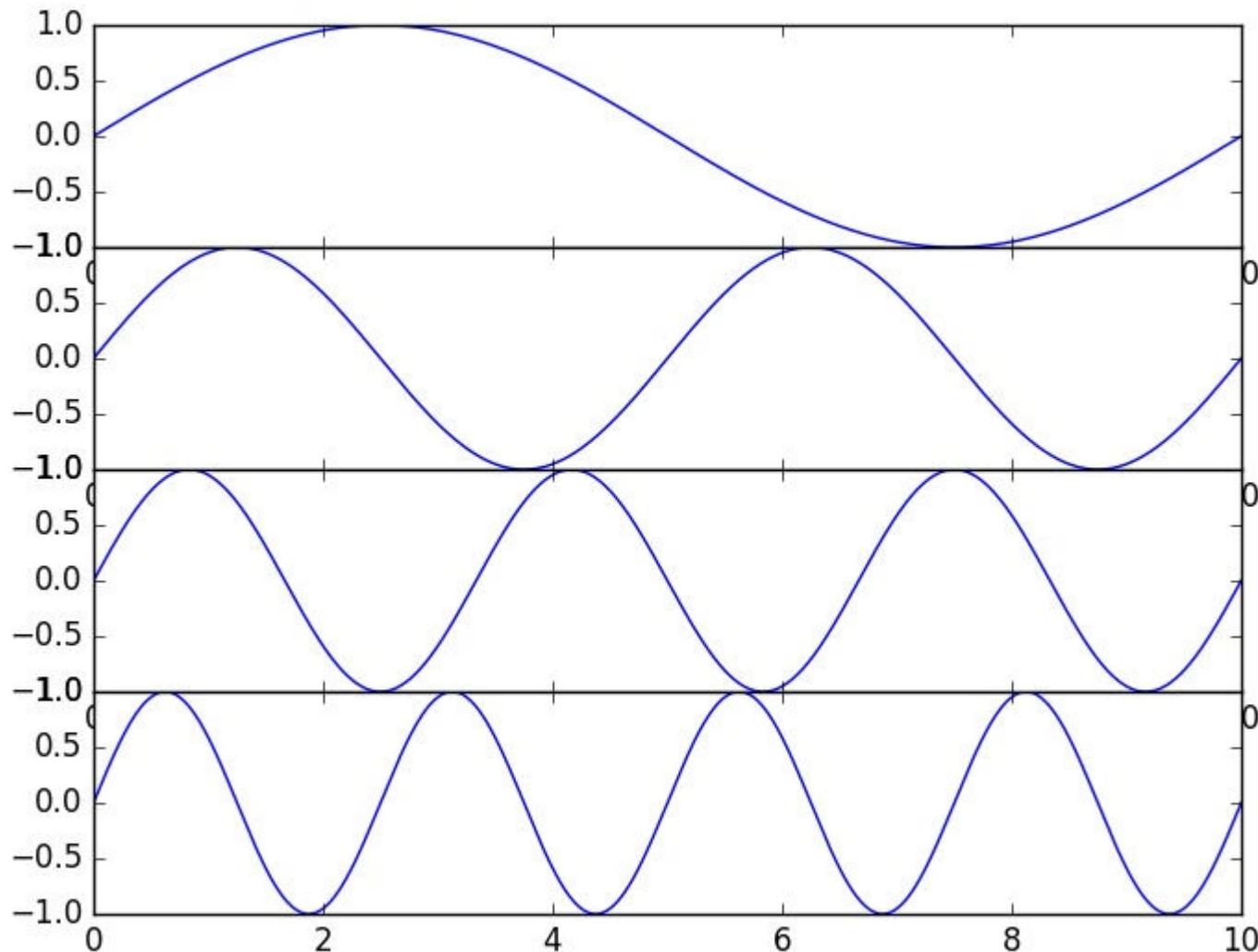
$$f(x) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n x) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n x)$$

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) d x$$

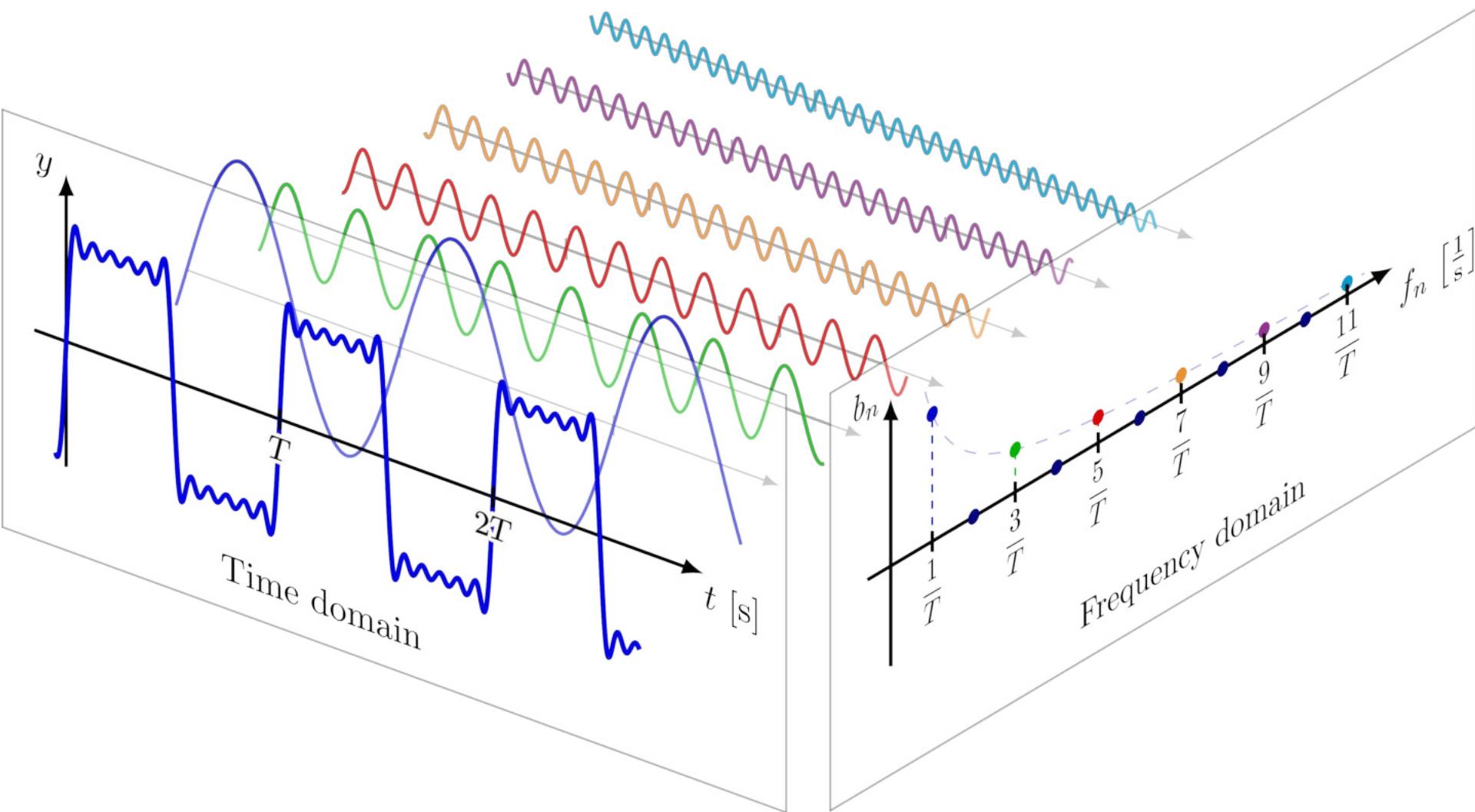
$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos(n x) d x$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin(n x) d x$$

Physical layer



Physical layer



<https://www.edutecnica.it/elettronica/fourier/fourier.htm>

Osvaldo Gervasi - Marco Simonetti



Band e Modulazioni

Per poter progettare un sistema di comunicazione occorre conoscere:

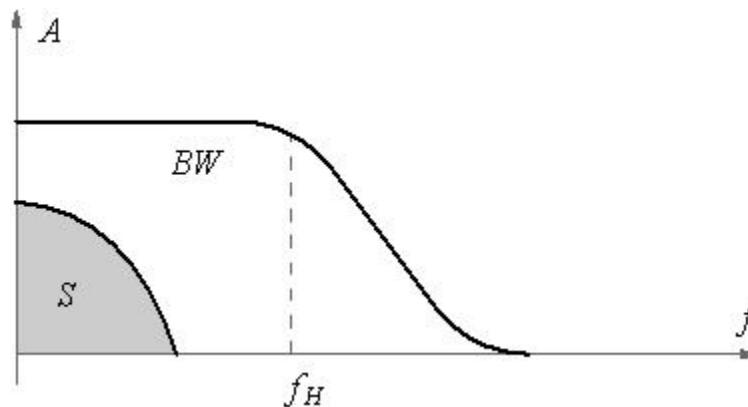
- il tipo di informazione
- la quantità di informazione
- la distanza tra ricevitore e trasmettitore
- la qualità minima della trasmissione (S/N)

Indipendentemente dal tipo di trasmissione il segnale subisce dei deterioramenti causate dalla distorsione del mezzo trasmittivo che limita la larghezza di banda disponibile. Al contrario, un segnale trasmesso in un mezzo ideale, ha larghezza di banda infinita.



Band e Modulazioni

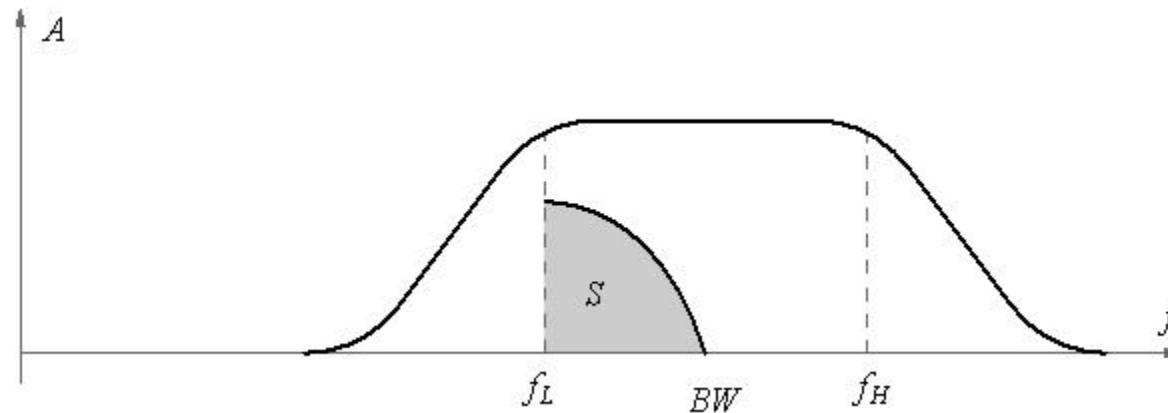
Se le caratteristiche del mezzo trasmittivo sono uguali a quelle del segnale da trasmettere, e possono essere contenute nella banda di trasmissione associata al mezzo, il segnale può essere trasmesso direttamente sul mezzo trasmittivo e in tal caso, proprio perché il segnale non è modificato, la trasmissione è detta in **banda base**.



Questo è il caso della voce umana che si può rappresentare in un campo di frequenze che vanno da 0 a 3kHz.

Band e Modulazioni

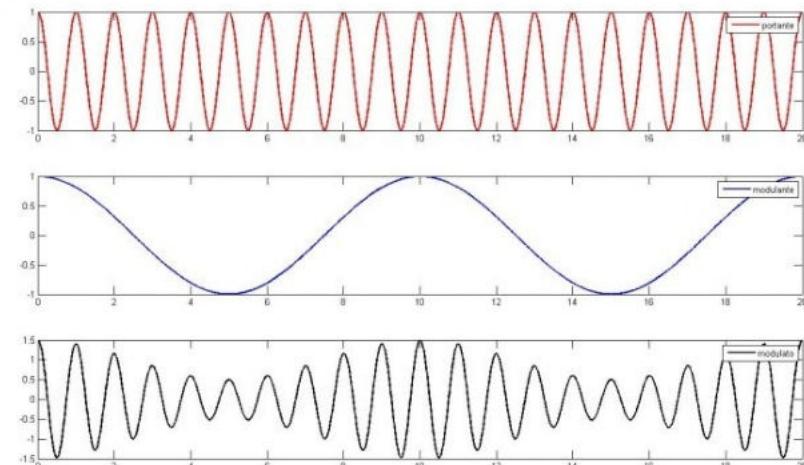
Se il mezzo trasmittivo ha delle caratteristiche diverse dal segnale da spedire, la banda originaria del segnale **S** da trasmettere deve essere traslata di una quantità f_L , in modo da adattarla alle caratteristiche fisiche del mezzo trasmittivo usato.



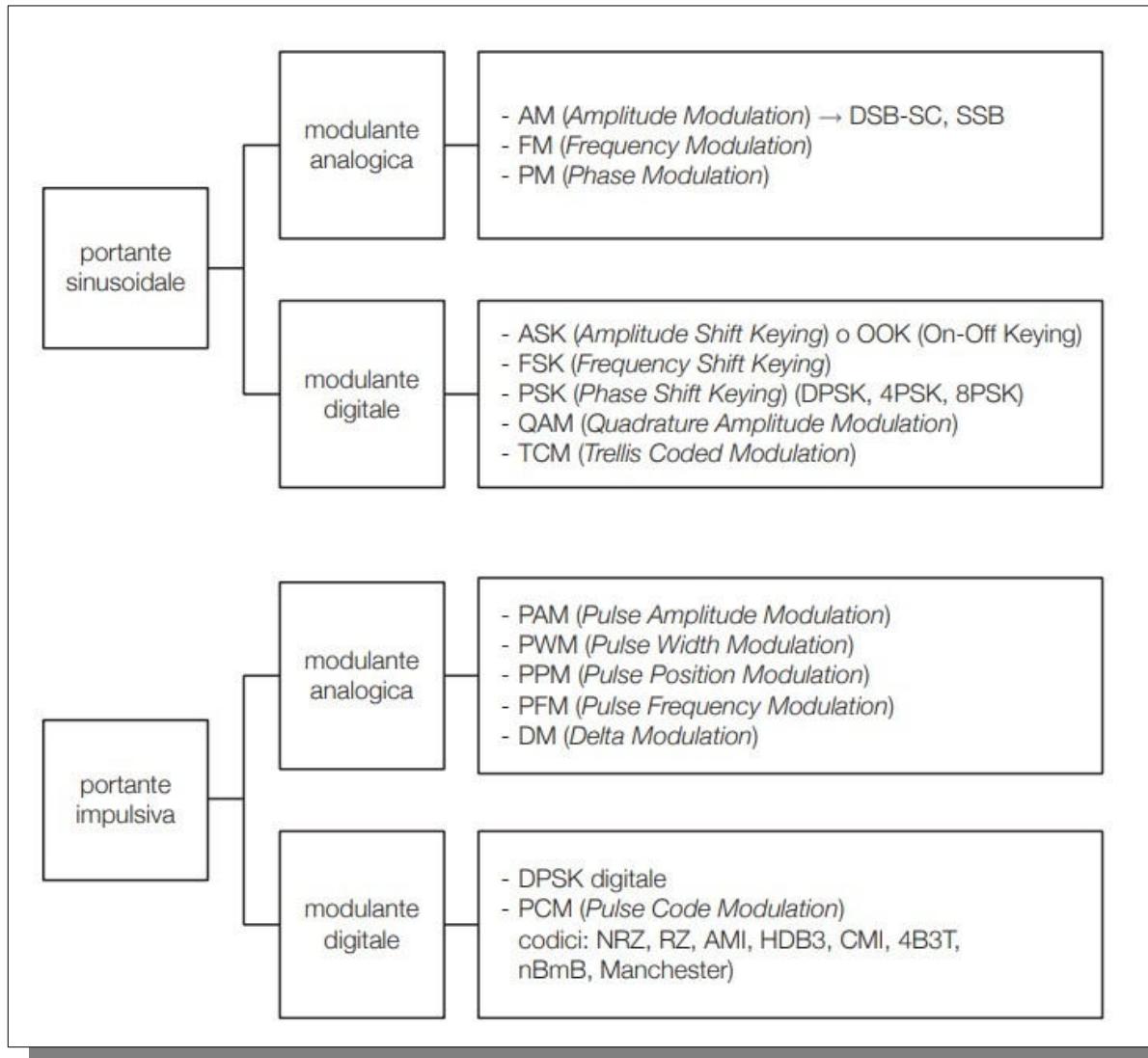
Questo è il caso della radiofonia, dove il segnale in fonìa, prima di essere trasmesso deve essere traslato in modo da poter essere contenuto nella banda di frequenze di tale mezzo.
Si parla in tal caso di **trasmissione in banda traslata**, dove il meccanismo di traslazione è la **modulazione**.

Modulazioni

Le **modulazioni** sono tecniche per la trasmissione dei segnali che hanno lo scopo di associare il contenuto informativo contenuto in un segnale detto **modulante** ad un altro segnale, detto **portante**, che ha le caratteristiche adatte ad essere trasmesso in un certo canale trasmittivo (antenna, cavo coassiale, fibra ottica, ecc.).
Il segnale risultante è detto **modulato**.



Modulazioni - schema



Modulazioni - caratteristiche

- **Banda del canale trasmittivo:** traslazione della banda del segnale informativo nella banda del canale di comunicazione per migliorarne il trasporto.
- **Adattamento e miglioramento implementativo:**
 - semplificazione dei circuiti adottati per la trasmissione e la ricezione dei segnali
 - se i segnali devono essere trasmessi mediante onde-radio (comunicazione wireless) è necessario che l'antenna abbia una lunghezza proporzionale alla lunghezza d'onda.



Modulazioni - caratteristiche

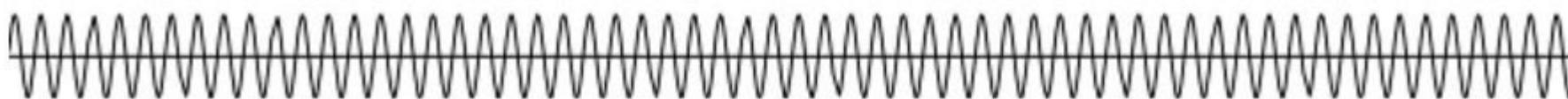
- **Gestione dei canali multi-utenza:** modulando un segnale a frequenze diverse, è possibile far transitare su un mezzo trasmissivo più segnali, quindi più utenze (esempio: telefonia FDM - multiplazione a divisione di frequenza)
- **Riduzione del rumore:** il segnale modulato può essere codificato così da ridurre gli effetti del rumore

Modulazioni Analogiche (p.a.)

Modulante



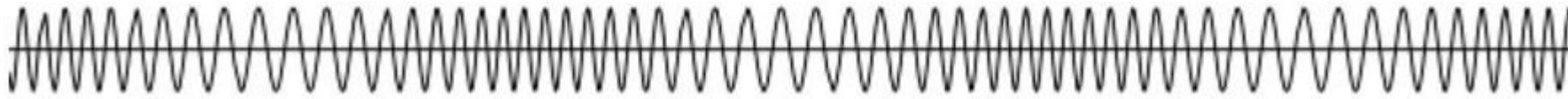
Portante



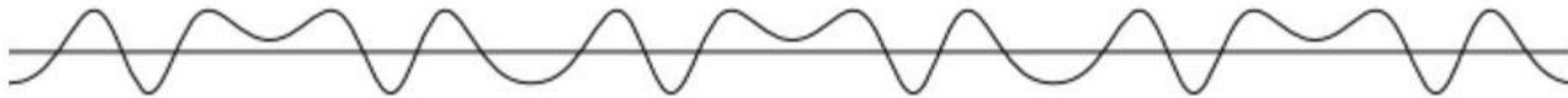
Modulazione di ampiezza



Modulazione di frequenza



Modulazione di fase

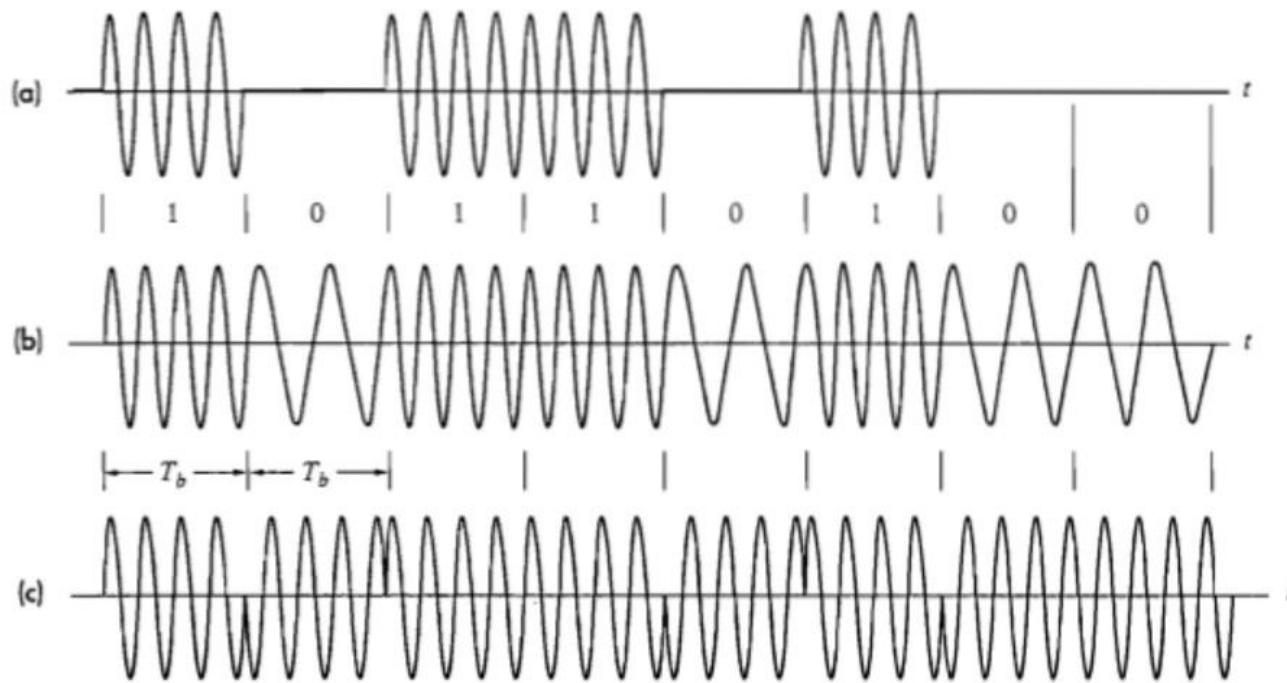


Modulazioni Analogiche



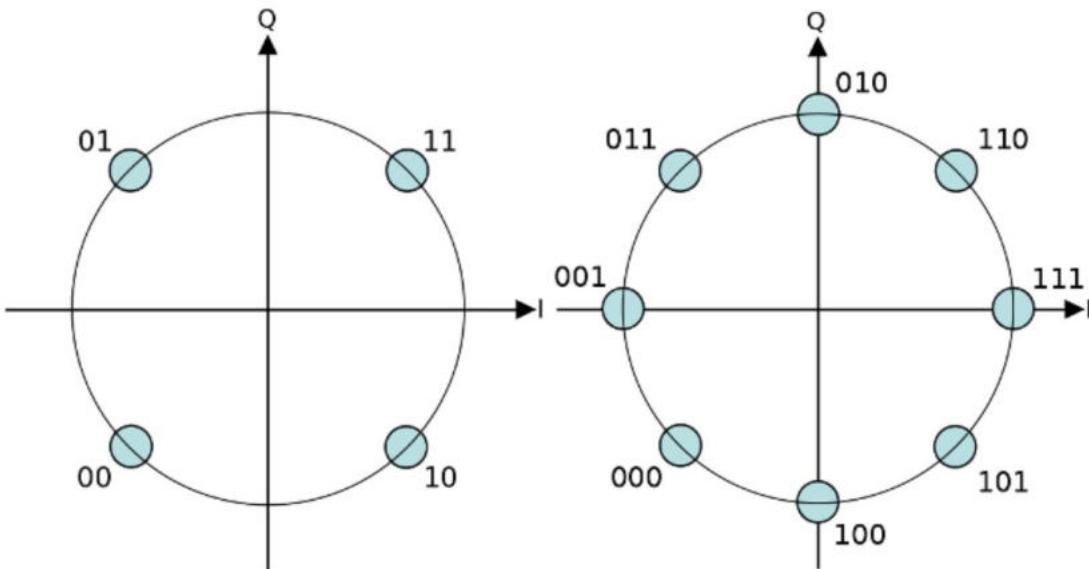
<https://www.youtube.com/watch?v=OGwlwZs9PxE>

Modulazioni Digitali (p. a.)

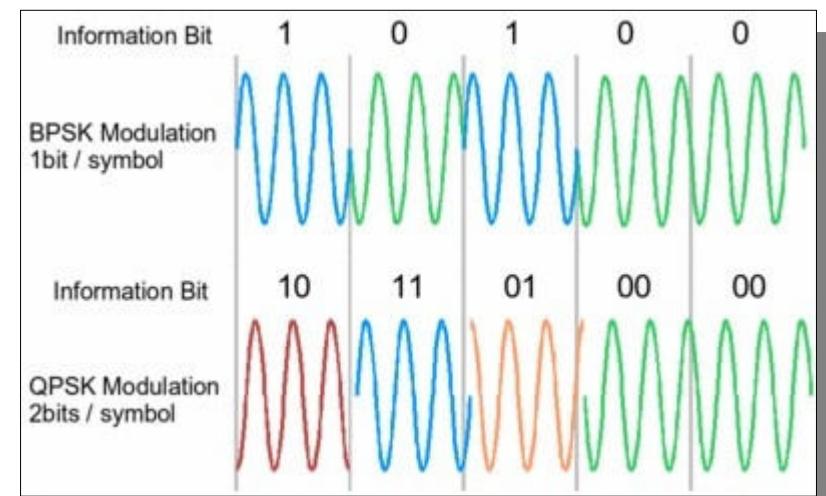


- a) **ASK** - Amplitude Shift Keying
- b) **FSK** - Frequency Shift Keying
- c) **PSK** - Phase Shift Keying

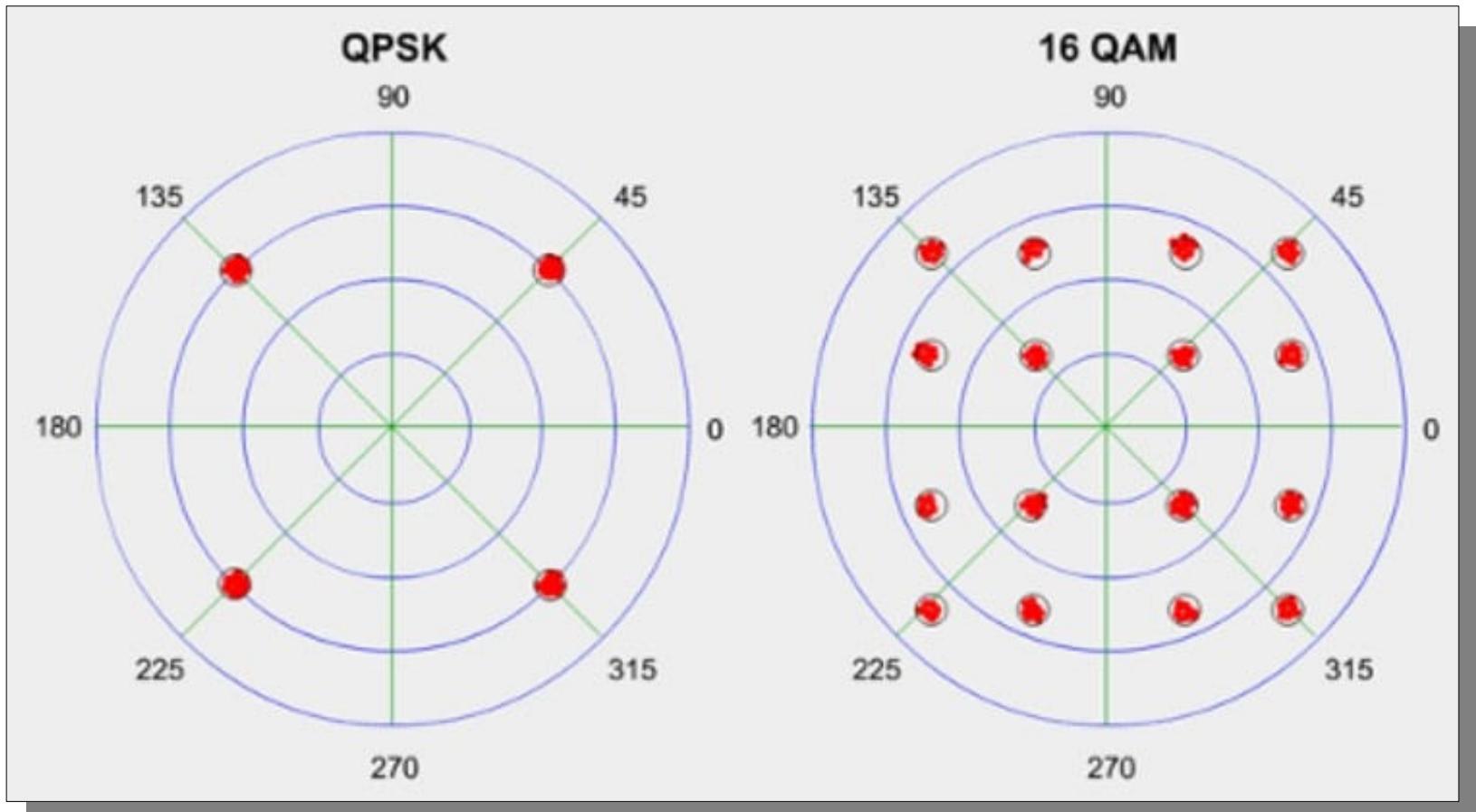
Modulazioni Digitali (p. a.)



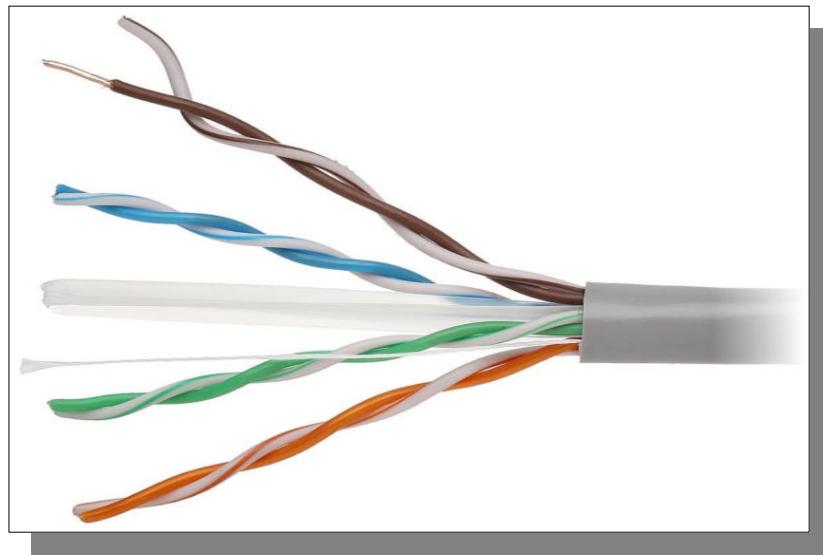
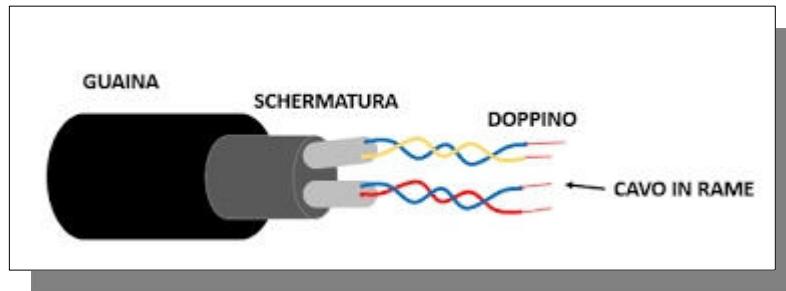
- A) QPSK (4 segnali)
 - a) Quaternary PSK
- B) OPSK (8 segnali)
 - a) Octonary PSK



Modulazioni Digitali (p. a.)



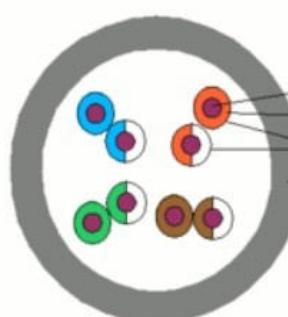
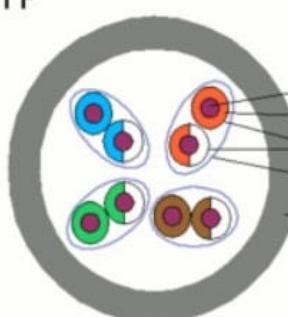
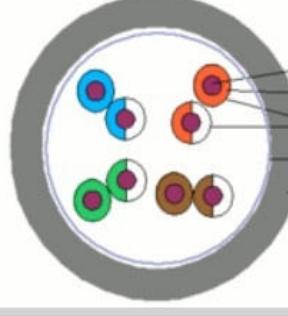
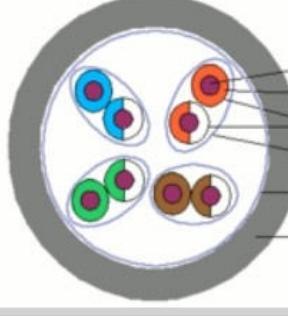
Mezzi trasmissivi - Doppino



- Un **doppino ritorto**, detto anche coppia bifilare, è un tipo di linea di trasmissione composto da una coppia di conduttori in rame isolati.
- È un elemento essenziale nella **telefonia ed ethernet**.

Mezzi trasmissivi - Doppino

- Esistono diversi tipi di doppino a seconda della schermatura

	Unshielded	Shielded
Unscreened	<p>UTP</p>  <p>Conduttore Isolante Coppia Guaina</p>	<p>STP</p>  <p>Conduttore Isolante Coppie Schermatura Guaina</p>
Screened	<p>S/UTP - FTP - S/FTP</p>  <p>Conduttore Isolante Coppie Schermatura Guaina</p>	<p>S/STP</p>  <p>Conduttore Isolante Coppia Schermatura Schermatura cavo Guaina</p>

UTP
maggiormente
utilizzato per
ethernet

Mezzi trasmissivi - Doppino



Cavo Cat 5E
UTP



Cavo Cat 6A
STP



Cavo Cat 7
SFTP



Cavo Supra Cat 8
FTP

Mezzi trasmissivi - Doppino

Unshielded twisted-pair (UTP):

- è il mezzo più economico
- è facile da installare
- consente di realizzare il cablaggio strutturato degli edifici
- La connessione delle stazioni avviene mediante il connettore RJ45
- È l'evoluzione del singolo doppino in rame: più doppini vengono torti in maniera molto precisa, in modo da ridurre al minimo le interferenze elettromagnetiche ed affiancati in una guaina.



Mezzi trasmissivi - Doppino

- è fortemente soggetto a disturbi di macchine elettriche e luci fluorescenti
- agisce da antenna: più è lungo il segmento, maggiore è il disturbo
- Per ridurre i disturbi: *Shielded twisted-pair* (**STP**), ma troppo costoso e difficile da stendere
- Esistono cavi di **diverse categorie**: più alta è la categoria
 - (es: cat. 5, cat. 6 , cat. 7), più rigido e più affidabile è il cavo.



Mezzi trasmissivi - Doppino

- I cavi UTP non sono schermati. Per essere certificato un impianto deve essere realizzato con cavi di Cat 5/5e.
- Per Gigabit Ethernet servono cavi di qualità superiore schermati.

Cat 5	Velocità fino a 100Mbps (FastEthernet) larghezza di banda 100MHz	4/8
Cat 5e	Velocità fino a 1Gbps, larghezza di banda 100MHz	8
Cat 6/6A	Velocità fino a 10Gbps, larghezza di banda 250-500MHz	8
Cat 7/7A	Velocità fino a 10Gbps, larghezza di banda 600-1000MHz	8
Cat 8/Supra Cat 8	Velocità fino a 40Gbps, larghezza di banda fino a 1600-2000MHz	8



Mezzi trasmittivi – Cavo Coassiale

- Il cavo coassiale è un cavo elettrico utilizzato come mezzo trasmittivo di un segnale elettrico informativo.



Mezzi trasmittivi – Cavo Coassiale

- I cavi coassiali vengono prodotti di diversi tipi in funzione della frequenza del segnale da trasportare e della potenza dello stesso.
I valori di impedenza sono principalmente due:

- **50 ohm**: utilizzato negli apparecchi per le misure elettriche ed elettroniche e nella trasmissione dati
- **75 ohm**: segnali televisivi, sia analogici che digitali

Mezzi trasmissivi – Cavo Coassiale

- è il cavo originale usato nelle reti Ethernet e ArcNet
- è costituito da un filo di rame centrale, ricoperto da un dielettrico, poi da una calza in rame e infine dalla guaina in polietilene
- Esistono due versioni di cavo coassiale per ethernet, entrambi con impedenza 50Ω :
 - cavo *thick* (RG-8) con diametro 0.4"
 - cavo *thin* (RG-58) con diametro 0.25"
- Thick ethernet usa il transceiver, collegato con un cavo a 9 fili (lunghezza max 50m) ad un connettore AUI 15 pin
- Thin ethernet usa un connettore a T con innesto a baionetta.



Mezzi trasmissivi – Fibre ottiche

- Una **fibra ottica** è una fibra flessibile e trasparente realizzata trafilando **vetro** (silice) o **plastica** fino a raggiungere un diametro leggermente più spesso di quello di un cappello umano.
- Le fibre ottiche sono utilizzate più spesso come mezzo per trasmettere la luce tra le due estremità della fibra e trovano largo impiego nelle comunicazioni
- Esse consentono la trasmissione su **distanze** più lunghe e con **larghezze di banda** (velocità di trasferimento dati) più elevate rispetto ai cavi elettrici.

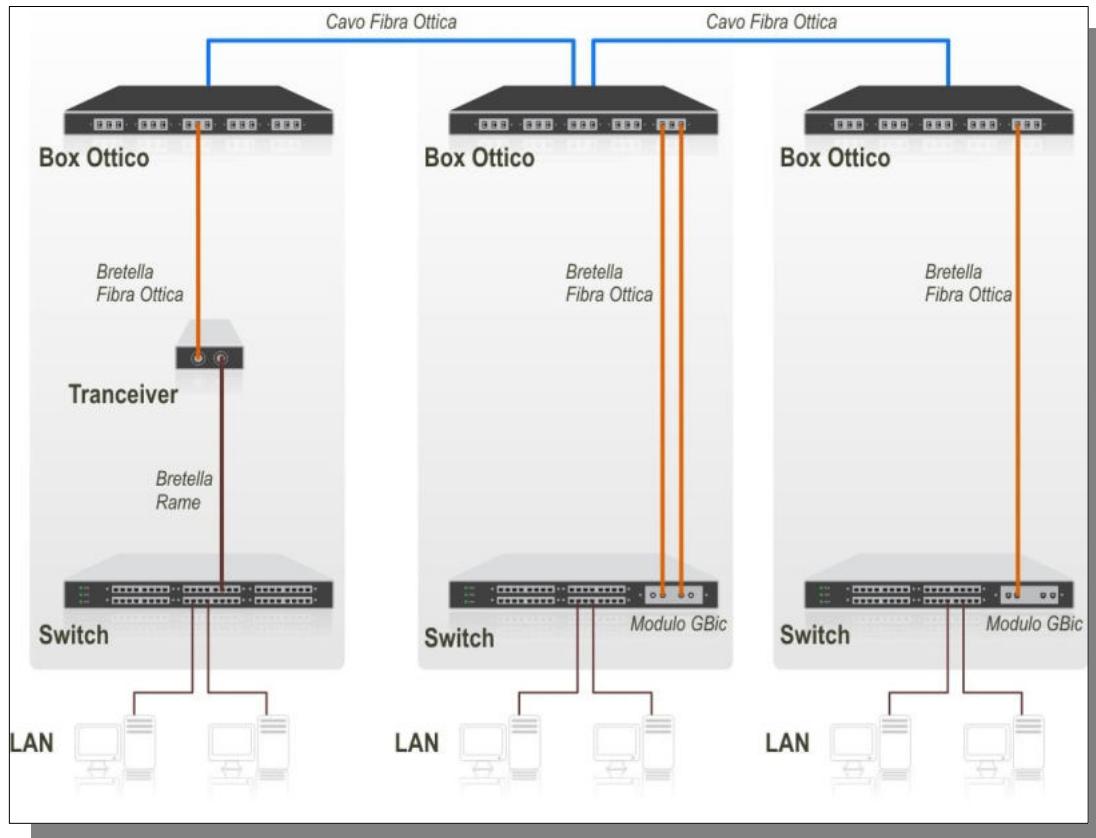
Mezzi trasmissivi – Fibre ottiche

- è il mezzo trasmissivo del futuro: economico e relativamente sicuro
- è immune da interferenze elettriche
- teoricamente supporta velocità di trasmissione illimitate
- l'installazione è stata notevolmente semplificata
- piccoli laser o diodi emittenti convertono il segnale elettrico in segnale ottico mentre la funzione inversa è svolta da un ricevitore dotato di foto-detector

Mezzi trasmissivi – Fibre ottiche

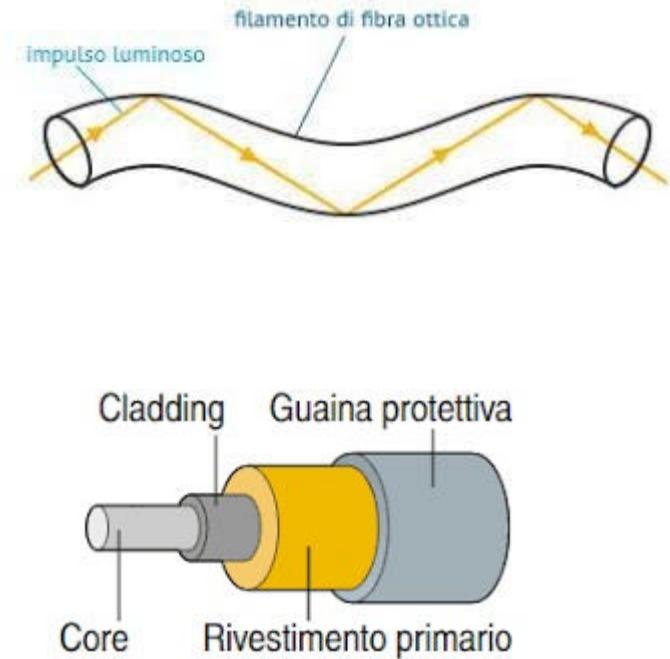
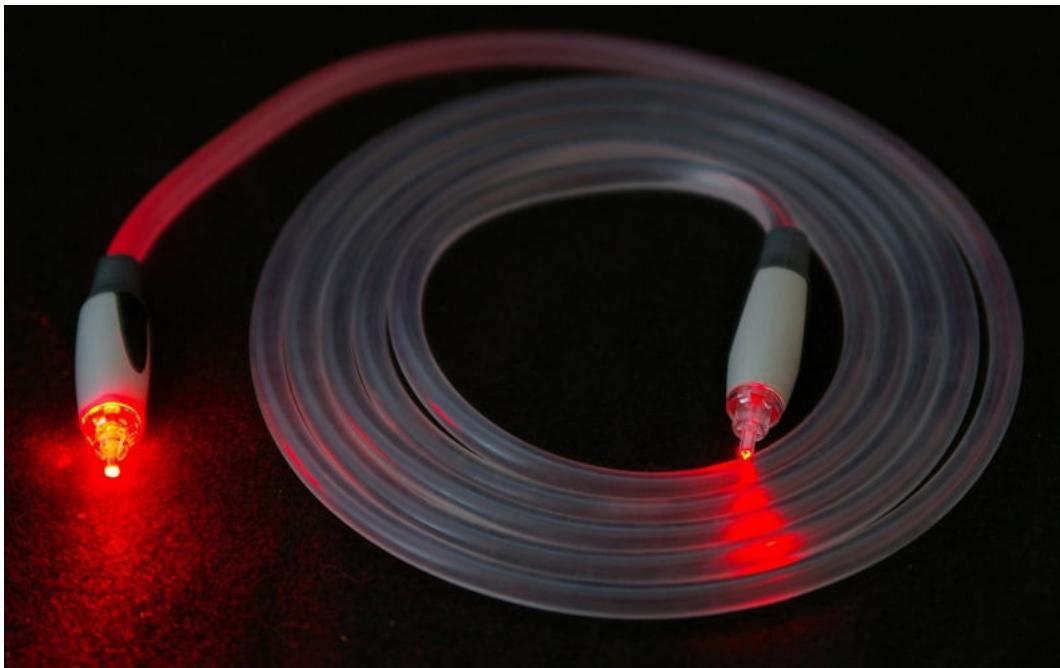
■ Svantaggi:

- terminazione del cavo abbastanza complessa
- eventuali interruzioni del cavo richiedono interventi complessi



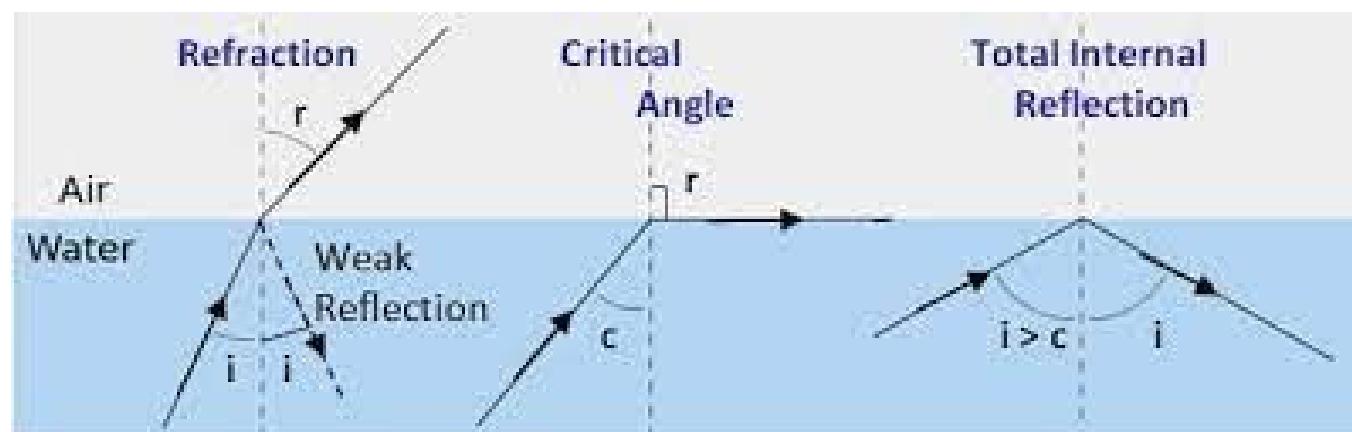
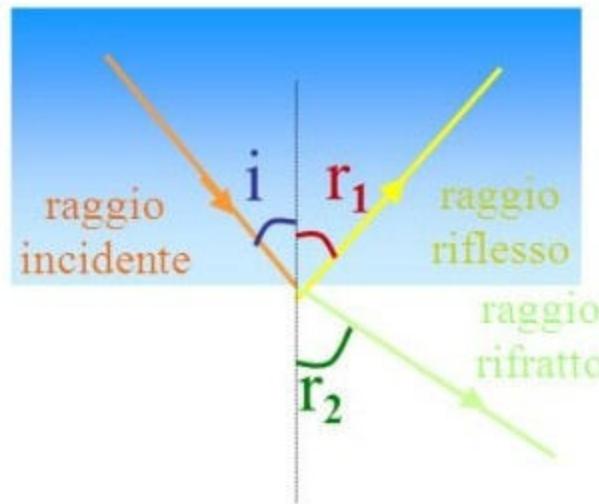
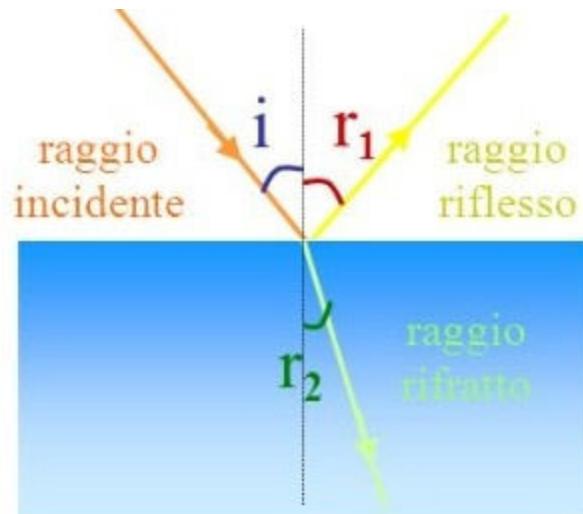
Mezzi trasmissivi – Fibre ottiche

■ Funzionamento e struttura



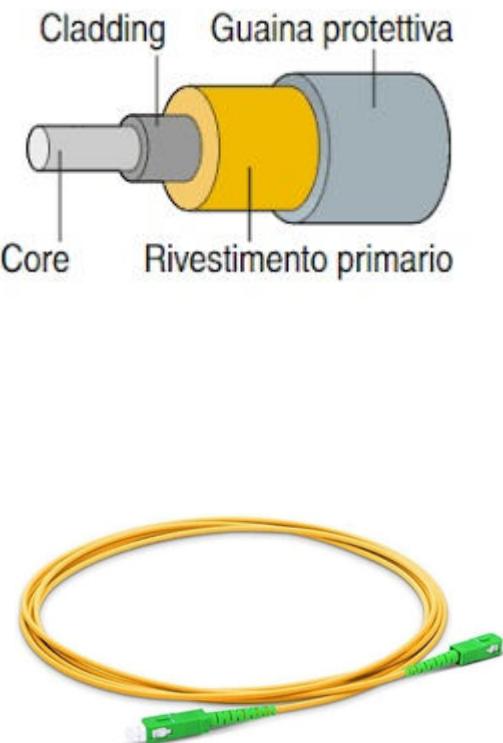
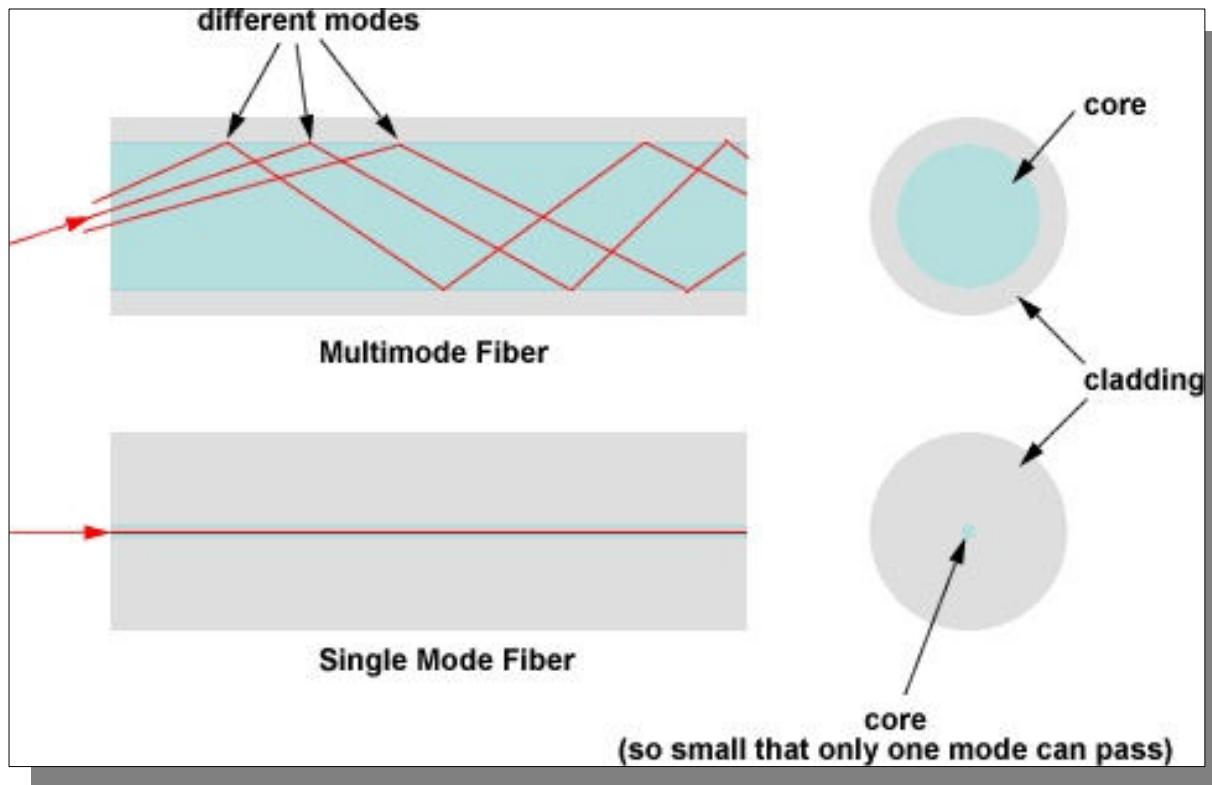
Mezzi trasmittivi – Fibre ottiche

■ Funzionamento e struttura



Mezzi trasmissivi – Fibre ottiche

■ Funzionamento e struttura



Mezzi trasmissivi – Connessioni wireless

- La comunicazione wireless prevede la trasmissione di informazioni a distanza senza l'ausilio di fili, cavi o altre forme di conduttori elettrici.
- La comunicazione wireless è un termine ampio che incorpora tutte le procedure e le forme di connessione e comunicazione tra due o più dispositivi che utilizzano un segnale wireless attraverso tecnologie e dispositivi di comunicazione wireless.
- La comunicazione wireless prevede il trasferimento di informazioni senza alcun collegamento fisico tra due o più punti.



Mezzi trasmissivi – Connessioni wireless

- A causa dell'assenza di qualsiasi "infrastruttura fisica", la comunicazione wireless presenta alcuni vantaggi:
 - **Efficienza dei costi:** la comunicazione via cavo comporta l'uso di fili di collegamento. Nelle reti wireless, la comunicazione non richiede un'infrastruttura fisica elaborata o pratiche di manutenzione. Di conseguenza, i costi sono ridotti.
 - **Flessibilità:** la comunicazione wireless consente alle persone di comunicare indipendentemente dalla loro posizione.

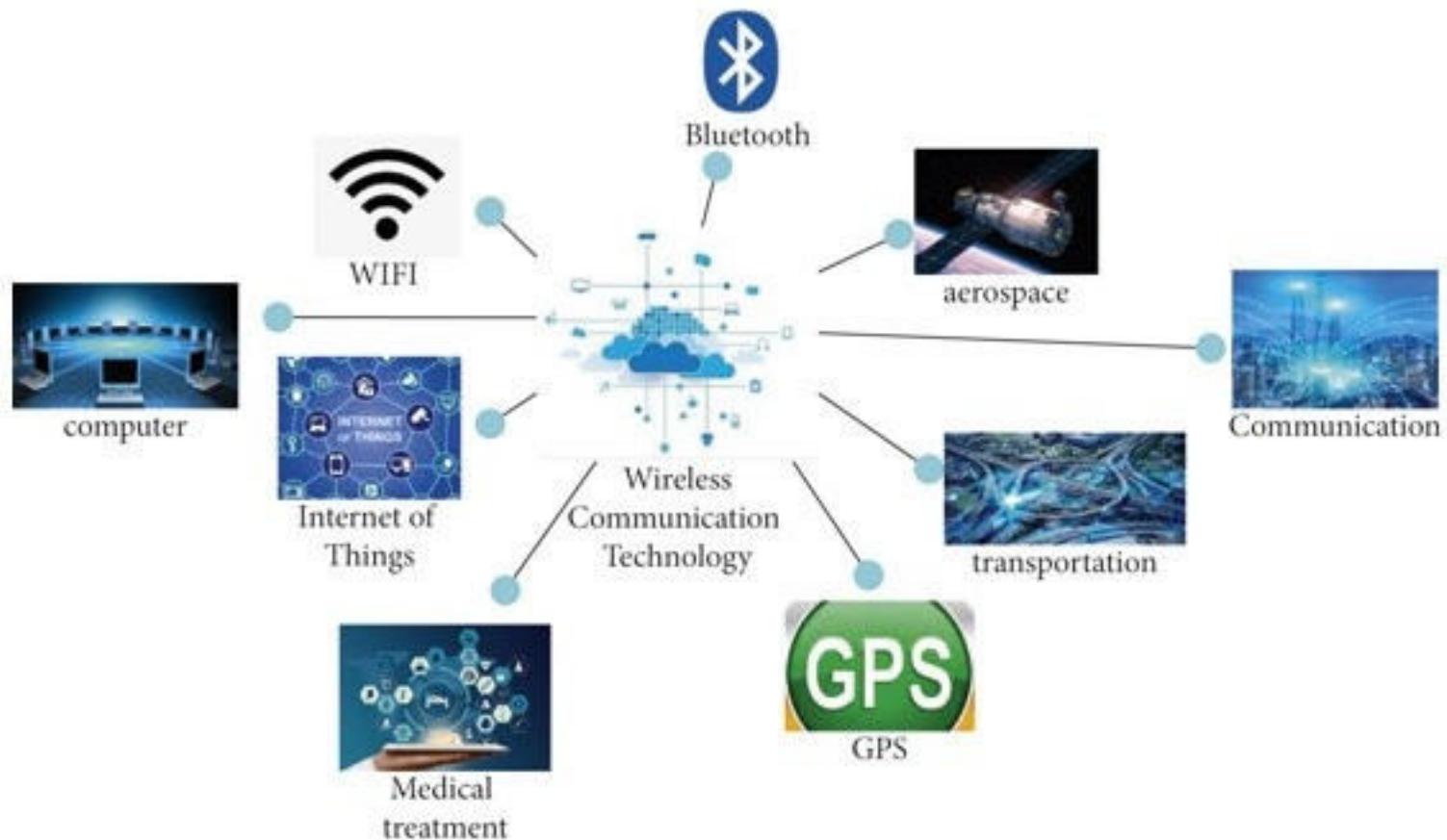


Mezzi trasmissivi – Connessioni wireless

- **Convenienza**: i dispositivi di comunicazione senza fili, come i telefoni cellulari, sono piuttosto semplici e consentono a chiunque di utilizzarli, ovunque si trovi. Non è necessario collegare fisicamente nulla per ricevere o trasmettere messaggi.
- **Velocità**: la connettività di rete o l'accessibilità sono migliorate in termini di precisione e velocità.
- **Accessibilità**: la tecnologia wireless facilita l'accessibilità, in quanto le aree remote in cui le linee di terra non possono essere posate correttamente vengono facilmente collegate alla rete.
- **Connettività costante**

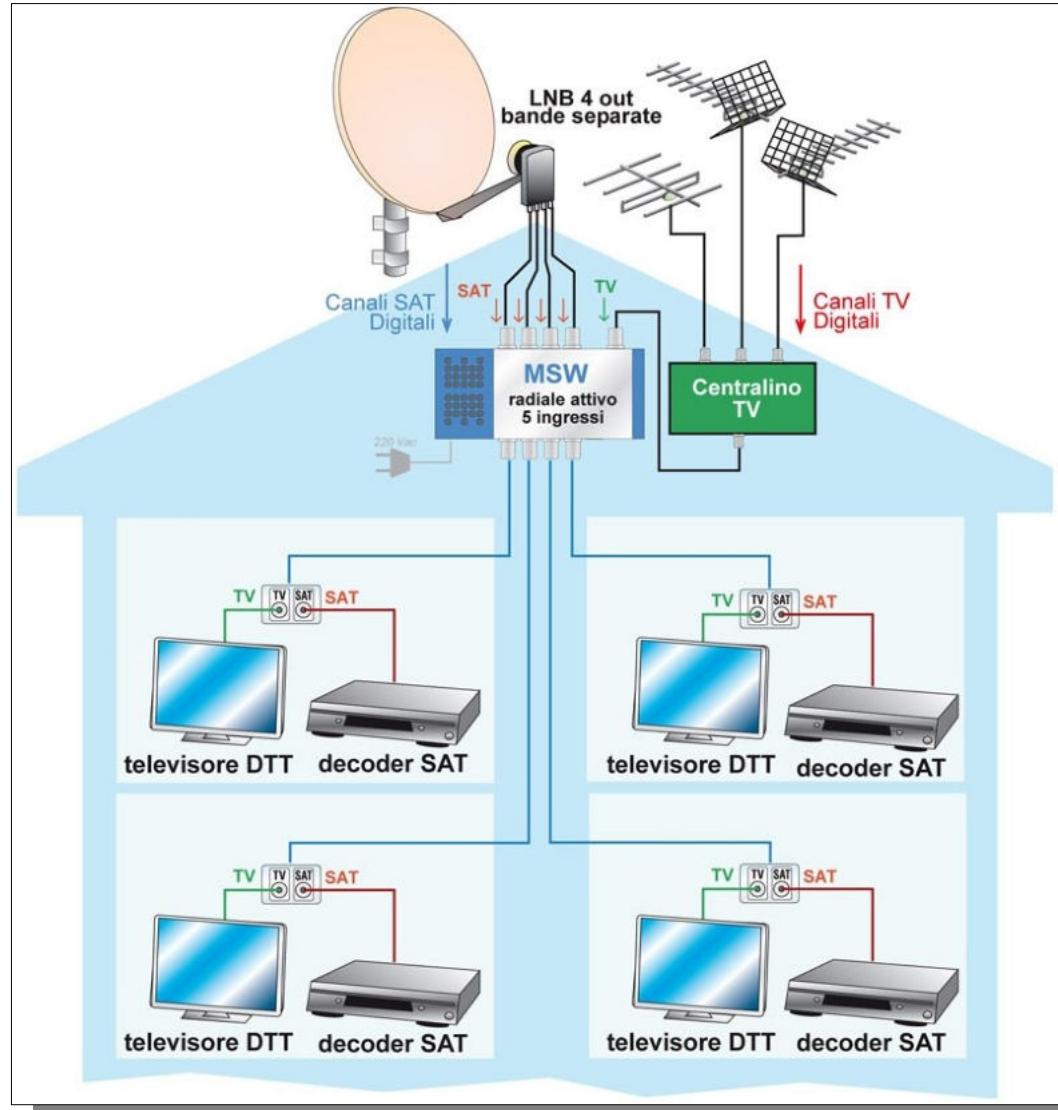


Mezzi trasmissivi – Connessioni wireless



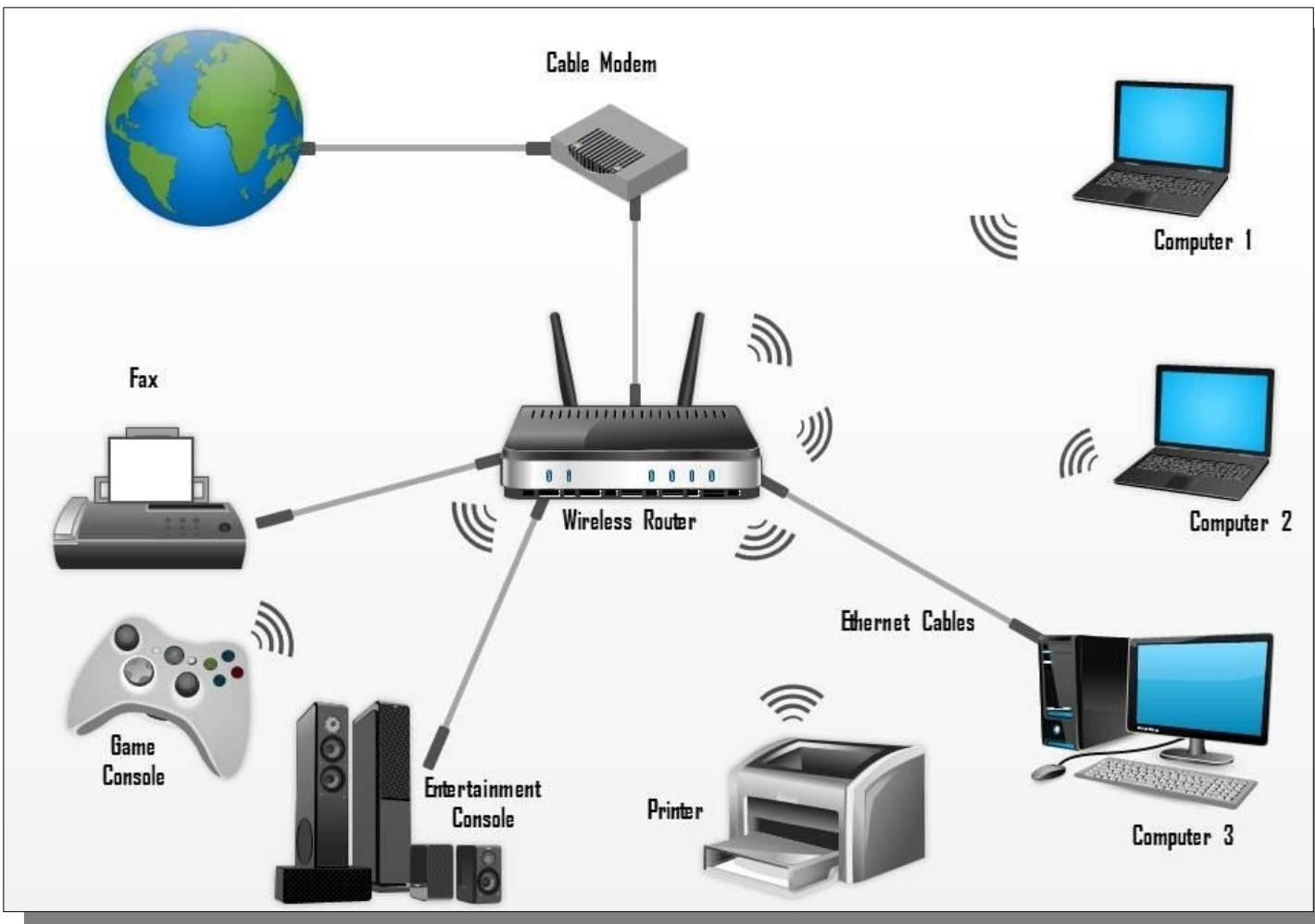
Mezzi trasmissivi – Connessioni wireless

TV
analogica
e digitale



Mezzi trasmissivi – Connessioni wireless

Reti domestiche WIFI



Mezzi trasmissivi - Connessioni wireless

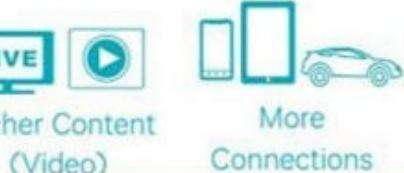
Bluetooth 



Mezzi trasmissivi - Connessioni wireless

Telefonia mobile

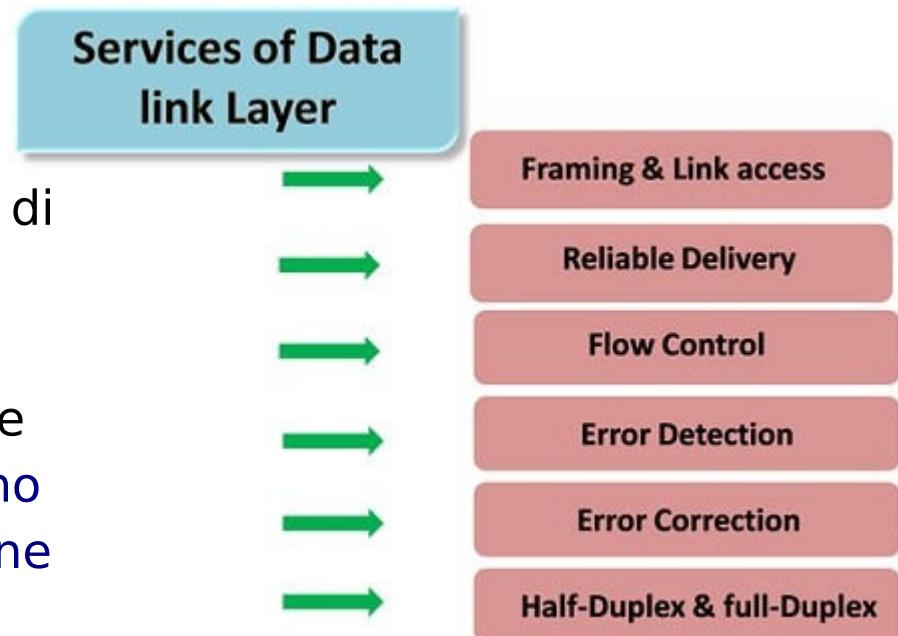
G TECHNOLOGY EVOLUTION

1G	2G	3G	4G	5G
speed in kilobit per second 2.4 Kbps 	speed in kilobit per second 64 Kbps 	speed in kilobit per second 2,000 Kbps 	speed in kilobit per second 100,000 Kbps 	speed in kilobit per second 1Gbps 
Analog Voice 	Digital Voice + Simple Data 	Mobile Broadband 	Faster and Better Richer Content (Video) 	Real World Applications 
				

Data link layer

(NIC, hub, bridge, switch)

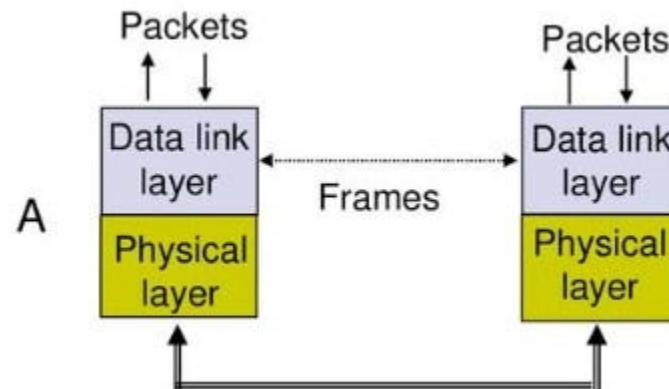
- Il secondo livello descrive come un dispositivo guadagna l'accesso al mezzo specificato nel physical layer e come realizza la comunicazione con un nodo adiacente.
- Definisce il formato dei dati, la frammentazione dei dati in un messaggio trasmesso, le procedure di controllo dell'errore, etc
- Appartengono a questo livello le schede di rete (NIC), gli hub, i bridge e dispositivi di switching che operano una divisione del dominio di collisione Ethernet (suddividendo, come vedremo, il traffico in base al MAC address)



Data link layer

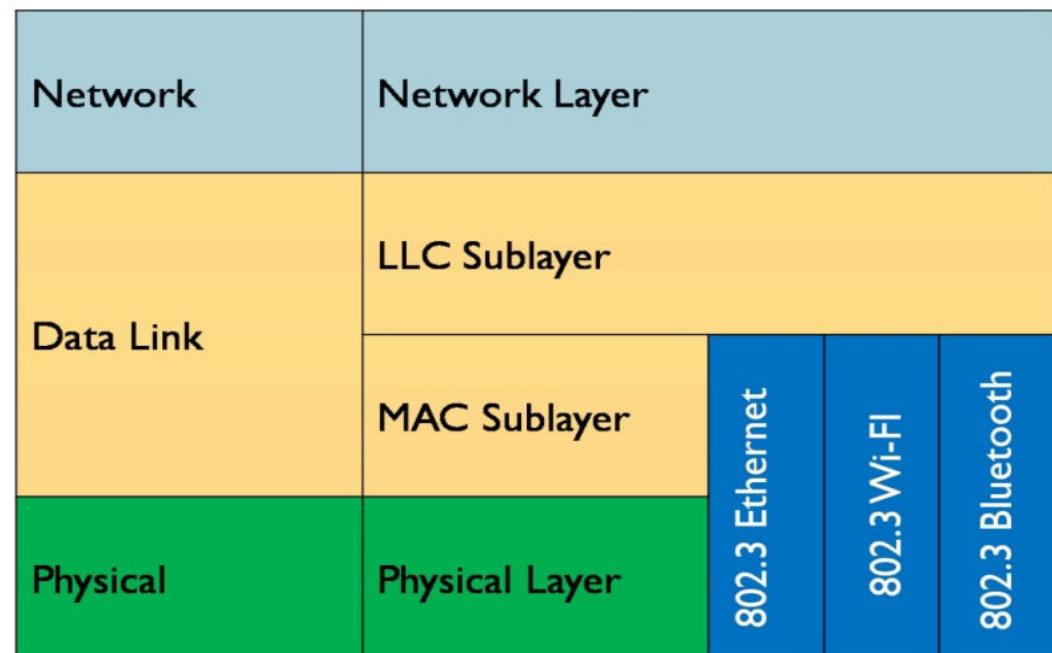
(NIC, hub, bridge, switch)

- è il livello responsabile di un invio affidabile delle informazioni ad un altro nodo della rete.
- appartengono a questo livello i *data link control protocol* (DLCP), come il Binary Synchronous Communications (**BSC**) e High Level Data Link Control (**HDLC**) utilizzati per la trasmissione su linee CDN.
- appartengono a questo livello anche i sottolivelli **LLC** e **MAC** (il quale scende fino a livello 1) di Ethernet



OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

- Per problemi realizzativi, nello standard **IEEE 802.3** i primi due livelli OSI sono stati suddivisi in tre sottolivelli
 - *livello fisico*
 - *livello di gestione dell'accesso al mezzo trasmisivo, MAC (Media Access Control)*
 - *livello di gestione logica del link, LLC (Logical Link Control)*
- Il **MAC** funge da interfaccia tra livello fisico e LLC



OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

- LLC realizza funzioni di gestione del link mediante un protocollo trasmissivo sostanzialmente comune alle diverse varianti a livello fisico
- MAC è specifico dello standard utilizzato, che è funzione del protocollo (Ethernet, FastEthernet, GigabitEthernet) e del mezzo trasmissivo
- Il livello fisico specifica caratteristiche elettriche e modalità di segnali per ogni standard utilizzato



OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

- Per LLC è stato sviluppato un unico standard
 - LLC riceve i dati dal livello superiore e li invia passandoli al MAC sotto forma di una o più trame LLC
 - La **trama** comprende
 - un campo di controllo
 - indirizzo sorgente
 - indirizzo di destinazione
 - i dati
- L'indirizzamento dell'utente è effettuato mediante il Service Access Point (SAP)
- Le modalità operative dell'LLC prevedono la possibilità di multiplare più utenti sul servizio unico offerto da LLC



OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

- LLC prevede 3 varianti:

- **LLC1 servizio senza connessione e senza conferma**

LLC1 permette l'invio di frame su base libera (modalità tipo datagram) e non prevede nessuna conferma dei dati trasmessi e ricevuti per verificare la correttezza dell'invio.

È funzione dei protocolli dei livelli superiori assicurare le necessarie funzioni di controllo del flusso informativo

- **LLC2 servizio basato su una connessione logica**

LLC2 richiede che prima dell'inizio della trasmissione venga attivata una connessione logica tra i punti di accesso al servizio dell'utente chiamato e chiamante.

LLC controlla che sulla connessione logica il flusso di informazioni proceda in modo corretto.



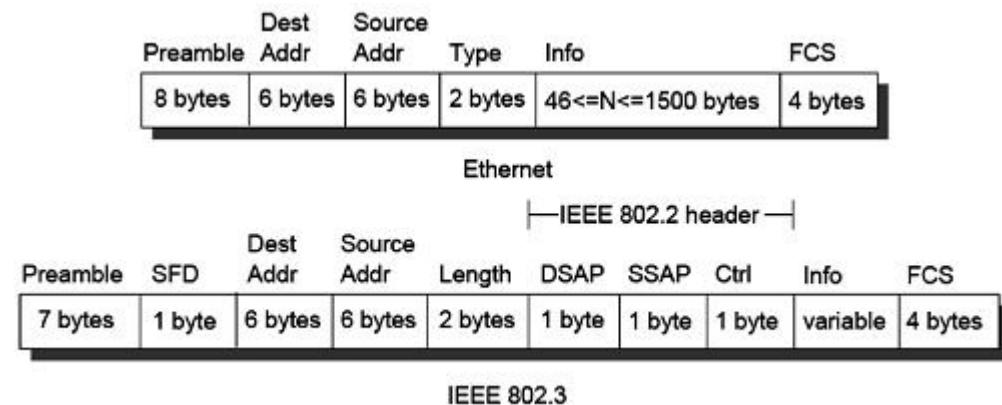
OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

- LLC prevede 3 varianti:
 - **LLC3 servizio senza connessione con conferma**
LLC3 non richiede connessione logica e trasmette le singole trame richiedendo la conferma che la trama sia stata correttamente ricevuta prima di procedere all'invio della trama successiva
- La flessibilità operativa degli standard per LLC origina dal fatto che la LAN è soggetta a minori disturbi rispetto ad una WAN e che non sempre sono necessarie robuste procedure di controllo e recupero che appesantiscono il flusso
- Esempi:
 - terminale-terminale: LLC2
 - se a livello superiore c'è TCP, che ha un robusto e sicuro trasporto, la scelta è LLC1

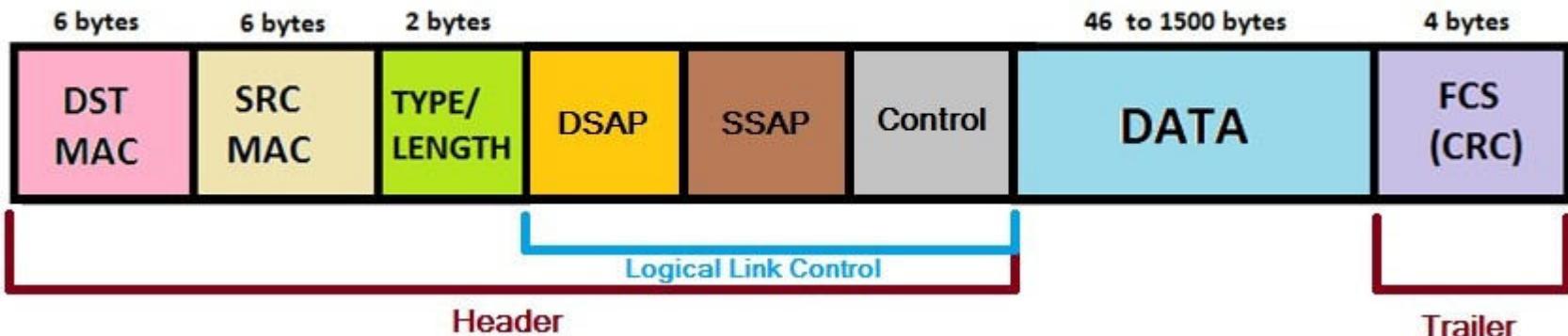


OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

Esempio di trama Ethernet



ETHERNET 802.3 FRAME



OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

■ Esempio di trama Ethernet

- **PRE (Preamble)**

Preambolo del frame. Si tratta semplicemente di una sequenza di segnali 1 e 0 che consente al ricevente di sincronizzare la comunicazione ovvero quella di svegliare l'adattatore mettendolo in guardia dell'arrivo della trama.

- **SFD (Starting Frame Delimiter)**

Questo campo è composto da un byte, la cui sequenza di bit è 10101011 (in esadecimale AB). Lo SFD dichiara che dal prossimo byte avrà inizio il frame vero e proprio, a partire dall'indirizzo di destinazione del frame (DA)

OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

■ Esempio di trama Ethernet

- DA (Destination Address)

Indirizzo destinazione. Si tratta di sei byte, spesso rappresentati nella forma aa:bb:cc:dd:ee:ff. Il primo bit ha un significato particolare: se vale 0, la destinazione è una singola unità, altrimenti è un gruppo. Anche il secondo bit ha un significato speciale: se vale 0, l'indirizzo ha valore globale, altrimenti ha soltanto valore locale.

- SA (Source Address)

Indirizzo sorgente. Ha la stessa struttura del DA, ma rappresenta sempre una singola unità, per cui il primo bit è sempre 0.



OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

■ Esempio di trama Ethernet

- [L/T \(Length/Type\)](#)

Lunghezza o tipo del frame. Possono esistere diversi tipi di frame. Il tipo normale serve a trasferire dati, ma in certi casi è necessario trasmettere informazioni estranee ai dati veri e propri, per segnalare qualche particolare situazione creatasi nella rete locale. In questo caso il campo L/T assume un valore da 1536 in su; valori differenti superiori o uguali a 1536 determinano un tipo diverso di frame. Se invece il valore è inferiore a questa soglia (al massimo 1500), questo indica esattamente il numero di byte di dati forniti dal livello superiore (il MAC client) che saranno trasmessi in questo frame.

OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

■ Esempio di trama Ethernet

- DSAP address (indirizzo Service Access Point di destinazione): 8 bit, di cui il meno significativo indica se fa riferimento a un SAP individuale o di gruppo
- SSAP address (indirizzo Service Access Point di origine) 8 bit, di cui il meno significativo indica se il messaggio costituisce un comando o una risposta;
- Control (Controllo) 8 bit



OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

■ Esempio di trama Ethernet

- **Dati (Payload)**

Sono i dati veri e propri che, nel caso di frame normale, verranno trasmessi con questo frame. I dati veri e propri possono ammontare al massimo a 1500 byte, ma se sono meno di 46 byte, occorre aggiungere dei byte supplementari di riempimento per arrivare almeno a 46 byte. Questo garantisce in ogni caso una lunghezza totale del frame di almeno 64 byte, essenziale per evitare che la trasmissione di frame troppo corti sui più lunghi segmenti ammessi provochi la mancata individuazione delle collisioni nei casi peggiori.

- **PAD**

È un campo di riempimento utilizzato per garantire la lunghezza minima di 64 byte. Esso varia da 0 a 46 byte, essendo 18 i byte sempre presenti nella trama.



OSI e IEEE 802: livelli LLC e MAC

■ Esempio di trama Ethernet

- FCS (Frame Check Sequence)

Il mittente calcola su tutta la parte precedente del frame un valore di controllo secondo un algoritmo **CRC (Cyclic Redundancy Check)**, ed inserisce in questo campo il risultato. Il ricevente farà lo stesso non appena ricevuto l'intero frame, e potrà così confrontare il valore di questo campo con quello da lui calcolato. In questo modo si elevano notevolmente le possibilità di riscontrare errori di trasmissione nei frame, che provocano lo scarto del frame errato.

IEEE 802.3: connettività fisica

■ I primi standard Ethernet ad essere definiti supportano una **velocità di trasmissione** dati di 10 Mbps. Oggi esistono molte varianti di 802.3. Di seguito sono riportati alcuni esempi:

- **3 - 10BASE5**: Cavo coassiale a filo spesso con una lunghezza massima di cablaggio di 500 metri. Si basa sul processo CSMA/CD.
- **3a - 10BASE2**: cavo coassiale a filo sottile che utilizza connettori Bayonet Neill-Concelman (BNC), con una lunghezza massima di cablaggio di 185 metri.
- **3i - 10BASE-F**: cavi Ethernet in fibra ottica.
- **3i - 10BASE-T**: Normale cavo telefonico a doppini intrecciati che utilizza cavi a doppini intrecciati non schermati (UTP) come strato fisico e cavi in fibra ottica come mezzo di trasmissione. Altre varianti includono IEEE 802.3u e 100BASE-TX.



IEEE 802.3: connettività fisica

■ E ancora:

- **3b - 10BROAD36**: Cavo coassiale multicanale a banda larga con una lunghezza massima del segmento di 3.600 metri.
- **3bt**: Power over Ethernet (POE) di terza generazione che utilizza quattro coppie di cavi twisted-pair per supportare le applicazioni IoT.
- **3x - Full-Duplex**: Fornisce il controllo di flusso e include il framing DIX.
- **10baseFOIRL**: Alternativamente al cavo Thick ethernet è possibile utilizzare fibra ottica ed un transceiver Fiber Optic MAU (**FOMAU**). Il **FOMAU** è in grado di ricevere e trasmettere segnali ottici lungo un segmento di fibra ottica di lunghezza massima pari a 1000m
- **10baseF**: È la modalità che definisce l'uso di IEEE802.3 utilizzando come mezzo trasmissivo la fibra ottica.
Si suddivide in tre sotto-standard: **10baseFP**, **10baseFB**, **10baseFL**.

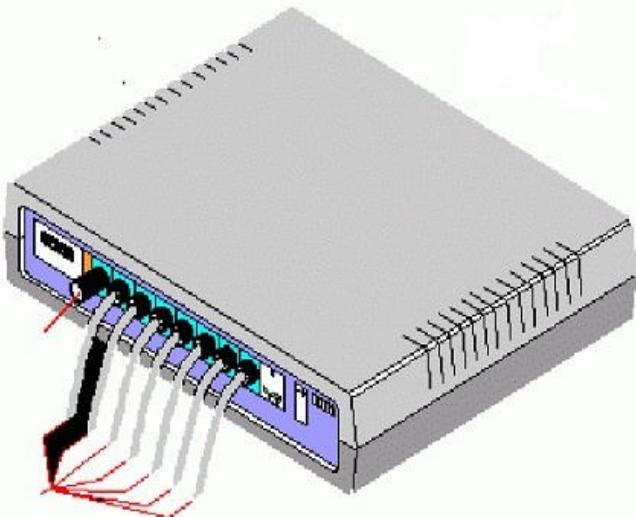


IEEE 802.3: connettività fisica

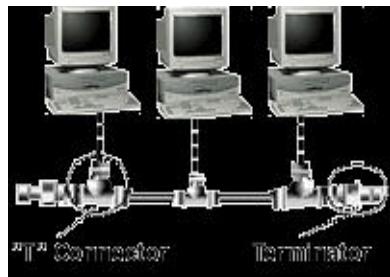
- Il "10" nella designazione del tipo di supporto si riferisce alla velocità di trasmissione di 10 Mbps.
- Il termine "BASE" si riferisce alla segnalazione in banda base, il che significa che solo i segnali Ethernet sono trasportati sul supporto (o, con 10BROAD36, su un singolo canale in un cavo condiviso)
- La "T" rappresenta il doppino; la "F" rappresenta il cavo in fibra ottica
- I numeri "2", "5" e "36" si riferiscono alla lunghezza del segmento di cavo coassiale in sezioni da 100 metri (la lunghezza di 185 metri è stata arrotondata a "2" per eccesso per 200).
- Tecnologie attuali:
 - 2.5 Gigabit e 5 Gigabit Ethernet tramite doppino Cat-5/Cat-6 - 2.5GBASE-T e 5GBASE-T



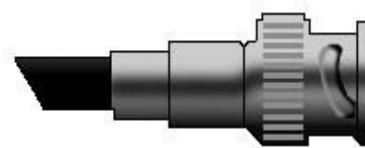
IEEE802.3 10base2: componenti



IEEE802.3 10base2 Multiport Repeater



Segmento di rete IEEE 802.3
10base2



Connettore IEEE802.3 10base2
(innesto a baionetta)



Connettore IEEE802.3 10base2 a T

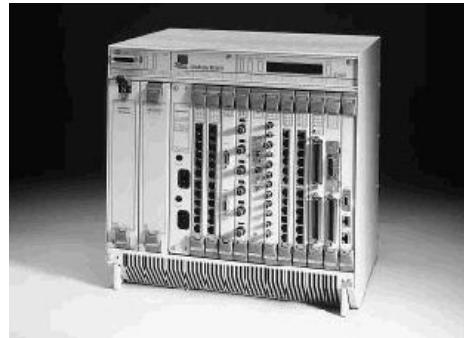


NIC IEEE802.3 10base2 collegata con
terminazione (tappo)

IEEE 802.3 10baseT: componenti



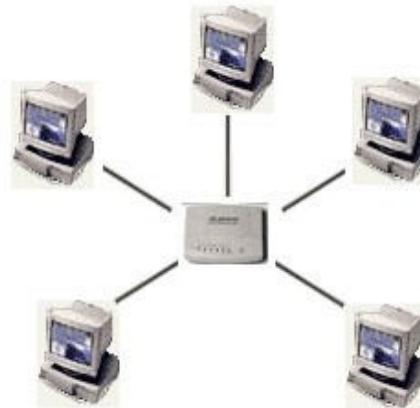
IEEE802.3 10baseT Stackable
HUB/SWITCH



IEEE802.3 10baseT Modular
SWITCH

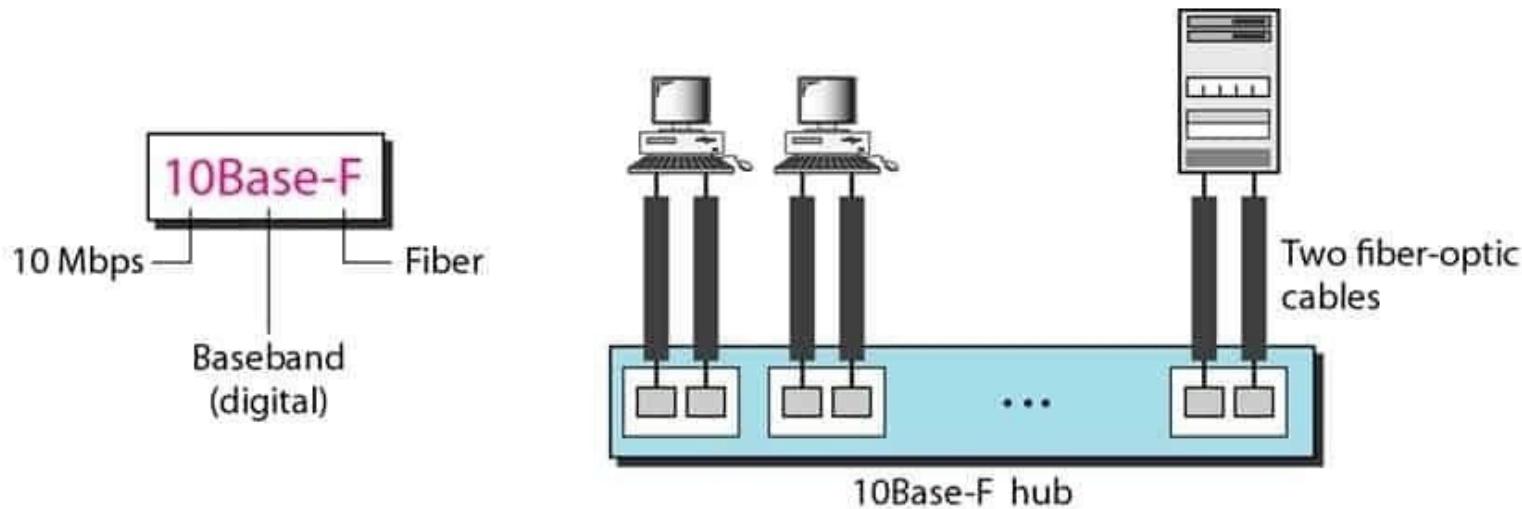


Connettore RJ45



Segmento di rete IEEE802.3 10baseT

IEEE 802.3 10baseF: componenti



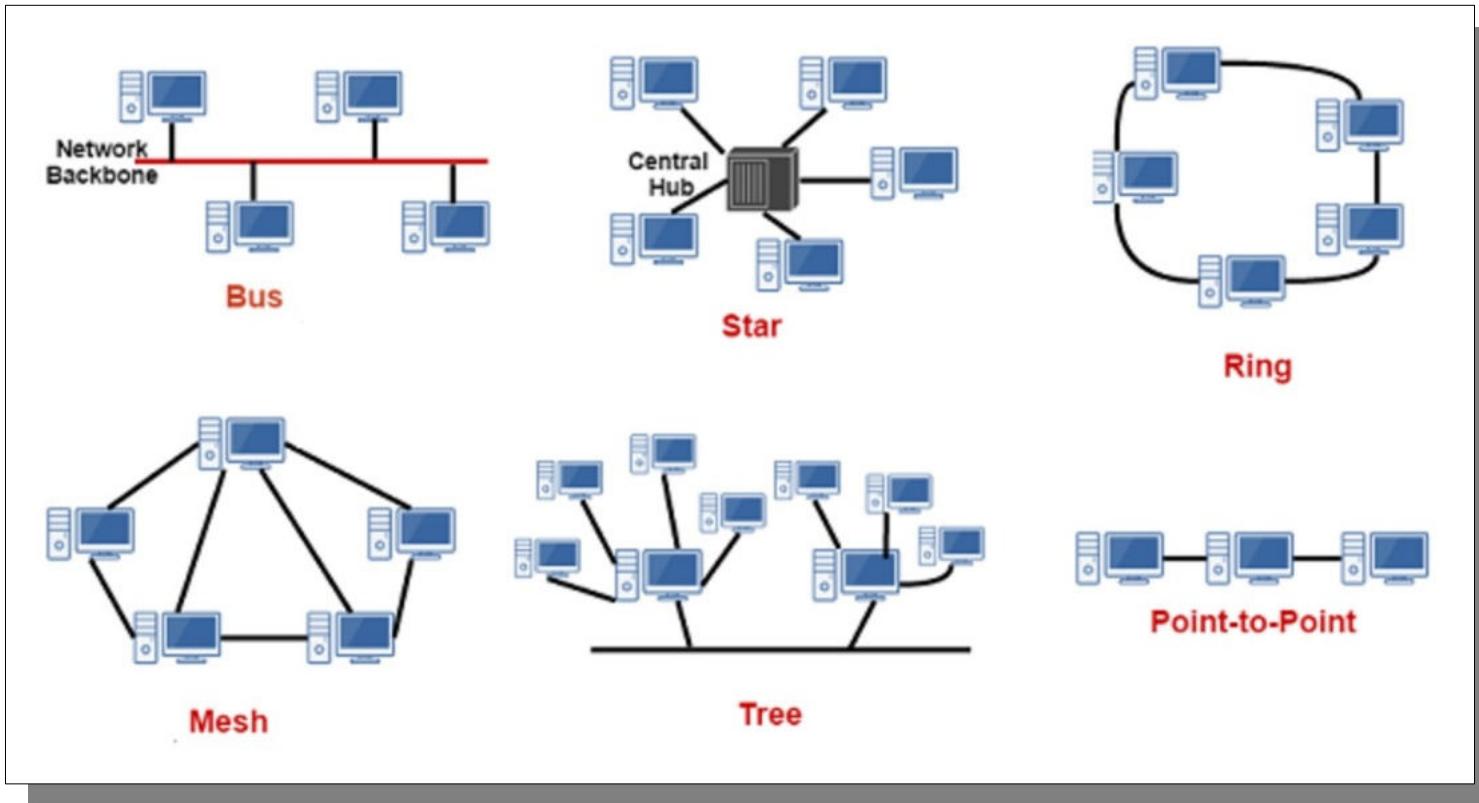
Topologia delle reti

- La disposizione degli elementi (collegamenti, nodi, ecc.) di una rete di comunicazione è definita topologia di rete.
- La topologia di una rete è la sua struttura topologica, che può essere rappresentata fisicamente o logicamente.
- È un'applicazione della teoria dei grafi in cui i dispositivi comunicanti sono modellati come nodi e le connessioni tra i dispositivi sono modellate come collegamenti o linee tra i nodi.
- La collocazione dei vari componenti della rete (ad esempio, la posizione dei dispositivi e l'installazione dei cavi) è definita topologia fisica, mentre la topologia logica descrive il flusso dei dati all'interno della rete.

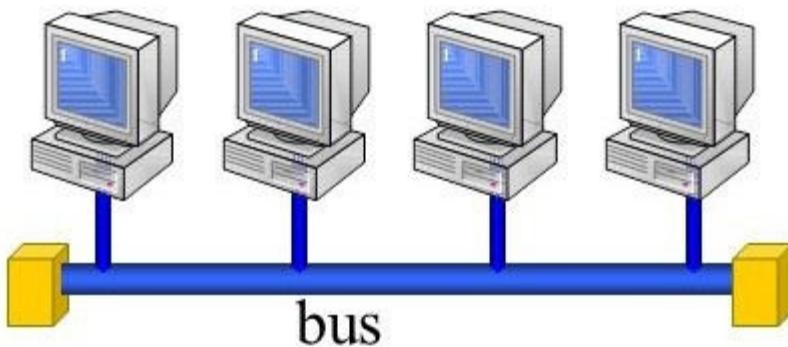


Topologia delle reti

■ Tipologie di rete

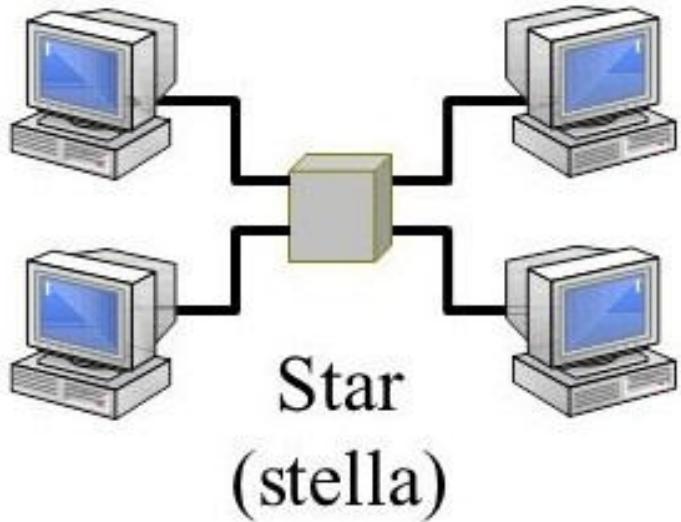


Topologia a Bus



- Un cavo funge da percorso principale dei dati, al quale sono connesse tutte le stazioni
- Tutti i dati trasmessi sono disponibili a tutte le stazioni
- Solo la stazione destinataria può leggere l'informazione
- Il cavo deve essere terminato in ambo i lati per presentare la corretta impedenza alle stazioni
- Il maggior svantaggio è che ogni interruzione del cavo preclude il funzionamento all'intera rete

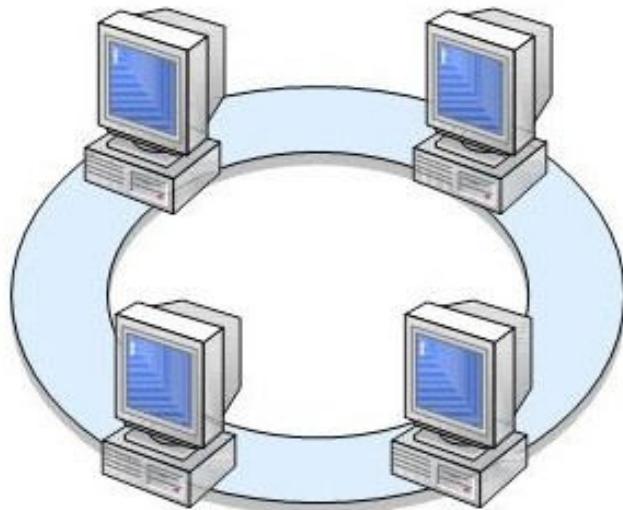
Topologia a Stella



- Ciascuna stazione è connessa ad un network controller (**hub**)
- L'hub gestisce la comunicazione con ciascun nodo, indipendentemente dagli altri nodi

- Le moderne ethernet hanno **connessioni** con topologia fisica a **stella** ma si comportano logicamente come una topologia a bus.
- Guasti al cavo si ripercuotono solo sulla stazione
- Risolve i problemi dovuti alla presenza di *jabbering nodes*, nodi che trasmettono pacchetti di lunghezza errata per malfunzionamenti. In genere la causa è dovuta a cavi difettosi.

Topologia ad Anello

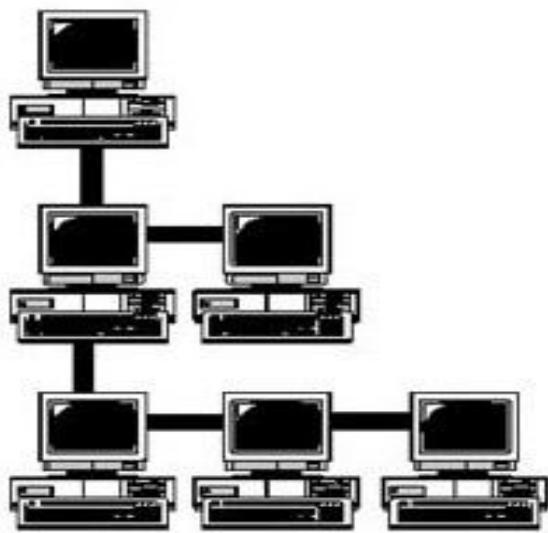


Ring (anello)

- Nella topologia ad anello si è in presenza di un cavo che interconnette tutte le stazioni e ha una configurazione logica ad anello

- Può essere considerata una topologia a bus chiusa
- Il metodo d'accesso richiede che i dati circolino nell'anello
- Moderne reti: fisicamente a stella, logicamente ad anello ([Token Ring](#), [FDDI](#))
- Più Multistation Access Unit ([MAU](#)) vengono interconnesse ad anello

Topologia ad Albero



albero

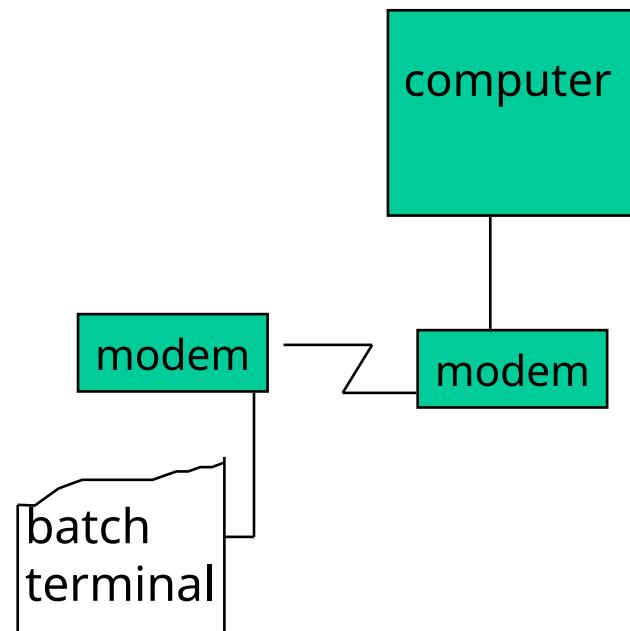
- Può essere considerata una forma complessa di topologia a bus

- Ciascun nodo o fornisce l'accesso alla stazione ad esso collegata o instrada i dati verso un nodo ad esso collegato
- La comunicazione risulta inefficiente quando avviene tra nodi lontani

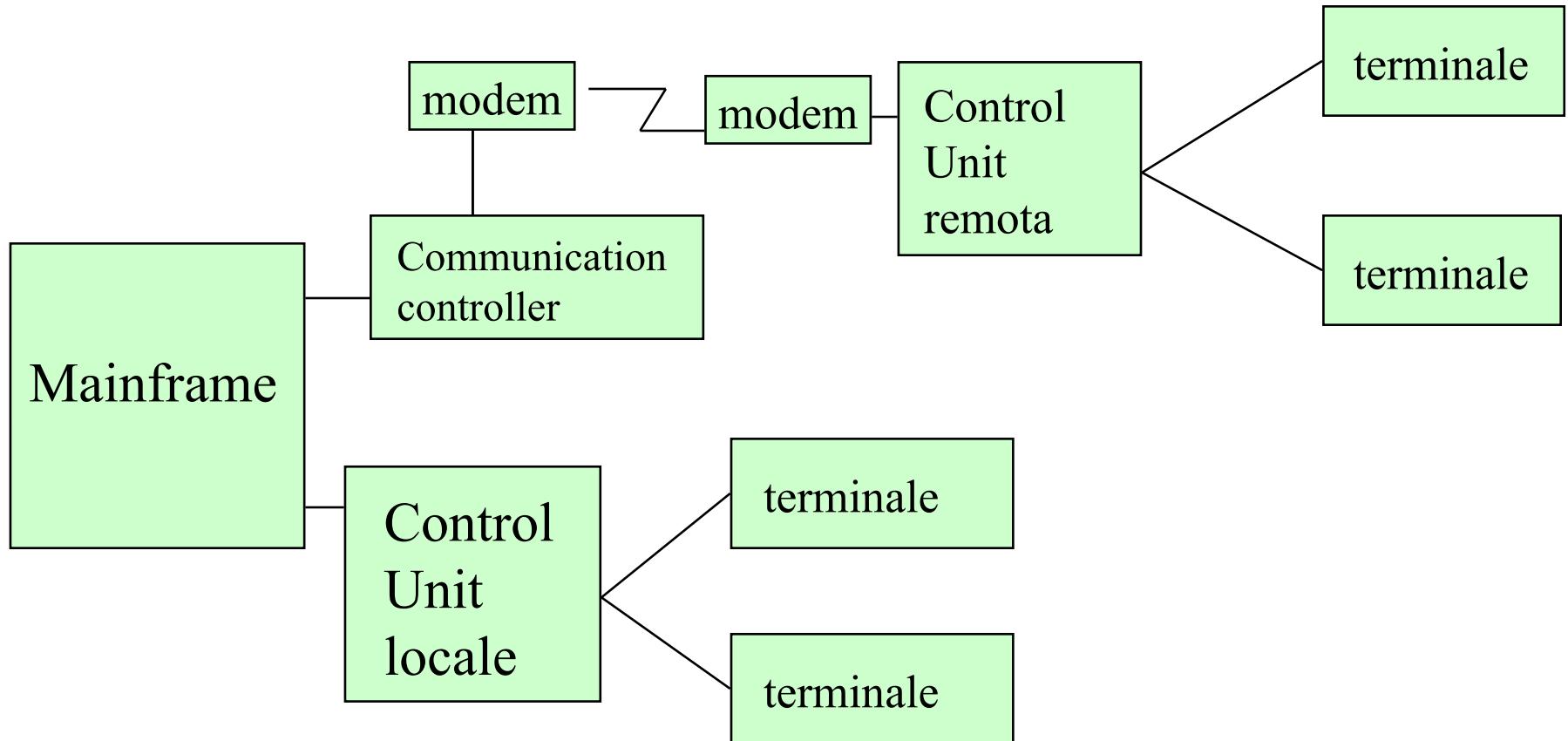
**distanza percorsa >>
segmento più lungo**

Wide Area Network (WAN): cenni storici

- Evoluzione delle Wide Area Network legata alla prima generazione di computer (II meta '50)
 - elaborazione centralizzata in pochi centri EDP specializzati
 - Accesso con terminali remoti
 - Remote Batch Trasmission
 - enormi investimenti



IBM 3270 Information Display System



Caratteristiche di una rete WAN

- Interconnette due o più reti locali disperse geograficamente mediante collegamenti dedicati in fibra ottica
- Usata per collegamenti nazionali ed internazionali
- Interconnette host collegati a sottoreti costituite da:
 - Collegamenti (linee, circuiti, canali, dorsali)
 - Elementi di commutazione (router)
- Complessa gestione del routing
- Possibilità di utilizzare il collegamento per interconnettere reti eterogenee
- Uso di router multiprotocollo e adozione nella WAN di una stessa politica di routing



Metropolitan Area Network (MAN)

- Una Metropolitan Area Network (MAN) interconnette un'area caratterizzata da esigenze di elevate prestazioni.
- In genere opera il trasporto integrato di dati eterogenei: voce, dati, multimedialità, etc
- Sono reti denominate a **banda larga**, a causa dei protocolli utilizzati nelle prime implementazioni
- Viene vista all'esterno come un'unica entità
- Il gestore provvede a:
 - regolare l'accesso alla rete ed ai servizi
 - definire la politica di routing
- Le reti a *banda larga* aiutano la diffusione di applicazioni innovative e fortemente orientate verso la multimedialità



MAN

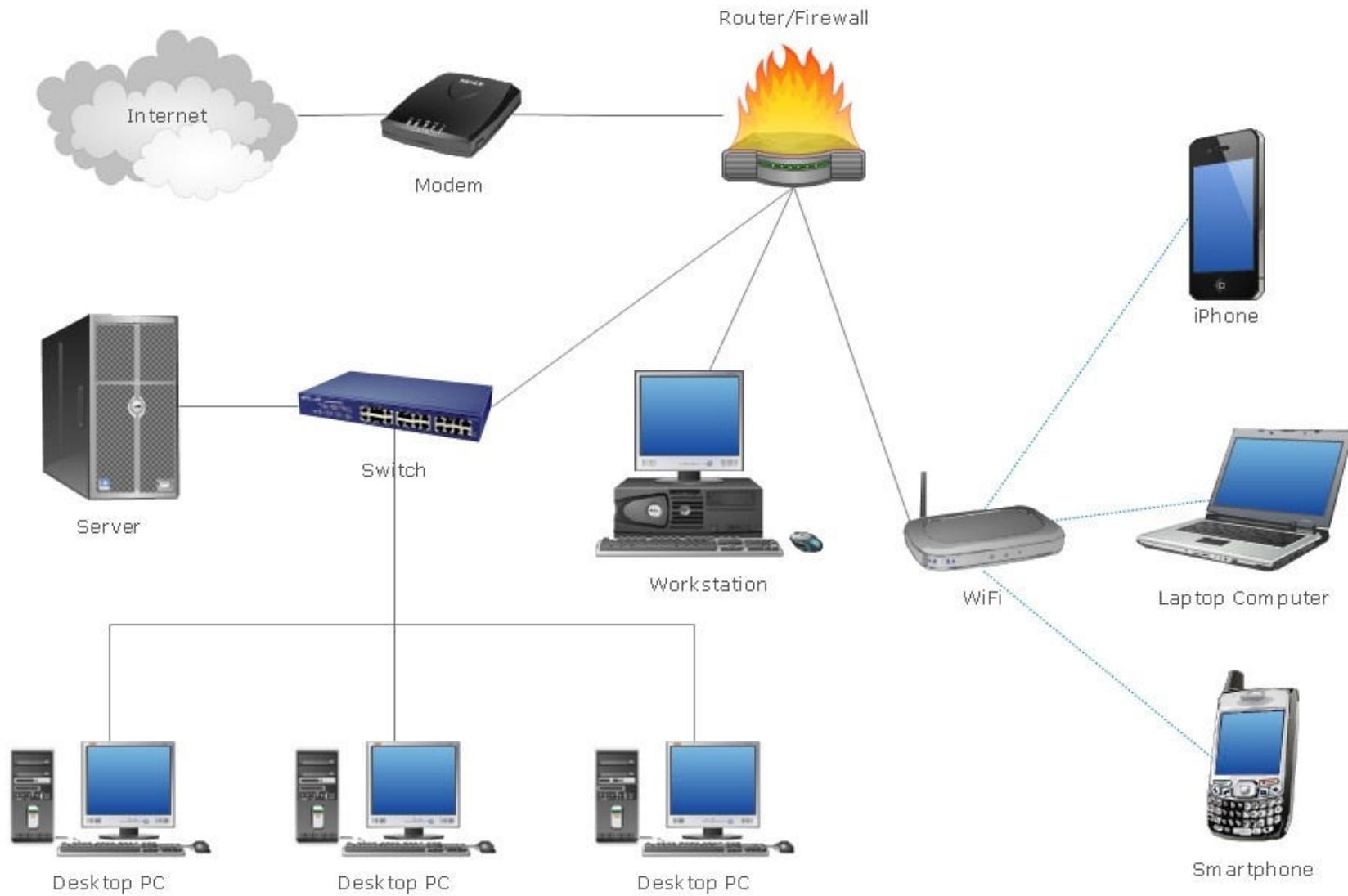
- In Italia si sono diffuse in varie regioni (Piemonte, Friuli, Emilia Romagna e Toscana)
- Realizzate con finanziamenti comunitari e di Enti di Ricerca
- Alta capacità trasmissiva: fibra ottica
- Veicolo principale di esperimenti ad alto contenuto innovativo e con forti esigenze di banda
 - Video on Demand
 - Telesoccorso
 - Telemedicina
 - Teledidattica
 - Teleconferenza in rete



Local Area Network (LAN)

- Collega tipicamente uno o più edifici limitrofi
- E' in genere specifico di una singola azienda o organizzazione (o di una parte di organizzazione)
- È regolata da proprie politiche di accesso e di routing
- È alla base della realizzazione delle Intranet
- Consente la condivisione di risorse hardware e software
- Primo prodotto: *Attached Resource Computer Network* (ArcNet) prodotto da Datapoint Corp. nel 1977

Local Area Network (LAN)



Personal Area Network (PAN)

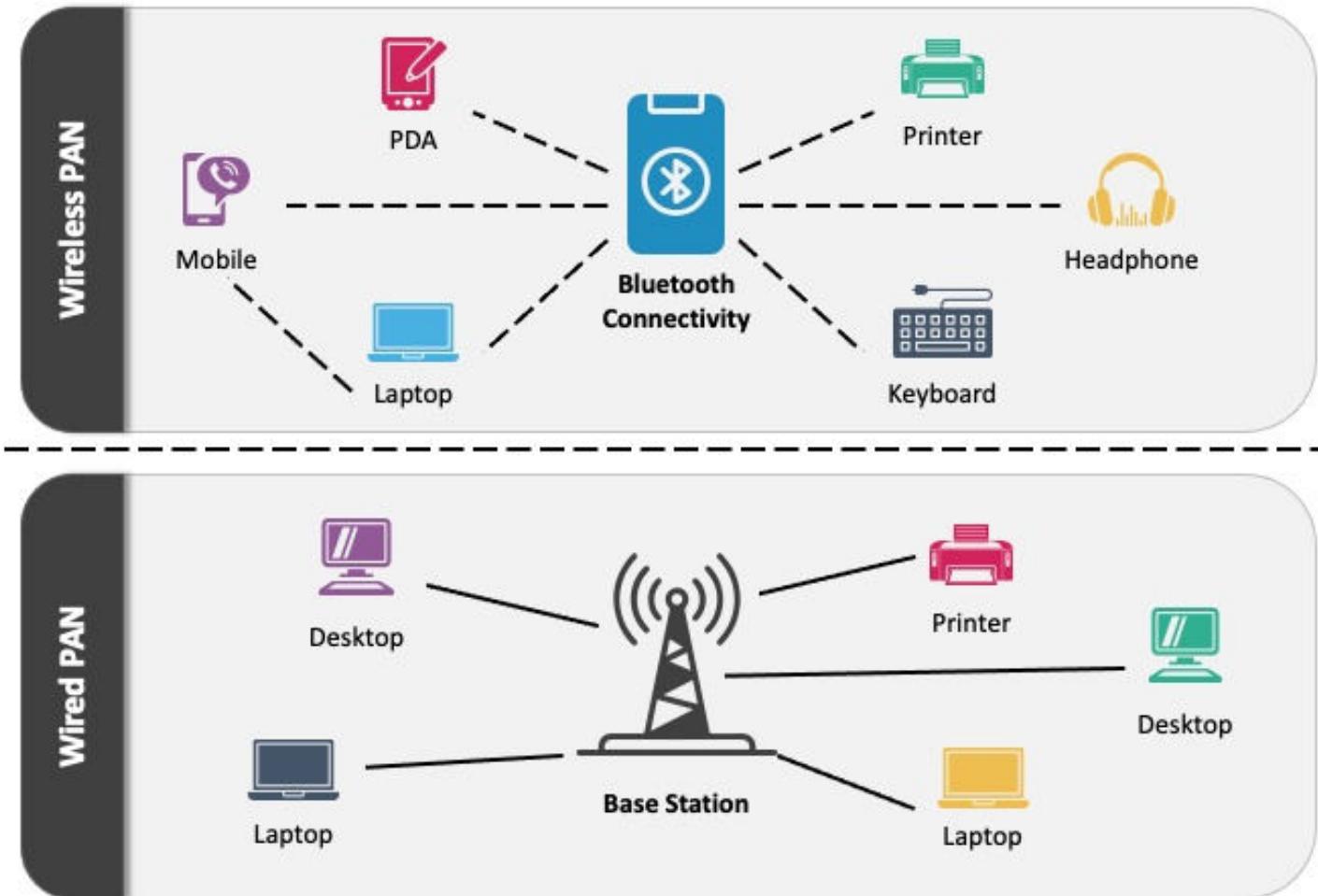
- È una rete informatica utilizzata per permettere la comunicazione tra diversi dispositivi (telefono, PC tascabile, ecc.) vicini tra loro.
- I singoli dispositivi possono anche non appartenere a un singolo utente.
- Il raggio di azione di una PAN è tipicamente di alcuni metri.



Personal Area Network (PAN)

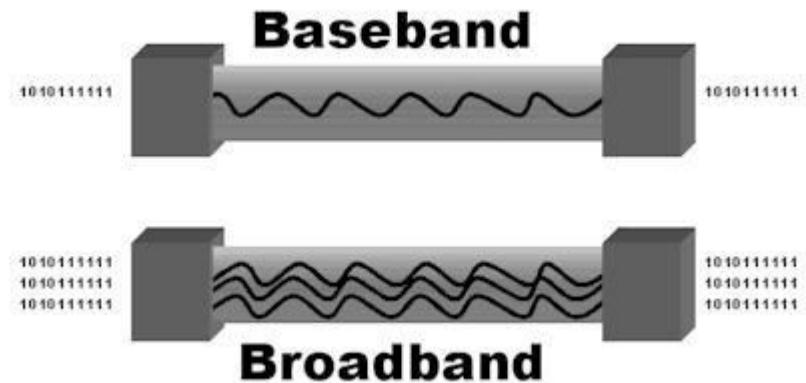
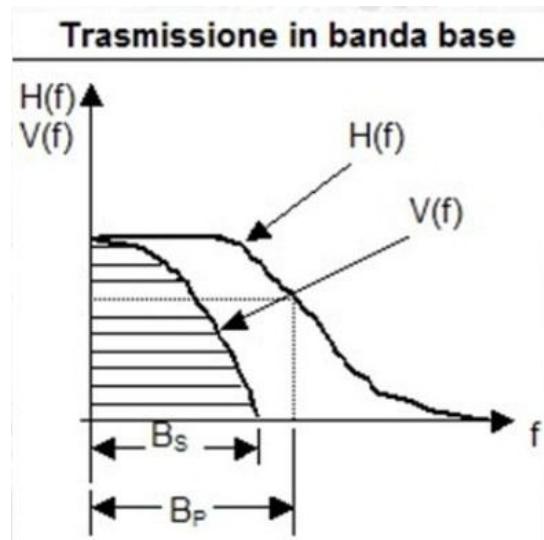
PERSONAL AREA NETWORK (PAN)

Types of PAN Network



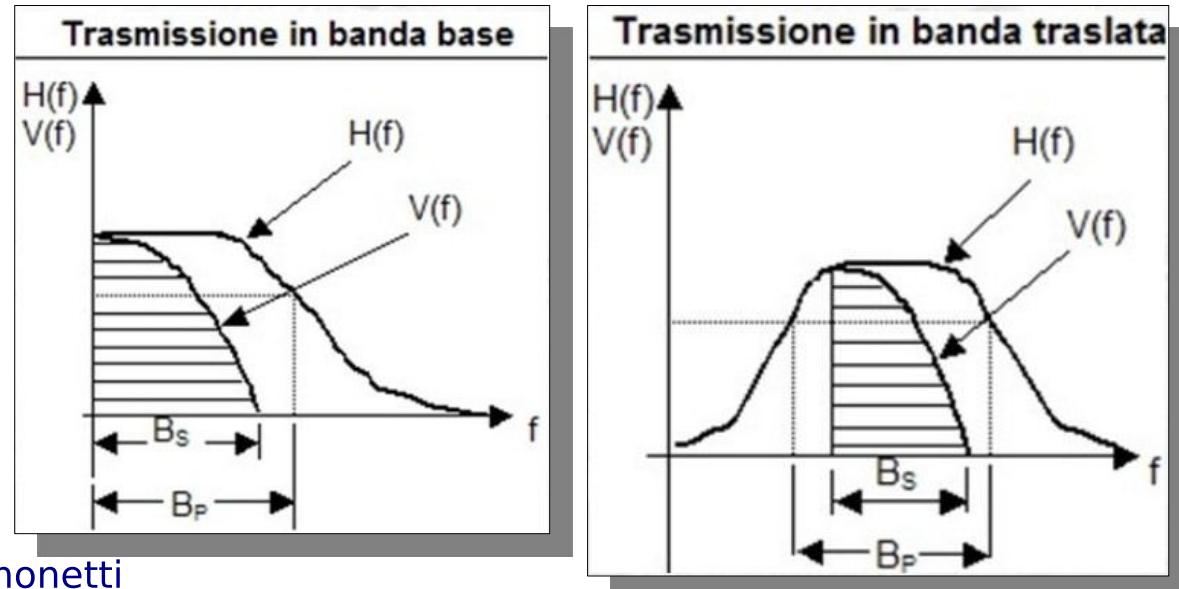
LAN: metodi di accesso

- È il livello fisico che ha il compito di fornire quanto necessario per il trasporto dei segnali elettrici o ottici
- Nelle LAN le tecniche trasmissive adottate per lo scambio dei dati al livello fisico sono:
 - **banda base** (comune)
 - **banda larga** (applicazioni particolari)



LAN: metodi di accesso

- È il livello fisico che ha il compito di fornire quanto necessario per il trasporto dei segnali elettrici o ottici
- Nelle LAN le tecniche trasmissive adottate per lo scambio dei dati al livello fisico sono:
 - **banda base** (comune)
 - **banda larga** (in banda traslata - applicazioni particolari)



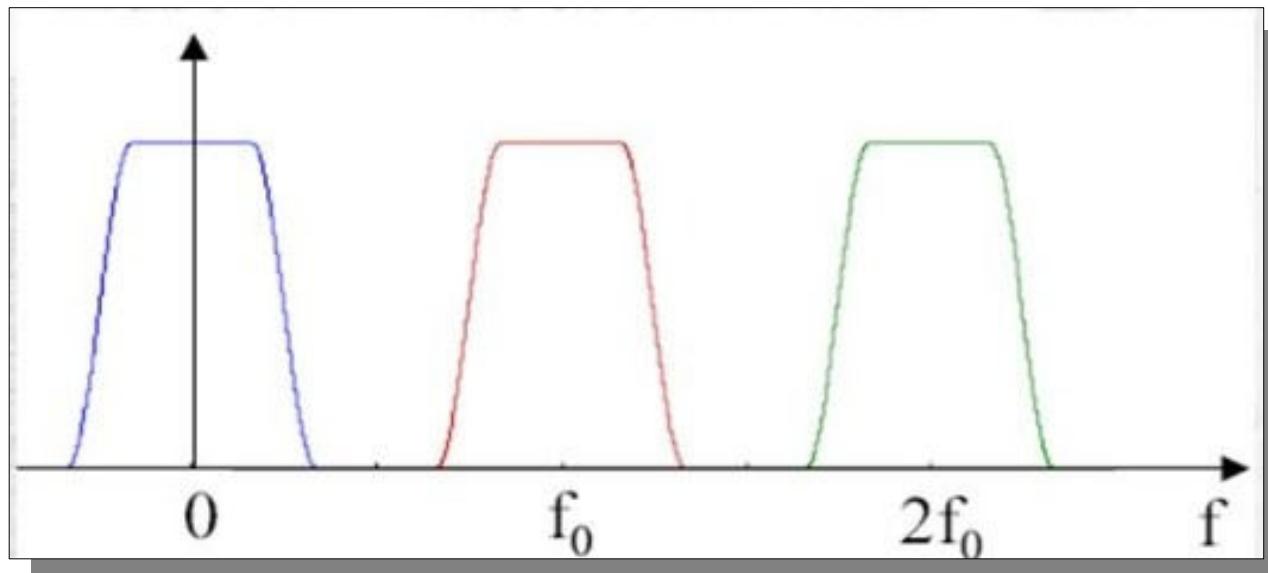
Trasmissione in banda base

- È una tecnica trasmissiva in cui il livello fisico del nodo di LAN utilizza l'intera banda
- Un solo nodo può trasmettere e lo fa con velocità pari alla capacità della banda
- Ne sono esempio lo standard IEEE802.3 ed Ethernet
- A seconda del mezzo trasmissivo utilizzato si può avere la trasmissione di dati a velocità superiori a quelli dello standard Ethernet (più reti logiche)
- **Non avviene modulazione del segnale elettrico:** ciò limita le distanze possibili, ma semplifica l'hardware di interfaccia



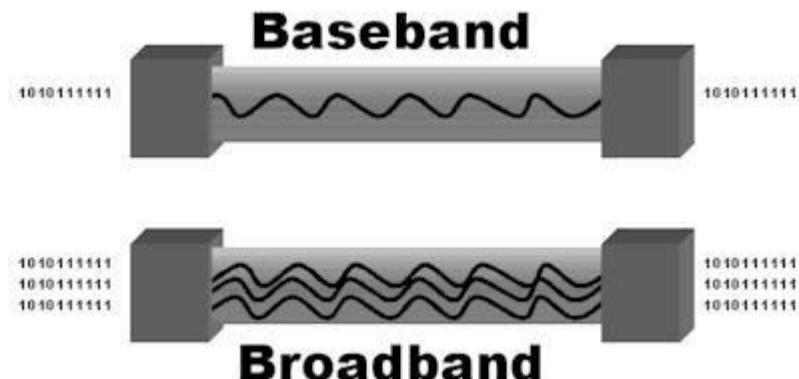
Trasmissione in banda larga

- La trasmissione *broadband* (banda larga) è una tecnica basata sulla modulazione di frequenza del segnale e sulla divisione in sottocanali indipendenti della banda disponibile
- Ciascun nodo della rete può trasmettere su una o più sottobande (video, voce, dati...)



Trasmissione in banda larga

- È la trasmissione ideale per stazioni multimediali
- Le stazioni sono collegate alle LAN con due diverse realizzazioni:
 - mediante **due cavi coax distinti**, uno per la ricezione e uno per la trasmissione.
 - mediante un unico cavo con banda suddivisa in rx-tx (più semplice da realizzare)
- Occorre un apparato che indirizzi i canali rx e tx della stazione e del cavo



Trasmissione in banda larga

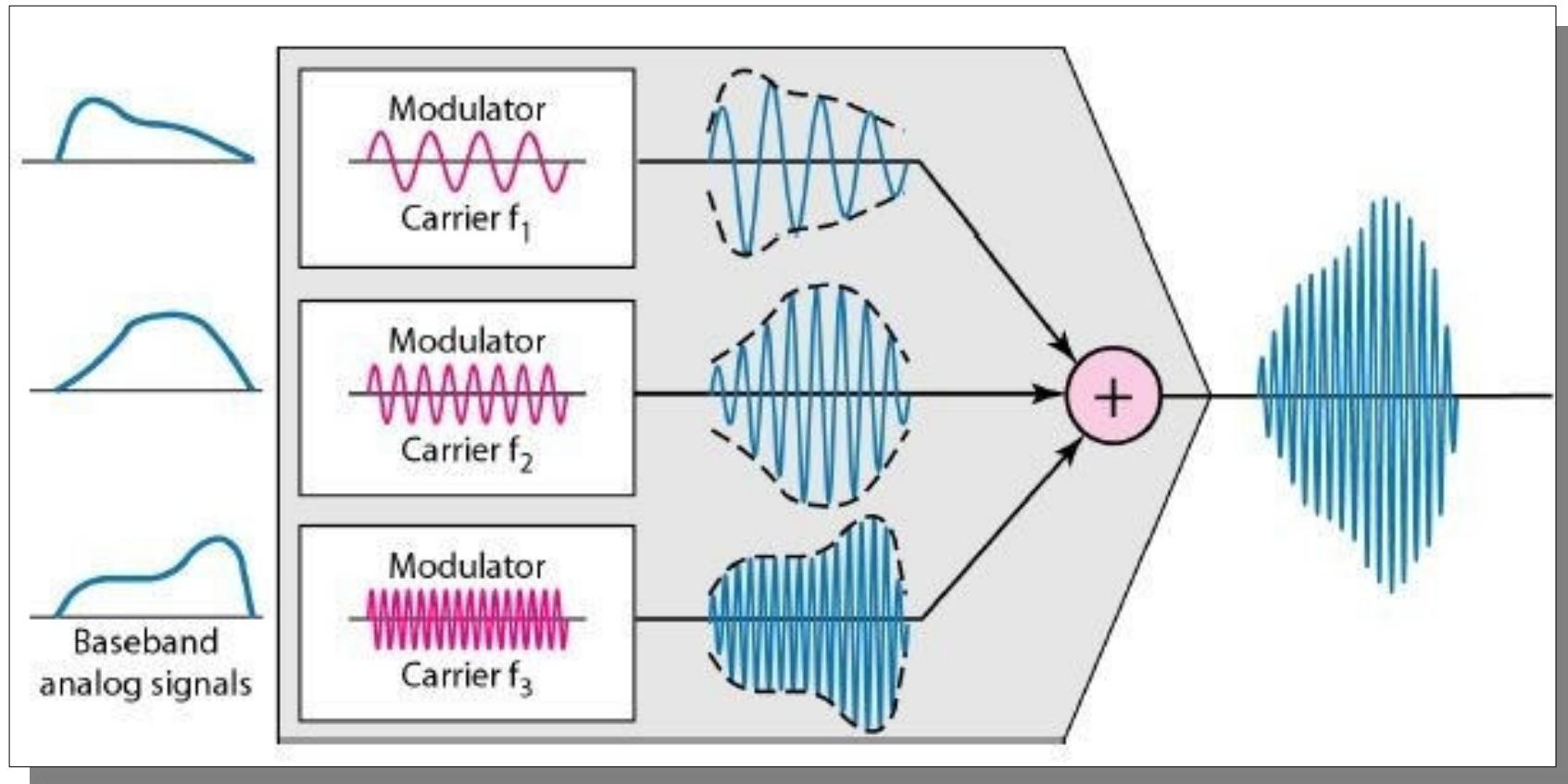
- La connessione delle stazioni al bus avviene utilizzando dei modem dinamici progettati per funzionare con frequenze variabili
- Sono in grado di gestire più canali contemporaneamente commutando istantaneamente dall'uno all'altro canale
- Quando operano in modalità automatica sono gestiti da un'unità logica di comunicazione
- L'unità interroga ad intervalli regolari i dispositivi della rete per verificare se ci sono comunicazioni pendenti e semmai si sincronizza sulla giusta frequenza
- Questo è il modo di funzionamento dello standard

IEEE802.6

Osvaldo Gervasi - Marco Simonetti



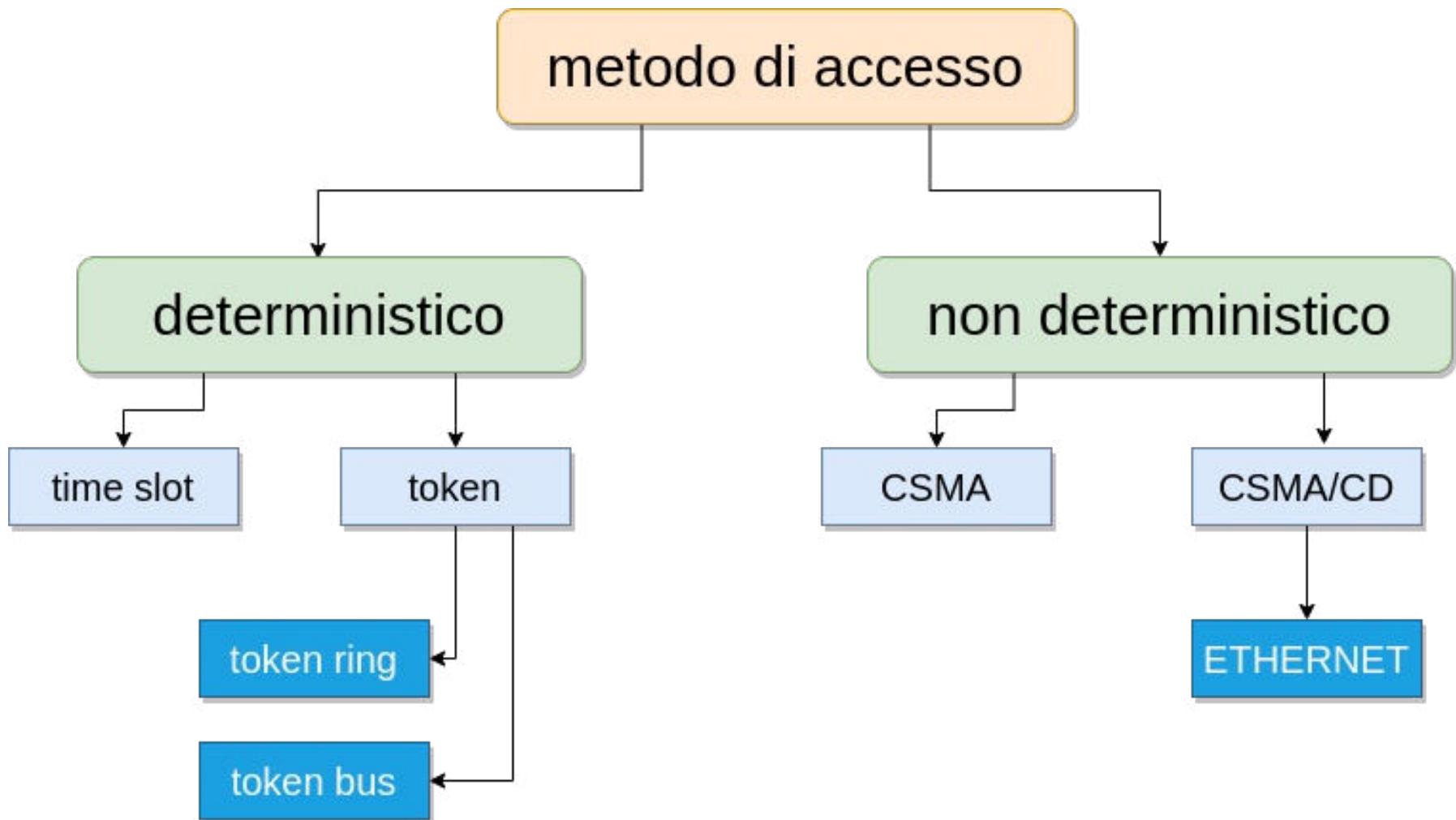
Trasmissione in banda larga



LAN: metodi di accesso

- *Come si può consentire ad un computer alla volta di trasmettere in rete? (banda base)*
- L'accesso alla rete può essere fornito in modo
 - *Deterministico*
in un metodo di accesso deterministico ogni stazione aspetta il suo turno
 - *Non deterministico (casuale)*
in un metodo di accesso casuale ogni stazione può parlare in qualsiasi momento

LAN: metodi di accesso



Metodi di accesso al bus

- Fanno parte integrante del metodo di accesso anche le specifiche:
 - tempo per il quale una stazione può usare il bus in modo esclusivo
 - modalità di controllo per evitare che due stazioni trasmettano contemporaneamente
- Token-passing
 - è il metodo di accesso deterministico usato nelle reti token-ring, ArcNet e FDDI
- Carrier Sense Multiple Access
 - la variante *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* - **CSMA/CD** - è il metodo di accesso random utilizzato nelle reti Ethernet

Metodo di accesso a time slot

- è controllato da sequenze di bit, in cui una stazione può inserire i propri dati
- è realizzato su reti con topologia fisica ad anello
- I time slot si susseguono uno dopo l'altro e sono costituiti da un header con bit di inizio e dei bit di controllo
- Il campo di controllo permette di rilevare ad una stazione che vede passare il time slot se il campo dati è libero o è già occupato da un'altra stazione
- Se il campo dati è occupato, la stazione verifica l'indirizzo destinatario e se è il proprio, preleva i dati



Metodo di accesso a time slot

■ Criticità:

- occorre una stazione master che generi i time slot
- numero di time slot attivi: dipende dalle dimensione dell'anello e dal relativo tempo di propagazione dei segnali

■ Vantaggi:

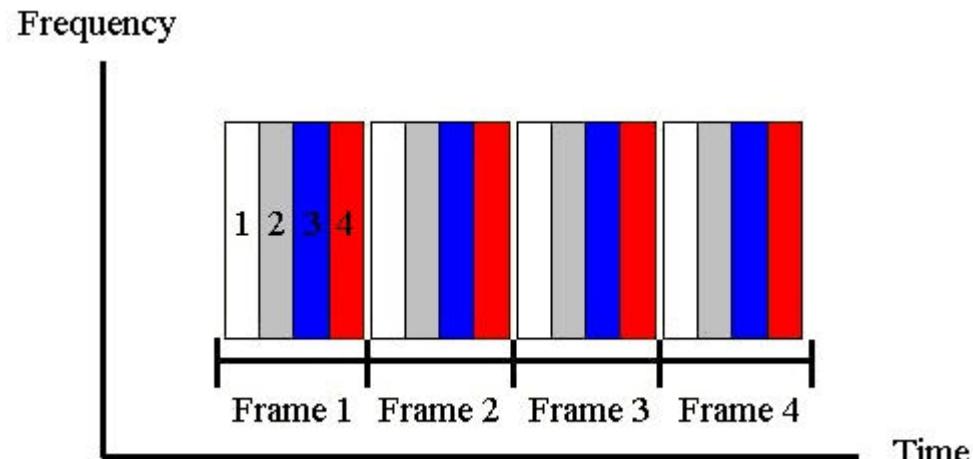
- avendo ogni slot un tempo fisso di percorrenza e una lunghezza fissa del campo dati si presta bene ad applicazioni nelle quali è importante un tempo di trasmissione costante anche in casi di alto traffico
- è inibito ad una stazione un uso infinito del time slot



Metodo di accesso TDMA

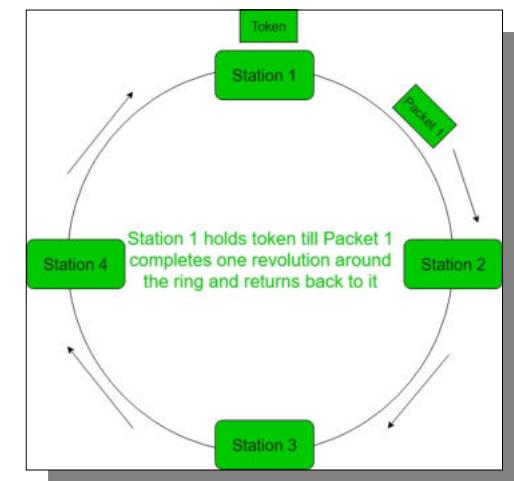
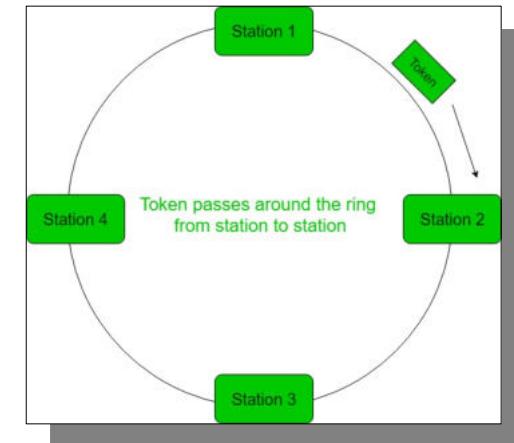
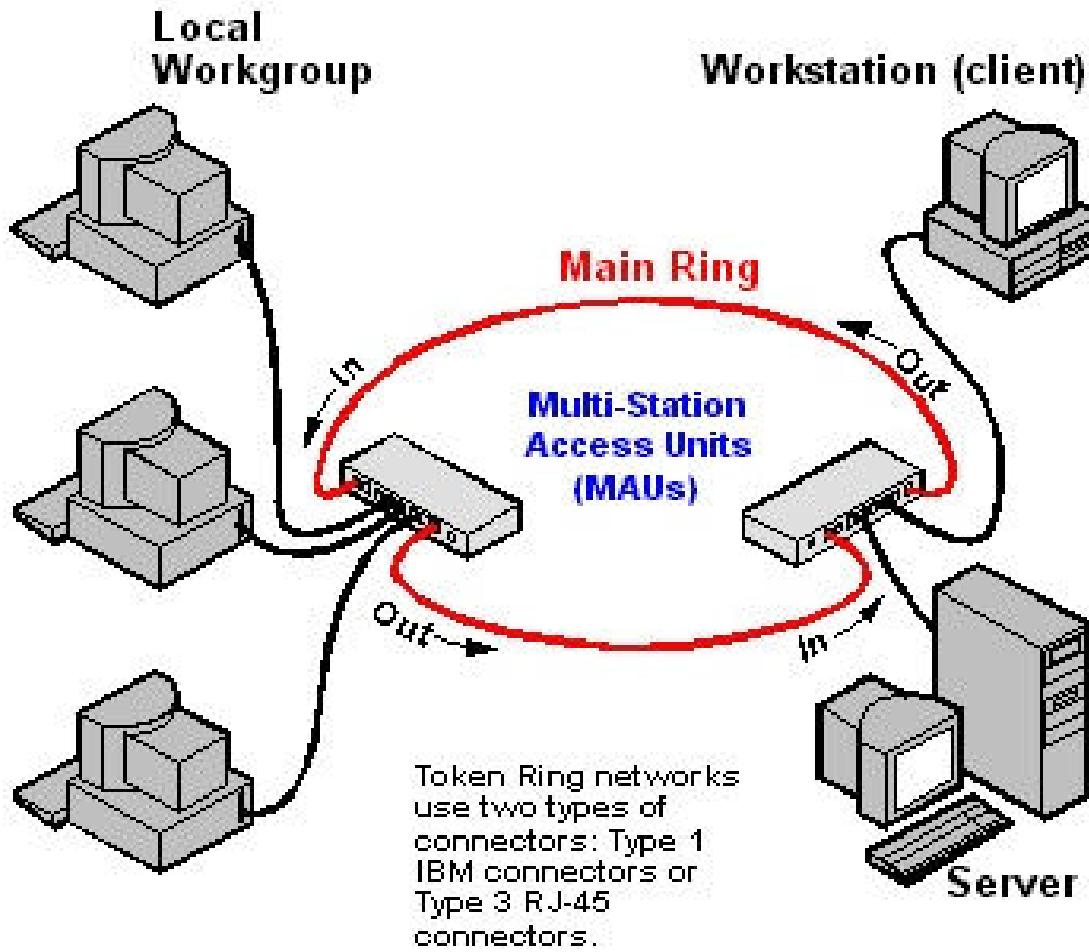
Time Division Multiple Access (TDMA)

- Questo metodo divide uniformemente il tempo tra un certo numero di utenti, garantendo a ciascuno di essi una certa quantità di risorse di rete.
- Il tempo viene separato in frame di lunghezza finita e ogni frame viene suddiviso in slot. A ogni utente della rete viene assegnato uno di questi slot. Di conseguenza, l'utente può trasmettere solo durante questo periodo di tempo (slot) su tutte le frequenze e deve attendere il suo prossimo slot di trasmissione nel frame successivo.



Metodi di accesso al bus: token

■ Token-passing: token-ring



Metodi di accesso al bus: token

Token-passing: token-ring

- Sull'anello circolano continuamente frame di informazione vuoti.
- Quando un host ha un messaggio da inviare, prende il token. Esso è quindi in grado di inviare il frame.
- Il frame viene quindi esaminato da ogni stazione di lavoro successiva.
- La stazione di lavoro che si identifica come destinazione del messaggio lo copia dal frame e cambia il token in 0.
- Quando il frame torna all'origine, l'host lo prende in consegna.

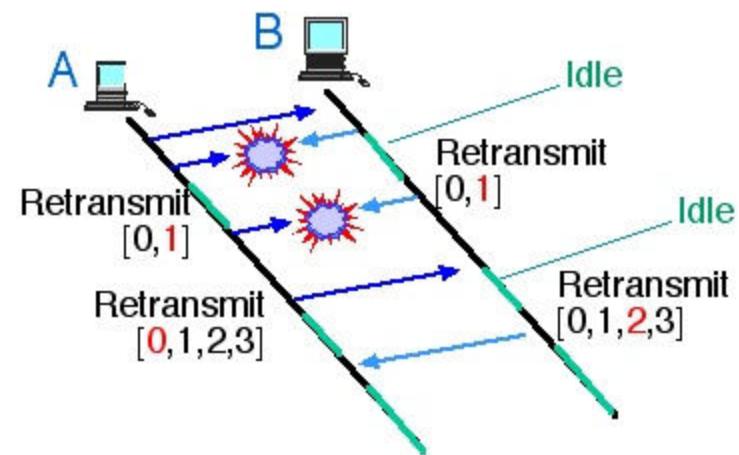
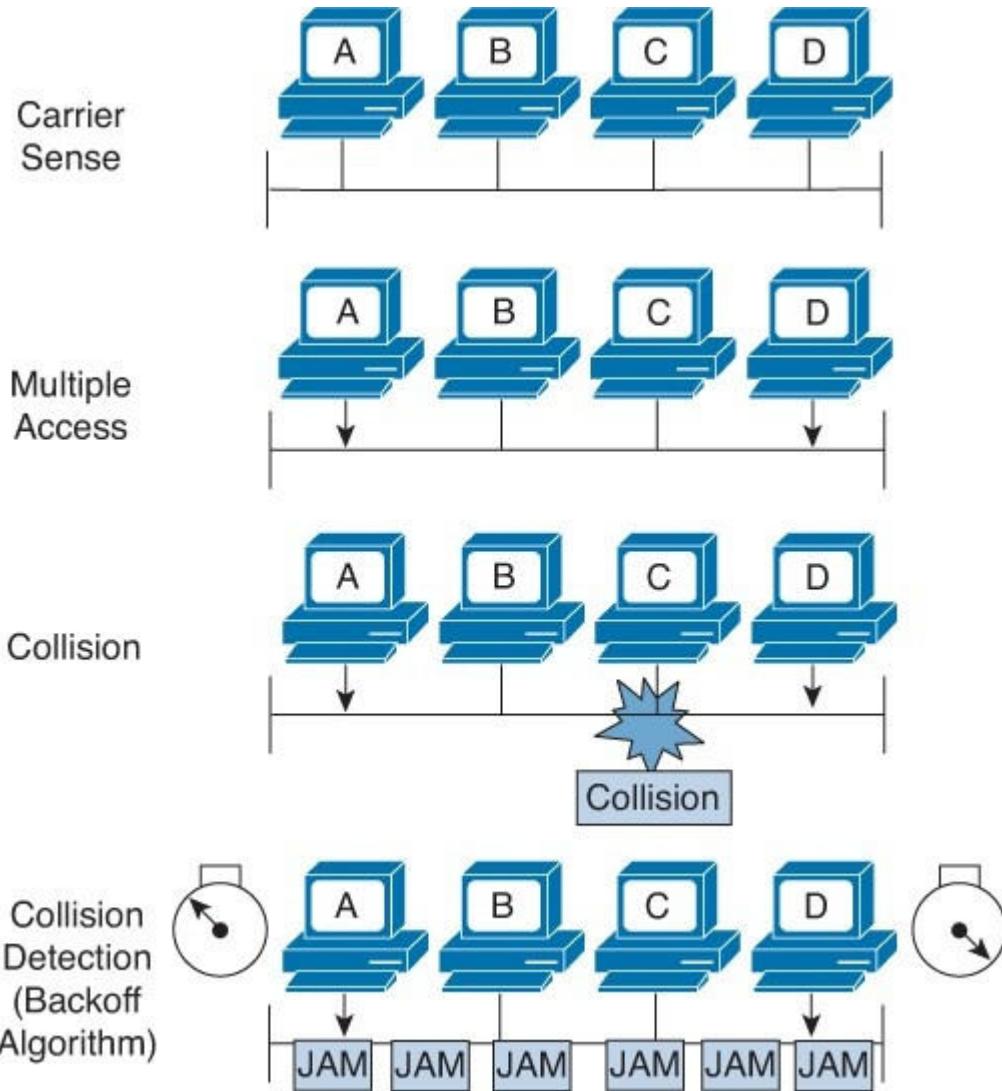


Metodi di accesso al bus: token

Token-passing: token-ring

- Quando il frame torna al trasmettitore, vede che il token è stato cambiato in 0 e che il messaggio è stato copiato e ricevuto. Rimuove il messaggio dal frame.
- Il frame continua a circolare come frame "vuoto", pronto per essere preso da una stazione di lavoro quando ha un messaggio da inviare.

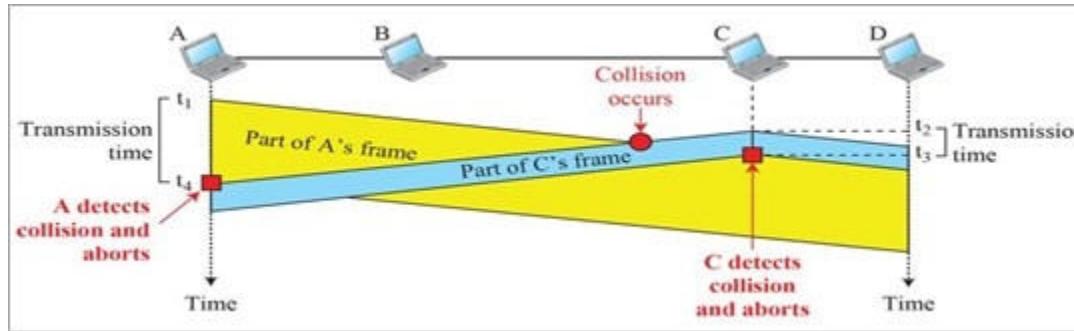
Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)



Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)

- La stazione *ascolta* il mezzo trasmisivo prima di cercare di trasmettere
- Se la stazione percepisce segnale di attività, ritarda la trasmissione prima di poter riprovare a trasmettere
- Quando sente la linea libera inizia a trasmettere
- Occorre considerare che il segnale impiega un certo tempo τ a percorrere la distanza tra le stazioni e si verificare che se una stazione deve trasmettere un pacchetto dopo un tempo $t < \tau$ questa sentirà il mezzo libero e trasmetterà il proprio pacchetto, generando una collisione.

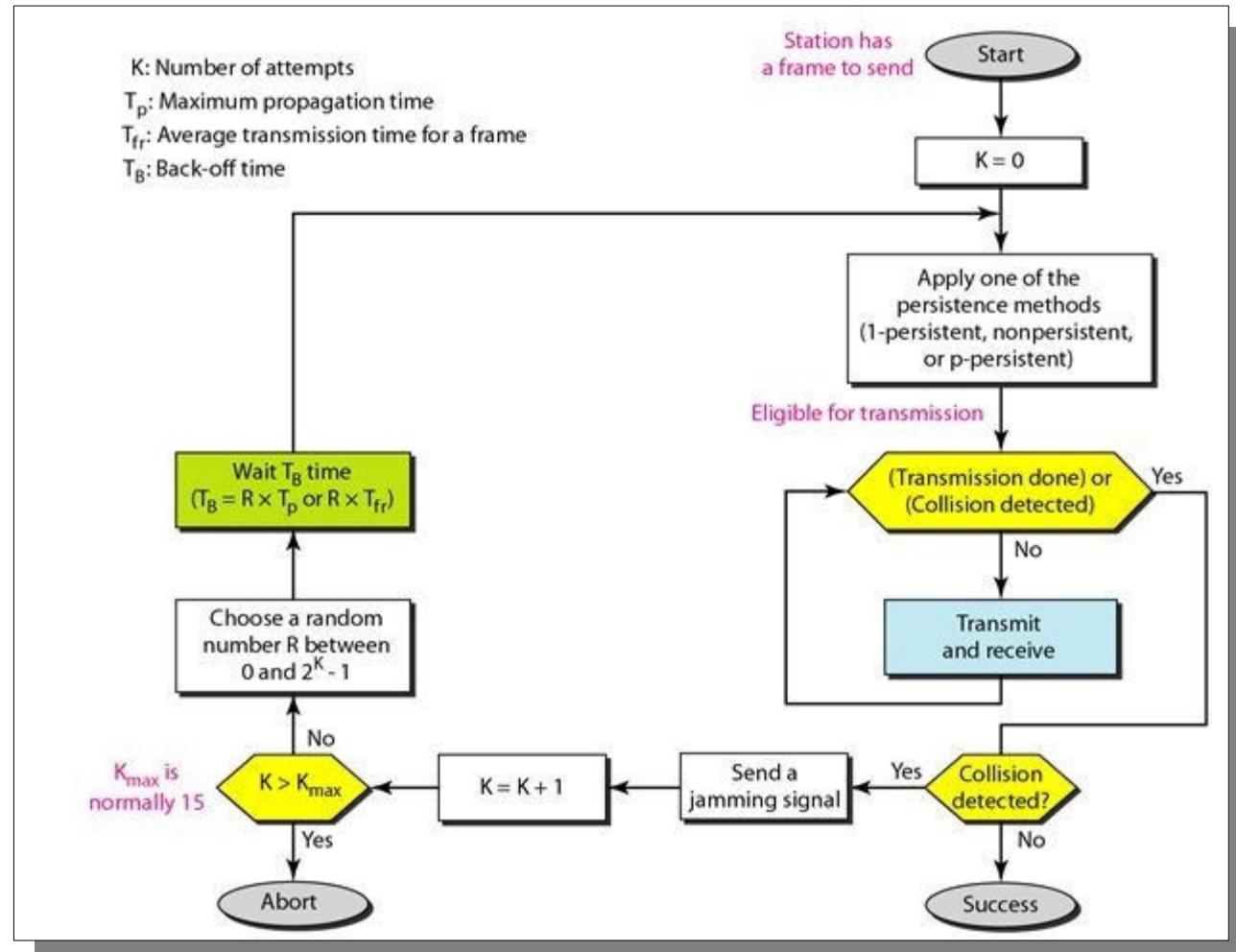
Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)



- Il risultato è una **collisione**: entrambe le stazioni inviano il pacchetto, che si corrompe e viene cancellato.
- Ethernet implementa **Carrier Sense Multiple Action con Collision Detection (CSMA/CD)**: le collisioni vengono intercettate e si attiva un processo di ritrasmissione ritardata (**backoff**): nell'algoritmo che calcola il tempo di attesa compare il MAC address che è un dato univoco.
- Questo problema si può solo ovviare operando una **divisione del dominio di collisione** inserendo al posto di un Hub uno **Switch**.

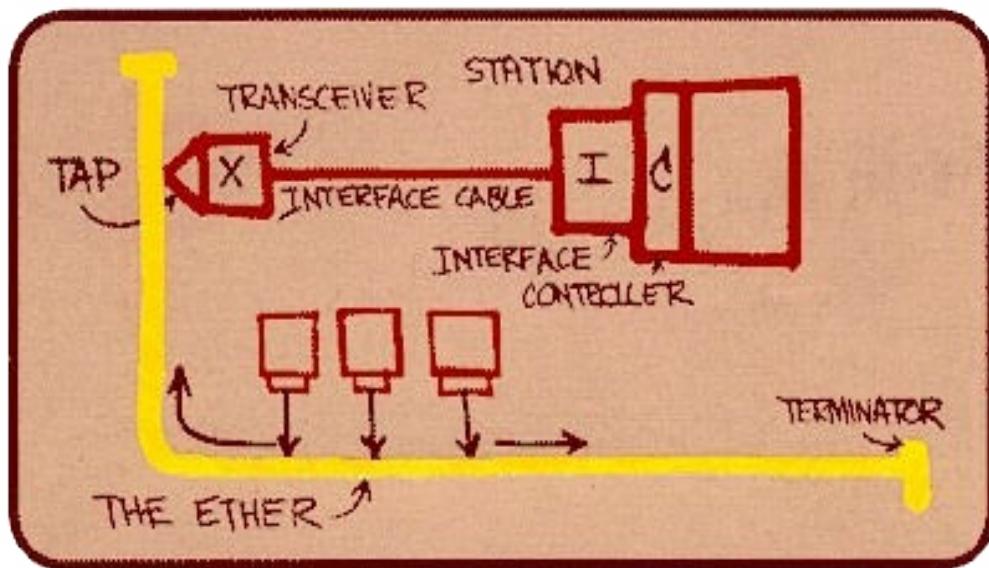
Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)

Diagramma
di flusso per
CSMA/CD



La rete Ethernet

- La rete Ethernet è stata disegnata per una topologia a bus, utilizza il metodo di accesso CSMA/CD
- Rappresenta lo standard *de-facto* descritto nelle caratteristiche essenziali dallo standard *de jure* IEEE 802.3 (non esiste compatibilità però tra i due standard)
- E' stata inventata da Bob Metcalfe presso Xerox Corp.



Schema di rete
Ethernet
fatto da **Bob Metcalfe**

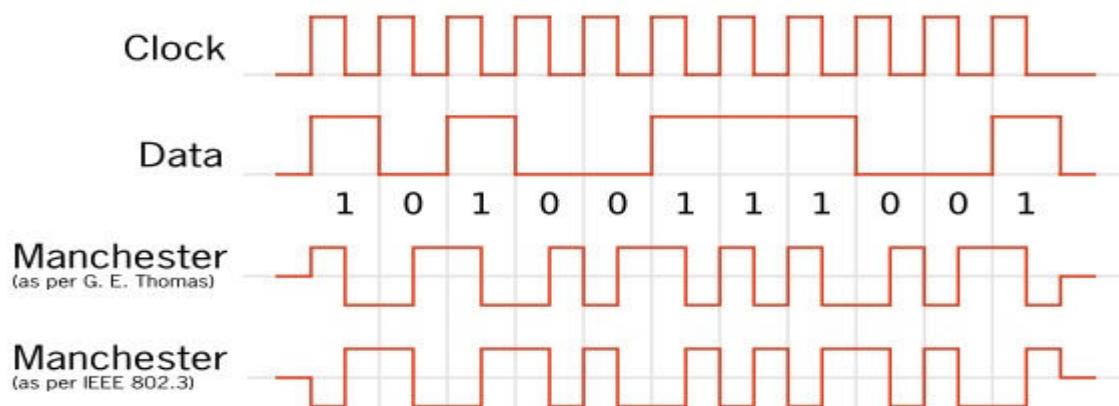
L'interfaccia Ethernet

- si occupa delle seguenti funzioni:
 - encapsulamento e decapsulamento dei dati
 - link management
 - codifica e decodifica Manchester dei bit



L'interfaccia Ethernet

- codifica e decodifica Manchester dei bit: per trasmettere un segnale di clock insieme ai dati: **trasmette il clock inalterato se il digit è 0, invertito se il digit è 1**
- la codifica Manchester garantisce una transizione del segnale elettrico in ogni bit trasmesso. Ciò permette ad appositi circuiti del ricevitore di agganciare in fase il loro clock a quello del trasmettitore durante la ricezione del preambolo e quindi di ricevere il pacchetto con la giusta temporizzazione



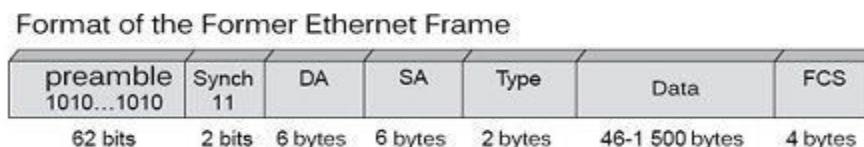
Esempio di codifica
Manchester

Lo standard Ethernet

- Lo standard Ethernet, identifica una rete locale operante con metodo di accesso CSMA/CD su bus costituito nella sua originale implementazione da un cavo coassiale
- Nelle moderne reti Ethernet, il bus è implementato logicamente dagli apparati attivi di rete (Hub, switch)
- I due standard non presentano differenze a livello fisico, pertanto gli apparati possono interoperare

Lo standard Ethernet

- La differenza è nel formato della trama
- Nello standard Ethernet è il livello applicativo che genera il messaggio che si deve preoccupare di assicurare una lunghezza di almeno 46 byte
- Una differenza fondamentale è rappresentata dal campo *tipo* che viene utilizzato per indicare il tipo di protocollo di trasporto utilizzato dai livelli superiori



DA Receiver Address

FCS (Frame Check Sequence)

LLC (Logical Link Control)

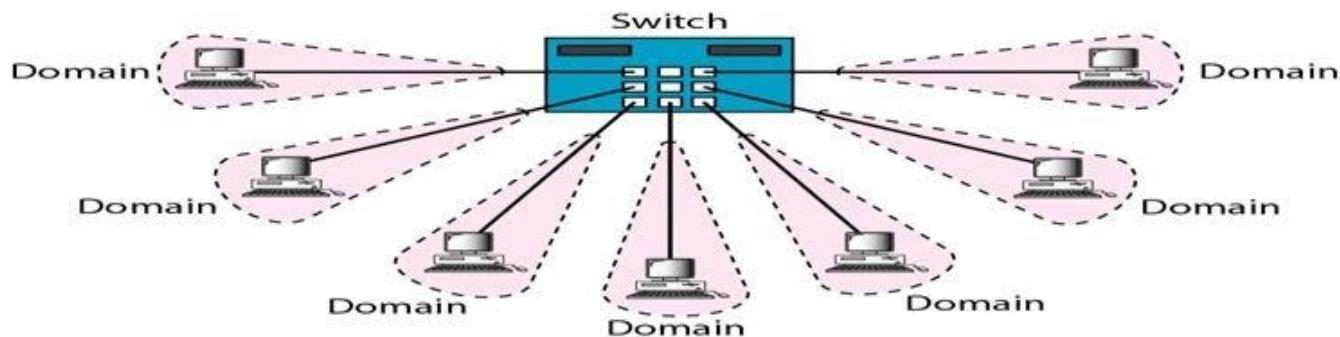
SA Sender Address

SFD (Synchronous Frame Delimitation)

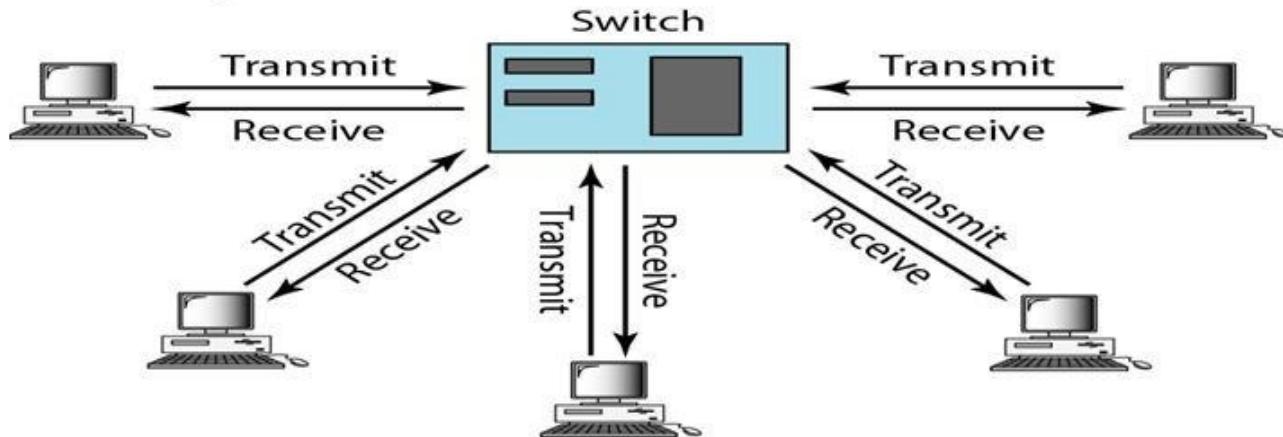
Synch (Synchronization)

Format of the two types of Ethernet Frames

Switched LAN



Full-Duplex Switched Ethernet



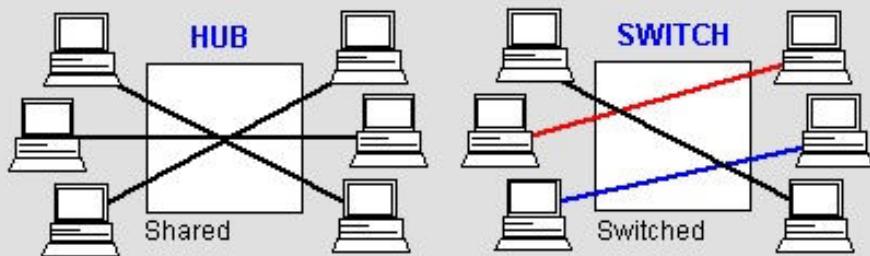
Switched LAN

- Le Switched LAN rappresentano la migliore soluzione per aumentare le prestazioni di una rete Ethernet poiché suddividono il dominio di collisione della rete stessa.
- Si basano sull'uso di apparati (**Switch**) che effettuano una copia “meditata” dei dati trasmessi dai vari host. Viene mantenuto in un buffer locale l'elenco degli indirizzi MAC degli host connessi alla rete suddiviso per porta dello switch. Un pacchetto verrà copiato dalla porta sorgente solo sulla porta alla quale è collegato l'host di destinazione.
- Il loro utilizzo è trasparente all'utente

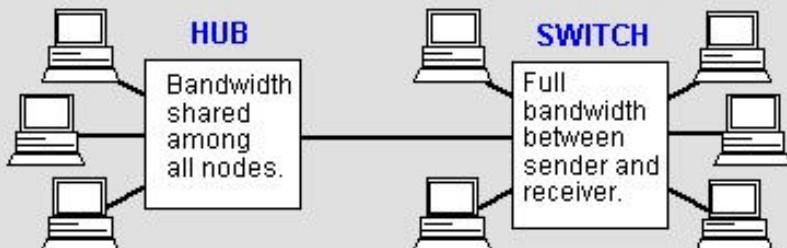


Switched LAN

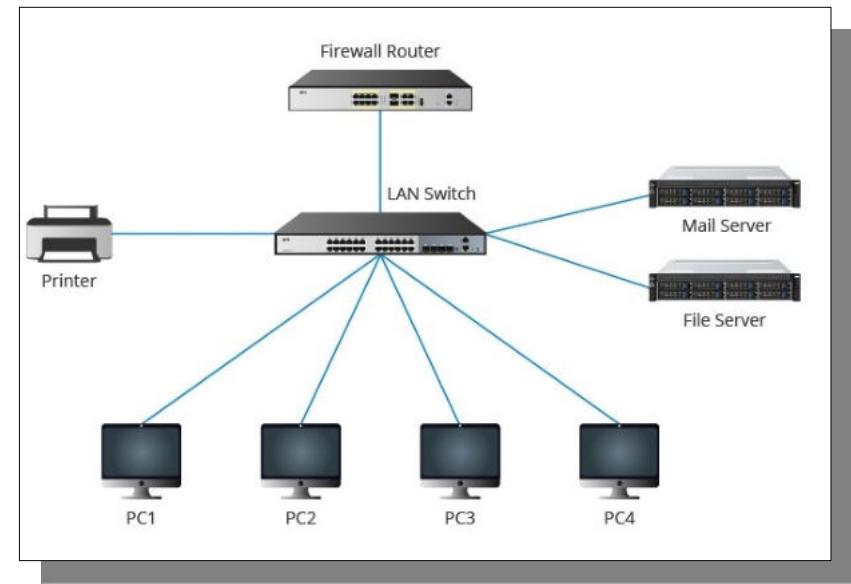
HUBS AND SWITCHES



A hub shares its bandwidth among all transmitting nodes. A switch provides a dedicated path between each sender-receiver pair at full wire speed. For example, a 16-port switch has a backplane that supports eight sender-receiver sessions.



Hubs have been used in combination with switches, especially when switches were considerably more costly than hubs.

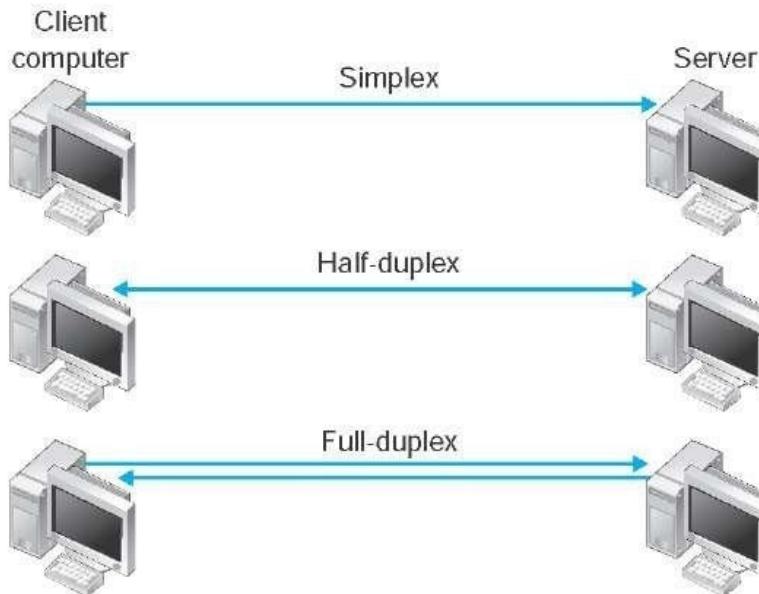


Switched LAN

- I principali problemi del metodo di acceso CSMA/CD sono risolti definitivamente in quanto le collisioni vengono minimizzate.
- E' una tecnologia con bassi costi implementativi
- L'utente può utilizzare tecnologie miste (10-100-1000baseT) ottenendo una **manutenzione facilitata e ad alta flessibilità.**
- La migrazione a una switched LAN comporta semplicemente la sostituzione degli apparati attivi, lasciando inalterato il cablaggio (se di tipo 10baseT).



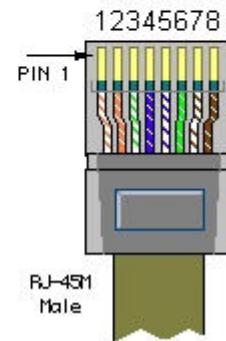
Switched LAN



Crossover Cable	
RJ-45 PIN	RJ-45 PIN
1 Rx+	3 Tx+
2 Rx-	6 Tx-
3 Tx+	1 Rx+
6 Tx-	2 Rx-

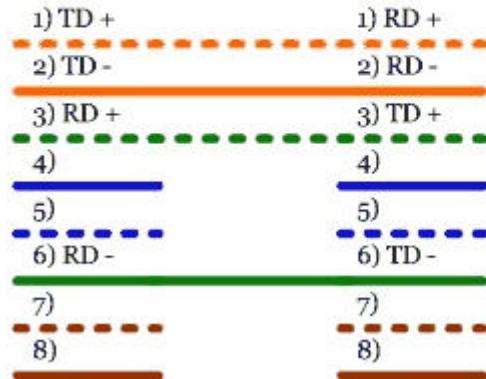
1-orange/white
2-orange
3-green/white
4-blue
5-blue/white
6-green
7-brown/white
8-brown

Straight Through Cable	
RJ-45 PIN	RJ-45 PIN
1 Tx+	1 Rx+
2 Tx-	2 Rx-
3 Rx+	3 Tx+
6 Rx-	6 Tx-



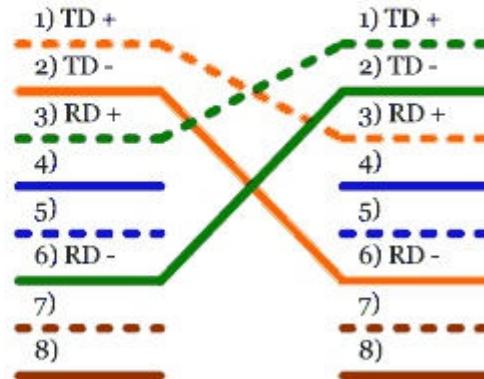
Straight through Cable

EIA/TIA 568B



EIA/TIA 568B

EIA/TIA 568B



EIA/TIA 568A

10/100/1000BaseT

- Le varianti a 100Mbps (**FastEthernet**) e 1Gbps (**GigabitEthernet**) della specifica Ethernet di base hanno le stesse caratteristiche fondamentali dello standard 10baseT.
- Cambia la frequenza del segnale che è:
 - 100MHz per FastEthernet
 - 1GHz per GigabitEthernet
 - 10GHz per 10Gigabit Ethernet
- Ciò rende integrabili le diverse tecnologie con costi bassissimi, ottenendo una maggiore flessibilità nella configurazione e nella gestione degli apparati di rete.



1 Gb

- Lo standard Gigabit Ethernet, noto come **1000BaseT**, **GbE** o **1 GigE**, è definito dallo standard IEEE 802.3-2008 e fornisce velocità trasmissive 10 volte superiori allo standard 100BaseT Ethernet.
- Il **Gigabit Ethernet** è l'attuale standard industriale Ethernet per workstations, access point e switch.
- I principali standard Gigabit Ethernet sono **1000BaseT** (cavo in rame UTP) e **1000BaseX** (fibra ottica)
- **1000BaseT** usa cavi cat. 5E, 6 e 7 di distanza max 100m
- **1000BaseX** esiste in due implementazioni: **1000BaseSX**, che usa fibra multimodale, distanza massima 300m e **1000BASE-LX**, fibra monomodale, distanza max 5Km.



Switch Ethernet

Gigabit Ethernet Technology

Name	Cable	Max. segment	Advantages
1000Base-SX	Fiber optics	550 m	Multimode fiber (50, 62.5 microns)
1000Base-LX	Fiber optics	5000 m	Single (10 μ) or multimode (50, 62.5 μ)
1000Base-CX	2 Pairs of STP	25 m	Shielded twisted pair
1000Base-T	4 Pairs of UTP	100 m	Standard category 5 UTP

1000 BASE SX *fiber - short wavelength*

1000 BASE LX *fiber - long wavelength*

1000 BASE CX *copper - shielded twisted pair*

1000 BASE T *copper - unshielded twisted pair*

Name	Wavelength	Frequency (Hz)	Photon energy (eV)
Gamma ray	less than 0.01 nm	more than 30 EHz	more than 124 keV
X-ray	0.01 nm – 10 nm	30 PHz – 30 EHz	124 keV – 124 eV
Ultraviolet	10 nm – 400 nm	750 THz – 30 PHz	124 eV – 3.3 eV
Visible	400 nm – 700 nm	430 THz – 750 THz	3.3 eV – 1.7 eV
Infrared	700 nm – 1 mm	300 GHz – 430 THz	1.7 eV – 1.24 meV
Microwave	1 mm – 1 meter	300 MHz – 300 GHz	1.24 meV – 1.24 μeV
Radio	1 meter and more	300 MHz and below	1.24 μeV and below



10Gigabit Ethernet: IEEE802.3ae e IEEE802.3ak

- Lo standard IEEE802.3ae implementa 10Gbit
-  ha effettuato la prima demo di una rete 10Gbit Ethernet su rame usando cavi cat.6
(http://www.keyeye.net/ke_active_web_site/tech/technology.html)
- Lo standard IEEE802.3ak (10000baseCX4)
- Sono stati prodotti apparati attivi 10000baseCX4 (lunghezza dei cavi 15m estensibili a 25m)
- E' una soluzione di estrema importanza per realizzare dorsali alle quali siano connesse reti a 1Gbit

Switch Ethernet

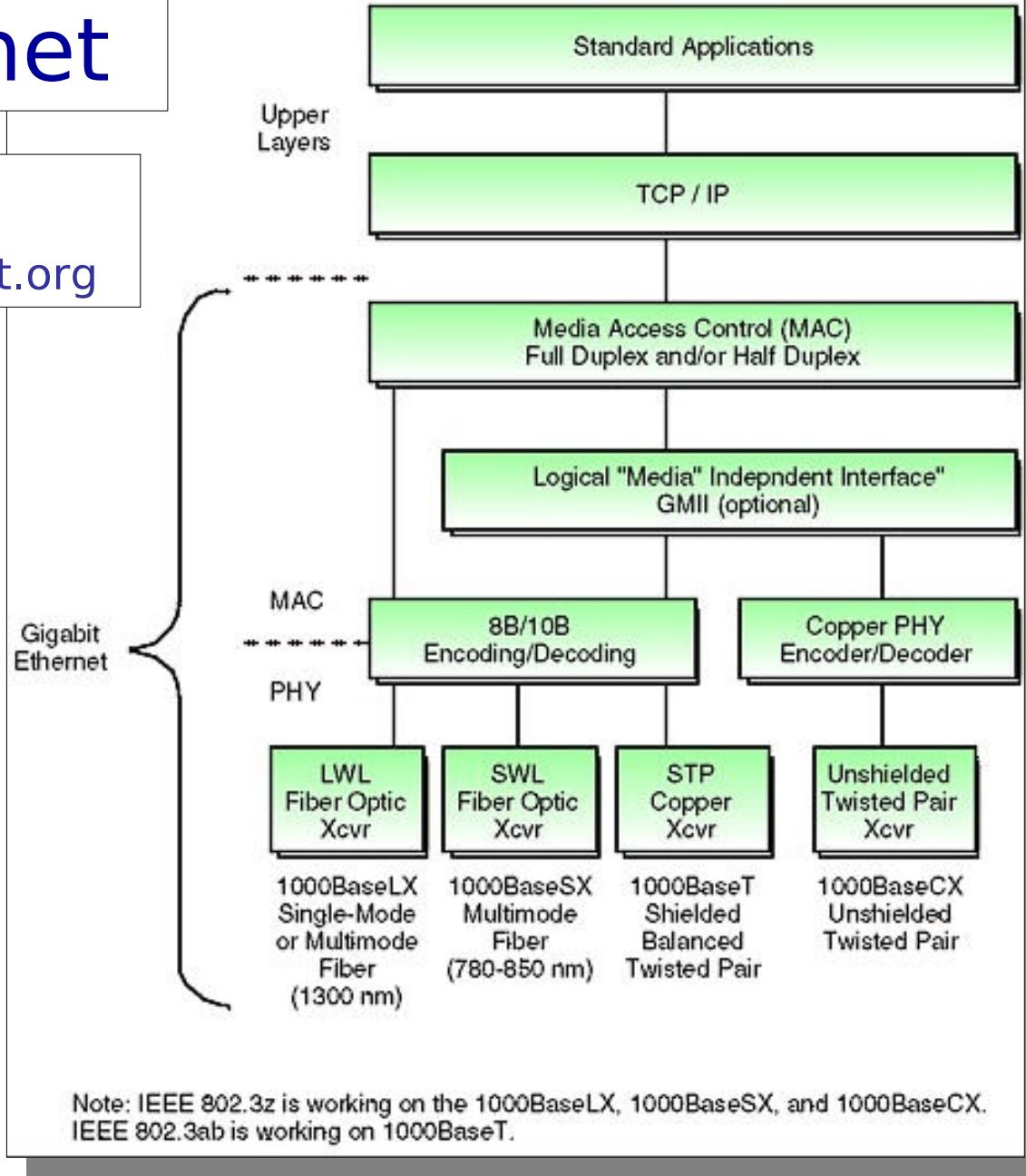
- Una LAN può implementata con i seguenti apparati switch:
 - 10baseT Switch ([IEEE802.3](#)): ogni porta implementa un Dominio di Collisione separato
 - 100baseT Switch ([IEEE802.3u](#)): ogni porta implementa un segmento di rete FastEthernet usando un cavo Unshielded twisted Pair (UTP)
 - 1000baseCX Switch ([IEEE802.3z](#), [IEEE802.3ab](#)): ogni porta implementa un segmento di rete Gigabit Ethernet usando un cavo in rame Shilded Twisted Pair (STP)
 - 1GbaseCX4 Switch([IEEE802.3ae](#), [IEEE802.3ah](#)): ogni porta implementa un segmento di rete 10 Gigabit Ethernet usando un cavo in rame Shilded Twisted Pair (STP)



Gigabit Ethernet

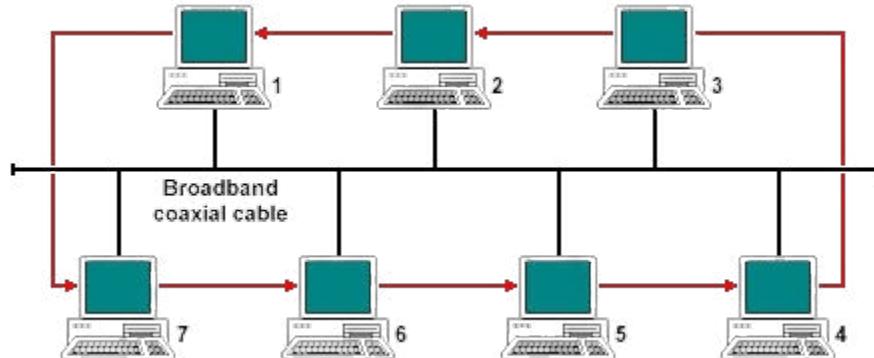
See as reference:

<http://www.gigabit-ethernet.org>



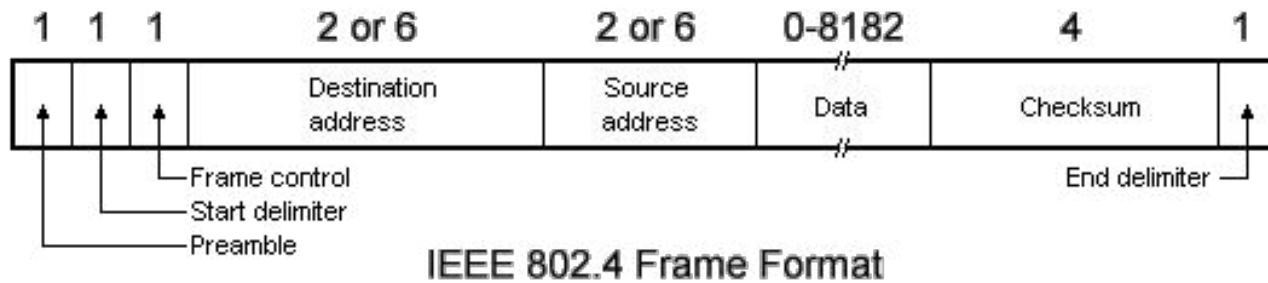
Lo standard IEEE 802.4 Token Bus

- Nel gruppo di lavoro 802.4 ci si è proposto l'obiettivo di coordinare il lavoro di standardizzazione di IEEE ed ISO per una rete a bus con modalità trasmissiva broadband
- Lo standard è basato sul **Manufacturing Automation Protocol (MAP)** versione 3
- Non ha avuto particolare fortuna a causa dei costi implementativi e per la fortuna delle reti in banda base facenti uso di repeater e fibra ottica



Lo standard IEEE 802.4 Token Bus

- I bridge MAC hanno consentito di risolvere il problema del traffico sulla rete consentendo di realizzare la divisione fisica della rete
- Per la tecnologia broadband sono disponibili pochi prodotti hardware e software, la qual cosa ingenera degli elevati costi
- C'è scarso interesse applicativo su questa tecnologia
- Può riservare un interesse futuro come tecnologia da affiancare all'uso di fibre ottiche



Lo standard IEEE 802.4 Token Bus

■ Preambolo

Viene utilizzato per la sincronizzazione dei bit. È un campo di 1 byte.

■ Delimitatore di inizio

Questi bit segnano l'inizio del frame. È un campo di 1 byte.

■ Frame Control

Questo campo specifica il tipo di frame: frame di dati e frame di controllo. È un campo a 1 byte.

■ Indirizzo di destinazione

Questo campo contiene l'indirizzo di destinazione. È un campo da 2 a 6 byte.

■ Indirizzo di origine

Questo campo contiene l'indirizzo di origine. È un campo da 2 a 6 byte.

Lo standard IEEE 802.4 Token Bus

■ Dati

Se si utilizzano indirizzi a 2 byte, il campo può contenere fino a 8182 byte; 8174 byte nel caso di indirizzi a 6 byte.

■ Checksum

Questo campo contiene i bit di checksum utilizzati per rilevare gli errori nei dati trasmessi. È un campo di 4 byte.

■ Delimitatore di fine

Questo campo segna la fine di un frame. È un campo di 1 byte.

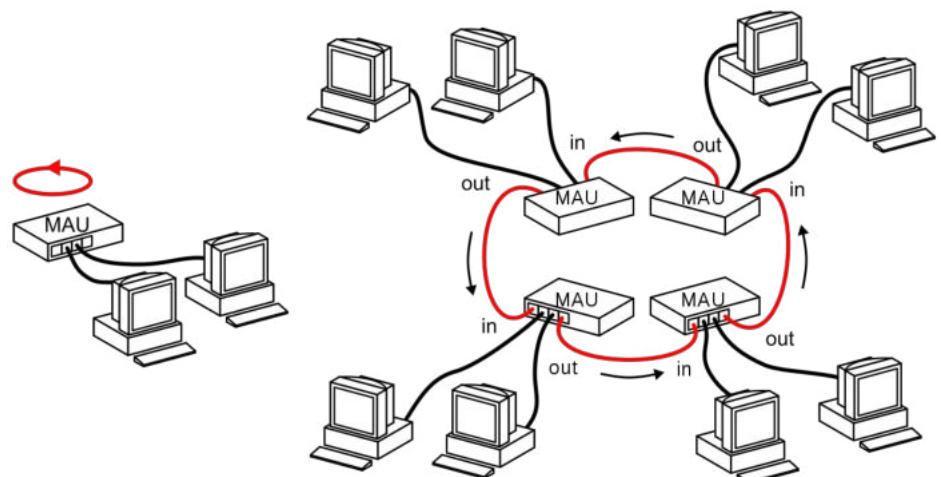


Lo standard IEEE 802.5 Token Ring

- Diversi standard:
 - IEEE 802.5
 - ECMA
 - IBM
- Esistono diverse implementazioni che prevedono l'uso del doppino schermato (IBM) e non, l'uso di fibre ottiche.
- Descrive una modalità trasmissiva a **token** in cui la connessione delle stazioni avviene con dei collegamenti punto-punto tra le stazioni, formando un anello chiuso
- Presso ogni nodo della tratta punto punto viene rigenerato il segnale elettrico ed esaminato il contenuto della trama

Lo standard IEEE 802.5 Token Ring

- Per evitare che una connessione guasta blocchi la rete, la interconnessione delle stazioni avviene mediante un *Medium Access Unit* (MAU)
- IBM ha introdotto da poco una nuova versione di protocollo denominata *early token passing* per ottimizzare l'uso della banda disponibile in anelli particolarmente grandi e con un carico di esercizio costituito da pacchetti piccoli.

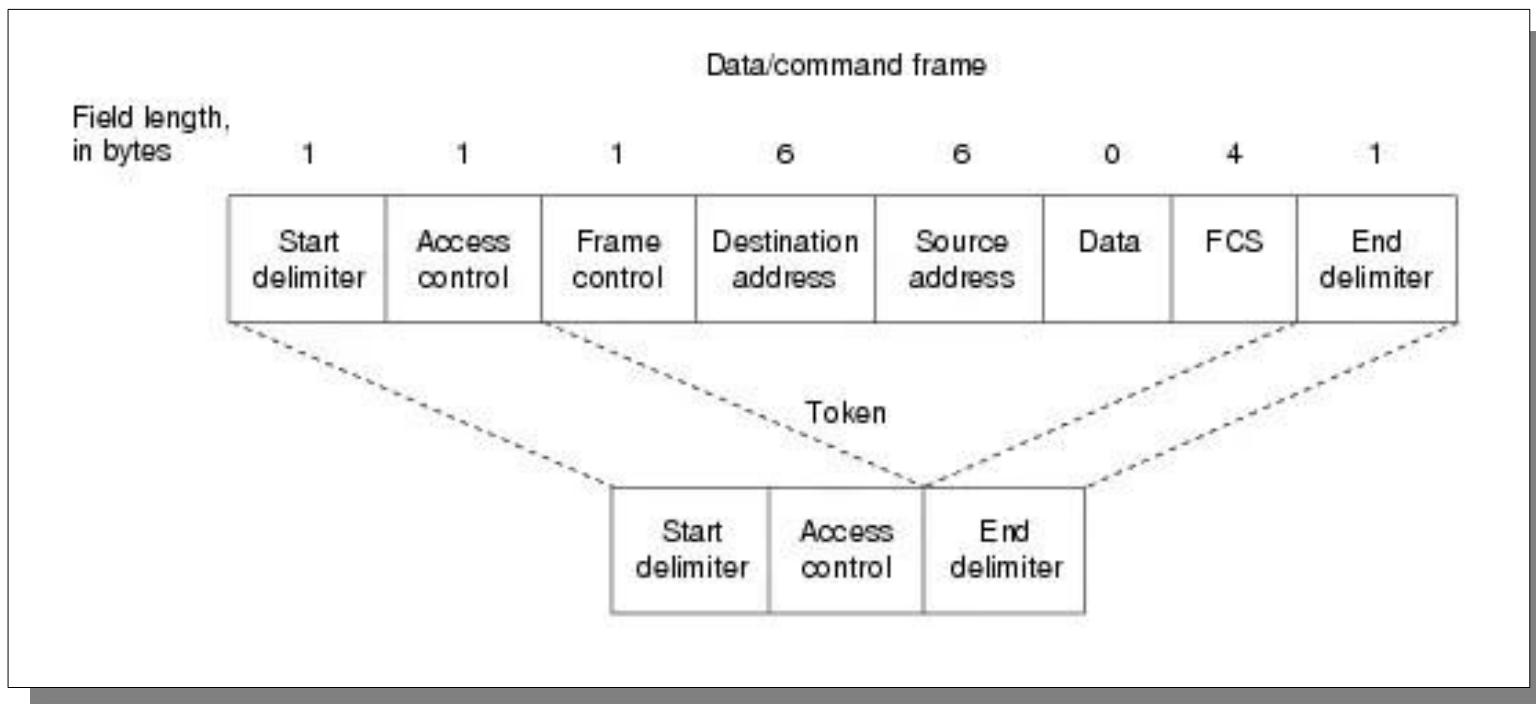


Lo standard IEEE 802.5 Token Ring

- La sequenza di bit del token circola sull'anello.
- Ogni stazione inoltra il token se non ha un frame da trasmettere.
- Una stazione con dati da inviare prende il token (il ripetitore è ora in stato di trasmissione) e inizia a inviare il suo frame.
- Può trasmettere per un periodo di tempo chiamato **Token Hold Time (THT)** = 10 ms.
- Ogni stazione inoltra il frame.
- La stazione di destinazione nota il suo indirizzo e salva una copia del frame mentre lo inoltra.
- Quando il mittente vede tornare il suo frame, lo scarica dall'anello e reinserisce un token.
- Quando l'ultimo bit del frame di ritorno è stato svuotato, il ripetitore passa immediatamente allo stato di ascolto.

Lo standard IEEE 802.5 Token Ring

■ Trama



Lo standard IEEE 802.5 Token Ring

- **Delimitatore di inizio** (1 byte): ha la stessa funzione di base del preambolo in un frame Ethernet.
- **Controllo di accesso** (1 byte): contiene il bit di token, il bit di monitoraggio e i bit di priorità.
- **Frame Control** (1 byte): contiene informazioni sul controllo di accesso.
- **Indirizzo di destinazione** (6 byte)
- **Indirizzo sorgente** (6 byte)
- **Dati** (nessun limite di dimensione specificato): sono i dati effettivamente inviati. Dato che il THT = 10 msecndi, il limite pratico di dimensione del frame è di 4500 byte.
- **Sequenza di controllo del frame** (4 byte): bit di controllo degli errori CRC
- **Delimitatore di fine** (1 byte): indica la fine del frame.
- **Frame Status Field** (1 byte): serve come ACK e indica se l'indirizzo è stato riconosciuto e il frame copiato dal computer ricevente prima di essere rimandato indietro sull'anello.



Lo standard IEEE 802.6 Metropolitan Area Network

- Lo standard **IEEE 802.6C** stato rilasciato dall'IEEE (inizio progetto 1982, pubblicato nel 1991) ed è il primo che nasce per rispondere a un'esigenza, piuttosto che standardizzare una situazione esistente
- L'esigenza principale è stata quella di estendere i servizi della Local Area Network in un'estensione metropolitana
- Sono stati considerati vari tipi di interconnessione, quali link **via satellite**, **cavo televisivo**, **radio broadcast** ed infine **Distributed Queue Dual Bus (DQDS)** che ne è divenuto lo standard (**IEEE802.6**)
- La MAN di base, definita dallo standard, consiste in **512 nodi**, **160Km**, **150Mbps dual bus network**, ma ciascuno di questi parametri può essere considerevolmente esteso



Lo standard IEEE 802.6 Metropolitan Area Network

- Lo standard può essere usato come rete privata o pubblica, utilizzando come supporto la fibra ottica resa disponibile dalla compagnia telefonica
- Le compagnie telefoniche hanno partecipato attivamente alla definizione del progetto 802.6 MAN e dell'emergente **Switched Multi-megabit Data Service (SMDS)**, oggi largamente superato da **Frame Relay**.

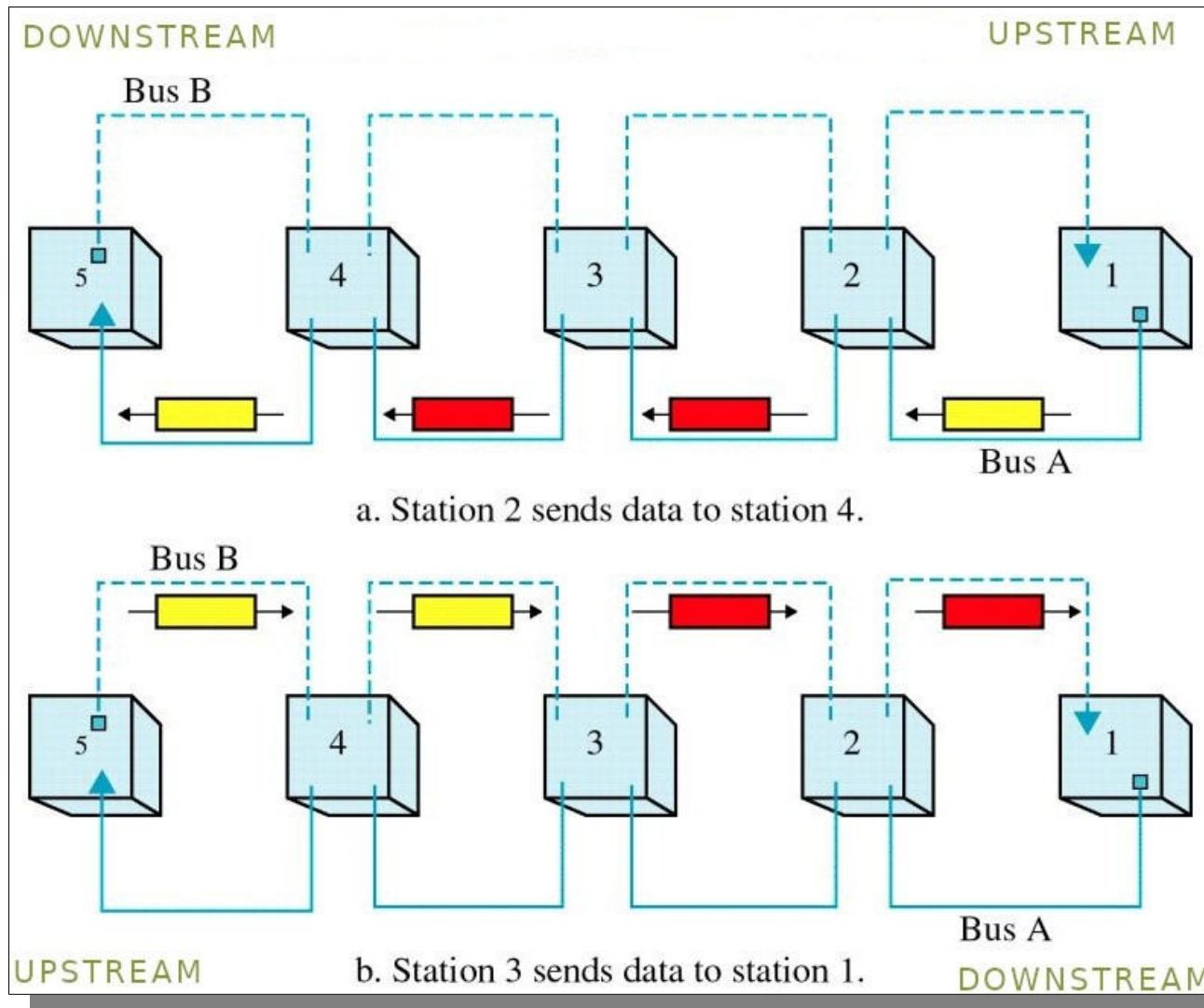
Lo standard IEEE 802.6 - DQDB

Distributed Queue Dual Bus

- Il metodo di accesso si basa su di un algoritmo distribuito di accodamento delle richieste di trasmissione, detto anche coda distribuita.
- La stazione che trasmette accoda la richiesta che verrà servita quando saranno terminate le richieste precedenti
- la coda è unica per tutte le stazioni ed è gestita in modo distribuito.
- Una sottorete DQDB è realizzata mediante due bus seriali che trasmettono dati in direzioni opposte
- Sui due bus i nodi vengono connessi tramite le Access Unit che realizzano il protocollo DQDB

Lo standard IEEE 802.6 - DQDB

Distributed Queue Dual Bus



Lo standard IEEE 802.6 - DQDB

- I nodi che si trovano agli estremi del doppio bus prendono il nome di *head-of-bus*
- Essi sono il punto di generazione del flusso di dati per un bus (*start of data flow*) ed il punto di terminazione di un flusso di dati per l'altro bus (*end of data flow*)
- Una sottorete DQDB può essere configurata con due topologie
 - *Open bus*: si tratta di un doppio bus con le estremità aperte. *In caso di guasto la sottorete si divide in due sottoreti che rimangono isolate*
 - *Looped bus*: si tratta di un doppio bus richiuso ad anello che offre buone caratteristiche di tolleranza ai guasti

Altri standard del gruppo 802

- IEEE 802.9 Integrated Voice & Data LAN
- IEEE 802.10 Interoperable LAN Security
- IEEE 802.11 Wireless Local Area Network



Reti wireless

- Negli anni si è osservato un enorme sviluppo delle tecnologie wireless
- I vantaggi di questa tecnologia sono evidenti:
 - Non serve più effettuare lavori di adeguamenti strutturali per il cablaggio: molto importante in edifici di interesse storico-artistico
 - Favoriscono la mobilità degli utenti, consentendo l'accesso ai servizi di rete ovunque
 - Realizzazione di reti temporanee
 - Servizi di roaming: mantenimento del collegamento anche spostandosi fisicamente

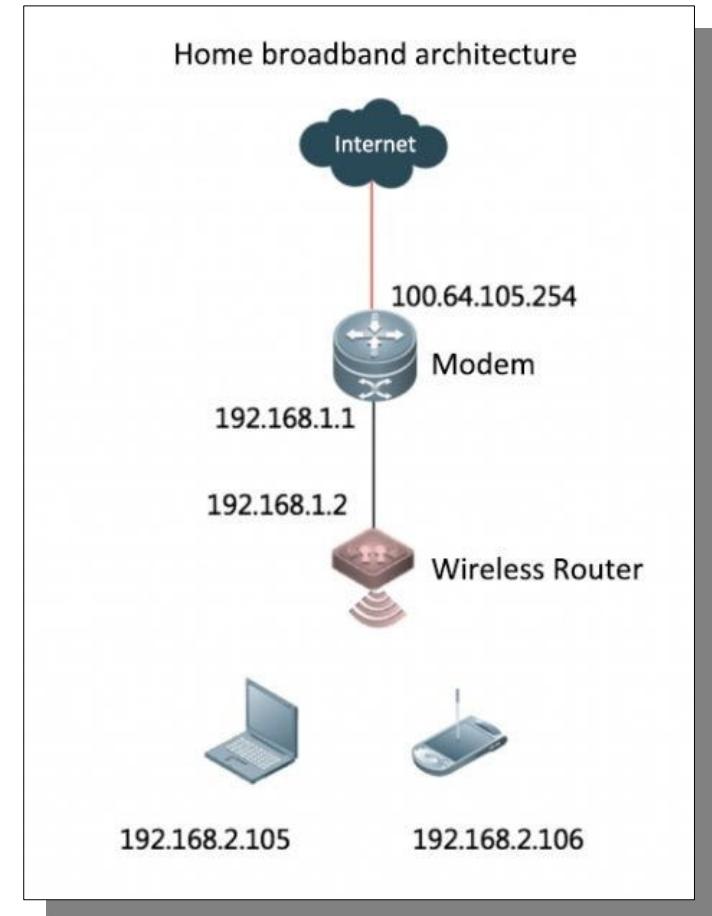
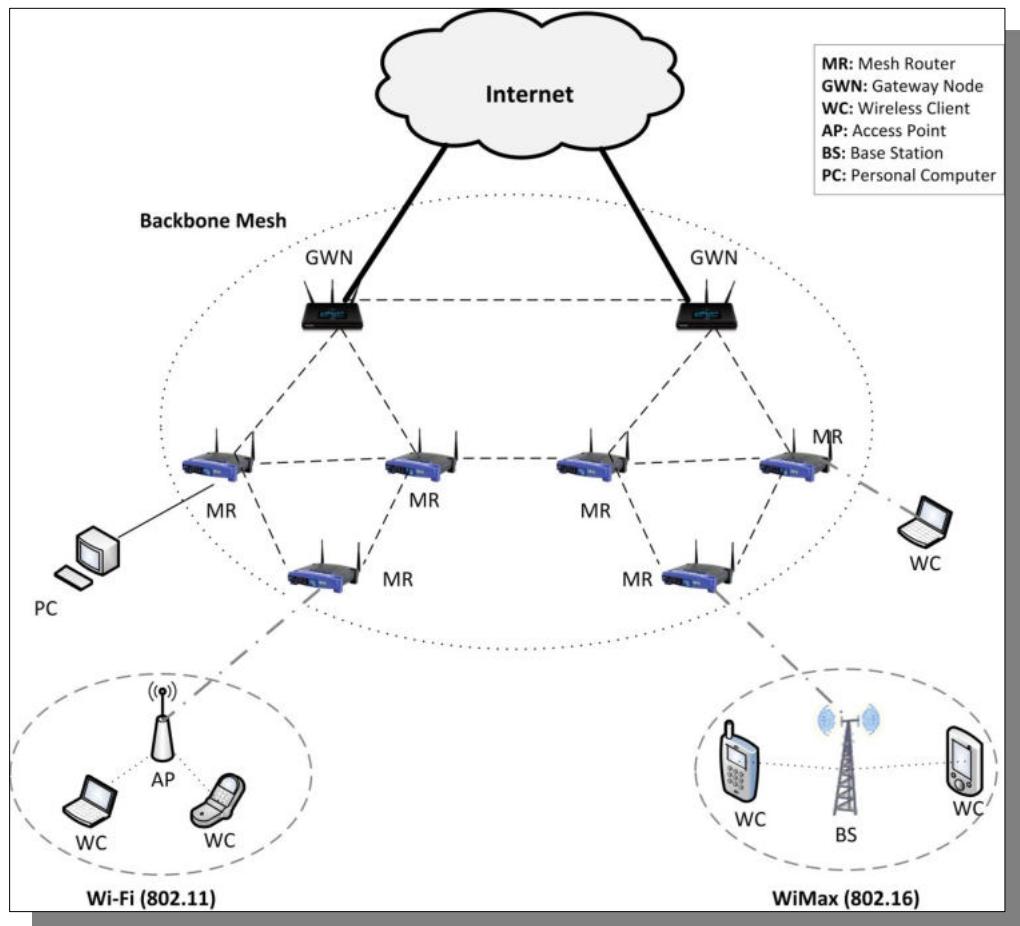


Reti wireless

- Scalabilità
- Gestione immediata di un'utenza variabile
- Estensione di LAN cablate
- La maggioranza dei dispositivi mobili (notebook, PDA, Smartphone) sono in grado di scambiare informazioni in rete wireless
- Possibilità di implementare la sicurezza a livelli molto elevati (certificati X.509).



Reti wireless



Reti wireless: dispositivi

- Access Point (AP)
 - La rete wireless si basa su una serie di Access Point che mediante antenne comunicano con i client e tra loro.
 - Gli AP sono collegati ad uno Switch mediante cavo UTP per ottimizzare le prestazioni
 - A seconda delle caratteristiche dell'AP e dell'ambiente la potenza varia tra 20m e 300m
 - Gli AP devono essere disposti in modo tale da poter coprire uniformemente l'area della Wireless LAN, mediante sovrapposizione (10-15%) con l'AP adiacente.
 - Quando l'utente si sposta può essere mantenuta la connessione passando da un AP all'altro

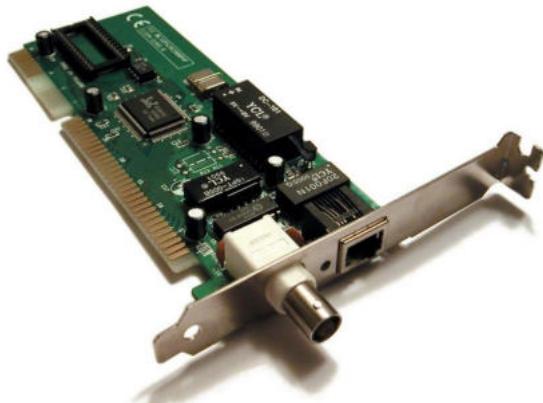


Access Point

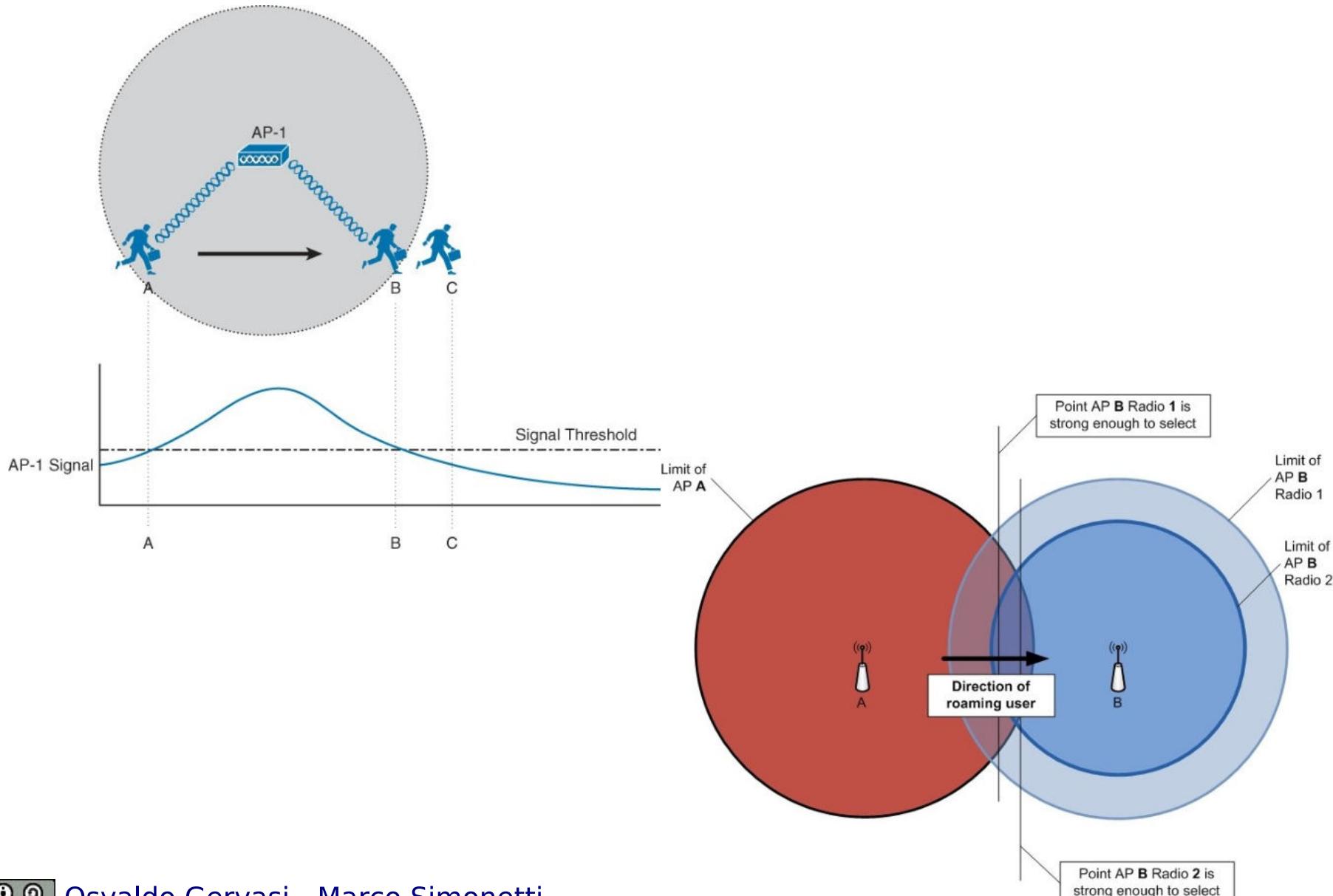
Reti wireless: dispositivi

■ Network Interface Card (NIC)

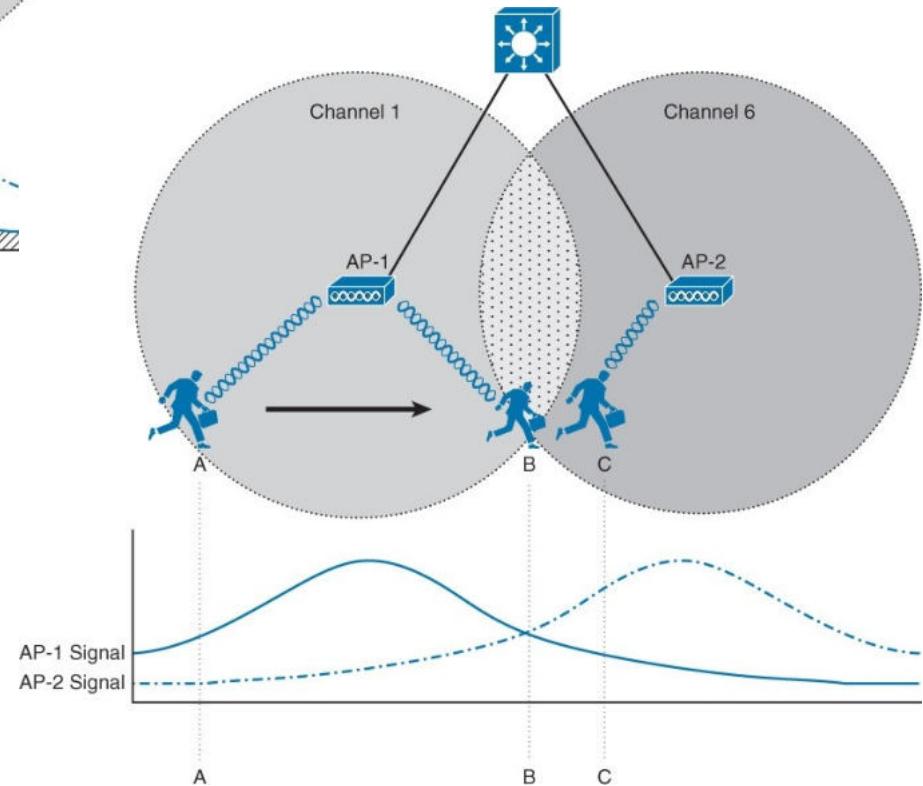
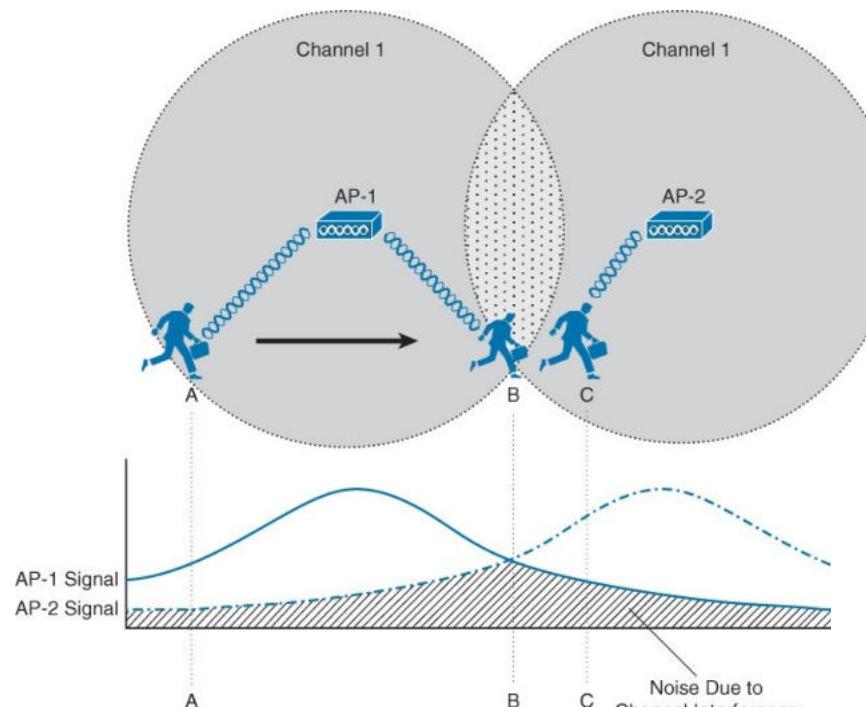
- I client della rete wireless devono essere dotati di specifico dispositivo che sia in grado di trasmettere e ricevere segnali dall'Access Point
- Esistono diversi tipi di NIC, dalle schede PCMCIA ai dispositivi USB.



Sovrapposizione di due celle e roaming

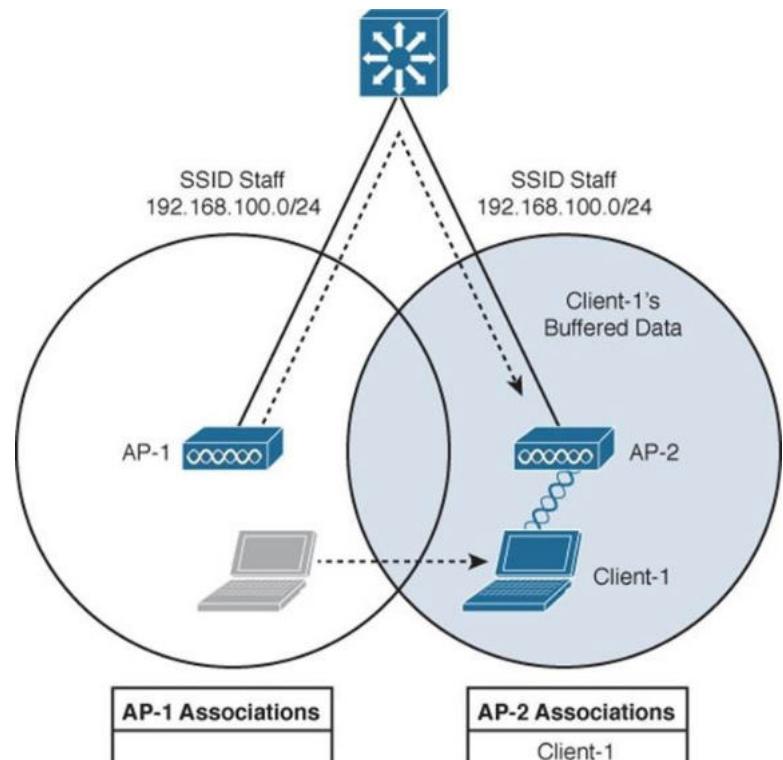
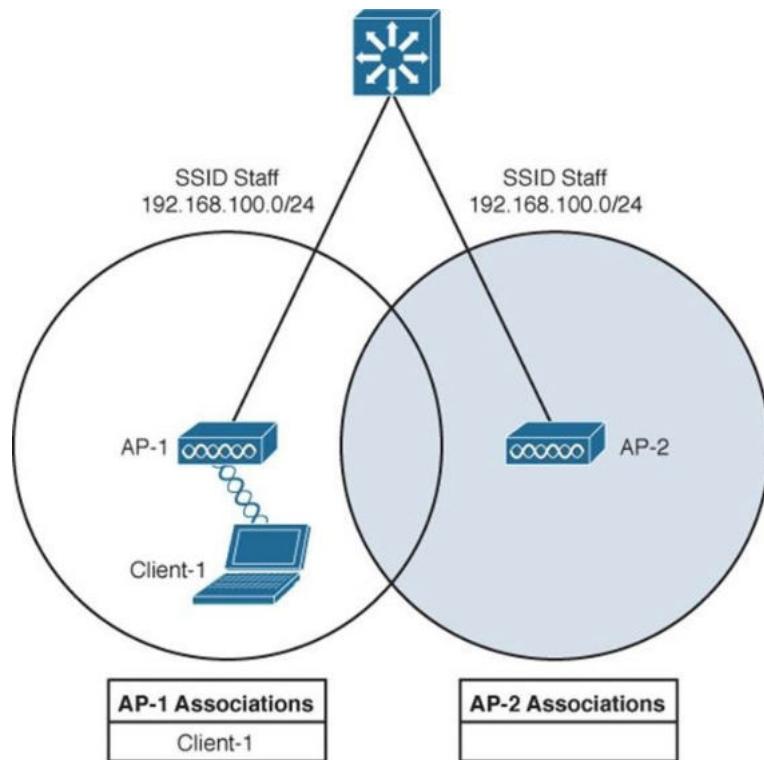


Sovrapposizione di due celle e roaming



Sovrapposizione di due celle e roaming

Se l'AP-1 ha ancora dei frame wireless destinati al client dopo il roaming, li inoltra all'AP-2 attraverso l'infrastruttura cablata, semplicemente perché è lì che risiede l'indirizzo MAC del client.



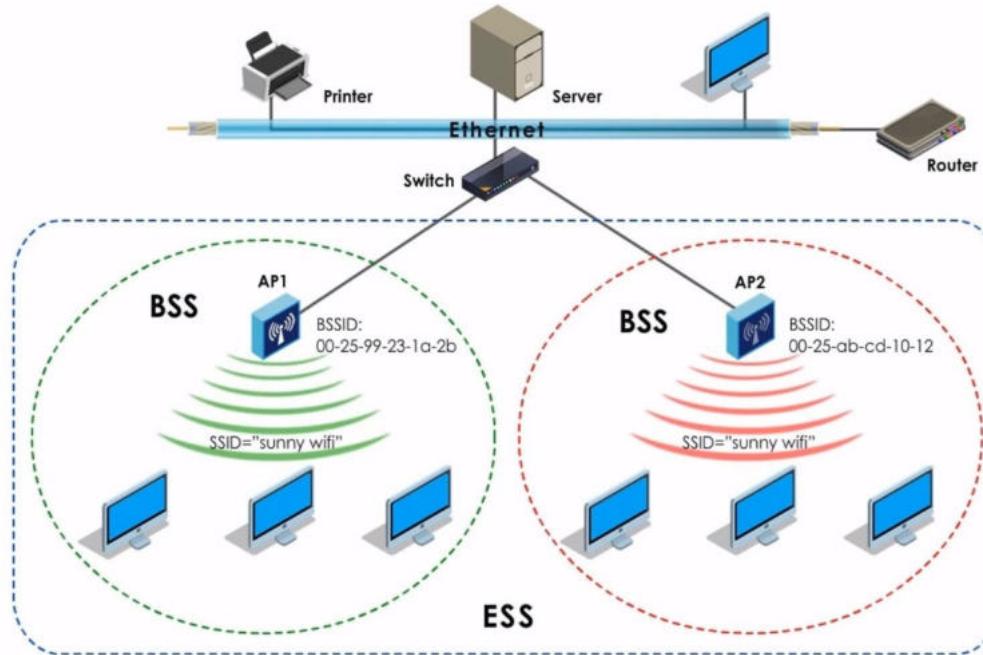
Lo standard IEEE 802.11

- Il gruppo di lavoro dell'IEEE 802.11 si occupa della standardizzazione del sottolivello MAC e fisico delle reti wireless ([Wireless LAN](#), [WLAN](#)).
- E' suddiviso nei sottogruppi
 - LLC
 - MAC
 - PHY
- Un singolo MAC supporta diversi livelli PHY, anche se questi fanno uso di tecnologie diverse.



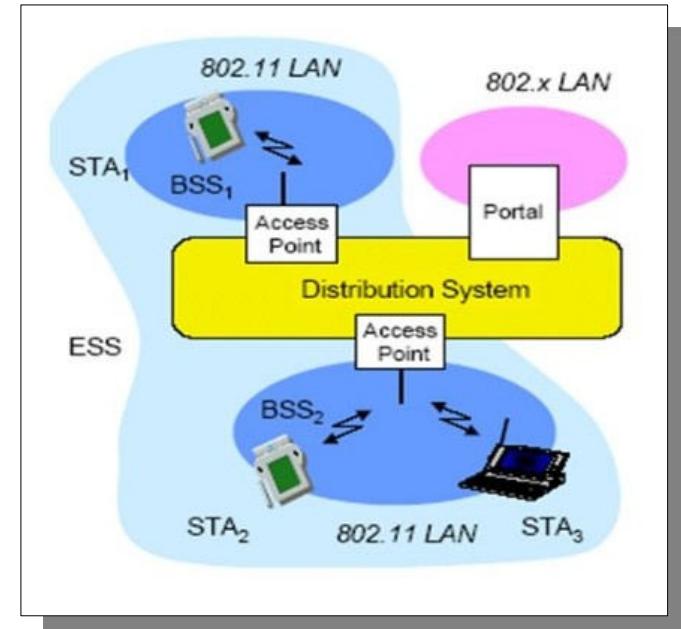
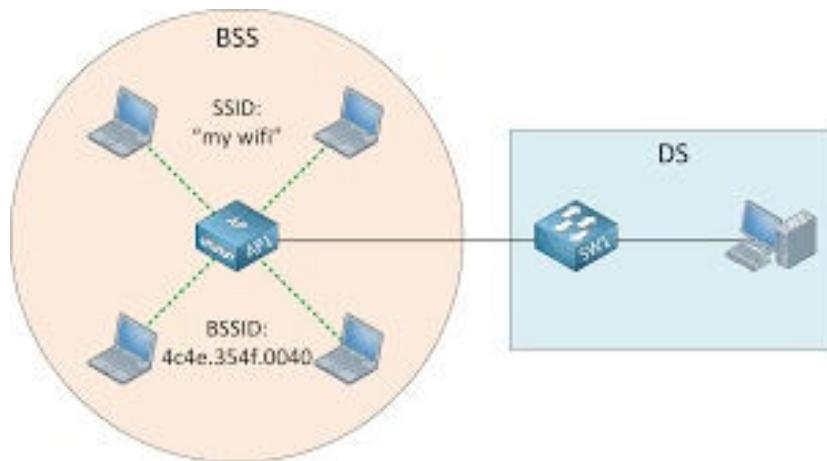
IEEE 802.11

- L'entità fondamentale di una rete wireless è chiamata **Basic Service Set (BSS)**, definita come un insieme di stazioni, fisse o mobili, collocate geograficamente all'interno di una cella che possono stabilire connessioni dirette (Independent BSS) o con l'ausilio di strutture intermedie (Infrastructure Network BSS).



IEEE 802.11

- Nel secondo caso (rete con infrastruttura) è coinvolto un **Access Point** (AP), un dispositivo che fa comunicare le stazioni all'interno di una stessa cella.
- Normalmente una WLAN è costituita da più celle. L'infrastruttura di interconnessione tra i diversi BSS è denominata **Distribution System** (DS), indipendente dall'architettura della rete.



IEEE 802.11

- Il wireless MAC supporta sia servizi connectionless da 1 a 54Mbps, sia servizi di tipo sincrono (per controllo di processi, voce, video)
- Interfacce fisiche:
 - InfraRed PHY lavora in banda base
 - Radiofrequenza DSSS PHY (Direct Sequence Spread Spectrum)
 - Radiofrequenza FHSS PHY (Frequency Hopping Spread Spectrum)
 - Radiofrequenza MWRF PHY (Microwave Radio Frequency- RF WLAN)
- Frequenze:
 - 2,4 GHz - 5 GHz - 18 GHz
- Velocità:
 - Fino a 11 Mbps (IEEE 802.11b)
 - Fino a 54 Mbps (IEEE 802.11g)
- Metodo di Accesso:
 - CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)
 - ✓ Le collisioni vengono evitate invece che evidenziate (IEEE 802.3)

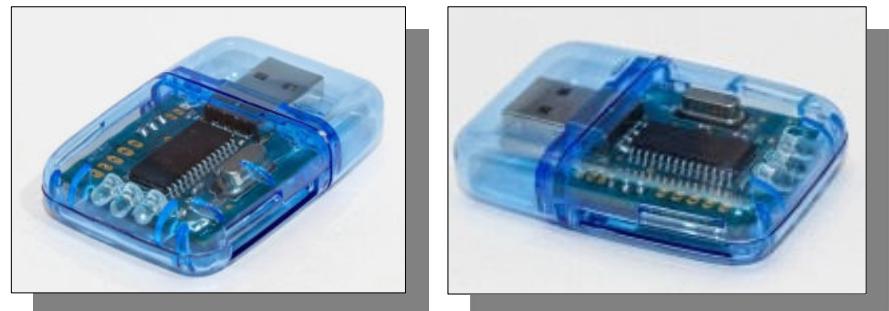


IEEE 802.11

WLAN a infrarossi

Poiché la luce infrarossa non può passare attraverso le pareti, una cella della WLAN a infrarossi è limitata a una singola stanza dell'edificio. Esistono due tipi di WLAN IR: a infrarossi diffusi e a raggi infrarossi diretti. Di seguito sono riportate le caratteristiche della WLAN a infrarossi.

- **Velocità di trasmissione dati** di 1-4 Mbps, mentre la WLAN a infrarossi diretta supporta 1-10 Mbps.
- **Supporto della mobilità**: stazionario e mobile (IR diffuso), stazionario (IR a fascio diretto).
- **Campo di copertura**: 15-60 metri (IR diffuso), 25 metri (IR a fascio diretto)
- **Lunghezza d'onda**: da 800 a 900 nm
- **Tipo di modulazione supportato**: ASK
- **Metodo di accesso**: CSMA (IR diffuso), Token ring e CSMA (IR a fascio diretto)



IEEE 802.11

WLAN a spettro diffuso - SS

Questo tipo di WLAN opera nelle bande ISM e quindi non richiede licenze per il suo funzionamento. Esistono due tipi di WLAN SS: a salto di frequenza e a sequenza diretta. Le caratteristiche della WLAN SS sono le seguenti.

- **Velocità di trasmissione dati:** da 1 a 3 Mbps per il salto di frequenza (FH) e da 2 a 20 Mbps per la sequenza diretta (DS).
- **Mobilità:** il Frequency Hopping supporta la mobilità completa, mentre il DS supporta la modalità stazionaria/mobile.
- **Campo di copertura:** da 30 a 100 metri (FH) e da 30 a 250 (DS).
- **Frequenze supportate:** Da 902 a 928 MHz, da 2,4 a 2,4835 GHz, da 5,725 a 5,85 GHz.
- **Tipo di modulazione:** FSK in FH e QPSK in DS
- **Potenza irradiata dal dispositivo:** inferiore a 1Watt
- **Metodo di accesso:** CSMA



IEEE 802.11

WLAN a spettro diffuso - SS

- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)

La tecnica di spettro diffuso in cui la frequenza portante viene modificata in base al rumore o alla sequenza pseudocasuale iniettata è chiamata tecnica di spettro diffuso a salto di frequenza (FHSS).

La sequenza pseudocasuale è disponibile solo per il trasmettitore e il ricevitore.

Alla ricezione, la sequenza pseudocasuale viene rimossa per recuperare le informazioni originali.

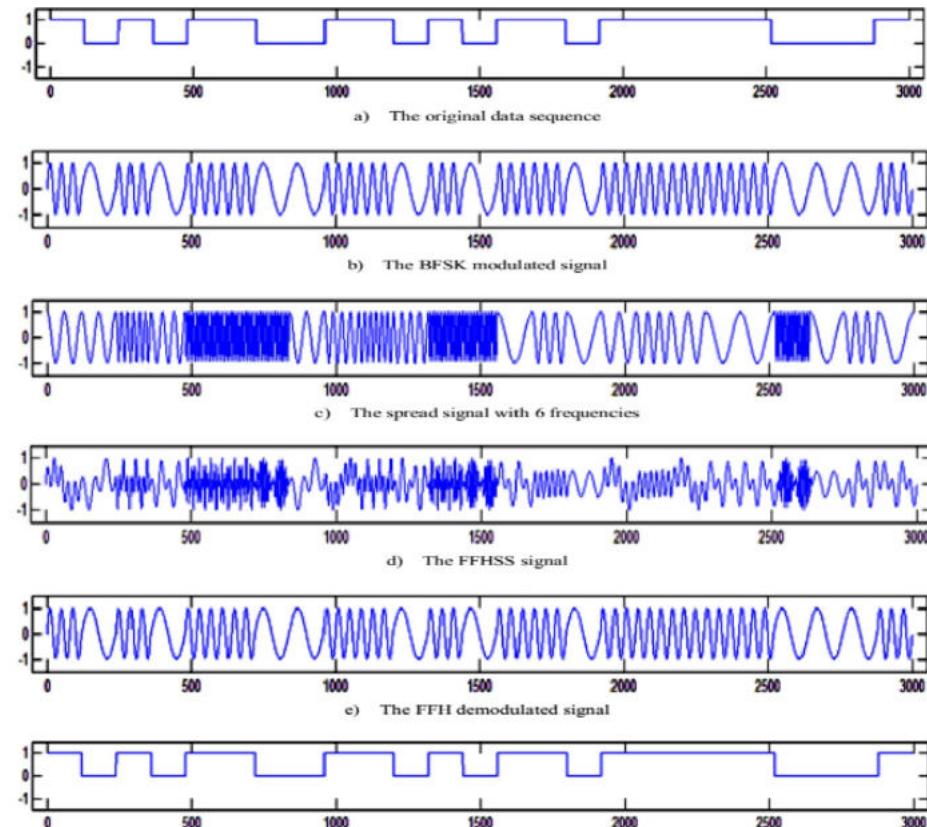
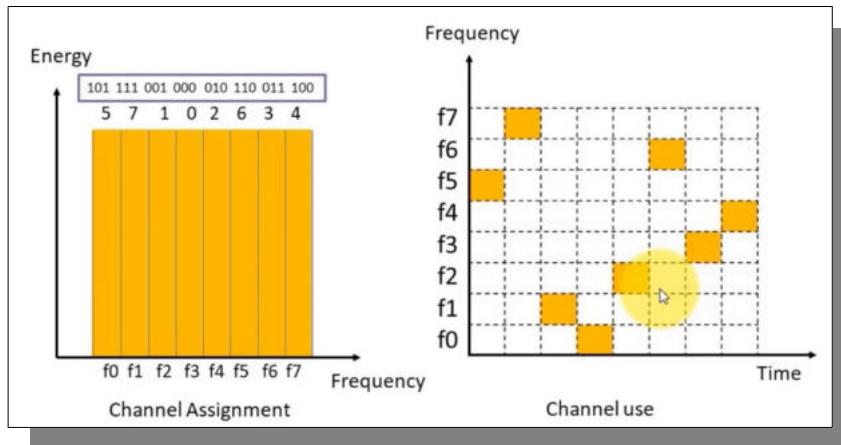
La tecnica FHSS impedisce la perdita di dati e limita il rumore, la diafonia e le interferenze elettromagnetiche, preservando l'integrità del segnale e l'affidabilità delle comunicazioni



IEEE 802.11

WLAN a spettro diffuso - SS

- FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum)



IEEE 802.11

WLAN a spettro diffuso - SS

■ DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Nella tecnica dello spettro diffuso a sequenza diretta (DSSS), il segnale trasmesso viene diviso e iniettato con più frequenze all'interno di una particolare banda di frequenza. I dati originali vengono mescolati con bit di dati o codici ridondanti, chiamati **chip** o **codice di sparpagliamento**.

La tecnica DSSS consente di mantenere una trasmissione sicura del segnale con un elevato rapporto segnale/rumore (SNR) all'estremità di ricezione. Inoltre, la tecnica DSSS consente di recuperare i dati originali anche quando una parte dei dati trasmessi è danneggiata.

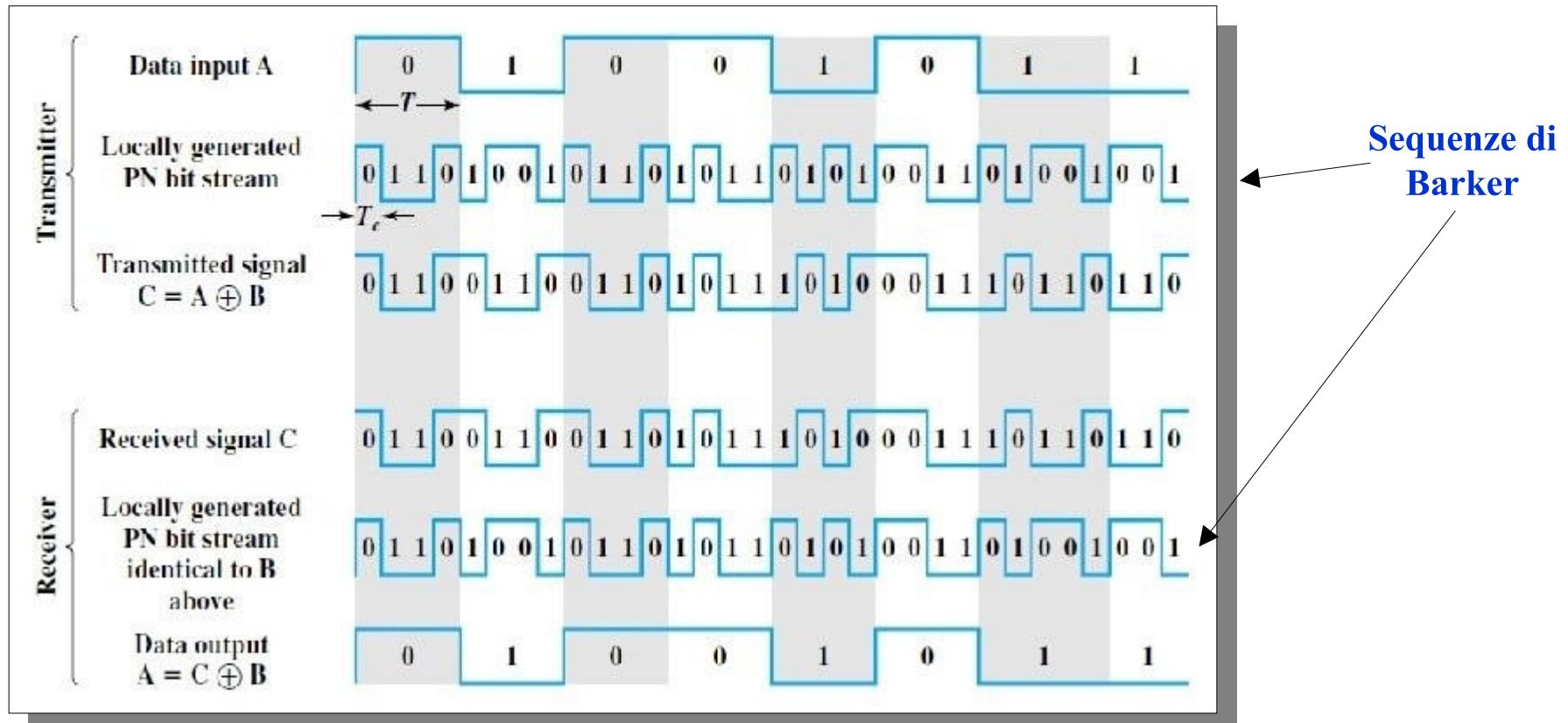
Il metodo di modulazione DSSS ha una velocità di trasmissione superiore a quella del metodo FHSS. Tuttavia, il DSSS è vulnerabile alle interferenze elettromagnetiche e al rumore prodotto dai dispositivi che operano nella stessa banda di frequenza.



IEEE 802.11

WLAN a spettro diffuso - SS

- DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)



IEEE 802.11

WLAN a radiofrequenza a microonde

Questo tipo di LAN senza fili a radiofrequenza opera in bande con e senza licenza. Le caratteristiche della WLAN RF sono le seguenti:

- **Velocità di trasmissione dati:** 10-20 Mbps
- **Mobilità:** supporta sia la modalità fissa che quella mobile
- **Copertura:** 10-40 metri
- **Gamma di frequenze supportate:** 902-928MHz, 5,2-5,775GHz, 18,825-19,205GHz
- **Tipo di modulazione:** FSK/QPSK
- **Potenza tipica irradiata:** circa 25mW
- **Metodo di accesso:** Reservation ALOHA e CSMA



IEEE 802.11

CSMA/CA (**Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance**)

- L'idea di base del CSMA/CA è che la stazione deve essere in grado di ricevere mentre trasmette per rilevare una collisione da parte di stazioni diverse.
- Nelle reti cablate, se si verifica una collisione, l'energia del segnale ricevuto quasi raddoppia e la stazione può percepire la possibilità di una collisione.
- Nel caso delle reti wireless, la maggior parte dell'energia viene utilizzata per la trasmissione e l'energia del segnale ricevuto aumenta solo del 5-10% se si verifica una collisione.
- Non può essere utilizzata dalla stazione per rilevare le collisioni. Per questo motivo CSMA/CA è stato progettato appositamente per le reti wireless.

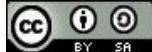


IEEE 802.11

CSMA/CA (**Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance**)

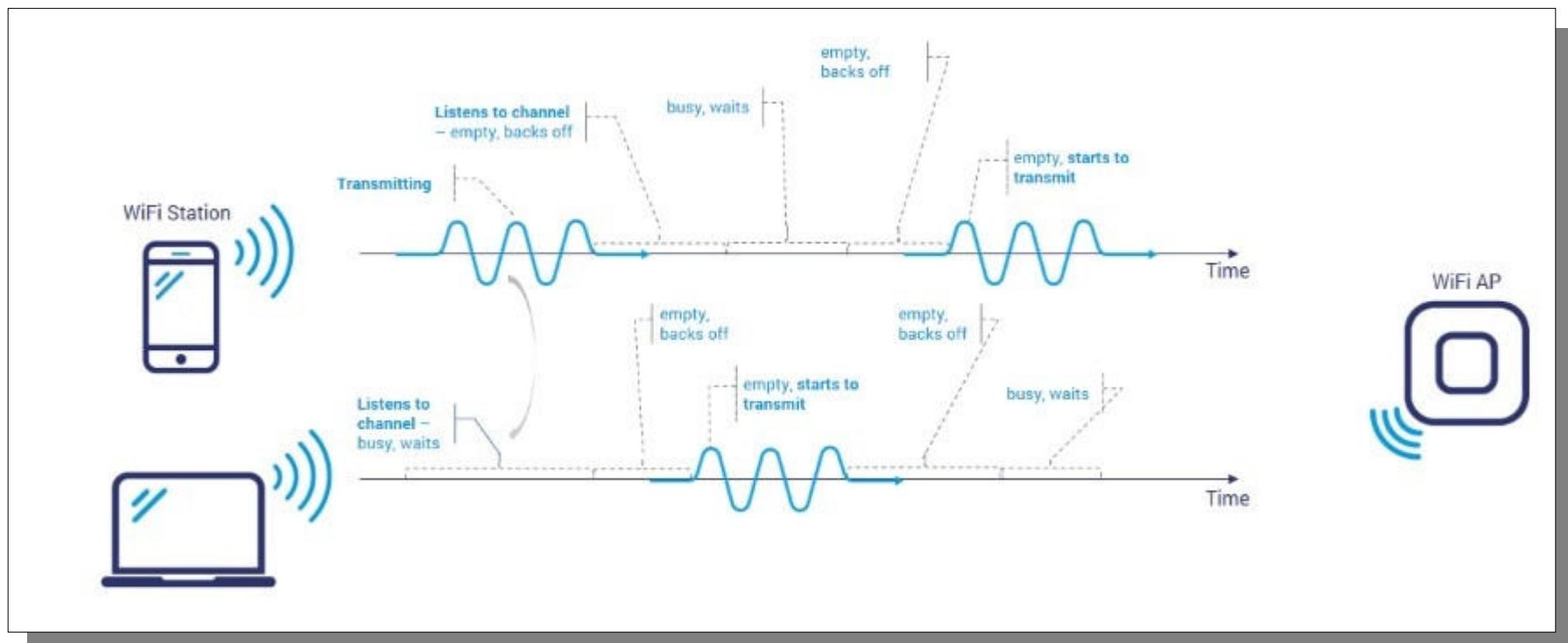
Si possono usare tre strategie per ottenere il risultato:

- Spazio InterFrame (**DIFS**):
 - quando una stazione trova il canale occupato, lo rileva di nuovo
 - quando la stazione trova un canale inattivo, attende per un periodo di tempo chiamato tempo **DIFS**.
 - DIFS può essere utilizzato anche per definire la priorità di una stazione o di un frame. Più alto è DIFS, più bassa è la priorità.
- Contention Window: è la quantità di tempo divisa in slot. Una stazione pronta a inviare frame sceglie un numero casuale di slot come tempo di attesa.
- Acknowledgments: I riconoscimenti (**acknowledgments**) positivi e il timer di time-out possono contribuire a garantire il successo della trasmissione del frame.



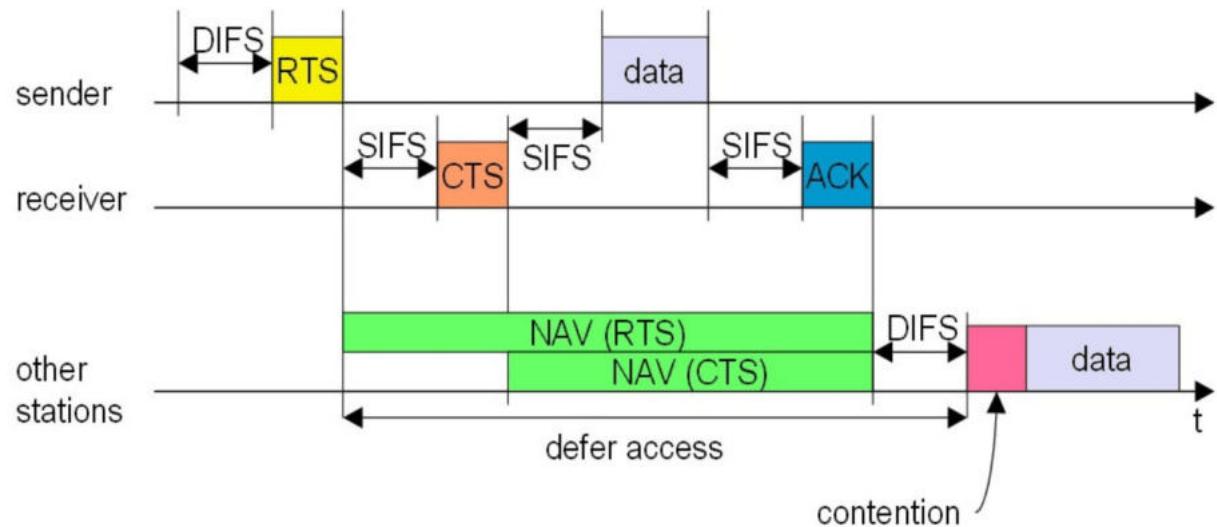
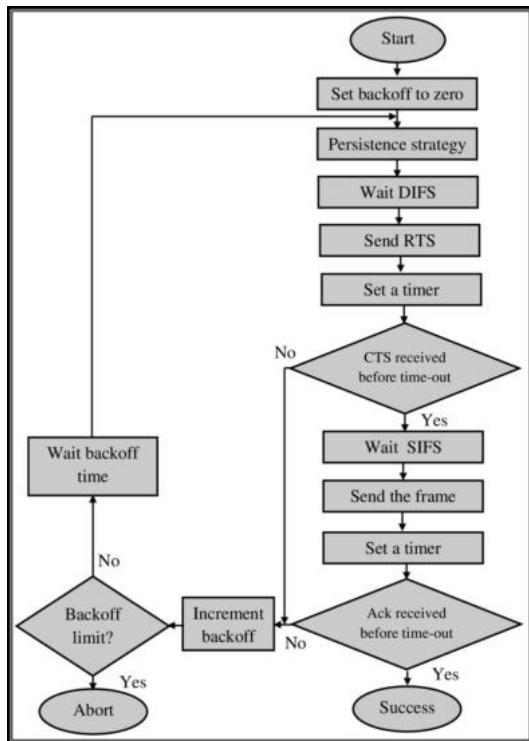
IEEE 802.11

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)



IEEE 802.11

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)



Lo standard IEEE 802.11b

- Noto anche come High Rate Wireless Ethernet o **Wi-Fi**
- Offre prestazioni analoghe alla Ethernet tradizionale:
11Mbps
- Opera alla frequenza di **2.4GHz**
- E' il più popolare standard per reti Wireless, facile da configurare e flessibile, che assimila la WLAN ad una rete Ethernet tradizionale (al sottolivello LLC)
- Interoperabilità dei dispositivi garantita da Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA)



Lo standard IEEE 802.11b

- Grazie alla diffusione del protocollo e alla interoperabilità dei dispositivi si è giunti in breve tempo ad una positiva competizione che ha reso disponibili i dispositivi a costi sempre più ottimizzati
- Responsabile della enorme diffusione che ha avuto in questi ultimi anni il Wireless, sia come offerta commerciale (Aeroporti, stazioni, hotel, conference room, etc) che come enti pubblici (scuole, università, comuni e PA, etc)

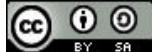
Altri standard IEEE 802.11

- **IEEE 802.11a:** è uno standard che definisce una banda trasmissiva fino a 54Mbps e 8 canali trasmissivi non sovrapponibili. La frequenza è di 5GHz. La sua grossa limitazione è la completa incompatibilità con gli apparati IEEE 802.11b, che ne ha largamente limitato la diffusione. Un'altra barriera alla sua diffusione è stata la mancata adozione in molti paesi dello standard e la mancanza della certificazione di interoperabilità dei dispositivi di diversi produttori.
- **IEEE 802.11c:** è stato sospeso ed è confluito nell'IEEE802.11d
- **IEEE 802.11d:** si occupa della definizione di un livello fisico che possa operare in qualsiasi paese.



Altri standard IEEE 802.11

- **IEEE 802.11e:** si occupa del QoS in ambiente IEEE 802.11. Il gruppo sta modificando il sottolivello MAC per gestire proprietà multimediali. I risultati pervaderanno tutti gli standard del gruppo IEEE 802.11 e consentirà l'uso di apparati multimediali con tecnologia wireless.
- **IEEE 802.11g:** è lo standard che sancisce la nuova generazione del Wireless, garantendo piena interoperabilità con lo standard IEEE 802.11b.
 - Offre una banda trasmisiva di 54Mbps ed opera alla frequenza di **2.4GHz** (**ISM**: Industrial Scientific Medical frequency band).
 - Portata del segnale: **300m** in condizioni ideali, **45m** all'interno di strutture, **90m** all'esterno



Altri standard IEEE 802.11

Wi-Fi Generations

Generation	IEEE Standard	Maximum Linkrate (Mbit/s)	Adopted	Radio Frequency (GHz) ^[3]
Wi-Fi 7	802.11be	40000	TBA	2.4/5/6
Wi-Fi 6E	802.11ax	600 to 9608	2020	2.4/5/6
Wi-Fi 6			2019	2.4/5
Wi-Fi 5	802.11ac	433 to 6933	2014	5
Wi-Fi 4	802.11n	72 to 600	2008	2.4/5
(Wi-Fi 3*)	802.11g	6 to 54	2003	2.4
(Wi-Fi 2*)	802.11a	6 to 54	1999	5
(Wi-Fi 1*)	802.11b	1 to 11	1999	2.4
(Wi-Fi 0*)	802.11	1 to 2	1997	2.4

*: (Wi-Fi 0, 1, 2, 3, are unbranded common usage.^{[4][5]})

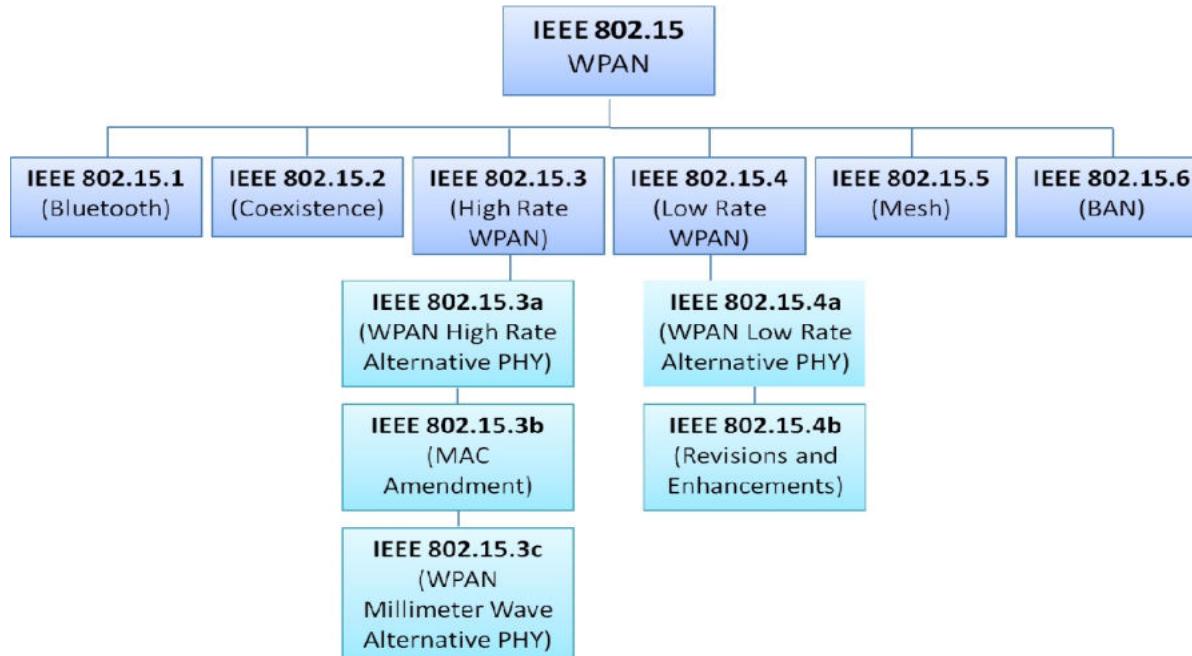
Altri standard IEEE 802.11

- **IEEE 802.11be**: Extremely High Throughput (EHT) è il potenziale prossimo emendamento dello standard IEEE 802.11, che sarà probabilmente designato Wi-Fi 7.
 - Si baserà su 802.11ax, concentrandosi sul funzionamento WLAN in ambienti interni ed esterni con velocità stazionarie e pedonali nelle bande di frequenza a 2,4, 5 e 6 GHz.
 - Si prevede che le velocità raggiungano i 40 Gbps, pari a Thunderbolt 3.
 - Modulazione: 4096-QAM (4K-QAM) di nuova introduzione
 - Larghezza di banda contigua e non contigua di 320/160+160 MHz e 240/160+80 MHz
 - Formati di frame con migliore compatibilità in avanti
 - Allocazione delle risorse migliorata in OFDMA,
 - Schema di punteggiatura dei preamboli più flessibile



Altri standard IEEE 802.15

- IEEE 802.15 è un gruppo di lavoro del comitato per gli standard IEEE 802 dell'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) che specifica gli standard delle reti personali wireless (WPAN).
- Esistono 10 aree di sviluppo principali, non tutte attive.



Esempio di proposta



Bluetooth e SIG

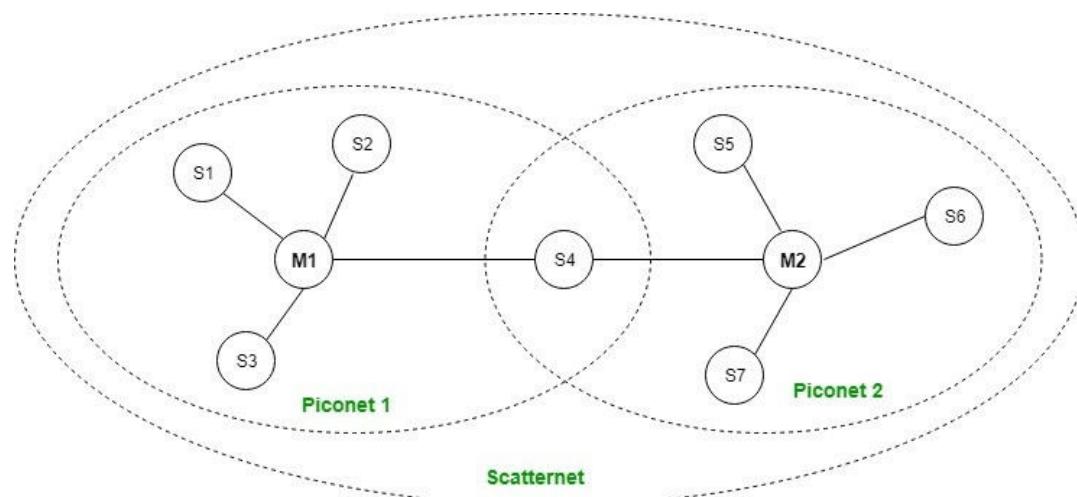
- Il Bluetooth è gestito dal Bluetooth **Special Interest Group** (SIG), che conta più di 35.000 aziende associate nei settori delle telecomunicazioni, dell'informatica, delle reti e dell'elettronica di consumo.
- L'IEEE ha standardizzato il Bluetooth come IEEE 802.15.1, ma non gestisce più lo standard.
- Il Bluetooth **SIG** supervisiona lo sviluppo delle specifiche, gestisce il programma di qualificazione e protegge i marchi.

<https://www.bluetooth.com/>



Bluetooth - Topologia

- Il Bluetooth è uno standard tecnologico wireless a corto raggio utilizzato per lo scambio di dati tra dispositivi fissi e mobili su brevi distanze e per la creazione di reti personali (**PAN**).
- L'architettura del Bluetooth definisce due tipi di reti:
 - Piconet
 - Scatternet



Bluetooth - Topologia

■ Piconet

- Piconet è un tipo di rete Bluetooth che contiene un nodo primario chiamato **nodo master** e sette nodi secondari attivi chiamati **nodi slave**. Si può quindi dire che ci sono in totale **8 nodi attivi** presenti a una distanza di 10 metri.
- La comunicazione tra i nodi primari e secondari può essere uno-a-uno o uno-a-molti. La comunicazione possibile è solo tra master e slave; la comunicazione slave-slave non è possibile.
- Il sistema ha anche **255 nodi in attesa**, che sono nodi secondari e non possono partecipare alla comunicazione a meno che non vengano convertiti allo stato attivo.



Bluetooth - Topologia

■ Scatternet

- Si forma utilizzando diverse piconet.
- Uno slave presente in una piconet può fungere da master o, per meglio dire, da primario in un'altra piconet.

Questo tipo di nodo può ricevere un messaggio da un master in una piconet e consegnarlo al suo slave nell'altra piconet in cui agisce come slave.

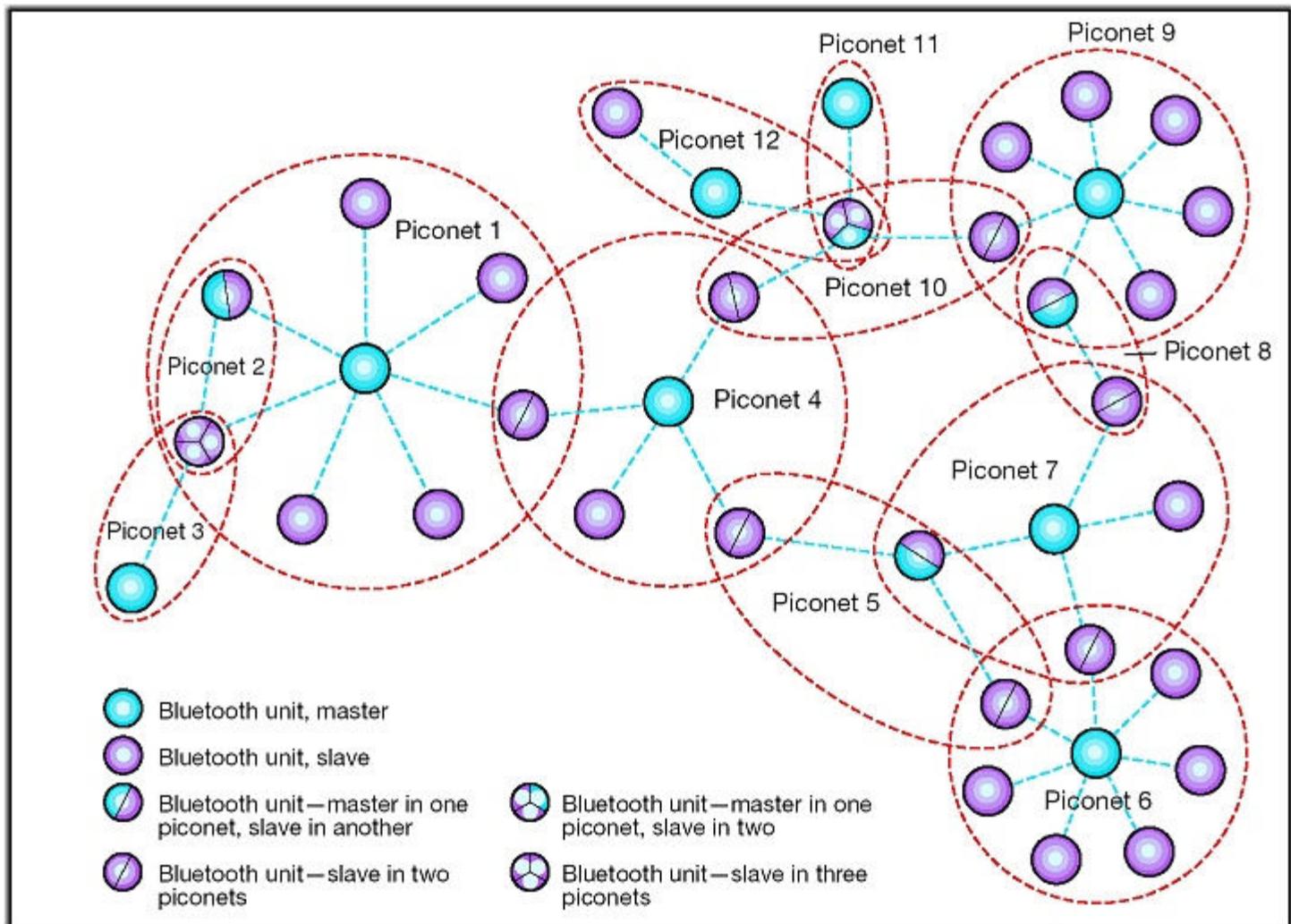
Questo tipo di nodo viene definito nodo ponte.

- Una stazione non può essere master in due piconet.



Bluetooth - Topologia

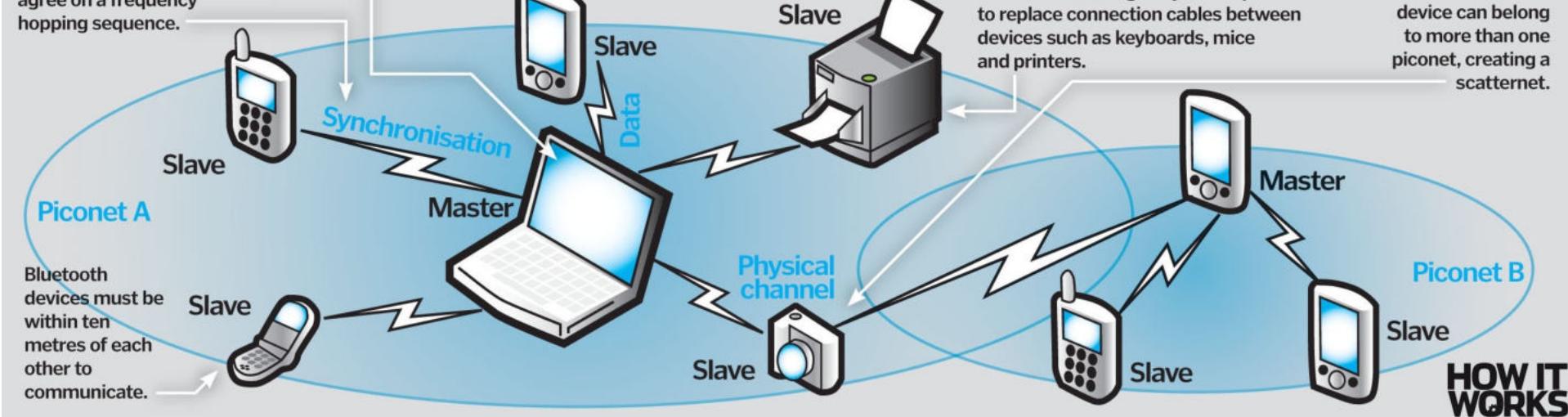
Scatternet



Bluetooth - Topologia

Any Bluetooth-enabled device can be a master or slave, depending on which device initiates the connection.

During the synchronisation process, the two devices agree on a frequency hopping sequence.



Bluetooth - caratteristiche

- Impiega onde radio UHF nelle bande ISM, da 2,402 GHz a 2,48 GHz.
- È utilizzato principalmente come alternativa alle connessioni via cavo, per scambiare file tra dispositivi portatili vicini e collegare telefoni cellulari e lettori musicali con cuffie wireless.
- Nella modalità più diffusa, la potenza di trasmissione è limitata a 2,5 mW, con una portata molto breve, fino a 10 metri.

Bluetooth - caratteristiche

- Il Bluetooth utilizza una tecnologia radio chiamata frequency-hopping spread spectrum (FHSS).
- Il Bluetooth divide i dati trasmessi in pacchetti e trasmette ciascun pacchetto su uno dei 79 canali Bluetooth designati. Ogni canale ha una larghezza di banda di 1 MHz. Di solito esegue 1600 salti al secondo, con l'abilitazione dell'Adaptive Frequency-Hopping (AFH).
- **Bluetooth Low Energy** utilizza una spaziatura di 2 MHz, che consente di ospitare 40 canali.

Bluetooth e SIG

Bluetooth “Classic”

BR, EDR or HS

1.1 – 5.2

SPP

RFCOMM

L2CAP

HCI

Link Manager

BR/EDR PHY

Bluetooth Classical
Architecture

Controller + Host

Bluetooth Low Energy(BLE)

4.0 – 5.2

GAP

GATT

SMP

ATT

L2CAP

HCI

Link Layer

LE PHY

Bluetooth Low
Energy (BLE)

Architecture

Controller + Host



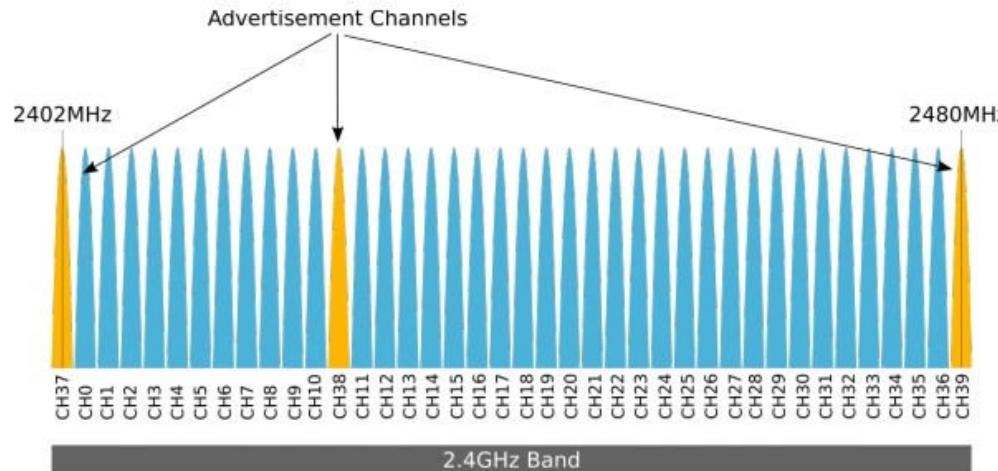
Bluetooth e SIG

- Un dispositivo può supportare uno di questi due tipi di Bluetooth o entrambi.
- Nel caso di entrambi, il dispositivo è noto come **Smart Ready** e contiene sia l'hardware per il **Classic** che per il **BLE**.
- La maggior parte degli smartphone, delle workstation e dei computer portatili moderni sono dotati di chip di connettività Bluetooth che supportano sia la modalità classica che quella a basso consumo.
- Questi chip sono più comunemente noti come chip **Bluetooth Dual-Mode**.



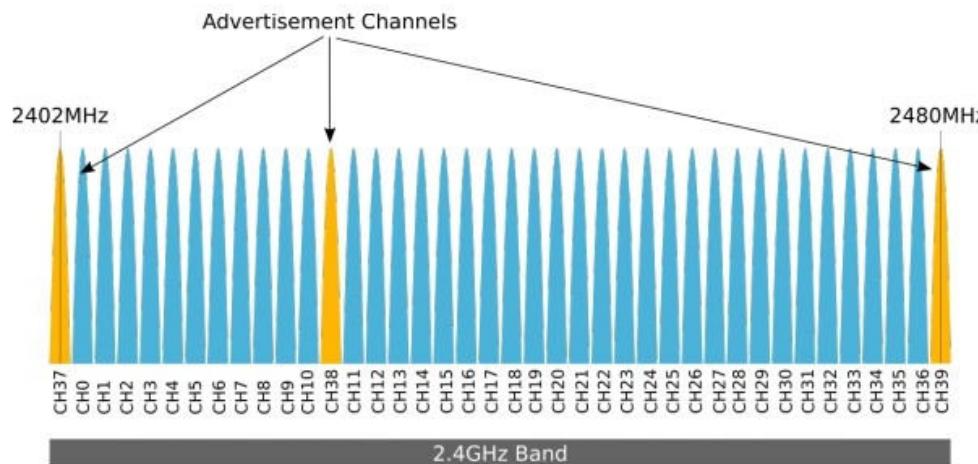
Bluetooth BLE - Controller

- Il livello fisico (PHY) è responsabile della modulazione e demodulazione RF.
- Il livello RF opera nella banda ISM senza licenza a 2,4 GHz, condivisa con altri protocolli wireless popolari come il Wi-Fi e il Bluetooth classico.
- Lo spettro di comunicazione è suddiviso in **40 canali RF** con spaziatura di **2 MHz** da 2,4000 GHz a 2,4835 GHz, a partire da 2402 MHz.



Bluetooth BLE - Controller

- I canali **37, 38 e 39** sono chiamati **advertisement channels**, mentre i restanti canali sono chiamati **canali dati**.
- Gli **advertisement channels** sono utilizzati per la ricerca del dispositivo, per la creazione della connessione e per la trasmissione.
- I **canali dati** sono utilizzati per la comunicazione bidirezionale tra dispositivi connessi



Bluetooth BLE - Controller

- BLE utilizza uno "schema di salto di frequenza" (FHSS).
- Per ridurre le interferenze dei dispositivi vicini a 2,4 GHz (come altri dispositivi Bluetooth o anche Wi-Fi), lo schema determina quale canale deve essere utilizzato per il prossimo evento di connessione (coperto successivamente), tra i 37 canali di dati.

Bluetooth BLE - Link Layer

- È il livello che si interfaccia direttamente con il livello fisico. La maggior parte di questo livello ha un'implementazione hardware, poiché si occupa dei requisiti in tempo reale delle specifiche BLE.
- La parte restante di questo livello è implementata dal SoftDevice. Il livello di collegamento è responsabile di diversi compiti fondamentali:
 - Segnalazione, scansione e creazione/mantenimento delle connessioni.
 - Incapsulare i dati ricevuti dagli strati superiori e generare pacchetti BLE che vengono passati bit per bit al PHY.
 - Rilevamento degli errori dei pacchetti BLE (**CRC**).

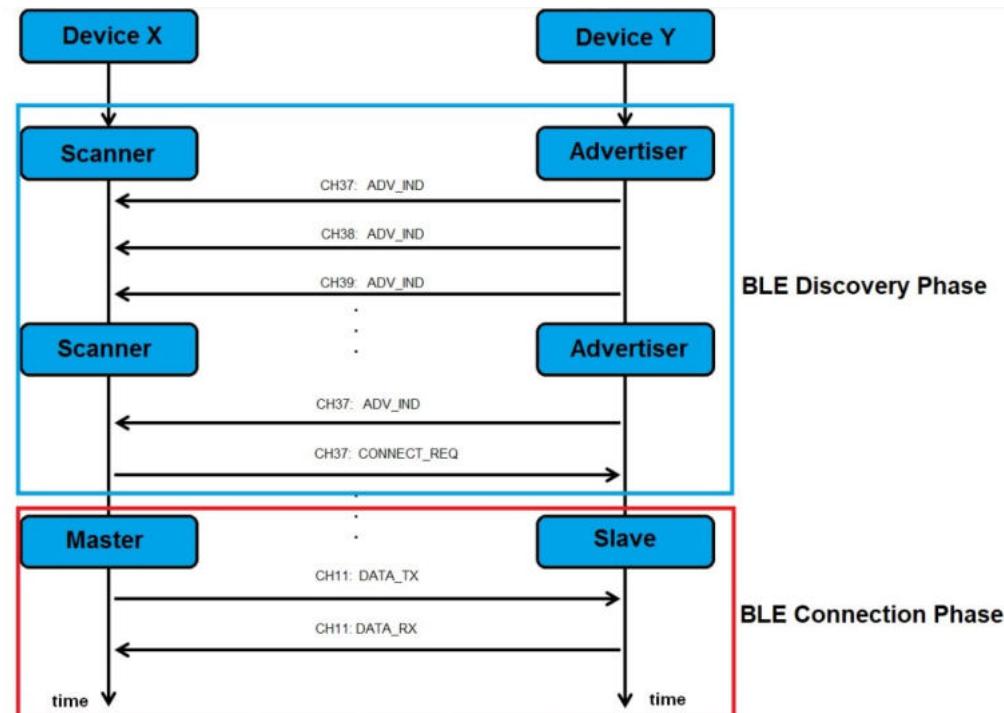
Bluetooth BLE - Link Layer

- Cifratura/decifratura opzionale della comunicazione.
L'algoritmo di cifratura utilizzato in BLE è **AES-CCM a 128 bit**.
- Gestione dell'indirizzo del dispositivo BLE.
- Definisce il ruolo e lo stato del dispositivo:
 - ▶ **Advertiser**: Un dispositivo che invia pacchetti di avviso e segnalazione
 - ▶ **Scanner**: Un dispositivo che esegue la scansione dei pacchetti di avviso e segnalazione
 - ▶ **Master**: Un dispositivo che avvia una connessione e la gestisce
 - ▶ **Slave**: Un dispositivo che accetta una richiesta di connessione e segue la tempistica del master



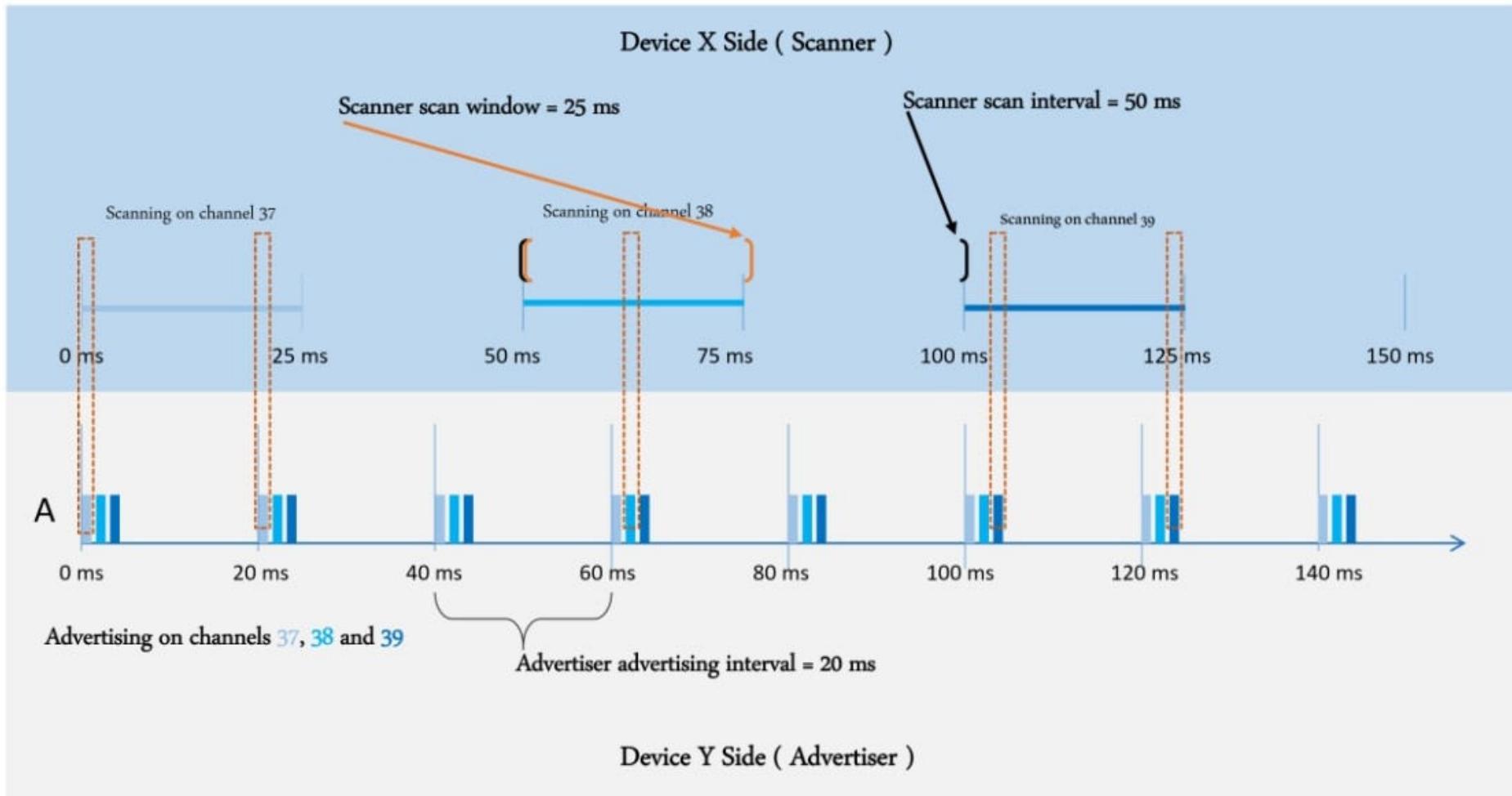
Bluetooth BLE - Link Layer

- Il ruolo del **Link Layer** può cambiare durante le varie fasi della ricerca/conessione. Ad esempio, il dispositivo X potrebbe iniziare con il ruolo di Scanner, indicando il suo interesse a connettersi a un dispositivo Y vicino. Una volta che l'annuncio del dispositivo Y viene raccolto, viene eseguito l'hand-shake e lo Scanner diventa il Master e l'Advertiser diventa lo Slave.



Bluetooth BLE - Link Layer

■ BLE Discovery Phase



Bluetooth BLE - Link Layer

- Nella fase di ricerca di una connessione BLE, o quando i dispositivi sono impostati per essere solo coppie inserzionista/scanner, un dispositivo invia lo stesso pacchetto di advertising in ciascuno dei tre canali di avviso (37, 38 e 39).
- L'adviserter non invia questi pacchetti in modo continuo, ma a intervalli fissi. Questo intervallo è chiamato [Advertiser Advertising Interval](#).
- Dal lato del dispositivo di scansione, che nella maggior parte dei casi è un dispositivo mobile, un tablet o un computer host, lo scanner non esegue una scansione continua. Al contrario, esegue la scansione degli avvisi a intervalli prefissati. Questo intervallo è chiamato [Scanner Scan Interval](#).
- Durante questo intervallo, la scansione sarà attiva solo in una parte di esso: questa porzione di tempo è chiamata [Scanner Scan Window](#).

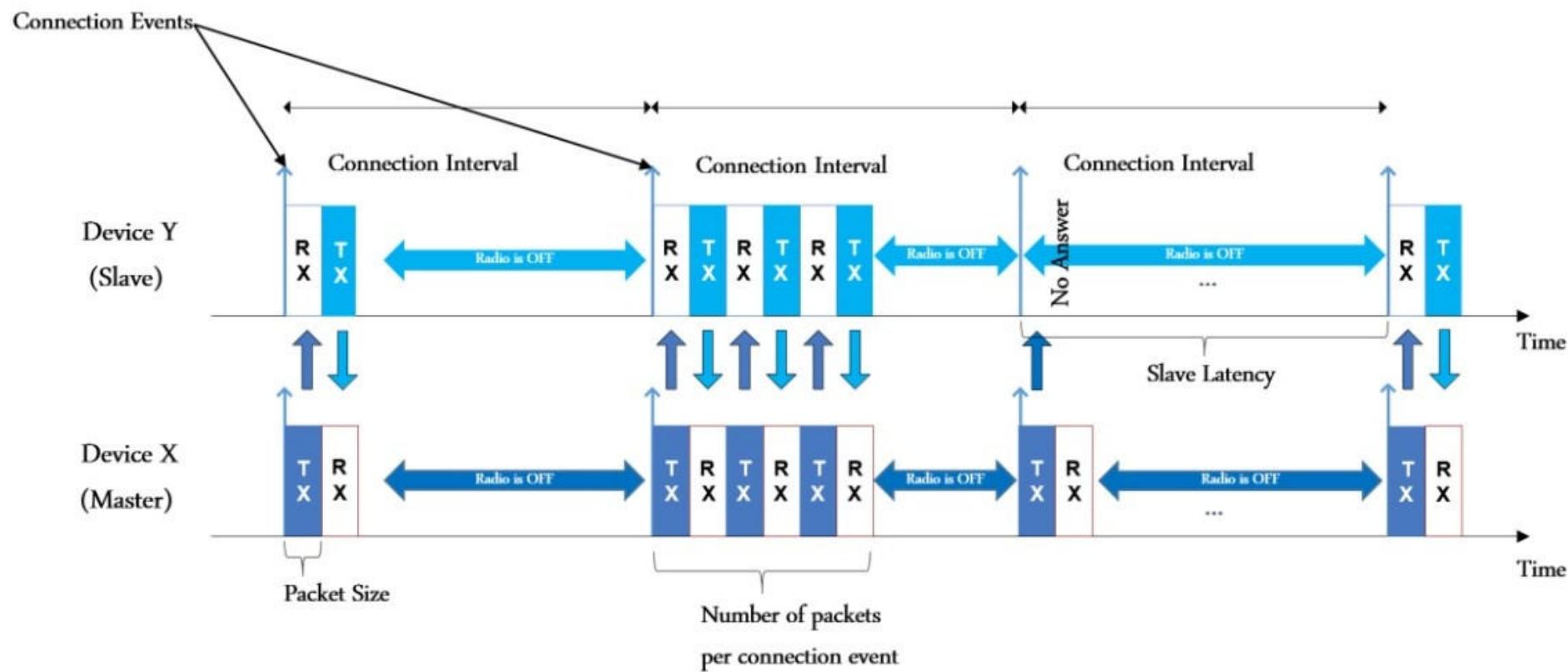
Bluetooth BLE - Link Layer

- Lo scanner e l'advertiser sono due dispositivi diversi che non sono sincronizzati tra loro.
- Per aumentare la probabilità che lo scanner rilevi il segnale dell'advertiser, l'intervallo di scansione dello scanner deve essere almeno il doppio dell'intervallo di avviso dell'advertiser.



Bluetooth BLE - Link Layer

■ BLE Connection Phase



Bluetooth BLE - Link Layer

- Una volta che uno scanner (dispositivo X) ha raccolto informazioni sufficienti su un advertiser di interesse collegabile, avvia un processo di connessione BLE.
- Lo **scanner** sarà il **Master** (Link Layer Master) della connessione e l'**advertiser** sarà lo **Slave** della connessione (Link Layer Slave). Lo Slave può negoziare con il Master i seguenti parametri relativi alla connessione BLE:
 - **Intervallo di connessione**: è l'intervallo di tempo tra due eventi di connessione consecutivi. I valori tipici sono compresi tra 7,5 millisecondi (alta velocità di trasmissione dei dati, alto consumo energetico) e 4 secondi (bassa velocità di trasmissione dei dati, basso consumo energetico)
 - **Numero di pacchetti BLE per evento di connessione**: numero di pacchetti BLE vengono inviati per ogni evento di connessione. Dipende molto dalla libreria/OS utilizzata (Android, iOS, SoftDevice, ecc.) e dall'hardware BLE sottostante. Il master ha sempre l'ultima parola su tutti i parametri negoziabili



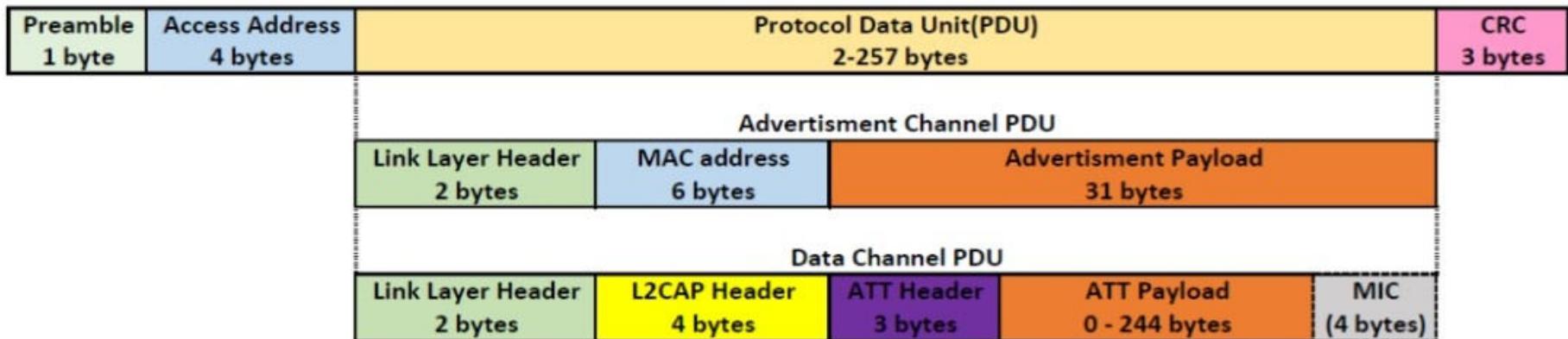
Bluetooth BLE - Link Layer

- **Slave Latency:** Il numero di eventi di connessione che uno slave può scegliere di saltare senza rischiare di perdere la connessione. La latenza slave consente a un dispositivo slave di saltare gli eventi di connessione se non ha dati utili da inviare.
Ciò può contribuire a ridurre il consumo energetico solo dal lato dello slave (a scapito di una minore reattività dello slave). I valori tipici sono compresi tra 0 e 499.
La latenza dello slave deve comunque essere più veloce del **Timeout di supervisione**.
- **Supervision Timeout:** Durata del tempo in cui il master attende una risposta dallo slave prima che la connessione venga contrassegnata come terminata. I valori tipici sono compresi tra 100 millisecondi e 32 secondi. Il Timeout di supervisione, ovviamente, ha una relazione diretta con il **Connection interval** e lo **Slave Latency**.
- **Data-Packet Length:** dipende dalla versione di BLE utilizzata.



Bluetooth BLE - Link Layer

■ FRAME



Advertisement packets size:

- For BLE 4.0 : 31 byte payload plus optional additional 31 bytes in scan response.
- For BLE 5.0 and above: 255 byte payload through advertisement extension.

Data packets size:

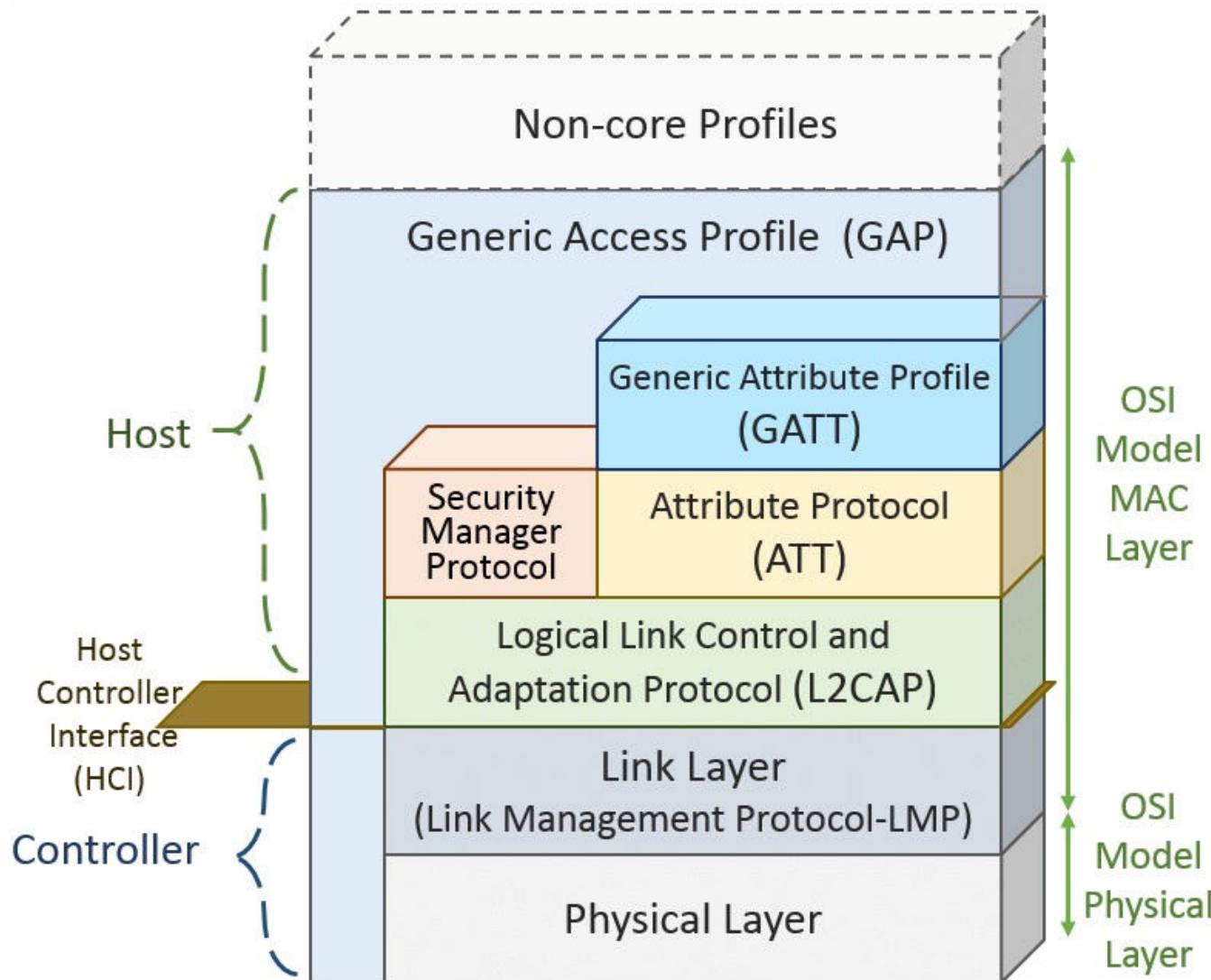
- For BLE 4.0: 27 byte payload. Only 20 available for the user data.
- For BLE 4.2 and above: 251 byte payload. Only 244 available for the user data.

Bluetooth BLE - Link Layer

- **Preamble:** viene utilizzato per allineare le finestre di trasmissione e ricezione dei due dispositivi collegati.
- **Access Address:** è generato casualmente per ogni connessione BLE. In questo modo si garantisce che due connessioni che si trovano sugli stessi canali di dati abbiano una probabilità molto bassa di collidere (2^{-32})
Nei pacchetti di avviso, invece, l'indirizzo di accesso è semplicemente impostato sul valore fisso di 0x8E89BED6.
- **CRC (Cyclic Redundancy Check):** esso consente al ricevitore di rilevare se c'è un errore nei pacchetti ricevuti. In pratica, fornisce un controllo dell'integrità dei dati nel livello di collegamento.



Bluetooth BLE - Host



Bluetooth BLE - Host

- Logical Link Control and Adaptation Layer Protocol (**L2CAP**): fornisce il multiplexing per i livelli superiori. Ciò consente a protocolli come l'**Attribute Protocol** (ATT) e il **Security Manager Protocol** (SMP) di condividere lo stesso controller BLE (Link Layer e PHY).

Questo livello è anche responsabile della segmentazione e del riassemblaggio dei pacchetti scambiati tra i livelli superiori e il controller BLE.

Grazie alla funzione di segmentazione/riassemblaggio, L2CAP consente ai protocolli e alle applicazioni di livello superiore di trasmettere e ricevere pacchetti di dati del livello superiore (unità di dati di servizio L2CAP, SDU) con una lunghezza massima di 64 KB.

- **Security Manager Protocol(SMP)**: responsabile dell'abilitazione della sicurezza per le applicazioni in esecuzione su BLE.

Fornisce i seguenti tipi di servizi:



Bluetooth BLE - Host

- Logical Link Control and Adaptation Layer Protocol (**L2CAP**): fornisce il multiplexing per i livelli superiori. Ciò consente a protocolli come l'**Attribute Protocol** (ATT) e il **Security Manager Protocol** (SMP) di condividere lo stesso controller BLE (Link Layer e PHY).

Questo livello è anche responsabile della segmentazione e del riassemblaggio dei pacchetti scambiati tra i livelli superiori e il controller BLE.

Grazie alla funzione di segmentazione/riassemblaggio, L2CAP consente ai protocolli e alle applicazioni di livello superiore di trasmettere e ricevere pacchetti di dati del livello superiore (unità di dati di servizio L2CAP, SDU) con una lunghezza massima di 64 KB.

- Security Manager Protocol(**SMP**): responsabile dell'abilitazione della sicurezza per le applicazioni in esecuzione su BLE.

Fornisce i seguenti tipi di servizi:



Bluetooth BLE - Host

- Device Authentication
 - Device Authorization
 - Device Privacy
 - Data Integrity
 - Data Confidentiality
 - Data Privacy
- **Attribute Protocol (ATT)**: è un semplice protocollo client/server basato sugli attributi presentati da un dispositivo.
- Un **attributo** è l'unità di base dei dati sia in ATT che in GATT. Si tratta di una coppia chiave-valore, simile ai dizionari di Python e agli array associativi di C++.
 - Il protocollo definisce come trasferire un'unità di dati (**attributo**); di solito, un client richiede i dati a un server e il server li invia al client. Ogni server ATT contiene dati organizzati sotto forma di tabella piatta di attributi.



Bluetooth BLE - Host

- Un attributo ha quattro componenti (denominati **campi**) :
 - ▶ **Handle**: è la chiave dell'attributo con cui è possibile indirizzarlo. È un valore di 16 bit (0x0001 - 0xFFFF) assegnato dal SoftDevice a un attributo per identificarlo in modo univoco tra gli altri attributi della tabella.
 - ▶ **UUID**: è un identificatore univoco universale, utilizzato per specificare il tipo di attributo.
 - ▶ **Permessi**: questo campo definisce i permessi di accesso e il livello di sicurezza dell'attributo. Ciò consente di applicare un alto livello di sicurezza.
 - ▶ **Value**: il contenuto effettivo dei dati dell'attributo.

ATTRIBUTE

Handle

UUID

Permissions

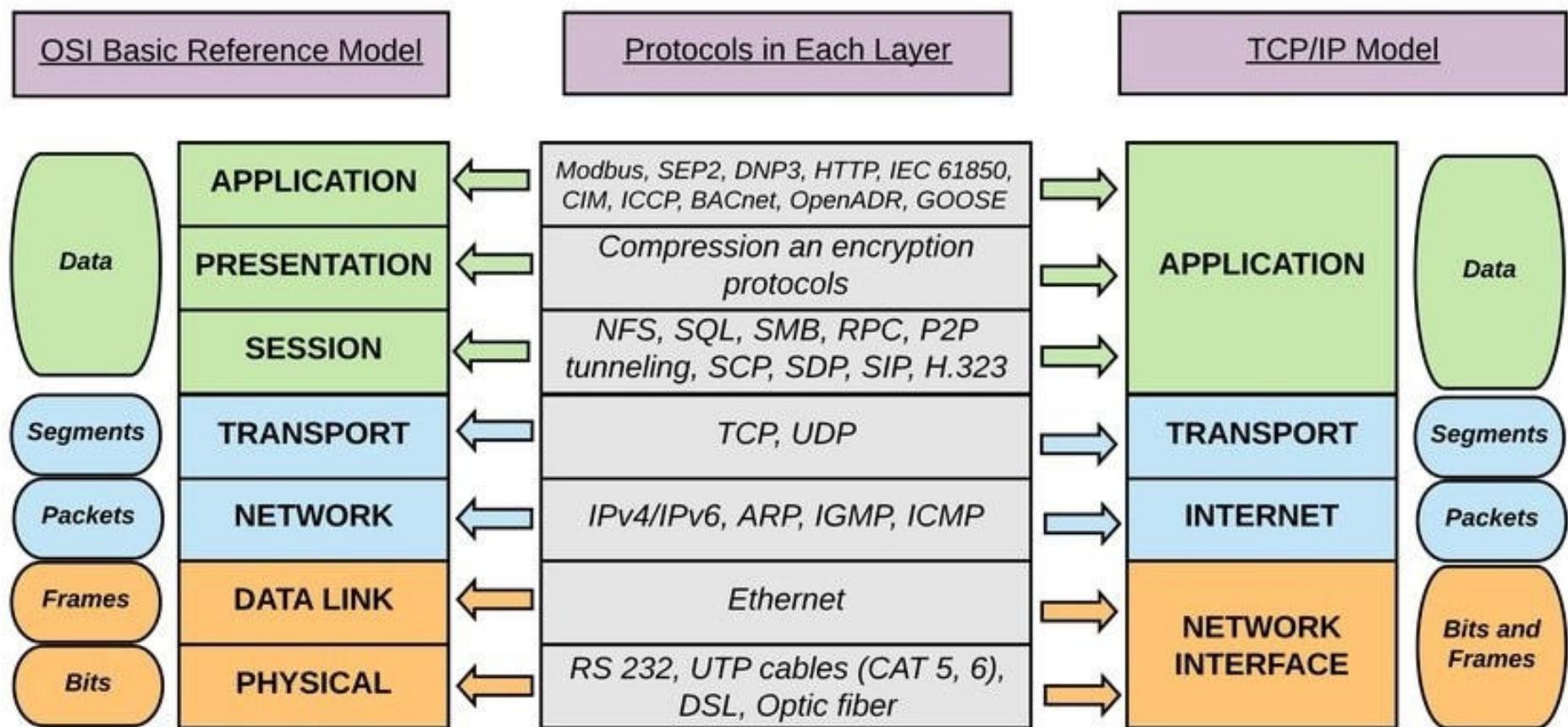
Value

Bluetooth BLE - Host

- I due livelli successivi, GATT (Dati) e GAP (Controllo), sono quelli con cui interagiamo maggiormente nello stack Bluetooth Low Energy, poiché forniscono un'astrazione completa per i livelli sottostanti.
- Il Generic Attribute Profile (GATT) stabilisce in dettaglio come scambiare tutti i dati del profilo e dell'utente in una connessione BLE. A differenza del Generic Access Profile (GAP), che definisce le interazioni di basso livello con i dispositivi, il GATT si occupa solo delle procedure e dei formati di trasferimento dei dati.



OSI : headers per comunicazione tra due nodi



Network layer (router, switch liv.3)

- È responsabile della realizzazione di una connessione tra due nodi della rete: il nodo **sorgente** e quello **destinatario**, inclusa la scelta e la gestione del **routing** (cioè le regole che permettono l'istramento delle informazioni in base all'indirizzo della rete di destinazione) e lo scambio di informazioni tra i due nodi
- Appartengono a questo livello i **router** e gli apparati di commutazione (**switch**) abilitati a funzioni di routing.
- I servizi di questo livello sono associati al movimento dei dati nella rete, inclusi l'indirizzamento, il routing e le procedure di controllo dei flussi.
- Appartiene a questo livello il protocollo **IP**.

Transport layer (switch liv.4)

- E' il livello che garantisce che il trasferimento delle informazioni avvenga correttamente
- Analizza la comunicazione tra due *nodi*, basandosi sul fatto che il *network layer* è in grado di stabilire il cammino ottimale tra i due nodi
- Appartengono a questo livello i dispositivi di commutazione che operano a livello 4, quali ad esempio i **proxies**
- Si occupa principalmente di:
 - controllare l'errore
 - verificare la sequenza delle informazioni
 - analizzare i fattori di affidabilità dello scambio di dati tra i due nodi
- È il primo livello ***end-to-end***
- Appartengono a questo livello i protocolli **TCP** e **UDP**

Session layer

- Fornisce le regole per attivare e terminare flussi di dati tra nodi della rete
- E' responsabile dell'organizzazione del dialogo tra programmi applicativi e del relativo scambio di dati
- Consente di aggiungere a sessioni end-to-end servizi più avanzati
- I servizi che questo livello può fornire sono:
 - attivazione e terminazione della connessione tra due nodi
 - controllo del flusso di messaggi tra i nodi
 - controllo del dialogo
 - controllo dei dati da ambo i nodi

Presentation layer

- I servizi di questo livello sono relativi alla trasformazione dei dati, alla loro formattazione ed alla sintassi (sono previste una rappresentazione **astratta**, una **locale** e una per il **trasferimento**).
- Una delle funzioni è quella di convertire i dati ricevuti in modo da essere rappresentati opportunamente nel dispositivo di ricezione
- Esempi di trasformazioni che possono essere gestiti da questo livello sono
 - crittografia/decrittografia dei dati
 - compressione/decompressione dei dati

Application layer (switch liv.7)

- Questo livello comprende **tutti i programmi applicativi** (di sistema o scritti dall'utente) che consentono l'uso della rete.
- L'ultimo livello si comporta come una finestra attraverso la quale l'applicazione accede a tutti i servizi messi a disposizione dal modello.
- Appartengono a questo livello i dispositivi di commutazione che operano a livello 7 (accesso selettivo ad applicazioni in base alla disponibilità o meno di abilitazioni o in base alla tipologia del client)
- Esempi di funzioni svolte da questo livello:
 - Terminale virtuale (VT)
 - file transfer access management (FTAM)
 - Posta elettronica, X.400
 - condivisione di risorse
 - accesso a database (X.500, servizio di Directory)
- Gli ultimi tre livelli possono differire molto a seconda del tipo di rete nella quale vengono installati e del protocollo di rete utilizzato

Il modello OSI e la comunicazione in ambiente UNIX e TCP/IP

