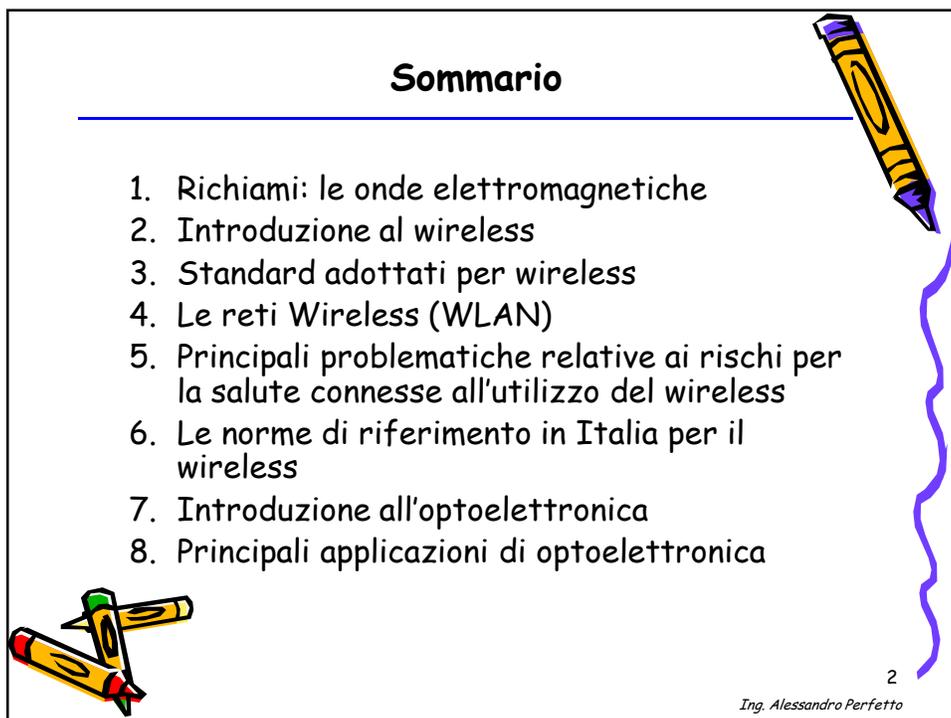




Reti wireless ed optoelettronica

Ing. Alessandro Perfetto

Docente di informatica



Sommarrio

1. Richiami: le onde elettromagnetiche
2. Introduzione al wireless
3. Standard adottati per wireless
4. Le reti Wireless (WLAN)
5. Principali problematiche relative ai rischi per la salute connesse all'utilizzo del wireless
6. Le norme di riferimento in Italia per il wireless
7. Introduzione all'optoelettronica
8. Principali applicazioni di optoelettronica

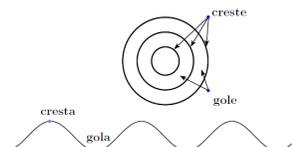
2

Ing. Alessandro Perfetto



Le onde: definizioni di base

- **Definizione 1.** Dicesi oscillazione o vibrazione un movimento che periodicamente si inverte.
- **Definizione 2.** Dicesi onda (wave) la propagazione di una perturbazione con trasporto di energia ma non di materia.
- Un esempio d'onda è quello che si genera quando lasciamo cadere un sasso in acqua. Si formano delle circonferenze concentriche - aventi centro nel punto in cui il sasso entra in acqua - e si creano le cosiddette creste (punti di massimo) e gole (punti di minimo).

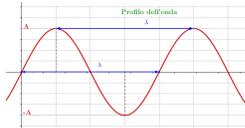


4

Ing. Alessandro Perfetto

Le onde elettromagnetiche

- **Definizione 3.** Un'onda si dice periodica (periodic wave) quando ogni elemento del mezzo materiale ripete lo stesso movimento ad intervalli di tempo regolari.
- **Definizione 4.** Dicesi *onda elettromagnetica* (electromagnetic wave) un'onda in cui si assiste alla variazione dell'intensità del campo elettrico e del campo magnetico a esso concatenato.
- Sono esempi di onde elettromagnetiche la luce, i raggi X, le onde radio, etc.
- Importante: Le onde elettromagnetiche non hanno bisogno di un mezzo materiale per propagarsi e tramite di esse si propaga energia elettromagnetica.



5

Ing. Alessandro perfetto

Le onde elettromagnetiche

- Consideriamo un'onda periodica come quella rappresentata e introduciamo le seguenti definizioni.
- **Definizione 5.** Si dice periodo T di un'onda (wave period) l'intervallo di tempo che un punto del mezzo materiale impiega per compiere un'oscillazione completa.
- **Osservazione 1.** Il periodo T di un'onda non dipende dal mezzo materiale in cui essa si propaga ma solamente dalla sorgente che vibra.
- **Definizione 6.** Si dice frequenza f di un'onda il numero di oscillazioni che un'onda compie nell'unità di tempo, cioè in 1s. Essa si misura in hertz (Hz).
- **Osservazione 2.** La frequenza è l'inverso del periodo, cioè:

$$f = \frac{1}{T}$$



6

Ing. Alessandro perfetto

Le onde elettromagnetiche

- **Definizione 7.** Si dice ampiezza A di un'onda (wave amplitude) è la differenza tra il valore massimo della grandezza che oscilla e il valore di equilibrio.
- **Definizione 8.** Si dice lunghezza d'onda (wave length) la distanza minima dopo la quale un'onda periodica torna a riprodursi uguale a se stessa.
- **Osservazione 3** La lunghezza d'onda dipende sia dal mezzo materiale, sia dalla tipologia di sorgente che vibra.
- **Osservazione 4.** La lunghezza d'onda λ può anche essere definita come la distanza tra due massimi o due minimi consecutivi, oppure la distanza percorsa da un'onda in un periodo.
- **Definizione 9.** Si dice velocità di propagazione (propagation velocity) di un'onda il rapporto tra la lunghezza d'onda e il periodo, cioè:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

- **Osservazione 5.** Poichè $f = 1/T$, sostituendo nell'espressione della velocità di propagazione si ottiene:

$$v = \lambda \cdot f$$

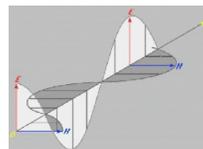
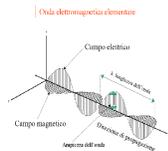


7

Ing. Alessandro perfetto

Cosa sono le onde elettromagnetiche?

- Le onde elettromagnetiche generalmente di tipo sinusoidale e sono costituite da due grandezze che variano periodicamente nel tempo: il campo elettrico ed il campo magnetico.
- È un fenomeno fisico mediante il quale l'energia elettromagnetica può trasferirsi da un luogo all'altro per propagazione.
- Tale fenomeno di trasferimento di energia può avvenire nello spazio libero (via etere), oppure può essere confinato e facilitato utilizzando appropriate linee di trasmissione (guide d'onda, cavi coas



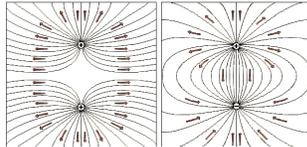
8

Ing. Alessandro Perfetto

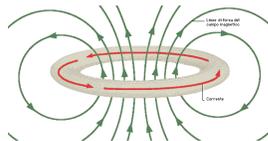


Richiami: come si ottiene un'onda elettromagnetica

- **Campo elettrico** : I campi elettrici E si definisce come una proprietà o perturbazione dello spazio, prodotta dalla presenza di cariche elettriche, positive o negative. Si misura in Volt per metro (V/m).



- **Campo magnetico**: Il campo magnetico H può essere definito come una proprietà o perturbazione dello spazio prodotta dal movimento delle cariche elettriche ossia dalla presenza di correnti elettriche oppure da magneti permanenti (calamite), si esprime in Ampère per metro (A/m), anche se solitamente si preferisce riferirsi ad una grandezza correlata, la densità di flusso magnetico o induzione magnetica B , misurata in microtesla (μT). Tra le due unità di misura vale la seguente relazione: $1 T = 7.958 \times 10^5 A/m$.

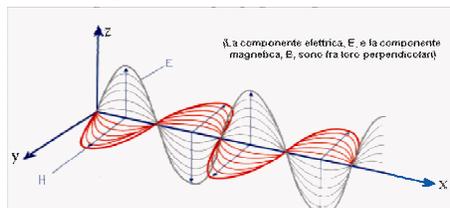


9

Ing. Alessandro Perfetto

Richiami: come si ottiene un'onda elettromagnetica

- Un elettrone immobile genera, a causa della sua carica, una forza elettrica nello spazio circostante - il **campo elettrico** - che diminuisce come l'inverso del quadrato della distanza.
- Supponiamo ora di far oscillare avanti e indietro l'elettrone: il campo elettrico nei punti circostanti viene perturbato a causa del cambiamento di distanza dall'elettrone durante la sua oscillazione.
- Una variazione di campo elettrico genera un **campo magnetico**. Queste oscillazioni del campo elettrico — e quindi anche del campo magnetico — si propagano dall'elettrone generando le **onde elettromagnetiche**.



CAMPO ELETTRICO

CAMPO MAGNETICO

DIREZIONE DI PROPAGAZIONE

10

Ing. Alessandro Perfetto

Richiami: rappresentazione grafica di un'onda

$$y = a \cos(\omega t + \varphi)$$

- y è la grandezza che oscilla
- a è l'ampiezza (massimo spostamento di un punto dalla posizione di equilibrio)
- ω è la velocità angolare
- φ è la fase iniziale (punto in cui nasce l'onda e il suo spostamento dall'origine)
- λ è la lunghezza d'onda (distanza tra due creste o due gole, tra due massimi e due minimi).

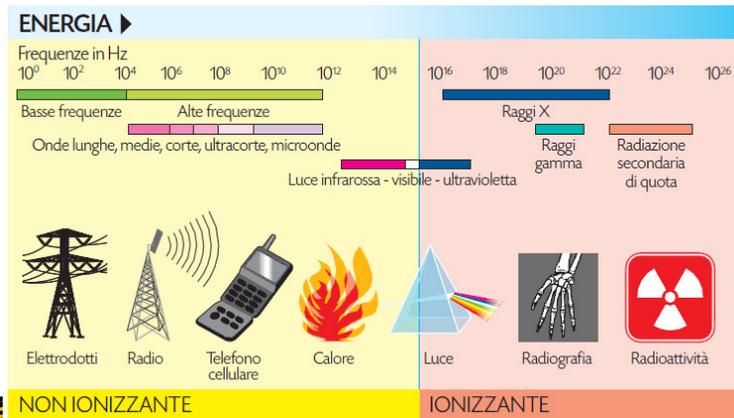


11

Ing. Alessandro Perfetto

Spettro elettromagnetico

- L'insieme delle onde elettromagnetiche, a diversa frequenza, costituisce lo *spettro elettromagnetico*



12

Ing. Alessandro Perfetto

Spettro elettromagnetico

- Le onde elettromagnetiche, con frequenza superiore a 3000 THz, hanno un'energia tale da rompere i legami chimici che tengono uniti gli atomi e le molecole e quindi da ionizzare la materia e sono dette **radiazioni ionizzanti**; viceversa, le onde con frequenza inferiore non trasportano un quantitativo di energia sufficiente a produrre la rottura dei legami chimici e produrre ionizzazione e sono perciò dette **radiazioni non ionizzanti**: è in questa regione dello spettro elettromagnetico che si parla propriamente di campi elettromagnetici.



13

Ing. Alessandro Perfetto

Spettro elettromagnetico

In particolare le radiazioni non ionizzanti di maggiore interesse ambientale sono le seguenti:

- radiazione con frequenza compresa tra 0 a 300 GHz, che possono a loro volta venire suddivise in:
 - campi elettromagnetici a **frequenze estremamente basse** (ELF), con frequenza tra 0 e 3000 Hz, anche detti semplicemente campi elettromagnetici a bassa frequenza;
 - campi elettromagnetici a **radiofrequenze e microonde** (RF e MO), che convenzionalmente vanno da frequenze di 100 KHz a frequenze di 300 GHz, anche comunemente detti campi elettromagnetici ad alta frequenza.
- radiazione luminosa (**luce visibile**)
- radiazione ultravioletta.**



14

Ing. Alessandro Perfetto

Spettro elettromagnetico

DENOMINAZIONE	SIGLA	FREQUENZA	LUNGHEZZA D'ONDA
FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE	ELF (extremely low frequency)	0 - 3 kHz	> 100 Km
FREQUENZE BASSISSIME	VLF (very low frequency)	3 - 30 kHz	100 - 10 Km
RADIOFREQUENZE	FREQUENZE BASSE (ONDE LUNGHE) LF (low frequency)	30 - 300 kHz	10 - 1 Km
	MEDIE FREQUENZE (ONDE MEDIE) MF (medium frequency)	300 kHz - 3 MHz	1Km - 100 m
	ALTE FREQUENZE HF (high frequency)	3 - 30 MHz	100 - 10 m
	FREQUENZE ALTISSIME (ONDE METRICHE) VHF (very high frequency)	30 - 300 MHz	10 - 1 m
MICROONDE	ONDE DECIMETRICHE UHF (ultra high frequency)	300 MHz - 3 GHz	1m - 10 cm
	ONDE CENTIMETRICHE SHF (super high frequency)	3 - 30 GHz	10 - 1 cm
	ONDE MILLIMETRICHE EHF (extremely high frequency)	30 - 300 GHz	1 cm - 1 mm
INFRAROSSO	IR (infra red)	0.3 - 385 THz	1000 - 0.78 nm
LUCE VISIBILE		385 - 750 THz	780 - 400 nm
ULTRAVIOLETTO	UV (ultra violet)	750 - 3000 THz	400 - 100 nm
RADIAZIONI IONIZZANTI	X, gamma	> 3000 THz	< 100 nm

15

Ing. Alessandro Perfetto

Onde elettromagnetiche per trasmissione dell'informazione

- Onde radio sottoinsieme delle onde elettromagnetiche, con frequenza compresa da 3 kHz sino a 300 GHz.
- Entro questa gamma di frequenza e di lunghezza d'onda, le onde radio sono ulteriormente suddivise in bande e sono generalmente impiegate per la **trasmissione di informazioni** utilizzate in varie applicazioni: radiotelefonica, segnali codice telegrafico, parole, musica, immagini e suoni.

16

Ing. Alessandro Perfetto

Trasmissione dell'informazione

- Si parte da una conversione effettuata mediante **trasduttore** (es. microfono, codificatore telegrafico, telecamera televisiva, ecc..) che li converte in segnali elettrici di ampiezza variabile.
- In seguito tali segnali vengono **modulati** su un'onda, di ampiezza e frequenza opportuna chiamata **portante**.
- Il segnale così ottenuto, dopo essere stato amplificato viene **inviato** all'antenna che provvederà a irradiarlo nello spazio sotto forma di radiazione elettromagnetica.
- I **ricevitori** captano il segnale mediante un'altra antenna e, a seguito del processo di amplificazione e demodulazione, ricavano in uscita dell'apparato ricevente l'informazione trasmessa.

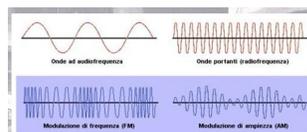


17

Ing. Alessandro Perfetto

Trasmissione dell'informazione

- La modulazione consiste nel modificare in funzione del tempo una grandezza caratteristica di un segnale periodico.
- Il segnale periodico è utilizzato come vettore per la trasmissione, pertanto viene chiamato **portante**; il segnale portante modificato con le informazioni da trasportare viene chiamato **modulato**.
- Nella modulazione di ampiezza detta **AM** (Amplitude Modulation) le informazioni vengono trasmesse nel circuito variando l'ampiezza dell'onda portante.
- Nella modulazione di frequenza detta **FM** (Frequency Modulation) le informazioni vengono trasmesse nel circuito variando la frequenza dell'onda portante.



18

Ing. Alessandro Perfetto

Perché utilizzare onde elettromagnetiche?

- Le onde radio sono preferibili alle altre forme di radiazione elettromagnetica nell'ambito delle telecomunicazioni perché, anche (enormemente) attenuate, possono essere ricevute, amplificate e demodulate a destinazione.
- La quasi totalità dei mezzi di comunicazione moderni si basa proprio sulla propagazione di onde elettromagnetiche alla cui base vi è un sistema composto da: trasmissione, diffusione e ricezione delle stesse .
- Le onde radio, identificate in base alla frequenza (numero di cicli al secondo) o alla lunghezza d'onda (distanza percorsa dall'onda in un periodo), vengono usate per scopi diversi: sono impiegate nelle trasmissioni radio e televisive, nelle trasmissioni telefoniche, nei radar, nei sistemi di navigazione, nelle comunicazioni spaziali ed in generale nelle comunicazioni a distanza "senza filo" (wireless).



19

Ing. Alessandro Perfetto

Onde elettromagnetiche: Wireless

- L'utilizzo delle radio frequenze anziché dei classici fili di collegamento per lo scambio di informazioni viene denominato wireless (senza fili).
- Nelle aziende dove il personale può aver bisogno di informazioni ovunque si trovi, utilizzare dispositivi wireless per la connessione conferisce uno strumento affidabile, facile da integrare per incrementare la produttività e risparmiare denaro, migliorando il servizio sia sotto l'aspetto della flessibilità che dell'accesso in real-time .
- Risulta utile anche in tutte quelle applicazioni ove il collegamento con fili non sarebbe possibile; si pensi ai musei o ad edifici antichi ove non è possibile cablare l'intero edificio per non deturpare l'ambiente .



20

Ing. Alessandro Perfetto

Possibili impieghi del wireless

- I vantaggi delle connessioni wireless sono molteplici e le applicazioni sempre più diffuse nella vita di ogni giorno.
- Si pensi, ad esempio, all'utilizzo delle onde elettromagnetiche nelle **comunicazioni cellulari**, alla connessione senza fili tra computer negli uffici così come in casa, all'utilizzo delle onde elettromagnetiche per le **trasmissioni TV** (anche via satellite).
- L'utilizzo contemporaneo in più applicazioni è supportato dall'uso di molteplici portanti radio, che possono coesistere nello stesso spazio senza generare interferenze significative.



21

Ing. Alessandro Perfetto

Wireless: le principali applicazioni

- Molteplici le applicazioni del wireless :
 - **Telefonia cellulare**: è possibile integrare sia il classico servizio di telefonia vocale e di scrittura di brevi messaggi di testo (SMS) sia applicazioni che attualmente sono associate prevalentemente ad internet via cavo.
 - **Fixed Wireless**: connessione dell'ultimo miglio, ossia del tratto telefonico via cavo che va dalla centrale di quartiere alle abitazioni, in modo da ridurre il costo di implementazione ed avere una banda sufficiente.

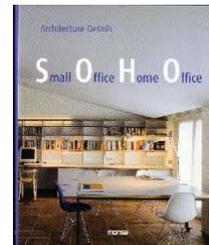


22

Ing. Alessandro Perfetto

Wireless: le principali applicazioni

- **SOHO (Small Office Home Office):** Accanto ai tradizionali dispositivi elettronici analogici domestici (TV, videoregistratore, stereo, telefono), si sono affiancati nuovi dispositivi elettronici digitali (PC, DVD, videocamere, PDA, telefoni cellulari). Si avverte sempre più l'esigenza di interconnettere tali dispositivi tra loro, attraverso un sistema di comunicazione unico, omogeneo e trasparente alle applicazioni. In tal modo sarà presente un sistema di controllo centralizzato (connection center), al quale faranno riferimento tutti i nodi della rete ed anche il nodo di accesso verso l'esterno (home network gateway), grazie al quale si potrà usufruire anche di servizi presenti su internet.



23

Ing. Alessandro Perfetto

Wireless: le principali applicazioni

- **Navigazione satellitare:** moderni sistemi GPS permettono la navigazione in luoghi non conosciuti mediante connessione ad opportuni sistemi satellitari
- **Forno a microonde:** applicazione di onde elettromagnetiche per la cottura di cibi alimentari
- **Microfoni wireless:** possibilità di utilizzare microfoni senza filo in assoluta libertà per applicazioni cinematografiche o spettacoli
- **Tv broadcasting** :eventi(sport, video ecc.) trasmessi a distanza mediante l'uso di onde elettromagnetiche
- **Reti Wireless:** per la connessione di dispositivi e computer in rete spesso si preferisce una connessione senza filo che risulta molto versatile



24

Ing. Alessandro Perfetto

Le reti wireless

- Nelle **reti wireless** i terminali accedono alla rete tramite canali "senza fili". Esempi ne sono:
 - **reti radiomobili**: reti wireless dove i terminali degli utenti possono spostarsi sul territorio senza perdere la connettività con la rete.
 - **reti cellulari**: reti radiomobili la cui copertura geografica è ottenuta con una suddivisione del territorio in aree adiacenti e/o sovrapposte (dette celle).
 - **Wireless LAN (WLAN)**: reti wireless che forniscono coperture e servizi tipici di una rete LAN cablata.



25

Ing. Alessandro Perfetto

Perché usare le reti wireless?

- **Mobilità**: L'assenza di cablaggio permette ai terminali di muoversi; anche se gestire la mobilità rende più complessa la rete.
- **Costi** : in assenza di un cablaggio pre-esistente, una rete wireless è decisamente meno costosa da realizzare rispetto ad una rete cablata e soprattutto realizzabile in musei ed edifici storici.
- **Flessibilità** : è facile ad esempio cambiare rete, così come è facile creare reti "temporanee" da utilizzare in specifiche manifestazioni o eventi.



26

Ing. Alessandro Perfetto

Quali i problemi che emergono:

- **Scarsa capacità di banda:** Il mezzo trasmissivo (in tal caso l'etere) è unico e condiviso da tutti per cui, in generale, si possono servire solo pochi utenti contemporaneamente o, al contrario si è possibile offrire solo bassi tassi trasmissivi.
- **Sicurezza :** In assenza di specifici controlli è più facile intercettare l'informazione, ed è altrettanto facile accedere a servizi non autorizzati.
- **Bassa qualità della comunicazione :** Interferenze, rumore, attenuazioni portano ad elevate probabilità di errore
- **Inquinamento elettromagnetico:** interferenza tra onde presenti nella stessa area
- **Consumo d'energia:** nel caso si voglia sfruttare la mobilità è importante avere bassi consumi per avere una lunga durata dell'energia residua (batteria)



27

Ing. Alessandro Perfetto

Quali le soluzioni ai problemi esposti:

- **Per la Sicurezza :** utilizzare comunque meccanismi di cifratura del traffico e di autenticazione dell'utente
- **Per la Bassa qualità della comunicazione :** introdurre codici di protezione (FEC- Forward Error Correction) più efficaci che diminuisce il tasso trasmissivo reale, oppure applicare tecniche ARQ (Automatic Repeat-reQuest) e tener conto delle perdite di errore nei protocolli ad alto livello (TCP)
- **Per l' Inquinamento elettromagnetico:** controllare la potenza del segnale (possibili effetti sulla salute umana)
- **Per il Consumo d'energia:** adottare meccanismi specifici per il controllo di potenza.



28

Ing. Alessandro Perfetto

Quali le soluzioni ai problemi:

- **Per la Scarsa capacità di banda:** nelle reti cablate, in caso di scarsità di banda si può risolvere aggiungendo un cavo/fibra. Nel caso dell'etere ciò non è possibile perché lo spettro è utilizzato per diversi usi, per cui ogni tipologia di rete (radio broadcasting, radio private, reti cellulari, reti locali, radiofari, ponti-radio, satelliti, ...) ha a disposizione una porzione di banda molto ridotta. La soluzione, in tal caso, è data dalla rapidissima attenuazione subita dai segnali radio che consentono il riutilizzo di frequenze ad una determinata distanza.

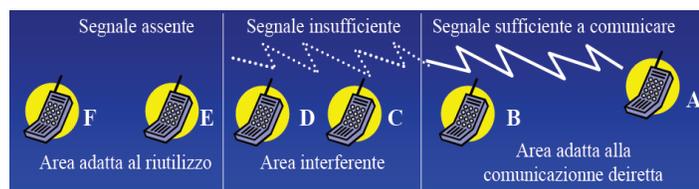


29

Ing. Alessandro Perfetto

Scarsa capacità di banda: una soluzione

- A tal proposito, nel caso di reti cellulari, per sopperire alla scarsa capacità di banda si suole dividere il territorio in celle/aree adiacenti
- In tal modo il segnale radio scompare anche come disturbo dopo solo alcuni Km (da 5 a 100 km a seconda del valore di potenza in Tx).
- Ciò significa che a questa distanza dal trasmettitore la porzione di spettro utilizzata da A e B può essere riutilizzata da F ed E.



30

Ing. Alessandro Perfetto

Tipologie di reti wireless

- Esistono fondamentalmente tre tipologie di reti wireless:
 - Reti geografiche
 - Reti d'accesso
 - Reti locali e ad uso specifico



31

Ing. Alessandro Perfetto

Reti geografiche wireless

- Le sole reti geografiche completamente wireless sono quelle che utilizzano i satelliti; si tratta però il più delle volte di reti diffusive o comunque di *backbone*.
- Le reti radiomobili cellulari sono reti geografiche, ma solo la prima parte della rete è in effetti wireless (la parte che comunica con il terminale mobile) mentre la restante parte, di solito è cablata.
- Per quanto concerne le reti radiomobili cellulari ne esistono due tipologie classificabili come geografiche:
 - rete GSM
 - rete UMTS



32

Ing. Alessandro Perfetto

Rete GSM

- GSM è il primo standard di comunicazione cellulare *globale: nato in Europa*
- Standard digitale integrato con ISDN. Accesso a tutti i nuovi servizi: identificatore di chiamata, chiamata a tre, avviso di chiamata ecc. ecc..
- Chiamate sono crittate: garanzia della privacy.
- Possibilità trasmissione dati: modem e sms (short messaging service).
- Per essere globale a livello Europeo GSM nasce come open standard architetture (OSA), seguendo il modello di Internet. Non è uno standard proprietario ma viene definito da un istituto (ETSI) a cui chiunque sia interessato può partecipare.
- La competizione tra le aziende manifatturiere ha determinato una riduzione sia dei costi dell'infrastruttura che dei terminali mobili.



33

Ing. Alessandro perfetto

Rete UMTS

- I due maggiori successi commerciali degli anni 90 sono stati GSM e Internet.
- UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) doveva essere lo standard che li integrava offrendo:
 - mobilità tipica di un sistema cellulare.
 - larga banda: fino a 2 Mbit/s (molto più che i 40kbit/s del GPRS).
 - accesso radio al traffico dati alternativo a quelli tradizionali via cavo.
- Nuovi servizi offerti all'utenza legati alla disponibilità di larga banda:
 - MMS.
 - Videochiamata.
 - Servizi basati sulla localizzazione dell'utente



34

Ing. Alessandro perfetto

Reti d'accesso wireless

- La rete di accesso è la parte più costosa di una rete geografica perché ha un numero elevato di punti (utenti) da interconnettere e ogni punto genera sul totale un quantità di traffico ridotta. In assenza di infrastrutture già presenti, utilizzare una rete wireless per l'accesso può essere una soluzione economicamente molto vantaggiosa.
- Le reti geografiche di questo tipo possono essere suddivise in due categorie:
 - **Di Trasporto** (infrastrutture; es. la fibra ottica): è quella che "trasporta" su lunghe medie distanze traffico aggregato. È la parte "centrale" della rete, veicola grandi volumi di traffico e deve avere una elevatissima affidabilità (un guasto blocca molti utenti); è per lo più realizzata tramite fibre ottiche
 - **Di Accesso** (scavo per fibra ottica da portare nelle case): raccoglie il traffico di ogni singolo utente, lo concentra e lo veicola sulla rete di trasporto



35

Ing. Alessandro Perfetto

Reti locali wireless e ad uso specifico

- Delle reti ad usi specifici ne fanno parte:
 - **Personal Area Network (Bluetooth)**: estensione limitata ad un ambiente, pensate in particolare per ridurre o eliminare il cablaggio in un singolo ufficio.
 - **Body Area Network**: estensione limitata al "corpo". Da realizzare nel prossimo futuro!
 - **Sensor Network**: il cui compito è interconnettere apparati di misura e attuatori. Gli ambiti applicativi potrebbero essere ad esempio la sensoristica sul territorio e macchine/sensori in ambiente industriale
 - **Wireless LAN (WLAN)**: standard IEEE 802.11 (Wi-Fi)



36

Ing. Alessandro Perfetto

Wireless LAN:

- Le *Wireless LAN (WLAN)* sono reti wireless che forniscono coperture e servizi tipici di una rete LAN cablata.
- Si tratta di una rete locale in cui le stazioni terminali (e talvolta anche i nodi intermedi) usano collegamenti senza fili; sono pensate come reti mobili, ma la mobilità è in genere intesa come relativamente lenta rispetto agli elementi presenti.
- Lo scopo principale è quello sia di eliminare i cablaggi sia di "liberare" gli utenti da postazioni di lavoro fisse.
- Sono usate anche come reti d'accesso



37

Ing. Alessandro Perfetto

Wireless LAN:l'ambiente

- L'ambiente in cui si sviluppano reti LAN è definibile come "difficile"; in esso è presente difatti:
 - interferenze e rumore
 - qualità variabile nello spazio e nel tempo
 - può essere condiviso con eventuali elementi WLAN "non richiesti"
 - può essere condiviso con elementi non-WLAN
- Non si può assumere la connettività completa (presenza di stazioni nascoste)
- È disciplinato da diversi regolamenti internazionali



38

Ing. Alessandro Perfetto

Wireless LAN: le problematiche

- Due le problematiche principali:
 1. Presenza della mobilità:
 - a cui si lega la variazione dell' affidabilità del collegamento
 - limitato funzionamento a batteria: necessario il *power management*
 - gestione del movimento
 2. Sicurezza:
 - nessun confine fisico
 - possibili LAN sovrapposte



39

Ing. Alessandro Perfetto

Wireless LAN: IEEE 802.11

- Per le WLAN viene utilizzato lo standard IEEE 802.11 che è stato pubblicato nel 1997 e che inizialmente prevedeva l'utilizzo della banda ISM 2.4 GHz e le velocità di trasmissione a 1-2 Mb/s.
- Nel 1999 è stato aggiornato (**IEEE 802.11:1999**) con l'introduzione di nuove modulazioni e velocità più elevate definendo due nuove versioni:
 - **802.11a**: velocità 5.5 e 11 Mb/s banda 2.4Ghz, copertura 15-30 mt
 - **802.11b**: 6,9,12,18,24,36,48 e 54 Mb/s banda 5Ghz, copertura 50-100 mt
- Sempre nel 1999 è stato adottato dall'OSI/IEC come 8802-11:1999.
- Nel 2003 un' ulteriore evoluzione ha portato alla definizione delle specifiche **802.11g** (stesse velocità dell'11° ma con banda 11b).
- Questo standard è anche chiamato **Wireless Fidelity (Wi-Fi)** dal nome di una associazione di costruttori che lo promuove e verifica l'interoperabilità dei prodotti



40

Ing. Alessandro Perfetto

IEEE 802.11: caratteristiche

- Le caratteristiche principali per cui nasce lo standard IEEE 802.11 è legata a soddisfare le seguenti caratteristiche principali:
 1. Un singolo MAC che supporti diversi livelli fisici
 - Canali singoli e multipli
 - Differenti caratteristiche di "Medium sense"
 2. Permettere la sovrapposizione di più reti nella stessa area geografica
 3. Robustezza all'interferenza
 4. Risolvere il problema dei nodi nascosti
 5. Fornire supporto ai traffici con requisiti di ritardo massimo



41

Ing. Alessandro Perfetto

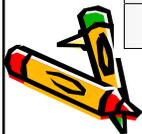
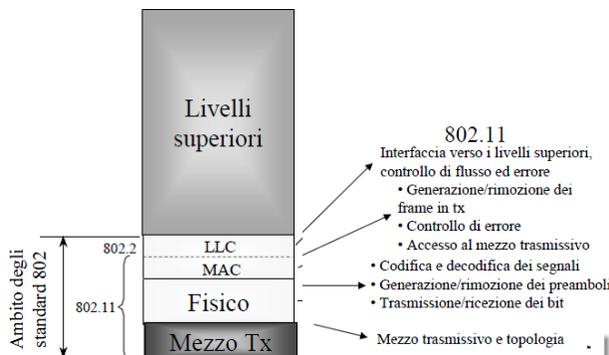
IEEE 802.11

- Le specifiche del protocollo riguardano i due livelli più bassi del modello ISO/OSI e si collocano all'interno del gruppo di standard IEEE 802 definiti per le LAN

Modello ISO



Modello IEEE 802

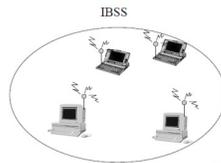


42

Ing. Alessandro Perfetto

Architettura IEEE 802.11

- L'architettura IEEE 802.11 è di tipo cellulare; il sistema è diviso in celle, le basic service set (BSS), ovvero un insieme di stazioni che trasmettono e ricevono trame, ognuna delle quali è controllata da una stazione particolare chiamata Access Point. Più BSS possono essere connesse tra loro attraverso un sistema di distribuzione (distribution system DS) per formare un **extended service set (ESS)**; tutte le stazioni dello stesso ESS appaiono come appartenenti allo stesso BSS agli strati superiori dell'architettura. In questo caso l'Access Point fornisce l'accesso al DS a tutte le stazioni del BSS. Il DS nella maggior parte dei casi è una LAN cablata della famiglia 802.X, ma nulla vieta di implementarlo attraverso un collegamento wireless.

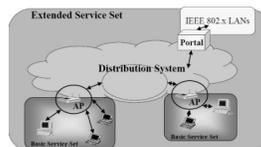


43

Ing. Alessandro perfetto

Architettura IEEE 802.11

- Il DS fornisce anche il collegamento ad altre tipologie di reti LAN, tramite un componente logico dell'architettura, un portale (portal); le reti non wireless collegate al DS vengono dette integrate. Se siamo di fronte a un BSS non connesso tramite un DS si parla di independent BSS (IBSS), o anche di rete ad hoc. Questo tipo di rete, del tipo peer to peer, può essere formata anche da sole due stazioni, e in genere si forma per scopi temporanei, ad esempio riunioni o convegni.



44

Ing. Alessandro perfetto

IEEE 802.11 servizio di autenticazione

- Lo standard 802.11 prevede una serie di servizi che il livello LLC richiede per poter trasferire *MAC Service Data Units (MSDU)* tra due entità LLC in rete.
- Il MAC 802.11 fornisce tali servizi che rientrano in due categorie principali:
 - **Station Services**
 - Authentication, Deauthentication, MSDU Delivery e Privacy; sono i soli servizi disponibili per le reti IBSS;
 - **Distribution System Services**
 - Association, Disassociation, Distribution, Integration e Reassociation; disponibili solo per gli ESS.



45

Ing. Alessandro Perfetto

IEEE 802.11 servizio di autenticazione

- È il meccanismo utilizzato per stabilire l'identità della stazione che deve comunicare.
- Lo scopo è fornire un livello di sicurezza pari a quello della LAN cablate.
- Ogni stazione 802.11 deve effettuare l'autenticazione per stabilire se essere abilitato a scambiare dati ("associazione") con un'altra stazione.
- 802.11 prevede due meccanismi di autenticazione:
 1. **Open system authentication (non sicuro)** : le parti si scambiano una trama contenente la propria identità senza nessun algoritmo di autenticazione;
 2. **Shared key**: le parti possiedono una chiave segreta condivisa che deve avvenire attraverso un canale sicuro esterno a 802.11; l'autenticazione avviene cifrando un messaggio di prova.
Il meccanismo è:
 - la stazione che richiede l'autenticazione invia il messaggio di prova;
 - l'altra stazione cifra il messaggio;
 - la stazione iniziale verifica la corretta cifratura del messaggio.



46

Ing. Alessandro Perfetto

IEEE 802.11: servizio di de-autenticazione

- Servizio per terminare un' autenticazione esistente verso un'altra stazione.
- La stazione che intende de-autenticarsi manda un *frame di notifica*.
- Il servizio non può essere rifiutato dalla stazione ricevente la notifica.



47

Ing. Alessandro Perfetto

IEEE 802.11: servizio di privacy

- Nelle reti wireless il traffico può essere osservato da chiunque si trovi nelle vicinanze.
- L'autenticazione in tal caso risulta un elemento importante perché consente di stabilire l'identità delle parti comunicanti.
- Lo standard, inoltre, prevede l'uso opzionale della cifratura per garantire la segretezza delle comunicazioni.
- L'algoritmo utilizzato è denominato **WEP** (*Wired Equivalent Privacy*) ed ha lo scopo di fornire un livello di sicurezza paragonabile a quello delle LAN cablate
 - ogni utente autorizzato è quindi in grado di osservare il traffico di tutti gli altri.
- La configurazione standard delle interfacce è quello dell'invio in chiaro. Se si richiama il servizio Privacy la stazione si configura per la cifratura e non accetta più trame in chiaro.



48

Ing. Alessandro Perfetto

Sicurezza: Wired Equivalent Privacy (WEP)

- L'802.11 prevede un meccanismo di sicurezza che dovrebbe fornire lo stesso livello di sicurezza di una LAN cablata che consiste nel solo collegamento fisico. In tal caso i dati sono visibili a tutti gli utenti appartenenti alla stessa LAN;
- Nelle WLAN la sicurezza si poggia sulla crittografia e sulla condivisione da parte degli utenti della stessa chiave simmetrica
- Ci sono due parti del WEP che sono descritte nello standard. La prima è la fase di autenticazione, la seconda fase di encryption.
- L'idea che è alla base è la seguente : quando un nuovo dispositivo mobile vuole unirsi alla rete deve provvedere alla sua identificazione. Abbiamo quindi la necessità di studiare meglio il concetto di autenticazione, perché la sua implementazione in WEP si è rivelata un'impresa inutile
- Lo scopo dell'autenticazione è quello di dimostrare che ogni device sia quello che sostiene essere.



49

Ing. Alessandro Perfetto

Sicurezza: Wired Equivalent Privacy (WEP)

- Proprietà dell'algoritmo WEP
 - *ragionevole sicurezza*
 - resistente agli attacchi a forza bruta;
 - cambio frequente delle chiavi/IV;
 - *auto-sincronizzazione*
 - fondamentale per un livello di linea soggetto ad un alto tasso di errore;
 - *efficienza*
 - WEP può essere realizzato in sw o hw;
 - *esportabilità*
 - non ci sono garanzie che tutte le implementazioni del WEP possano essere esportate dagli USA;
 - *discrezionalità*
 - l'utilizzo di WEP non è obbligatorio.



50

Ing. Alessandro Perfetto

WPA: alternativa al WEP

- Il protocollo si chiama WPA (Wireless Protected Access) e rappresenta solo alcune delle funzioni presenti nello standard IEEE 802.11i. WPA può essere utilizzato in due modalità, Personal ed Enterprise la prima appropriata per piccoli uffici e in generale per reti di piccole dimensioni, la seconda invece permette di gestire reti più estese.
- La successiva implementazione del WPA è il WPA2 che implementa interamente le funzioni definite nello standard 802.11i, prevede entrambi i modi Personal ed Enterprise e la sostanziale differenza con il suo predecessore è che WPA2 fornisce un migliore meccanismo di crittaggio.
- Rispetto al WEP, il WPA introduce una migliore crittografia dei dati poiché per cifrare i dati utilizza RC4 con una chiave a 128 bit e un vettore di inizializzazione a 48 bit



51

Ing. Alessandro perfetto

WI-FI

- L'*IEEE 802.11 (ISO/IEC 8802-11)* è uno standard internazionale che descrive le caratteristiche di una rete locale senza fili (*WLAN*).
- Il nome **Wi-Fi** (contrazione di *Wireless Fidelity*, talvolta siglato a torto *WiFi*) corrisponde inizialmente al nome dato alla certificazione rilasciata dalla *Wi-Fi Alliance*, già *WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance)*, che è l'organismo incaricato di mantenere l'interoperabilità tra gli hardware che rispondono alla norma 802.11.
- Per abuso di linguaggio (e per ragioni di marketing) il nome della norma si confonde oggi con quello della certificazione. Così una rete *Wifi* è in realtà una rete che risponde alla norma 802.11.



52

Ing. Alessandro Perfetto

Wi-fi libero?

- Per motivi di sicurezza legati a norme antiterrorismo nel 2006 in Italia è entrato in vigore il cosiddetto *Decreto Pisanu* che, tra le tante norme sulla sicurezza, imponeva l'obbligo al gestore privato che installava una rete locale Wi-Fi connessa alla rete Internet di chiederne preventivamente l'autorizzazione alla questura e contemporaneamente l'obbligo da parte dell'utente di registrarsi presso il gestore stesso con le proprie credenziali d'identità ovvero i dati anagrafici da documento d'identità.
- Tale situazione è cambiata a partire dal 1° gennaio 2011 non prorogando il decreto e liberalizzando così l'accesso Internet tramite Wi-Fi, sul quale però restano ancora mille interrogativi su quale sia il corretto iter da seguire per eventuali esercenti pubblici che volessero offrire un servizio WI-FI alla propria clientela.



53

Ing. Alessandro Perfetto

Onde elettromagnetiche nocive?

- La normativa in vigore per le applicazioni agli **elettrodotti** (D.P.C.M. del 23.4. e D.P.C.M. 28.9.95) indica dei limiti massimi di esposizione in 100 microTesla e distanze da rispettare per i campi elettromagnetici a bassa frequenza di 28, 18 e 10 metri dal filo rispettivamente per elettrodotti da 380, 220 e 132 KV. Questi limiti fanno riferimento a esposizioni di breve durata (effetti a breve termine) e non ad esposizioni prolungate (effetti a lungo termine).



54

Ing. Alessandro Perfetto

Onde elettromagnetiche nocive?

- In Italia, per i campi elettromagnetici generati da alte frequenze (cellulari) ,è in vigore il **Decreto Ministero Ambiente 10/09/1998 n. 381** recante "Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana": entrato in vigore il 2 Gennaio 1999, che fissa per le frequenze comprese nell'intervallo 3 Mhz - 3 Ghz i seguenti limiti
 - Edifici e ambienti in cui la presenza risulta saltuaria o inferiore a 4 ore
campo elettrico, 20 V/m
campo magnetico, 0,05 A/m
densità di potenza, 1 W/mq
 - Per edifici abitati a permanenze non inferiori a 4 ore, i limiti diventano:
campo elettrico, 6 V/m
campo magnetico, 0,016 A/m
densità di potenza, 0,1 W/mq
- Tali limiti sono principalmente riferiti agli effetti termici delle onde elettromagnetiche.



55

Ing. Alessandro Perfetto

Onde elettromagnetiche nocive?

- Per quanto concerne le **onde ionizzanti** sappiamo che sono dannose possono causare danni rilevanti al sistema biologico, ed è infatti risaputo che anche piccole dosi di raggi ultravioletti o radiazioni ionizzanti (radioattività) possono determinare patologie anche molto gravi.
- In riferimento alle **onde non ionizzanti** l'effetto biologico dipende molto dalla loro frequenza sicché anche per questo tipo di onde si è soliti adottare un'ulteriore differenziazione .



56

Ing. Alessandro Perfetto

Onde non ionizzanti

- **Frequenza estremamente bassa (ELF):** i campi (elettrici e magnetici) a frequenza estremamente bassa, si formano prevalentemente in corrispondenza di apparecchiature o cavi elettrici in ambienti domestici o lavorativi, oppure a ridosso delle linee ad alta tensione o dei trasformatori. Per le ELF il campo elettrico ed il campo magnetico possono essere considerati separatamente. Il fattore determinante è però il campo magnetico, che a differenza del campo elettrico è più difficile da schermare. L'effetto biologico principale dei campi a bassa frequenza è di produrre all'interno del nostro organismo (per la cosiddetta induzione) delle correnti elettriche che si possono sovrapporre a quelle naturali, dando vita, soprattutto in presenza di elevate intensità di campo, a sovraccitazioni nervose e muscolari (azione irritativa sul sistema nervoso centrale)



57

Ing. Alessandro Perfetto

Onde non ionizzanti

- **Radiofrequenze e microonde:** i campi a radiofrequenza e microonde (RF), vengono utilizzati soprattutto nelle telecomunicazioni, per esempio nei trasmettitori, nella telefonia mobile o anche a livello domestico nei forni a microonde. Per l'alta frequenza il campo elettrico e magnetico divengono un fenomeno unico, interdipendente, denominato campo elettromagnetico. Esso è relativamente facile da schermare (per esempio coi muri degli edifici, i tetti di lamiera o le tappezzerie a conduzione elettrica). Alle alte frequenze, soprattutto in presenza di elevate intensità di campo, predominano gli effetti cosiddetti termici, ossia il riscaldamento dei tessuti corporei dovuto all'assorbimento delle radiazioni



58

Ing. Alessandro Perfetto

Effetti termici

- Gli effetti delle onde non ionizzanti ad alta frequenza riguardo agli effetti sanitari dei campi elettromagnetici in generale si distinguono tra
 - **effetti termici**: sono connessi all'assorbimento di energia ed al conseguente aumento della temperatura nel tessuto irradiato. Per misurare l'energia radiante assorbita dal corpo umano nell'unità di tempo si utilizza il cosiddetto SAR (acronimo di specific absorption rate) o anche "tasso d'assorbimento specifico" (TAS) espresso in watt per chilogrammo di massa corporea (W/kg).



59

Ing. Alessandro Perfetto

Effetti atermici

- **Effetti atermici**: ci sono effetti non strettamente legati al solo riscaldamento dei tessuti, quali ad esempio: alterazioni dell'attività enzimatica, modifica del tenore di calcio nelle cellule, alterazioni delle proteine della membrana cellulare e modifica del trasporto di ioni attraverso la membrana stessa. Tutti questi effetti possono tradursi in alterazioni più o meno manifeste della funzione cellulare, con conseguenze sulla salute umana ancora tutte da approfondire e verificare



60

Ing. Alessandro Perfetto

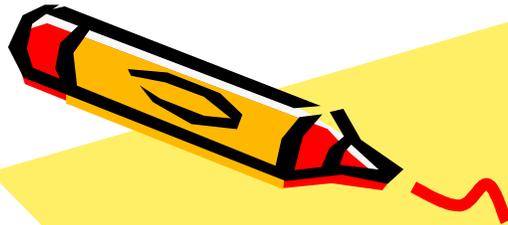
Onde nocive alla salute umana?...il punto

- Attualmente, analogamente ad altri agenti i cui effetti biologici sono in parte ancora ignoti, le ricerche stanno cercando di chiarire alcuni aspetti considerati particolarmente critici e quindi ancora oggetto di ulteriori studi.
- Si va alla ricerca di possibili correlazioni tra campi elettromagnetici e patologie .



61

Ing. Alessandro Perfetto



Optoelettronica

Ing. Alessandro Perfetto

alessandroperfetto@email.it



Introduzione

- **L'optoelettronica** è la disciplina che prende in considerazione gli aspetti dell'elettronica legati all'ottica.
- Studia particolari dispositivi elettronici in cui il flusso di elettroni (corrente) interagisce con un flusso di fotoni (luce) intendendo anche radiazioni non percepibili all'occhio umano quali: raggi gamma, raggi X, radiazione ultravioletta e radiazione infrarossa.

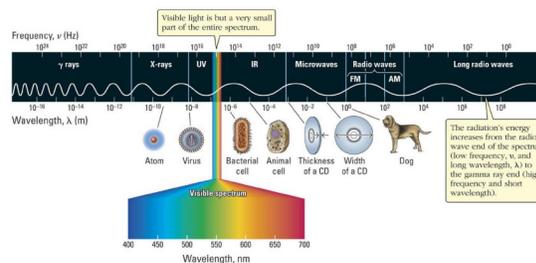


63

Ing. Alessandro Perfetto

Lo spettro del visibile

- Come si vede nello spettro elettromagnetico la regione ottica (del visibile) copre una stretta gamma di frequenze attorno ai $10^{14} - 10^{15}$ Hz.
- Consideriamo, quindi, la luce come un'onda elettromagnetica classica, cioè una perturbazione di natura elettromagnetica che si propaga secondo un modello ondulatorio.

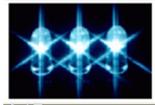
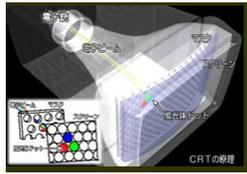


64

Ing. Alessandro Perfetto

Ambiti applicativi dell'optoelettronica

- L'opto-elettronica spazia in diversi campi partendo dagli elementi e dispositivi emettitori di luce alle applicazioni per display, ai dispositivi per le immagini, alle memorie ottiche, ai sistemi di comunicazione in fibra ottica ai foto-rilevatori sino ai fotodiodi applicati per le celle fotovoltaiche e alla telemetria laser.
- Vediamo alcune applicazioni:

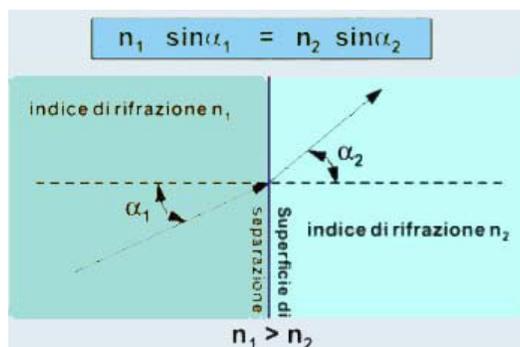


65

Ing. Alessandro Perfetto

Applicazione 1: le fibre ottiche

- Ricordiamo che un raggio luminoso che incide su una superficie di interfaccia tra due mezzi di indici diversi ($n_1 > n_2$) viene in parte riflesso e in parte rifratto (trasmesso), secondo la nota **legge di Snell** (o legge dei seni):



66

Ing. Alessandro Perfetto

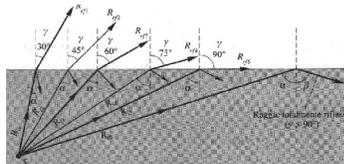


Le fibre ottiche: premessa

- Poiché $n_2 < n_1$, α_2 tende ad aumentare al crescere di α_1 sino a quando si arriva alla condizione per cui si ha $\alpha_2 = \frac{\pi}{2}$, ovvero assenza di raggio rifratto.
- In quest'ultima situazione si è in presenza del fenomeno di **riflessione totale**, in cui l'angolo di incidenza oltre il quale si ha assenza di rifrazione

$$\alpha_L = \arcsen\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

è generalmente indicato come *angolo critico o limite*.



67

Ing. Alessandro Perfetto

Fibre ottiche

- La trasmissione della luce attraverso una fibra fonda sul fenomeno della riflessione totale interna che si presenta quando la luce incide obliquamente sull'interfaccia tra due mezzi di diverso indice di rifrazione, con un angolo più grande dell'angolo critico (in modo che ci sia assenza di rifrazione).
- Il vetro, se stirato a dimensioni micrometriche, perde la sua caratteristica di "fragilità" e diventa flessibile e robusto. Una fibra ottica si presenta proprio come un sottilissimo filo di materiale vetroso.

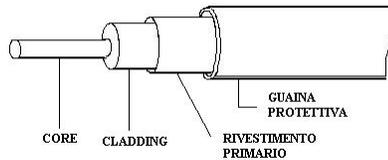


68

Ing. Alessandro Perfetto

Fibra ottica

- Per migliorare le caratteristiche delle fibre O'Brien e, poi, Hansen proposero negli anni '50, l'introduzione di un mantello ossia di un ulteriore strato di vetro esterno come secondo mezzo (invece dell'aria).
- In questo modo si può fissare il valore di n_2 oltre a renderlo uniforme nel tempo e nello spazio così come per la superficie di separazione.
- Possiamo asserire che una fibra ottica è costituita da due parti: la parte più **interna** prende il nome di **nucleo** (o **core**), mentre quella **esterna** è il cosiddetto **mantello** (o **cladding**).

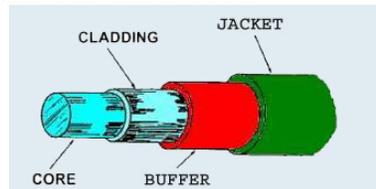
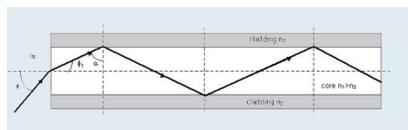


69

Ing. Alessandro Perfetto

Fibra ottica

- Inoltre vi è un rivestimento primario polimerico (o **buffer**) ed una guaina protettiva polimerica (o **jacket**).
- Il **buffer** ha la funzione di proteggere la fibra da agenti esterni e irrobustirla meccanicamente.
- Il **jacket** evita fenomeni di microbending e porta ad un aumento del coefficiente di attenuazione.
- Il **core** ($n_2=1.475$) ed il **cladding** ($n_1=1.5$) hanno indici di rifrazione diversi (per quanto prima detto).



Struttura di una fibra

70

Ing. Alessandro Perfetto

Le fibre e i modi

- I raggi che si propagano all'interno di una fibra ottica possono essere classificati in due categorie:
 - Meridionali : raggi che attraversano l'asse della fibra dopo ogni riflessione.
 - Obliqui : raggi paralleli all'asse della fibra che viaggiano lungo tutta la lunghezza della linea senza subire riflessioni.
- La teoria di base delle fibre è realizzata basandosi sui raggi meridionali, che possono essere suddivisi in due classi: Modi di basso ordine e modi di alto ordine
- I modi di basso ordine sono caratterizzati da un minor numero di riflessioni rispetto a quelli ad alto ordine



71

Ing. Alessandro perfetto

Fibre ottiche monomodali :

- Le fibre monomodali consentono la propagazione di luce secondo un solo modo perché si è costretti dal diametro molto piccolo del core ad una propagazione parallela all'asse della fibra
- Il modo di propagazione rettilineo si dice di *ordine zero*.
- Con fibre monomodali si trasmette con Laser che sono più costosi dei LED, ma coprono distanze maggiori a velocità maggiori
- Vantaggi:
 - elevato tempo di vita (circa 20 anni);
 - assenza di dispersione;
 - minima perdita della potenza ottica;
 - bassa attenuazione < 0,45 dB/Km (a $\lambda = 1300$ nm);
 - ampia larghezza di banda > 10 GHz/Km (a $\lambda = 1300$ nm).
- Gli svantaggi :
 - problemi di connessione a causa del piccolissimo diametro del core (perdite per disallineamento laterale)
 - elevata potenza ottica richiesta.

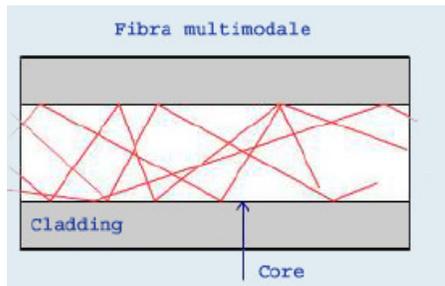


72

Ing. Alessandro Perfetto

Classificazione delle fibre ottiche:

- Questo tipo di fibre si differenzia dalle precedenti innanzitutto per le maggiori dimensioni: il diametro del core è di $50\ \mu\text{m}$ e quello del cladding è di $125\text{-}150\ \mu\text{m}$.
- Consentono la propagazione di più modi di propagazione.

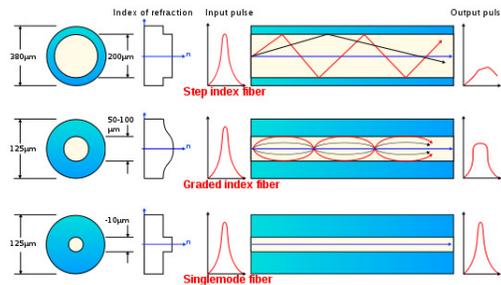


73

Ing. Alessandro Perfetto

Le fibre ottiche

- La produzione delle fibre ottiche può essere divisa in tre categorie principali: per il trasporto di immagini, per il trasporto di luce e per il trasporto o amplificazione di radiazione.
- Esistono anche dei sensori a fibra che vengono utilizzati per monitorare variabili ambientali come pressione e temperatura.
- Un confronto tra fibre:



74

Ing. Alessandro Perfetto

Giunzioni tra fibre ottiche

- La giunzione tra due fibre può essere realizzata mediante:
 - **Giunti a fusione:** saldando (fusion splicer) tra loro le due estremità dopo opportuno allineamento (clivaggio)
 - **Giunti meccanico:** bloccando la due fibre nella posizione migliore tramite accoppiamento di tipo meccanico
 - **Connettori meccanici** :da utilizzare quando la giunzione tra le due fibre non è definitiva



75

Ing. Alessandro Perfetto

Applicazione 2: Telemetria laser

- I laser trovano impiego in svariati tipi di applicazioni che hanno come scopo la misura della distanza.
- Innumerevoli sono i settori e le discipline che hanno tratto vantaggio da queste applicazioni:
 - oceanografia
 - edilizia
 - campo militare
 - campo industriale



76

Ing. Alessandro Perfetto

Applicazione 3: Memorie ottiche

- Hanno proprietà analoghe a quelle delle memorie magnetiche e sono in genere caratterizzate da supporti non riscrivibili
- Adatte a memorizzare grandi quantità di dati, ma non alla memorizzazione di dati da elaborare esistono dispositivi magneto-ottici, che consentono di modificare le informazioni memorizzate.
- La registrazione delle informazioni sul supporto avviene per mezzo di un raggio laser che crea sottili scanalature sulla superficie del disco, si crea così una alternanza di zone chiare e scure 0/1. Un misuratore fotoelettrico misura i diversi gradi di rifrazione della luce che vengono convertiti in forma binaria.
- Il cd rom non è altro che un sottile disco di vetro che viene ricoperto con una speciale vernice e successivamente inciso con un laser comandato da sequenze di 0 e 1.



77

Ing. Alessandro Perfetto

Memorie ottiche

- Sono preferiti dai produttori di software perché un più difficili da copiare illegalmente, non consentono la trasmissione di virus.
 - CD-ROM - possono archiviare sino a 720 megabyte . La velocità di lettura dipende dal dispositivo fisico segnalato sull'unità (4x, 8x, 16x..)
 - CD-R : vengono scritti una volta sola, servono per aziende che archiviano i loro dati costituisce una garanzia di sicurezza.
 - CD-RW : registrabili e cancellabili il materiale che li costituisce viene portato da uno stato cristallino a uno stato amorfo
 - DVD (digital video disk):i dati vengono registrati in forma compressa raggiungendo una capacità di 17 Gygabyte cioè 30 volte quella di un cd-rom
 - Altro (Blu-Ray,DMD,Mini disc,Dual Disc,ecc): Il BLU-RAY DISC o più semplicemente BD è un supporto ottico lanciato da Sony, utilizzato per i FILM in Alta definizione ed in particolar modo per i videogame per PS3.
La capienza di base è di circa 25 GB ma il doppio strato del suddetto supporto aumenterebbe le dimensioni sino a 50 gigabyte



78

Ing. Alessandro Perfetto

Applicazione 4: Led ed illuminazione

- I LED sono sempre più utilizzati in ambito illuminotecnico in sostituzione di alcune sorgenti di luce tradizionali. Il loro utilizzo diventa sempre più interessante grazie a rendimenti in costante crescita (attualmente 40-60 lm/W). Come termine di paragone basti pensare che una lampada ad incandescenza ha rendimenti di circa 20 lm/W, mentre una alogena di 25 lm/W ed una fluorescente lineare fino a 104 lm/W.



Ing. Alessandro Perfetto

Vantaggi del LED per illuminazione

- Vantaggi dei LED dal punto di vista illuminotecnico sono:
 - durata di funzionamento (LED ad alta emissione arrivano a circa 50.000 ore)
 - assenza di costi di manutenzione
 - elevato rendimento (se paragonato a lampade ad incandescenza e alogene)
 - luce pulita perché priva di componenti IR e UV
 - facilità di realizzazione di ottiche efficienti in plastica
 - flessibilità di installazione del punto luce
 - colori saturi
 - possibilità di un forte effetto spot (sorgente quasi puntiforme)
 - funzionamento in sicurezza perché a bassissima tensione (normalmente tra i 3 e i 24 Vdc)
 - accensione a freddo (fino a -40°C) senza problemi
 - insensibilità a umidità e vibrazioni
 - assenza di mercurio



80

Ing. Alessandro Perfetto

Applicazione 5: Sistemi di telecomunicazione fibra ottica

- I moderni sistemi di telecomunicazione sono costituiti in genere da:
 - un **trasmettitore**: (laser a semiconduttore o un **LED** a seconda delle frequenze impiegate) dispositivo optoelettronico utilizzato per la codifica dei segnali elettrici in segnali luminosi;
 - **fibre ottiche**: per la trasmissione dei segnali luminosi;
 - **fotorilevatore**: per la riconversione dei segnali luminosi in segnali elettrici.



81

Ing. Alessandro Perfetto

Trasmettitore: LED

- I LED sono uno speciale tipo di diodi, formati da un sottile strato di materiale semiconduttore drogato. Quando sono sottoposti ad una tensione diretta per ridurre la barriera di potenziale della giunzione, gli elettroni della banda di conduzione del semiconduttore si ricombinano con le lacune della banda di valenza rilasciando energia sufficiente da produrre fotoni.
- A causa dello spessore ridotto del chip un ragionevole numero di questi fotoni può abbandonarlo ed essere emesso come luce.
- Un Led è sostanzialmente un diodo optoelettronico che in fase di conduzione emette radiazione nel vicino IR.
- Esso è costituito da una giunzione PN che quando viene polarizzata direttamente converte il moto degli elettroni in emissione fotonica, cioè emette dei quanti di luce.
- Un LED è sostanzialmente simile ad un diodo, solo che il suo livello di soglia di conduzione è relativamente più basso



82

Ing. Alessandro Perfetto

Trasmittitore: LASER

- Il laser è l'acronimo di Light Amplification Stimulated emission of radiation ed è una sorgente di radiazione coerente ove la radiazione prodotta mantiene una certa relazione di fase con sé stessa durante la sua propagazione. Ciò rende le emissioni fotoniche sono in fase, parallele, direzionali e monocromatiche (o quasi).
- Il funzionamento di un laser si basa sul principio dell'emissione stimolata di radiazione ed utilizza a frequenze prossime a 5 Ghz.



83

Ing. Alessandro Perfetto

Trasmittitore: LASER

- Inoltre la luminosità delle sorgenti laser è elevatissima a paragone di quella delle sorgenti luminose tradizionali.
- Le tre proprietà :coerenza, monocromaticità e alta luminosità, sono alla base dell'ampia applicazioni che i dispositivi laser hanno avuto e continuano ad avere nei campi più disparati:
 - l'elevatissima luminosità data dal concentrare una grande potenza in un'area molto piccola, permette ai laser il taglio, l'incisione e la saldatura di metalli;
 - la monocromaticità e coerenza li rende ottimi strumenti di misura di distanze, spostamenti e velocità anche piccolissimi, dell'ordine del millesimo di millimetro
 - sempre la monocromaticità li rende adatti a trasportare informazioni nelle fibre ottiche o nello spazio libero anche per lunghe distanze come avviene nelle comunicazioni ottiche



84

Ing. Alessandro Perfetto

Trasmettitore: LASER a semiconduttore

- Esso è in pratica un normale diodo a semiconduttore, nel quale diviene attiva una piccola zona, un sottile strato dell'ordine di qualche decina di μm attorno alla giunzione.
- Tipicamente il laser a semiconduttore più utilizzato è del tipo InGaAs (Arseniato di indio e gallio) o InGaAsP (Arseniato fosfide di indio e gallio).
- ...foto



85

Ing. Alessandro Perfetto

Mezzo trasmissivo: fibra ottica

- Rappresentano il mezzo di trasmissione per il segnale ottico e devono garantire perdite minime onde evitare l'utilizzo di ripetitori per l'amplificazione del segnale nei sistemi di comunicazione su lunghe distanze. Queste perdite sono invece tollerabili su brevi distanze.



86

Ing. Alessandro Perfetto

Ricevitori: fotorilevatori

- Sono dei dispositivi per la riconversione dei segnali luminosi in segnali elettrici.
- I rivelatori ottici sono essenzialmente dei fotodiodi con giunzioni PIN (Positive Intrinsic Negative) ottenute lasciando uno strato di semiconduttore non drogato (intrinseco) al centro di una barretta alle cui estremità si è praticato il drogaggio P e N. Il diodo viene polarizzato inversamente e la luce colpisce lo strato intrinseco. La luce incidente, libera coppie elettrone-lacuna, generando una foto-corrente proporzionale all'energia luminosa.
- I fotorilevatori devono essere collegati all'altra estremità della fibra.

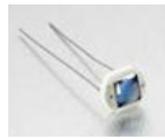


87

Ing. Alessandro Perfetto

Applicazione 6: Celle fotovoltaiche

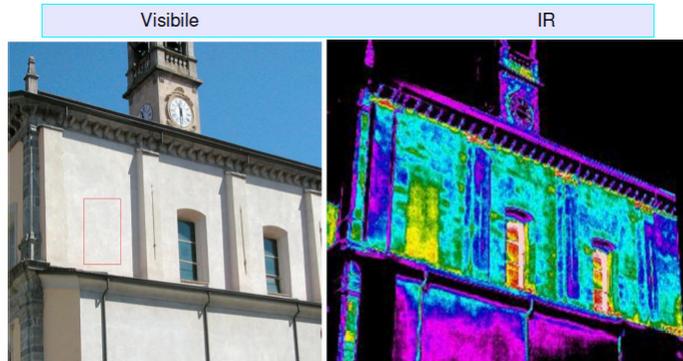
- Il **fotodiodo** (o cella fotovoltaica) è un sensore capace di ricevere la radiazione luminosa e trasformarla in un segnale elettrico.
- Un **modulo fotovoltaico** è un dispositivo in grado di convertire l'energia solare direttamente in energia elettrica mediante effetto fotovoltaico ed è impiegato come generatore di corrente in un impianto fotovoltaico. Spesso sono assemblati per formare pannelli fotovoltaici.
- Di molti materiali impiegabili per la costruzione dei moduli fotovoltaici, il silicio è in assoluto il più utilizzato
- La **cella fotovoltaica** o cella solare è l'elemento base nella costruzione di un modulo fotovoltaico



88

Ing. Alessandro Perfetto

Fotografia infrarossa



89

Ing. Alessandro Perfetto



FINE

Ing. Alessandro Perfetto

