

Appunti di Comunicazioni Elettriche

Concetti introduttivi

Generalità sulle radiocomunicazioni

Si parla propriamente di **sistemi di radiocomunicazione** per indicare quei sistemi di trasmissione di informazioni a distanza (quindi sistemi di telecomunicazioni) basati sull'impiego, come segnali portanti, di onde elettromagnetiche comprese entro un intervallo di frequenze opportune (**radioonde**).

Queste onde viaggiano da un **radiotrasmettitore** (o stazione trasmittente) ad un **radioricevitore**.

Le informazioni (conversazioni nella radiotelefonìa, segnali in codice telegrafico nella radiotelegrafia, parole e musica nella radiodiffusione, immagini e suoni nella televisione) sono prima convertite da un **trasduttore** (microfono, codificatore telegrafico, telecamera visiva, ecc.) in segnali elettrici (correnti e tensioni) di ampiezza variabile; in seguito, tali segnali vanno ad agire, mediante il processo di **modulazione** (di ampiezza, di fase o di frequenza), su un'onda sinusoidale detta **portante** e generata da un opportuno circuito elettrico oscillante presente nel radiotrasmettitore. Il segnale così ottenuto (detto perciò **segnale modulato**), dopo una necessaria amplificazione, viene inviato all'**antenna trasmittente**, la quale lo irradia nello spazio sotto forma di onde elettromagnetiche.

I ricevitori, più o meno distanti, captano le onde elettromagnetiche mediante un'**antenna ricevente** e, dopo un processo di amplificazione e **demodulazione**, ricavano, in uscita dell'apparato ricevente, l'informazione emessa in trasmissione.

Classificazione delle radioonde

Le frequenze delle **onde radio** (o *radioonde*) sono misurate in **Hz** e in loro multipli. Per definizione, tutte le onde radio cadono nella gamma di frequenza che va da 3 kHz a 300 GHz: entro questa gamma di frequenze (e di lunghezze d'onda), le onde radio sono ulteriormente classificate.

Possiamo citare almeno tre diverse classificazioni delle radioonde. La prima classificazione introdotta prevedeva che le radioonde fossero semplicemente indicate con un simbolo, che è la sigla della denominazione inglese di ogni campo: ad esempio, le onde a bassissima frequenza erano indicate con la sigla **VLF**, che sta appunto per *Very Low Frequency*.

Successivamente, a questa classificazione è stata aggiunta un'altra che introduceva il concetto di **bande di frequenza**, ciascuna indicata con un numero N: la banda N° comprende le onde la cui frequenza va da $0.3 \cdot 10^N$ Hz e $3 \cdot 10^N$ Hz. Così facendo, si è ottenuta la seguente classificazione (detta **classificazione internazionale delle onde hertziane**):

Frequenza	Denominazione	Lunghezza d'onda	Simbolo	Banda
<30 kHz	O. miriametriche o a bassissima frequenza	> 10 km	VLF	4
30÷300 kHz	O. chilometriche o a bassa frequenza	1000÷100 m	LF	5
300÷3000 kHz	O. ettometriche o a media frequenza	100÷10 m	MF	6
3÷30 MHz	O. decametriche o a alta frequenza	10÷1 m	HF	7
30÷300 MHz	O. metriche o ad altissima frequenza	1÷0.1 m	VHF	8
300÷3000 MHz	O. decimetriche o a frequenza ultraalta	100÷10 cm	UHF	9
3÷30 GHz	O. centimetriche o a frequenza superalta	10÷1 cm	SHF	10
30÷300 GHz	O. Millimetriche o a frequenza estremamente alta	10÷1 mm	EHF	11

La terza ed ultima classificazione di rilievo è la cosiddetta **classificazione radiotecnica**, che divide ancora lo spettro di frequenza in bande, ma con intervalli e denominazioni diversi da quelle appena elencate:

Frequenza	Denominazione	Lunghezza d'onda
<150 kHz	O. lunghissime	> 2 km
150÷300 kHz	O. lunghe	2÷1 km
300÷500 kHz	O. mediolunghe	1000÷600 m
500÷1500 kHz	O. medie	600÷200 m
1.5÷3 MHz	O. mediocorte	200÷100 m
3÷15 MHz	O. corte	100÷20 m
15÷30 MHz	O. cortissime	20÷10 m
30÷300 MHz	O. ultracorte	10÷1 m
> 300 MHz	Microonde	< 1m

Per le **microonde** si ha poi una ulteriore classificazione, sempre in bande di frequenza.

La trasmissione delle radioonde (che viaggiano alla velocità della luce, cioè approssimativamente 300000 km/s), sfrutta la proprietà della ionosfera (cioè gli strati superiori ionizzati dell'atmosfera terrestre) di riflettere parzialmente verso il basso le onde elettromagnetiche. Questo, però, avviene solo per una ristretta fascia di frequenze, corrispondente alle **onde medie** ed alle **onde corte**, che possono pertanto essere trasmesse alle grandi distanze. Al contrario, per le frequenze molto basse e molto alte (cui corrispondono lunghezze d'onda rispettivamente molto alte e molto basse), la riflessione operata dalla ionosfera è fortemente limitata, per cui la trasmissione non può avvenire su grandi distanze.

Servizi di radiocomunicazione

I servizi che utilizzano le radioonde possono essere classificati, allo stato attuale, nel modo seguente:

- smistamento del traffico commerciale via ponte radio su onde ultracorte e microonde oppure con radioonde su onda corta via ionosfera o anche con microonde tramite i satelliti artificiali per telecomunicazioni;
- diffusione di programmi radiofonici che vengono trasmessi nelle bande delle onde lunghe, medie, corte e ultracorte;
- radioassistenza alla navigazione aerea e navale, realizzate prevalentemente su onde lunghe, corte, ultracorte e microonde;
- servizi di pubblica utilità, specie nell'ambito delle comunità urbane e suburbane, prevalentemente realizzate mediante ripetitori su onde ultracorte e microonde (particolarmente adatti per l'espletamento del servizio su mezzi mobili);
- teleoperazioni (ossia telecomandi, telemisurazioni, telecontrolli e così via), prevalentemente per impieghi industriali e per la ricerca scientifica, ambito nel quale operano satelliti artificiali per la navigazione;
- impieghi militari generalmente espletati sulle bande delle microonde;
- traffico dei radioamatori.

Le frequenze di lavoro relative ai vari servizi radio vengono scelte nell'ambito dei vari intervalli di frequenza (o **bande**) definiti a livello internazionale, in modo da evitare, per quanto possibile, interferenze o intralcio nell'espletamento dei servizi.

Nella seguente tabella vengono elencate le ampiezze di banda tipiche dei principali mezzi trasmissivi usati al giorno d'oggi:

Range di frequenze (Hz)	Sigla	Uso principale
10^3	-	Canali telefonici
10^4	VLF	Canali telefonici speciali
10^5	LF	Cavi coassiali sottomarini
10^6	MF	Cavi coassiali terrestri (trasmissione dati ad alta velocità)
10^7	HF	Cavi coassiali terrestri e onde corte
10^8	VHF	Cavi coassiali terrestri, diffusione TV e radio vhf
10^9	UHF	Diffusione TV UHF
10^{10}	SHF	Guide d'onda e microonde
10^{11}	EHF	Guide d'onda elicoidali
$10^{12}-10^{13}$	-	Trasmissione a raggi infrarossi su brevi distanze
$10^{14}-10^{15}$	-	Fibre ottiche
$10^{19}-10^{23}$	-	Raggi X e raggi gamma

L'adozione dei *transistori* e dei *circuiti integrati* ha consentito la miniaturizzazione e la grande diffusione dei radioapparati, in particolare dei *ricetrasmittitori per servizio in radiomobile*, spesso con l'assistenza di *ponti radio ripetitori*. Si è così arrivati alla saturazione delle frequenze disponibili, anche nelle bande delle frequenze ultracorte e delle microonde (VHF e UHF).

L'aumento del traffico radio è stato di tale entità da portare di necessità all'adozione di ripetitori spaziali su **satelliti geostazionari**, rotanti con la stessa velocità angolare della terra e posizionati a 36000 km di altezza sopra l'area da servire. All'inizio del programma di telecomunicazioni spaziali, si è utilizzata la banda dei 2÷4 GHz, in quanto poco ostacolata dalle perturbazioni atmosferiche, ma i progressi tecnici e le sperimentazioni consentono ora l'impiego della banda dei 12 GHz.

Ponte radio (cenni)

L'espressione **ponte radio** è usata per indicare un collegamento nel quale le onde emesse dall'estremo trasmittente si dirigono verso l'estremo ricevente in fascio assai ristretto, formando, per così dire, un ponte tra i due estremi (detti **stazioni terminali**).

Se, come molto spesso avviene, le condizioni di propagazione impongono di realizzare il collegamento in più **tratte**, allora varie stazioni ricetrasmittenti (dette **stazioni ripetitrici**) sono intercalate tra una tratta e l'altra, come i piloni di un ponte vero e proprio.

In relazione al tipo di informazione trasmessa, si hanno ponti radio telefonici, telegrafici, televisivi e così via. A seconda che si possano usare simultaneamente una o più vie di comunicazione si hanno ponti radio **monocanale** o **pluricanali**: per esempio, nei ponti radio telefonici è possibile convogliare migliaia di canali telefonici contemporanei sullo stesso mezzo trasmissivo.

La gamma di radiofrequenze su cui lavorano i **ponti radio a larga banda** va da qualche centinaio a qualche migliaio di MHz: si tratta di frequenze che, se da una parte consentono la direttività del fascio trasmesso, dall'altra richiedono, per dare buone condizioni di propagazione del segnale, **visibilità ottica** tra il punto di partenza e quello di arrivo. Questa è la condizione fondamentale che, insieme all'attenuazione nella propagazione ed alla scelta di località facilmente accessibili in vicinanza a linee di energia ed a centri abitati per i servizi e la sorveglianza, determina la posizione delle stazioni ripetitrici intermedie ed il numero delle tratte di collegamento. Nella pratica, le singole tratte hanno assai spesso lunghezza inferiore a 100 Km.

Autore: **Sandro Petrizzelli**

e-mail: sandry@iol.it

sito personale: <http://users.iol.it/sandry>