

Corso base per operatori di Protezione Civile

Telecomunicazioni Radio

alcuni elementi di teoria delle trasmissioni radio

Ughi Gilberto

Il corso è rivolto agli operatori di Protezione Civile che intendono:

- *Conoscere gli elementi fondamentali dei fenomeni elettromagnetici*
- *Capire sommariamente il funzionamento dei sistemi radio*
- *Comprendere l'architettura delle reti radio*
- *Acquisire le conoscenze per la corretta attuazione di una comunicazione radio*
- *Avere informazioni sulle normative*

Programma

- *La comunicazione*
- *La telecomunicazione*
- *Il segnale*
- *Campo elettrico*
- *Campo magnetico*
- *Campo elettromagnetico*
- *Le onde elettromagnetiche*
- *Propagazione del segnale*
- *L'antenna*
- *La radio*
- *Comunicazioni radio*
- *Rete di telefonia mobile*
- *Satellite*
- *Normativa*

La comunicazione

L'interazione tra due soggetti che utilizzano il medesimo codice per lo scambio delle informazioni e che pertanto sono in grado di annullare lo stato di incertezza dei contenuti stabiliscono una

COMUNICAZIONE



INFORMAZIONI

La telecomunicazione

Il trasporto a distanza dell'informazione, attraverso l'utilizzo di un supporto,

Acustico

Ottico

Elettrico

Elettromagnetico

Chimico

viene convenzionalmente definito

TELECOMUNICAZIONE



Il segnale

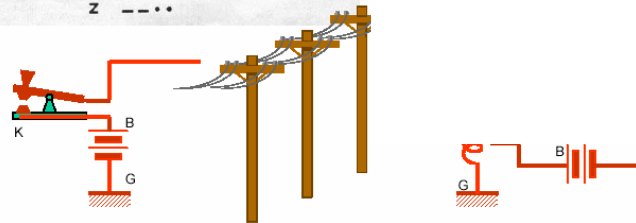
La trasmissione a distanza dell'informazione sul supporto viene effettuata per mezzo di un codice conosciuto ovvero di un

SEGNALE

A	• - •	N	- • •	1	• - - - -
B	- • • •	O	- - -	2	• • - - -
C	- • - •	P	• • - •	3	• • • - -
D	- • •	Q	- • • -	4	• • • •
E	•	R	• • •	5	• • • • •
F	• • • •	S	• • •	6	- • • • •
G	- • •	T	-	7	- • • • •
H	• • • •	U	• • •	8	- - - - -
I	• •	V	• • • •	9	- • • • •
J	- • -	W	• • •	0	- - - - -
K	- • -	X	• • • •		
L	- • • •	Y	- • • -		
M	- - -	Z	- • • •		

A metà del 19° secolo Samuel Morse inventa il telegrafo elettrico. Il telegrafo collegava località distanti alcune centinaia di Km, praticamente in tempo reale.

Il tempo di trasferimento dell'infor-



Sezione trasmittente
K = Tasto telegrafico
B = Batteria
G = Terra

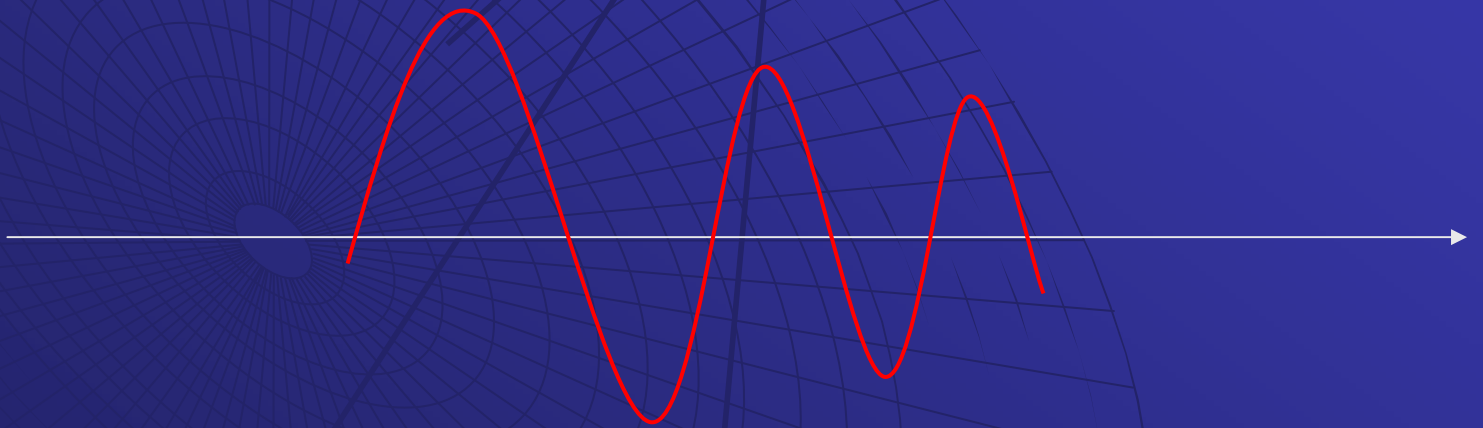
Linea telegrafica
su palificazione

Sezione ricevente
B = Batteria
R = Relè soccorritore
T = Macchina scrivente Morse

Il segnale

Un segnale continuo nel tempo, con infiniti possibili valori compresi tra un minimo ed un massimo rappresenta un

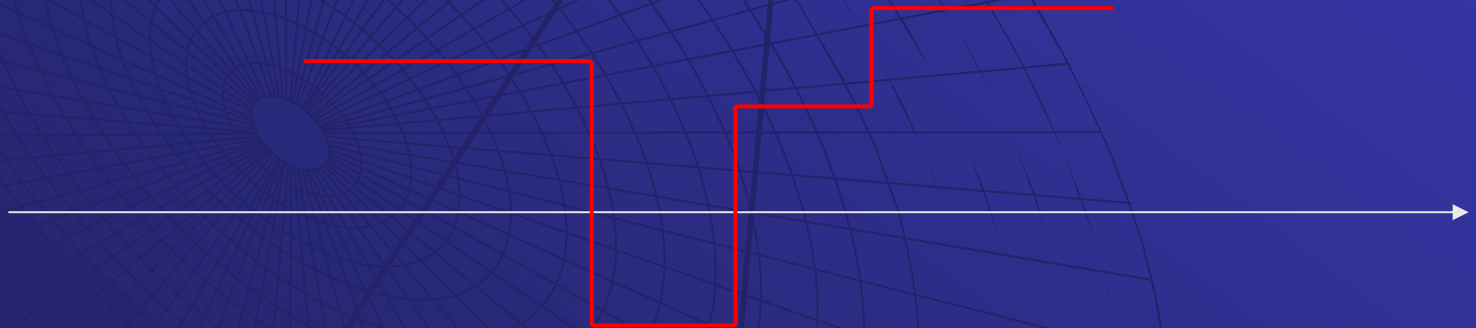
SEGNALE ANALOGICO



Il segnale

Un segnale discontinuo nel tempo, con insiemi finiti di possibili valori rappresenta un

SEGNALE NUMERICO O DIGITALE



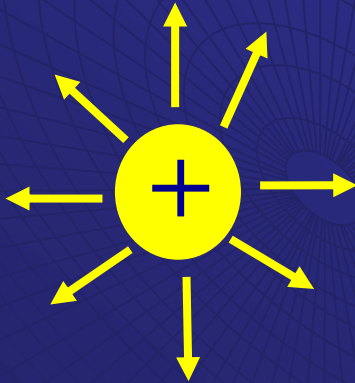
Campo elettrico

Un elettrone immobile genera, a causa della sua carica, una forza elettrica nello spazio circostante, il

CAMPO ELETTRICO

Se l'elettrone viene fatto oscillare rapidamente, il campo elettrico nei punti circostanti viene perturbato a causa della variazione di distanza dall'elettrone

campo elettrico



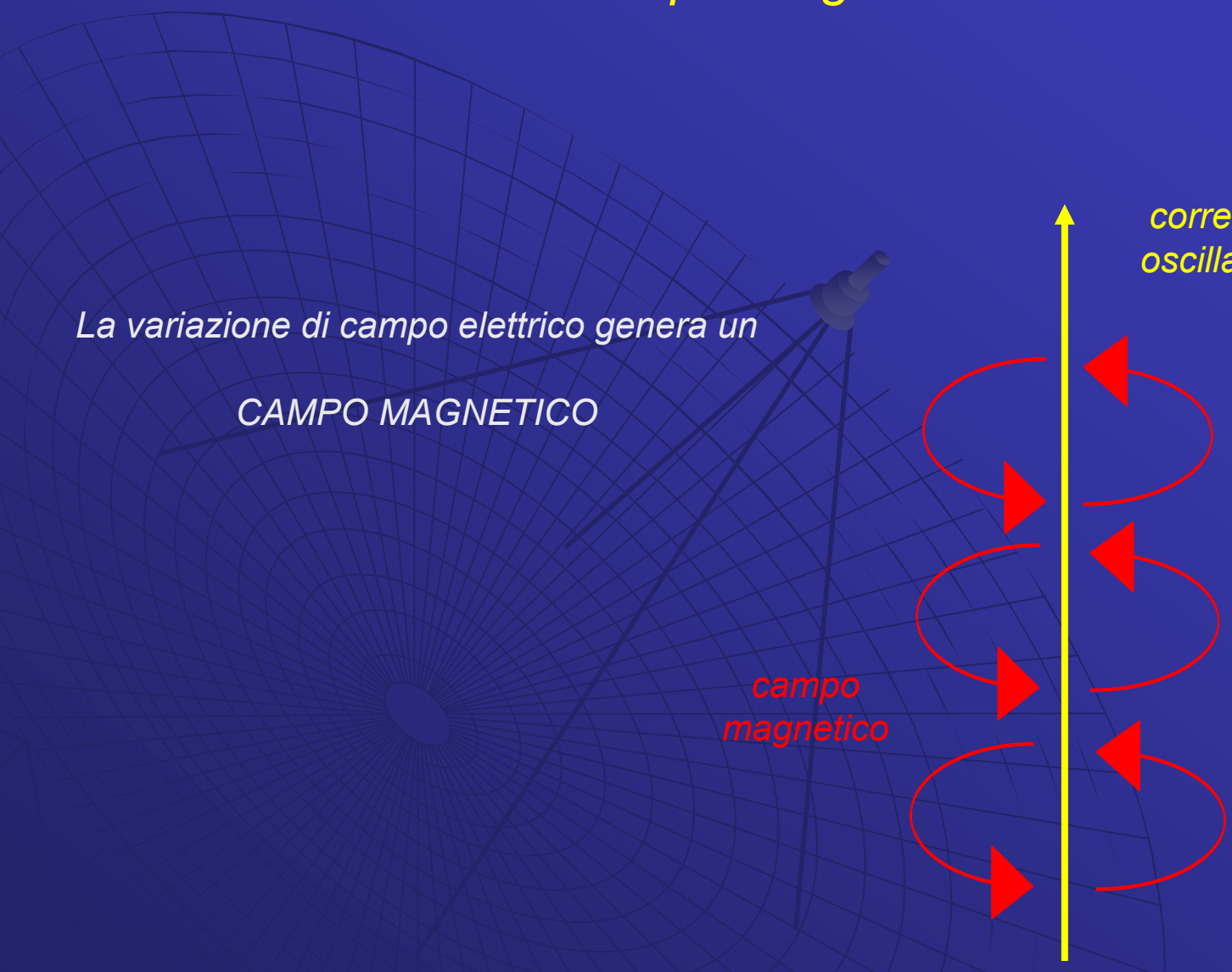
Campo magnetico

La variazione di campo elettrico genera un

CAMPO MAGNETICO

campo
magnetico

corrente
oscillante

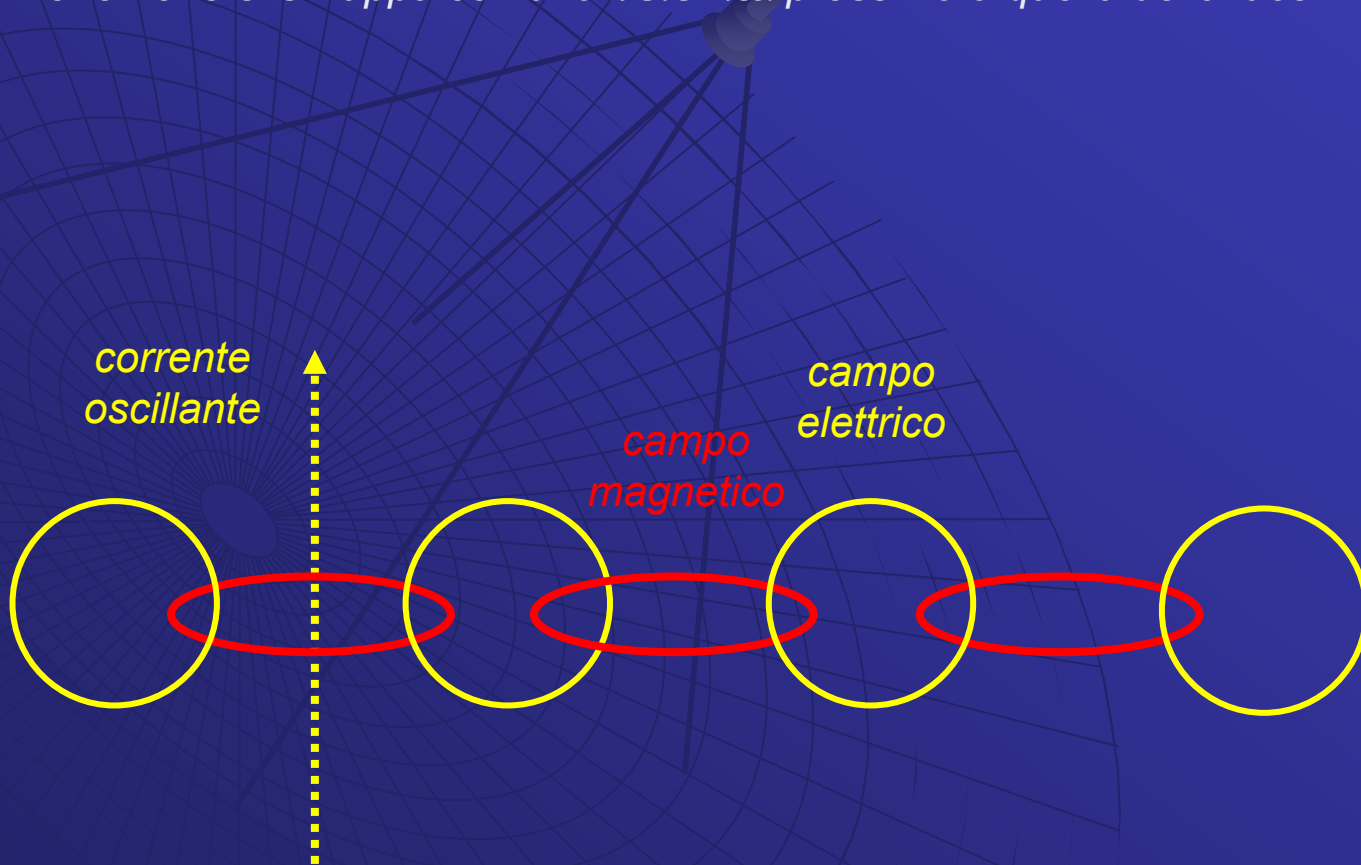


Campo elettromagnetico

Un campo elettrico variabile nel tempo genera, in direzione perpendicolare a se stesso, un campo magnetico pure variabile che, a sua volta, influisce sul campo elettrico stesso.

Questi campi concatenati determinano nello spazio la propagazione di un **campo elettromagnetico**

Il fenomeno si sviluppa con una **velocità** prossima a quella della luce

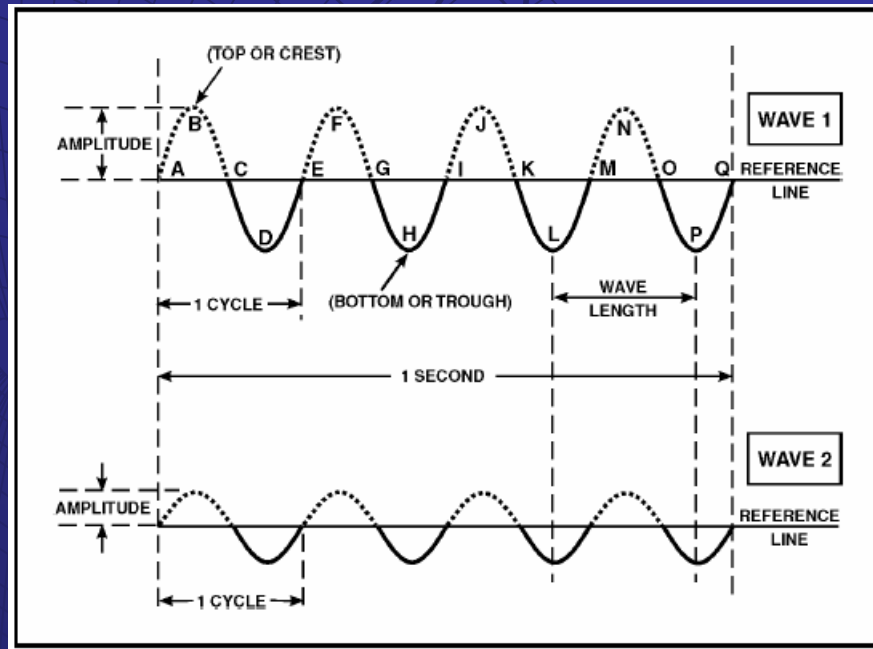


Le onde elettromagnetiche

Il tempo che intercorre tra l'inizio della generazione di un campo elettrico e la fine del successivo campo magnetico viene chiamata periodo

Il numero di periodi al secondo si chiama

FREQUENZA

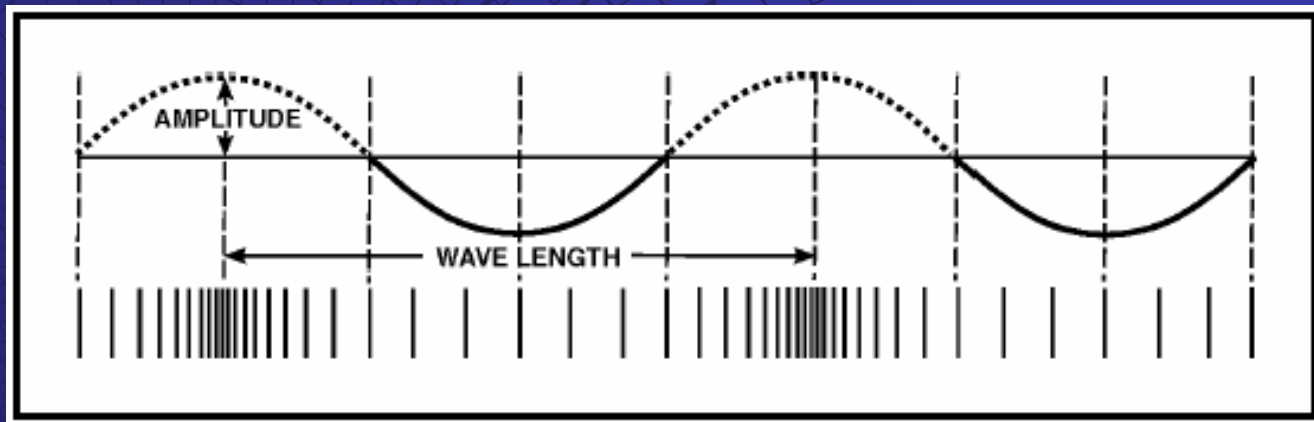


Le onde elettromagnetiche

Poiché la velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica è prossima a quella della luce, è possibile definire la

LUNGHEZZA D'ONDA

$$L (m) = 300.000.000 \text{ m/s} : f (\text{periodi al sec})$$



Le onde elettromagnetiche

DESCRIPTION	ABBREVIATION	FREQUENCY
Very low	VLF	3 to 30 kHz
Low	LF	30 to 300 kHz
Medium	MF	300 to 3000 kHz
High	HF	3 to 30 MHz
Very high	VHF	30 to 300 MHz
Ultrahigh	UHF	300 to 3000 MHz
Superhigh	SHF	3 to 30 GHz
Extremely high	EHF	30 to 300 GHz

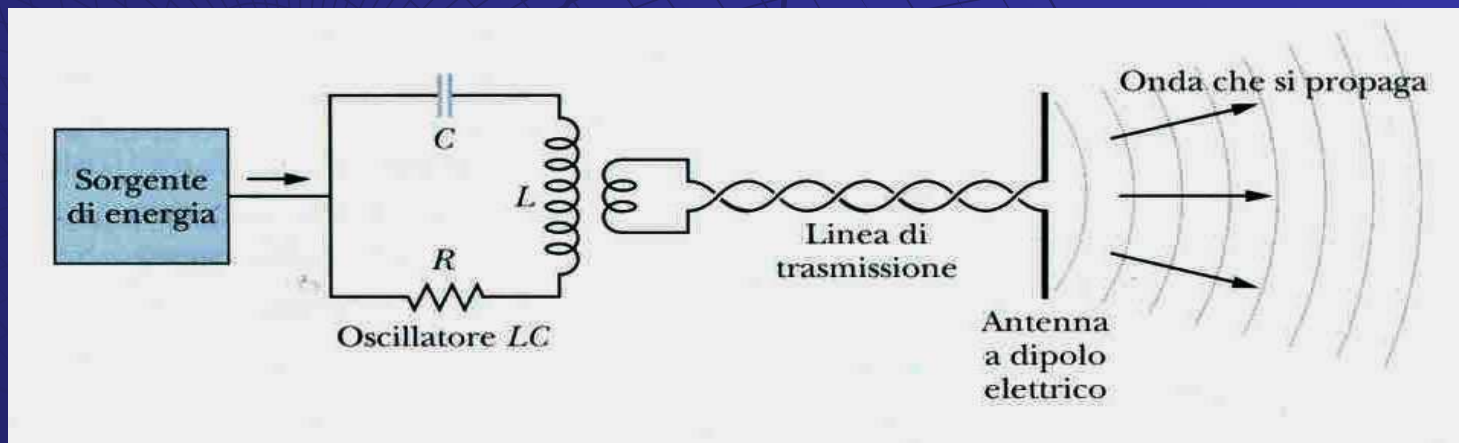
Propagazione del segnale

Le trasmissioni radio avvengono per mezzo di onde elettromagnetiche che si propagano nello spazio.

Apposite apparecchiature, denominate trasmettitori, provvedono a generare una corrente alternata ad alta frequenza, che rappresenta il veicolo del segnale.

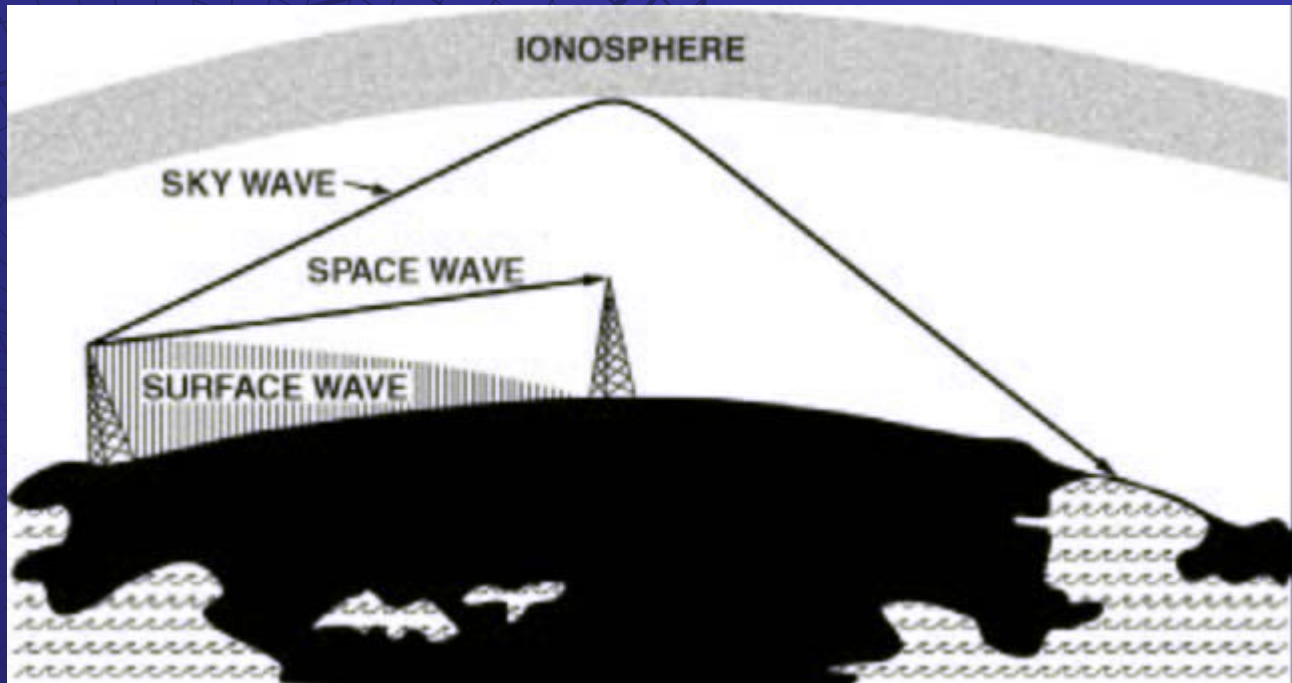
Per mezzo di un circuito elettronico, l'antenna, le onde radio vengono diffuse nello spazio, captate da altre antenne e convogliate ad apparecchiature di elaborazione del segnale denominate ricevitori

Nell'uso comune, di tipo civile, le comunicazioni radio avvengono attraverso ricetrasmittitori



Propagazione del segnale

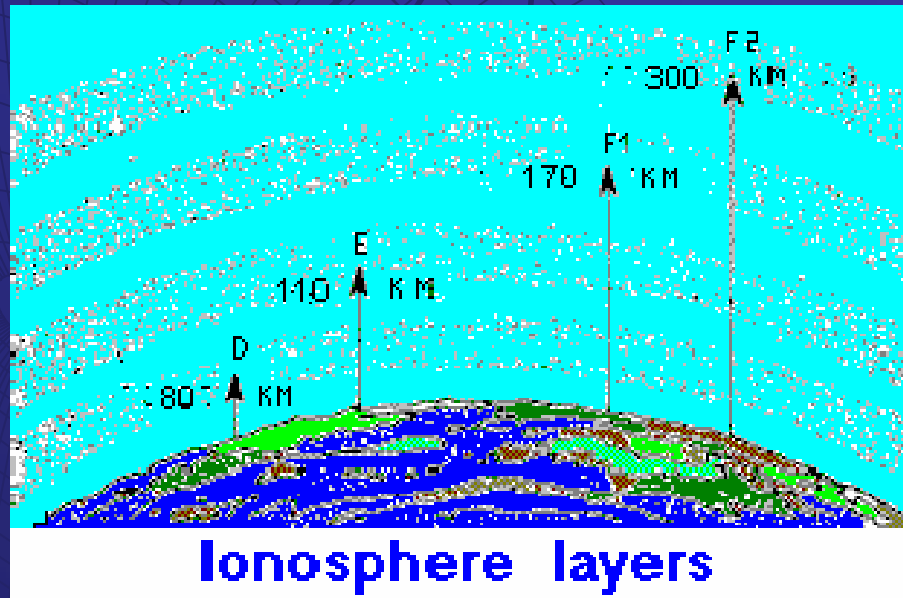
Le onde elettromagnetiche si propagano nello spazio prevalentemente in linea retta ma, in funzione della frequenza, possono anche subire delle riflessioni
Le onde corte HF, sono riflesse dalla ionosfera



Propagazione del segnale

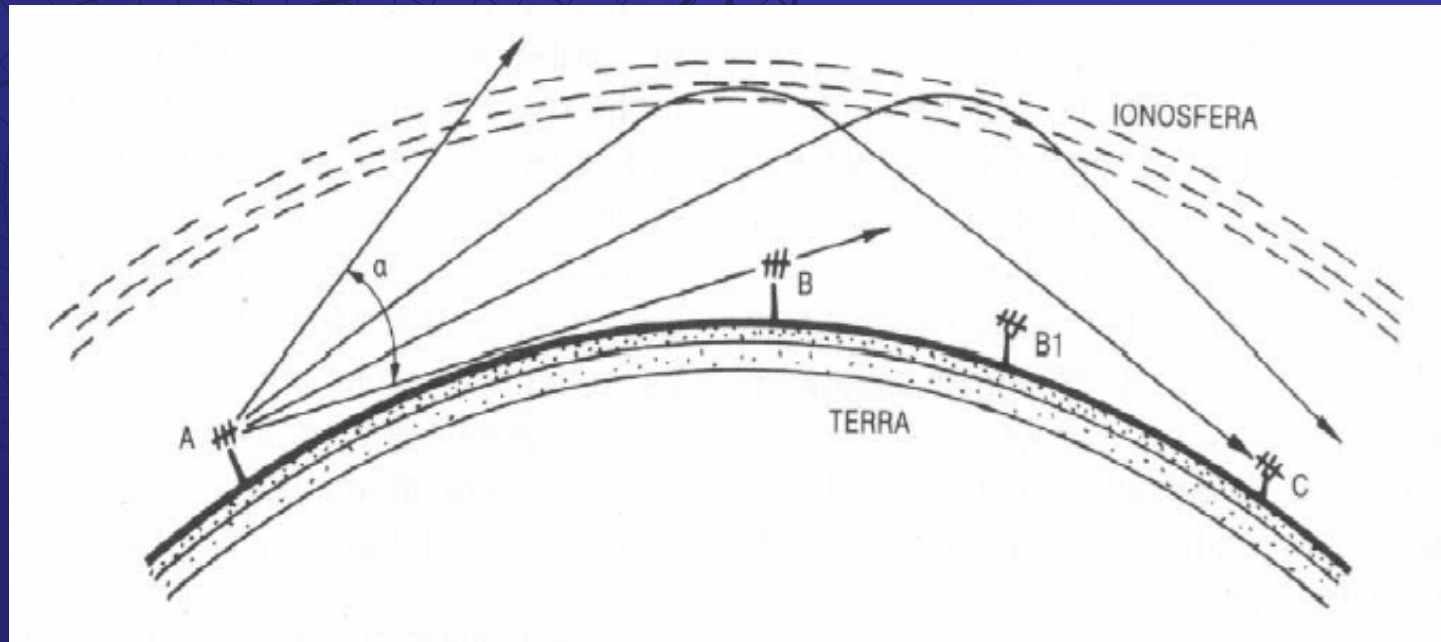
La parte dell'atmosfera terrestre in cui una certa percentuale di atomi si trova sotto forma di ioni è detta Ionosfera. Le cause di questo processo di ionizzazione atomica sono imputabili ai raggi X ed ultravioletti provenienti dal sole ed ai raggi cosmici provenienti dallo spazio.

Le particelle formano dei veri e propri strati che riflettono le onde radio emesse dalla superficie terrestre. Gli strati principali sono denominati D, E, F1 ed F2



Propagazione del segnale

Le onde cortissime VHF, ultracorte UHF e le microonde non sono riflesse dalla ionosfera, si propagano in linea retta e la portata della trasmissione dipende dalla curvatura della terra e quindi dalla “visibilità delle antenne”



Propagazione del segnale

La portata ottica teorica di due radio VHF od UHF, ad esempio portatili, in condizioni di terreno libero si può stimare in:

$$D = 3,57 \times (h + h)$$

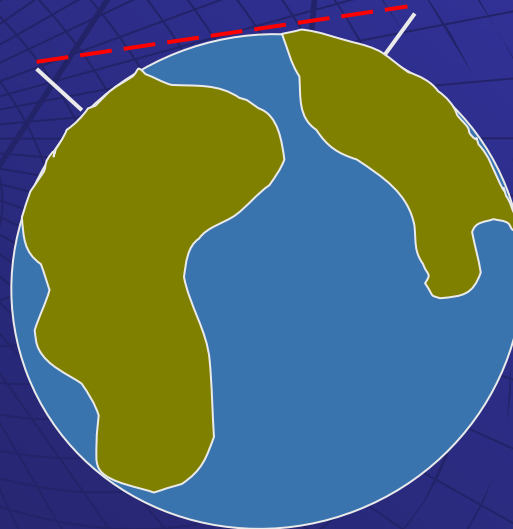
Dove:

D = distanza del collegamento (km)

h = altezza delle antenne (m)

$$3,57 \times (1,5 + 1,5) = 10,7 \text{ km}$$

Empiricamente si può dire che l'orizzonte si abbassa di 1 m ogni 4 km



Propagazione del segnale

La portata di due stazioni ricetrasmittenti con frequenze non riflesse dalla ionosfera è influenzata dal terreno, dagli ostacoli, dalle condizioni meteorologiche e soprattutto dalle caratteristiche tecniche delle stazioni

Si possono comunque assumere, per il terreno pianeggiante, i seguenti valori pratici di portata

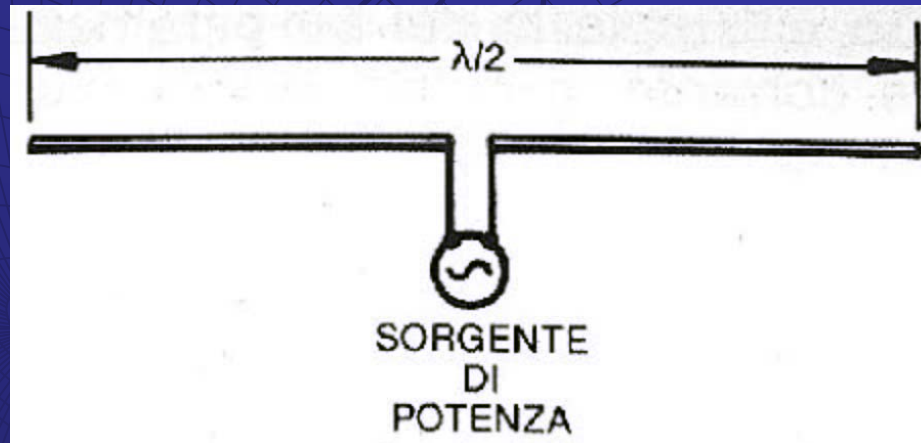
Stazioni fisse: 25 km

Stazioni mobili: 15 km

Stazioni portatili: 5 km

Antenne

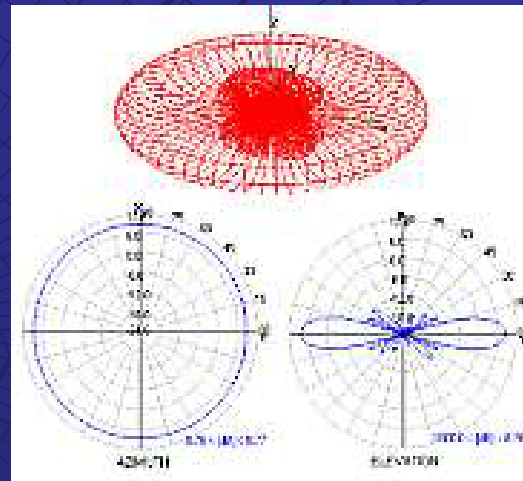
Le antenne hanno il compito di irradiare o captare le onde elettromagnetiche prodotte da un oscillatore. Le loro dimensioni fisiche sono strettamente legate alla lunghezza dell'onda e quindi alla frequenza di lavoro



Antenne

OMNIDIREZIONALE

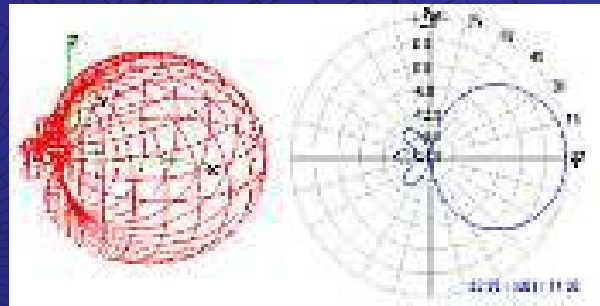
È rappresentata da un unico elemento attivo denominato radiatore, l'irradiazione del campo elettromagnetico e approssimativamente circolare, sono adatte per il servizio di postazione fissa, mobile, portatile



Antenne

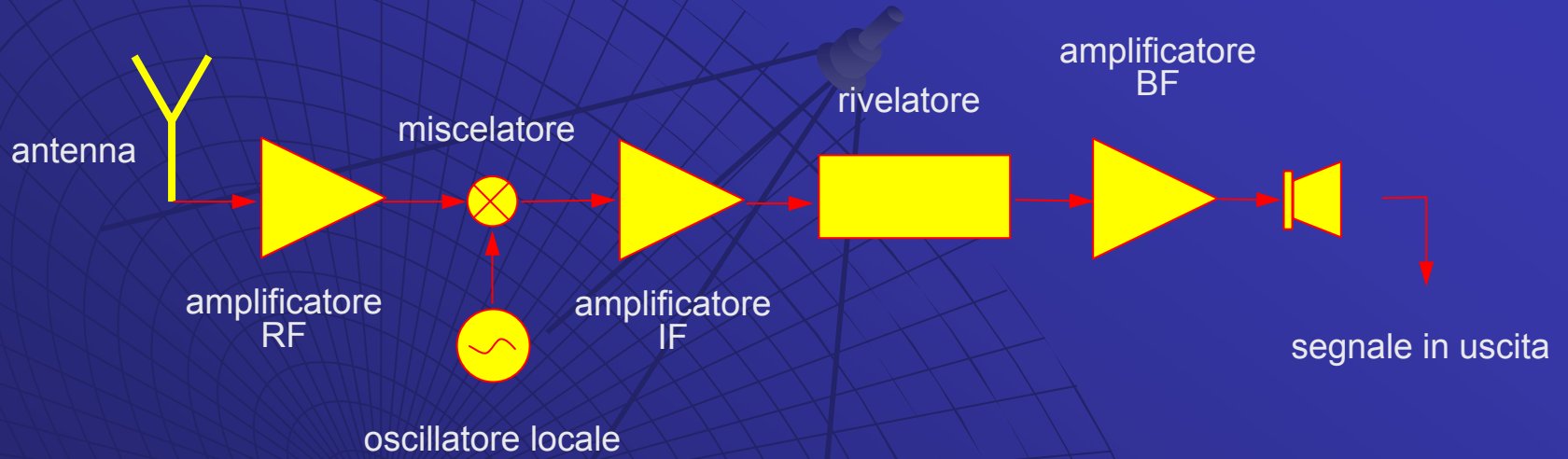
DIRETTIVA

È rappresentata da un unico elemento attivo denominato radiatore e da più elementi parassiti che distorcono l'irradiazione in una direzione, sono idonee al servizio in postazione fissa, limitano i disturbi e aumentano il guadagno dell'antenna



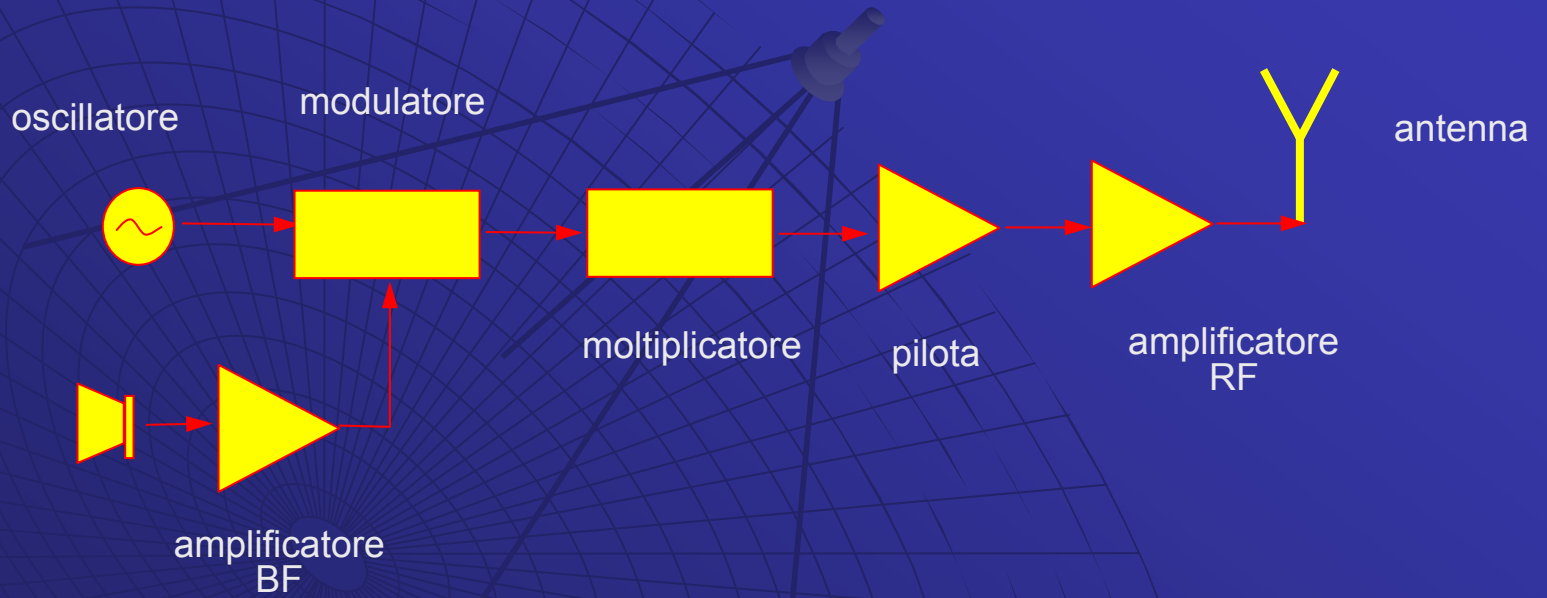
La radio

RICEVITORE



La radio

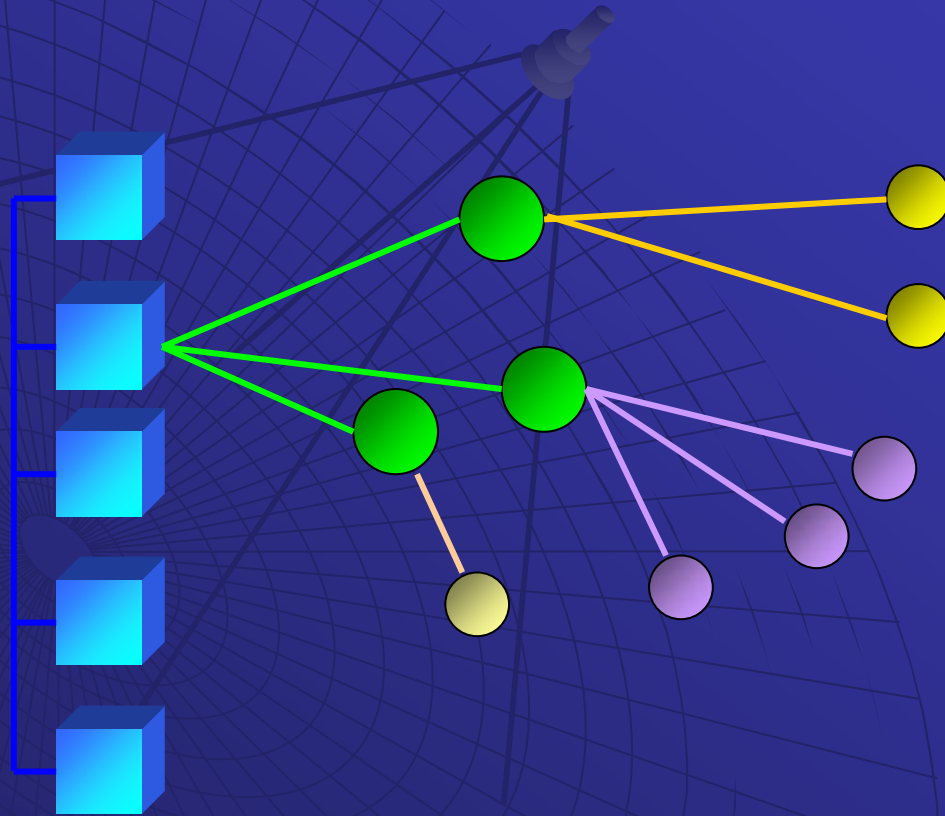
TRASMETTITORE



Comunicazioni radio

"ISOONDA"

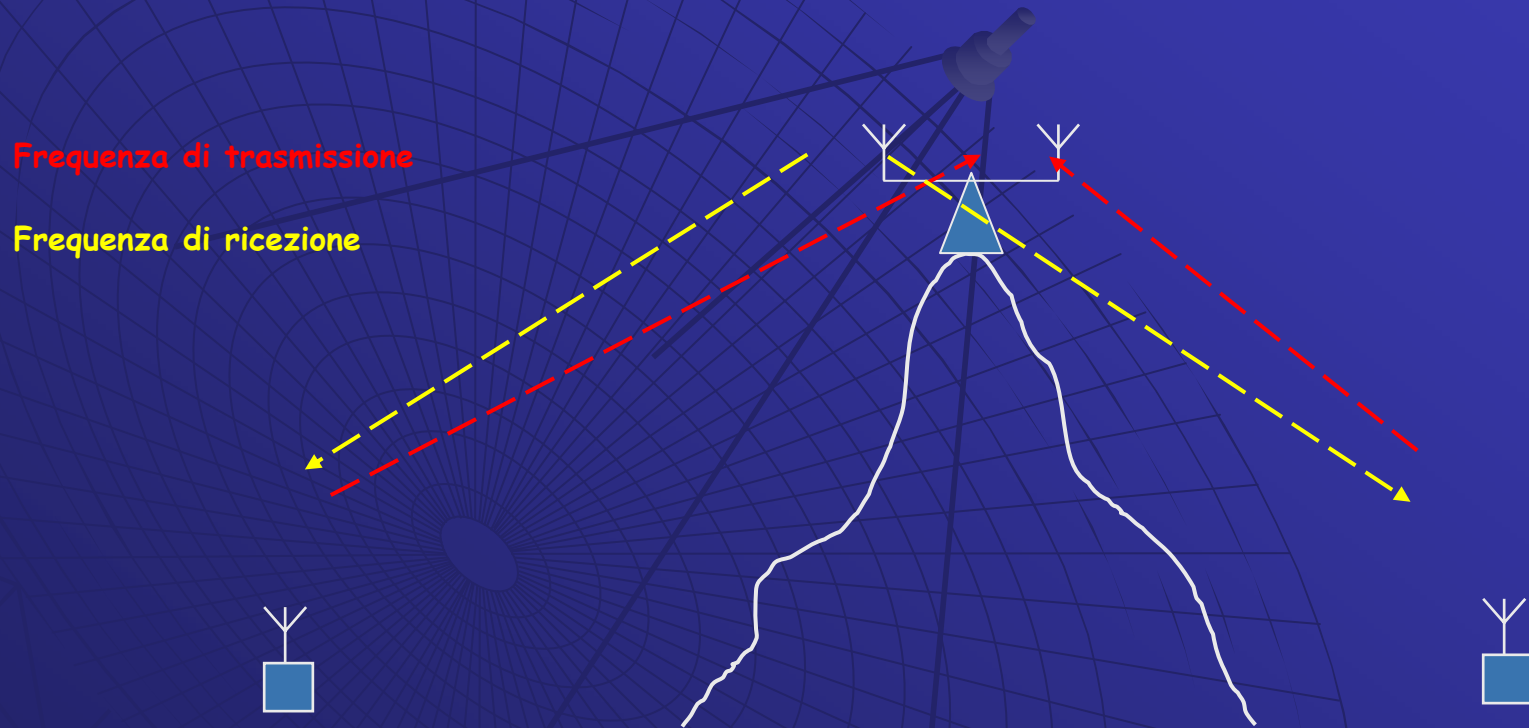
Le comunicazioni radioelettriche su unica frequenza richiedono modalità di gestione codificate



Comunicazioni radio

“PONTE RADIO”

Le stazioni ripetitrici richiedono l'uso di due frequenze diverse, una per la trasmissione ed una per la ricezione



Comunicazioni radio

“RETE PMR”

I sistemi PMR (Private Mobile Radio) sono reti radioelettriche private che vengono gestite direttamente dagli utilizzatori su frequenze attribuite con concessione ministeriale.

Normalmente il traffico avviene per mezzo di una stazione ripetitrice, se l'area di esercizio è limitata, oppure da sistemi di stazioni ripetitrici se la zona è estesa.

In funzione della tipologia del servizio e del numero di utenze da gestire, gli impianti possono inoltre essere realizzati con tecnica analogica, per strutture medio piccole o digitale per reti considerevoli.

Comunicazioni radio

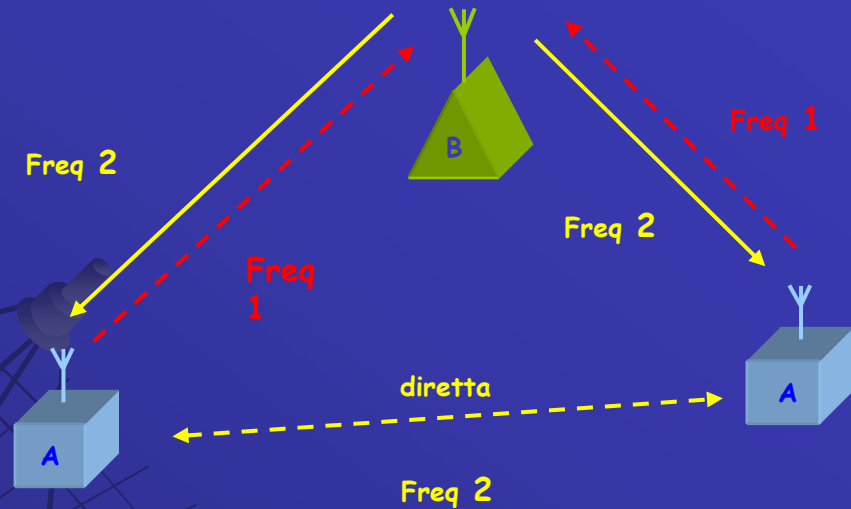
“RETE PMR”

A: stazioni radiomobili

B: stazione ripetitrice (concessioni 15 – 30 - 60 km di raggio)

Le stazioni radiomobili (A) sono collegate tra loro attraverso il ponte ripetitore (B), normalmente posto in posizione elevata e quindi priva di ostacoli interferenti.

La frequenza di ricezione (Freq. 2) delle stazioni radiomobili è diversa da quella di trasmissione (Freq. 1), che ha uno scostamento standard di $-4,6$ Mhz in gamma VHF e -10 Mhz in gamma UHF (sistema semiduplex). La trasmissione emessa dalla stazione radiomobile viene captata da quella ripetitrice e ritrasmessa in contemporanea sulla frequenza di ascolto. Per accedere al ponte ripetitore le stazioni radiomobili devono emettere, durante la trasmissione, un tono continuo non udibile, denominato encoder (sub-audio) e, ad inizio trasmissione, una breve serie di codici identificativi.



Attraverso l'invio di altri codici è inoltre possibile, per l'operatore, effettuare chiamate selettive verso utenti definiti. Se a breve distanza, (distanza ottica in terreno libero 5 Km) le stazioni radiomobili possono anche collegarsi direttamente (sistema simplex), trasmettendo però sulla frequenza di ricezione. In questo modo il ripetitore non viene interessato.

I fattori che determinano il buon funzionamento delle comunicazioni sono la distanza delle emittenti dal ponte ripetitore, la potenza delle stazioni radiomobili (5 W i portatili 10 W i veicolari), la presenza di ostacoli o meno interposti fra il ponte ripetitore e le stazioni radiomobili, il tipo delle antenne adottate dalle stazioni radiomobili.

Comunicazioni radio

“RETE PMR”

A: stazioni radiomobili

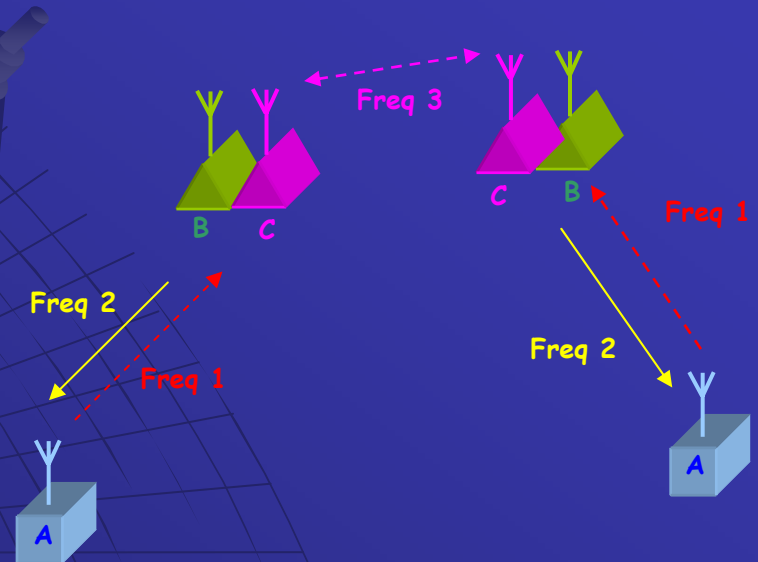
B: stazione ripetitrice (concessioni 15 – 30 - 60 km di raggio)

C: stazione traslatrice del segnale (link)

Per ampliare l'area di esercizio vengono installate più stazioni ripetitrici B. Il segnale di ingresso (Freq. 1), viene emesso sulla frequenza di uscita (Freq. 2) come nel caso precedente. Un sistema di trasferimento (link) operante su frequenza diversa (Freq. 3) provvede però ad estendere il segnale di ingresso anche agli altri impianti.

L'esercizio contemporaneo di più stazioni ripetitrici comporta l'adozione di architetture impiantistiche complesse, poiché è necessario limitare il numero di canali (concessioni) e soprattutto le possibili interferenze reciproche.

Le applicazioni attuali maggiormente diffuse (sistema sincrono), consistono ad esempio nella dislocazione sul territorio di ponti ripetitori che lavorano sulla stessa frequenza e che, grazie alla perfetta precisione di frequenza delle portanti, nonché al controllo di un elaboratore, non causano interferenze fra loro. Solo il segnale migliore viene acquisito dal ripetitore più prossimo e reindirizzato, attraverso il link al sistema.



Comunicazioni radio

“RETE PMR”

Alla famiglia delle reti complesse di tipo digitale, appartengono anche le ultime applicazioni radio multiaccesso, come TETRA, TETRAPOL, ecc, che sono di fatto degli impianti di tipo cellulare. Su un unico canale radio coesistono più reti separate di utilizzatori (4 reti su un canale di 25 KHz), che effettuano il proprio traffico senza interferenze reciproche

I segnali vettoriali sono infatti di tipo numerico, opportunamente codificati secondo tecniche che consentono il pieno sfruttamento della larghezza di banda (Differential Quadrature Phase Shift Keying).

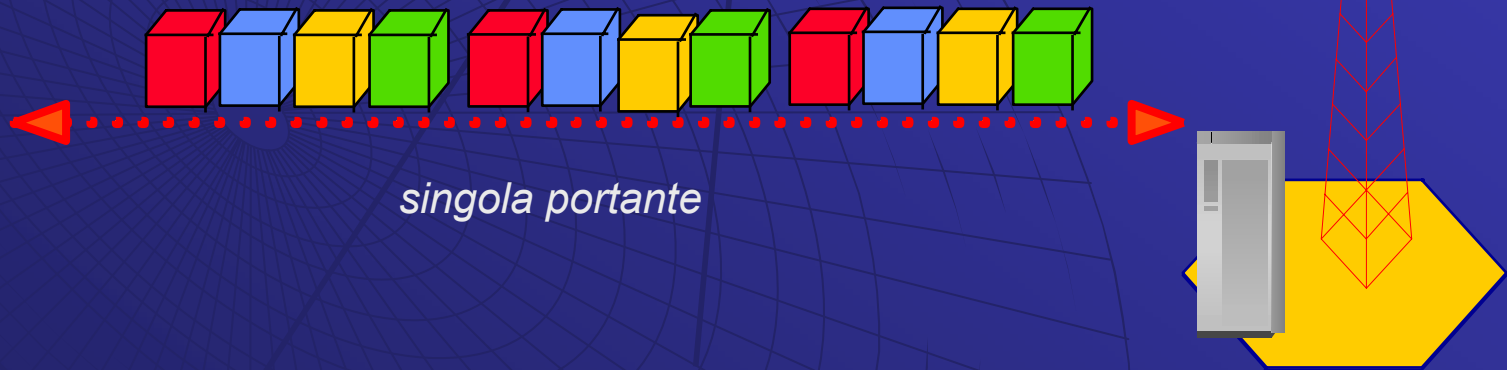
La caratteristica principale del sistema TETRA è quella di consentire il collegamento fra le stazioni radio appartenenti alle diverse reti presenti nel segmento comune, ecco perché i maggiori utenti sono in genere i servizi di emergenza, di sicurezza, le public utilities ecc. che per l'affinità dei servizi, nel caso di emergenza, richiedono il coordinamento unitario.

Altra caratteristica fondamentale del sistema digitale è quella della interfacciabilità con le reti pubbliche (PSTN, ISDN, IP ecc)

Comunicazioni radio

"TETRA"

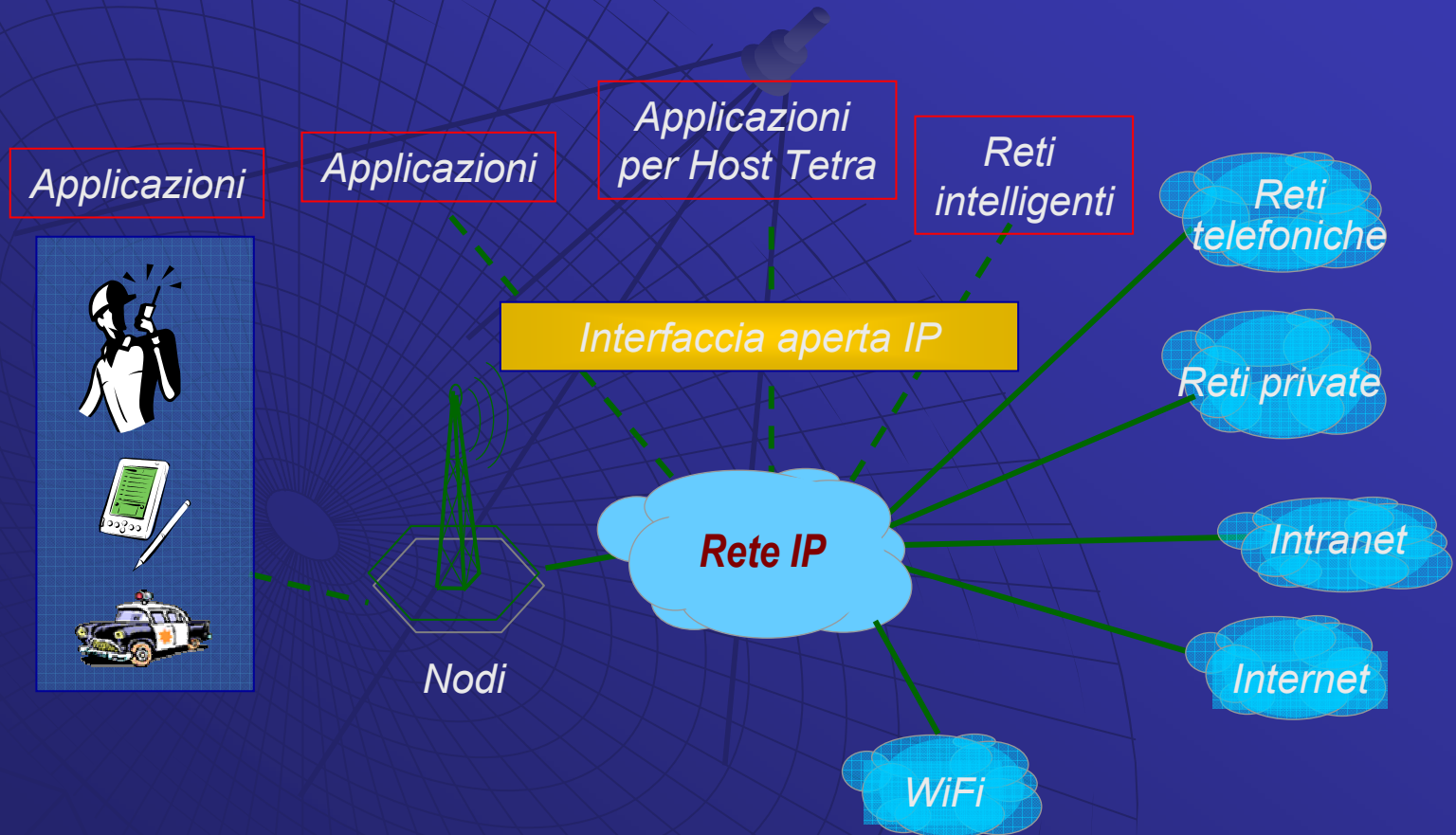
- 4:1 TDMA (Time Division Multiple Access)
- 4 canali per portante
- Spaziatura di 25 kHz fra le portanti
- Il trasferimento dati può usare fino a 4 canali riuniti
- Voce e dati possono essere trasmessi simultaneamente
- 1 canale di controllo tra i primi 4



Comunicazioni radio

"TETRA"

Si possono integrare facilmente soluzioni a valore aggiunto disponibili normalmente sul mercato



Comunicazioni radio

“PROCEDURE RADIOTELEFONICHE”

Al fine di consentire nel modo più efficace lo scambio dei messaggi, nel corso delle radiocomunicazioni deve essere osservato il rispetto di procedure standard. La più completa fonte normativa in merito, alla quale è possibile fare riferimento, è quella adottata dalla Organizzazione per l'Aviazione Civile Internazionale (OACI), tali procedure sono conformi alle prescrizioni della Unione Internazionale delle Telecomunicazioni. Altre codificazioni utilizzabili, sono quelle dei servizi di trasmissione delle Forze Armate NATO. Di seguito sono riportate, con i necessari adattamenti alle telecomunicazioni di protezione civile, alcune di queste fondamentali tecniche radiotelefoniche.

Comunicazioni radio

“PROCEDURE RADIOTELEFONICHE”

1. *Prima di iniziare una chiamata, la stazione che intende chiamare deve osservare un periodo di ascolto sulla frequenza in uso, al fine di evitare possibili interferenze ad altre comunicazioni eventualmente in corso. La chiamata è rappresentata dal nominativo del destinatario seguito da quello di chi chiama (es: nominativo della stazione che chiama BRAVO, nominativo della stazione chiamata ALFA chiamata: ALFA....da....BRAVO) per segnalare il termine della chiamata segue il "PASSO" o meglio "KAPPA" (in telegrafia il segnale $\text{—} \bullet \text{—}$ K equivale a passo*
2. *Dopo che è stata effettuata una chiamata, si dovrà attendere un periodo di almeno 10 secondi prima di iniziarne eventualmente una seconda. Questo serve ad evitare inutili ripetizioni o sovrapposizioni con il corrispondente che si appresta a rispondere.*

Comunicazioni radio

“PROCEDURE RADIOTELEFONICHE”

3. *Ad ogni passaggio (inizio e termine del messaggio), chi trasmette deve indicare il nominativo del corrispondente seguito dal proprio (es: Trasmette BRAVO per ALFA ALFA....da....BRAVO.....testo del messaggio.....ALFA....da....BRAVO.....KAPPA).*
4. *Per accusare la corretta ricezione il corrispondente ALFA deve usare il termine ROGER derivato dal segnale telegrafico ● — ● R*
5. *Durante la trasmissione, le parole devono essere pronunciate chiaramente e distintamente, interrompendo frequentemente per consentire eventuali inserimenti di stazioni con precedenza*
6. *I numeri vanno trasmessi cifra per cifra separatamente (es: 124: uno, due, quattro)*

Comunicazioni radio

“PROCEDURE RADIOTELEFONICHE”

7. *La velocità di trasmissione non deve superare le 100 parole al minuto, ma se il contenuto del messaggio deve essere trascritto dal corrispondente, la velocità va ridotta a non più di 40 parole al minuto*
8. *Mantenere il tono e l'intensità della voce costante*
9. *Mantenere la bocca ad una distanza costante dal microfono*
10. *Se è necessario girare la testa e quindi allontanare la bocca dal microfono, sospendere il messaggio*
11. *Durante la trasmissione di messaggi lunghi, sospendere periodicamente l'emissione per accertare che nessuna stazione abbia l'urgenza di effettuare chiamate.*
12. *Per indicare al corrispondente il valore R, relativo alla comprensibilità della sua emissione, viene adottata una valutazione a cinque livelli*
R1 - incomprensibile.....R5 - forte e chiaro

Comunicazioni radio

“PROCEDURE RADIOTELEFONICHE”

Per facilitare al corrispondente la comprensione di parole o semplici lettere, può essere necessaria una sillabazione ottenuta assegnando ad ogni lettera dell'alfabeto una determinata parola (Spell).

Di seguito è riportato l'alfabeto fonetico standard ICAO:

A = ALFA	B = BRAVO	C = CHARLEY	D = DELTA	E = ECHO
F = FOX-TROT	G = GOLF	H = HOTEL	I = INDIA	J = JULLIETT
K = KILO	L = LIMA	M = MIKE	N = NOVEMBER	O = OSCAR
P = PAPA	Q = QUEBEC	R = ROMEO	S = SIERRA	T = TANGO
U = UNIFORM	V = VICTOR	W = WHISKY	X = X-RAY	Y = YANKEE
Z = ZULU				

Rete di telefonia mobile

GSM

i sistemi attuali (GSM, GPRS, UMTS) consentono il trasferimento di voce e dati attraverso apparecchiature personali o schede inserite nei PABX. Le infrastrutture d'esercizio sono predisposte e gestite dalle società distributrici dei servizi. Questi sistemi non richiedono la realizzazione da parte dell'utenza di particolari installazioni se non nei casi di scarsa copertura di rete (antenne direttive). Per gli usi gestionali delle emergenze la telefonia cellulare rappresenta una risorsa molto importante ed è opportuno prevedere la disponibilità di un certo quantitativo di telefoni portatili ed eventualmente di terminali da interfacciare con il centralino PABX.

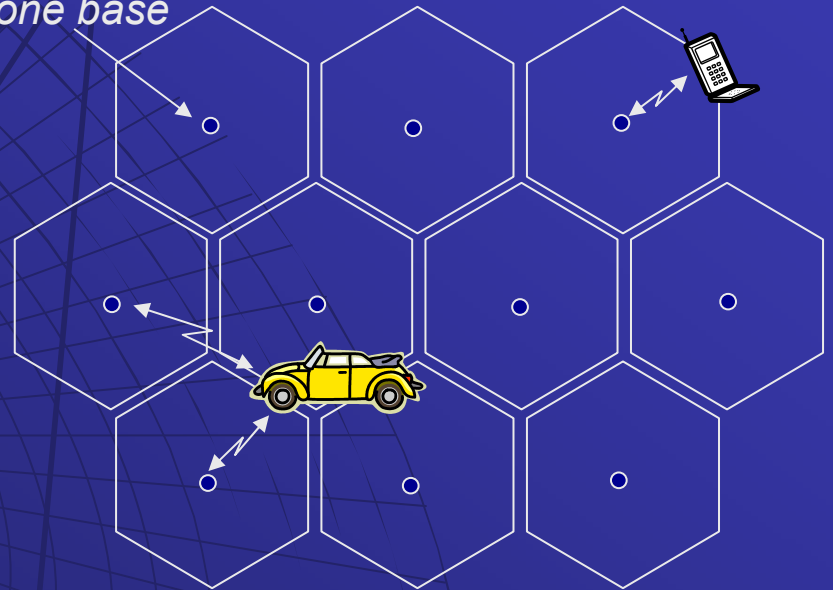
Rete di telefonia mobile

GSM

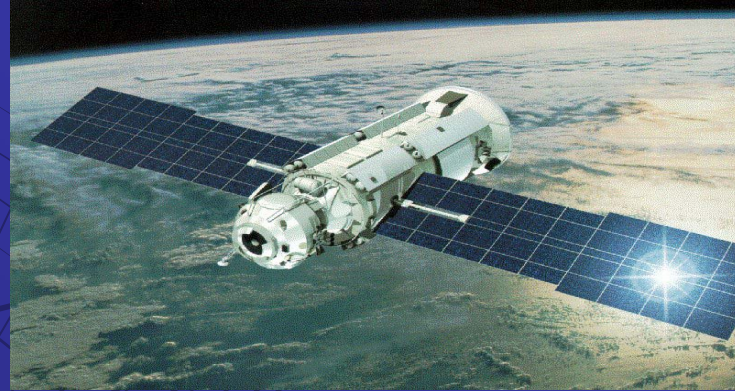
In una rete radiomobile ogni utente è libero di spostarsi in qualunque punto della rete, la quale deve essere in grado di identificare i terminali mobili, di stabilire, controllare e terminare le connessioni e di aggiornare i dati di gestione. Il problema principale rimane quello di sfruttare al massimo la larghezza di banda disponibile, al fine di connettere quanti più utenti contemporaneamente.

Ricordando che entrambe le bande utilizzabili sia per l'Up-Link che per il Down-Link hanno un'estensione di 25 MHz, si costruisce il sistema suddividendo l'area di servizio in zone confinanti, denominate celle, ognuna delle quali fa riferimento ad una stazione radio base che opera su un set di canali radio, diversi da quelli utilizzati nelle celle adiacenti

stazione base



Satellite



I satelliti consentono trasmissioni analogiche, ma prevalentemente digitali, di segnali audio, video, dati

- Satelliti in orbita geostazionaria (36.000 km)*
- Satelliti orbitanti (500-2.000 km)*
- Frequenza di lavoro > 1 GHz (maggiore velocità di trasmissione, “trasparenza” dell’atmosfera e della ionosfera)*
- Numero di satelliti varia a seconda dell’orbita*
- Bassi livelli di segnale no comunicazione con apparecchi negli edifici, in automobile*
- Elevati costi di sviluppo e manutenzione*

Normativa

LE COMUNICAZIONI RADIO SONO REGOLATE DA LEGGI GOVERNATIVE

Questo è l'elenco delle principali leggi del settore ponti radio:

- D.L. 290/2003 dell'1-8-03, pubblicato sulla G.U. n.214 del 15-9-2003*
- D.M. 28-2-02, contenente il Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze
Modifiche al Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze*
- D.L. 259/03, Codice delle comunicazioni elettroniche*