



Antenne per i telefoni cellulari

annamaria.cucinotta@unipr.it
<http://www.tlc.unipr.it/cucinotta>



Requisiti terminali mobili

I principali vincoli da tenere in conto nella progettazione di un'antenna per telefono cellulare sono:

1. l'antenna deve essere fissata alla struttura del telefono; in questo modo le parti metalliche della struttura diventano parte dell'antenna, così che la radiazione derivante dall'insieme struttura-antenna può essere diversa da quella emessa singolarmente dall'antenna.
2. il telefono cellulare, al momento dell'uso, viene maneggiato da una persona che in modo del tutto occasionale punta il dispositivo in qualsiasi direzione. Poiché l'antenna del telefono non irradia lo stesso campo elettromagnetico in tutte le direzioni, i movimenti dell'utente possono ridurre la qualità della comunicazione.

Per risolvere questo problema sono utilizzate antenne che presentano la maggiore uniformità di radiazione possibile.



Requisiti terminali mobili

- Negli ultimi anni, lo sviluppo tecnologico nella comunicazione cellulare è stato in direzione di una drastica **riduzione di peso e taglia** dei terminali mobili; ciò ha portato ad una rapida evoluzione delle antenne impiegate per i telefoni. Gli sforzi di progettazione, in questo senso, sono stati quelli di ridurre le dimensioni delle antenne, mantenendo approssimativamente le medesime prestazioni in termini di guadagno, copertura e larghezza di banda.
- In particolare, nella progettazione delle antenne di telefoni cellulari si cerca una larghezza di banda relativamente ampia, piccola dimensione e una copertura uniforme lungo la direzione di probabile collegamento con la stazione radio-base.



Requisiti terminali mobili

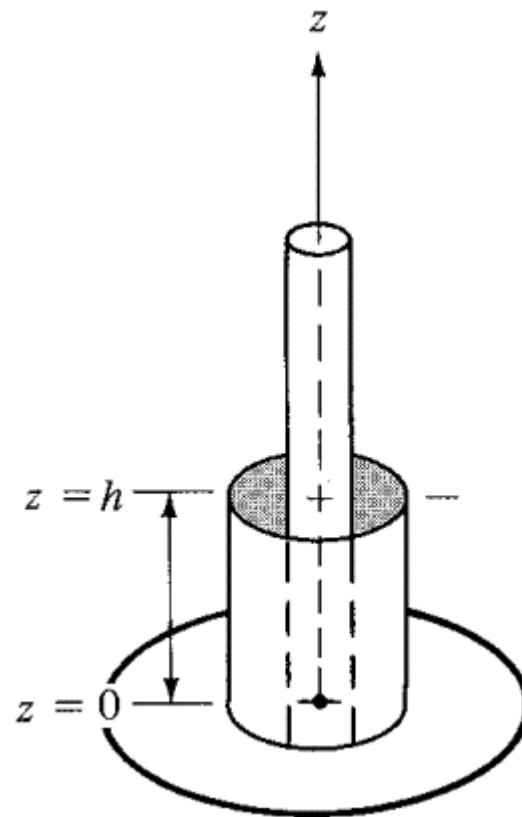
- I requisiti di copertura e dimensione sono chiaramente contraddittori in vista del fatto che l'antenna è tenuta in prossimità della testa dell'utente. Infatti, la testa influenza il comportamento dell'antenna, per cui, per un telefono cellulare, la copertura non è mai uniforme in quanto la testa è vicina all'elemento radiante. Questo è tanto più vero quanto più piccola è la struttura del telefono. Dal punto di vista teorico, la migliore copertura può essere ottenuta utilizzando un dipolo a mezz'onda.
- Tuttavia, per le sue caratteristiche, quest'antenna non può essere direttamente impiegata nei telefoni cellulari.



| nome e sigla della banda | frequenza | lunghezza d'onda |
|--|-----------------|------------------|
| Very Low Frequency (VLF) frequenze molto basse segnali per la navigazione marittima | 3 ÷ 30 kHz | 10 ÷ 100 km |
| Low Frequency (LF) frequenze basse loran-C e altri sistemi di navigazione | 30 ÷ 300 kHz | 1 ÷ 10 km |
| Medium Frequency (MF) frequenze medie radio Am e radio marittima | 300 kHz ÷ 3 MHz | 100 m ÷ 1km |
| High Frequency (HF) alte frequenze radio a onde corte e radiotelefono | 3 ÷ 30 MHz | 10 ÷ 100 m |
| Very High Frequency (VHF) frequenze molto alte televisione VHF e radio FM | 30 ÷ 300 MHz | 1 ÷ 10 m |
| Ultra-High Frequency (UHF) frequenze ultra-elevate televisione UHF, telefoni cellulari, sistemi di localizzazione GPS | 300MHz ÷ 3 GHz | 10 cm ÷ 1m |
| Super-High frequency (SHF) frequenze super-elevate comunicazione satellitare e spaziale, sistemi a microonde | 3 ÷ 30 GHz | 1 ÷ 10 cm |
| Extremely High frequency (EHF) frequenze estremamente elevate radioastronomia, sistemi a guida radar per l'aeronautica | 30 ÷ 300 GHz | 1mm ÷ 1cm |

ANTENNA SLEEVE MONOPOLE

- La presenza dello sleeve permette di allargare la banda.
- Consiste in due cilindri tubolari coassiali, in cui il più sottile e lungo è parzialmente inserito in quello più corto e di raggio maggiore.
- Un importante vantaggio pratico di questo dipolo è dato dalla linea coassiale contenuta all'interno della struttura, e che può essere impiegata per alimentare l'antenna.





ANTENNA SLEEVE DIPOLE

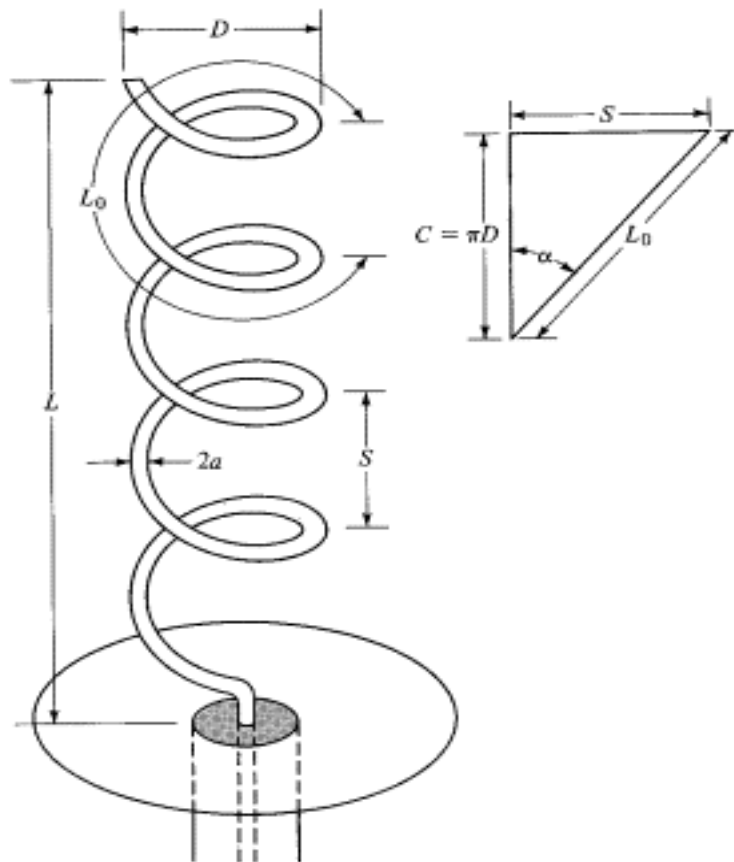
- La struttura ha simmetria cilindrica per cui nello spazio libero garantisce un'eccellente uniformità della radiazione in direzione dell'azimut.
- La struttura radiante è approssimativamente un dipolo a mezz'onda asimmetrico realizzato a partire da conduttori di differente diametro e di lunghezza leggermente differente.
- Il conduttore più sottile è normalmente il conduttore interno della linea coassiale che alimenta l'antenna. Questo conduttore deve avere lunghezza tale da garantire un buon adattamento dell'antenna nella banda di lavoro.
- Il conduttore di diametro più largo ha una funzione critica nel buon funzionamento dell'antenna in quanto deve provvedere ad un efficace smorzamento della corrente a radiofrequenza alla propria estremità aperta; inoltre, costituisce metà del dipolo radiante. Questo conduttore è cortocircuitato sullo schermo della linea coassiale che alimenta l'antenna.
- Il guadagno dell'antenna alla frequenza di risonanza raggiunge quasi il valore teorico del dipolo a mezz'onda (2.15 dBi); ma le perdite ohmiche nella linea coassiale che alimenta il dipolo e nel dielettrico che protegge l'antenna riducono il guadagno.

ANTENNA AD ELICA

- Scelta naturale per produrre radiazione polarizzata ellitticamente.
- Usata insieme ad un piano riflettore.
- E' un'a. a larga banda.
- Consiste in un sottile conduttore piegato a forma di elica; l'elica può essere progettata per operare in due modalità:

Normale e Assiale.

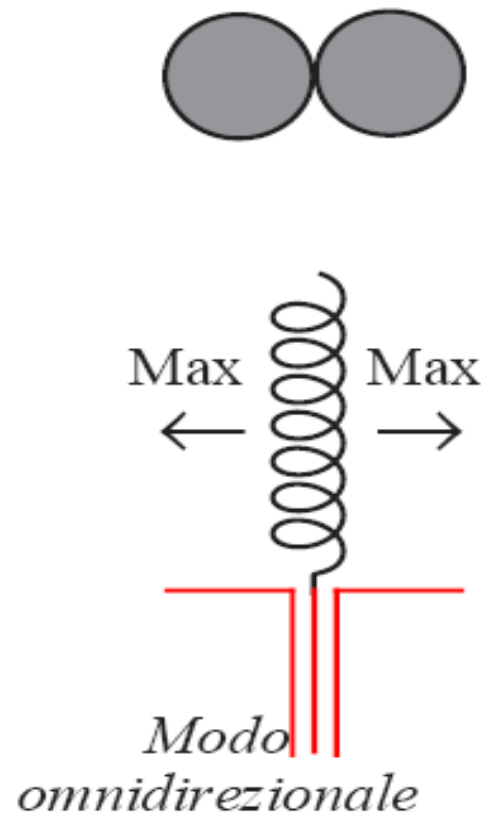
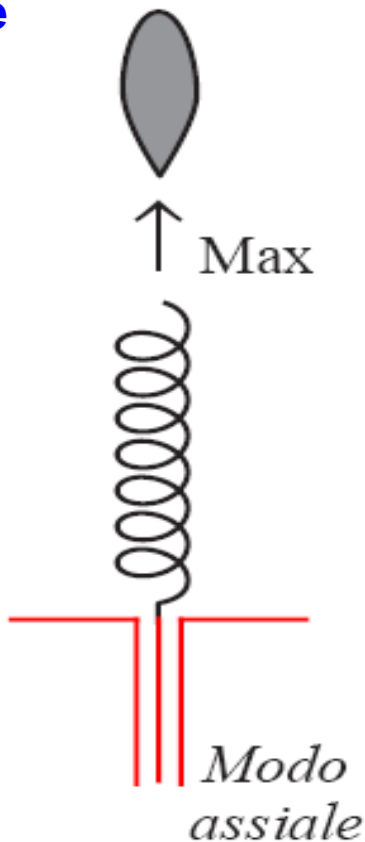
- n numero di avvolgimenti
- D diametro
- S distanza tra avvolgimenti
- $L = nS$ lunghezza totale antenna
- $L_n = nL_0$ lunghezza totale filo
- $C = \pi D$ circonferenza elica
- $\alpha = \arctan(S/\pi D)$, $L_0^2 = (\pi D)^2 + S^2$
- Per $\alpha = 0^\circ$ loop, $\alpha = 90^\circ$ filo lineare



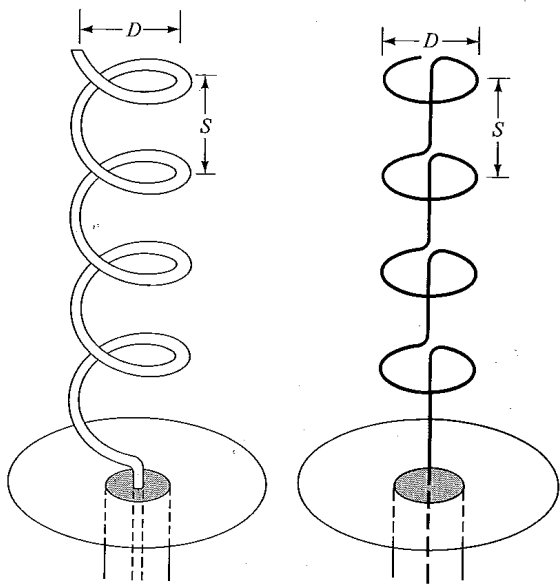
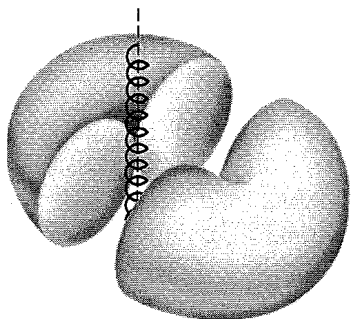
ANTENNA AD ELICA

La **modalità assiale** fornisce un massimo di radiazione lungo l'asse dell'elica e si ha quando la **circonferenza dell'elica è dell'ordine di una lunghezza d'onda**.

La **modalità normale** o **omnidirezionale** produce la radiazione più intensa perpendicolarmente rispetto all'asse dell'elica: ciò si verifica quando il **diametro dell'ellisse è piccolo in confronto alla lunghezza d'onda**.



ELICA: Modalità normale o omnidirezionale



(a) Normal mode

(b) Equivalent

‡ Normal (broadside) mode for helical antenna and its equivalent.

$$E_{DIPOLE} = j\omega\mu IS \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} \sin \vartheta \hat{\vartheta}$$

$$E_{LOOP} = \eta k^2 \frac{\pi}{4} D^2 I \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} \sin \vartheta \hat{\vartheta}$$

$$AR = \frac{|E_{\vartheta}|}{|E_{\phi}|} = \frac{2S\lambda}{\pi^2 D^2} = \frac{2 \frac{S}{\lambda}}{\left(\frac{C}{\lambda}\right)^2}$$

$$AR = 1 \text{ se } C = \pi D = \sqrt{2S\lambda}$$

molto usate con polarizzazione verticale

$$L_n \approx \lambda / 4$$

resonant (quarter wave) stub helix antenna

$$R_r \approx 640 \left(\frac{L}{\lambda}\right)^2 \text{ per } L < \lambda/8$$



ELICA: Modalità assiale

modalità assiale $C \approx \lambda$

tipic. $3/4 \lambda \leq C \leq 4/3 \lambda$

$$B_r = \frac{f_U}{f_L} = \frac{4/3}{3/4} = 16/9 = 1.78$$

$$HPBW = \frac{52}{\frac{C}{\lambda} \sqrt{\frac{nS}{\lambda}}} [\text{deg}]$$

$$G = 12 \left(\frac{C}{\lambda} \right)^2 \frac{nS}{\lambda}$$

$$Z_{in} \cong R_{in} = 140 \frac{C}{\lambda}$$

$$AR (\text{on axis}) = \frac{|E_\phi|}{|E_\theta|} = \frac{2n+1}{2n}$$

la direzione di avvogiment o determina la polariz.

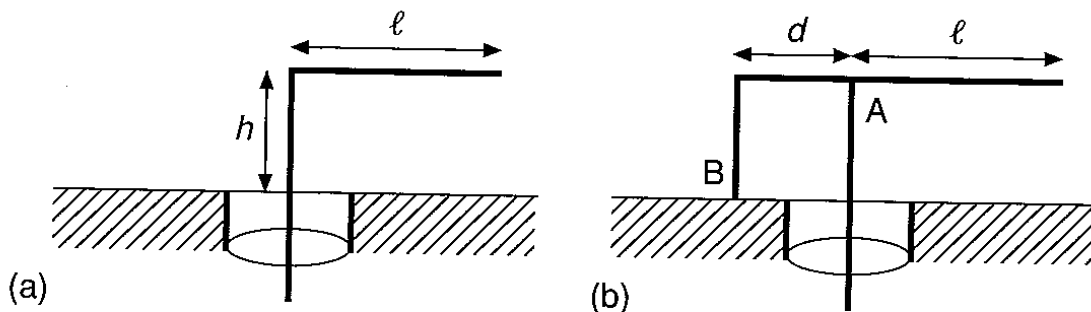
ground plane diameter $> 3/4 \lambda$



ANTENNA AD ELICA

- Le antenne ad elica sono state impiegate nei telefoni cellulari al fine di **ridurre la dimensione del radiatore**.
- Con un'opportuna scelta dei parametri, l'antenna ad elica è un'efficiente struttura radiante, con prestazioni di radiazione e di guadagno **simili a quelle dei dipoli a mezz'onda**.
- Vi sono anche limitazioni che caratterizzano questa antenna, come l'eccitazione di forti correnti a radiofrequenza sulla struttura del telefono, che costituisce parte integrante del sistema radiante.
- Queste antenne presentano una sostanziale perdita di guadagno quando il telefono è tenuto in mano rispetto alla situazione di spazio libero, a causa dell'energia dissipata nella mano e nella testa dell'utente.

L, F Antennas



$$h + l \ll \lambda / 4$$

$$h + l \approx \lambda / 4$$

$$d \ll \lambda$$

La parte AB permette di ottenere più facilmente l'adattamento

PLANAR INVERTED F ANTENNAS

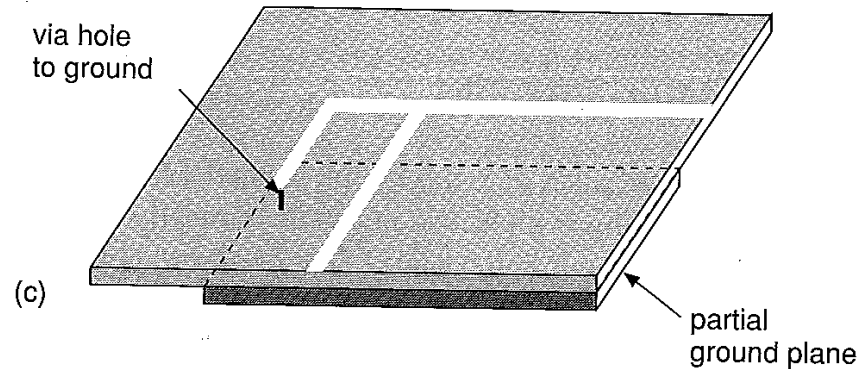


Figure 7.20 Inverted antennas: (a) L type; (b) F type; (c) printed F