

Appunti sulla costruzione di una cantenna

Hal

21/09/2006

Indice

- 1 Introduzione alle onde elettromagnetiche:
 - 1.1 Cosa sono le onde elettromagnetiche
 - 1.2 Come si propagano le onde elettromagnetiche nel vuoto
 - 1.3 Come si propagano le onde elettromagnetiche nei mezzi materiali
 - 1.4 Come si trasportano le onde elettromagnetiche
 - 1.5 Come si concentrano le onde elettromagnetiche
 - 1.6 Come si generano le onde elettromagnetiche
 - 1.7 Le onde elettromagnetiche utilizzate nel wi-fi

- 2 Analisi di una antenna funzionante:
 - 2.1 Connessione alla scheda o router wi-fi
 - 2.2 La lattina come cavità risonante
 - 2.3 L'antenna lineare

- 3 Costruzione di una antenna
 - 3.1 Materiale necessario
 - 3.2 Strumentazione necessaria
 - 3.3 Apertura della lattina
 - 3.4 Foramento della lattina per il connettore
 - 3.5 Assemblamento antenna
 - 3.6 Installazione antenna
 - 3.7 Collegamento antenna schede wi-fi

Capitolo 1

Introduzione alle onde elettromagnetiche

1.1 Cosa sono le onde elettromagnetiche

L'onda elettromagnetica è, dal punto di vista dell'elettromagnetismo classico, un fenomeno ondulatorio dovuto alla contemporanea propagazione di perturbazioni periodiche di un campo elettrico e di un campo magnetico, oscillanti in piani tra di loro perpendicolari.

Le luci, il forno a microonde, le trasmissioni televisive sono tutte emanazioni elettromagnetiche.

Ogni onda elettromagnetica (da qui in avanti abbreviata con onda em) possiede una caratteristica lunghezza d'onda che indicheremo con λ (lambda) ed un'ampiezza.

Le onde em in modulazione di ampiezza (quelle maggiormente utilizzate) hanno una λ che rimane costante durante l'emissione, ed un'ampiezza che invece varia arbitrariamente.

La lunghezza d'onda rappresenta il supporto del segnale che vogliamo inviare tramite onda em.

Possiamo, infatti, calibrare i dispositivi che ricevono radiazione em in modo da essere sintonizzati su una certa λ (o frequenza, che comunque è inversamente proporzionale a λ), in modo da ricevere solo le onde con una data λ e scartare tutte le altre.

Grazie alla modulazione dell'ampiezza, invece, trasmettiamo i dati veri e propri. Assegnando significati diversi, ai valori che l'ampiezza può assumere, possiamo codificare, tramite l'onda, delle informazioni.

In particolare, per il digitale, ci basta assegnare due valori (o meglio intervalli di valori) all'ampiezza delle onde, che codificano i due possibili valori di un bit.

1.2 Come si propagano le onde em nel vuoto

Secondo l'elettromagnetismo classico, le onde em, si propagano in linea retta in qualsiasi mezzo e nel vuoto. Nel 1887 i risultati dell'esperimento di Michelson e Morley verificarono l'assenza dell' "etere luminifero" comprovando, così, che le onde em non necessitano di un mezzo materiale per diffondersi, ovvero possono propagarsi nel vuoto. Nel vuoto le onde non subiscono alcun tipo di variazione né di attenuazione, per questo possiamo osservare stelle a migliaia di anni luce di distanza.

Nel vuoto le onde em si propagano a velocità c (299792458 m/s).

1.3 Come si propagano le onde em nei mezzi materiali

Nei mezzi materiali (es. aria, e in generale un qualsiasi volume che contenga degli atomi) le ampiezze delle onde em vengono attenuate, con legge esponenziale, fino ad annullarsi completamente. Da qui nasce la necessità di creare dei dispositivi che possano amplificare le onde affinché queste arrivino con un segnale sufficientemente forte alla distanza desiderata. È inoltre necessario distinguere in almeno due categorie i mezzi materiali: conduttori e isolanti.

Analizziamo a livello microscopico cosa avviene quando un'onda em urta un isolante. Gli elettroni più esterni dell'isolante tendono a restare "vicini" al nucleo dell'atomo cui orbitano attorno e molto difficilmente se ne allontaneranno, questo fa sì che negli isolanti la corrente non passi. Nell'isolante sono infatti assenti gli elettroni di conduzione che, nel caso dei conduttori, sono responsabili del passaggio di corrente. Quando un'onda em urta un oggetto, fornisce energia agli elettroni più esterni che diventano così eccitati.

Gli elettroni dei conduttori, avendo grande possibilità di movimento, ricevono l'energia dall'onda e la

riemettono istantaneamente (un ritardo di circa 10^{-8} s) con la stessa frequenza dell'onda da cui sono stati colpiti. Dunque i conduttori tendono a riflettere le onde em che vi incidono, ne è un esempio lo specchio che, dietro al vetro, ha una lamina di argento.

Gli isolanti possono riflettere solo onde em di scarsa energia (dall'infrarosso in giù) e comunque falsandole, se si punta una luce bianca su di un oggetto questi rifletterà solo alcune frequenze, in particolare quelle dei colori tipici con cui lo vediamo (un pomodoro riflette lunghezze d'onda che l'occhio umano interpreta rosse).

Infine si può concludere che un isolante lascia passare le onde em assorbendone, però, potenza, mentre un conduttore le riflette totalmente, senza quindi lasciarle passare, con direzioni che dipendono dalla geometria del conduttore.

1.4 Come si trasportano le onde em

Il metodo più efficiente per trasportare onde em è l'utilizzo delle guide d'onda. Il modello più semplice di guida d'onda (per onde di alta frequenza tipo wi-fi) è un tubo metallico con dell'isolante al suo interno (o il vuoto se si vuole un rendimento migliore), entro il quale si propagano le onde em riflettendosi sulle pareti. Un modello migliore di guida d'onda è rappresentato dai cavi coassiali, le onde em si muovono nello spazio (riempito di isolante) che si trova tra il nocciolo del cavo e la parte esterna, costituiti entrambi di un buon conduttore (rame nel più dei casi).

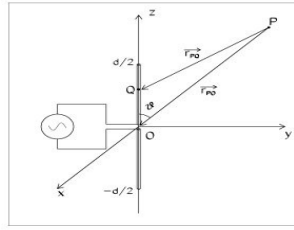
1.5 Come si concentrano le onde em

Sfruttando le proprietà di riflessione dei metalli (ovvero conduttori) siamo in grado di costruire dei "contenitori" di onde em. All'interno di tali contenitori le onde si riflettono sulle pareti, rimbalzando più volte. In alcuni punti del volume, dunque, si possono osservare delle interferenze che, a seconda della posizione, potranno essere costruttive o distruttive. Laddove le ampiezze delle onde che si incrociano si sommano si dice che l'interferenza è costruttiva, dove, invece, si annullano si dice che l'interferenza è distruttiva. Il fenomeno di interferenze costruttive e distruttive, nell'insieme, prende il nome di risonanza, perciò i contenitori che possono generare questo fenomeno si chiamano cavità risonanti.

Una cavità può essere risonante solo per onde con una certa frequenza (al limite di un intervallo di frequenze non molto grande), perciò il contenitore ha dimensioni diverse a seconda delle frequenze cui si vuole che quest'ultimo lavori.

1.6 Come si generano le onde em

La maggior parte delle onde em di uso quotidiano sono generate accelerando (o decelerando) degli elettroni in maniera ordinata o caotica a seconda dell'applicazione. In una lampadina ad incandescenza gli elettroni sono accelerati in maniera totalmente casuale, mentre, in una trasmissione radiofonica, con un ordine ben preciso. Il dispositivo più semplice per l'accelerazione ordinata di elettroni non è altro che un tratto di conduttore lineare, che chiamiamo antenna. Un primo miglioramento di antenna è rappresentato dall'antenna lineare: due sbarre di conduttore lineari e consecutive collegate ognuna ad un estremo del generatore del segnale d'onda.

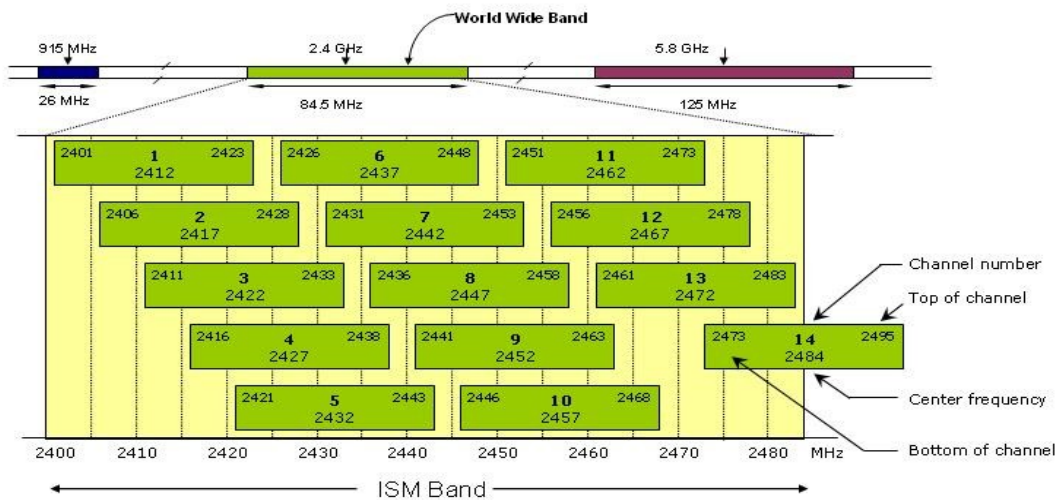


L'antenna lineare è un esempio di emissione in risonanza: sfruttando le differenze di fase, con cui vengono emesse le onde dalle due sbarre, otteniamo delle zone in cui l'ampiezza delle onde generate è massima e zone dove non vi è alcuna trasmissione. In questo modo si sono anche limitate le zone in cui l'antenna trasmette. Se si deve costruire un'antenna per cellulari, ad esempio, è necessario che essa emetta più lontano possibile in orizzontale, ed è tuttavia inutile che irraggi anche in verticale sopra e sotto di sé.

Il grafico d'irraggiamento di un'antenna lineare è una “ciambella” schiacciata, parallela al terreno e centrata nell'antenna. Possiamo modificare la geometria della “ciambella” utilizzando lunghezze diverse delle sbarre che costituiscono l'antenna; in particolare utilizziamo delle frazioni di numeri interi della lunghezza dell'onda per cui stiamo costruendo il dispositivo (es 1, 1/2, 1/3 ecc).

1.7 Le onde em utilizzate nel wi-fi

Quando si usano onde em per la trasmissione dei dati bisogna tenere conto che la quantità di dati che è possibile inviare è direttamente proporzionale alla frequenza dell'onda che si utilizza. Dunque tanto più alta è la frequenza cui si lavora tanti più dati si potranno inviare. Inoltre anche la potenza è funzione della frequenza dell'onda, perciò una frequenza più alta permette trasmissioni a maggiori distanze (non bisogna dimenticare che anche la nocività delle onde em è direttamente proporzionale alla loro frequenza). Lo standard 802.11 b/g, attualmente il più utilizzato in Europa, prevede 14 canali (i dispositivi europei non sono abilitati all'ultimo canale, quello con frequenza maggiore). I canali vanno dai 2.401 ai 2.495 GHz con un intervallo di 5 Hz da un canale all'altro, è evidente che ogni canale interferisce con i quattro che lo precedono e i quattro successivi.



Siccome alcuni dispositivi wireless acquistati in Europa hanno comunque la limitazione ad undici canali (la stessa degli USA), si utilizzerà la frequenza del canale 11 per la costruzione della antenna. Per sapere la lunghezza d'onda λ del canale 11 dobbiamo dividere c per la sua frequenza:

$$299792458 \text{ m/s} / 2.462 \text{ GHz} \sim 12.2 \text{ cm}$$

Capitolo 2

Analisi di una antenna funzionante

2.1 Connessione alla scheda di rete

Le guide d'onda utilizzate per la connessione tra antenna e scheda o router wireless prendono il nome di pig-tail (coda di maiale). Il pig-tail è un cavo coassiale, generalmente corto per limitare le dispersione dovuta alla resistenza intrinseca del cavo. Da un lato serve con un connettore N maschio mentre dall'altro un connettore femmina che dipende dal dispositivo cui va collegato, i più diffusi sono gli RP-SMA. Per la costruzione artigianale del pig-tail è consigliabile usare del cavo coassiale di tipo LMR400.

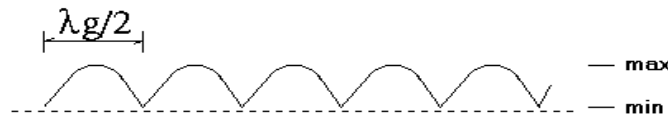
2.2 La lattina come cavità risonante

Le dimensioni ottimali della lattina dipendono esclusivamente dalla λ di lavoro.

La lattina si comporta come un cavo coassiale cortocircuitato, le onde rimbalzano sul fondo e, tornando indietro, si sommano a quelle entranti. La lattina deve avere un diametro compreso tra i 9 e gli 11 cm, per il wi-fi. È possibile calcolare la lunghezza dell'onda stazionaria (λg) che si forma in una lattina di un dato diametro D:

$$\lambda g = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{\lambda}\right)^2 - \left(\frac{1}{D \times 1,706}\right)^2}}$$

L'onda stazionaria è l'onda risultante dalla somma delle onde entranti e di quelle che hanno rimbalzato sul fondo. È periodica, si ripete, cioè uguale ogni $\lambda g/2$:



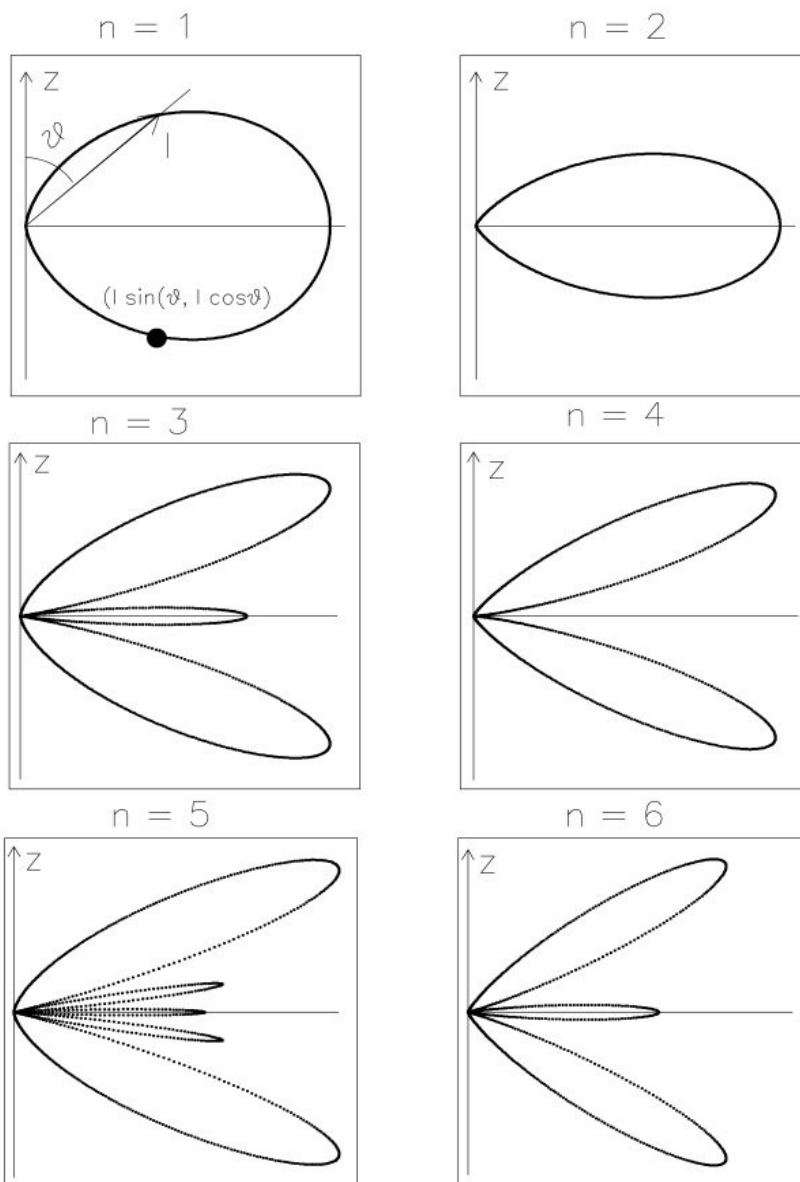
Dal grafico si può vedere che l'onda stazionaria ha un massimo a $1/4 \lambda g$ dall'inizio: in questo punto viene sistemata l'antenna.

La lattina dev'essere di lunghezza pari a $3/4$ di λg .

2.3 L'antenna lineare

L'antenna lineare del dispositivo è un cavo di rame di 2mm fissato su un connettore di tipo N femmina da pannello. Come già detto il connettore viene sistemato a $1/4 \lambda g$ dal fondo della lattina, infatti, dal grafico precedente, si nota che in quel punto si ha un massimo dell'onda stazionaria.

La geometria dell'irraggiamento dell'antenna dipende dalla lunghezza dell'antenna stessa. In particolare dipende dal numero intero (chiamato n) per cui dividiamo λ . Qui di seguito sono riportati dei grafici per diversi valori di n.



Si utilizzerà $n=4$, l'antenna sarà perciò lunga 3.05 cm.

Capitolo 3

Costruzione di una antenna

3.1 Materiale necessario

Per questo modello di antenna si utilizzano:

- 1 Lattina di birra FAXE da 1 lt.
- 1 Connettore di tipo N femmina da pannello.
- 1 Pezzo di cavo di rame da 2 mm, abbastanza lungo per fare l'antenna.
- 1 Pig-tail con le connessioni necessarie (N maschio da un lato).
- 1 Scheda di rete o router con cui testare l'antenna.

3.2 Strumentazione necessaria

Per costruire questo modello di antenna sono necessari:

- Flessibile o sega da ferro per il taglio della lattina
- Trapano per il foro nella lattina
- Saldatore per l'antenna e lo stagno
- Punta da 14mm per il foro
- Pinze

3.3 Apertura della lattina

Scelta la lattina si misura il diametro e, con le formule precedenti, si calcola la lunghezza dell'onda stazionaria e quindi la distanza dal fondo cui dev'essere tagliata.

La lattina di birra, affinché sia lunga $3/4 \lambda_g$, dev'essere tagliata a 16.5 cm dal fondo . È indispensabile praticare sulla lattina un taglio netto di modo che il profilo sia il più regolare possibile.

3.4 Foramento della lattina per il connettore

Ad una distanza di $1/4 \lambda_g$, nel caso della lattina di Faxe a 5.5 cm, dal fondo della lattina si segna un punto. Lì si praticherà un foro di 14 mm, in cui andrà inserito, in un secondo momento, il connettore di tipo N.

Più il foro sarà regolare più la antenna sarà accurata.

3.5 Assemblamento antenna

Si taglia un pezzo di cavo di rame da 2mm di diametro, dritto, di lunghezza pari a $\lambda/4$, per questo modello, quindi, di 3.1 cm. Si inserisce il pezzo di rame nel connettore (probabilmente il pezzo di rame dovrà essere smussato un pò al fondo per poterlo inserire nell'incavo del connettore). Quindi si salda il tratto di rame al connettore e, infine, si avvita o si salda il connettore di tipo N al foro da 14mm praticato in precedenza.

Ora è possibile connettere la antenna al dispositivo wireless tramite pig-tail.

Sitografia:

<http://www.wikipedia.org>

<http://www.moonblinkwifi.com>

<http://www.saunalahti.fi/elepal/antennit.html>