

HamWeb - Antenne: schiere di antenne

Se vogliamo aumentare il guadagno di un'antenna, o aumentarne la direttività, cose che come abbiamo visto vanno di pari passo, come dobbiamo fare? Una prima, ovvia possibilità è quella di concentrare il campo nelle sole direzioni volute, usando uno o più specchi o facsimile di specchi: lo vedremo in alcune delle prossime puntate.

Un'altra strada, di cui parliamo qui, è quella di usare più antenne, facendo in modo che i loro campi interagiscano opportunamente; un sistema di questo genere si chiama schiera di antenne e presenta alcune caratteristiche *molto* interessanti.

Definizioni

Cominciamo dal caso più semplice, prendendo due sole antenne uguali tra loro; per semplificare al massimo, consideriamo due antenne *isotropiche*, cioè che irradiano nello stesso modo in tutte le direzioni; poniamole nello spazio vuoto, ad una certa distanza D tra loro; infine, per completare la semplificazione, alimentiamole in fase tra loro.

Prima di proseguire, definiamo alcuni termini che ci serviranno nel seguito; le due antenne, che possiamo supporre puntiformi, e d'ora in poi chiameremo *elementi* della schiera, sono congiunte da una retta, che chiameremo *asse* dell'antenna; chiamiamo *centro* dell'antenna il punto centrale del segmento che congiunge i due elementi. Ancora, chiamiamo *piano mediano* il piano che passa per il centro dell'antenna ed è perpendicolare all'asse.

Schiere broad-side

Siamo pronti: consideriamo allora le onde emesse (in fase) dagli elementi; quando arrivano su di un qualsiasi punto del piano mediano, esse hanno percorso esattamente la stessa strada, quindi, essendo partite in fase, sono ancora in fase, e si sommano tra loro.

In una qualsiasi altra direzione, le onde ci arriveranno dopo aver compiuto percorsi diversi, e quindi non più in fase tra loro; se la differenza di percorso non è uguale ad esattamente un multiplo di lunghezza d'onda, il risultato è che la loro somma è minore di quanto non sarebbe sul piano mediano; in particolare, se la differenza di percorso è pari ad un multiplo dispari di mezza lunghezza d'onda, le onde arrivano in opposizione di fase e la loro somma è zero (in realtà, a causa della differenza di percorso, l'ampiezza delle onde è leggermente diversa, quindi lo 'zero' non è proprio zero, ma se ci poniamo a distanza sufficiente dall'antenna, la differenza d'ampiezza è molto piccola, tale da poter essere tranquillamente trascurata).

Ricapitolando: in certe direzioni l'irradiazione è massima, in altre è minima: abbiamo ottenuto un'antenna direttiva, con dei lobi di radiazione la cui forma e disposizione dipende dalla distanza tra gli elementi del sistema. Una schiera di questo genere, che irradia prevalentemente sul suo piano di mezzzeria, si chiama *broad-side array*.

Poniamo ora che la distanza D tra gli elementi sia pari esattamente ad una mezz'onda, che è una situazione standard; è facile convincersi che ora le posizioni in cui i campi prodotti dai due elementi sono sfasati di mezzo periodo, e quindi si annullano, si trovano esattamente lungo la congiungente degli elementi, cioè lungo l'asse dell'antenna; infatti le onde prodotte dall'elemento 1 arrivano sull'elemento 2 dopo aver percorso mezz'onda, e da qui in poi le due onde prodotte dagli elementi viaggiano insieme, mantenendo uniformemente e costantemente nulla la somma.

Schiere end-fire

Cambiamo ora le carte in tavola: diamo alle due antenne un'alimentazione reciprocamente sfasata di mezzo periodo. Ora, in tutti i punti del piano mediano, le onde arrivano costantemente in controfase, per cui, su tutto il piano, la risultante netta è zero; viceversa, lungo l'asse dell'antenna i campi sono costantemente in fase, e si sommano dando la risultante massima possibile. La schiera così ottenuta è detta *end-fire array* (e già comincia a somigliare ad una Yagi-Uda...).

Osserviamo subito una cosa molto importante: cambiando le sole alimentazioni (praticamente, aggiungendo una mezz'onda di linea), abbiamo ruotato di 90° i lobi di radiazione della schiera!

Altra osservazione: togliamo l'alimentazione all'elemento 1 e cortocircuitiamolo (altrimenti la corrente non passa). Ad un esame superficiale si potrebbe pensare che l'effetto dell'elemento si annulli, ma non è così. In realtà, il campo prodotto dall'elemento 2 giunge all'elemento 1, sfasato esattamente di mezzo periodo, e quindi fa scorrere su di esso una corrente equivalente ad un'alimentazione sfasata di mezzo periodo. Il sistema si comporta quindi ancora come una schiera end-fire, salvo che l'irradiazione dell'elemento 1 è un po' più debole di quella dell'elemento 2; a causa di ciò, lo zero sul piano mediano diventa "un po' meno zero", cioè il piano d'irradiazione nulla si deforma, e l'irradiazione in una direzione è un po' più intensa che nell'altra, ma questo effetto è globalmente trascurabile.

Impedenza dell'antenna

Cosa succede alle impedenze degli elementi? Ciascun elemento è sottoposto al proprio campo, ma anche al campo generato dall'altro elemento, e, in funzione delle fasi delle alimentazioni e della distanza tra gli elementi, intorno all'elemento il campo potrà sommarsi o sottrarsi secondo i casi. Quindi l'impedenza varia secondo la disposizione degli elementi e la loro alimentazione; però su questo argomento, piuttosto complesso, non scenderemo in ulteriori dettagli.

Schiere a più elementi

Schiere a più elementi

Prendiamo ora un caso un po' più complicato: aggiungiamo un terzo elemento alla schiera end-fire vista sopra, disponendolo lungo l'asse spaziando tutti gli elementi di mezza lunghezza d'onda, ed alimentandoli ciascuno in controfase rispetto a quello adiacente; il centro dell'antenna si trova ora in corrispondenza dell'elemento centrale, che giace sul piano mediano. Sull'asse dell'antenna i campi continuano ancora a sommarsi, quindi abbiamo ancora i lobi di radiazione principali disposti lungo esso. Però, sull'asse mediano, si hanno i due campi degli elementi esterni che si sommano, mentre il campo dell'elemento centrale si sottrae; l'intensità è minore, ma non è più zero. Si ha cioè un lobo secondario di radiazione. I lobi principali e secondario sono separati da due superfici coniche, con vertice nel centro dell'antenna e simmetriche rispetto al piano mediano. Aumentando la complessità dell'antenna, il numero di lobi cresce per ogni elemento aggiunto, però contemporaneamente l'intensità dell'irradiazione nei lobi secondari decresce; in altre parole, la direttività dell'antenna cresce!

Ovviamente, non c'è limite alla complicazione che si può introdurre, nel senso che si può pensare di aggiungere elementi in numero illimitato; però in pratica, non è detto che convenga, in quanto, all'aumentare del numero di elementi, la direttività aumenta significativamente solo fino ad un certo limite, poi cresce molto lentamente ed infine non cresce più; in altre parole, con le schiere non si possono realizzare antenne 'superdirettive'.

Un'ultima nota: le antenne broad-side (per motivi che qui non ci sogniamo neanche vagamente di affrontare), sono più direttive delle end-fire.

Schiere di antenne reali

Tutto il ragionamento fatto sopra è vero nel caso delle antenne isotropiche; se invece usiamo antenne reali, come ad esempio i dipoli, il diagramma di radiazione proprio della schiera si deforma per tenere conto del diagramma tipico dell'antenna elementare usata; in altre parole, il guadagno in ogni direzione è dato dal prodotto del guadagno proprio dell'antenna per quello della schiera, cosicché i lobi possono essere rafforzati in certe direzioni, ed attenuati in altre.

