

ANTENNE CUSTOM PER TELERILEVAMENTO E APPLICAZIONI SAR

Flaminio Bollini

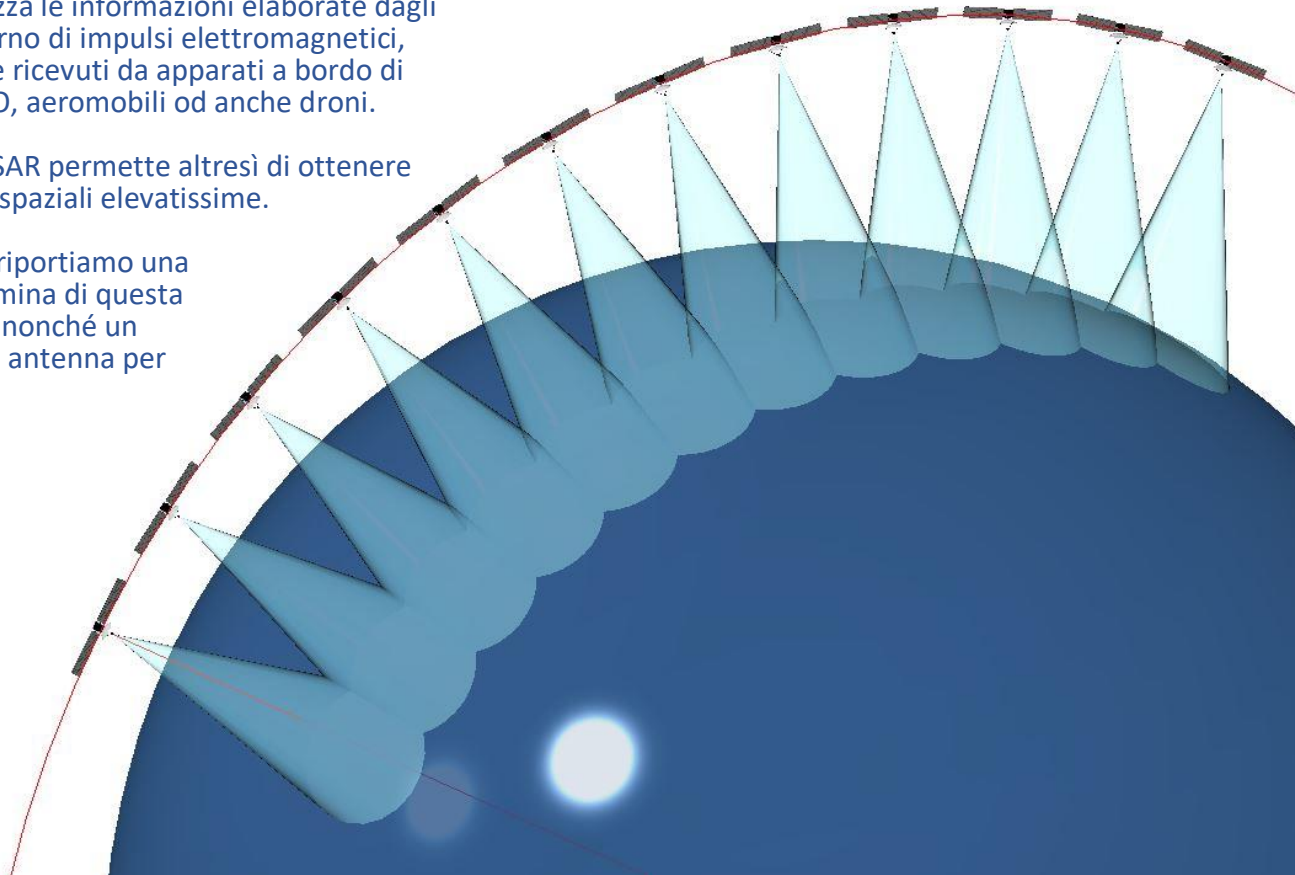
Un importante settore per il quale abbiamo progettato e realizzato svariate antenne custom è quello della ricerca scientifica, argomento sul quale sicuramente torneremo con altri articoli.

In particolare, in questa sede viene fatta una breve descrizione sulla tecnica **SAR (Synthetic Aperture Radar)**, applicata nel campo del telerilevamento.

Questa tecnologia, basata sul principio del radar, utilizza le informazioni elaborate dagli echi di ritorno di impulsi elettromagnetici, trasmessi e ricevuti da apparati a bordo di satelliti LEO, aeromobili od anche droni.

Il metodo SAR permette altresì di ottenere risoluzioni spaziali elevatissime.

Di seguito riportiamo una breve disamina di questa tecnologia nonché un esempio di antenna per tale scopo.



1. Il telerilevamento e le sue applicazioni.

Il telerilevamento è una disciplina scientifica che ci permette di acquisire informazioni dettagliate sulla superficie terrestre utilizzando sensori remoti. Questa tecnologia riveste un ruolo fondamentale in molteplici settori, dalla scienza all'agricoltura, dall'ambiente all'urbanistica, e molto altro ancora.

Il telerilevamento consiste quindi nell'osservare la Terra da una certa distanza, utilizzando sensori avanzati, per raccogliere dati preziosi sulla sua superficie. Questi sensori possono essere a bordo di satelliti, aerei o droni, e sono in grado di rilevare informazioni invisibili all'occhio umano.

Le applicazioni del telerilevamento sono incredibilmente diverse. Ad esempio, nel campo dell'agricoltura, possiamo utilizzare questa tecnologia per monitorare la crescita delle coltivazioni, individuare eventuali problemi di irrigazione o rilevare malattie delle piante. Nel settore ambientale, possiamo utilizzare questa tecnologia per studiare cambiamenti climatici, deforestazione o inquinamento delle acque. In urbanistica, il telerilevamento ci aiuta a pianificare nuove infrastrutture e monitorare l'espansione delle città.

Esistono varie tecniche di telerilevamento le quali si distinguono in base alla parte di spettro elettromagnetico utilizzato: si va dallo spettro visibile e dell'infrarosso a quello delle microonde. Tecniche di telerilevamento molto utilizzate ed efficaci sono ad esempio l'interferometria radar nel campo delle microonde tramite *radar ad apertura sintetica (SAR)*, il *LIDAR* nel campo del visibile-infrarosso (telerilevamento ottico) oppure la radiometria passiva, mentre nel caso della radioastronomia si parla di telerilevamento spaziale.

Appartengono per certi versi al telerilevamento anche le tecniche diagnostiche tramite *SONAR* come l'ecoscandaglio e il *SODAR* che non fanno però uso di onde elettromagnetiche, ma di onde acustiche.

In questo articolo, ci concentreremo sulla tecnologia **SAR** (in inglese: **Synthetic Aperture Radar**) e sugli aspetti principali che caratterizzano un'antenna professionale progettata su misura per questo specifico settore.

2. La tecnologia SAR.

2.1. Cos'è il SAR?

Anzitutto il *SAR* è un radar, ovvero un sistema di telerilevamento attivo che impiega onde elettromagnetiche irradiate mediante un'antenna direttiva verso la porzione di superficie terrestre che si vuole osservare. In funzione del tipo di prospezione che si vuole implementare, vengono utilizzate varie bande di frequenza: questo perché ogni differente lunghezza d'onda presenta caratteristiche fisiche diverse in quanto a profondità di penetrazione nella vegetazione e nel suolo (**Figura 2.1**).

L'eco di questi impulsi trasmessi, riflesso con modalità differenti da ostacoli con caratteristiche fisiche diverse e ricevuto dall' antenna, viene elaborato permettendo di ottenere immagini ad alta risoluzione che evidenziano caratteristiche fisiche, geologiche o biologiche diverse del territorio scansionato.

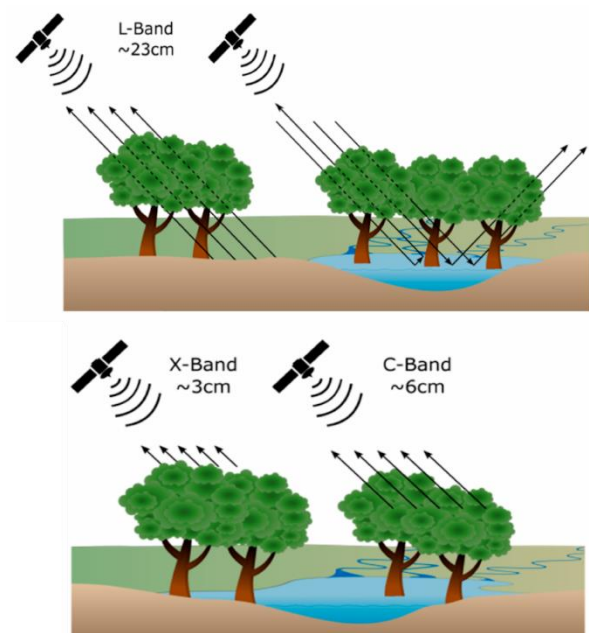


Figura 2.1

Profondità di penetrazione nella vegetazione per differenti lunghezze d'onda.

2.2. Differenza tra SAR e radar convenzionale.

In un radar convenzionale la scansione dello spazio circostante è affidata ad un'antenna direttiva la cui apertura, ovvero la larghezza di fascio del lobo principale, è direttamente correlata alla massima risoluzione spaziale che il radar è in grado di ottenere. Pensando ad esempio ad un radar di avvistamento, più piccola è la larghezza di fascio dell'antenna maggiore sarà la capacità del radar stesso di distinguere due bersagli vicini che si trovano ad una determinata distanza.

Per tale motivo le antenne radar consistono in schiere (o array) di elementi radianti che si estendono su una o due dimensioni (a seconda del tipo di radar) per svariate lunghezze d'onda, così da ottenere un diagramma di radiazione molto stretto, denominato *pencil beam*.

Con questo approccio, le dimensioni d'antenna rappresentano ovviamente un limite alla massima risoluzione spaziale ottenibile, specialmente osservando bersagli posti a grande distanza dal radar stesso.

La tecnologia SAR si basa invece sul principio di far muovere l'antenna, posta a bordo di un satellite od altro velivolo, lungo una direzione (denominata *azimuth*) parallela alla superficie da scansionare, raccogliendo i dati di una stessa area per differenti posizioni di acquisizione. In questo modo è possibile implementare "artificialmente" un array molto esteso, aumentando drasticamente la risoluzione spaziale dell'area scansionata lungo la direzione di *azimuth*.

Ovviamente tale procedura, che richiede un'analisi molto complessa dei dati scansionati, fa uso di metodi numerici decisamente elaborati, il cui approfondimento esula dagli scopi di questo articolo.

2.3. Campi di applicazione del SAR.

In questi ultimi anni, l'applicazione di questa tecnologia ha interessato non solo i satelliti artificiali LEO ma è stata vantaggiosamente impiegata a bordo di piccoli velivoli o droni, diventando quindi una risorsa molto flessibile. Tali velivoli, operando a quote molto più basse dei satelliti, permettono inoltre di conseguire una risoluzione spaziale ancora più elevata, specialmente nella direzione perpendicolare alla traiettoria di volo, nella quale il "fattore di array sintetico" non ha influenza.

Il SAR su velivoli di piccole dimensioni trova applicazioni in una vasta gamma di settori. Nell'agricoltura, può essere utilizzato per monitorare le coltivazioni, individuare le infestazioni delle piante e valutare l'umidità del terreno. Nel settore ambientale, permette di rilevare cambiamenti nella copertura forestale, monitorare il livello dei fiumi e individuare fenomeni di erosione. Nei settori dell'ingegneria civile e della sicurezza offre un potenziale significativo per la sorveglianza di infrastrutture critiche e la ricerca e il salvataggio in situazioni di emergenza.

Questo fatto ha portato allo sviluppo di antenne pensate ad hoc per questo tipo di installazioni *airborne*, nelle quali esistono vincoli meccanici non indifferenti.

Nel paragrafo che segue accenniamo alle caratteristiche tecniche che tali antenne, sviluppate e realizzate su misura, devono avere. Riportiamo inoltre, come esempio, un nostro progetto di antenna SAR in banda L per installazione su aeromobile.

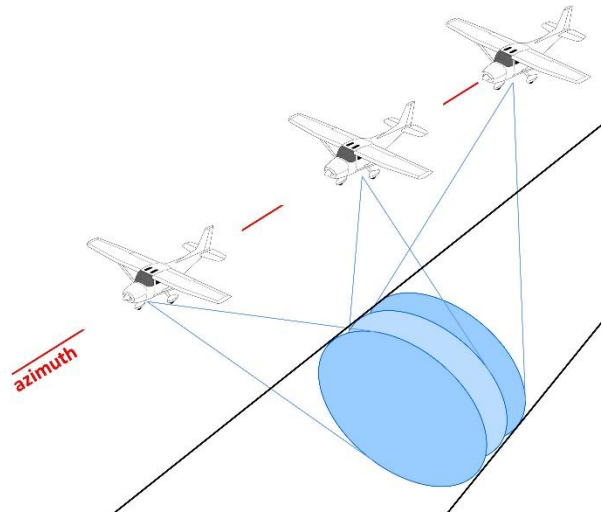


Figura 2.2

Principio di funzionamento del SAR a bordo di un velivolo.

3. Caratteristiche di un'antenna per applicazioni SAR.

Le antenne per queste applicazioni devono soddisfare requisiti sia meccanici che elettrici che le portano ad essere molto diverse dalle antenne reperibili in commercio.

3.1. Specifiche meccaniche.

Da un punto di vista meccanico, un'antenna SAR presenta vincoli sia di tipo dimensionale-strutturale che di tipo ambientale. Infatti deve essere alloggiata a bordo di un velivolo ed eventualmente inserita all'interno di carenature o *pod alari*, ovviamente realizzati in materiale dielettrico. Inoltre, trattandosi di antenne di tipo *airborne*, devono soddisfare requisiti di resistenza alle vibrazioni meccaniche, alle sollecitazioni aerodinamiche ed alle variazioni di quota.



Figura 3.1

Esempio di *pod alare*.

3.2. Specifiche elettriche.

Le caratteristiche elettriche di un'antenna SAR giocano un ruolo fondamentale nell'acquisizione dei dati e nella loro successiva elaborazione. Pertanto è necessario sviluppare prodotti ad hoc, in linea con le specifiche richieste dal sistemista.

Banda operativa.

All'interno della banda operativa richiesta, in genere piuttosto ampia (almeno il 20%), le caratteristiche di adattamento e di radiazione devono mantenersi il più possibile costanti: in pratica l'antenna deve presentare le stesse caratteristiche elettriche ad inizio, al centro e a fine banda.

Diagrammi di radiazione.

I diagrammi di radiazione nei piani principali (piano parallelo e piano normale alla direzione di volo) devono avere larghezze di fascio costanti, specialmente nel caso di antenne a doppia polarizzazione dove, per ogni ingresso, i piani E ed H risultano invertiti rispetto ai piani principali. Nello stesso tempo l'attenuazione dei lobi laterali dev'essere più accentuata rispetto a quella ottenibile da una schiera alimentata uniformemente (> 13dB).

XPD e isolamento tra le polarizzazioni.

L'utilizzo simultaneo di due polarizzazioni ortogonali nell'acquisizione dei dati implica la necessità di progettare antenne con un'elevata discriminazione della polarizzazione ortogonale (XPD tipicamente migliore di 25÷30 dB). Lo stesso dicasi per l'isolamento tra i due canali cross-polari, che deve essere migliore di almeno 30 dB su tutta la banda.

Potenza applicabile.

In genere la potenza media che l'antenna deve sopportare non è elevatissima ma, dal momento che il sistema in trasmissione impiega un *duty cycle* ben inferiore ad 1, si deve poter gestire una potenza di picco che può arrivare anche al kilowatt.

Nel paragrafo che segue vediamo un esempio concreto, senza svelare dettagli legati alla riservatezza del progetto.

4. Antenna SAR in banda L.

Un esempio di antenna progettata su misura per questa applicazione è il pannello rettangolare mostrato nella **Figura 4.1**, operante in banda L con due polarizzazioni lineari ortogonali indipendenti.

Da un punto di vista meccanico l'antenna è soggetta a precisi vincoli dimensionali in modo che possa essere inserita all'interno di un *pod alare* cilindrico in vetroresina. Inoltre è stata prevista un'interfaccia meccanica ad hoc, nonché la possibilità di installare l'antenna all'esterno del velivolo, aggiungendo al radome delle appendici aerodinamiche.

In accordo con le specifiche elettriche elencate nel precedente paragrafo, le larghezze di fascio nei piani principali sono rispettivamente di 20° nel piano azimutale e 40° nel piano perpendicolare alla direzione di volo. Di conseguenza, ogni schiera in polarizzazione lineare dovrà avere una larghezza di fascio identica nei suddetti piani.

La sintesi di due array distinti, rispettivamente in polarizzazione H e V, con le medesime larghezze di fascio nei piani principali (piano E per una schiera e piano H per l'altra, e viceversa nell'altro piano principale ortogonale), rappresenta un obiettivo di progetto importante che implica un attento dimensionamento dell'antenna.

Un esempio è mostrato in **Figura 4.2** dove sono stati impiegati due distinti array interlacciati con un elevato grado di simmetria, sia geometrica che elettrica. Se si considera ad esempio il piano azimutale, i diagrammi di radiazione che si ottengono sono riportati nella **Figura 4.3**.



Figura 4.1
Pannello SAR in banda L (fronte e retro).

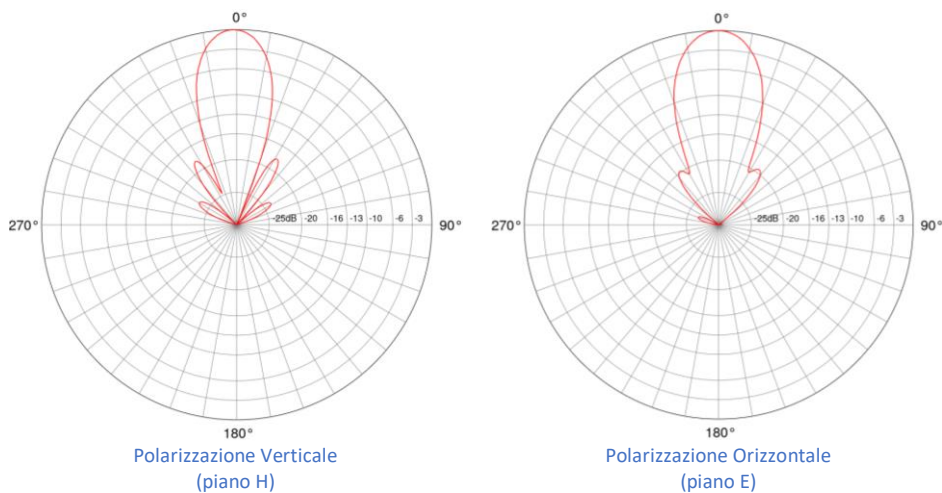


Figura 4.3
Diagrammi di radiazione nel piano azimutale.

Un'attenta progettazione dell'antenna permette anche di ottenere elevati valori di XPD ed isolamento, riuscendo a raggiungere rispettivamente 30 dB e 40 dB su tutta la banda operativa.

Tutte queste caratteristiche, generalmente più spinte rispetto ai normali prodotti in commercio, collocano necessariamente questo tipo di antenne nel settore dei prodotti custom.

5. Conclusioni.

Il settore della ricerca scientifica rappresenta da sempre un importante campo di attività per la progettazione e realizzazione di antenne con requisiti particolari.

In quest'ambito, sono sempre più diffuse le tecnologie che fanno uso del sistema SAR (*Synthetic Aperture Radar*) nel campo del telerilevamento, aventi come scopo il monitoraggio e la sorveglianza della superficie terrestre.

Negli ultimi decenni, i sistemi SAR sono stati vantaggiosamente installati anche su velivoli di ridotte dimensioni, quali piccoli aerei da turismo e droni, permettendo una notevole riduzione della complessità e dei costi di queste campagne di misura.

Le antenne impiegate per tale scopo devono necessariamente essere sviluppate e realizzate ad hoc, tenendo conto sia di specifiche meccaniche, dovute all'installazione *airborne* delle stesse, sia di requisiti elettrici.

Questi ultimi risultano essere più stringenti rispetto ad un'antenna standard, in quanto impattano direttamente sulla qualità dei dati acquisiti e sulle successive elaborazioni numeriche degli stessi, necessarie alla generazione di immagini ad alta risoluzione del territorio osservato.

La fornitura di antenne per questi settori di applicazione deve perciò essere affidata ad aziende con esperienza specifica nel settore, dato che non tutte le tipologie di antenne e le rispettive tecnologie impiegate nella loro realizzazione sono idonee per questo tipo di progetti.



*Tutte le informazioni e le esperienze riportate in questo articolo sono frutto dell'attività di **progettazione, sviluppo e realizzazione di antenne custom professionali** svolta da **ElettroMagnetic Services Srl** con il metodo **AntennaSuMisura**.*

*Per **domande, chiarimenti od approfondimenti** in merito a questo o ad altri argomenti riguardanti le antenne professionali scrivi a bollini@elettromagneticervices.com*

Grazie per il tempo che hai dedicato alla lettura di questo articolo.

Trovi l'elenco completo delle nostre pubblicazioni tecniche cliccando qui:

<https://www.elettromagneticervices.com/news>

The logo for AntennaSuMisura, featuring the word 'AntennaSuMisura' in a blue, stylized script font. A blue Wi-Fi signal icon is positioned above the 'u' in 'Misura'.

by

ElettroMagnetic Services
SRL

Trasmettiamo la tua eccellenza!