

# Vincoli e gradi di libertà

nella progettazione di

## Antenne Integrate

Ing Francesco Zaccarini

L'importanza della comunicazione con il Cliente che ci commissiona lo sviluppo di un'antenna su misura è un punto fondamentale nel nostro lavoro.

Riuscire a capire, all'inizio di un progetto, quella che è l'esatta applicazione del sistema in cui l'antenna verrà inserita nonché il modo in cui tale apparato wireless opera, ci permette di ottimizzare il risultato.

In particolare in questo articolo ci proponiamo di sensibilizzare gli interessati circa i *vincoli* ed i *gradi di libertà*, che determinano quanto ci è possibile modificare un apparato per riuscire a massimizzare l'efficienza dell'antenna in esso inserita, evitando di incorrere in situazioni di "scacco matto", per le quali è impossibile determinare una soluzione efficiente.

## 1. Introduzione.

Abbiamo già scritto molte volte sull'argomento "Antenne Integrate": sono degli elementi radianti che vengono inseriti all'interno di un apparato o dispositivo *ospite* e ne permettono la connettività wireless su una o più bande di frequenza.

Il funzionamento di tali antenne risulta pesantemente influenzato dal loro ambiente operativo e di conseguenza il loro sviluppo ed ottimizzazione è strettamente dipendente dalla definizione e dal dimensionamento dell'apparato nel quale andranno inserite.

Dato un certo dispositivo wireless, già definito od a sua volta in corso di sviluppo da parte del Cliente, la realizzazione di un'antenna integrata ad hoc deve necessariamente rispettare dei *vincoli di progetto* dell'apparato stesso.

Di conseguenza chi progetta l'antenna interpreta questi vincoli cercando di identificare di volta in volta i *gradi di libertà* disponibili, ovvero la possibilità di modificare delle "condizioni al contorno" sull'apparato per permettere all'antenna di funzionare al meglio.

In questo articolo, volutamente redatto in modo più discorsivo che tecnico, vengono fatte alcune considerazioni su questo aspetto, spesso sottovalutato all'interno dei gruppi di progetto multidisciplinari che oggi sviluppano dispositivi wireless complessi e per applicazioni innovative.



Misure su di un'antenna integrata in un dispositivo TPMS (Tyre Pressure Monitoring System) per pneumatici di moto sportive.

## 2. Vincoli e gradi di libertà da un punto di vista tecnico.

Lo sviluppo di una qualsiasi antenna, sia di tipo tradizionale che integrato, non esula dall'applicazione delle leggi dell'elettromagnetismo: queste pongono dei limiti intrinseci a qualsiasi realizzazione che il progettista esperto riesce a mitigare o quantomeno ad identificare, dando al committente dei suggerimenti circa eventuali modifiche sull'apparato atte a migliorare le sue prestazioni wireless.

Queste eventuali modifiche si possono scontrare con i *vincoli di progetto*, che possono essere sia di tipo tecnico che di tipo commerciale od organizzativo, come vedremo nel paragrafo seguente. La presenza di vincoli tassativi fa ovviamente diminuire i *gradi di libertà* sui quali lo sviluppatore può fare affidamento nell'ottimizzazione dell'antenna.

Da un punto di vista tecnico, i vincoli di progetto per un'antenna integrata appartengono di solito ad una di queste categorie:

- Vincoli dimensionali;
- Vincoli elettrici;
- Vincoli sui materiali e sulle tecnologie;
- Vincoli operativi.

#### *Vincoli dimensionali.*

Al giorno d'oggi moltissimi dispositivi wireless hanno dimensioni estremamente compatte, di conseguenza anche l'antenna dovrà necessariamente essere di ridotte dimensioni. In questo caso è opportuno distinguere tra elemento radiante (che può essere anche un elemento a chip ceramico) e piano di massa (*ground layer*): in linea di principio quest'ultimo dovrebbe estendersi a circa  $\lambda/4$  per ottenere la migliore efficienza di radiazione.

Tra i vincoli dimensionali vi sono anche i *vincoli di posizionamento*, dell'antenna o di altri componenti principali, all'interno dell'apparato, una limitazione che spesso riduce di molto i gradi di libertà disponibili per l'ottimizzazione dell'antenna.

#### *Vincoli elettrici.*

Quasi sempre sono presenti anche dei vincoli sulle prestazioni dell'antenna, che deve essere in grado di raggiungere un certo livello di *EIRP* (*Effective Isotropic Radiated Power*) o *TRP* (*Total Radiated Power*) per motivi di omologazione dell'intero dispositivo.

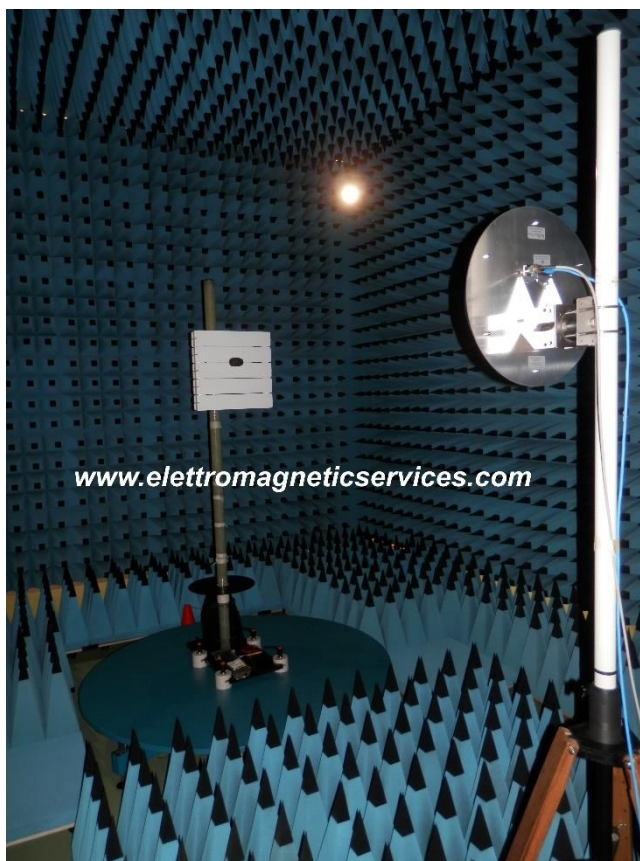
Spesso questi vincoli non vengono dati a livello di specifica ma vengono desunti da preliminari prove sul campo che utilizzano gli apparati stessi, e risultano essere il motivo principale per cui si rende necessaria la realizzazione di un'antenna integrata ad hoc.

Alcune applicazioni hanno la necessità di avere un'antenna che abbia un determinato diagramma di radiazione, ad esempio di tipo emisferico come potrebbe essere per un'antenna GPS, o di tipo direttivo (per RF-ID) o di isolamento tra due o più elementi radianti coesistenti (apparati MIMO).

#### *Vincoli sui materiali e sulle tecnologie.*

Vi sono dei casi in cui l'antenna integrata deve essere necessariamente inserita in contenitori od involucri in gran parte metallici, o stampati con plastiche dissipative (per ottemperare alle normative ATEX). Un altro esempio è quando l'elemento radiante deve essere inglobato in resina o montato in prossimità di grandi masse dielettriche.

I vincoli sulle tecnologie riguardano spesso il processo di engineering e la produzione in serie dell'apparato, dove può essere necessario prevedere un montaggio dell'antenna agevole e ripetibile.



*Misure su di un'antenna integrata in un dispositivo per il conteggio delle calorie di un termosifone.*



### Vincoli operativi.

Vi sono infine dei vincoli dettati dal modo in cui il prodotto wireless opera nel suo futuro utilizzo, oppure che nascono dal modo con il quale tale dispositivo viene installato e/o gestito durante tutta la sua vita operativa. A volte vi sono delle decisioni sull'architettura del sistema di comunicazione o dell'apparato stesso che impongono dei vincoli sull'antenna e portano a delle scelte non ottimali.

I vincoli di progetto che possono condizionare lo sviluppo di un'antenna integrata ci pervengono spesso dal Cliente che, già in una fase molto avanzata dello sviluppo del suo apparato wireless, si rivolge a noi con un prodotto già del tutto definito, antenna compresa: peccato però che quest'ultima non funzioni in modo soddisfacente. In queste situazioni, che non è esagerato definire di emergenza, qualora possibile si opera confidando su di un numero esiguo di gradi di libertà, ovvero rispettando tutti i vincoli già implementati nel prodotto stesso, anche se di fatto non rappresenta la soluzione ottimale al problema.

Diverso è il caso in cui si viene interpellati in una fase iniziale del progetto, dove è possibile modificare alcune soluzioni meccaniche dell'apparato in modo da permettere l'integrazione di un'antenna più efficiente o con una ingegnerizzazione meno problematica: ovviamente in questo caso è possibile fare affidamento a più gradi di libertà nella definizione dell'antenna integrata.

Ciò premesso, diventa naturale chiedersi cosa si può fare se, per realizzare un'antenna performante inserita in un determinato apparato wireless, sia necessario poter disporre di un grado di libertà in più rispetto a quelli disponibili: ad esempio poter allontanare dei componenti dall'elemento radiante oppure spostare l'antenna in una posizione diversa da quella inizialmente allocata dal Cliente.

Il vincolo sull'apparato che noi desideriamo attenuare o rimuovere per massimizzare il rendimento dell'antenna non è sempre di tipo *tecnico*, ma spesso è di tipo *commerciale* od *organizzativo*.



Misura dell'effetto del dielettrico su di un'antenna integrata.

### 3. Vincoli di tipo commerciale e di tipo organizzativo.

In un progetto complesso e multidisciplinare, in che misura è possibile fare un passo indietro ed effettuare una modifica al prodotto che si sta sviluppando?

Molto spesso delle correzioni al progetto, che permetterebbero un tangibile salto di qualità del prodotto finito, anche se tecnicamente semplici da implementare trovano delle resistenze di altra natura, che potremo definire di tipo *commerciale* e di tipo *organizzativo*.

*Vincoli di tipo commerciale.*

Spesso accade che i vincoli imposti su di un dato apparato wireless siano dettati da *valutazioni od esigenze di tipo commerciale*: ad esempio la necessità di realizzare un prodotto con un design accattivante, oppure il dover mantenere delle promesse un po' azzardate fatte al Cliente finale con lo scopo di poter strappare la commessa emergendo tra i competitori. Il ragionamento, giusto o sbagliato che sia, diventa: "intanto prendiamo l'ordine... al resto ci si penserà dopo o... ci penseranno gli altri".

In altri casi si perde di vista lo scopo per il quale prodotto viene realizzato e la sua reale applicazione, introducendo dei vincoli sotto forma di virtuosismi tecnici, non necessari da un punto di vista funzionale, che in futuro si tradurranno quasi certamente in problemi e punti deboli del prodotto realizzato.

Tra i vincoli di tipo commerciale annoveriamo anche i *vincoli di riservatezza*, che talvolta possono rivelarsi un serio handicap nella realizzazione di un'antenna custom dal momento che, non conoscendo l'esatta applicazione del dispositivo o sistema wireless, non si è in grado di valutare se le prestazioni d'antenna ottenibili siano sufficienti allo scopo. A volte è possibile incorrere in un vero e proprio impasse quando un Cliente, molto "riservato" ed ovviamente poco competente in elettromagnetismo, fa delle valutazioni sbagliate che possono mettere in



*..." intanto prendiamo l'ordine...al resto ci si penserà dopo o...ci penseranno gli altri".*

crisi il risultato finale. Pur garantendo di default il segreto professionale, in questi casi è consigliabile assicurare il Cliente con un *NDA* preliminare, così da essere in grado di effettuare autonomamente una piena valutazione del progetto, evidenziando eventuali limiti di una tecnologia che in seguito, in caso di problemi, potrebbero essere attribuiti all'antenna.



*...gruppi di lavoro altamente competenti e specializzati nella loro propria disciplina, ma che comunicano tra loro orizzontalmente attraverso delle "interfacce" che non hanno sufficienti competenze tecniche né tecnologiche.*

### *Vincoli di tipo organizzativo.*

Nella commessa di un'antenna integrata, i vincoli introdotti dal project management sono spesso presenti e, nella maggior parte dei casi sono risolvibili al prezzo di grandi perdite di tempo ed efficienza.

In alcune aziende medio grandi un progetto complesso è giustamente portato avanti in parallelo da dei gruppi di lavoro altamente competenti e specializzati nella loro propria disciplina, ma che comunicano tra loro orizzontalmente attraverso delle "interfacce" che non hanno sufficienti competenze tecniche e tecnologiche.

In questi casi, riuscire a risalire la corrente per poter apportare una modifica tardiva sul prodotto diventa senza dubbio di difficile applicazione.

È opinione dello scrivente che, in certi ambienti, abbia preso piede la convinzione che il management di un'azienda o, più semplicemente, di un progetto non sia tenuto ad avere né specifiche competenze di tipo tecnico né una specifica conoscenza del prodotto, relegando il coordinamento del progetto ad una mera gestione di flussi di informazioni delle quali non se ne conosce l'esatto peso.

Dal momento che questo particolare argomento esula dallo scopo di questo articolo lasciamo al lettore, con la sua personale esperienza lavorativa, ogni ulteriore considerazione.

## **5. L'importanza della comunicazione.**

Un fornitore specializzato nello sviluppo di antenne custom non può certo rilassare od eliminare tutti i vincoli di un progetto che gli viene richiesto, ma è fondamentale che riesca ad ottimizzare il risultato della sua attività di progetto sulla base delle informazioni che il Cliente gli fornisce.

È bene ricordare infatti che, per il committente, il valore aggiunto di un'antenna disegnata ad hoc per uno specifico apparato od applicazione deve essere superiore alla spesa da lui sostenuta per il progetto.

A tal proposito è fondamentale avere uno scambio di informazioni con il Cliente in modo da conoscere a fondo le sue esigenze ed aspettative, sia all'inizio che durante la fase operativa del progetto.

Gli strumenti principali con i quali è possibile "comunicare" con il Cliente sono i seguenti.

### *a) Riunione o video-call dopo il primo contatto.*

Uno strumento molto utile è la disponibilità di una prima riunione con il Cliente, se richiesto coperta da *NDA*, come risposta ad un suo primo contatto. Già questa occasione spesso è possibile avere una descrizione dettagliata delle esigenze del Cliente ed è possibile stimare quali possono essere le possibili criticità di un'antenna integrata che rispetta i vincoli di progetto.

Spesso tali riunioni vengono richieste dal Cliente in una fase preliminare dello sviluppo del prodotto, dove un suggerimento su dove e/o come inserire un'antenna all'interno dell'apparato può risultare prezioso all'avvio della progettazione meccanica ed elettronica del dispositivo.

Una tempestiva comunicazione di questo tipo è, per entrambe le parti, un sicuro investimento a favore del buon esito del progetto.

Già dopo questo primo incontro, non impegnativo né vincolante, è possibile fornire una prima valutazione che può anche concludersi nello stabilire che non è necessaria la progettazione di un'antenna integrata su misura (è possibile utilizzare antenne di commercio) oppure, nei casi più estremi, che un'antenna integrata su misura non porterebbe alcun giovamento alle prestazioni dell'apparato (progetto troppo vincolato, condizione di "scacco matto").

*b) Proposta tecnico-commerciale.*

Le informazioni scambiate al punto *a)* sono utili a redigere la proposta economica e tecnica, così da formalizzare la possibile collaborazione per lo sviluppo dell'antenna custom. Da un punto di vista tecnico questo documento permette al Cliente di verificare se le informazioni rilasciate e le richieste da lui fatte sono state correttamente recepite ed interpretate nonché, da un punto di vista commerciale, se tale attività di sviluppo rientra nelle sue aspettative.

*c) Proposta tecnica dettagliata.*

A richiesta è possibile effettuare un approfondimento tecnico della proposta, evidenziando sia gli aspetti critici che il progetto può presentare che il tipo di soluzioni che si possono porre in atto.

*d) Misure preliminari.*

Nel caso in cui nel prodotto sia già stata prevista un'antenna oppure siano state fatte delle prove sul campo con dei prototipi provvisori che hanno portato a delle prestazioni insoddisfacenti, si procede con una prima caratterizzazione dell'apparato wireless in modo da valutare le specifiche elettriche dell'antenna già in uso, nelle sue reali condizioni operative.

Questo permette, sia al Cliente che allo sviluppatore dell'antenna, di avere un punto di riferimento così da poter stimare i vantaggi ottenibili da un'antenna ad hoc.

*e) Studio di fattibilità.*

Nei casi più complessi, o qualora il Cliente lo richieda, l'attività di sviluppo inizia con uno studio di fattibilità che ha lo scopo di definire il percorso della successiva fase operativa del progetto. In questa fase vengono in genere esaminate più soluzioni ed è possibile valutare se i gradi di libertà concessi dalla struttura che integra l'antenna sono sufficienti a garantire la performance desiderata oppure è necessario modificare o rimuovere dei vincoli imposti dall'apparato.

L'eventuale proseguimento dell'attività nelle fasi operative del progetto si basano ovviamente sugli esiti di questa prima fase.



*Misure preliminari su di un'antenna integrata preesistente, al fine di determinare delle specifiche di riferimento, rispetto alle quali effettuare dei miglioramenti.*





*Anche se Guglielmo Marconi non avrebbe certamente avuto bisogno di un aiuto nella progettazione di un'antenna, la comunicazione con il Cliente è un aspetto fondamentale in qualsiasi progetto di antenna custom, tantopiù se integrata in un apparato.*

## 6. Conclusioni.

In questo articolo sulle antenne integrate abbiamo parlato di *vincoli* o, utilizzando un termine complementare, di *gradi di libertà* di un progetto, distinguendoli dalle cosiddette *specifiche tecniche*, dalle quali si parte per una qualsiasi attività di sviluppo.

Infatti, se le specifiche possono essere considerate dei vincoli di progetto, non sempre i vincoli sono dovuti all'aspetto tecnico di un particolare prodotto, ma sono spesso dovuti ad altre cause la cui disamina, di concerto con il Cliente, permette di ricavare il risultato migliore dall'attività di sviluppo.

È importante mettere a conoscenza del committente l'esistenza di eventuali criticità che possono portare ad una riduzione delle prestazioni dell'antenna, in modo da poter discutere di concerto eventuali scelte o modifiche più o meno impattanti sull'hardware dell'apparato.

Il progetto di antenne integrate custom necessita di una valutazione preliminare attenta, da effettuarsi caso per caso dal momento che ogni realizzazione ha le sue caratteristiche particolari e le sue criticità.

Uno scambio di informazioni sincero e collaborativo con il committente, che di solito si occupa della progettazione dell'intero apparato wireless, è un aspetto molto importante in questo tipo di attività.

Per questo motivo è fondamentale prevedere delle modalità di comunicazione con il Cliente che permettano ad entrambi di operare nello sviluppo congiunto di apparato ed antenna.



*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 o approfondimenti in merito a questo o ad altri argomenti riguardanti le antenne professionali scrivi a [bollini@elettromagneticservices.com](mailto:bollini@elettromagneticservices.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.elettromagneticservices.com/news>

**AntennaSuMisura**

by

**ElettroMagnetic Services**  
SRL

**Trasmetti la tua eccellenza!**