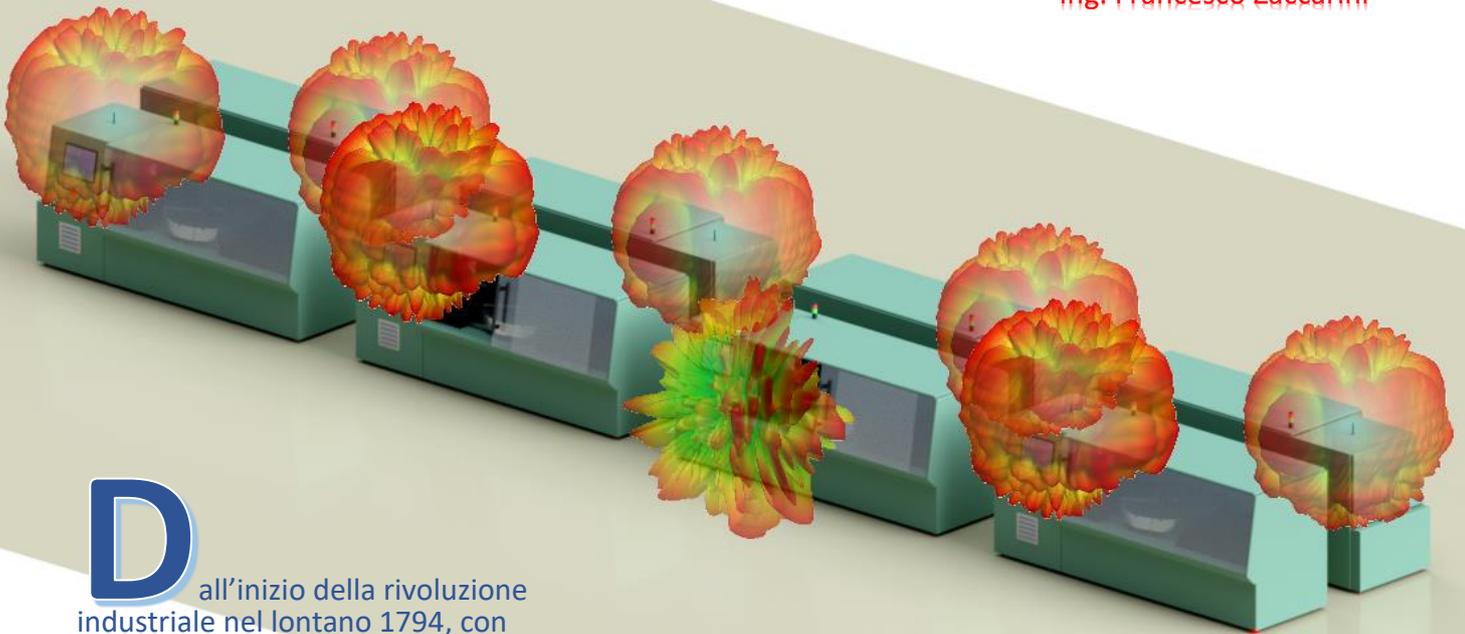


ANTENNE CUSTOM PER AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

Ing. Francesco Zaccarini



D all'inizio della rivoluzione industriale nel lontano 1794, con l'invenzione della macchina a vapore, dopo più di due secoli si assiste ad una nuova trasformazione, non meno rivoluzionaria ed innovativa.

Il nuovo millennio, con la trasformazione digitale di *Industria 4.0* ha portato ad un massiccio sviluppo e diffusione della connettività applicata al processo manifatturiero, grazie ad un mix tecnologico di automazione, informazione, connessione e programmazione.

In questo settore il wireless riveste una fondamentale importanza, sia per l'organizzazione del processo produttivo che per il controllo della catena di montaggio e delle stazioni di lavoro, dalle singole macchine utensili alle linee di produzione automatizzate, dalle logistiche di magazzino ai robot industriali.

Grazie all'esperienza maturata in più di vent'anni di attività nel campo delle antenne professionali ed integrate, in questo articolo proponiamo una disamina sulle antenne impiegate a bordo di attrezzature di produzione e macchine utensili, prendendo in esame sia le tipologie di antenna sia gli inconvenienti che possono essere risolti grazie all'impiego di antenne realizzate su misura.

1. Introduzione.

Dalla gestione dei processi produttivi al controllo di ogni singola macchina utensile, la connettività wireless è diventata di fondamentale importanza.

In un ambiente industriale, dalla logistica di magazzino alla catena di montaggio, sono numerosissimi i radiocollegamenti che garantiscono lo scambio di dati ed informazioni, sia a brevissime distanze (come ad esempio la sensoristica che dialoga con il “cervello” in una macchina utensile) che su tratte più estese (come ad esempio la programmazione da remoto dei singoli centri di lavoro o la gestione dei robot a guida autonoma ai quali è affidato il compito di approvvigionare le varie isole produttive).

Di conseguenza, è possibile sviluppare antenne su misura, ottimizzate per massimizzare prestazioni ed affidabilità, in modo da evitare malfunzionamenti o periodi di fuori servizio che avrebbero ricadute su tutta la catena produttiva.

Nei paragrafi che seguono prendiamo in considerazione le diverse tipologie di antenna che possono essere utilizzate in macchinari ed impianti di automazione industriale, cercando di sensibilizzare il lettore sia sull’aspetto funzionale che elettromagnetico che tali dispositivi devono avere, al fine di asseverare efficacemente al loro compito.

2. Tipologie di antenna per automazione industriale.

Per meglio comprendere la differenza principale tra le antenne impiegate nel campo dell’automazione industriale, facciamo un esempio prendendo in considerazione il sensore di **Figura 2.1**.

Questo dispositivo, qui rappresentato come un semplice contenitore rettangolare in materiale plastico, incorpora una scheda elettronica ed un dispositivo di misura della grandezza fisica interessata (posizione, temperatura, pressione, ecc.).

Inoltre, per garantire la connettività wireless, sulla scheda è presente anche un chip radio (*RF modem*), basato su di un dato protocollo di comunicazione (ad esempio un 802.11x, WiFi) che, ovviamente, per poter funzionare deve essere connesso ad un’antenna.

Quasi sempre tale oggetto è montato in una ben precisa posizione all’interno del macchinario o sulla linea produttiva (ad esempio all’estremità di una guida lineare), ed il più delle volte tale posizione impatta drasticamente sulla portata del segnale radio trasmesso dal sensore, ma su questo punto ci torneremo in seguito.

Continuando invece con l’esempio del sensore di **Figura 2.1**, le tipologie di antenna che possono essere utilizzate con esso appartengono a tre gruppi principali:

- A. *Antenna integrata nel dispositivo;*
- B. *Antenna esterna al dispositivo;*
- C. *Antenna esterna al dispositivo e separata da quest’ultimo.*

Vedremo in seguito come questi concetti siano validi non solo per il singolo sensore qui preso ad esempio, ma anche su altri dispositivi elettronici connessi in modalità wireless.



Figura 2.1
Sensore wireless (esempio).

2.1. Antenna integrata nel dispositivo (Figura 2.2).

L'antenna è posizionata all'interno dell'involucro del sensore. Viene generalmente inserita nella stessa scheda elettronica che implementa anche l'altra circuiteria del dispositivo, così da poter collegare direttamente l'uscita RF del chip modem all'elemento radiante mediante un tratto di linea di trasmissione in microstriscia.

Questa soluzione, la più compatta, ha degli indiscutibili vantaggi pratici ma richiede un'attenta progettazione dell'antenna: è infatti necessario tener conto sia di tutti i componenti, meccanici ed elettrici, del sensore stesso, sia della posizione in cui il sensore andrà collocato nel macchinario stesso.

2.2. Antenna esterna al dispositivo (Figura 2.3).

L'antenna viene fissata all'esterno, direttamente sull'involucro del sensore e può essere sia di tipo fisso che amovibile. In quest'ultimo caso sono previsti un connettore coassiale da pannello sulla scatola del sensore (ad esempio un SMA-f) ed il suo connettore complementare alla base dell'antenna (ad esempio un SMA-m).

Questa soluzione, che consiste in un'antenna sporgente dagli ingombri meccanici del sensore, è meno difficile da realizzare, dal momento che si possono spesso utilizzare prodotti di commercio. Da un punto di vista elettrico, anch'essa risente della posizione in cui il sensore viene installato sulla macchina, e può risultare meccanicamente non compatibile con alcune installazioni, specie in presenza di parti in movimento del macchinario stesso.

2.3. Antenna esterna e separata dal dispositivo (Figura 2.4).

L'antenna, esterna, viene collocata in una posizione più idonea all'esterno del macchinario e connessa al dispositivo mediante un tratto di cavo coassiale, opportunamente connettorizzato.

Questa rappresenta la soluzione più semplice in quanto, anche in questo caso, spesso è possibile utilizzare delle antenne standard, ed è possibile installare sia il sensore che l'antenna nelle posizioni ottimali.

L'affidabilità della connessione wireless dipende comunque dalla posizione di montaggio dell'antenna, nonché dall'antenna stessa, dal momento che la maggior parte delle soluzioni standard reperibili in commercio sono sporgenti da un punto di vista meccanico o non compatibili con l'ambiente operativo nel quale l'antenna andrà ad operare (temperature, vibrazioni, presenza di olii o solventi, ecc.).

Sebbene in questo caso si tratti di un'antenna esterna, il punto in cui quest'ultima viene installata sulla macchina utensile influenza le caratteristiche di radiazione dell'antenna stessa e, di conseguenza, l'affidabilità della connessione.

Approfondiremo tale aspetto nel paragrafo che segue.

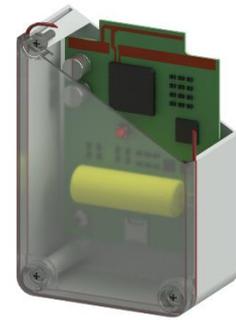


Figura 2.2

Antenna integrata nel sensore.



Figura 2.3

Antenna esterna al sensore.



Figura 2.4

Antenna separata dal sensore.

3. La duplice integrazione delle antenne.

In uno scenario di automazione industriale, in funzione del tipo di applicazione richiesto è possibile scegliere la tipologia di antenna più adatta, sia da un punto di vista meccanico-ambientale che da un punto di vista elettrico. Nel tipico ambiente operativo, sono spesso presenti masse metalliche estese (rispetto alla lunghezza d'onda impiegata nel radiocollegamento) che possono sconvolgere le caratteristiche di radiazione delle antenne rispetto a quanto viene misurato in spazio libero, e dichiarato dal costruttore nei datasheet.

Nella definizione di *antenna integrata* data nel nostro articolo *TEP n.3 [1]*, si parla di *un'antenna [...] inserita in un dispositivo od apparato ospite ed ottimizzata in modo che possa funzionare in tali condizioni, ovvero tenendo conto della particolare applicazione per la quale il dispositivo od apparato è stato sviluppato. Da un punto di vista elettromagnetico, un'antenna integrata non può essere considerata come un elemento a sé stante, dato che il sistema radiante vero e proprio è costituito dall'insieme antenna più apparato ospite. Come tale perciò va progettata, sviluppata e caratterizzata.*

Nel caso specifico dell'automazione industriale, da un punto di vista elettromagnetico l'integrazione si considera su due livelli, ovvero:

1. Integrazione dell'antenna all'interno del dispositivo (come nel sensore di [Figura 2.2](#));
2. Integrazione dell'antenna sulla macchina utensile o sull'impianto di automazione industriale.

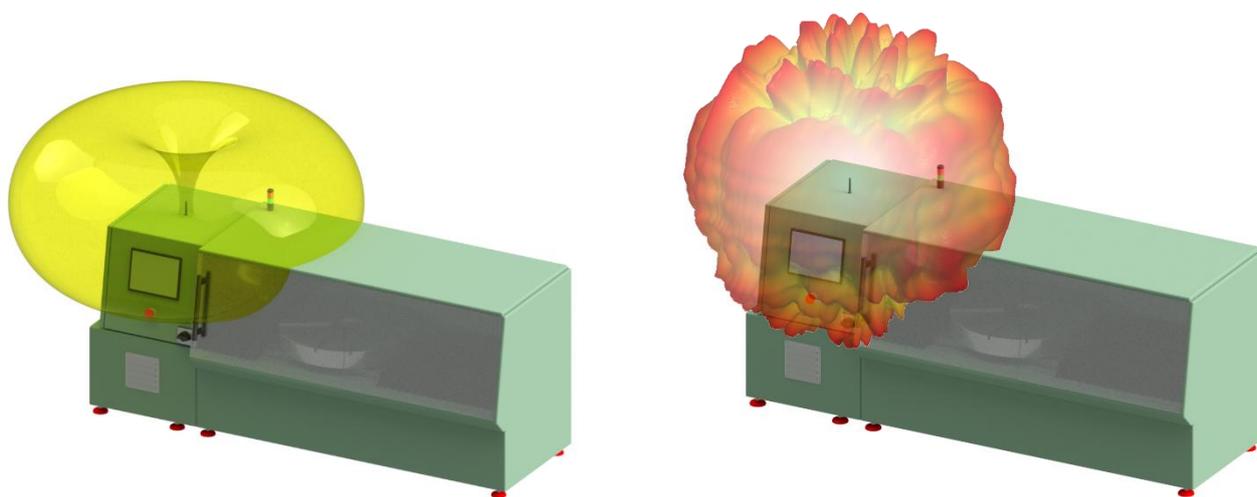


Figura 3.1

Anche un semplice “gommino” (monopolo) omnidirezionale, se montato sulla macchina utensile presa come esempio, nella realtà (immagine a destra) presenta delle caratteristiche di radiazione molto diverse dal caso ideale (immagine a sinistra). Si tenga conto che, nella simulazione elettromagnetica raffigurata a destra, la differenza tra le zone rosse e gialle del diagramma arriva a 20 dB.

Come è possibile evincere dalla [Figura 3.1](#), anche un semplice “gommino”, ovvero uno stilo omnidirezionale di commercio, installato in un ambiente operativo reale, ad esempio su di una macchina utensile, presenta delle caratteristiche di radiazione molto diverse rispetto a quanto dichiarato nel datasheet [5].

Nel caso in cui il l'antenna si trovi in una posizione maggiormente circondata od occlusa da parti metalliche, come nel caso della [Figura 3.2](#), la funzione di direttività dell'antenna, ovvero il modo in cui essa irradia nello spazio circostante, si deforma in modo ancora più evidente, precludendo alcune direzioni che di fatto risultano essere schermate dal macchinario stesso.

Se l'inserimento dell'antenna in un apparato (o in un sensore) considera principalmente i vincoli dimensionali dettati dal dispositivo stesso, l'integrazione dell'antenna in un macchinario, un robot o in un ambiente di automazione industriale deve tener conto di molteplici fattori:

- Vincoli di copertura del segnale radio;
- Vincoli di tipo meccanico;
- Vincoli di tipo ambientale.

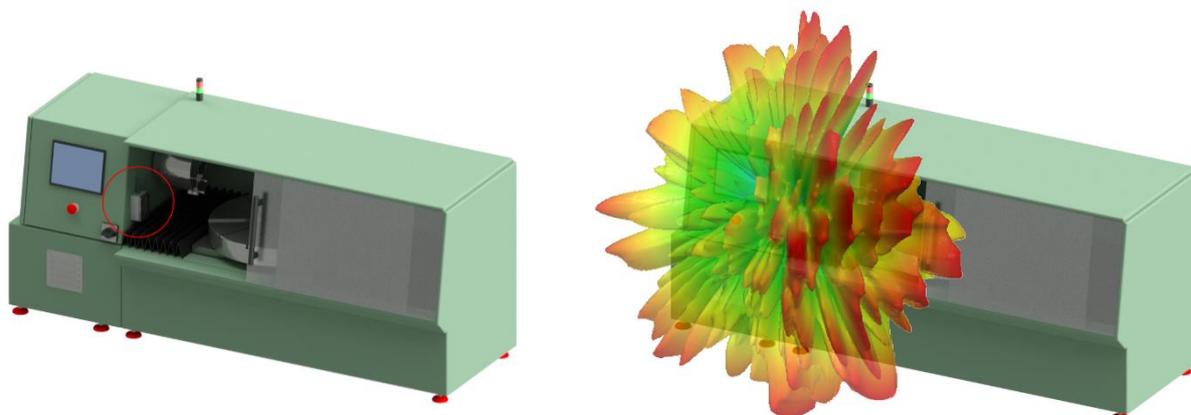


Figura 3.2

Analisi elettromagnetica del sensore di **Figura 2.3** montato all'interno della generica macchina utensile presa ad esempio (cerchiato in rosso nell'immagine a sinistra). La figura a destra mostra come l'antenna del sensore irradia nello spazio circostante: il diagramma molto frastagliato è frutto delle numerose riflessioni dei raggi elettromagnetici, dovute alle masse metalliche che circondano l'antenna.

Ottenere la copertura del segnale radio implica il progetto di un'antenna che, nonostante i vincoli meccanici ed ambientali imposti, mantenga una certa efficienza sia in termini di guadagno che di diagramma di radiazione, in modo da garantire una connettività wireless stabile e con la velocità di connessione necessaria. Non sempre è possibile prevedere l'installazione dell'antenna nella posizione corrispondente alla migliore copertura del segnale, essendoci vincoli meccanici sia di tipo dimensionale sia legati a parti in movimento. In questi casi definire una tipologia di antenna ad hoc porta ad un miglioramento consistente dell'efficienza del radiocollegamento. Alcuni esempi a questo riguardo possono essere:

- Antenne collocate in aree in cui operano sistemi robotici;
- Antenne di sensori antigrippaggio per i rulli dei nastri trasportatori;
- Antenne per sensori di posizione, su organi meccanici od elettrovalvole;
- Antenne di dispositivi di monitoraggio montati su attrezzature legate a particolari processi produttivi;
- Antenne a basso profilo da pavimento, calpestabili o carrellabili.

Come si può intuire da questi esempi, non è meno importante prevedere la conformità delle antenne alle specifiche ambientali, quali ad esempio temperature elevate (macchinari di stampaggio, pressofusione o trafilatura), vibrazioni meccaniche (lavorazioni meccaniche, impianti di test), presenza di umidità elevate, atmosfere corrosive o presenza di vapori di sostanze chimiche corrosive od esplosive.

4. Personalizzare l'antenna sul proprio sistema di automazione industriale.

Come accade in numerose altre applicazioni particolari, lo sviluppo di un'antenna custom deve far fronte a esigenze di tipo elettrico, meccanico od ambientale che un prodotto normalmente disponibile in commercio non è in grado di soddisfare [4].

Una caratteristica comune alle antenne standard, sia di tipo integrato che non, è quella di essere progettate e caratterizzate in determinate condizioni di riferimento, stabilite dal costruttore [3].

Ad esempio, l'antenna "universale" su PCB in **Figura 4.1**, è stata progettata per essere fissata, mediante un biadesivo, su di un supporto in materiale plastico di 2÷3 mm spessore, lontano da ogni elemento metallico o

circuito stampato. Questo setup, stabilito dal costruttore, è ovviamente il più favorevole alla verifica delle prestazioni elettriche dell'antenna.

Non sempre il caso reale ricalca fedelmente tali condizioni di riferimento: l'integrazione dell'antenna in un contenitore plastico di spessore differente o addirittura in un guscio resinato, porta ad un degrado consistente dell'adattamento e di conseguenza dell'efficienza dell'antenna [2].

Se alcune volte il degrado delle prestazioni elettriche dell'antenna sul piano pratico ha conseguenze accettabili, in altri casi la connettività del dispositivo alla rete wireless si rivela del tutto assente. In questo caso è possibile rimediare progettando un'antenna integrata ad hoc, ovvero sviluppata per essere inserita nello specifico dispositivo, in modo da compensare ogni tipo di disadattamento dovuto alla presenza di dielettrici, resine o conduttori in prossimità dell'elemento radiante stesso.

Realizzare un'antenna custom significa anche poter utilizzare tipologie di elementi radianti che non vengono proposti nelle antenne di produzione, dal momento che queste ultime soddisfano condizioni di integrazione e di installazione standard. Qualora la presenza di vincoli meccanici e/o ambientali lo richieda, è possibile fornire alternative particolari anche ad antenne di uso comune, quale ad esempio il classico stilo omnidirezionale già citato nei precedenti paragrafi: la **Figura 4.2** riassume due possibili alternative custom, basate sull'impiego di elementi radianti a basso profilo e conformali (ovvero integrati nella struttura, in questo esempio della macchina utensile).



Figura 4.1

Antenna su circuito stampato, fissata mediante biadesivo su di un supporto di polycarbonato trasparente da 2mm di spessore.

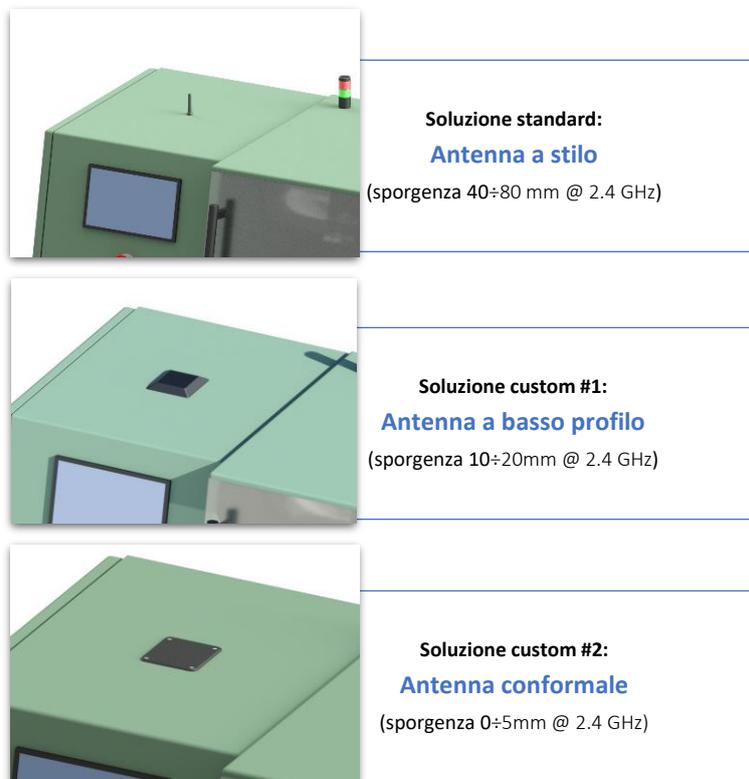


Figura 4.2

Alternative ad un'antenna standard.

Le antenne a basso profilo e *conformali*, caratterizzate da una sporgenza minima o addirittura nulla rispetto alla superficie di montaggio, possono essere determinanti nel caso in cui vi siano ambienti di automazione industriale con elementi, bracci robotici, personale o veicoli in movimento.

Traendo spunto da questo esempio, esiste la possibilità di realizzare soluzioni su misura per ogni prodotto od impianto di automazione reale.

5. Conclusioni.

I processi e gli impianti di automazione industriale interessano una enorme varietà di scenari ed applicazioni. In molti casi un'antenna standard è una soluzione soddisfacente, ma la situazione più comune è quando un Cliente, dopo aver adottato questa soluzione, si trova a dover far fronte a dei problemi che spesso si manifestano tardivamente nell'iter di sviluppo ed installazione del suo sistema di automazione industriale, ovvero a seguito di prove sul campo od in concomitanza di certificazioni o di collaudi di impianti già in essere [3].

In questo articolo ci si è posti lo scopo di far conoscere a chi si occupa di automazione industriale sia dell'esistenza di antenne più performanti, in grado di risolvere i più comuni problemi di connettività, sia della possibilità di realizzare soluzioni ad hoc sfruttando tipologie di antenne inedite per questo settore.

Purtroppo ragioni di riservatezza ci hanno impedito di inserire informazioni ed immagini su soluzioni specifiche già sviluppate per i nostri Clienti, limitando i contenuti del presente articolo a considerazioni generali, ma confidiamo di essere riusciti quantomeno ad incuriosire il lettore sulla possibilità di miglioramento che un prodotto su misura può conferire al suo prodotto od impianto.

6. Riferimenti.

- [1] Zaccarini F., *Tipologie e progettazione delle antenne integrate per applicazioni wireless ed IoT*, TEP n.3, agosto 2018, pdf scaricabile dal sito www.elettromagneticservices.com.
- [2] Zaccarini F., *Antenne integrate: le specifiche elettriche sui datasheet e la loro misura*, TEP n.4, agosto 2018, pdf scaricabile dal sito www.elettromagneticservices.com.
- [3] Zaccarini F., *Industrializzazione delle antenne integrate*, TEP n.11, aprile 2019, articolo in pdf scaricabile dal sito www.elettromagneticservices.com.
- [4] Zaccarini F., *Vincoli e gradi di libertà nella progettazione di antenne integrate*, TEP n.31, dicembre 2021, articolo in pdf scaricabile dal sito www.elettromagneticservices.com.
- [5] Zaccarini F., *Installazione ed ambiente operativo di antenne professionali*, TEP n.35, ottobre 2022, articolo in pdf scaricabile dal sito www.elettromagneticservices.com.



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 'i' in 'Misura'.

by

[ElettroMagnetic Services](#)
SRL

Trasmettiamo la tua eccellenza!