

Industrializzazione delle

ANTENNE

INTEGRATE

11

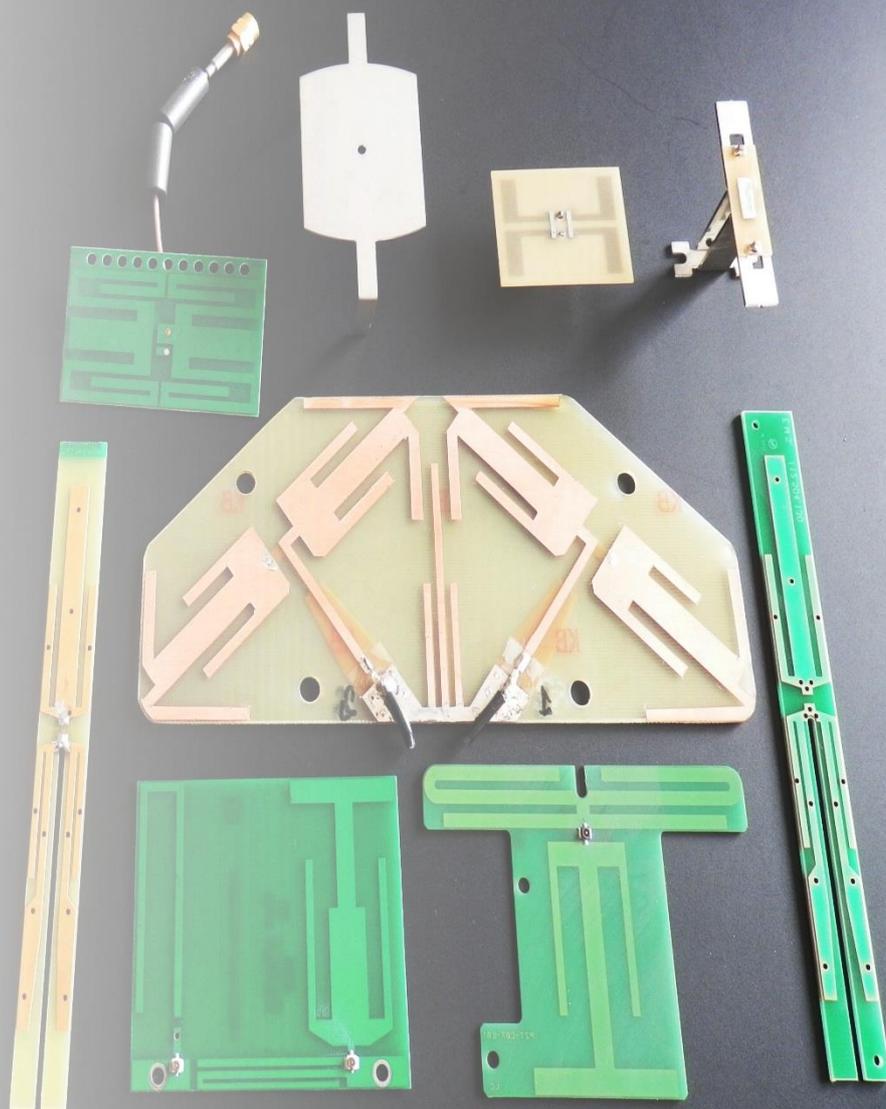
Ing. Francesco Zaccarini

Un altro aspetto importante delle antenne integrate è rappresentato dalla loro industrializzazione.

Di che cosa è necessario tener conto in fase di *product engineering*?

E soprattutto, quali sono i problemi che maggiormente si possono verificare sui prototipi?

Ecco alcuni spunti di riflessione che speriamo risultino utili a tutti coloro stiano realizzando un'antenna integrata per il loro prodotto *wireless*.



1. Introduzione.

Al giorno d'oggi la definizione di un qualsiasi prodotto industriale è un'attività multidisciplinare che coinvolge vari attori, interni od esterni all'azienda, ognuno recante una precisa competenza in un certo ambiente tecnologico.

Le moderne tecniche di CAD e di prototipazione rapida hanno permesso inoltre di velocizzare certe fasi dello sviluppo e di definire già con largo anticipo come si presenterà il prodotto una volta finito, sia da un punto di vista estetico che funzionale.

L'aumento della complessità dei prodotti, basti pensare al numero di parti che li compongono, ha portato al rischio di avere una visione d'insieme del progetto sempre meno evidente e ad una suddivisione delle competenze in compartimenti stagni, che comunicano tra loro esclusivamente attraverso canali ufficiali, in accordo con le moderne tecniche di *project management*.

Anche le antenne integrate, che sono inserite in un dispositivo od apparato concepito e realizzato per asservire ad un determinato scopo, pure beneficiano e soffrono di queste realtà aziendali durante tutto l'iter del loro sviluppo.

Se in un'attività multidisciplinare è piuttosto agevole far acquisire a tutti una sensibilità sugli aspetti evidenti del progetto, quali ad esempio le criticità di tipo meccanico, viceversa [diventa piuttosto difficile rendere tutto il team di progetto consapevole dell'aspetto elettromagnetico della nuova realizzazione](#).

L'esperienza insegna infatti che, non di rado, vengono avvallate modifiche finali sul prodotto che appaiono insignificanti ma che possono portare ad un serio degrado delle prestazioni elettriche dell'antenna.

Senza voler peccare di presunzione, in questa sede cercheremo di dare degli spunti sull'*engineering* di questo particolare tipo di prodotto, che coinvolge non solo l'antenna vera e propria (più propriamente identificata come *elemento radiante*) ma anche tutto l'apparato ovvero il prodotto finale.

Scegliendo tra i vari possibili modi di affrontare l'argomento, prendiamo spunto da un tipico problema che, purtroppo non di rado, coinvolge un'azienda in tutta la fase di sviluppo del suo apparato wireless.

2. Una storia spesso ricorrente.

All'interno dell'azienda *Pincopallino srl* si inizia lo sviluppo di un prodotto wireless per un'applicazione innovativa: il progetto, com'è logico che sia, coinvolge molti tecnici che iniziano a definire la struttura meccanica, la parte elettronica, il software e quant'altro.

Sin dalle prime fasi che seguono il *kick-off*, si prepara un disegno in 3-D dell'oggetto, che naturalmente sarà il più piccolo possibile e con estetica assolutamente accattivante: questo viene approvato dal committente, nella fattispecie un Cliente esterno oppure il consiglio di amministrazione della stessa azienda.

Per quanto riguarda l'antenna integrata, indispensabile al funzionamento dell'oggetto, non ci si pone particolari problemi e si ricorre o a un disegno già fatto oppure a delle antenne di commercio

(antenne a *chip SMD* o su *PCB*). Le loro prestazioni elettriche infatti sono note e riportate sui rispettivi *datasheet* allegati dai costruttori. Questo, a livello sistemistico, è molto rassicurante.

Dopo aver completato la meccanica, sbrogliato il circuito, definito il *layout* in funzione dei vari componenti elettronici, cablaggi, connettori vari, display e quanto altro, si inserisce l'antenna nello spazio rimanente, alla stregua di un qualsiasi altro componente elettronico saldato alla *PCB*, rassicurati dalle specifiche presenti nelle *Application Notes* rilasciate dal costruttore.

In uno stadio più o meno avanzato del progetto, ma spesso un po' troppo avanzato, ci si accorge che l'antenna integrata non fornisce affatto le prestazioni dichiarate. Si assiste quindi al fallimento delle prove in campo e/o alla non conformità nelle certificazioni o, nella migliore delle ipotesi, alla necessità di dover sconvolgere un progetto le cui caratteristiche di base erano già state definite e deliberate al committente.

Se questa ipotetica storia che coinvolge l'azienda *Pincopallino* ci può far riflettere, cerchiamo di seguito di fornire degli spunti per ulteriori considerazioni che coinvolgono ogni prodotto facente uso di un'antenna integrata.

3. L'evaluation board.

Le antenne integrate di commercio (*chip SMD* ceramico od in altra tecnologia) di sicuro possono essere molto valide ma bisogna sempre tener presente che non sono affatto un componente *plug&play*: il problema nasce di solito dalla cattiva interpretazione delle specifiche e/o *Application Notes* fornite a corredo.

Su questo punto si potrebbe aprire un capitolo a sé ma, per ovvi motivi, non ci è possibile prendere ad esempio nessun riferimento reale.

Bisogna sempre aver presente che le specifiche elettriche delle antenne integrate di commercio, in particolare il guadagno e l'efficienza, sono riferite all'antenna montata su di una *evaluation board*, ovvero una *PCB* di riferimento che il costruttore utilizza per caratterizzare l'antenna.

Se da un lato è logico e corretto che un elemento radiante integrato venga caratterizzato con delle condizioni al contorno ben definite da assumere come riferimento, dall'altro lato il più delle volte l'*evaluation board* viene furbescamente scelta di forma opportuna e con dimensioni piuttosto generose: è infatti nell'interesse del costruttore definire le specifiche del suo prodotto ponendolo nelle migliori condizioni di funzionamento possibili, così da poter redigere dei *datasheet* molto accattivanti.

Tale scheda di riferimento risulta inoltre priva di qualsiasi altro componente o contenitore, ovviamente presente in un prodotto reale. Un discorso simile può essere fatto quando si integra un elemento radiante standard in un circuito stampato.

Quindi, la prima domanda da porsi e sulla quale ragionare è:

quanto diverso è l'oggetto che sto sviluppando dall'evaluation board dell'antenna che vorrei utilizzare?

3. Elementi che degradano le prestazioni dell'antenna.

Quando un'antenna integrata, sia questa di commercio o realizzata ad hoc, si trova a coesistere con altri componenti elettronici e meccanici necessariamente presenti all'interno di un determinato apparato, vi sono sempre degli elementi che influiscono e degradano le prestazioni dell'antenna.

Se in un'antenna di tipo tradizionale la sua struttura meccanica ed i componenti ad essa relativi sono progettati per ottenere prestazioni elettriche ottimali dall'antenna stessa, nel caso di un elemento radiante integrato questo discorso in genere non vale.

Infatti in questo caso è l'apparato ad essere ottimizzato per la sua specifica applicazione od installazione e non certo l'antenna in esso contenuta, anche se quest'ultima è determinante al suo corretto funzionamento.

Esistono quindi alcuni elementi che influenzano, e spesso degradano, le prestazioni di un'antenna integrata e che di fatto rappresentano i potenziali problemi dei quali tener conto, così da minimizzarne i loro effetti da un punto di vista elettromagnetico.

Questi elementi, sempre presenti all'interno di un apparato reale, sono:

- Batterie;
- Cablaggi;
- Sensori, connettori;
- Componenti elettronici di grandi dimensioni (condensatori elettrolitici, trasformatori, ecc.);
- Masse metalliche molto vicine all'elemento radiante;
- Dielettrici con elevato fattore di perdita;
- Piani di massa (uno o più) di varie forme e dimensioni.

Le batterie, specialmente quelle di dimensioni più ingombranti (circa $\lambda/4$)

spesso presenti nei dispositivi di *telemetry* o nei sensori wireless, possono ridurre apprezzabilmente il rendimento dell'antenna e il loro effetto è difficilmente stimabile anche con i moderni software di simulazione elettromagnetica.

Se all'interno del dispositivo vi sono dei cablaggi volanti il cui percorso non è ben definito e ripetibile, questi possono introdurre dei disadattamenti nell'antenna che variano in funzione della loro posizione all'interno del contenitore.

Vi sono alcuni elementi radianti, come ad esempio un semplice dipolo su PCB simile a quello raffigurato nella *Figura 1*, che non dovrebbero essere posti a meno di 0.1λ da una qualsiasi superficie metallica parallela ad essi: per valori di distanza inferiori a 0.1λ , l'elemento radiante viene

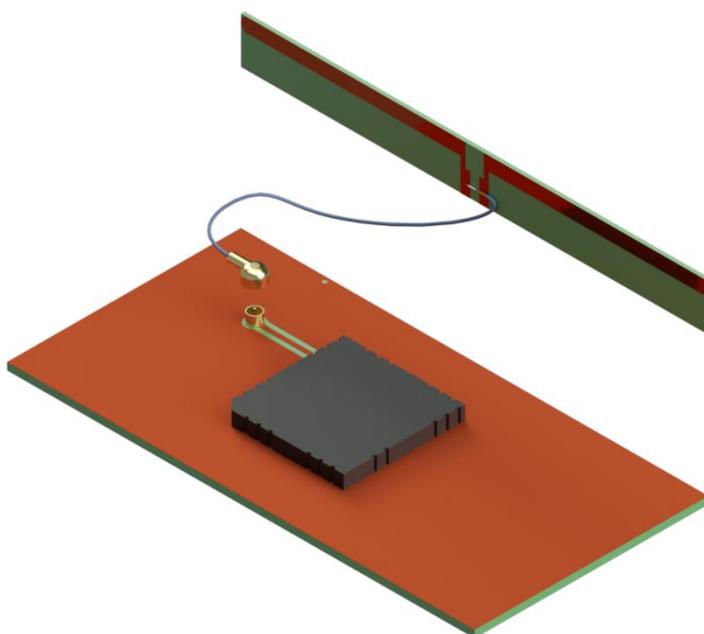


Figura 1

Dipolo su PCB connesso al modulo radio mediante un cavo coassiale ed un connettore U.F.L.

infatti sempre di più “cortocircuitato” dal metallo sottostante, ottenendo un rapido calo di efficienza.

Anche il materiale plastico utilizzato per la costruzione del contenitore può introdurre dei fattori di perdita, specialmente se è di tipo dissipativo, ovvero caricato con pigmenti resistivi per motivi solamente estetici (il colore) oppure anche normativi (ambienti esplosivi soggetti a normativa ATEX).

Anche tutti quei componenti di una certa dimensione (sempre rispetto a λ e/o alla grandezza dell'elemento radiante che si trova in prossimità di questi ultimi), quali ad esempio connettori, sensori, encoder, condensatori elettrolitici, trasformatori possono risultare elementi critici al funzionamento dell'antenna e la loro disposizione dev'essere studiata accuratamente.

Infine, anche se non ultimo in importanza, l'estensione e la forma del piano (o *layer*) di massa gioca un ruolo fondamentale sul rendimento di un'antenna integrata, come già accennato parlando dell'*evaluation board*.

A volte, non potendo assolutamente contare su di una adeguata massa RF sulla quale collocare l'antenna, è possibile sfruttare il modo in cui l'apparato viene installato: nel caso ad esempio in cui il dispositivo venga montato su di un oggetto metallico (ad esempio un contatore del gas), è possibile utilizzare indirettamente quest'ultimo come piano di massa per l'antenna, migliorandone sostanzialmente il rendimento.

Per tale motivo, nel progetto dell'antenna, non bisogna mai perdere di vista l'applicazione finale del prodotto wireless che si deve sviluppare.

4. Le tolleranze di montaggio.

Per il corretto funzionamento di un'antenna integrata è importante che le tolleranze dei vari componenti dell'apparato siano spesso più stringenti di quanto richiesto per la sola integrità meccanica del prodotto.

Se ad esempio l'elemento radiante deve stare ad una determinata distanza dalla *cover* in materiale plastico del prodotto, è necessario adottare opportuni accorgimenti meccanici in modo tale che questo guscio di materiale dielettrico possa essere montato sempre nella stessa esatta posizione.



Figura 2

In un apparato wireless vi sono numerosi componenti che possono influenzare e degradare le prestazioni elettriche dell'antenna integrata.

Lo stesso discorso vale per eventuali cablaggi volanti o *ribbon* che connettono le PCB all'interno dell'apparato (se ce n'è più di una) oppure collegano la PCB ad elementi esterni a quest'ultima (ad esempio connettori, trasduttori, display).

5. Gradi di libertà.

L'industrializzazione di un'antenna integrata deve essere condotta sin dai primi passi nello sviluppo del prodotto wireless. Solo in questo modo infatti è possibile pianificare la corretta disposizione dell'elemento radiante, spesso dando luogo a modifiche che, all'inizio delle attività di sviluppo, risultano facili da implementare.

É bene tener presente che un'antenna integrata necessita di alcuni gradi di libertà per poterla dimensionare e realizzare in modo ottimale. Non è sempre necessario dover fare complicate simulazioni elettromagnetiche o prove di laboratorio già all'inizio del progetto, ma è sicuramente indispensabile poter disporre di una valutazione preliminare, da parte di un tecnico esperto, su come l'antenna possa essere integrata nel prodotto che si va a definire.

In questo modo è possibile scongiurare il pericolo maggiore, ovvero quello di arrivare ad un oggetto già totalmente definito, nel quale l'antenna prevista non funziona adeguatamente e non vi sono gradi di libertà su cui agire per migliorarne le prestazioni.

Ci si trova cioè in una condizione che potremmo definire di "scacco matto".

6. il *mock-up* da utilizzare nella fase di sviluppo.

Abbiamo già accennato come lo sviluppo di un prodotto wireless sia un'attività complessa che porta alla sinergia di diverse competenze e tecnologie multidisciplinari. Anche per quanto riguarda l'antenna, la fase di progetto viene condotta in parallelo alle altre attività di definizione delle varie parti o sottosistemi che, una volta assiemate, realizzano il risultato finale.

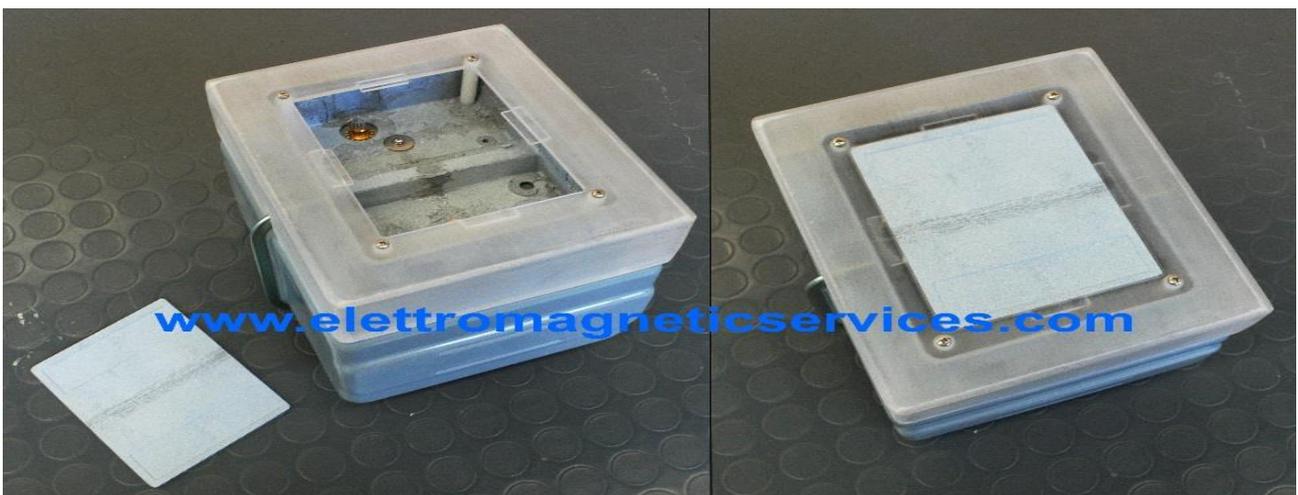


Figura 3

Esempio di mock-up realizzato per lo sviluppo di un'antenna integrata per un sistema di telemetering del contatore del gas, qui ancora privo di antenna ed elettronica.

Nonostante siano disponibili sofisticati *tool* di simulazione, è comunque indispensabile integrare e validare i risultati di questi ultimi con prove di laboratorio, che devono necessariamente essere condotte su un *mock-up* dell'apparato, ovvero su un prototipo del prodotto finito (o parte di esso) che, pur non funzionante, assomigli il più possibile all'oggetto reale, riproducendone il più fedelmente possibile tutte le parti od i componenti che interagiscono con l'elemento radiante da un punto di vista elettromagnetico.

Un esempio di *mock-up* allestito ad hoc, ancora privo della parte elettronica e dell'antenna, è mostrato nella **Figura 3**.

Al giorno d'oggi, mediante la stampa 3D, è possibile realizzare in modo piuttosto dettagliato molti dei componenti della struttura meccanica anche se, da un punto di vista elettromagnetico, in questa fase risulta molto più importante riprodurre con precisione le caratteristiche elettriche dei materiali che si andranno ad utilizzare nella futura produzione, tralasciando l'aspetto estetico del prodotto.

Risulta quindi indispensabile che buona parte dell'attività di sviluppo di un'antenna integrata venga infatti dedicata alla realizzazione di un *mock-up* adeguato, che di solito non viene fornito dal committente in forma completa o definitiva in quanto si sta comunque operando in una fase preliminare dell'iter di sviluppo.

Più preciso è il mock-up sul quale si definisce l'antenna integrata, migliore sarà l'esito del progetto e l'ottimizzazione dell'antenna nel prodotto finito.

7. il *mock-up* da utilizzare nella fase di certificazione.

Se procediamo con la storia dell'azienda *Pincopallino srl*, supponiamo che lo sviluppo di un'antenna integrata per il loro dispositivo *IoT* innovativo sia andato a buon fine.



Figura 4

Misure preliminari su di un'antenna integrata, che precedono la fase di certificazione.

Indipendentemente dall'antenna che è stata realizzata, le prime prove sul campo hanno dato dei buoni risultati ed ora è arrivato il momento della certificazione presso un laboratorio accreditato, così come richiesto dal committente.

Con grande sorpresa, le misure dell'*EIRP* (*Effective Isotropic Radiated Power*) e del *TRP* (*Total Radiated Power*) danno risultati pessimi, rivelando da 8 a 10 dB in meno rispetto al livello di segnale irradiato che ci si sarebbe aspettato dalle specifiche di progetto.

Ma, cosa è successo?

Nella preparazione del *mock-up* utilizzato per la certificazione, la *Pincopallino srl* ha inevitabilmente commesso degli errori, ovviamente non evidenti ai non addetti ai lavori.

Per la prova del dispositivo *IoT* in questione è stata richiesta la connessione di un cavo di alimentazione esterna, di un cavo di controllo USB e di una SIM card esterna, tutti elementi che alterano in maniera apprezzabile la configurazione elettrica dell'oggetto e che, anche se necessari per i test di laboratorio, non c'entrano nulla con le sue reali condizioni di utilizzo.

Spesso infatti accade che il mock-up di sviluppo dell'antenna integrata debba necessariamente essere diverso dal mock-up di test del medesimo dispositivo wireless, e diventa quindi indispensabile preparare l'apparato in modo da poter effettuare delle misure di certificazione che siano il più possibile rappresentative della reale condizione operativa del prodotto.

È importante precisare che la preparazione di un *mock-up* di test non è un'attività banale da svolgere, dato che è importante che chi lo realizza abbia una buona esperienza di misure nel campo dell'elettromagnetismo.

Oltre che da un punto di vista tecnico, questo tema risulta delicato anche dal lato per così dire commerciale: infatti può essere difficile far comprendere al Cliente il tempo e l'esperienza che ci vogliono per approntare un *setup* valido in una misura di certificazione.

A tal proposito è doveroso porsi le seguenti due domande.

Primo.

Quanto pesa, in termini di tempo, di risorse sprecate e danno d'immagine il fallimento di una prova di certificazione?

Secondo.

Il fornitore dell'antenna integrata, sia questa del tipo a *chip* o realizzata su misura, alla fine del progetto è in grado di fornire una ulteriore e necessaria assistenza tecnica specializzata di questo tipo?

8. Conclusioni.

Al giorno d'oggi, con tutti i prodotti e servizi esistenti che si basano su di una connettività via radio, le antenne integrate sono diventate quanto mai di notevole importanza, anche se rimangono nascoste agli occhi della gente comune e, a volte, anche degli stessi tecnici che si occupano di discipline complementari, quali ad esempio l'elettronica e l'informatica.

Senza paura di smentita possiamo affermare che esiste ancora qualche settore in cui l'importanza della parte elettromagnetica del sistema non è stata ancora del tutto compresa e digerita: gli sforzi di *debugging* ed ottimizzazione del prodotto vengono spesi esclusivamente su altri aspetti delle tecnologie in gioco e non sul miglioramento delle antenne, che diventano quindi l'anello debole della catena e di conseguenza limitano i risultati ottenibili.

In questo terzo Technical *E-Paper* dedicato alle antenne integrate, abbiamo completato una breve rassegna del mondo delle antenne integrate, sperando di aver quantomeno dato una veloce panoramica dell'argomento e delle problematiche ad esso connesse.

Questo con l'intento di fornire elementi di riflessione a tutti coloro che sviluppano e costruiscono apparati elettronici nel mondo del wireless e dell'IoT.

Per ulteriori informazioni od approfondimenti, scrivi a sales@elettromagneticservices.com

Grazie per il tempo che hai dedicato alla lettura di questo articolo. Se vuoi leggerne altri, trovi l'elenco completo qui:

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

Elettro  *Services*
SRL

Trasmetti la tua eccellenza!