

## Sperimentazione degli RFID per il monitoraggio strutturale ed ambientale

Bertacchini Eleonora (\*), Boni Emanuele (\*), Capra Alessandro (\*),  
Castagnetti Cristina (\*), Dubbini Marco (\*\*)

(\*) DIMeC - Università di Modena e Reggio Emilia – Via Vignolese, 905 41100 Modena, alessandro.capra@unimore.it  
(\*\*) DIDISAG, Università di Bologna, Piazza San Giovanni in Monte 2, 40124 Bologna, Italia

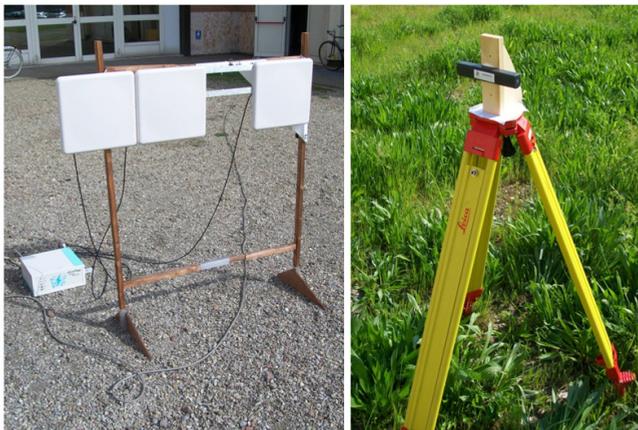
### Riassunto esteso

La tecnologia RFID (Radio Frequency Identification) è un sistema basato sull'emissione di un'onda a radio frequenza e sull'analisi della risposta fornita da sensori (trasponder) che trasmettono il loro codice identificativo.

Nel presente lavoro è stato analizzato il sistema radar-RFID attraverso il quale è possibile determinare oltre al codice identificativo anche la posizione dei trasponder. I test effettuati hanno avuto lo scopo di valutare le potenzialità dell'utilizzo di questo sistema nel campo del monitoraggio, verificandone precisione e range operativo di misura.

Il sistema radar-RFID testato misura distanza inclinata e angolo orizzontale dei trasponder che si trovano all'interno del suo campo di vista. La distanza misurata corrisponde alla distanza che intercorre tra il centro di fase dell'antenna emettitrice dell'onda elettromagnetica e il centro di fase del dipolo interno al trasponder.

L'angolo orizzontale viene misurato sul piano passante per il centro delle antenne (emettitrice e riceventi) e ortogonale al piano di appartenenza delle antenne. Se le antenne vengono collocate in modo che questo piano sia orizzontale si misura effettivamente l'angolo orizzontale tra centro dell'antenna emettitrice e trasponder, ma variando l'orientamento nello spazio del piano-antenne è possibile misurare angoli su piano inclinati rispetto all'orizzontale.



*Figura 1 – Il sistema radar-RFID oggetto di studio; a sinistra il reader e le tre antenne che emettono e analizzano il segnale; a destra il trasponder installato su un supporto in legno.*

## **Risultati dei test eseguiti**

### **Sensibilità e range di misura**

Il sistema RFID-Radar è in grado di determinare distanza radiale dal centro dell'antenna emettitrice e angolo orizzontale del sensore con sensibilità millimetrica in termini di distanza relativa e sensibilità del decimo di grado sessagesimale nella misura dell'angolo orizzontale.

La portata entro la quale il segnale viene ricevuto con continuità dal reader risulta:

- 35 metri per trasponder claymore;
- 7 metri per trasponder card;
- 10 metri per trasponder stick-tag



*Figura 2 – Diverse tipologie di trasponder: claymore (alto a sinistra), stick-tag(basso a sinistra) e card (a destra).*

Questi valori variano fortemente in presenza di ostacoli, anche se non direttamente interposti tra sensore e antenna. La vicinanza del sensore al terreno smorza il segnale di ritorno riducendo la portata ma soprattutto in prossimità di pareti diminuisce sensibilmente la stabilità del segnale.

Aspetto fondamentale risulta inoltre il campo di vista: il sistema è in grado di acquisire le misure solo se i sensori sono all'interno di un cono di ampiezza 60°. I test eseguiti hanno mostrato come l'angolo orizzontale massimo effettivamente misurabile sia di +/- 27°.

### **Accuratezza**

Le misure più significative sono state quelle eseguite in modalità relative (cioè misurando gli spostamenti relativi) e outdoor. Negli ambienti interni si ha scarsa stabilità del segnale e basse accuratezze anche a distanza di pochi metri, dovute alla scarsa schermatura delle antenne che non distinguono correttamente gli echi multipli.

L'angolo orizzontale viene misurato con sensibilità del decimo di grado sessagesimale quindi già a distanza di pochi metri il dato risulta poco significativo per un accurato posizionamento del trasponder nello spazio. Interessanti sono invece i risultati ottenuti nella misura della distanza.

Le misure sono state svolte in 3 supporti differenti:

- tipo A: velcro, applicato nella parte posteriore dei trasponder e su un elemento piano di legno con funzione di supporto mobile;
- tipo B: nastro adesivo trasparente, applicato nella parte anteriore dei trasponder e su un elemento di plastica con funzione di supporto mobile
- Tipo C: colla tipo bostik, applicata nella parte posteriore dei trasponder e su un elemento di legno con funzione di supporto mobile;

Ad ogni trasponder sono stati imposti spostamenti millimetrici e sono stati confrontati i risultati in termini di misura degli spostamenti relativi del centro del trasponder.

I test eseguiti in modalità A e in modalità C, sia a 20 che 10 mt, hanno mostrato una elevata precisione (deviazione standard di 1 mm) mentre un accuratezza decrescente con l'incremento dello spostamento (nel caso particolare una sottostima dello spostamento da 20 mm a 15 mm +/- 1 mm).

Nei test B le deviazioni standard riscontrate sono di 8 mm a 20 metri, intese come deviazione standard medie sui test eseguiti imponendo spostamenti differenti compresi tra 5 e 25 mm. La misura degli spostamenti presenta accuratezza compresa tra mezzo centimetro e un centimetro.

La minor precisione di questi test è riconducibile a due aspetti:

- presenza di vento che ha provocato vibrazioni nel supporto delle antenne;
- presenza del nastro adesivo che comporta perdita di precisione e instabilità nella misura della distanza, non riscontrate nel caso in cui è stato utilizzato come fissaggio una colla che non prevedesse alcun ostacolo lateralmente e anteriormente al trasponder.

### **Conclusioni**

Il sistema ha evidenziato la possibilità di essere applicato, nella configurazione testata, solo per monitorare spostamenti e/o deformazioni monodimensionali e per distanze molto ridotte, con l'accuratezza descritta.

### **Bibliografia**

- D. KIM, M. A. INGRAM, and W. W. SMITH, (2003) "Measurements of small-scale fading and path loss for long range RF tags", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 51, no. 8, pp. 1740-1749
- G. DE VITA, G. IANNACCONE, (2005) "Design criteria for the RF section of UHF and microwave passive RFID transponders", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 53, no. 9, pp. 2978-2990
- J. LANDT, (2005) "The History of RFID", IEEE Potentials, vol. 24, no. 4, pp. 8 – 11.