

Un sistema per misure multistatiche di campo elettromagnetico diffuso

Emanuele Salerno
ISTI-CNR
Via Moruzzi, 1 - 56124 Pisa

Abstract

In questa nota si descrive un progetto preliminare per un sistema di misura dedicato all'ispezione non distruttiva di manufatti in calcestruzzo, di interesse per il progetto coordinato *Un sensore portatile per la diagnostica elettromagnetica non invasiva dello stato interno di strutture monumentali*, finanziato con attribuzione straordinaria da Agenzia 2000 - CNR. Rispetto a quanto previsto nel primo studio di fattibilità, il sistema qui descritto contiene modifiche parziali derivate da affinamenti nelle specifiche di progetto. Il nuovo sistema richiede un dispositivo supplementare di posizionamento e l'uso di uno switch DPDT comandabile da calcolatore. Il costo stimato per queste modifiche è risultato abbastanza contenuto.

1. Introduzione

La presente nota ha lo scopo di precisare la modalità di misura multistatica del campo elettromagnetico diffuso da un campione in calcestruzzo ai fini della ricerca prevista per il gruppo di ricerca ISTI nell'ambito del progetto coordinato *Un sensore portatile per la diagnostica elettromagnetica non invasiva dello stato interno di strutture monumentali*, per cui è già stato condotto uno studio di fattibilità [1] e delle misure preliminari [2]. Quanto qui riportato serve da completamento allo studio di fattibilità per quanto riguarda l'esigenza, manifestatasi in fase di precisazione delle specifiche, di disporre di un sistema in cui il dominio di misura sia simmetrico rispetto alla sorgente di irradiazione. Le modifiche proposte al sistema già ipotizzato sono abbastanza lievi, sia per quanto riguarda la struttura del banco di misura sia per quanto riguarda il suo costo.

2. Aggiornamento delle specifiche di misura

Riportiamo qui per comodità, da [1], parte delle specifiche iniziali del sistema di misura da realizzare:

- 1) *Configurazione di misura in riflessione (trasmettitore e ricevitore dallo stesso lato del campione sotto misura);*
- 2) *Scansione lineare per geometrie bidimensionali cilindriche;*
- 3) *Misure multivista (diverse posizioni del trasmettitore) e multistatiche (diverse posizioni del ricevitore) di campo diffuso (differenza tra il campo totale in presenza di strutture diffondenti e campo incidente in assenza di queste ma in presenza di struttura muraria o semispazio)*

La geometria di misura multistatica prevede un trasduttore di illuminazione in posizione fissa e uno o più trasduttori di ricezione del campo elettromagnetico diffuso dall'ambiente irradiato, che possono occupare diverse posizioni nello spazio. In particolare, può anche essere misurata la radiazione nella stessa direzione di illuminazione, che, da sola, costituirebbe il risultato di una misura *monostatica*. Nel

nostro caso particolare, le caratteristiche elettromagnetiche del corpo sotto misura sono assunte indipendenti dall'asse di una delle tre coordinate spaziali (geometria cilindrica), quindi il problema di mappatura non invasiva è di semplicemente bidimensionale, ed è sufficiente che le posizioni dei trasduttori di ricezione stiano su un piano ortogonale a tale asse (specificata 2). Un piano frapposto tra il trasduttore di illuminazione e il manufatto sotto misura individua due distinti semispazi. Per motivi legati ad eventuali problemi di accessibilità del manufatto, la specifica 1) prevede che tutte le misure debbano essere fatte all'interno dello stesso semispazio cui appartiene anche il trasduttore di illuminazione. In Figura 1 è riportata una vista schematica di un sistema del tipo descritto. Per ogni misura multistatica è definito un punto di illuminazione, fisso, coincidente con la posizione del trasduttore di illuminazione, e un dominio di misura, costituito da tutti i punti in cui si effettuano le misure del campo diffuso; lo stesso punto di illuminazione può o meno appartenere al dominio di misura. Le misure possono essere effettuate con uno stesso trasduttore che varia la sua posizione nello spazio o con una schiera di trasduttori fissi, ognuno dei quali compie una misura. La specifica 2) richiede che il dominio di misura appartenga a una retta parallela al piano di separazione tra i due semispazi sopra citati. La specifica 3), inoltre, presuppone anche misure *multivista*, vale a dire che la misura multistatica è ripetuta più volte dopo spostamenti solidali del punto di illuminazione e del dominio di misura.

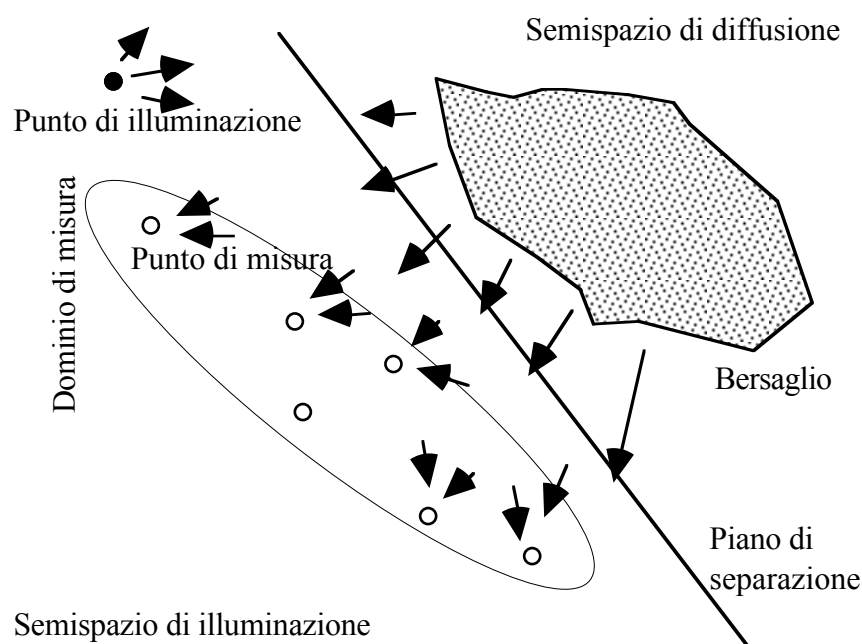


Figura 1: Geometria di misura multistatica. Da un punto di illuminazione fisso, indicato con il pallino nero, si irradia un bersaglio che diffonde il campo incidente. Il campo diffuso viene misurato in diversi punti, indicati con cerchietti, per mezzo di una schiera di trasduttori fissi o di uno o più trasduttori che assumono nel tempo le diverse posizioni previste. L'insieme dei punti di misura costituisce il dominio di misura. Nel caso mostrato, si suppone che uno dei due semispazi individuati da un piano di separazione, quello che contiene il bersaglio, sia inaccessibile alla misura, per cui il dominio di misura è interamente contenuto nel semispazio di illuminazione.

Sulla base di queste sole specifiche è stato concepito il banco di misura proposto in [1], qui riportato in Figura 2, che presuppone lo spostamento solidale di tutto il sistema su binari per la realizzazione delle misure multivista e un ulteriore grado di libertà per il trasduttore di ricezione per la realizzazione di ogni misura multistatica.

Durante i contatti avuti con il coordinamento del progetto per la precisazione delle specifiche, è emerso che l'algoritmo di ricostruzione tomografica attualmente utilizzato per l'inversione dei dati di campo diffuso richiede un dominio di integrazione costituito da punti di misura disposti uniformemente su una retta contenente il punto di illuminazione e disposti simmetricamente rispetto a quest'ultimo. Ciò può essere riassunto nella seguente specifica supplementare:

3') Ogni misura multistatica deve essere compiuta su un dominio rettilineo e simmetrico rispetto al punto di illuminazione.

Questo requisito impedisce al sistema proposto in [1] di assolvere compiutamente al suo scopo, a causa della difficoltà di far oltrepassare fisicamente il punto di illuminazione al trasduttore mobile in ricezione. Vedremo nel seguito come è possibile modificare il sistema in modo da soddisfare alle nuove esigenze.

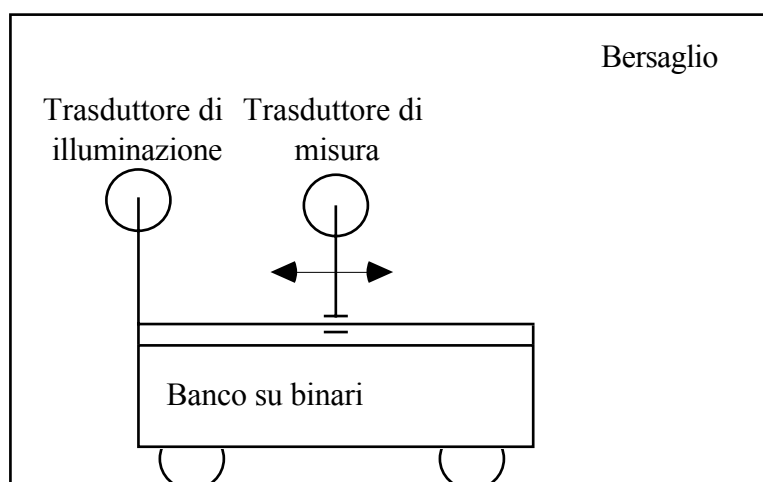


Figura 2: Sistema di misura proposto in [1]. Il trasduttore di misura si può spostare lungo una retta contenente il trasduttore di illuminazione, che rimane solidale al banco. Per ogni vista è dunque possibile raccogliere dati di campo diffuso su un dominio che sta da un solo lato rispetto al punto di illuminazione.

3. Modifiche al progetto preliminare

È da notare che una soluzione che preveda di utilizzare un trasduttore supplementare non sarebbe efficiente in termini di costo. Dall'analisi effettuata e riportata in [1], i trasduttori sono infatti tra i componenti che più influenzano il costo totale del sistema, se si eccettua lo strumento da laboratorio utilizzato, che in una versione da campo del sistema di acquisizione dovrebbe essere sostituito da hardware dedicato e possibilmente più economico. Per limitare a due, come previsto, il numero dei trasduttori, si può dunque pensare a effettuare la misura multistatica in due tempi:

nel primo, uno dei due trasduttori viene usato in trasmissione e rimane fisso nel punto di illuminazione, mentre l'altro si muove e campiona il campo diffuso; quest'ultimo trasduttore, in un secondo tempo, viene fissato nel punto di illuminazione e usato in trasmissione, mentre quello che in precedenza funzionava da illuminatore viene ora usato come sensore mobile, dal lato opposto rispetto al punto di illuminazione. La sola modifica necessaria al sistema di movimentazione dei trasduttori, rispetto a quanto mostrato in Figura 2, consiste quindi nel lasciare che entrambi i trasduttori possano scorrere indipendentemente lungo una guida, piuttosto che fissare uno dei due al banco di misura. Ciò comporterà naturalmente la presenza di un dispositivo supplementare di posizionamento, il cui costo sarà comunque inferiore a quello di un'antenna a microonde. Le modifiche qui descritte sono evidenziate in Figura 3.

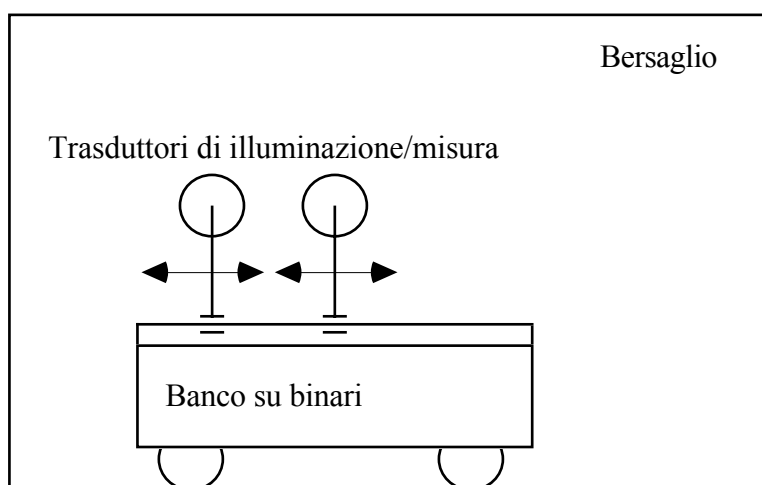


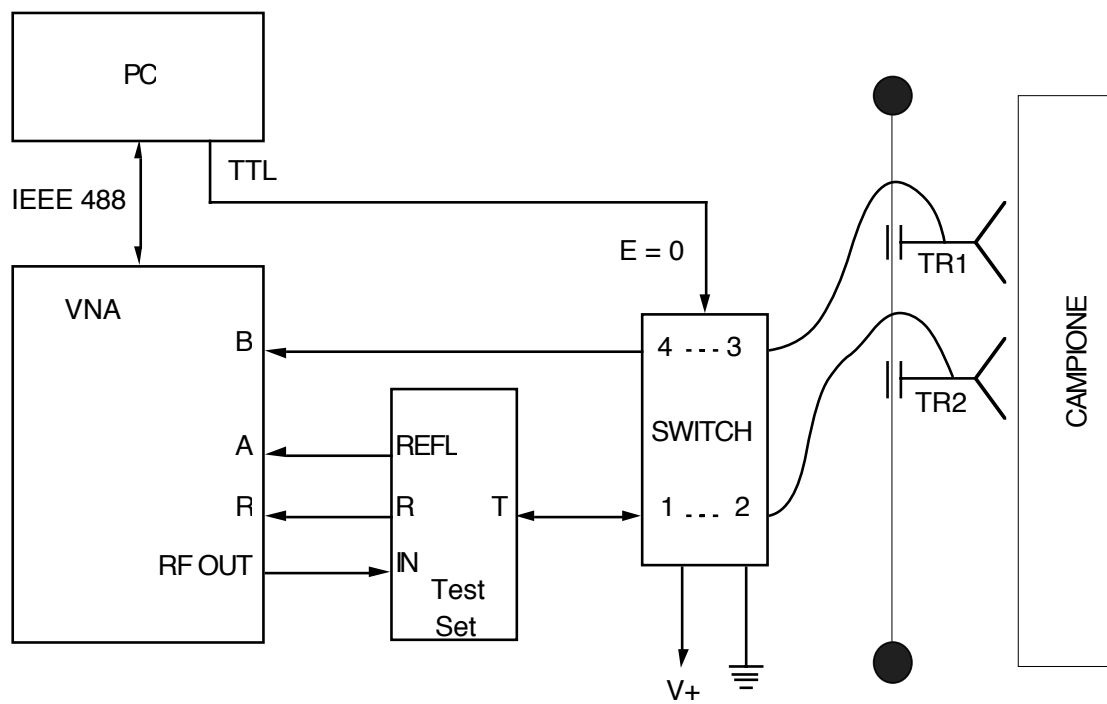
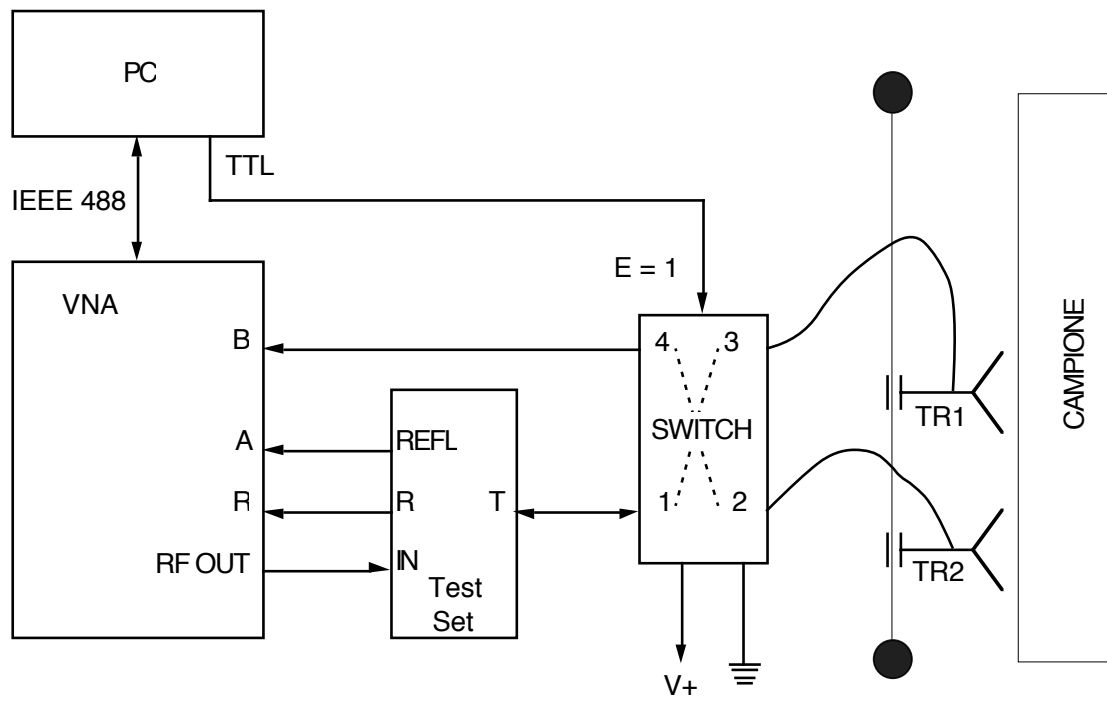
Figura 3: Modifica al sistema di Figura 2 per ottenere un dominio di misura simmetrico rispetto al punto di illuminazione. Uno dei due trasduttori può essere mantenuto fisso al centro della guida e usato in trasmissione, mentre si eseguono le misure per mezzo dell'altro, su uno dei due lati del punto di illuminazione. Successivamente l'altro trasduttore viene fissato al centro della guida e usato in trasmissione e si eseguono le misure di campo sul lato opposto al precedente.

Il sistema di alimentazione e misura dovrà ora provvedere ad alimentare e prelevare il segnale, alternativamente, da entrambi i trasduttori, invece di mandare il segnale a solo uno dei due e riceverlo solo dall'altro. Per le nostre misure di laboratorio, in mancanza di hardware dedicato, questo scopo potrebbe essere raggiunto per mezzo di un analizzatore vettoriale di reti con test set per parametri s , in grado di commutare a comando le porte "uscita a radiofrequenza" e "misura". L'analizzatore Hp8753B a nostra disposizione è equipaggiato solo con un test set a trasmissione-riflessione tipo Hp85044A, e l'acquisto di un nuovo test set, oltre che molto oneroso, non sarebbe opportuno in quanto si tratta di strumenti ormai fuori produzione. Una soluzione a questo problema potrebbe essere l'uso di un commutatore di trasferimento a due ingressi e due vie (DPDT), che potrebbe anche essere utilizzato in un possibile progetto di sistema per misure sul campo. Tale dispositivo è in grado di avviare ognuno dei due ingressi su una o l'altra uscita, consentendo così di scambiare le due linee senza alterare la configurazione meccanica del sistema. L'intero sistema di misura è schematizzato alla Tavola I nelle due diverse situazioni, in cui, come si vede, l'unica

differenza è lo scambio dei ruoli del trasduttore in trasmissione e di quello in ricezione. L'analizzatore vettoriale di reti (VNA) viene comandato da PC per mezzo di un cavo IEEE 488, mentre il commutatore (SWITCH) può essere pilotato sempre dal PC per mezzo di un singolo bit a livelli standard TTL. È stato individuato un commutatore adatto allo scopo e dal costo contenuto (€ 405 da quotazione maggio 2003): si tratta del dispositivo prodotto dalla Radiall, con sigla R577.312.107 (3 GHz Failsafe Transfer Switch) [3], che offre, appunto, la possibilità di pilotaggio per mezzo di segnali TTL, una banda utile dalla continua ai 3 GHz e, tra tutte le altre caratteristiche, un isolamento tra le due vie maggiore o uguale a 80 dB, un valore che si ritiene sufficiente per i nostri scopi.

Riferimenti

- [1] E. Bozzi, G. Gagliardi, E. Salerno, “Studio di fattibilità di un sistema di misura a microonde per indagini non invasive su manufatti in muratura”, IEI-CNR, Pisa, Nota Interna B4-06-02, Aprile 2002.
- [2] E. Bozzi, G. Gagliardi, E. Salerno, “Misure preliminari a microonde per l’imaging tomografico di manufatti in calcestruzzo”, ISTI-CNR, Pisa, Nota Interna B4-09-02, settembre 2002.
- [3] RADIALL ® Microwave Components, Technical Data Sheet R577.312.107, 29 March 2001.



TAV. I