

Un sensore in banda X per misure di sola intensità in campo vicino

Sandra Costanzo, Giuseppe Di Massa*

Dipartimento di Elettronica, Informatica e Sistemistica
Universita' della Calabria
87036 Arcavacata di Rende (CS), ITALY
tel. +39.0984.494652 - fax +39.0984.494713

Marco Donald Migliore

Dipartimento di Aut., Elettromagnetismo, Informazione, Matematica Applicata
Universita' di Cassino
Via Di Biasio 43, Cassino, ITALY

Email: costanzo@deis.unical.it

Abstract

A X-band probe for phaseless near-field measurements is successfully designed and tested. Two rectangular waveguides are used to simultaneously scan a single near-field surface; the complex signals are then transmitted to a microstrip circuit which provides the necessary amplitude information. Near-field phase retrieving is finally accomplished by minimizing a suitable functional.

1 Introduzione

La progettazione largamente diffusa di sistemi radianti complessi, operanti a frequenze millimetriche, richiede l'impiego di tecniche di misura efficienti per un'accurata caratterizzazione delle prestazioni di campo lontano. L'uso diretto della trasformazione campo vicino/campo lontano (NF-FF) risulta fortemente compromesso dalle elevate frequenze in gioco, che richiedono strumenti di misura altamente sofisticati per un'attenta valutazione dell'informazione di fase nella regione di campo vicino. La necessità di superare i limiti di misura sopra detti ha indotto all'impiego di procedure alternative, basate sull'elaborazione di informazioni di solo modulo. In tale contesto rientra il progetto di un sensore integrato per misure di sola intensità in campo vicino, proposto dagli autori in alcuni recenti lavori [1-2]. Nel primo prototipo [1], operante ad una singola frequenza, due antenne a microstriscia coplanari vengono impiegate per scandire simultaneamente la regione planare o piano-polare [2] di campo vicino. I segnali complessi ricevuti dalle sonde sono quindi trasferiti ad un circuito a microstriscia, le cui uscite forniscono le informazioni di sola intensità necessarie per un'accurata valutazione della fase di campo vicino. La tecnica delineata offre vantaggi legati ad una sensibile riduzione dei tempi e dei costi di misura, tuttavia, come già sottolineato, risulta applicabile esclusivamente alla frequenza di risonanza delle antenne a microstriscia. Nel presente lavoro, l'architettura del sensore risulta modificata per garantire il funzionamento nell'intera banda X. A tale scopo, le antenne a microstriscia vengono sostituite da guide d'onda rettangolari e lo stesso circuito a microstriscia è interamente riprogettato per ottenere il necessario sfasamento di $\pi/2$ in banda. L'algoritmo interferometrico originario [1] fornisce l'informazione di fase di campo vicino, a meno di due sfasamenti incogniti, successivamente ricostruiti dalla minimizzazione di un appropriato funzionale.

2 Formulazione

Nella nuova architettura, il sensore impiega due guide d'onda rettangolari in banda X per eseguire la scansione di solo modulo in zona vicina. Le dimensioni delle sonde, comparabili alle lunghezze d'onda in esame, hanno imposto una distanza di separazione pari a $\frac{3}{2}\lambda$. Le uscite delle guide risultano direttamente connesse ad un circuito a microstriscia, che fornisce le informazioni di sola intensità necessarie alla ricostruzione di fase, ovvero:

$$|V_1|^2, \quad |V_2|^2, \quad |V_1 + V_2|^2, \quad |V_1 + jV_2|^2$$

Nelle suddette espressioni, $V_1 = |V_1| \cdot e^{j\varphi_1}$ and $V_2 = |V_2| \cdot e^{j\varphi_2}$ rappresentano le tensioni complesse misurate dalle due sonde. Le operazioni di somma in fase ed in quadratura vengono eseguite mediante due ibridi, come nella formulazione originaria [1-2]; analogamente, le misure di solo modulo sono affidate a quattro diodi rivelatori di segnale.

Le informazioni di solo modulo consentono di ricostruire le differenze di fase mediante la seguente formula [1-2] :

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = tg^{-1} \left[\frac{|V_1 + jV_2|^2 - |V_1|^2 - |V_2|^2}{|V_1 + V_2|^2 - |V_1|^2 - |V_2|^2} \right] \quad (1)$$

Presa in esame la scansione lineare su $2N+1$ punti, l'applicazione della (1) alla nuova architettura fornisce, a causa della distanza $\frac{3}{2}\lambda$ tra le sonde, tre insiemi indipendenti di misure in zona vicina, ovvero:

$$\begin{aligned} & \left[E(s_1^{(1)}), E(s_1^{(2)}) \cdot e^{j\Delta\varphi_1}, E(s_1^{(3)}) \cdot e^{j\Delta\varphi_2}, \dots \right] \\ & \left[E(s_2^{(1)}), E(s_2^{(2)}) \cdot e^{j\Delta\varphi_1}, E(s_2^{(3)}) \cdot e^{j\Delta\varphi_2}, \dots \right] \\ & \left[E(s_3^{(1)}), E(s_3^{(2)}) \cdot e^{j\Delta\varphi_1}, E(s_3^{(3)}) \cdot e^{j\Delta\varphi_2}, \dots \right] \end{aligned}$$

dove:

$$\begin{aligned} \underline{s}^{(1)} &= \left[-\frac{N}{2}\lambda, -(N+3)\frac{\lambda}{2}, -(N+6)\frac{\lambda}{2}, \dots \right] \\ \underline{s}^{(2)} &= \left[-(N+1)\frac{\lambda}{2}, -(N+4)\frac{\lambda}{2}, -(N+7)\frac{\lambda}{2}, \dots \right] \\ \underline{s}^{(3)} &= \left[-(N+2)\frac{\lambda}{2}, -(N+5)\frac{\lambda}{2}, -(N+8)\frac{\lambda}{2}, \dots \right] \end{aligned}$$

Allo scopo di valutare gli sfasamenti incogniti $\Delta\varphi_1$ e $\Delta\varphi_2$, é stata adottata una rappresentazione non ridondante basata sul concetto di campo ridotto [3-4] $F(\xi) = E(\xi) \cdot e^{j\psi(\xi)}$, ottenuto dal campo originario $E(\xi)$ estraendo un'appropriata funzione di fase $\psi(\xi)$ ed introducendo una curva di parametrizzazione $\xi(s)$ lungo la curva di osservazione, dove s denota l'ascissa curvilinea. Scegliendo opportunamente tali parametri, é possibile approssimare il campo ridotto mediante una serie cardinale del tipo:

$$F(\xi) = \sum_{n=1}^{N'} E(\xi_n) \cdot e^{-j\psi(\xi_n)} \cdot \Phi[\xi - \xi_n]$$

dove $\phi(x)$ é la funzione $\sin(x)/x$, ξ_n sono le posizioni dei campioni non ridondanti ed N' rappresenta il numero di campioni non ridondanti compresi nell'intervallo di misura. La relazione suddetta può essere discretizzata e scritta nella forma matriciale $\underline{e} = \underline{A} \cdot \underline{s}$, dove \underline{s} é l'array degli N valori di campo ridotto nei punti di misura non ridondanti, mentre \underline{e} rappresenta i valori di campo ridotto negli M punti di misura. A causa di errori nei dati, le misure non appartengono al range della matrice \underline{A} , pertanto é stato necessario adottare una procedura di minimizzazione del tipo:

$$\min d(S_m(\Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2), S_A^N(\Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2))$$

dove d rappresenta la distanza tra l'insieme dei campi compatibili con le misure e l'insieme di tutti i possibili campi irradiabili dall'antenna in esame. La soluzione numerica del problema é ottenuta mediante l'applicazione dell'operatore di proiezione $\underline{P} = \underline{A}\underline{A}^+$, dove \underline{A}^+ rappresenta la pseudoinversa della matrice \underline{A} . Ci si riconduce, pertanto, alla valutazione della quantità $\inf \|\underline{e}(\Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2) - \underline{P}\underline{e}(\Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2)\|$.

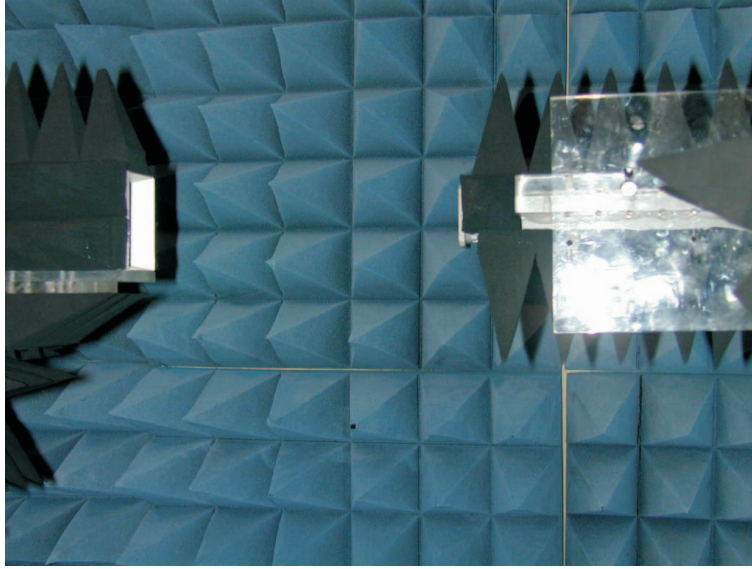


Figura 1: *Setup di misura*

3 Risultati Sperimentali

Il corretto funzionamento del sensore e l'efficacia dell'algoritmo di ricostruzione in due variabili sono stati testati su un trombino piramidale in banda X. I campioni di campo vicino sono stati acquisiti su una singola linea di scansione con $N=35$ punti posti ad una distanza reciproca di $\lambda/2$, su un piano distante 23cm dall'antenna in esame (fig.1). L'andamento del funzionale obiettivo, illustrato in fig.2, mostra l'unicità della soluzione, associata alla presenza di un unico picco. L'algoritmo di ricostruzione, applicato alle misure, ha fornito i risultati riportati in fig.3, dove la fase esatta é confrontata con i valori ricostruiti per due distinti valori di frequenza, 8.5GHz e 10GHz.

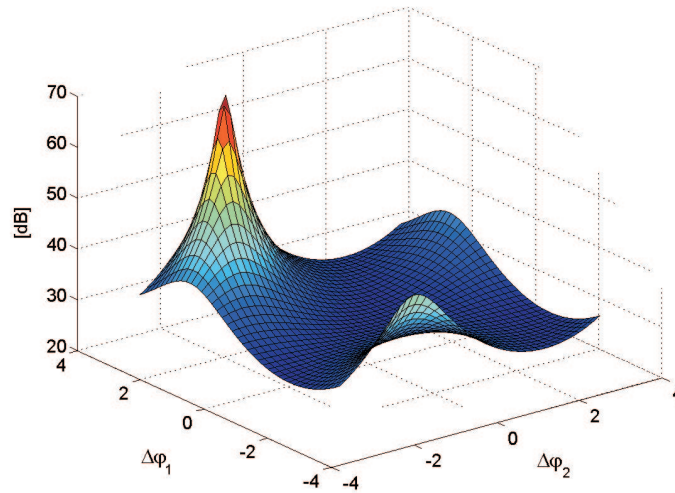


Figura 2: Valore del funzionale obiettivo

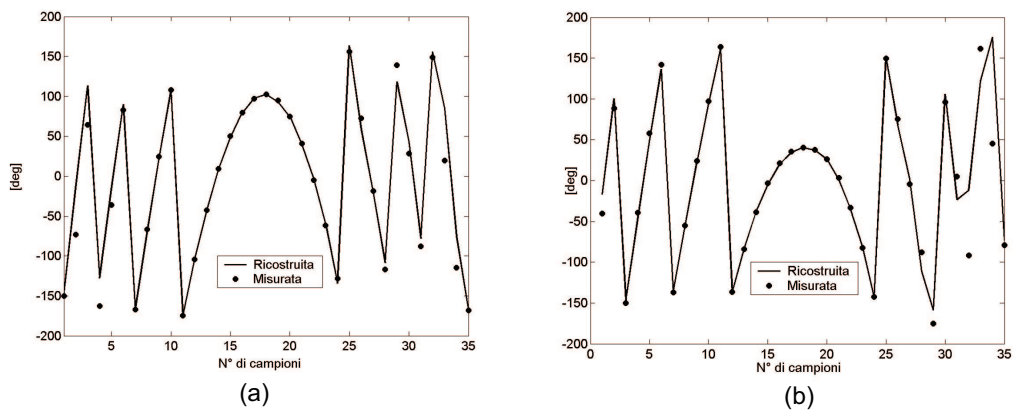


Figura 3: Confronto tra i valori di fase misurati e ricostruiti per (a) $f=8.5\text{GHz}$ e (b) $f=10\text{GHz}$

Riferimenti bibliografici

- [1] S. Costanzo, G. Di Massa, "An Integrated Probe for Planar Near-Field only Intensity Measurements", *2001 IEEE AP-S International Symposium*, Boston, July 8-13.
- [2] S. Costanzo, G. Di Massa, M. D. Migliore "Integrated Microstrip Probe for Phaseless Near-Field Measurements on a Plane-Polar Geometry", *Electronics Letters*, vol.37, n. 16, 2001.
- [3] O. M. Bucci, G. Franceschetti, "On the Spatial Bandwidth of Scattered Field ", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. AP-35, December 1987, pp.1445-1455.
- [4] O. M. Bucci, C. Gennarelli, C. Savarese, "Representation of Electromagnetics Fields over Arbitrary Surfaces by a Finite and Non-Redundant Number of Samples ", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. AP-46, 1998, pp.351-359.