

Analisi di una antenna stampata alimentata da una slot longitudinale

Giuseppe MAZZARELLA, Giorgio MONTISCI, Fabrizio RASPI
Dip. Ingegneria Elettrica ed Elettronica, Univ. di Cagliari
Piazza d'Armi, 09123 Cagliari

ABSTRACT

The radiating properties of a longitudinal waveguide slot can be modified and improved using a dielectric cover and a printed patch on it. Aim of this communication is to describe a rigorous Method of Moment approach to the analysis of the interaction between a longitudinal slot and a printed patch. The patch is of course fed by the longitudinal slot which radiates itself with the same co-polar component of the patch.

INTRODUZIONE

Gli array di slot sono una delle scelte più comuni per le antenne ad alta frequenza grazie alle perdite ridotte nella linea di alimentazione e all'accuratezza ottenibile con questo tipo di antenne. Tra le slot radianti quelle longitudinali [1] sono le più usate e consentono di ottenere una buona purezza di polarizzazione e un buon guadagno. Allo scopo di incrementare il guadagno dell'array e, se necessario, modificare la polarizzazione del campo irradiato, possono essere utilizzati elementi parassiti come dipoli o patch stampati su un substrato dielettrico posizionato a copertura delle slot. Chiaramente la parete della guida assume la funzione di piano di massa per questi elementi stampati.

In questa comunicazione si analizza l'elemento base dell'array mostrato in Figura 1, i.e., una slot e un patch rettangolare parassita, utilizzando un approccio full-wave basato sul Metodo dei Momenti (MoM).

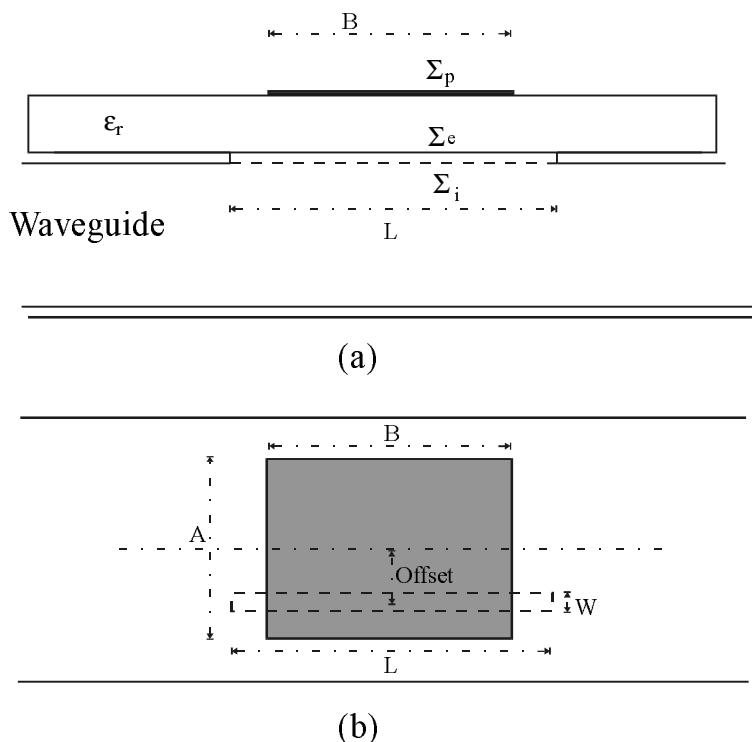


Figure 1: Geometria dell'antenna: (a) vista laterale; (b) vista dall'alto.

Le tecniche full-wave consentono una analisi estremamente accurata ma hanno un elevato costo computazionale. Per questo motivo è stata dedicata particolare attenzione all'implementazione efficiente del software MoM, principalmente attraverso la rappresentazione delle correnti incognite sul patch e sulla slot tramite funzioni di espansione a dominio intero. Come discusso in [2], questo richiede un numero ridotto di incognite e riduce pertanto il tempo di elaborazione.

FORMULAZIONE DEL PROBLEMA

Consideriamo la struttura mostrata in Fig. 1. La slot longitudinale è tagliata nella parete larga di una guida rettangolare con un offset X_0 rispetto all'asse longitudinale della guida.

La parete della guida si comporta come piano di massa per il patch che è centrato rispetto all'asse longitudinale della guida (direzione x) e rispetto al centro della slot (direzione y). h e ϵ_r sono l'altezza e la costante dielettrica relativa del substrato.

Al fine di calcolare l'effetto di un onda TE_{10} di ampiezza unitaria incidente sulla slot, entrambe le aperture della slot vengono sostituite con delle correnti magnetiche superficiali che irradiano in presenza di conduttori elettrici perfetti: \underline{M}_i sulla superficie Σ_i e \underline{M}_e su Σ_e .

Lo spessore del patch è stato trascurato e pertanto il patch stesso è stato sostituito con una corrente elettrica superficiale \underline{J}_p (sulla superficie Σ_p).

Le correnti \underline{M}_i , \underline{M}_e e \underline{J}_p sono incognite e per calcolarle si impongono le condizioni di continuità per il campo magnetico su Σ_i e Σ_e e si impone che il campo elettrico tangenziale sia nullo su Σ_p .

$$\begin{aligned} \underline{i}_n \times \underline{H}_w[\underline{M}_i] + \underline{i}_n \times \underline{H}_{inc} &= \underline{i}_n \times \underline{H}_s[\underline{M}_i, \underline{M}_e] & \text{su } \Sigma_i \\ \underline{i}_n \times \underline{H}_s[\underline{M}_i, \underline{M}_e] &= \underline{i}_n \times \underline{H}_p[\underline{M}_e] + \underline{i}_n \times \underline{H}_p[\underline{J}_p] & \text{su } \Sigma_e \\ \underline{i}_n \times \underline{E}_p[\underline{M}_e] + \underline{i}_n \times \underline{E}_p[\underline{J}_p] &= 0 & \text{su } \Sigma_p \end{aligned} \quad (1)$$

dove \underline{H}_w , \underline{H}_s , \underline{H}_p sono il campo magnetico nella regione della guida, nella regione della slot e nella regione esterna. \underline{E}_p è il campo elettrico nella regione esterna mentre \underline{H}_{inc} è il campo del modo TE_{10} incidente in guida e \underline{i}_n la normale a tutte le superfici.

Come mostrato in (1) \underline{H}_w , \underline{H}_s , \underline{H}_p e \underline{E}_p dipendono dalle correnti incognite, cosicché (1) è un sistema di equazioni integrali. Per evitare singolarità nelle funzioni di Green, i campi magnetico e elettrico vengono espressi tramite i potenziali vettori \underline{F} e \underline{A} . In questo modo si ottengono le Equazioni Integrali ai Potenziali Misti, che vengono poi ridotte al sistema lineare del MoM tramite la tecnica di Galerkin.

Solitamente le slot sono sufficientemente sottili da trascurare la componente longitudinale del campo elettrico su di esse, pertanto assumiamo la presenza della sola componente x della corrente magnetica sulla slot. Queste correnti (su entrambi i lati della apertura) vengono espresse tramite combinazione lineare di funzioni più semplici. La scelta di funzioni di espansione a dominio intero, ad esempio una serie di Fourier rispetto a x opportunamente troncata,

$$\underline{M}_{i,e} = \sum_{n=1}^N a_n^{i,e} \sin\left[\frac{n\pi}{2L}(x+L)\right] \underline{i}_x = \sum_{n=1}^N a_n^{i,e} \underline{f}_n(x) \quad (2)$$

fornisce risultati molto accurati con un numero ridotto di termini e pertanto rappresenta la scelta migliore qualora sia necessario effettuare un elevato numero di simulazioni, come nel caso del progetto di array. Per quanto riguarda la corrente elettrica sul patch sono state usate le seguenti funzioni di base:

$$\underline{J}_s = \sum_{p,q} b_{p,q} \sin\left(\frac{p\pi x}{A}\right) \cos\left(\frac{q\pi y}{B}\right) \underline{i}_x + \sum_{p,q} c_{p,q} \sin\left(\frac{q\pi y}{B}\right) \cos\left(\frac{p\pi x}{A}\right) \underline{i}_y \quad (3)$$

dove A e B sono le dimensioni del patch.

L'uso delle (2) e (3) è uno dei punti chiave per la realizzazione di una procedura di analisi efficiente.

La funzione di Green per il potenziale \underline{E} nella guida può essere calcolata in modo analogo alla funzione di Green per il campo magnetico [3], e viene espressa come una serie modale opportunamente troncata. Le funzioni di Green per i potenziali \underline{E} e \underline{A} nello spazio esterno sono state calcolate passando al dominio spettrale e risolvendo direttamente le equazioni differenziali risultanti [3]. La regione della slot può essere considerata come un tratto di guida cortocircuitata e con due sorgenti di corrente magnetica alle estremità [3].

RISULTATI E CONCLUSIONI

I risultati delle nostre simulazioni hanno mostrato un incremento della conduttanza di irradiazione dovuto alla presenza del patch e una buona flessibilità della struttura radiante. Questa consente di ottenere un campo di variazione piuttosto ampio per le proprietà di irradiazione attraverso la modifica dei parametri geometrici degli elementi radianti (slot e patch) e dei parametri del substrato.

In Fig. 2 è mostrata la conduttanza normalizzata di una slot con copertura dielettrica (senza patch), per diversi valori dell'offset della slot. In Fig. 3 è mostrata la conduttanza normalizzata della stessa slot che alimenta un patch parassita.

Infine la Tab. 1 mostra la larghezza di fascio a 3dB per il campo lontano simulato e il livello della cross-polare per diversi valori dell'offset.

Offset [mm]	Max at	Fascio a -3dB Piano-E	Fascio a -3dB Piano-H	x-polar [dB]
1.0	0°	-40.0°, 40.0°	-81°, 81°	<-40
1.5	0.5°	-39.5°, 40.5°	-80°, 81°	<-40
2.0	1.0°	-39.0°, 41.0°	-80°, 81°	<-40
2.5	1.5°	-38.5°, 41.5°	-80°, 82.5°	<-40
3.0	2.0°	-38.0°, 42.0°	-80°, 81.5°	-40
3.5	2.5°	-37.5°, 42.5°	-80°, 82.5°	-35
4.0	3.0°	-37.0°, 43.0°	-81°, 83°	-30

Tab. 1

BIBLIOGRAFIA

[1] T.Vu Khac, C.T. Carson: *Impedance properties of longitudinal slot antenna in the broad face of rectangular waveguide*; IEEE Trans. Antennas Propagat., AP-21, 1973, pp. 708-710.

[2] G. Mazzarella, G. Montisci: *Accurate Characterization of the Interaction between Coupling Slots and Waveguide Bends in Waveguide slot Arrays*; IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques, July 2000.

[3] G. Mazzarella, G. Montisci: *A Rigorous Analysis of Dielectric-Covered Narrow Longitudinal Shunt Slots with Finite Wall Thickness*; Electromagnetics, Vol. 19, 1999, pp. 407-41.

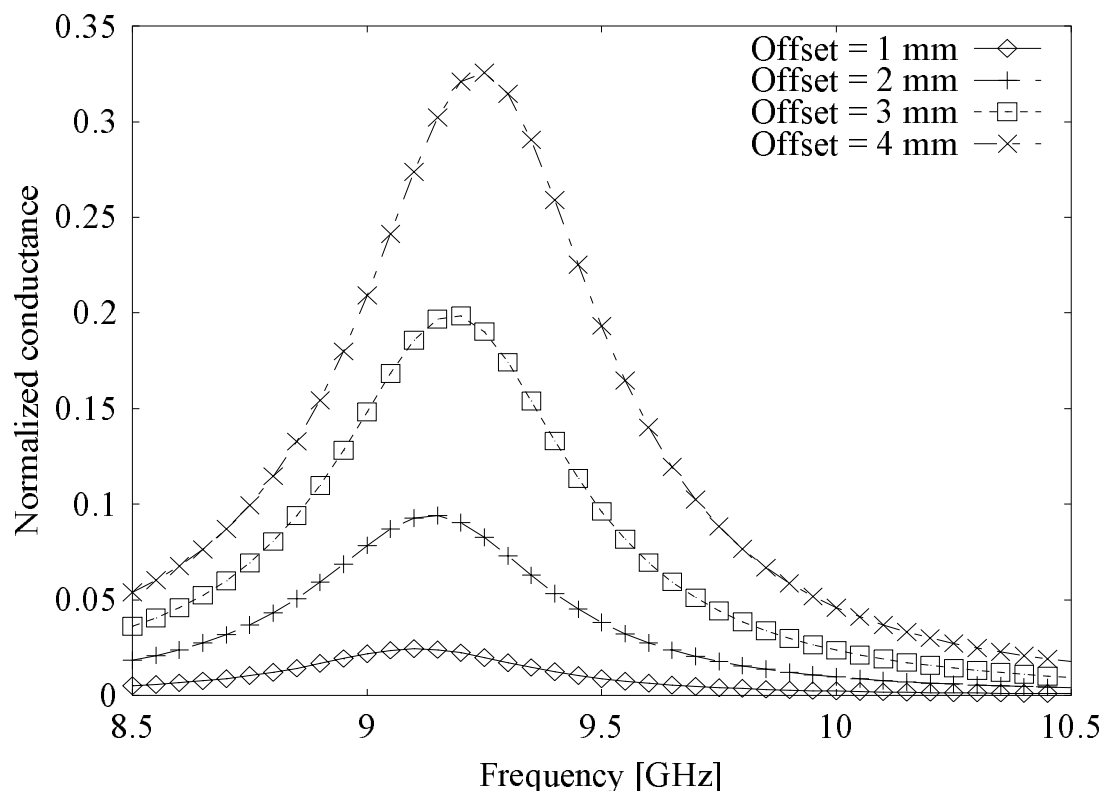


Figure 2: Guida WR90, spessore substrato = 0.7 mm, $\epsilon_r = 2.33$, $W = 1.0$ mm, $L = 14$ mm

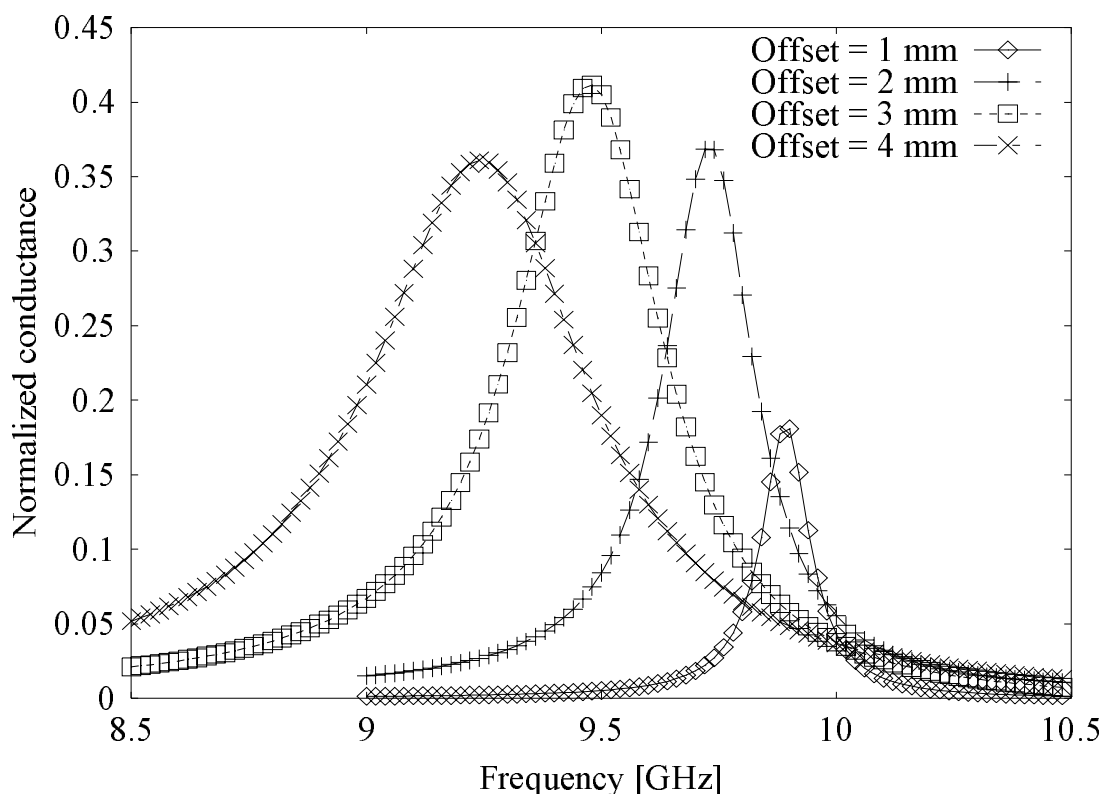


Figure 3: Guida WR90, spessore substrato = 0.7 mm, $\epsilon_r = 2.33$, $W = 1.0$ mm, $L = 14$ mm, $A = 10$ mm, $B = 12$ mm