

# SINTESI DI SUPERFICI AD ALTA IMPEDENZA PER ANTENNE A BASSO PROFILO

Umberto Serra, Simone Genovesi, Agostino Monorchio, Giuliano Manara

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Pisa  
Via G. Caruso, 56122 Pisa

e-mail: umberto.serra (simone.genovesi, a.monorchio, g.manara)@iet.unipi.it

## Abstract

*An innovative Genetic Algorithm procedure for synthesizing Artificial Magnetic Conductors (AMC) and High Impedance (HI) surfaces is presented. The resulting structures are uniplanar and easy to manufacture. An application as magnetic ground is presented which reveals useful for realizing low profile antennas.*

## INTRODUZIONE

Nell'ambito delle comunicazioni wireless è sempre più necessario l'impiego di antenne a basso profilo. Il vantaggio di impiegare dipoli posti in parallelo a superfici ad alta impedenza rispetto all'utilizzo di un monopolo ortogonale ad un piano di massa consiste nel raggiungimento delle stesse caratteristiche radiative con dimensioni decisamente più contenute. Le superfici ad alta impedenza utili per questo tipo di impieghi vengono generalmente indicate come *Artificial Magnetic Conductor* (AMC) e realizzano la condizione di conduttore magnetico perfetto (PMC) all'interno di una banda prefissata. L'interesse per questo tipo di realizzazioni è sempre più crescente [1], [2] e numerose sono le soluzioni proposte, molte delle quali presentano tuttavia una certa difficoltà realizzativa [3]. La soluzione proposta in questo lavoro, oltre a presentare un'ottima risposta al variare della frequenza e al variare della direzione del campo incidente, risulta molto compatta e semplice da realizzare con le comuni tecniche fotolitografiche.

Al fine di sintetizzare e ottimizzare la struttura descritta, è stato implementato un Algoritmo Genetico (GA) opportunamente derivato per il problema in esame. Tali algoritmi sono metodi di ottimizzazione ispirati ai concetti darwiniani di selezione ed evoluzione naturale. Generalmente essi sono classificati come ottimizzatori globali: la fondamentale caratteristica che li distingue dai corrispondenti ottimizzatori 'locali' è quella di riuscire a fronteggiare più efficientemente spazi di soluzioni relativi a funzioni obiettivo che presentano forti discontinuità e molti minimi locali; sono inoltre molto indicati a trattare casi in cui sono coinvolti numerosi parametri di progetto. I parametri fisici da ottimizzare vengono codificati attraverso un codice binario nei *geni* che definiscono una soluzione (*cromosoma*). Nel processo evolutivo le soluzioni così parametrizzate vengono fatte evolvere verso una soluzione ottimale sotto l'azione di pressione selettiva operata da una funzione oggetto (*fitness*), il cui scopo è quello di quantificare il grado di bontà della singola soluzione.

Questo lavoro rientra nell'attività finanziata dal Miur mediante il progetto FIRB 'PRIMO' (Piattaforme Riconfigurabili per Interoperabilità in MObilità) - prot. RBNE018RFY.

## SINTESI DI PIANI DI MASSA MAGNETICI ARTIFICIALI

La struttura AMC proposta è stata realizzata mediante l'impiego di una Superficie Selettiva in Frequenza (*FSS*) su di un substrato dielettrico con piano di massa elettrico. Lo schermo è stato sintetizzato grazie all'uso del GA descritto in precedenza. Tale algoritmo agisce su parametri della struttura quali le dimensioni della cella elementare, la sua forma, lo spessore e la costante dielettrica del substrato.

Nell'implementazione del GA, l'attenzione è stata rivolta non soltanto all'ottimizzazione del comportamento in frequenza ma anche alla stabilità della risposta della struttura al variare dell'angolo di incidenza. E' stata quindi operata una media ponderata, con pesi impostabili, tra le *fitness* derivanti dalla scansione angolare e da quella in frequenza.

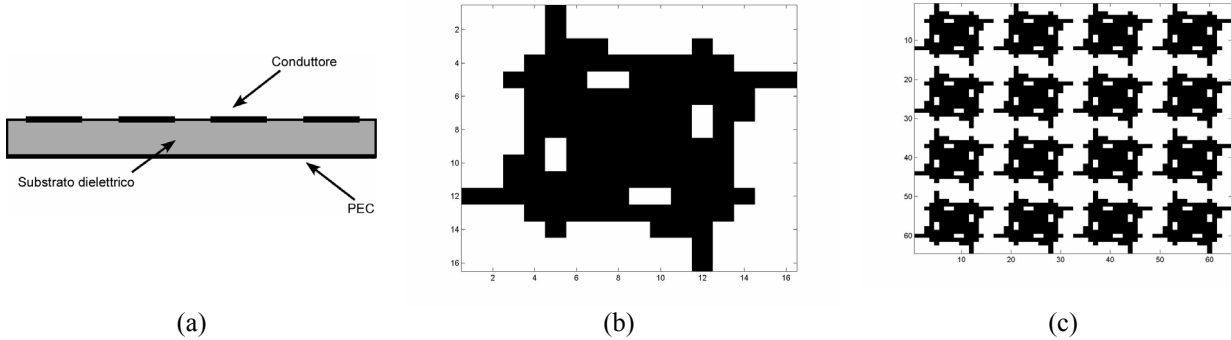
Per assicurare una rapida convergenza dell'algoritmo, sono state sviluppate due nuove apposite estensioni rispetto a quanto proposto in [4]. La prima riguarda l'*elitismo* [5] che, come noto, sviluppa l'intera evoluzione attorno ai soli individui migliori generati nei primi stadi del processo. La rapida convergenza assicurata da questo metodo non garantisce tuttavia il raggiungimento di una soluzione soddisfacente: l'*elitismo*, infatti, può causare la perdita di caratteristiche genetiche che, pur apparentemente negative, potrebbero dimostrare la loro potenza evolutiva solo dopo un certo numero di generazioni. A questo scopo, l'operatore di *elitismo* è stato usato in maniera selettiva, attivandolo cioè dopo che il GA si è evoluto autonomamente per un certo numero di generazioni.

La seconda innovazione introdotta permette di non scartare cromosomi che sono lontani dal miglior valore di *fitness* corrente (ovvero che non hanno geni troppo simili ad esso); in questo modo viene reintrodotta un ulteriore grado di diversità nel genoma globale della popolazione, pur senza perdere informazioni sulla migliore soluzione fino ad allora trovata. Grazie a queste innovazioni, si lascia al GA la possibilità di esplorare un più vasto campo di soluzioni e di raggiungere, in tempi molto brevi, ottimi valori di *fitness*.

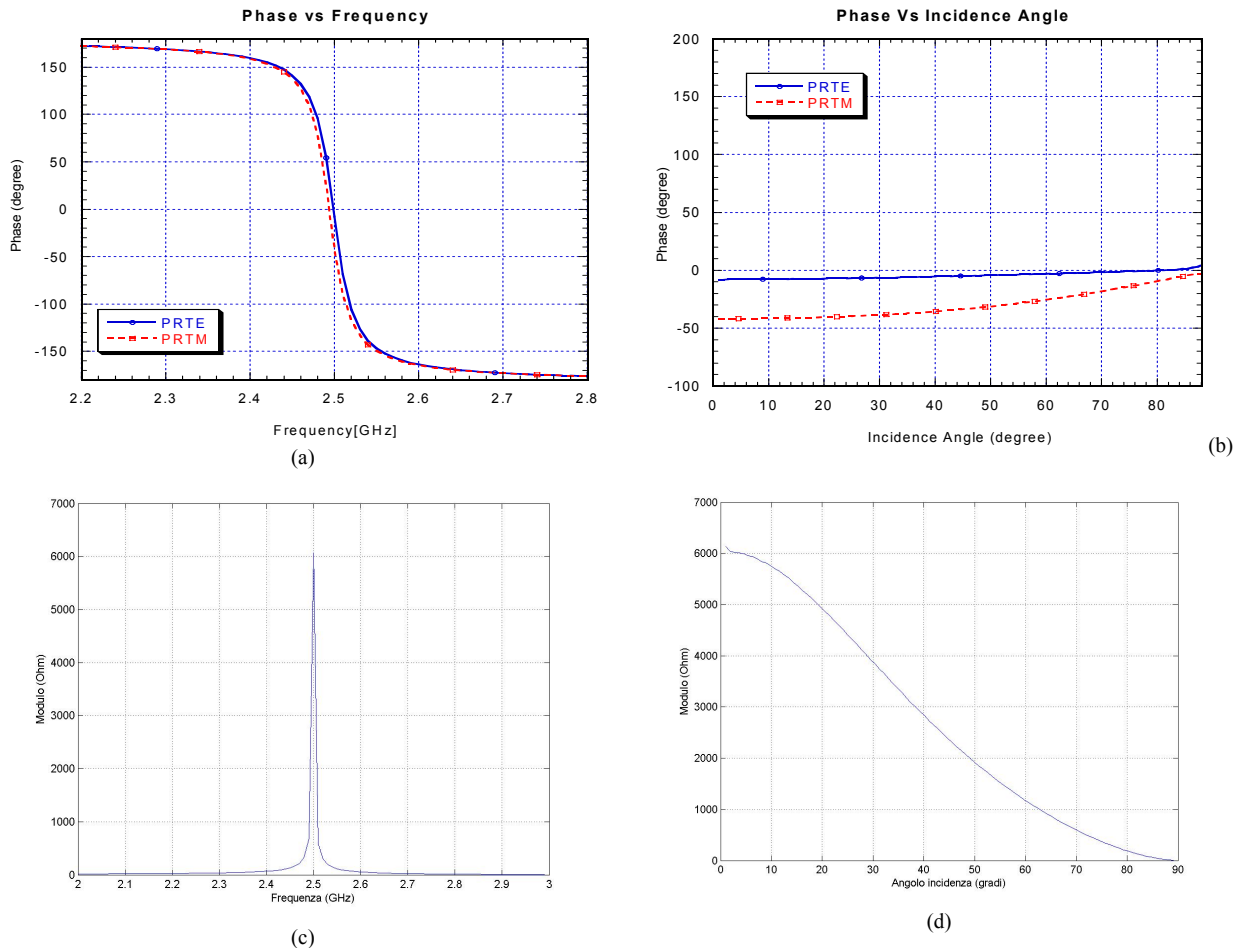
## RISULTATI

In questo paragrafo viene presentato un risultato ottenuto con l'algoritmo descritto precedentemente. La sintesi è stata indirizzata in maniera tale da ricavare una struttura risonante alla frequenza di 2.48 GHz. Tra le soluzioni ottenute si distingue quella rappresentata in Fig. 1. La cella elementare misura 2.443 cm per lato mentre il substrato presenta una costante dielettrica  $\epsilon_r = 9.8 + j0.0035$  e uno spessore di 0.635 mm. Uno dei più evidenti punti di forza di questa soluzione nei confronti di altre proposte [6], è chiaramente l'entità molto contenuta dello spessore e la sua semplicità realizzativa. Come si evince dal grafico riportato in Fig. 2(a), si ottiene uno sfasamento nullo alla frequenza di lavoro per entrambe le polarizzazioni TE e TM. E' inoltre possibile notare in Fig. 2(b) la stabilità della risposta in fase al variare dell'angolo di incidenza. È interessante infine osservare la proprietà dello schermo di conservare una elevata impedenza al variare dell'angolo di incidenza, così come mostrato in Fig. 2(c)-2(d). Nell'ultima figura vengono presentati i risultati relativi ad un esperimento numerico nel quale un dipolo a  $\lambda/2$  viene fatto operare in prossimità ( $\lambda/30$ ) della superficie illustrata (Fig 3(a)). Le grandezze di interesse sono state ricavate mediante l'uso di Ansoft Designer®: in particolare viene riportato il parametro  $S_{11}$  (Fig. 3(b)), il

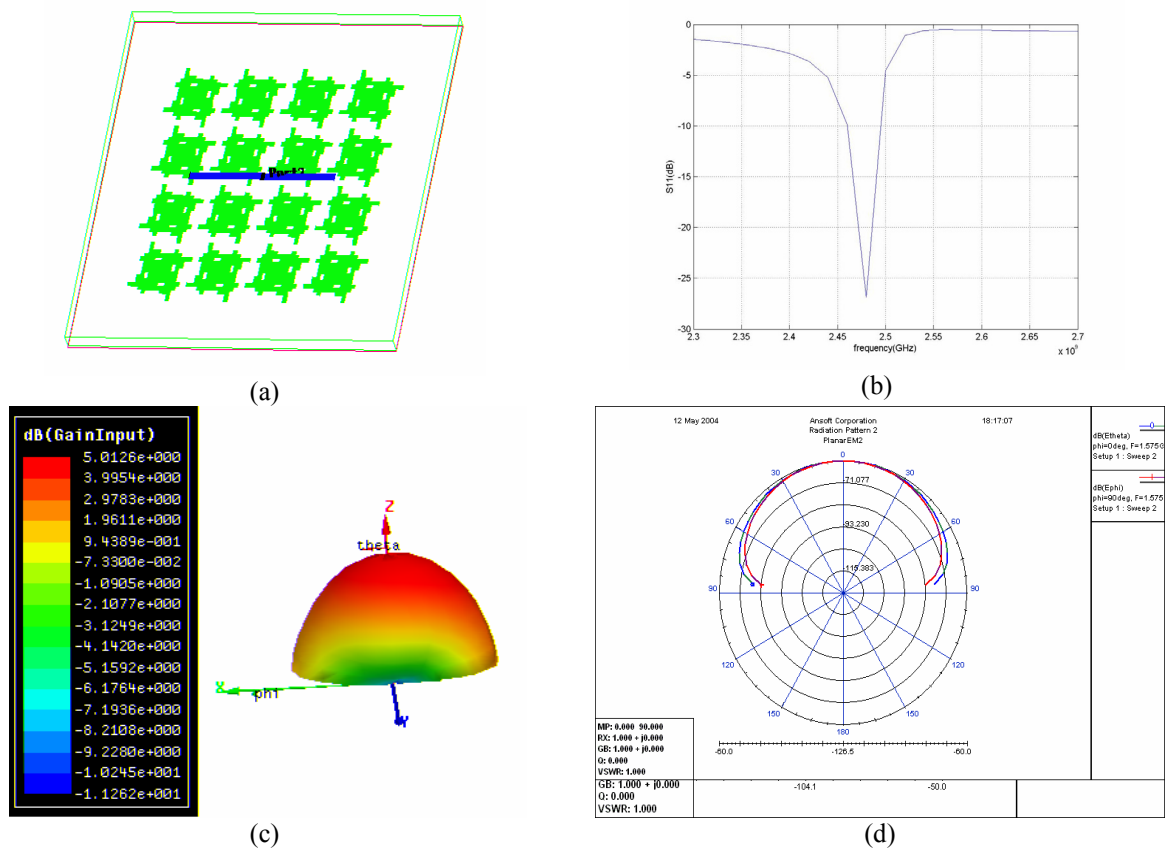
guadagno d'antenna (Fig. 3(c)) e l'andamento di campo lontano (Fig. 3(d)) della struttura. Dall'analisi dei risultati si deduce il buon comportamento dello schermo ottenuto e la sua possibilità di impiego per la realizzazione di antenne a basso profilo.



**Fig. 1.** (a) Struttura dello schermo. (b) Cella elementare. (c) Schermo FSS.



**Fig. 2.** (a) Andamento della fase del coefficiente di riflessione per polarizzazione TE e TM e incidenza normale al variare della frequenza. (b) Andamento della fase del coefficiente di riflessione per polarizzazione TE e TM al variare dell'angolo di incidenza alla frequenza di 2.48 GHz. (c) Modulo dell'impedenza dello schermo al variare della frequenza ricavata dal coefficiente di riflessione. (d) Modulo dell'impedenza dello schermo al variare dell'angolo di incidenza a 2.48 GHz.



**Fig. 3.** (a) Dipolo a  $\lambda/2$  sulla struttura AMC. (b) Parametro  $S_{11}$  normalizzato all'impedenza di ingresso. (c) Guadagno d'antenna. (d) Diagramma di irradiazione sui piani  $\theta = 90^\circ$  e  $\phi = 0^\circ$ .

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] R.C. Hansen, "Effects of High-Impedance Screen on a Dipole Antenna", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, Volume: 1, 2002, pp 36-39
- [2] Y.Rahmat-Samii, H.Mosallaei "Electromagnetic band-gap structures: classification, characterization and applications" *Antennas and Propagation*, 2001. *Eleventh International Conference on* (IEE Conf. Publ. No. 480), Vol: 2, 17-20 April 2001 pp 560-564
- [3] S.Rogers, J.Marsh, W.McKinzie, J.Scott "An AMC-Based 802.11a/b Antenna for Laptop Computers" *Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2003. IEEE, Volume: 2, 22-27 June 2003 pp 10 - 13 vol.2
- [4] A. Monorchio, G. Manara, L. Lanuzza, "Synthesis of Artificial Magnetic Conductors by Using Multilayered Frequency Selective Surfaces," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, Vol. 1, Issue 11, p. 196:199, 2002
- [5] J.A. Vasconcelos, J.A Ramirez, R.H.C. Takahashi, R.R Saldanha, "Improvements in Genetic Algorithms", *IEEE Transactions on Magnetics*, Volume: 37, Issue: 5, Sept. 2001 pp 3414-3417
- [6] F.Yang, Y.Rahmat-Samii "Reflection Phase Characterizations of the EBG Ground Plane for Low Profile Wire Antenna Applications", *Antennas and Propagation*, *IEEE Transactions on*, Volume: 51, Issue: 10, Oct. 2003 pp 2699 -2703