

ALGORITMO RÁPIDO Y PRECISO PARA EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES SELECTIVAS EN FRECUENCIA

Manuel J. Freire Rosales, Rafael Rodríguez Boix, Francisco Medina Mena

Dpto. de Electrónica y Electromagnetismo, Facultad de Física. Universidad de Sevilla
Avda. Reina Mercedes S/N, 41012 Sevilla
freire@cica.es

RESUMEN

A numerically quick and accurate technique for the calculation of the method of moments impedance matrix is presented for the analysis of frequency-selective surfaces. This technique is based on the interpolation of the spectral dyadic Green's function and the analytical treatment of the asymptotic behavior of the double infinite summations appearing in the computation of the elements matrix.

1. INTRODUCCIÓN

Las superficies selectivas en frecuencia (SSF) consisten en *arrays* periódicos planos de parches metálicos o de ranuras practicadas en un plano metálico, usualmente inmersos en un medio dieléctrico multicapa. Los *arrays* de parches actúan como filtros de rechazo de banda para la transmisión de ondas electromagnéticas mientras que los *arrays* de ranuras actúan como filtros paso de banda. El estudio de las SSF se inició a mediados de la década de los sesenta a raíz de sus potenciales aplicaciones militares, en particular como radares híbridos para antenas emplazadas en aviones y como filtros de rechazo de banda para antenas embarcadas a bordo de buques [1]. En los últimos años han surgido otro tipo de aplicaciones no estrictamente militares entre las que destaca la utilización de las SSF como subreflectores dielectricos para reflectores parabólicos, que permiten trabajar en dos bandas de frecuencia distintas con dos alimentadores distintos [2]. Otras aplicaciones de las SSF son el diseño de pantallas absorbentes de banda ancha [1] y de polarizadores circulares [1] o lineales [3].

2. ANÁLISIS

El análisis del *scattering* de una onda plana por una SSF se realiza por medio de dos métodos básicamente: la aproximación de impedancia mutua y el desarrollo en ondas planas [1]; en cualquiera de los dos casos el análisis implica el cálculo de series infinitas dobles. El método del desarrollo en ondas planas se combina con el

Método de Momentos (MmM) para resolver la ecuación integral en el dominio espectral asociada al problema de *scattering* [3]. Este método de análisis implica el cálculo de una matriz de impedancias por lo general grande y cuyos elementos son series dobles lentamente convergentes. Para acelerar el proceso de cálculo suele hacerse uso de una técnica que combina Transformada Rápida de Fourier con el procedimiento iterativo del Método del Gradiente Conjugado [4]. El principal inconveniente de este técnica reside en que la convergencia del proceso es muy dependiente del número de modos de Floquet que son retenidos en las sumas dobles [5, 6].

En el presente trabajo se propone un algoritmo rápido y eficiente para el cálculo de las series dobles que aparecen al resolver la ecuación integral espectral con el MmM. Este método hace uso de la interpolación de la función de Green diádica espectral [7] para obtener analíticamente el comportamiento asintótico de cada una de las dos series. La extracción de este comportamiento asintótico en cada una de las dos series lentamente convergentes permite sumar rápidamente las mismas. Por otro lado, el comportamiento asintótico de ambas series puede tratarse analíticamente haciendo uso de la identidad de Parseval y de la fórmula de Poisson para calcularlo de forma rápida y precisa. Este tratamiento analítico es específico para las funciones base subseccionales utilizadas en el MmM que son de tipo *rooftop* [4].

3. RESULTADOS NUMÉRICOS

En la Fig.1 se muestran como ejemplo los resultados numéricos obtenidos por los autores de este trabajo para la potencia reflejada por una SSF como la mostrada en la Fig.2. Estos resultados se comparan en la misma Fig.1 con los obtenidos experimentalmente en [8] y numéricamente en [9]. En la Fig.3 se comparan los resultados obtenidos en [4] con la amplitud obtenida para la onda reflejada por la SSF cuyas dimensiones se indican al pie de la figura. En los dos ejemplos mostrados existe una buena concordancia entre nuestros

resultados y los publicados por otros autores. Finalmente, la Fig.4 muestra el cociente entre el tiempo de CPU, T_{tat} , que se requiere para obtener un punto de la curva de la Fig.3 sumando las series dobles término a término (360000 modos de Floquet) y el tiempo T_{alg} que requiere nuestro algoritmo para obtener la misma precisión (3 dígitos), frente al número de divisiones N que se efectúan en las direcciones x e y en el parche de la Fig.2 para definir las funciones base subseccionales. Los datos de la Fig.3 son valores de convergencia obtenidos para $N=16$. La obtención de cada uno de estos datos requirió un tiempo de CPU T_{alg} de 40 segundos en un procesador PEN-TIUM a 800MHz.

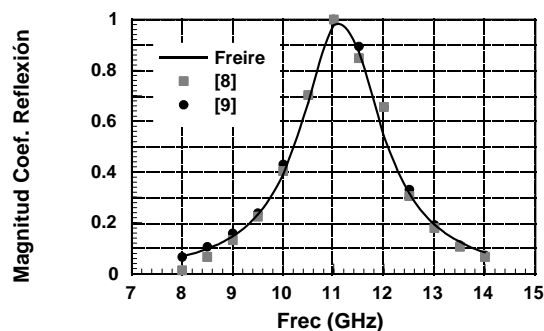


Figura 1: Potencia reflejada por la SSF mostrada en la Fig.2 con $P_x = P_y = 1.78cm$, $L_x = 0.127cm$, $L_y = 1.27cm$ para incidencia normal y campo eléctrico polarizado en la dirección y .

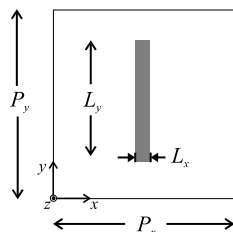


Figura 2: Parche metálico y celda periódica.

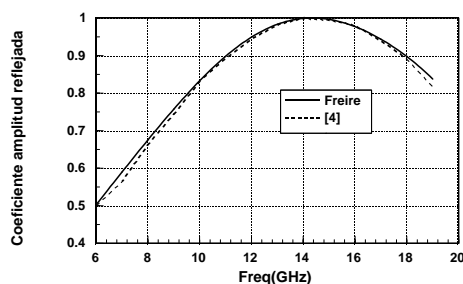


Figura 3: Amplitud de la onda reflejada por la SSF mostrada en la Fig.2 con $P_x = 0.76cm$, $P_y = 1.52cm$, $L_x = 0.238cm$, $L_y = 1.33cm$ para incidencia normal y campo eléctrico polarizado en la dirección y .

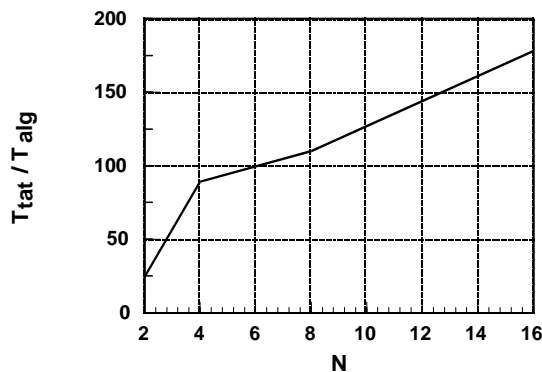


Figura 4: Cociente de tiempos de CPU frente al número de divisiones.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del proyecto TIC98-0630 subvencionado por la CICYT.

Referencias

- [1] B. A. Munk, "Frequency Selective Surfaces," Wiley Interscience, New York, 2000.
- [2] J. Huang, T. K. Wu and S. W. Lee, "Tri-band frequency selective surface with circular ring elements," *IEEE Trans. on Antennas & Propagation*, Vol. 42, pp. 166-175, Feb. 1994.
- [3] R. Mittra, C. H. Chan and T. Cwik, "Techniques for analyzing frequency selective surfaces—A review," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 76, pp. 1593-1615, Dec. 1988.
- [4] C. H. Chan and R. Mittra, "On the analysis of frequency-selective surfaces using subdomain basis functions," *IEEE Trans. on Antennas & Propagation*, Vol. 38, pp. 40-50, Jan. 1990.
- [5] T. Cwik and R. Mittra, "The cascade connection of planar periodic surfaces and lossy dielectric layers to form an arbitrary periodic screen," *IEEE Trans. on Antennas & Propagation*, Vol. 35, pp. 1397-1405, Dec. 1987.
- [6] T. Cwik and R. Mittra, "Correction to "The cascade connection of planar periodic surfaces and lossy dielectric layers to form an arbitrary periodic screen",," *IEEE Trans. on Antennas & Propagation*, Vol. 36, pp. 1335, Sep. 1988.
- [7] R. R. Boix, N. G. Alexopoulos and M. Horno, "Efficient numerical computation of the spectral transverse dyadic Green's function in stratified anisotropic media," *J. Electromagn. Waves Appl.*, vol. 10, no. 8, pp. 1047-1083, Aug. 1996.
- [8] R. H. Ott, R. G. Kouyoumjian and L. Jr. Peters, "Scattering by a two-dimensional periodic array of narrow plates," *Radio Science*, Vol. 2, pp. 1347-1359, Nov. 1967.
- [9] C. C. Chen, "Scattering by a two-dimensional periodic array of conducting plates," *IEEE Trans. on Antennas & Propagation*, Vol. 18, pp. 660-665, Sep. 1970.