

DOS FORMULACIONES PARA EL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS 3D CON PÉRDIDAS Y PERIÓDICAS EN DOS DIRECCIONES

J. Corral, J. Basterrechea
Dpto. Ing. Comunicaciones. ETSIIT. Univ. Cantabria
Avda. Los Castros s/n. 39005. Santander
E-Mail: jose@gsr.unican.es

Abstract.

This work presents two formulations, in spatial and spectral domain respectively, for the analysis of three dimensional structures periodic in two directions. The final objective is the determination of reflection coefficients from walls in absorber lined chambers. The formulations include both electric and magnetic materials as well as losses.

Introducción.

El objetivo del presente trabajo es el estudio del comportamiento de estructuras que son periódicas en dos de las tres dimensiones espaciales cuando son iluminadas por un campo electromagnético. Esto permitirá simular el comportamiento del campo electromagnético en el interior de cámaras (semi)anecoicas. Dado que para la construcción de dichas cámaras para aplicaciones de compatibilidad electromagnética se emplean materiales absorbentes con propiedades magnéticas, las formulaciones empleadas incluyen ambos tipos de materiales y el efecto de las pérdidas.

El fin buscado es la determinación del coeficiente de reflexión en las paredes para su posterior utilización en la caracterización del campo en el interior de las cámaras. En primer lugar se calculan las corrientes inducidas en la estructura por el campo incidente, y a continuación el campo radiado por dichas corrientes, que se utiliza para determinar el coeficiente de reflexión. En la primera fase se utiliza un equivalente volumétrico, que dada la naturaleza del problema implica la utilización de corrientes eléctricas y magnéticas, y el método del Gradiente Conjugado en combinación con la FFT [1].

Discretización del operador.

La definición de la estructura periódica que se quiere analizar se hace describiendo la geometría de cada una de las celdas que se repiten a lo largo de las dos dimensiones. Para ello se inscribe dicha celda en un paralelepípedo, el cual se divide en celdillas pequeñas. Se considera que cada celdilla está compuesta de un solo tipo de material. Este modelo de la geometría define la forma de discretizar posteriormente el operador, ya que el número de divisiones de la geometría fija el

número de muestras tanto para las corrientes como para los campos.

En el proceso de discretización se utilizan funciones base de tipo tejado tridimensional y funciones prueba de tipo cuchilla. La existencia de corrientes de tipo eléctrico y magnético implica la utilización de seis conjuntos de funciones base y una complejidad mayor de la habitual en el operador a discretizar [2]. En la presentación se darán algunos detalles del proceso. Un aspecto fundamental en el desarrollo es el tratamiento de la función de Green que se detalla en el siguiente apartado.

Función de Green.

Todo lo dicho hasta ahora hace referencia al análisis de una sola celda y no de la estructura periódica completa. El efecto de la periodicidad se incluye dentro de la función de Green. De esta manera el problema se hace análogo al de obtener la corriente inducida sobre una geometría aislada, cambiando la función de Green clásica por la siguiente expresión[1]:

$$G^F(\vec{r}, \vec{r}') = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} G(\vec{r}, \vec{r}' + mT_x + nT_y) e^{-j(k_{ox}mT_x + k_{oy}nT_y)}$$

donde T_x y T_y son los periodos de repetición de la estructura periódica y $G(\vec{r}, \vec{r}')$ es la función de Green en el espacio libre.

En este punto una de las opciones es discretizar directamente el problema en el dominio real y posteriormente pasar al transformado para evaluar las convoluciones. Esto obliga a aproximar un doble sumatorio infinito tomando únicamente un número suficiente de sumandos para obtener una buena aproximación. Se han hecho pruebas para medir el grado de convergencia de la función de Green para estructuras periódicas pero los resultados

obtenidos han sido desalentadores ya que los tiempos de cómputo de la función se disparan. Además dicha función oscila alrededor del punto de convergencia, lo que hace que en algunos de los casos comprobados hubiera que tolerar un error de aproximadamente 10^{-2} considerando la contribución de alrededor de 2500 sumandos ($m=n=24\dots25$). A la vista de dichos resultados, se ha optado por el uso de expresiones alternativas para la función de Green con una tasa de convergencia mucho más rápida[3-4]. De esta manera se pueden llegar a obtener errores del orden de 10^{-4} con 256 sumandos ($m=n=7\dots8$), lo que supone una importante mejora respecto al caso anterior.

El muestreo directo en el dominio espacial, incluso acelerando la convergencia de la función de Green, tiene un coste en tiempo de cómputo muy alto. Además, dado que las integrales de convolución se resuelven como productos en el dominio transformado, después de discretizar es necesario calcular la DFT de la matriz correspondiente. Por ello se plantea un método alternativo para el cómputo de la función de Green, aprovechando alguna de sus características. En concreto se intenta sacar partido al hecho de que la función de Green es periódica en 'x' e 'y'. Esto hace que en dichas dimensiones la transformada de Fourier vaya a ser discreta. Concretamente va a estar formada por muestras equiespaciadas de la Transformada de Fourier de $G(r,r')$ respecto de 'x' e 'y', cuya expresión analítica se conoce. Por lo tanto, lo que se hace es muestrear directamente en el dominio transformado para las direcciones en las que la estructura es periódica, mientras que el muestreo en la coordenada restante se hace en el dominio espacial. Después se utiliza la FFT únicamente en la dirección no periódica para obtener la función de Green discretizada en el dominio transformado. El empleo de este esquema tiene como consecuencia la reducción del tiempo de cálculo de las muestras de la función de Green, dado que se evita tener que computar la FFT para las direcciones de periodicidad. Además, en el dominio transformado la función de Green decrece de manera más rápida que en el dominio real, lo que posibilita que haya que sumar menos términos para obtener una solución adecuada.

A modo de ejemplo, en la Figura 1 se muestra una comparativa de convergencia entre las dos formulaciones desarrolladas para un bloque de material homogéneo con permitividad y permeabilidad relativas de $10.93-j0.18$ y $0.52-j26.23$, respectivamente. Aunque aparentemente la convergencia de la formulación espacial es más rápida, hay que tener en cuenta que el

tiempo de cálculo es mucho mayor en este caso: para alcanzar las 500 iteraciones permitidas en este caso, la formulación espacial requiere más de 7 minutos mientras que la espectral necesita únicamente 48 segundos en un Pentium III 500MHz.

Agradecimientos.

Este trabajo ha sido financiado por la CICYT y la Comisión Europea a través del proyecto FEDER: "Evaluación numérica de los campos en cámaras de medida CEM y desarrollo de un método de cancelación de ecos", 1FD97-0594-C03-02(TIC).

Referencias.

- [1] M.F. Cátedra, R.P. Torres, J. Basterrechea, E. Gago: "The GC-FFT Method: Application of Signal Processing Techniques to Electromagnetics", Artech House 1995.
- [2] M.V. Roman, S. Piedra, J.Basterrechea, M.F. Cátedra: "Cálculo mediante el método CG-FFT de corrientes equivalentes y campos electromagnéticos radiados por cuerpos 3D con permitividad y permeabilidad arbitrarias", Actas URSI95, pp. 569-572
- [3] S. Singh, W.F. Richards, J.R. Zinecker, D.R. Wilton: "Accelerating the Convergence of Series Representing the Free Space Periodic Green's Function", IEEE Antennas and Propagation, Vol. 38, No. 12, pp. 1958-1962, Diciembre 1990.
- [4] Chang-Fa Yang, Walter D. Burnside, Roger C. Rudduck: "A Doubly Periodic Moment Method Solution for the Analysis and Design of an Absorber Covered Wall", IEEE Antennas and Propagation, Vol. 41, No. 5, pp. 600-609, Mayo 1993.

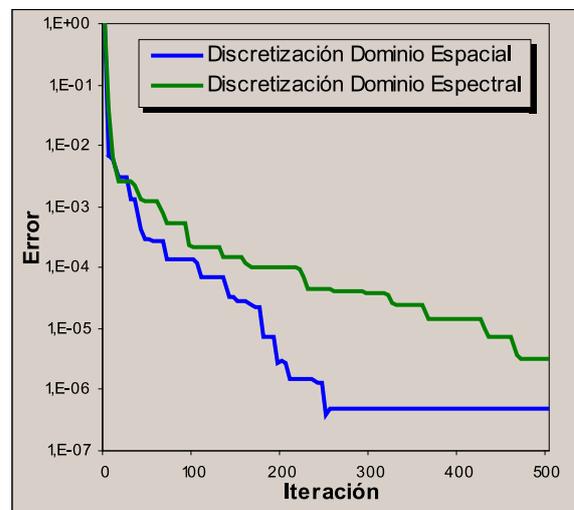


Figura 1