

ALGORITMO ITERATIVO DE PROPAGACION ESPECTRAL PARA EL CALCULO DE RCS EN CAVIDADES CONDUCTORAS

Angel Lozano, Juan M. Rius, Angel Cardama, Llufs Jofre
Grupo A.M.R., Dep. Teoría de la Señal y Comunicaciones
ETSETB, Universitat Politècnica de Catalunya
Apdo. Postal 30002, 08080 Barcelona
Tel. 93-4017291

ABSTRACT

One of the most difficult problems in the RCS prediction of a complex target is the analysis of the cavities existing at the air inlets and outlets of engines. The geometrical complexity of these structures makes difficult the analysis by modal, ray or beam techniques, while their huge electrical size makes computationally prohibitive the analysis by matrix methods.

For these reasons, we have developed an iterative spectral propagation algorithm which can be used to calculate the RCS of electrically intermediate or large cavities with certain geometrical features.

INTRODUCCION

Uno de los problemas que presenta mayor dificultad, a la hora de predecir la RCS de un blanco radar complejo, es el de analizar la contribución debida a las cavidades. En un avión real, las tomas de aire, toberas, cabina del piloto, etc, constituyen algunos de los centros de eco más importantes. La extrema complejidad de estas estructuras impide su estudio mediante técnicas modales y, por otra parte, su tamaño imposibilita la utilización de herramientas numéricas salvo en el caso particular del radar de VHF.

Recientemente han aparecido en la literatura nuevos métodos encaminados al estudio de cavidades arbitrarias en alta frecuencia. Algunos de estos métodos se basan en combinar, de forma híbrida, desarrollos modales con técnicas de baja frecuencia [1], pero su aplicabilidad se limita a geometrías muy concretas. En general, los métodos que más difusión han alcanzado son aquellos que utilizan técnicas de rayos o haces [2], [3]. Estos métodos, derivados directamente de la Óptica Geométrica, permiten teóricamente analizar geometrías arbitrarias aunque en la práctica su utilidad queda restringida a problemas de muy alta frecuencia, a costa de un altísimo coste computacional.

Por todo ello, hemos desarrollado un método iterativo de propagación espectral que puede considerarse como una modificación del SIT (Kastner y Mitra [4], [5]) y el SIP (Prof. Anderson [6], modificado posteriormente por Jofre y Broquetas [7]). El algoritmo permite analizar cavidades bidimensionales de geometría arbitraria y también cavidades tridimensionales con sección rectangular o circular no uniforme.

DESCRIPCION DEL ALGORITMO BIDIMENSIONAL

La teoría referente a la propagación espectral es ampliamente conocida, por lo que en adelante nos referiremos únicamente a las características diferenciales del nuevo método. A

diferencia del SIP, que partía de unas premisas teóricas poco rigurosas para incorporar el efecto de las corrientes inducidas, el algoritmo que presentamos aquí utiliza una función de Green que incluye las condiciones de contorno locales. Esta función de Green se obtiene mediante teoría de imágenes, de modo que sólo pueden considerarse las condiciones de contorno para conductores eléctricos o magnéticos ideales (PEC o PMC). Otras modificaciones relevantes respecto al antiguo SIP son la formulación vectorial y las múltiples iteraciones, que permiten tener en cuenta la interacción mutua entre los distintos puntos que conforman la superficie interior de la cavidad.

El algoritmo se basa en propagar los espectros de los campos de forma iterativa de modo que, en cada pasada, se contabilizan las interacciones de orden superior. En el caso bidimensional, los modos TE y TM pueden propagarse de forma independiente utilizando las componentes de campo eléctrico y magnético normales al plano de la cavidad.

Para poder aplicar correctamente las condiciones de contorno es necesario efectuar, en primer lugar, una discretización de la cavidad en tramos o sectores delimitados por conductores planos y paralelos. En el caso bidimensional, este procedimiento puede aplicarse a cualquier cavidad arbitraria tal y como se aprecia en la figura 1.

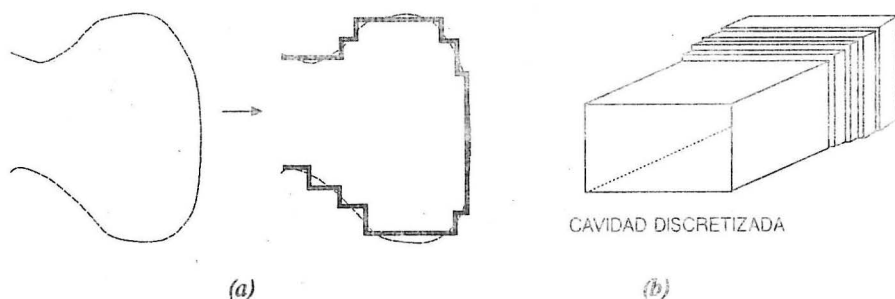


Fig. 1. Discretización de una Cavidad Arbitraria; (a) 2D (b) 3D con Sección Rectangular.

En cada uno de estos sectores, pueden sustituirse los conductores que lo delimitan utilizando imágenes. Para ello, basta con simetrizar el campo respecto a uno de estos conductores puesto que la periodicidad de la FFT se encarga de generar las infinitas imágenes que garantizan la simetría respecto a ambos conductores (fig. 2). La distribución de campos así obtenida es periódica y, por consiguiente, espectralmente discreta, lo que facilita en gran manera la propagación mediante técnicas de FFT. Como se aprecia también en la figura 2, las imágenes deben ser especulares o antiespeculares dependiendo de si el campo es eléctrico o magnético, y tangencial o normal a los conductores.

Una vez sustituidos los conductores por las imágenes, puede procederse a propagar espectralmente los campos mediante un único salto incremental hasta el inicio del siguiente tramo. El hecho de propagar simultáneamente los campos y sus imágenes equivale a incorporar la radiación de las corrientes inducidas radiando en presencia de los conductores, con lo que se aplica correctamente el principio de equivalencia.

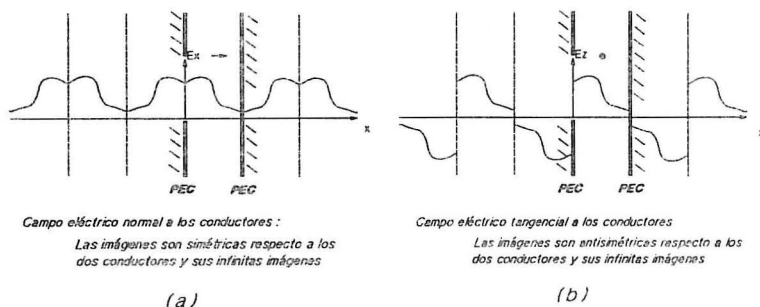


Fig. 2. Sustitución de los Conductores por las Imágenes Periódicas; (a) Simétricas (b) Antisimétricas.

La propagación se efectúa tramo a tramo hasta el final de la cavidad. Durante esta propagación progresiva o *forward*, se almacenan las corrientes eléctricas y magnéticas inducidas sobre los segmentos paralelos a los planos de propagación, puesto que deberán utilizarse posteriormente. Entre tramos consecutivos se produce un cambio en la anchura de la cavidad, por lo que es necesario efectuar una interpolación y reimponer nuevamente las condiciones de contorno sobre el campo interpolado. Todo este proceso correspondiente a la propagación *forward* se detalla en la figura 3.

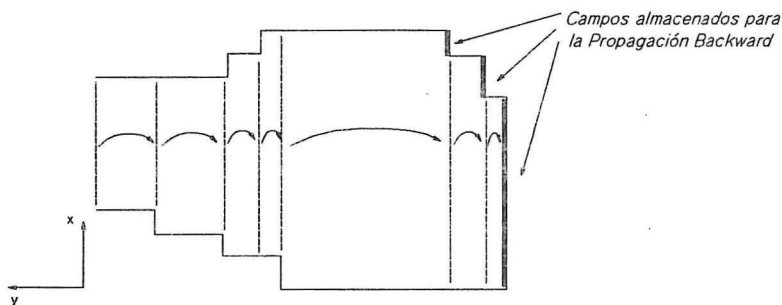


Fig. 3. Propagación Forward

Una vez concluida la primera propagación *forward*, puede iniciarse la correspondiente propagación *backward* partiendo del campo reflejado en el plano final de la cavidad. La propagación se efectúa de forma análoga a la del caso *forward*, teniendo en cuenta que deben incorporarse los campos reflejados que están almacenados en memoria. Además, si se desean efectuar nuevas iteraciones, hay que seguir almacenando los campos reflejados en los segmentos adecuados (fig. 4). Una vez se alcanza la apertura, deben guardarse los campos emergentes obtenidos para superponerlos a los proporcionados por las sucesivas propagaciones *backward*. Finalmente, se calcula la sección recta aplicando la integral de Kirchhoff a los campos emergentes sobre la apertura.

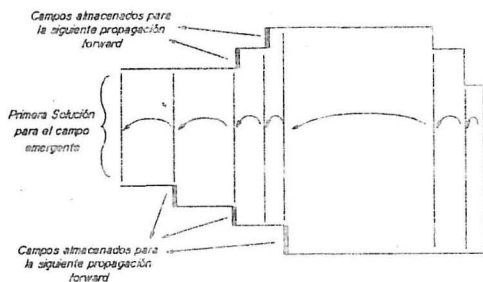


Fig. 4. Propagación Backward.

DESCRIPCION DEL ALGORITMO TRIDIMENSIONAL

El algoritmo para cavidades tridimensional es conceptualmente análogo al bidimensional si la sección transversal de la cavidad es rectangular o circular. La condición de contorno se aplica mediante una doble simetrización en el caso rectangular, o directamente en el dominio espectral en el caso circular (trabajando en coordenadas cilíndricas). Dado que sólo dos de las seis componentes de campo son linealmente independientes, el algoritmo propaga únicamente las componentes de campo eléctrico tangenciales a los planos de propagación y obtiene el resto de componentes utilizando relaciones espectrales.

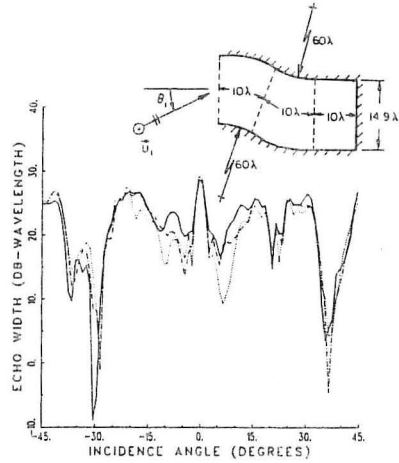
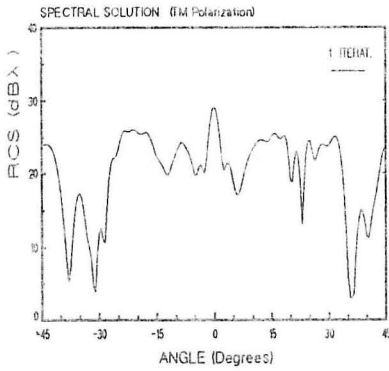
RESULTADOS

El la figura 5 se presentan los diagramas comparativos de RCS correspondientes a una cavidad 2D curvada en forma de "S", para el caso TM. La solución de referencia se ha obtenido [3] mediante *Gaussian Beam Shooting*. En la figura 6, por su parte, se presenta el resultado para una cavidad 3D con doble offset. La soluciones de referencia corresponden, en este caso, a una medida experimental y a una solución híbrida BIM/Modal [1].

REFERENCIAS

- [1] Hao Ling, "RCS of Waveguide Cavities: A Hybrid Boundary-Integral/Modal Approach", IEEE-AP, Vol. 38, No 9, Septiembre 1990.
- [2] P.H.Pathak, R.J.Burkholder, "modal, Ray and Beam Techniques for analyzing the EM Scattering by Open-Ended Waveguide Cavities", IEEE-AP Vol. 27, No 5, May 1989.
- [3] Robert J.Burkholder, Prabhakar H.Pathak, "Analysis of EM Penetration Into and Scattering by Electrically Large Open Waveguide Cavities using Gaussian Beam Shooting", IEEE Proceedings, Vol 79, No 10, Oct. 1991.
- [4] R.Kastner, R.Mitra, "A Spectral-Iteration Technique for Analyzing Scattering from arbitrary Bodies", IEEE-AP, Vol. 31, No 3, May 1983, pp. 499-506 & 535-537.
- [5] R.Kastner, "Spectral-Domain Iterative Techniques for Analyzing Electromagnetics Scattering from Arbitrary Bodies (SIT)", Ph.D. Dissertation, Univ. Illinois, May 1982.
- [6] G.C.Cook, A.P.Anderson, A.S.Turnbull, "Spectral Incremental Propagation (SIP) Procedure for fast calculation of Scattered Fields from Conducting Bodies", IEE Proceedings, Vol. 136, Pt.H, No 1, Feb. 1989.

[7] A. Broquetas, J. Romeu, C. Espinós, L. Jofre, M. Ferrando, "Análisis de la Difracción de Cuerpos Metálicos mediante el Método Incremental", IV Symposium Nacional del Comité Español de la URSI, pag. 620-624, Santander, 25-27 de Septiembre de 1989.



Backscatter patterns of a short double-bend S-shaped cavity. — hybrid modal reference solution, - - - - GB shooting method.

Fig. 5. RCS Comparativa de una Cavityad 2D Curvada en Forma de "S"; Polarización TM.

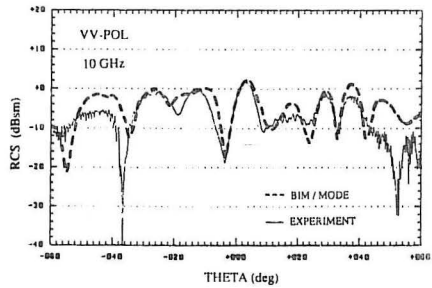
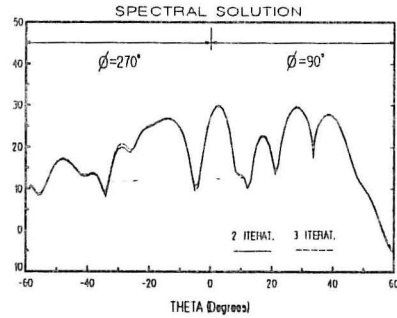
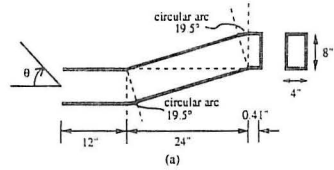


Fig. 6. RCS Comparativa de una Cavityad 3D con Doble Offset; Polarización $\phi\phi$