

## DISEÑO INTERACTIVO DE FORMAS DE BAJA DETECTABILIDAD RADAR

Juan M. Rius, Mercè Vall-llossera, Lluís Jofre  
Grupo A.M.R., Dep. Teoría de la Señal y Comunicaciones  
Universidad Politécnica de Cataluña  
Apdo. Postal 30002, 08080 Barcelona  
Tel. 93-4017219

Radar cross section (RCS) of complex targets can be obtained in real time using the hardware capabilities of a high performance graphic workstation. Target geometry is modelled by a computer-aided design package. First order contribution to RCS is computed under physical optics high-frequency approximation and method of equivalent currents. Real time computation is achieved through graphical processing of an image obtained with local illumination modeling of the target. Multiple scattering contribution can be obtained using radiosity algorithm, a recently developed global illumination method.

### INTRODUCCION

Los programas de tecnología avanzada que se están desarrollando actualmente en la industria aeronáutica requieren disponer de métodos de cálculo numérico y modelización para la obtención de sección recta radar (RCS). Dichos métodos permitirán, por una parte, analizar la sección recta de un cierto blanco radar concreto y, por otra, modificarla hacia un valor deseado. En este sentido, se está realizando en los últimos años un gran esfuerzo, tanto por parte de la industria como por diversos grupos universitarios y el CSIC.

Los métodos de predicción de sección recta habitualmente utilizados se basan en el modelado geométrico de la superficie del blanco con facetas poligonales planas y la aplicación de técnicas asintóticas de alta frecuencia. Sin embargo, su aplicación a blancos complejos es computacionalmente muy costosa cuando se modela el blanco mediante un número muy elevado de facetas. Esto dificulta en gran medida el diseño y optimización de formas de baja detectabilidad radar, en el que es necesario un proceso repetitivo de modelado (en una estación de trabajo) y cálculo de sección recta (en un superordenador) que requiere un gran número de iteraciones hasta llegar a un resultado satisfactorio.

### PREDICION DE SECCION RECTA POR PROCESADO GRAFICO

El problema se ha solucionado recientemente con el desarrollo del "procesado gráfico", que permite obtener la sección recta en tiempo real procesando una imagen del blanco presente en la pantalla de la estación gráfica. El procesado gráfico considera los siguientes mecanismos de difracción:

- Reflexión en superficies perfectamente conductoras, mediante la aproximación de óptica física [1]. Se procesa gráficamente una imagen del blanco obtenida con métodos de iluminación local.
- Reflexiones múltiples entre superficies, generando la imagen del blanco con iluminación global [2]. El resultado obtenido no es exactamente la sección recta sino una cota superior.
- Reflexión en superficies recubiertas con materiales absorbentes radar (RAM), definiendo una impedancia superficial que permite calcular los coeficientes de reflexión de Fresnel para cada punto de la superficie [3]. La imagen se genera con iluminación local.

- Difracción en aristas perfectamente conductoras, utilizando el método de las corrientes equivalentes y los coeficientes de difracción de PTD [3]. Se utiliza un método de iluminación local para generar una imagen del blanco sobre la que se detectan las aristas y se calculan los coeficientes de difracción por técnicas gráficas.

El hecho de que el software de cálculo de sección recta procese una imagen del blanco, permite integrarlo dentro del paquete de modelado geométrico [4], de forma que para el diseño y optimización de formas de baja detectabilidad la iteración modelado-cálculo se realiza en tiempo real y de forma interactiva.

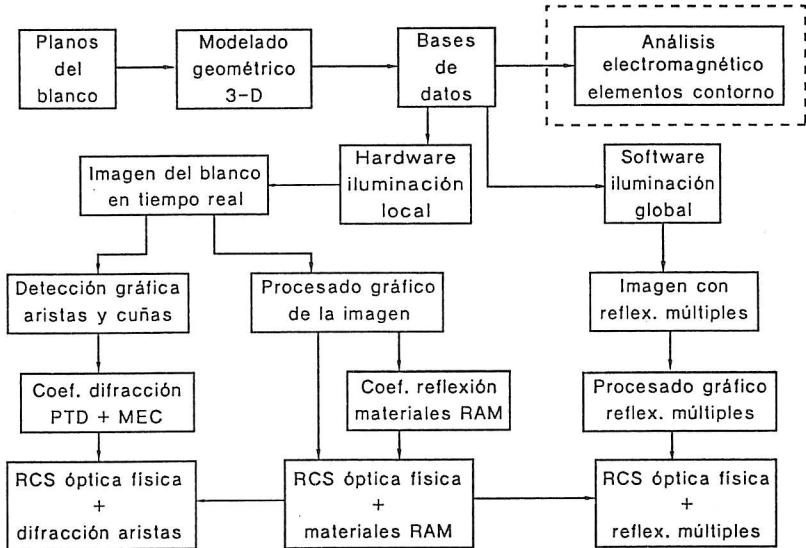


Figura 1: Métodos de predicción de RCS por procesamiento gráfico

El diagrama de bloques de la figura 1 resume el proceso global de predicción de sección recta por procesamiento gráfico en todas sus fases: modelado geométrico del blanco a partir de los planos que lo definen, generación de las imágenes con iluminación local y global, cálculo de los coeficientes de difracción y coeficientes de reflexión de Fresnel y, finalmente, cálculo de la integrales de superficie de óptica física y la integral de línea del método de las corrientes equivalentes.

La figura 2 presenta la sección recta de un misil genérico, comparando los resultados del procesado gráfico con los del programa TOTAL [5]. Este último ha sido desarrollado conjuntamente por la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad de Cantabria. El código TOTAL se basa en un modelo de facetas planas generado con el mismo software de modelado geométrico [4], y su implementación en un CRAY-XMP obtiene excelentes resultados. Las predicciones del procesado gráfico y el código TOTAL son muy similares. La única diferencia aparece en la posición del pico de RCS debido a la reflexión en el borde de ataque del ala, que se debe con toda probabilidad a diferencias en el modelo geométrico utilizado por ambos programas.

En la figura 3 se muestran los resultados obtenidos mediante procesado gráfico para el avión Boeing 727 a 0.94 GHz, y se comparan con las medidas realizadas por la compañía Boeing Airplane con una maqueta a escala 1/100 a 94 GHz, equivalentes a 0.94 GHz a escala real, para polarización horizontal. A pesar de que el avión ha sido modelado a partir de fotos y dibujos y, por tanto, no existe ninguna garantía de que coincida con la maqueta de Boeing, puede comprobarse que los resultados del procesado gráfico en tiempo real concuerdan bien con las medidas.

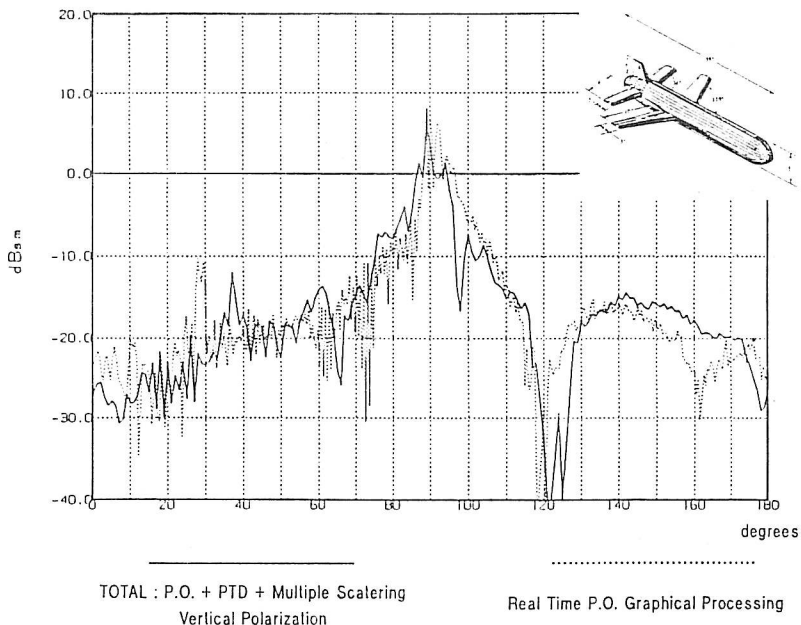


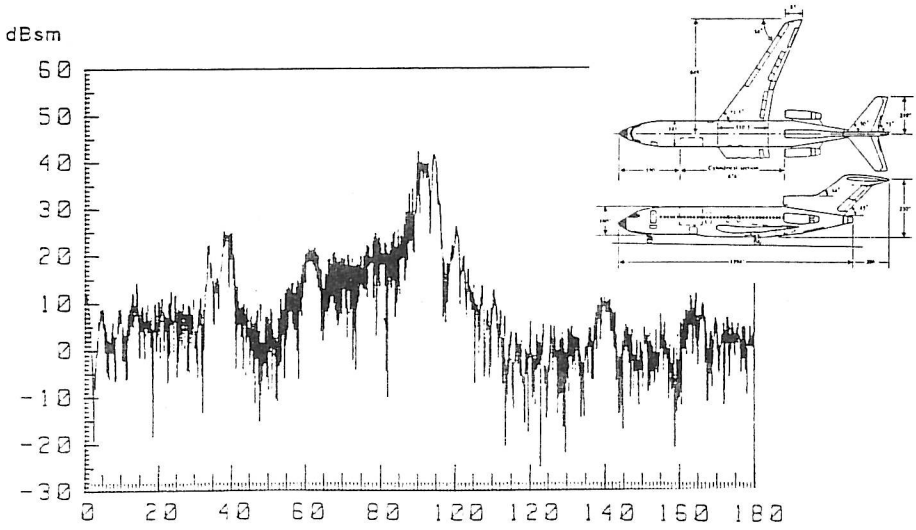
Figura 2: RCS de un misil genérico de longitud 1 metro a 12 GHz y con polarización vertical. Comparación del procesado gráfico con el código TOTAL

### DISEÑO DE FORMAS DE BAJA DETECTABILIDAD

El cálculo de la sección recta de blancos radar complejos en tiempo real con una estación de trabajo gráfica hace posible, por vez primera, el diseño interactivo de aparatos que cumplan unas determinadas especificaciones de sección recta. En este campo ya se dispone de una experiencia previa [6], basada en la identidad de Bojarski o aproximación de óptica física inversa. Sin embargo, esta identidad no es aplicable a nuestro problema debido a la imposibilidad de especificar una curva de sección recta tal que la superficie correspondiente sea compatible con las restricciones aerodinámicas y estructurales habituales en aeronáutica. Por este motivo, debe pensarse en métodos iterativos de reducción de la sección recta de una superficie inicial que sea compatible con todas las restricciones.

Sin embargo, la solución del problema electromagnético inverso por métodos clásicos es de gran dificultad y enorme coste computacional. Se basa conceptualmente en la minimización iterativa de una función de coste que evalúa la diferencia entre la sección recta actual y las especificaciones. Esta minimización se lleva a cabo mediante sucesivas modificaciones de la superficie del blanco sujetas a restricciones aerodinámicas y estructurales. El procedimiento iterativo inverso requiere el cálculo de la sección recta del blanco en cada iteración, por lo que es fundamental el disponer de algoritmos directos en tiempo real. En la figura 4 se muestra un diagrama de bloques del proceso iterativo.

Es importante tener en cuenta que el algoritmo de procesado gráfico no sólo es útil por su velocidad, sino que además introduce un nuevo concepto en la solución del problema inverso: el diseño interactivo. Para ello se utiliza el paquete software de modelado geométrico [4], que permite definir y modificar en tiempo real la forma de las superficies del avión, presentando una visualización tridimensional del modelo en la pantalla de la estación gráfica. Los algoritmos de cálculo en tiempo real por procesado gráfico permiten obtener instantáneamente una aproximación a la sección recta del avión sin necesidad de abandonar el paquete de modelado geométrico, por lo que puede modificarse la superficie de forma interactiva, calculando la sección recta en cualquier fase del proceso de diseño, hasta conseguir finalmente un modelo cuya sección recta cumpla las especificaciones.



(a)

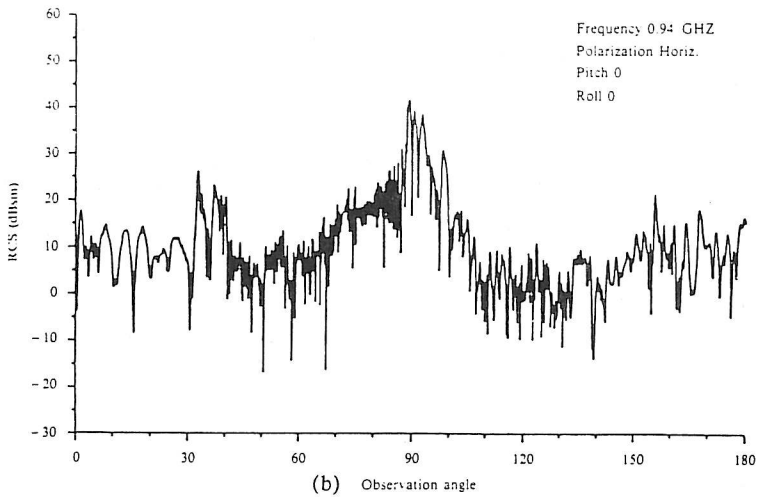


Figura 3: RCS del Boeing 727 0.94 GHz con polarización horizontal  
 a) Método de procesado gráfico  
 b) Medidas experimentales de Boeing Airplane

El procedimiento manual puede automatizarse mediante optimización iterativa de la misma forma que con los métodos clásicos, pero con dos ventajas: En primer lugar, el método de procesado gráfico se basa en un modelado del blanco mediante superficies paramétricas, que precisa un número muy inferior de parámetros que los mallados o superficies facetizadas habituales en los métodos clásicos. En segundo lugar, la visualización constante de una imagen del blanco permite seguir en tiempo real la evolución de la superficie sin un coste adicional. La imposición de restricciones aerodinámicas y estructurales a la forma de la superficie puede realizarse mediante el acceso a la base de datos de modelado geométrico, de forma análoga a como se realiza con los métodos clásicos.

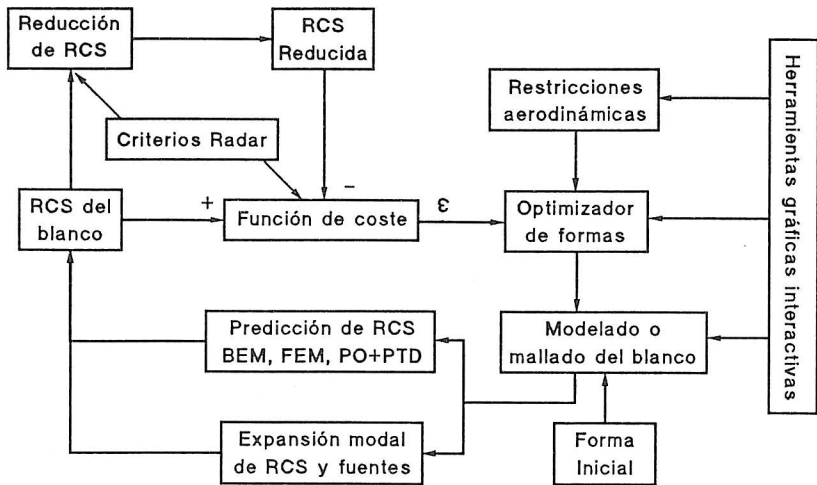


Figura 4: Proceso iterativo de optimización de formas para reducción de RCS

Por otra parte, la visualización de una imagen del blanco permite identificar los puntos brillantes sobre la superficie para una cierta dirección de incidencia, que deben ser eliminados para lograr una optimización de sección recta. Además, la visualización con métodos de iluminación global permite detectar la presencia de reflexiones múltiples y, en su caso, las superficies en que se producen.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT), ACCION ESPECIAL PRONTIC "Programa de investigación aplicada para el desarrollo y validación de métodos de cálculo numérico para la predicción y análisis de las características de los ecos radar (RCS) y su reducción", TIC 88-288E, Gestor: Dirección General de Telecomunicaciones (D.G.Tel), Coordinador: empresa CASA

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] J.M.Rius, M.Vall-Ilossera, M.Ferrando, "Sección recta de blancos radar complejos en tiempo real: aproximación de óptica física", *V Simposium nacional de la URSI*, Vigo, septiembre 1990.
- [2] M.Vall-Ilossera, J.M.Rius, M.Ferrando, "Aplicación de algoritmos gráficos de iluminación global al cálculo de interacción electromagnética entre superficies metálicas", *V Simposium nacional de la URSI*, Vigo, septiembre 1990.
- [3] J.M.Rius, M.Vall-Ilossera, A.Cardama, "Predicción de RCS de aviones de baja detectabilidad: nuevas técnicas de procesado gráfico", aceptado en *VI Simposium nacional de la URSI*, Cáceres, septiembre 1991.
- [4] "I-DEAS Geomod Users Guide", Structural Dynamics Research Corporation (SDRC), Milford, OH 45150
- [5] M.Domingo, F.Rivas, M.F.Cátedra, R.Abad, J.I.Casado, P.L.Primo del Val, R.Torres, "Programa base de GTD-PTD para el cálculo de la RCS de cuerpos conductores modelados por parches planos y teniendo en cuenta simple y doble reflexión, difracción en aristas y eliminación de zonas ocultas" *V Symposium Nacional del Comité Español de la URSI*, pág. 185-189, Vigo, 26-28 Septiembre 1990
- [6] A.Broquetas, J.M.Rius, X.Fábregas, S.Galmés, L.Jofre, "Reconstrucción de la reflectividad de blancos por radar", *IV Simposium nacional de la URSI*, Santander, septiembre 1989.