

Interpretación de Imágenes obtenidas por el E.R.S.-1 mediante un Dispersómetro Polarimétrico

R. De Porrata-Dòria, A. Broquetas y X. Fábregas

Departamento de Teoría del Senyal i Comunicacions, Grupo A.M.R.

Universitat Politècnica de Catalunya. C1 Sor Eulalia d'Anzizu, s/n. Edificio D-3. 08034 Barcelona.

RESUMEN

Un dispersómetro polarimétrico es un radar de baja potencia y corto alcance capaz de medir la matriz de dispersión de la superficie que esté iluminando. "TERPBA" (TERrestrial Radar Equipment for Scattering Analysis) es un dispersómetro terreno totalmente polarimétrico operativo en las bandas S, C, X, y Ku que utiliza el analizador de redes HP-8720C como unidad de transmisión-recepción. Su diseño ha sido orientado para obtener máximas prestaciones a la frecuencia del ERS-1. En este artículo se describen las especificaciones y la estructura del sistema, el método de calibración y la campaña de medidas prevista.

PALABRAS CLAVE: Dispersómetro polarimétrico, imágenes ERS.

ABSTRACT

A polarimetric scatterometer is a short-range, low-power radar system capable of measuring the complete backscattering matrix of the surface it illuminates. "TERESA" (TERrestrial Radar Equipment for Scattering Analysis) is a ground-based, fully polarimetric scatterometer operative in the S, C, X, and Ku bands that uses the HP-8720C network analyzer as a transmit-receive RF unit. Its design has been focused on obtaining optimum performance at the operative frequency of the ERS-1. This paper briefly describes the specifications and structure of the system, the calibration method used and the planned set of measurements.

KEY WORDS: Scatterometer polarimetric, ERS images.

INTRODUCCIÓN

Las imágenes proporcionadas por el radar de apertura sintética embarcado en el ERS-1 aportan una valiosa información sobre diferentes parámetros geofísicos de la superficie terrestre (Haskell A. 1983), (Elachi C., 1987). Para la correcta interpretación de estas imágenes y dado que éstas no son más que mapas de reflectividad electromagnética, debe establecerse un nexo de unión entre parámetros de reflectividad y parámetros geofísicos. Para ello es necesario profundizar en el conocimiento de los mecanismos de dispersión electromagnética superficial a frecuencias de microondas, lo que requiere disponer de un dispositivo, llamado *dispersómetro*, capaz de caracterizar la reflectividad radar de superficies terrestres y marinas en condiciones controladas (Sieber A.J., 1985), (Ulaby F.T et al., 1982).

Un dispersómetro es un sistema radar de onda continua (CW), baja potencia y corto alcance, utilizado en campañas de medidas en entornos naturales que permiten conocer el comportamiento dispersivo de superficies en función de sus características:

- En tierra: naturaleza del suelo, grado de humedad, rugosidad, masa vegetal, etc.
- En el mar: oleaje, mareas, corrientes, fondo marino, viento, etc.

Las aplicaciones de este dispositivo como herramienta para interpretar las imágenes del ERS-1 son muy amplias: desde estudios geológicos, meteorológicos y cartográficos, hasta control de cosechas y de especies forestales, análisis de fertilidad de suelos, previsión de catástrofes naturales (movimientos sísmicos, inundaciones, incendios forestales), construcción de grandes infraestructuras (embalses, carreteras, puentes), estudio de corrientes marinas, etc. (Sieber A.J., 1985), (Ulaby F.T et al., 1982).

EL DISPERSOMETRO AMR

Dentro de todo este contexto, el grupo AMR está llevando a cabo el diseño, construcción y caracterización de un dispersómetro polarimétrico de banda ultra-ancha y altas prestaciones, bautizado con el nombre de "TERESA" (TERrestrial Radar Equipment for Scattering Analysis). Los requisitos más importantes que pesan sobre el mismo son:

- 1) Obtención de medidas de reflectividad con una elevada precisión y margen dinámico cubriendo los valores entre los que se sitúan la mayoría de superficies terrestres y marinas (Ulaby F.T et al., 1982).
- 2) Capacidad de efectuar medidas en las cuatro combinaciones polarimétricas posibles (HH, VV, HV Y VH).

- 3) Ancho de banda capaz de cubrir las frecuencias de operación de la mayoría de radares SAR existentes.
- 4) Margen de ángulos de incidencia que abarquen los utilizados por los radares SAR existentes.
- 5) Calibración interna y externa para eliminar errores de medida de variación rápida y lenta.
- 6) Mástil telescópico resistente y de fácil manipulación, capaz de elevar las antenas a una altura comprendida entre 12 y 14 metros.
- 7) Uso de un ordenador que realice simultáneamente el control de la instrumentación de microondas, el control electrónico de los ángulos de elevación y azimut, la automatización de los procesos de calibración y medida, y un primer análisis de los datos obtenidos.
- 8) Alta versatilidad, movilidad, robustez y resistencia a la corrosión y a condiciones climáticas adversas.

Por otro lado, se ha tenido que minimizar consumo de todo el equipo, puesto que éste debe ser móvil y autónomo, así como idear un medio de transporte capaz de trasladarlo cómodamente. Los parámetros iniciales de diseño de "TERESA" están resumidos en las tablas 1 y 2.

Parámetro	Valor	Comentario
Polarización	HH, VV, HV, VH	Máxima información polarimétrica
Margen frecuencial	2-18 GHz (Bandas S, C, X, Ku)	Engloba la mayoría de radares SAR existentes
Margen angular en elevación	15-60 off-nadir	Alta información angular
Margen angular en azimut	0-360	Para obtener el máximo número de muestras independientes
Potencia máxima de emisión	20 dBm	Para maximizar la máxima de sensibilidad

Tabla 1.- Especificaciones iniciales del dispersómetro

Parámetro	Valor
Margen dinámico	80 dB
Mínima o medible	-55 dB
Máxima o medible	25 dB
Mínima relación señal a ruido	10 dB

Tabla 2.- Especificaciones a la frecuencia del ERS-1 (5,3 GHz)

Descripción del sistema

El dispersómetro consta de una unidad interna ubicada en tierra y una unidad externa emplazada en lo alto de un mástil telescópico de 14 metros de altura (figura 1). La unidad interna consta de un ordenador portátil, un analizador vectorial de redes HP-8720C y la circuitería electrónica de control y alimentación. La unidad externa está compuesta por las antenas y la mecánica a ellas asociada, el actuador de elevación, el rotor de azimut y los

circuitos de radiofrecuencia. Ambas unidades están interconectadas mediante cinco cables: uno multifilar para aplicaciones de control y cuatro de alta frecuencia.

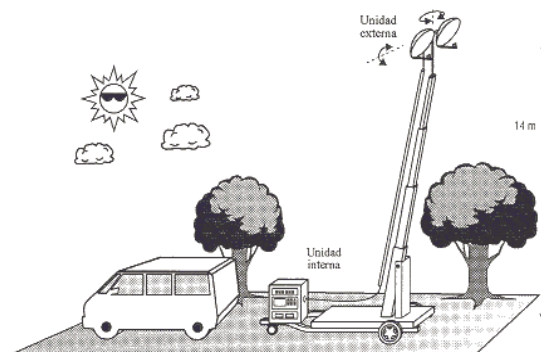


Figura 1.- Estructura del dispersómetro

- Unidad de procesado: El ordenador centraliza todas las tareas de control de instrumentación, control de circuitería, calibración interna y externa del sistema, adquisición y proceso de datos y análisis estadístico preliminar de las medidas. Para ello, se encuentra conectado mediante el bus standard de instrumentación IEEE-488 con el analizador de redes, y mediante el puerto paralelo con 100 circuitos de control (figura 2).

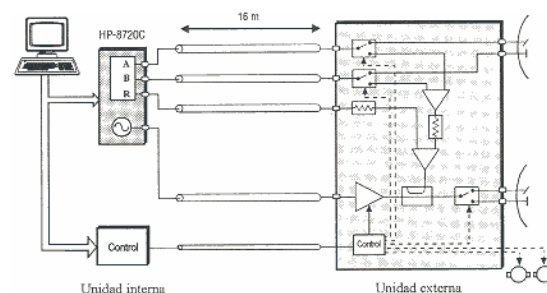


Figura 2.- Esquema de radiofrecuencia

- Circuitos de microondas: Los restrictivos requisitos de precisión, margen dinámico y ancho de banda antes expuestos complican enormemente el diseño de la circuitería de microondas. No obstante, existen actualmente en el mercado analizadores vectoriales de redes con excelentes prestaciones que, además de cumplir sobradamente los criterios anteriores, incorporan rutinas de calibración y reducción de errores que los hace idóneos para esta aplicación (Ulaby F.T. et al., 1988). Por ello se ha utilizado en el dispersómetro un analizador de redes compacto y de bajo coste HP-8720C capaz de medir hasta 20 GHz. Su cometido es llevar a cabo las tareas de emisión, enganche en fase, recepción y corrección de errores.

El analizador dispone de un puerto de salida y tres de entrada (A, 8 Y R). Dado que la potencia máxima del puerto de salida es de 10 dBm, la señal transmitida es amplificada en la unidad externa

mediante un amplificador operativo de 2 a 18 GHz, capaz de obtener a su salida una potencia de 20 dBm en todo el margen frecuencial. La señal amplificada es entregada a la antena transmisora pasando por un conmutador electromecánico, el cual conmuta entre polarización horizontal y vertical. Otros dos conmutadores electromecánicos conectados a la antena receptora permiten conmutar entre el modo de calibración interna y el modo de medida/calibración externa (figura 3). Mediante un acoplador direccional se obtiene una muestra de la señal transmitida, la cual se envía al puerto R del analizador para cerrar el lazo de enganche en fase y, al mismo tiempo, obtener la señal de referencia. De esta manera se compensan las derivas en el amplificador y cable de transmisión y se reduce el retardo entre la señal transmitida y la recibida, lo cual minimiza el impacto del ruido de fase y evita que la señal recibida caiga fuera de la banda del filtro de frecuencia intermedia del receptor.

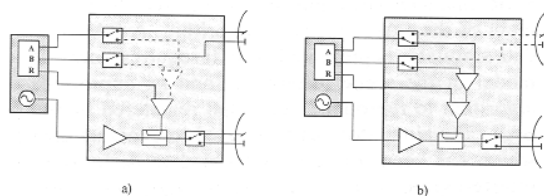


Figura 3.- Configuración del dispersómetro: a) medida/calibración externa, b) calibración interna

El dispersómetro opera pues con dos antenas separadas, una para transmisión y otra para recepción. Para obtener una directividad suficiente en baja frecuencia, se han utilizado antenas parabólicas offset de 60 cm de diámetro. Con el objetivo de evitar el intercambio de alimentadores para cada banda de medida, se han diseñado dos alimentadores en bocina cuádruple ridge de doble polarización y gran ancho de banda (2 - 18 GHz) (Carrasco D. et al, 1993).

- *Circuitaría de control:* El control de los tres conmutadores electromecánicos del rotar de azimut y del actuador de elevación se lleva a cabo desde el módulo electrónico de control ubicado en la unidad interna. Asimismo, desde dicho módulo se alimenta y monitoriza el amplificador de microondas y se supervisa el nivel de temperatura de la unidad externa.
- *Estructura de soporte:* El transpone de todo el equipo se realiza mediante un remolque de 5,5 metros de longitud adosado a un vehículo. Dicho remolque y un grupo electrógeno de 2200 W dotan al sistema de una gran movilidad y posibilitan la realización de medidas en entornos naturales. Para elevar las antenas a la altura deseada se utiliza un mástil telescópico de aluminio cuya altura máxima es de 12 metros. Puesto que su peso es considerable se aprovecha el remolque

como base para situarlo en el lugar de medida, y para levantarlo del mismo se utiliza una columna de hierro galvanizado y un cabestrante. Dicha columna sirve, asimismo, para hacer bascular el mástil en caso necesario. El mástil se iza mediante otro cabestrante y, para evitar oscilaciones en caso de viento, se ancla al suelo mediante cuatro vientos y se extienden cuatro barras de sujeción unidas al remolque.

La mecánica asociada a las antenas, basada en un rotor y un actuador gobernado desde la unidad interna, proporciona a éstas tres grados de libertad: azimuth, elevación y apuntamiento. La altura máxima a que están situadas las antenas es de 14 metros.

- *Calibración:* El dispersómetro presenta dos modos de calibración: calibración interna y calibración externa. La calibración interna permite corregir las variaciones a corto plazo registradas en el analizador, en los cables y en los circuitos de radiofrecuencia, y consiste en la comparación de niveles de potencia entre la señal transmitida y la señal de referencia. La calibración externa se lleva a cabo comparando la señal dispersada por un objeto de matriz de scattering conocida con su matriz de scattering teórica; se trata, pues, de una calibración polarimétrica. Los blancos utilizados para ello son un diedro, un diedro girado 45°, y un triedro.

Campañas de medida

Las primeras medidas obtenidas con el dispersómetro han sido llevadas a cabo en cámara anecoica para verificar el funcionamiento del sistema y determinar su precisión. Se pretende llevar a cabo una campaña de medidas de reflectividad marina en el canal de oleaje del Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la U.P.C. Posteriormente se iniciarán campañas de medida sobre superficies terrenas.

El diseño del dispersómetro se ha llevado a cabo con el objetivo de que pueda ser utilizado en colaboración con otros grupos de investigación, por lo que 100 autores considerarán cualquier propuesta en este sentido.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología CICYT, TIC92-0645.

REFERENCIAS

- CARRASCO D., MARIIN A., BROQUETAS A., 1993. *Diseño de una bocina de banda ancha y doble polarización para un Dispersómetro de Microondas*, U.R.S.I., Tomo 2, pp. 723-727. Valencia.

- ELACHI C., 1987. *Spaceborne radar remote sensing: applications and techniques*, IEEE Press, New York.
- HASKELLA., 1983. *The ERS-1 Programme of the European Space Agency*, *ESA Journal*, Vol.7, pp. 1-13.
- SIEBER A.J., 1985. *Forest signatures in imaging and non-imaging scatterometer data*, *ESA Journal*, Vol. 9, pp. 431-448.
- ULABY F.T et al., 1982, *Microwave Remote Sensing*, Addison-Wesley Publishing Company, Vol. II.
- ULABY F.T. et al., 1988, *A Millimeterwave Network Analyzer Based Scatterometer*, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 26, No. 1, January, pp. 75-81.