

SISTEMA EN BANDA X PARA LA RECONSTRUCCION DE
IMAGENES

L.Jofre, M.Ferrando, E.de los Reyes,
J.Berenguer, M.Sorolla
Departamento de Electrofísica
E.T.S.I. telecomunicación. Barcelona

ABSTRACT

This paper describes the theoretical study and experimental set-up for a quasi-real-time active microwave imaging system in band-X. The main contributions are related to the spectral algorithms for the reconstruction procedure and the integrated solution for the microwave array sensor.

INTRODUCCION

La visualización de objetos mediante una iluminación de microondas ha despertado un interés creciente en los últimos años. En aplicaciones de radar, donde se reconstruye el perfil metálico de un blanco {1}, se utilizan sus posibilidades de resolución, en estudios de geofísica permite reconstruir la estructura del subsuelo {2} debido a su poder de penetración, y en aplicaciones biomédicas {3} es interesante por su naturaleza no ionizante y por el carácter complementario de los otros sistemas existentes de la información de la permitividad que suministra. Aunque las técnicas utilizadas puedan ser distintas, el principio teórico en el que se basan todas ellas es la holografía {4}. Mediante un procedimiento físico o numérico se focaliza, sobre el volumen de investigación, el frente de onda divergente creado por el objeto iluminado.

La utilización de una frecuencia de banda X es una alternativa a considerar en problemas de localización e identificación de objetos enterrados. En efecto, el poder de penetración en ciertos materiales opacos a la luz, fig.1, es todavía importante, y la resolución obtenible, próxima al cm., es ya interesante. En esta comunicación se presenta un sistema trabajando a estas frecuencias cuyas portan-

ciones más significativas son la optimización de los algoritmos de reconstrucción y la solución integrada del conjunto de recepción basado en el método de la difusión modulada.

PRINCIPIO DE RECONSTRUCCION

Un campo incidente conocido ilumina el objeto, de permitividad compleja $\epsilon(x,y)$, y el campo difractado $E(l_m, \phi_n)$ es medido sobre M puntos para N orientaciones sucesivas del cuerpo. Si se definen los espectros de ambos como:

$$\bar{\epsilon}(k_x, k_y) = \text{TF} |\epsilon(x,y)| \quad (1)$$

$$\bar{E}(u, \phi_n) = \text{TF} |E(l, \phi_n)| \quad (2)$$

Una generalización del Teorema de las Proyecciones para la Tomografía Espectral por Difracción (5) permite escribir:

$$\bar{E}(u, \phi_n) \propto \bar{\epsilon}(k_x, k_y) |_C \quad (3)$$

siendo C el contorno de la fig. 2, k_x , k_y las variables del dominio transformado, y u la coordenada curvilinea sobre C.

La combinación de las N vistas, siendo N función de la inhomogeneidad del objeto y habitualmente $N=M$, supondrá el conocimiento necesario de $\bar{\epsilon}$ para poder recuperar el objeto como:

$$\epsilon(x,y) = \text{TF}^{-1} |\bar{\epsilon}(k_x, k_y)| \quad (4)$$

el proceso numérico comprende $3N$ transformadas de Fourier de M puntos, una interpolación de coordenadas polares a rectangulares, y es eficiente al disponer de algoritmos rápidos (TRF).

DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

La configuración básica, fig.3, comprende una parte de RF (generador, aplicador, retina y mezclador coherente fase-cuadratura), una parte de BF (generador, multiplexor y detector coherente) y una parte numérica (control, adquisición, tratamiento y representación) realizada mediante un microordenador HP-85. La utilización de una modulación

de BF (25 KHz) permite el multiplexado del agrupamiento de sondas y una mejora de la sensibilidad.

Bloque de Radiofrecuencia

Para la retina de medida se ha adoptado una solución biestática en tecnología impresa. La antena auxiliar es una línea microstrip acoplada por asimetría al agrupamiento de sondas, fig.4. La altura h , permite ajustar la impedancia Z_e y el ancho de banda de la sonda, y la separación b su acoplo S a la línea. Cada una de las sondas está formada por un dipolo impreso de longitud efectiva l , cargado con un diodo modulado por la señal de BF a través de una lámina resistiva que asegura la polarización de BF y actúa como absorbente de RF. La geometría de la línea microstrip ha sido escogida de tal forma que los puntos de acoplamiento a los dipolos fueran radiantes (discontinuidad de bordes) y su separación fuera una longitud de onda (alimentación en fase de las sondas).

La señal de RF obtenida de la retina pasa a través de un amplificador de bajo ruido y de un doble mezclador coherente que suministra dos señales de BF proporcionales a la parte real e imaginaria de la medida.

Bloque de Baja frecuencia

Un sistema de multiplexado permite el direccionamiento de 64 sondas a una velocidad comprendida entre 4mseg. y 40 seg. por punto, y suministra los niveles necesarios para atacar a los diodos, produciendo dos estados de carga Z_{LN} y Z_{LP} (cortocircuito y circuito abierto)

La señal de BF obtenida de los mezcladores en cuadratura es detectada coherentemente con la señal BF durante un tiempo de integración τ . La relación $|\Delta X|^2$ entre la potencia útil detectable y la potencia radiada por el amplificador de dimensión D (se supone un frente de onda de sección circular de diámetro D) es función de la profundidad de modulación de los diodos y puede expresarse como:

$$|\Delta X|^2 = \left| \frac{\sqrt{(Z_{LN} - Z_{LP})}}{D S (Z_e + Z_{LN}) (Z_e + Z_{LP})} \right|^2 \quad (5)$$

Mediante un conversor analógico de coordenadas rectangulares a polares se obtiene la amplitud y la fase de la señal detectada y es representada directamente sobre un osciloscopio para su visualización en tiempo real.

Balance de potencias

La rapidez de adquisición viene condicionada por la sensibilidad exigida al sistema. Sea W_a la potencia radiada por el aplicador y M el margen dinámico de la medida, la potencia mínima a detectar es entonces $W_a/(|\Delta\chi|^2 M)$. La potencia de ruido W_r es función del factor de ruido F y del ancho de banda Δf del receptor en la forma:

$$W_r = (F-1) T_0 k \Delta f \quad (6)$$

La duración τ de la medida ($\tau \approx 1/\Delta f$) para estar por encima del nivel de ruido puede ponerse como:

$$\tau \approx \frac{M (F-1) T_0 k}{|\Delta\chi|^2 W_a} \quad (7)$$

En la fig. 5 se han representado los valores de τ en función de $\Delta\chi$ para distintos valores de F ($W_a=20\text{dBm}$, $M=50\text{ dB}$). En concreto para un valor habitual de $|\Delta\chi|^2 = -110\text{dBm}$ ($D=20\lambda$) el factor de ruido mínimo necesario para una candencia $\tau=1\text{mseg.}$ es de 5dB .

CONCLUSION

Con la tecnología descrita se ha realizado un primer montaje experimental a la frecuencia de 9.5GHz . La retina está constituida por un agrupamiento de 32 sondas espaciales $\lambda/2$ sobre un sustrato de rexolita.

La fig. 6 representa, sobre una superficie de $16\lambda \times 16\lambda$, la imagen obtenida para un prisma dieléctrico cuadrada ($\epsilon_r=2.5$) de 2.5λ de lado.

El conjunto ha sido presentado como monofrecuencia, pero, tanto los algoritmos de procesado como el ancho de

banda del receptor del orden del 10%, le convierten en una solución interesante para un sistema de imagen multi-frecuencia.

REFERENCIAS

- {1} B.E.Manz, "High-resolution Wideband Radar adds New Dimension to Imaging", *Microwaves&RF*, pp 35-38, Abril 84
- {2} A.J.Devaney, "Geophysical Diffraction Tomography", *IEEE Tran.Geos.Rem.Sens.*, vol GE-22, n91, pp 3-13, Enero 1984
- {3} G.Peronnet y otros, "A Microwave Diffraction Tomography System for Biomedical Applications", 13th Eur.Microw. Conf., Nuremberg, pp 529-533, Septiembre 1983.
- {4} G.Tricoles, N.H.Farhat, "Microwave Holography: Applications and Techniques", *Proc.IEEE*, vol 65, n91, pp 108-121, Enero 1977.
- {5} Ch.Pichot, L.Jofre, G.Peronnet, J.Ch.Bolomey, "Active Microwave Imaging of Inhomogeneous Bodies", *IEEE Trans. Ant.Propag.*, publicación en 1984.

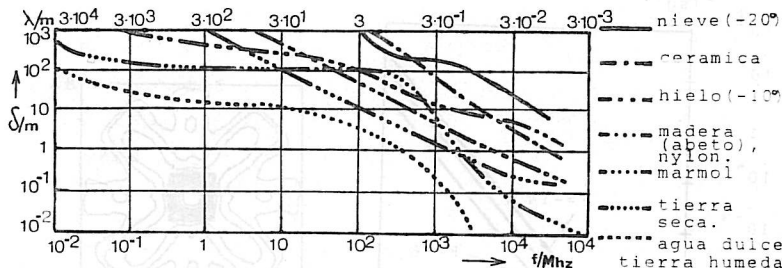


Fig.1.-Profundidad de penetración en función de frecuencia

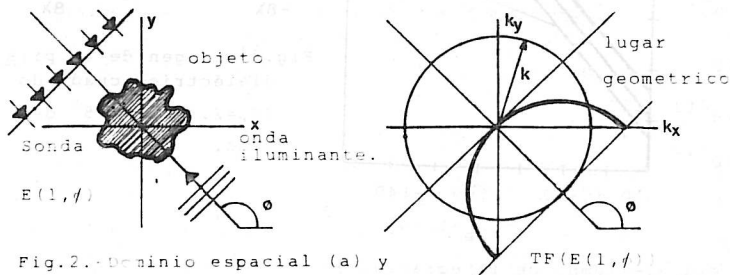


Fig.2.-Dominio espacial (a) y espectral (b) del procedimiento de reconstrucción

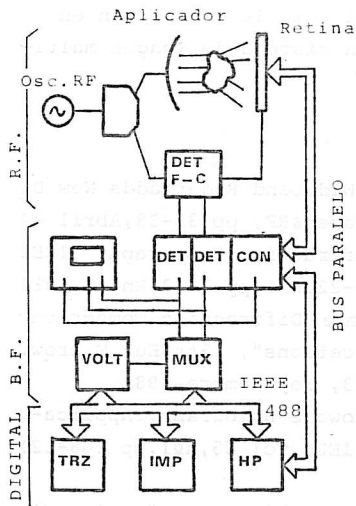


Fig. 3.-Esquema de bloques del sistema de imagen.

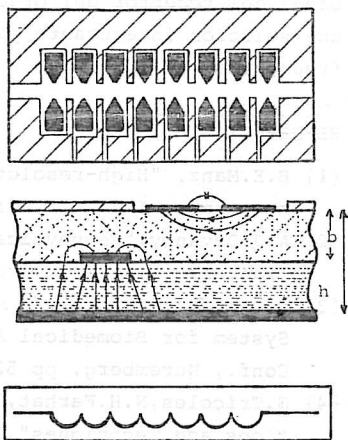


Fig. 4.-Vistas frontales y transversal de la retina.

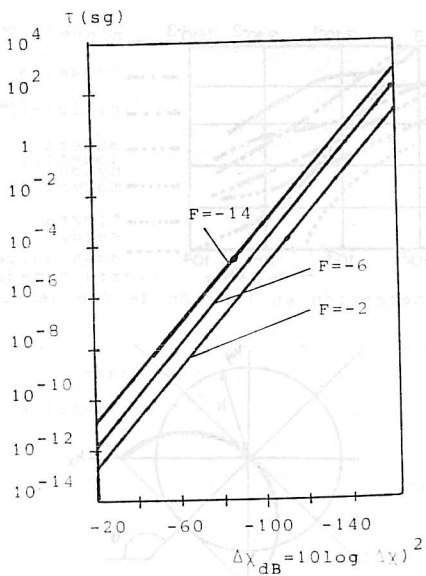


Fig. 5.-Tiempo de integración en función de la sensibilidad.

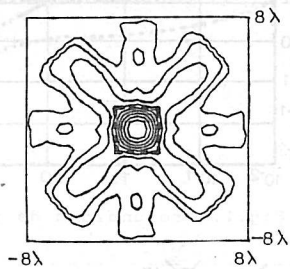


Fig. 6.-Imagen de un prism dieléctrico cuadrado ($\epsilon_r=2.5$) de 2.5λ de lado.