

DIAGNOSTICO DE ANTENAS A PARTIR DE MEDIDAS EN CAMPO PROXIMO

L.Jofre *, R. Ait-Medhi **, M. Baquero *, A. Cardama *, M. Ferrando *

ABSTRACT

The purpose of this study is to show the antenna imaging capabilities of a near field measurement system. From the antenna near field data, the aperture field is reconstructed in the first instance, and then the source currents are recovered at a later stage. The study consists of two major parts, a simulation study with a phase array antenna and an experimental part where an offset parabolic dish was measured on a cylindrical surface.

INTRODUCCION

Con el aumento de las prestaciones exigidas a las antenas se hace cada vez más necesario disponer de herramientas versátiles para su evaluación. En ocasiones la medida estricta del diagrama de radiación no es suficiente, siendo preciso un útil adicional para el ajuste: posicionado del alimentador en el foco de un paraboloide; o diagnóstico de una antena: localización de elementos defectuosos en agrupaciones, o deformaciones en la superficie de reflectores.

En esta comunicación se presentan los principios analíticos de inversión que permiten el cálculo de la distribución de campos sobre la apertura de la antena a partir de las medidas en campo próximo cilíndrico. Un segundo paso permite el cálculo de la distribución de corrientes sobre la superficie misma de la antena para el caso de reflectores parabólicos.

El procedimiento se ha aplicado primero a una simulación consistente en una agrupación plana de dipolos en el que ciertos elementos presentan errores de amplitud y fase. El método se aplica posteriormente a una medida experimental correspondiente a una antena offset. Como método de validación del procedimiento y de la medida se comparó la reconstrucción correspondiente a dos medidas realizadas a distancias diferentes. Una observación cuidadosa de la reconstrucción obtenida permite una interpretación clara de la contribución al diagrama de cada una de las partes de la antena: alimentador, bordes, soportes, etc.

PRINCIPIO DE RECONSTRUCCION

Considerese la geometría de la figura 1, donde la antena a medir está rodeada por una superficie S_0 de radio R_0 . Sean $V_z^{NF}(R_0, \phi, z)$ y $V_\phi^{NF}(R_0, \phi, z)$ las dos componentes de campo próximo medidas sobre S_0 en una rejilla de puntos equiespaciados en ϕ y en z . A partir de la matriz $\vec{V}(R_0, \phi, z)$ es posible calcular el campo lejano de la antena [1] al que denominaremos $E_\theta^{FF}(\theta, \phi)$ y $E_\phi^{FF}(\theta, \phi)$, que se obtiene, si no se realiza ninguna interpolación, sobre una rejilla de puntos equiespaciados en $\cos\theta$ y ϕ .

* Dpto. Teoría de la Señal y Comunicaciones E.T.S.I. de Telecomunicación Universidad Politécnica de Cataluña

** Dpto. of Electrical & Electronic Engineering
University of Sheffield. Reino Unido.

A partir de la relación:

$$\begin{aligned} E_{\theta}^{FF}(\theta, \phi) &= f1[bn(K \cos\theta)] \\ E_{\phi}^{FF}(\theta, \phi) &= f2[an(K \cos\theta)] \end{aligned} \quad (1)$$

donde los an , bn (coeficientes modales cilíndricos de la medida) y las funciones $f1$, $f2$ están definidas en [2], y de la relación:

$$\begin{aligned} E_{\theta}^{FF}(\theta, \phi) &= g1[Az(Ky, Kz)] \\ E_{\phi}^{FF}(\theta, \phi) &= g2[Ay(Ky, Kz), A_x(Ky, Kz)] \end{aligned} \quad (2)$$

donde Ky , Kz son las proyecciones del vector K sobre los ejes y , z ($|\vec{K}|=2\pi/\lambda$), Ay , Az son las transformadas de Fourier de la distribución de campos eléctricos en la apertura $E_y^{AP}(y, z)$, $E_z^{AP}(y, z)$ respectivamente, y las funciones $g1$, $g2$ están definidas en [3], es posible obtener una relación entre los campos en la apertura de la antena y los armónicos cilíndricos como:

$$\begin{aligned} E_z^{AP}(y, z) &= -j4\pi TF^{-1} \left[\frac{\text{sen}\theta}{\cos\phi} \sum_n j^{n+1} e^{jn\phi} bn(K \cos\theta) \right] \\ E_y^{AP}(y, z) &= -4\pi TF^{-1} \left[\sum_n j^{n+1} e^{jn\phi} (an(K \cos\theta) + \frac{\text{tg}\phi}{\text{tg}\theta} bn(K \cos\theta)) \right] \end{aligned} \quad (3)$$

La evaluación de la expresiones (3) es numéricamente eficiente ya que se trata de dos transformadas de Fourier bidimensionales en cadena con una corrección angular entre ambas. El significado físico de esta corrección es el de una transformación de coordenadas cilíndricas a cartesianas. Debido a que la transformación de ϕ a y no es lineal una de las cuatro integrales de Fourier unidimensionales debe evaluarse numéricamente no pudiendo utilizar la FFT. En el presente estudio esta integración se ha utilizado para pasar de ϕ a $Ky=K \text{sen}\theta \text{sen}\phi$.

RESULTADOS

Para comprobar la validez del método se ha ensayado sobre una simulación numérica consistente en un array plano de 4x4 dipolos. En un primer caso los dipolos fueron alimentados con la misma amplitud y fase, y se calculó el campo próximo sobre una superficie cilíndrica que rodeaba al array. El campo reconstruido se ha representado en la figura 2 donde efectivamente se ha recuperado una distribución uniforme en amplitud y fase. Una segunda simulación consistió en alterar la alimentación del elemento (3,3) introduciendo un error de amplitud (-6dB) y de fase (90°). En la figura 3 se representa la distribución obtenida donde se manifiesta la irregularidad en amplitud y en fase. En la figura 4 se representa la diferencia entre las dos reconstrucciones anteriores donde se aprecia claramente la localización y magnitud del error.

Un segundo estudio consistió en la evaluación experimental del funcionamiento de una antena offset de 60cm de diámetro y una relación $f/D=0.312$ alimentando en foco con una bocina corrugada. La antena que opera a 12.1GHz se ha medido en campo próximo sobre una superficie cilíndrica a una distancia $R_0=58\text{cm}$. Para verificar la calidad de la medida en campo próximo se realizó una segunda adquisición para una distancia $R_0=38\text{cm}$. En la figura 5 se ha representado el corte plano-E de la medida en campo próximo ($R_0=38\text{cm}$). En la figura 6, se ha representado la superposición del campo lejano en plano-E obtenido a partir de la medida en campo próximo a las dos distancias. En la figura 7 se representa finalmente la distribución de campo, plano-E, reconstruido sobre la apertura del reflector. En la figura 7, se observa que la fase es plana, alimentador en foco, y que la distribución de amplitud nos es simétrica, lo que indica que la inclinación del alimentador no es la óptima.

CONCLUSION

La posibilidad de reconstruir la distribución de campos o corrientes en la apertura de una antena es una herramienta muy útil para la localización de elementos defectuosos en un array o para la optimización del diseño de una antena parabólica.

Los estudios actuales están dirigidos a evaluar la sensibilidad del método en cuanto a los mínimos errores de amplitud y fase que son detectables en función de la geometría y precisión de la medida.

Un segundo estudio que se está completando es el de la reconstrucción de las corrientes sobre el reflector. Para ello el campo en la apertura se retropropaga, mediante el método de propagación incremental [4], sobre cada uno de los contornos circulares del reflector.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible en parte gracias a la financiación de la CAICYT (PCC.nº 108/84) y a la Acción Integrada Hispano_Británica (nº 11/89) que ha financiado la estancia de R. Ait-Medhi en la ETSIT-Barcelona.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G.V Borgiotti, "Integral equation formulation for probe corrected Far_Field reconstruction from measurements on a cylinder", IEEE Trans. Anten. & Propag. VOL 26 ,nº 4, July 1978, pp572-578
- [2] L.Jofre, A.Cardama, M.Ferrando. "Etude parametrique d'un système de mesure d'antennes en champ proche cylindrique", J.I.N.A. 1984, Proceedings, pp 275-279
- [3] L.Jofre. "Formulación espectral de problemas de difracción y su aplicación a la formulación de imágenes en microondas", Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya, 1982.
- [4] G.G. Cook. "High resolution three dimensional imaging of the current distribution on radiating structures", PhD. Thesis, January 1987.

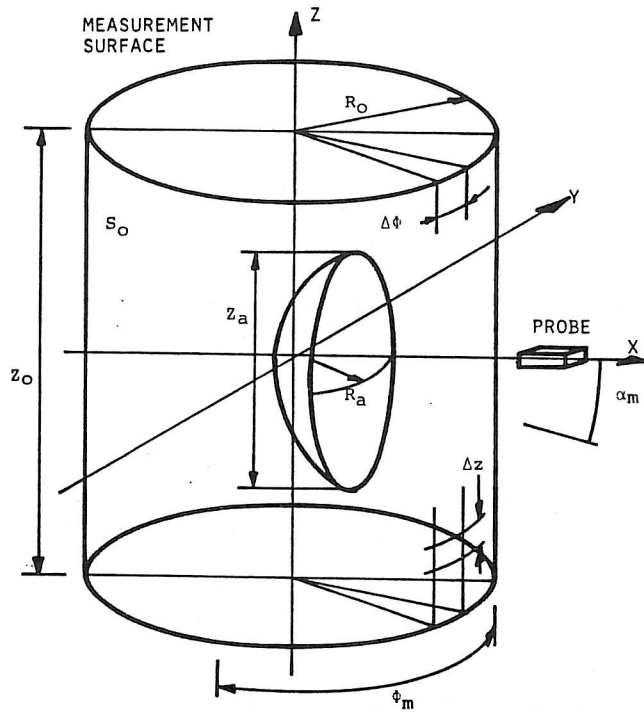
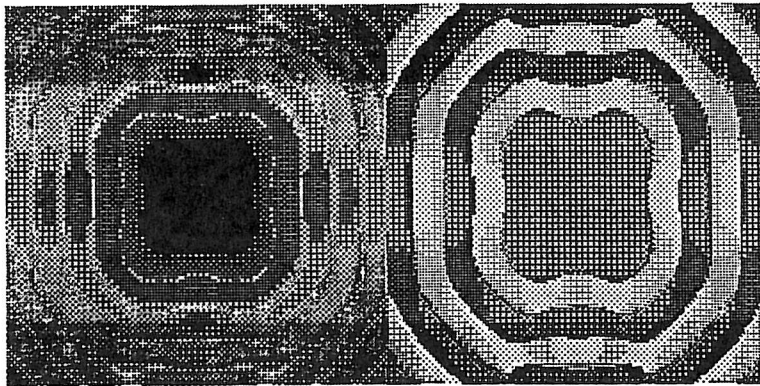


Fig. 1 Geometría de medida en campo próximo cilíndrico.



amplitud

fase

Fig. 2 Distribución de campo reconstruido sobre un array de 4x4 elementos uniformemente iluminados.

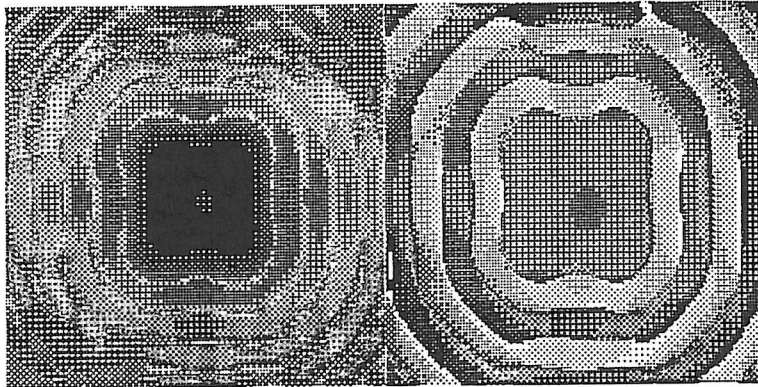


Fig. 3 Distribución del campo reconstruido sobre un array uniforme de 4x4 elementos con un error en el elemento (3.3)

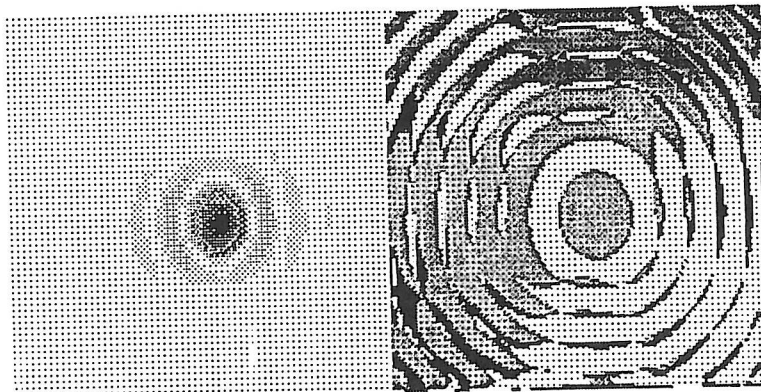


Fig. 4 Función error en el array como diferencia de las reconstrucciones de las figuras 2 y 3.

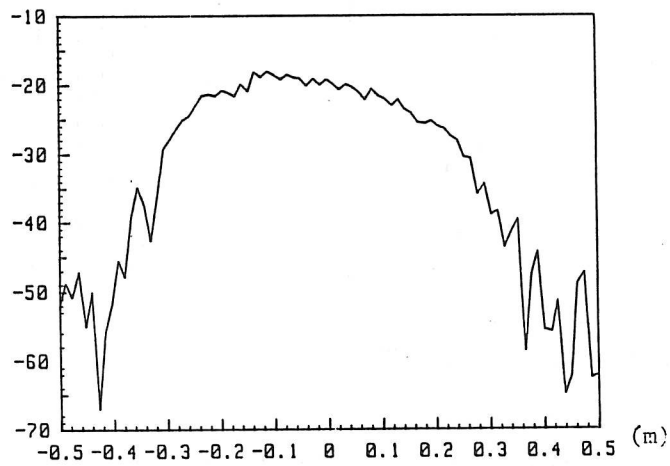


Fig. 5 Distribución de amplitud corte plano E del campo próximo correspondiente al reflector offset medido a una distancia de 38 cm.

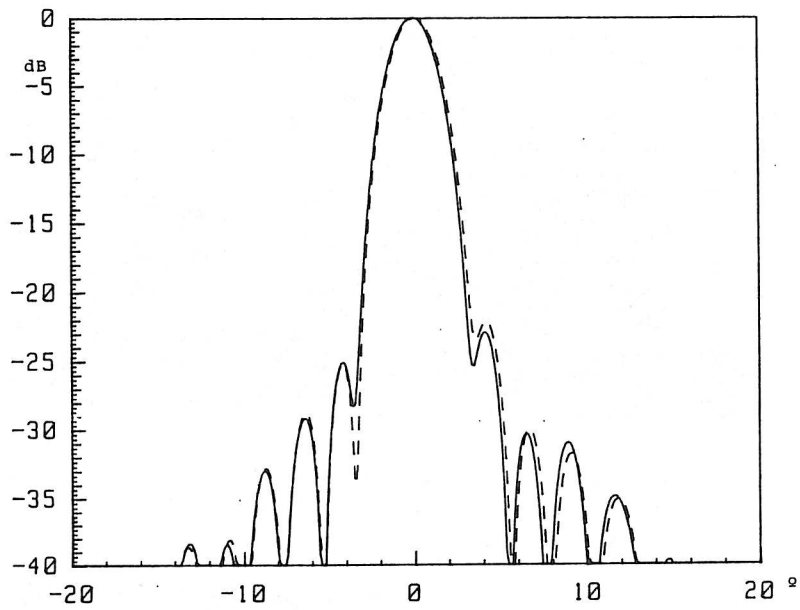


Fig. 6 Comparación de los diagramas de plano E obtenidos en campo próximo a 38 y 58 cm del eje del reflector offset.

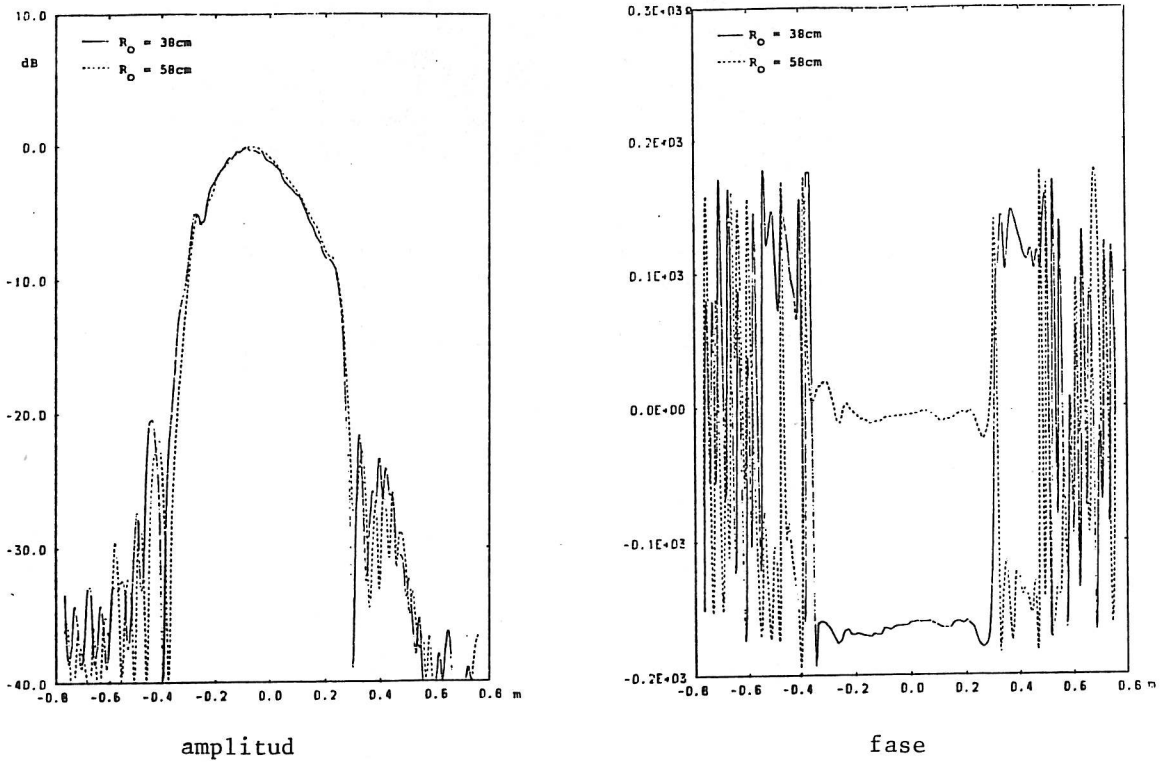


Fig. 7 Reconstrucción de los campos sobre el eje vertical de la apertura del reflector.