

TRANSFORMACIÓN CAMPO CERCANO –LEJANO CON DATOS DE AMPLITUD BASADO EN RECONSTRUCCIÓN DIRECTA DE FUENTES

Fernando Las Heras Andrés

TSC - DIEECS
Universidad de Oviedo
flasheras@tsc.uniovi.es

Tapan K. Sarkar

Electrical Engineering and Computer Science
Syracuse University
tksarkar@mailbox.syr.edu

ABSTRACT

In this paper we present a direct optimization procedure using all the available phase-less electric field data for the reconstruction of an equivalent magnetic current density that represents a radiating structure or an antenna under test. Once the equivalent magnetic current density is determined, the electric field at any point can be calculated. This approach is applied to the near field to far field transformation problem as well to diagnostic tasks. Results are presented from both numerical and experimental data at one plane and two planes.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las técnicas de transformación campo cercano-lejano (NF-FF) basadas en el conocimiento de la amplitud del campo tienen su interés por la complejidad de la medida de antenas en frecuencias milimétricas y por las ventajas económicas de la utilización de instrumentación de medida de amplitud de la señal. La mayoría de los métodos de transformación NF-FF que usan datos únicamente con información de amplitud del campo se basan en técnicas de reconstrucción de fase. Algunas formulaciones se pueden encontrar en la bibliografía, algunas basadas en representaciones matriciales [1], y la más clásica con dos planos de medida y el uso del espectro de ondas planas y la transformada rápida de Fourier (FFT) [2]. En todos estos casos, el principal objetivo es la reconstrucción de la fase. Esto conduce típicamente a un esquema iterativo donde la fase del campo cercano, cuya amplitud se conoce, es reconstruida iterativamente utilizando ambos planos.

Aquí se presenta un procedimiento alternativo basado en optimización directa utilizando los datos de amplitud de campo eléctrico cercano para la reconstrucción de una densidad de corriente magnética equivalente que representa la antena bajo medida. La técnica de utilización de corrientes magnéticas equivalentes (CME) y representación matricial para reconstruir las fuentes y realizar la transformación campo cercano-lejano a partir de información de campo en amplitud y fase sobre superficies arbitrarias se ha presentado en [3], [4]. En el caso de utilizar sólo información de amplitud, puede definirse una función de coste que relaciona la amplitud del campo medido y la amplitud del campo simulado por la distribución de corriente magnética. A partir de las fuentes, el campo en cualquier punto y en particular el campo lejano se obtiene por integración de aquéllas. Esta aproximación se ha aplicado tanto a la transformación de campo

cercano-campo lejano como a tareas de diagnosis de antenas. Se presentarán resultados numéricos y correspondientes a medidas realizadas.

2. FORMULACIÓN

De acuerdo al teorema de equivalencia y con el propósito de calcular el campo radiado por la antena bajo medida, la antena bajo medida se sustituye por corrientes equivalentes sobre el dominio de una superficie que encierra a la antena [4]. Una vez que se ha establecido el problema equivalente, las componentes cartesianas del campo eléctrico en el punto (x, y, z) debido a una distribución CME situada en el plano $z=0$ y definida por sus componentes $M_y(x', y')$ y $M_x(x', y')$, pueden obtenerse a partir del potencial vector eléctrico. Para tratar numéricamente las ecuaciones integrales resultantes, se han utilizado un conjunto de M funciones base de tipo subdominio $f_m(x', y')$ con coeficientes desconocidos $C_{x,m}, C_{y,m}; m=1, \dots, M$. A partir de esta expansión, cada una de las componentes cartesianas del campo eléctrico en un punto n arbitrario de coordenadas (x_n, y_n, z_n) se relacionan con las componentes cartesianas de la distribución de corriente equivalente magnética por medio de ecuaciones del tipo:

$$E_{x,y,n} \equiv \sum_{m=1}^M C_{y,x,m} \int_{x'} \int_{y'} f_m(x', y') \cdot \left(\mp \frac{z_n}{4\mathbf{p}} \right) \cdot \frac{(1 + jkR_{n,m})}{R_{n,m}^3} dx' dy' \quad (1)$$

$R_{n,m}$ es la distancia entre punto fuente y punto de observación y k es el número de onda.

El cálculo del campo eléctrico en los N puntos para cada iteración del proceso de minimización puede acelerarse usando un algoritmo de transformada rápida de Fourier en lugar de un sumatorio directo de los M elementos para cada uno de los N puntos de muestreo sobre la superficie de campo cercano. En efecto, las ecuaciones del tipo (1) son expresiones de convolución de la forma:

$$E(x, y) = \int_{x'} \int_{y'} M_{xy}(x', y') \cdot G(x-x', y-y') dx' dy' = M_{xy} * G \quad (2)$$

Si la FFT de la función de Green \tilde{G} que aparece en la ecuación anterior se calcula previamente, los N valores del campo debido a la distribución de corriente equivalente estimada en la iteración k -ésima, se pueden calcular como:

$$E(x, y) = FFT^{-1} \left(\tilde{M}_{xy}^k \cdot \tilde{G} \right) \quad (3)$$

donde \tilde{M}_{xy}^k y \tilde{M}_{xy}^k corresponden al valor estimado de fuente equivalente y su transformada.

Si representamos los valores conocidos (medidos) de amplitud de campo por $|E_{y,n}^{meas}|$, $|E_{x,n}^{meas}|$, $n = 1, \dots, N$ para cada una de las componentes cartesianas, un algoritmo de optimización global puede usarse para obtener los coeficientes que representan la distribución de corriente magnética equivalente que mejor ajustan el campo que esta distribución genera con el campo medido. La función de coste propuesta para la minimización es:

$$F = \sum_{n=1}^N \left[\left(|E_{y,n}^{meas}| \cdot (E_{x,n}^{meas})^* - (E_{x,n}) \cdot (E_{y,n})^* \right)^2 \right] \quad (4)$$

Dos minimizaciones son necesarias para la reconstrucción de la distribución de corriente en un caso de polarización arbitraria.

Se ha utilizado un algoritmo de gradiente conjugado con derivadas analíticas para la obtención de los coeficientes de la distribución CME. Además, en el funcional representado por la ecuación (4) se pueden incluir los datos de campo cercano correspondientes a otros planos o superficies arbitrarias.

3. RESULTADOS

Para los resultados numéricos se ha utilizado una distribución bidimensional de corriente magnética con valores de My binarios de 0dB y -20dB en una disposición geométrica de tipo "damero" sobre un dominio de $4\lambda \times 4\lambda$ con 12×12 celdas elementales tanto para funciones de síntesis de datos como para la reconstrucción de fuentes. La síntesis de datos de campo eléctrico (simulando datos medidos) se realizó sobre dos planos situados a 2λ y 4λ del plano de las fuentes. Las dimensiones de cada plano son de $8\lambda \times 8\lambda$ y el espaciado entre muestras de 0.05λ .

La distribución de corriente magnética reconstruida utilizando información en 1 y 2 planos se representa en la figura 1, donde además se ha incluido la propia distribución nominal y la reconstruida utilizando datos de campo con información de amplitud y fase en un plano. El campo lejano debido a la distribución nominal y al conjunto de distribuciones reconstruidas en 1 y 2 planos se ha representado en la figura 2.

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado una técnica de transformación de campo cercano - campo lejano con datos de campo de sólo amplitud sobre varias superficies. Esta técnica se basa la representación de la antena bajo medida mediante un conjunto de fuentes equivalentes que son las responsables de radiar el mismo campo que la antena original. La posibilidad de incluir datos de amplitud de campo sobre superficies arbitrarias y las capacidades de diagnóstico de antenas, hacen de esta técnica una alternativa atractiva a las tradicionales de reconstrucción iterativa de la fase del campo. En general puede inferirse la necesidad de utilizar al menos dos planos con información de amplitud para garantizar la transformación campo cercano-lejano y la precisión en las tareas de diagnosis.

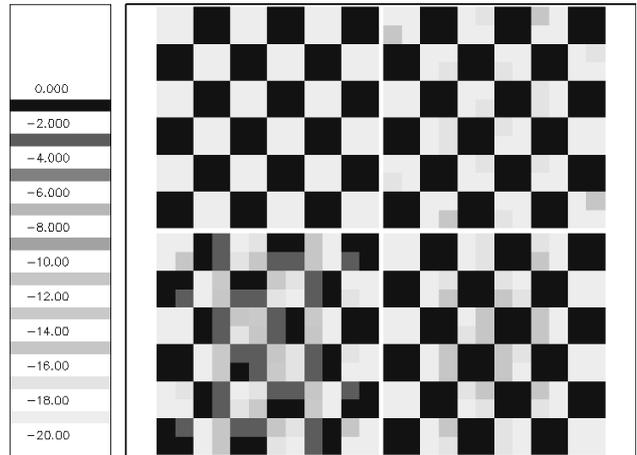


Figura.1. Fuentes reconstruidas de la distribución "damero". Nominal (arriba-izda), módulo+fase (arriba-dcha), módulo-1plano (abajo-izda), módulo-2planos (abajo-dcha).

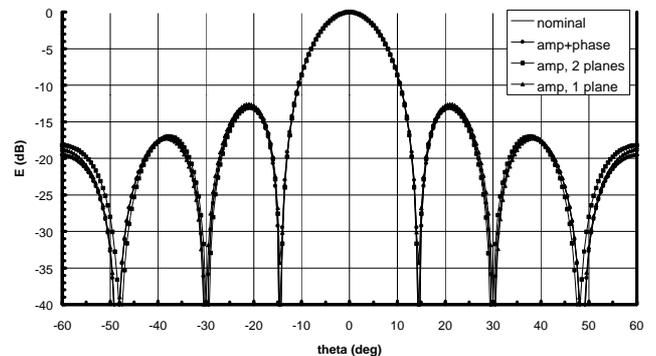


Figura.2. Campo lejano de la distribución "damero".

5. REFERENCIAS

- [1] J.R. Mautz, R.F. Harrington. "Computational Methods for Antenna Pattern Synthesis". IEEE Trans on Antennas and Prop, Jul 1975, 507-510.
- [2] R.G.Yaccarino, Y. Rahmatt Samii, "Phase-less Bi-Polar Planar near-Field Measurements and Diagnostics of Array Antennas", ". IEEE Transactions on Antennas and Prop, Vol.47, No. 3, March 1999, 574-583.
- [3] P. Petre, T.K. Sarkar. "Planar Near-Field to Far Field Transformation Using an Equivalent Magnetic Current Approach". IEEE Trans. Antennas and Prop, vol.40, No 11, 1348-1356, 1992.
- [4] Fernando Las-Heras. "Sequential reconstruction of equivalent currents from cylindrical near field". IEE-Electronic Letters. 4th Feb 1999, vol.35, No.3, pp.211-212.