

OPTIMIZACIÓN, EN EL DOMINIO DEL TIEMPO, DE ANTENAS DE HILO DE BANDA ULTRA ANCHA USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS. APLICACIÓN A DETECCIÓN DE TUMORES Y MINAS ANTIPERSONAS.

Mario Fernández Pantoja, Salvador González García, Amelia Rubio Bretones, Rafael Gómez Martín

Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia
Universidad de Granada

rgomez@ugr.es

ABSTRACT

In this communication, an optimization procedure based on the genetic algorithm is applied to design resistively loaded wire antennas. The broadband characteristic of the antenna is realized through a maximization of the fidelity factor directly in the time domain. The performance characteristics of the resulting antenna are presented and compared with those of the Wu-King design. The resulting antenna will be applied to detect tumors and landmines.

1. INTRODUCCIÓN

Los algoritmos genéticos (GAs) como métodos de optimización global son versátiles y eficaces, por lo que se han aplicado a diferentes problemas relacionados con el diseño de sistemas electromagnéticos. Su versatilidad radica en el hecho de que típicamente convergen a extremos globales (o fuertemente locales) en cualquier función de optimización. Otra característica importante es su habilidad para tratar problemas cuyas funciones de optimización dependen de un gran número de parámetros y poseen diversos puntos extremos [1].

La optimización mediante GAs de antenas de hilo en el dominio de la frecuencia ha sido tratada extensivamente en la bibliografía [1]. En esta comunicación se aporta como novedad el uso de la optimización directamente en el dominio del tiempo, en donde una única ejecución del algoritmo proporciona información en todo el ancho de banda de operación de la antena. De esta forma, se optimiza en una sola ejecución el espectro de funcionamiento de la antena, y se elimina la necesidad, inherente al dominio de la frecuencia, de repetidas simulaciones electromagnéticas del problema para cada una de las frecuencias objeto de interés.

Específicamente, la formulación utilizada en este trabajo es el Método de los Momentos en el Dominio del Tiempo (MoM-TD), para la solución de la Ecuación Integral de Campo Eléctrico (EFIE), que se ha demostrado especialmente apropiada para el análisis de antenas de hilo con cargas pasivas [2][3]. El algoritmo resultante proporciona una caracterización completa de la antena. En concreto, nos centraremos en el cálculo de la fidelidad como el parámetro temporal que proporciona la información necesaria para maximizar el ancho de banda de funcionamiento de la antena.

Un paso importante a lo largo de este proceso es la selección de parámetros que controlan el procedimiento de optimización que en nuestro caso han sido los valores de las cargas resistivas situadas a lo largo del hilo.

2. FORMULACIÓN

El análisis numérico se ha llevado a cabo mediante la resolución de la EFIE en el dominio del tiempo [4]. El parámetro fidelidad se calcula a partir de la correlación cruzada entre la tensión de alimentación y la corriente en los terminales de alimentación [4], por medio de la expresión:

$$\rho_{VI} = \left[\frac{|\hat{\sigma}_{VI}(t)|}{\sqrt{\hat{\sigma}_V(0)\hat{\sigma}_I(0)}} \right]_{\max} \quad (2)$$

donde $\hat{\sigma}_{VI}$, $\hat{\sigma}_V$ y $\hat{\sigma}_I$ son las covarianzas cruzadas y autocovarianzas de las señales salida de tensión y corriente, respectivamente, en el dominio del tiempo.

El GA empleado en este trabajo es de tipo binario, y emplea como procedimiento de selección el clásico método conocido como "rueda de la fortuna". Como operador de cruce se emplea el cruce de un solo punto con probabilidad $p_{cross}=80\%$ y una mutación de bit de probabilidad $p_{mutation}=0.1\%$. La población inicial está formada por 40 cromosomas, en cuyos genes se encuentran codificados los parámetros de optimización individuales. En particular, los parámetros de control han sido seleccionados a partir de la ecuación del perfil de resistencias distribuidas:

$$r(i) = \begin{cases} 0 & i = 0 \\ \frac{r_0}{L \cdot \left(1 - \frac{i-0.5}{2^{N_b-1}}\right)} & i = 1..2N_b - 1 \end{cases} \quad (3)$$

donde L es la longitud del dipolo, N_b el número de bits usados para describir la carga en cada segmento y r_0 es la constante de carga resistiva característica [5].

De esta forma, el GA selecciona el perfil resistivo más adecuado para la obtención de una antena con funcionamiento en el mayor ancho de banda posible, sin más que la definición de una función de optimización, que maximice el parámetro fidelidad.

3. RESULTADOS

Para demostrar la efectividad del método propuesto se ha diseñado un ejemplo donde se optimiza la respuesta de un dipolo, alimentado en su centro, de 1 m de longitud y 3.8 mm de radio, de forma que funcione hasta 2 GHz. Cada brazo del dipolo se ha discretizado usando 16 segmentos, y la tensión de alimentación es de forma gaussiana de amplitud unidad y anchura de 4 ns. El conjunto de valores permitidos para la optimización por GA es el definido por (3) para una r_0 de 1.331 k Ω /m, con un intervalo temporal de $1.047 \cdot 10^{-10}$ s.

La solución generada por GA, usando 4 bits por cada segmento cargado y después de 1000 generaciones de evolución, es para los 16 segmentos que forman el brazo superior del dipolo:

{0, 0, 0, 0, 1380.6, 0, 1475.8, 0, 2038.0, 0, 2252.6, 1712.0, 1712.0, 4755.4, 2252.6, 3890.8} Ω /m con una parte inferior simétrica, y valores ordenados desde el segmento de alimentación hacia el extremo.

En la Figura 1 se muestra la evolución temporal de la corriente en el segmento de alimentación (en círculos), comparada con la obtenida con una carga con perfil de Wu-King.

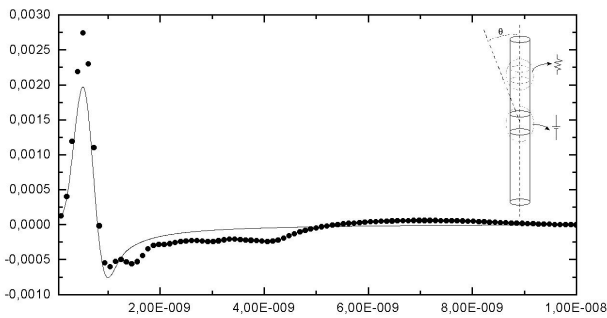


Figura 1. Evolución temporal de la corriente en la alimentación. Dentro: Dipolo resistivamente cargado.

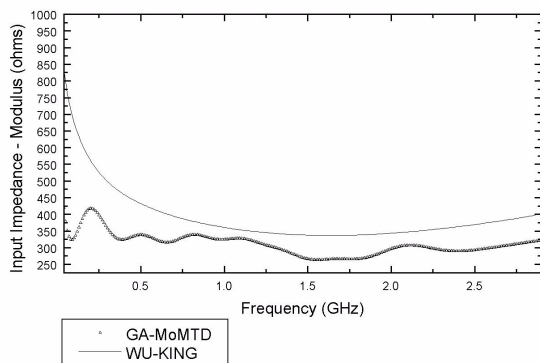


Figura 2. Amplitud de la impedancia de entrada en frecuencia.

En la Figura 2 se ha representado la amplitud de la impedancia de entrada en el dominio de la frecuencia. En ella se demuestra que

la antenna diseñada mediante GAs posee un mayor ancho de banda, de hasta 500 MHz. No obstante, se aprecia la aparición de un rizado en la zona plana de funcionamiento. Dicho rizado, menor de 3 dBs, puede ser considerado aceptable en aplicaciones prácticas. En la Tabla I se presenta un resumen de las características de la antenna obtenida, con respecto a los casos de un perfil de carga tipo Wu-King y de un dipolo sin cargar. Cabe destacar que el diseño de GA es superior al ofrecido por Wu-King, tanto en términos de energía radiada en la dirección de máxima radiación como en eficiencia de radiación.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha implementado un método de optimización de algoritmos genéticos a partir de la respuesta temporal de antenas de hilo. En la presentación de mostrarán ejemplos de aplicación al diseño de sistemas de detección no destructiva de objetos ocultos en cuerpos permeables tales como minas antipersona [6][7] y tumores.

5. REFERENCIAS

- [1] Johnson, J.M. and Rahmat-Samii, Y., "Genetic algorithms in engineering electromagnetics", IEEE Antennas and Propag. Mag., 39(4):7-21, 1997.
- [2] Fernández-Pantoja, M., Rubio-Bretones, A. and Gómez-Martín, R., "Time domain analysis of thin-wire loaded antennas using integral equations", IEE Proc. On Microwaves, Antennas and Propag., 147(3):203-206, 2000.
- [3] Fernández-Pantoja, M., Monorchio, A., Rubio-Bretones, A., Gómez-Martín, R., "Direct GA-based optimisation of resistively loaded wire antennas in the time domain", Electronics Letters, 36(24):1988-1990, 2000.
- [4] Rubio, A., Gómez, R., Salinas, A. "DOTIG1: a time domain numerical code for the study of the interaction of electromagnetic pulses with thin wire structures", COMPEL Int. J. Comput. Math. Electr. Electron. Eng., 8,39-61, 1989.
- [5] Esselle, K.P. and Stuchly, S.S., "Pulse-receiving characteristics of resistively loaded dipole antennas", IEEE Trans. on Antennas and Propag. Mag., 38:1677-1683, 1990.
- [6] Hernández López, M.A., González García, S., Rubio Bretones, A., Fernández Pantoja, M., Gómez Martín, R., "A resistively loaded thin-wire antenna for mine detection", Sub. Sens. Tech. and App.: An Int. Journal (To appear)
- [7] Rubio-Bretones, A., Mittra, R., Gómez-Martín, R., "A hybrid technique combining the method of moments in time domain and FDTD", IEEE Micr. Gui. Wave Let., 8(8):281-283, 1998.

	FIDELIDAD	ENERGIA EN $\theta=90^\circ$ (NORM.)	EFICIENCIA DE RADIACION
DIP	0.5809	1.0000	1.00
WK	0.8619	0.4939	0.14
GA	0.8972	0.6488	0.33

Tabla 1. Resumen de características de la antenna obtenida.