

# ANTENA MICROSTRIP MINIATURA Y DE ALTA DIRECTIVIDAD BASADA EN EL FRACTAL DE SIERPINSKI

Jaume Anguera, Carles Puente, Carmen Borja, Raquel Montero, Jordi Soler

Departamento de Tecnología

Fractus S.A. Alcalde Barnils s/n 08190 Sant Cugat, Barcelona

jaume.anguera@fractus.com www.fractus.com

*Abstract*— The unique geometrical properties of fractals have been proven to be useful to design advanced antennas. Enhanced performance in terms of size, gain or multifrequency behaviour is observed in fractal-shaped antennas. Here, a small and high directivity antenna based on the Sierpinski fractal is presented.

## I. INTRODUCCIÓN

Se ha demostrado que las antenas basadas en la geometría fractal presentan comportamientos radioeléctricos interesantes debido a las propiedades geométricas de autosemejanza y relleno espacial. Estas propiedades derivan en antenas multifrecuencia como por ejemplo el monopolo de Sierpinski [1], antenas miniatura como el monopolo de Koch [2] y antenas de alta directividad como el parche basado en la isla de Koch [3]. En la presente comunicación, se examina una antena parche microstrip basada en la geometría fractal. Del estudio se obtiene como resultado una antena miniatura debido a la propiedad de relleno espacial y de alta directividad gracias a la generación de un modo directivo de acuerdo con su distribución de masa fractal (Fig. 1). La antena se forma a partir de un proceso iterativo de perturbación de la antena parche pajarita convencional. Estrictamente, la antena resultante no es fractal ya que los fractales son una abstracción matemática que no pueden implementarse físicamente. Los calificativos multitriangular, multinivel o de relleno espacial definen de una manera más formal este tipo de geometrías [4], [5], [6]. Sin embargo, debido a la semejanza con el triángulo de Sierpinski, se referirá a la antena como antena parche pajarita de Sierpinski.

La primera parte de esta comunicación analiza el comportamiento como antena miniatura. La antena se compara con la cuadrada y con la pajarita convencional. La segunda parte analiza las cualidades de alta directividad en altas frecuencias en función de la iteración fractal.

## II. PAJARITA DE SIERPINSKI COMO ANTENA MINIATURA

Las antenas microstrip de la Fig. 1 se han simulado mediante la técnica del método de los momentos. La tercera iteración de la pajarita de Sierpinski (Fig. 1e) se ha implementado físicamente junto con la cuadrada y la pajarita para poder realizar las comparaciones (Fig. 1a,b,e). Las antenas se han impreso sobre un sustrato de  $h=1.52\text{mm}$  y  $\epsilon_r=3.38$  y alimentadas mediante sonda coaxial de 1mm de diámetro.

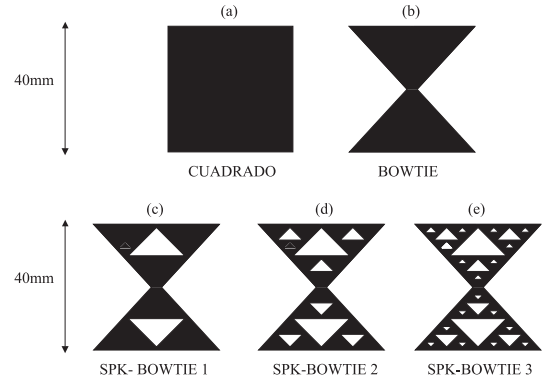


Figura. 1. Geometrías de los parches analizados

Las medidas del coeficiente de reflexión se muestran en la Fig. 2. Se observa como la frecuencia de resonancia se reduce desde los 1.947GHz en el parche cuadrado, a 1.247GHz en la pajarita hasta 1.128GHz para la tercera iteración de la pajarita de Sierpinski. Esta reducción en la frecuencia de resonancia de un 42% es muy interesante para antenas de terminales móviles. El mayor inconveniente es la reducción del ancho de banda. Las frecuencias resonantes, el BW así como la reducción del área se muestran en la tabla 1.

TABLA I

PRESTACIONES DE LAS ANTENAS IMPLEMENTADAS FÍSICAMENTE

Antena	Cuadrada	Pajarita	SPK pajarita-3
Frec. resonancia. [GHz]	1.947	1.245	1.128
BW[% ,SWR=2]	1.12	0.44	0.40
Tamaño eléctrico[ $\lambda$ ]	0.259	0.166	0.150
Reducción área[ $A/A_{cuadrada}$ ]	1	0.40	0.33

## III. CARACTERÍSTICAS DE ALTA DIRECTIVIDAD EN LA PAJARITA DE SIERPINSKI

La distribución fractal permite la existencia de modos localizados en altas frecuencias. Por este motivo, se analiza las antenas parche de las Fig. 1c,d,e en modos superiores al fundamental con el objetivo de encontrar estos modos localizados denominados fractones debido a la analogía con los resonadores fractales [3]. El diagrama de radiación de

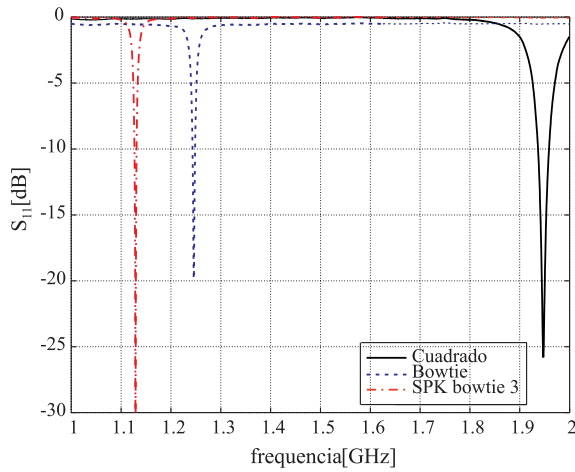


Figura 2. Coeficiente de reflexión medido para las antenas de la Fig. 1

un modo localizado es interesante ya que es una diagrama *broadside* con una directividad muy superior a la del modo fundamental.

Primeramente, se calcula el diagrama de radiación del primer modo localizado para cada una de las iteraciones de la pajarita de Sierpinski y se compara con el primer modo que presenta un diagrama *broadside* en la antena pajarita clásica. La Fig. 3 muestra claramente el comportamiento del modo localizado. La directividad del primer modo localizado de los parches de Sierpinski es 3dB superior al segundo modo *broadside* de la pajarita clásica. Por otra parte, los lóbulos secundarios se reducen considerablemente al aumentar la iteración fractal. La tabla 2 presenta las frecuencias de resonancia de dichos modos así como las directividades simuladas. Se observa como la frecuencia del modo localizado disminuye al aumentar la iteración fractal.

TABLA II  
COMPORTAMIENTO EN ALTAS FRECUENCIAS

Antenas simuladas	Pajarita	SPK pajarita-1	SPK pajarita-2	SPK pajarita-3
$f_{res}$ [GHz]	4.684	4.216	4.071	3.866
Tamaño eléctrico [ $\lambda$ ]	0.624	0.562	0.542	0.515
Directividad [dB]	8.2	11.0	11.1	10.9

Finalmente, se miden los diagramas de radiación del parche SPK pajarita-3 (Fig. 1e) en cámara anecoica a dos frecuencias: en la del modo fundamental y en la del modo localizado (Fig. 4). La reducción del ancho de haz para el diagrama en la frecuencia del modo localizado se observa claramente en la Fig. 4 obteniendo una directividad de 10.9dB en comparación con los 6.3dB del modo fundamental.

#### IV. CONCLUSIONES

La antena parche pajarita de Sierpinski presenta una reducción de la frecuencia de resonancia con respecto al parche cuadrado y a la pajarita convencional. La iteración

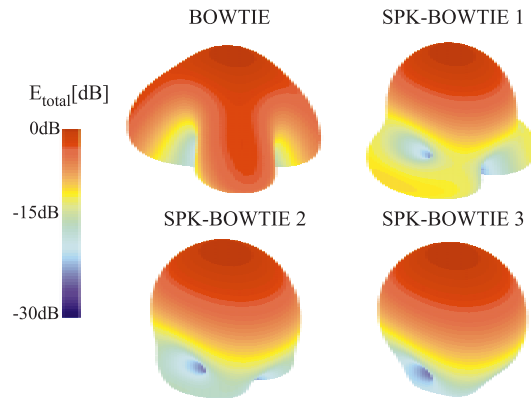


Figura 3. Diagramas simulados en función de la iteración fractal

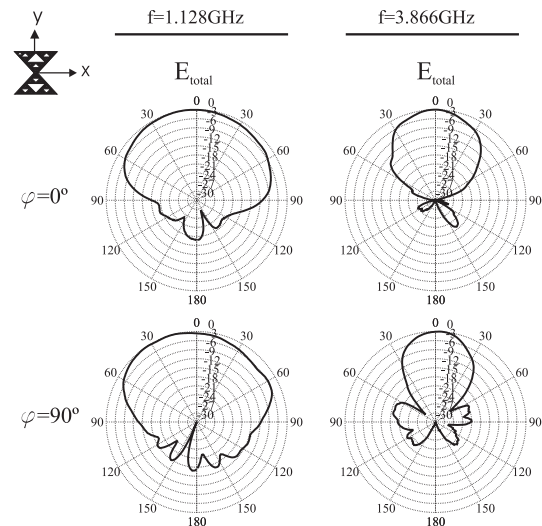


Figura 4. Cortes principales para el parche SPK-bowtie 3 fractal facilita además la aparición de un modo fracción de alta directividad manteniendo unas dimensiones eléctricas pequeñas y permite una reducción de la relación de lóbulo primario a secundario.

#### V. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por Fractus, S.A. Las antenas multitriangulares, multinivel y de relleno espacial están patentadas.

#### REFERENCIAS

- [1] C. Puente, J. Romeu, R. Pous, A. Cardama. "Fractal multiband antenna based on the Sierpinski Gasket", *IEE Electronic Letters*, vol. 32, no. 1, pp. 1-2, 1996.
- [2] C. Puente, J.Romeu, R. Pous, J. Ramis, A. Hijazo. "Small but long Koch fractal monopole", *IEE Electronics Letters*, vol.34, no.1, pp.9-10, January, 1998.
- [3] C. Borja, G. Font, S. Blanch, J. Romeu. "High directivity fractal boundary microstrip patch antenna", *IEE Electronic Letters*, vol. 36, no. 9, pp.778-779, 2000.
- [4] C.Puente, J.Romeu, M.Navarro, C.Borja, J.Anguera, "Antenas Multitriangulares Duales para Telefonía Celular GSM y DCS", Invention Patent PCT/ES99/00117.
- [5] C.Puente, J.Romeu, C.Borja, J.Anguera, J.Soler, "Antenas Multinivel", Invention Patent PCT/ES99/00296.
- [6] C.Puente, E.Rozan, J.Anguera, "Space filling miniature antenas", Invention Patent PCT/EP00/00411.