

Determinación de las características de una antena con forma de roseta hexagonal fractal

Omar A. Contreras^{a,*}, Alfonso J. Zozaya^b, Paulino J. Del Pino^b

^aDepartamento de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia-Venezuela.

^bDepartamento de Electrónica y Comunicaciones, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia-Venezuela.

Resumen.-

Se presenta un estudio de una antena monopolo sobre un plano de tierra, con forma de roseta hexagonal fractal, usando técnicas numéricas de cálculo (DFDT) para encontrar su coeficiente de reflexión de entrada S_{11} , su patrón de radiación, su impedancia de entrada y su relación de onda estacionaria ROE. Los datos se comparan con similares cálculos para un monopolo con forma de triángulo de Sierpinski el cual se usa también como calibrador del método al compararlo con las figuras de mérito reportadas en la literatura para dicho triángulo.

Palabras clave: Antena, Fractal, roseta, Sierpinski

Calculations on a Fractal hexagonal Rosette Antenna

Abstract.-

Characteristics features of fractal antennas are small size and its variously relative broad bandwidths. The former one has wide applications in telecommunications miniaturization and nanotechnologies and the later, due to its many different autosimilarity sizes, is used in Full Duplex many channels communications. In this paper we studied merit figures of a new Fractal Antenna shaped as a Fractal hexagonal Rosette monopole, using an FDTD based software and comparing it with similar figures of the well known Sierpinski gasket antenna.

Keywords: Antenna, Fractal, Rosette, Sierpinski

1. Introducción

Aún cuando antiguas antenas como la log-periódica son de tipo fractal, las antenas fractales han sido ampliamente utilizadas desde su introducción en 1996 por C. Puente [1], debido a sus características típicas de diseño compacto y multi-bandas asociadas a su autosimilaridad. En el presente artículo se reporta una nueva estructura fractal con forma de roseta hexagonal, generada a partir de un triángulo isósceles, a la cual se estimará mediante simulación sus principales figuras de mérito. En el presente artículo se describirá la manera de generar la roseta hexagonal Fractal, posteriormente se realizarán simulaciones con el triángulo de Sierpinski para calibrar la herramienta usada, determinando el coeficiente de reflexión en la entrada, relación de onda estacionaria, impedancia y los patrones de radiación característicos, y finalmente se simulará la roseta determinándose estas mismas figuras de mérito.

2. Generación de la roseta

La roseta hexagonal fractal se genera a partir de un triángulo isósceles sólido, al cual, al cual se le retiran los tres extremos de los vértices, produciéndose así seis nuevos

triángulos isósceles agrupados en un hexágono, como se indica en la Fig. 1(a). Aplicando similarmente el mismo procedimiento a cada uno de estos 6 triángulos se obtiene la Fig. 1(b). En la siguiente Fig. 1(c) se observa el procedimiento aplicado por tercera vez.

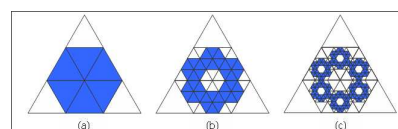


Figura 1: Generación de la roseta hexagonal fractal

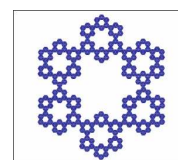


Figura 2: Roseta hexagonal fractal de cuarto orden

En nuestro cálculo se trabajará con una roseta de cuarto orden, como la presentada en la Fig. 2. De la construcción anterior es evidente que para la roseta hexagonal fractal el factor de escala entre sucesivos órdenes es $1/3$ y el factor de repetición es 6, por lo que su dimensión fractal [2] d es (Ec. 1):

$$d = \frac{\log 6}{\log 3} = 1,63 \quad (1)$$

* Autor para correspondencia

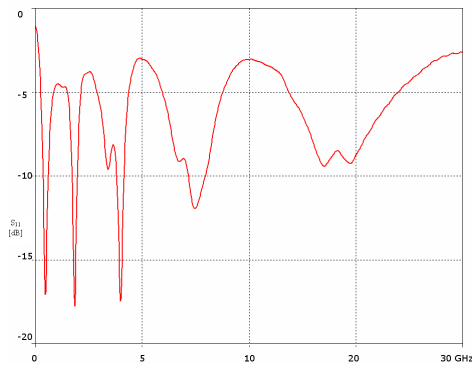
Correos-e: ocontrer@uc.edu.ve (Omar A. Contreras),
azozaya@uc.edu.ve (Alfonso J. Zozaya), pdelpi@uc.edu.ve (Paulino J. Del Pino)

Tabla 1: Parámetros característicos para cada banda del triángulo de Sierpinski

No. de Banda	f_n [GHz]	Ancho [%]	$\frac{f_{n+1}}{f_n}$	S_{11} [dB]	ROE
1	0.50	53	3.7	-17.00	1.33
2	1.86	14	2.2	-17.75	1.30
3	4.00	9.4	1.9	-17.45	1.31
4	7.48	12.6	1.9	-11.93	1.68
5	14.20	-	-	-9.00	2.10

3. Cálculos con el triángulo de Sierpinski

A fin de validar los resultados de la simulación de la antena bajo estudio y de establecer un marco de referencia apropiado, se simuló el monopolo sobre un plano de tierra, con forma de triángulo de Sierpinski para compararlo con las figuras de mérito previamente reportadas en la literatura por el grupo de C. Puente et al. [3] y A. Frazao [4]. El triángulo de material conductor perfecto, tenía una altura de 88.9 mm, un vértice en (0,0,1) mm y descansando en el plano $x-y$, con un eje de simetría a lo largo del eje y . En la Fig. 3 se presenta el coeficiente de reflexión en la entrada S_{11} relativo a 50 Ω .

Figura 3: coeficiente de reflexión en la entrada en dB S_{11} para el triángulo de Sierpinski

En la Fig. 3 se observa que la antena presenta cinco frecuencias de resonancia y en el entorno cada una de ellas se tiene una banda de frecuencias potencialmente utilizable para telecomunicaciones. Los datos de las cinco bandas se presentan en la Tabla 1, donde la segunda columna corresponde a la frecuencia de resonancia de la banda, la tercera es el ancho de la banda en porcentaje para un ROE de 2, la cuarta es la relación entre dos frecuencias sucesivas, la quinta el coeficiente de reflexión en la entrada y la última la relación de onda estacionaria de voltaje.

En la Figura 4 se presentan cinco patrones de radiación correspondientes a las frecuencias de resonancia de las cinco bandas del monopolo de Sierpinski. Se estimaron los mismos parámetros para una roseta hexagonal de 100 mm de altura, como un monopolo sobre un plano infinito de tierra, separada un milímetro del plano. Usando el método DFDT con un $n_\lambda = 30$ líneas/long. de onda, se obtuvieron los resultados presentados en la Fig. 5.

Tabla 2: Parámetros característicos para cada banda de la roseta hexagonal

No. de Banda	f_n [GHz]	Ancho [%]	$\frac{f_{n+1}}{f_n}$	S_{11} [dB]	ROE
1	0.45	130	6.7	-15.46	1.406
2	3.03	20	2.9	-19.81	1.228
3	8.88	24	2.8	-22.32	1.166
4	24.53	6.5	-	-10.43	1.861

4. Cálculos con la roseta hexagonal fractal

Se estimaron los mismos parámetros para una roseta hexagonal de 100 mm de altura, como un monopolo sobre un plano infinito de tierra, separada un milímetro del plano. Usando el método DFDT con un $n_\lambda = 30$ líneas/long. de onda, se obtuvieron los resultados presentados en la Figura 5. En la Tabla 2 se presentan los principales valores característicos de la roseta hexagonal fractal.

En la Figura 6 se presentan los cuatro patrones de radiación correspondientes a las frecuencias de resonancia de la roseta hexagonal fractal.

5. Conclusiones

Los resultados obtenidos con el triángulo de Sierpinski se ajustan bien a los reportados en la literatura [3,4], y por lo tanto se asumió que las estimaciones mediante simulación son también correctas para la roseta hexagonal fractal.

La primera banda de la roseta, a 0.45 GHz es muy ancha (130%), pero las dos siguientes de 3.03 y 8.88 GHz presentan un ancho moderado de 20 % y 24 % respectivamente y por lo tanto pueden ser usadas sin inconvenientes en sistemas de telecomunicación de dos canales. La relación entre sus frecuencias, cercana a 3 se deriva del hecho que el factor de escala en la construcción de la roseta es 3, a diferencia del triángulo de Sierpinski, cuya relación es 2. Esta característica de la roseta hexagonal reduce notablemente la interferencia entre armónicos, ya que el primer armónico de una señal aparece al doble de la frecuencia fundamental y no al triple.

De los patrones de radiación se observa que estas dos bandas presentan en el plano horizontal una distribución bastante omnidireccional, pero con lóbulos a 30° de azimut, por la naturaleza hexagonal de la roseta.

En los gráficos de Resistencia y Reactancia es característico que la resistencia se acerca a 50 Ω en cada resonancia y también que su reactancia pasa por cero. Una manera de mejorar el comportamiento de las bandas, eliminando la primera, es introducir una roseta de grado tres en el hueco central. Este arreglo actualmente está siendo sometido a análisis y prontamente se publicarán los resultados. Finalmente, la construcción característica de la roseta la hace más conveniente para adaptarla a equipos con forma circular, o más empaquetados (panal de abejas) o a nanotecnologías basadas en redes atómicas hexagonales.

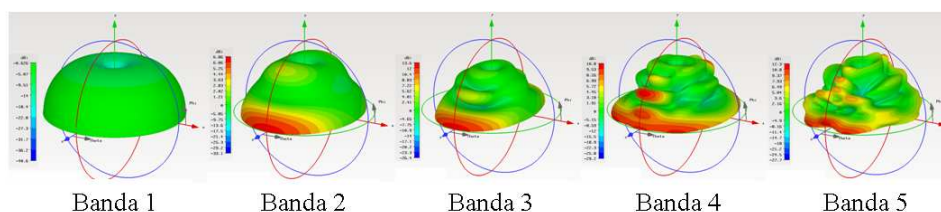


Figura 4: Patrones de radiación para las cinco bandas del triángulo de Sierpinski

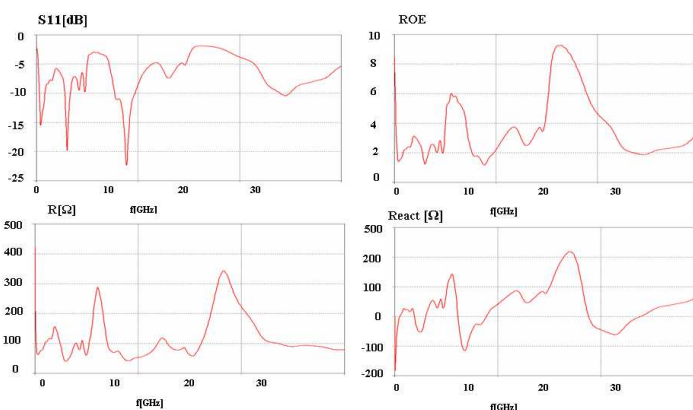


Figura 5: coeficiente de reflexión en la entrada, Relación de Onda Estacionaria, Resistencia y Reactancia en función de la frecuencia, para la roseta hexagonal

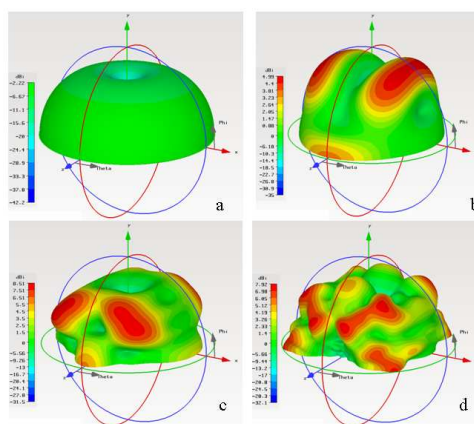


Figura 6: Patrones de Radiación de la roseta hexagonal fractal para las frecuencias de 0.45, 3.03, 8.88 y 24.53 GHz respectivamente

6. Agradecimientos

Este trabajo fue subvencionado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo (CDCH-UC), según oficio Nro. CDCH 0657-2005.

Referencias

- [1] Puente C., Romeu J., Pous R., Garcia X., Benítez F., (1996) «Fractal multiband antenna based on the Sierpinski gasket» *Electronic Letters*, Vol. 32, No. 1, pp. 2340-3, January 1996.
- [2] Frame M., Mandelbrot B. Neger N., (2005) «Fractal Geometry». Yale University, <http://classes.yale.edu/fractals/>
- [3] Puente C., Romeu J., Pous R., Garcia X., Benítez F., (1996) «On the Behavior of the Sierpinski Multiband Fractal Antenna» *IEEE Trans.*

On Antennas and Propagation, Vol. 46, No. 4, pp. 517-524, April 1998.

- [4] Frazao, A., (2004) «Diseño, Simulación y Construcción de Antenas Fractales» Tesis de Grado, Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería. Venezuela.