

# SÍNTESIS DE MÚLTIPLES DIAGRAMAS DE ARRAYS PLANOS, CON AMPLITUDES COMUNES PREESTABLECIDAS O ALEATORIAS.

*J. Brégains, A. Trastoy, F. Ares y E. Moreno*

Grupo de Sistemas Radiantes, Departamento de Física Aplicada,  
Facultad de Física, Universidad de Santiago de Compostela.  
15782 Santiago de Compostela  
[faares@usc.es](mailto:faares@usc.es)

## ABSTRACT

A method for synthesising multiple planar array radiation patterns with a common amplitude and various phases is described. Using this technique it is possible to synthesise different radiation patterns from arrays with different phases and a previously fixed amplitude distributions. It also allows the simultaneous perturbation of a common amplitude and different phase distributions, each one associated to a different radiation pattern.

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen casos en los que, para una determinada configuración espacial de antenas, son necesarios varios diagramas de radiación. Si las excitaciones que originan dichos patrones poseen módulos comunes y difieren sólo en fase al pasar de uno a otro, el diseño y la implementación de los circuitos de alimentación del array son más simples. Esta utilidad condujo al desarrollo de métodos que permiten la síntesis de distintos diagramas con una misma distribución de amplitudes, bien fijada de antemano y hallando una distribución de fases apropiada para cada patrón [1], o bien calculando simultáneamente una amplitud común y unas fases diferentes para cada patrón [2,3]. En este trabajo se extiende a arrays planos los métodos presentados para arrays lineales, y que permite optar tanto por fijar la distribución de amplitud de antemano, como por optimizar amplitudes y fases simultáneamente.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Sea un array plano de enrejado y contorno rectangular formado por  $N \times M$  elementos isotrópicos. La expresión del diagrama de radiación:

$$F(\theta, \varphi) = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M I_{nm} e^{jk(x_{nm} \text{sen}\theta \cos\varphi + y_{nm} \text{sen}\theta \text{sen}\varphi)} \quad (1)$$

donde  $I_{nm}$  es la excitación relativa compleja del elemento  $nm$ -ésimo, situado en la posición  $(x_{nm}, y_{nm})$  y  $k$  es el número de onda. El procedimiento de síntesis podremos acometerlo de dos formas distintas: o bien se fija una distribución inicial de amplitudes y se modifican las fases de las excitaciones de los elementos para obtener el conjunto de fases correspondientes a cada diagrama objetivo; o bien se modifican simultáneamente una amplitud común y las fases correspondientes a cada diagrama. Obviamente, la primera opción permitirá diseñar sistemas en los que las distribu-

ciones de amplitudes sean previamente seleccionadas, como por ejemplo una distribución uniforme, mientras que la segunda opción permitirá obtener diagramas más ajustados a los deseos aunque a costa de no poder fijar una amplitud desde el comienzo.

### 2.1. Amplitud preestablecida

Dadas unas amplitudes preestablecidas  $|I_{nm}|$ , para cada diagrama deseado se calcularán las fases de las excitaciones hasta encontrar aquellas que, junto con la amplitud fijada, proporcionen el diagrama objetivo. Es decir, cada diagrama (denotado con el subíndice  $i$ ) estará generado por unas excitaciones  $I_{inn}$  de la forma

$$I_{inn} = |I_{nm}| e^{j\phi_{inn}} \quad (2)$$

donde el cálculo de las excitaciones se lleva a cabo mediante el método de optimización aleatoria de simulated annealing [4]: se perturban unas fases iniciales:

$$\phi_{inn} = \phi_{nm}^0 + \delta_{inn} \quad (3)$$

y se minimiza una función objetivo que contiene los parámetros del diagrama de radiación que se quiere conseguir. La expresión de dicha función objetivo es la siguiente:

$$C = K_1 (R_d - R_o)^2 + K_2 (SLL_d - SLL_o)^2 \quad (4)$$

donde los subíndices  $d$  y  $o$  indican los valores deseado y obtenido en cada iteración del algoritmo (R) y nivel de lóbulos laterales (SLL), respectivamente. Las constantes  $K_j$  indican los pesos de cada parámetro a optimizar.

### 2.2. Amplitud aleatoria

En este caso, se calculan no sólo las fases apropiadas para cada patrón sino también la distribución de amplitud común a todos los diagramas. Por ello no sólo se perturban las fases (ver ec. 3) sino también las amplitudes comunes:

$$I_{nm} = I_{nm}^0 + \delta_{nm} \quad (5)$$

En este caso, la expresión de la función de coste será:

$$C = \sum_i \left[ K_{1i} (SLL_{di} - SLL_{oi})^2 + K_{2i} (R_{di} - R_{oi})^2 \right] + K_3 (RD_d - RD_o)^2 \quad (6)$$

donde se incluye el término  $RD$  para controlar el rango dinámico de las amplitudes de las excitaciones.

### 3. EJEMPLOS

Se ha elegido, para mostrar los resultados obtenidos mediante esta técnica, un array plano de enrejado y contorno cuadrados de  $16 \times 16$  elementos isotrópicos separados  $\lambda/2$  entre sí. Con este array se han sintetizado tres diagramas diferentes: un diagrama suma, un diagrama “shaped beam” de haz circular, y un diagrama “shaped beam” de haz cuadrado. Como los tres diagramas tienen simetría en octantes en cada caso se ha optado por sustituir la expresión (1) por la correspondiente a un enrejado cuadrado con dicha simetría. Con estas premisas, se ha procedido a su síntesis en tres casos diferentes: distribución de amplitud uniforme; distribución de amplitud gaussiana:  $\exp\{-c(x^2+y^2)\}$ , con  $c=1.2$  que proporciona un  $|I_{max}/I_{min}|=5$ ; y distribución de amplitud aleatoria con un rango dinámico menor de 20. Los resultados para los tres casos se muestran en la Tabla I, donde la última columna refleja los tiempos empleados en cada caso, utilizando un procesador AMD-K6-2 a 500 MHz. Tal y como cabría esperar (ver tabla), los diagramas obtenidos con la distribución gaussiana presentan mejores resultados que los de amplitud uniforme. Asimismo, los diagramas sintetizados para la distribución aleatoria presentan los mejores resultados, aunque con el inconveniente de una optimización ligeramente más lenta. En las figuras 1-3 se observan los diagramas sintetizados para el caso de la distribución uniforme ( $u=\text{sen}\theta\cos\varphi$  ;  $v=\text{sen}\theta\text{sen}\varphi$ ).

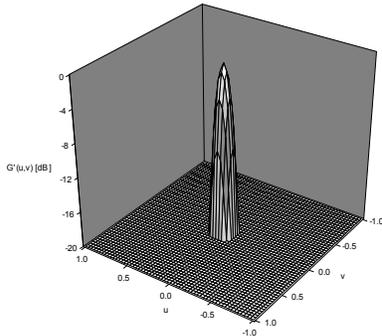


Figura 1. Diagrama suma con amplitud uniforme.

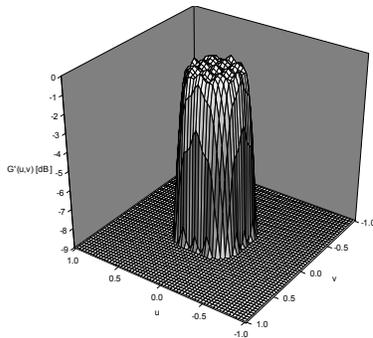


Figura 2. Diagrama “shaped beam” de haz circular con amplitud uniforme.

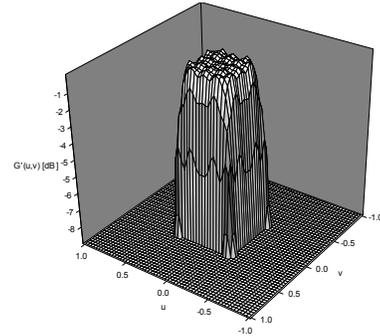


Figura 3. Diagrama “shaped beam” de haz cuadrado con amplitud uniforme

	Abertura	Diagrama	SLL (dB)	Rizado (dB)	Tiempo
Amplitud prefijada	Uniforme	Circular	-9.0	0.20	207 s.
		Cuadrado	-9.0	0.11	222 s.
		Suma	-20.9	-	206 s.
Amplitud prefijada	Gaussiana	Circular	-14.0	0.20	178 s.
		Cuadrado	-15.0	0.13	156 s.
		Suma	-20.7	-	169 s.
Amplitud calculada	Aleatoria	Circular	-19.2	0.23	624 s.
		Cuadrado	-19.9	0.18	
		Suma	-18.8	-	

Tabla I. Características de los diagramas obtenidos

### 4. CONCLUSIONES

Se ha presentado un método de síntesis de múltiples patrones de radiación para arrays planos, con distintas distribuciones de fase y distribución de amplitud común, preestablecida o aleatoria, y que proporciona unos buenos resultados en un tiempo reducido. Este método permite aprovechar la simetría de los diagramas objetivo – octantes, cuadrantes, etc – y disminuir así el tiempo de síntesis.

**Agradecimientos:** Los autores desean agradecer el soporte financiero ofrecido por la Xunta de Galicia, por medio de **PGIDT 00TXI20603PR**.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Dürr, M., Trastoy, A. and Ares, F., “Multiple pattern linear antenna arrays with single prefixed amplitude distributions: modified Woodward-Lawson synthesis”, *Electronics Letters*, vol 36, nº 16, pp. 1345-1346, Aug. 2000.
- [2] Díaz, X., Rodríguez, J. A., Ares, F. and Moreno, E., “Design of phase-differentiated multiple-pattern antenna arrays”. *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 26, nº 1, pp. 53-54, July 2000.
- [3] Bucci, O. M., Mazzarella, G. and Panariello, G., “Reconfigurable Arrays by Phase-Only Control”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 39, nº 7, pp. 919-925, July 1991.
- [4] Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T. and Flannery, B.P., *Numerical Recipes in C*, Cambridge University Press, pp. 444-455, 1992.