

Carlos A. Suárez Fajardo¹

Miguel Ferrando Bataller²

Alejandro Valero N.³

Diego Rincón R.⁴

ABSTRACT

This article gives special attention to synthesize the appropriate pattern and to propose the passive beamforming networks with N input ports, which allows to simultaneously generating one beam for each input with requirements such as low side lobe, high gain, crossover level and orthogonality condition. This multiple beam system could be a candidate for base-station demands in wireless communication services.

I. INTRODUCCIÓN

Las agrupaciones lineales, planas y circulares de antenas han sido utilizadas en múltiples aplicaciones que requieren la síntesis de diagramas de radiación con especificaciones muy precisas en parámetros como: Directividad, ancho de haz o nivel de lóbulo principal a secundario NLPS, además de aplicaciones que requieren de cambiar electrónicamente la forma del diagrama de radiación, dirección del máximo o en la ubicación apropiada de los nulos en el diagrama. Un amplio estudio de estas aplicaciones se encuentra entre otros en [1], de igual manera en [2] se presenta un método para la síntesis de sistemas de haz múltiple con la eliminación de interferencias, basado en la FFT; en [3]-[4] se encuentran estudios particulares de síntesis con agrupaciones circulares de antenas mediante métodos analíticos basados en técnicas de Fourier, por otra parte los métodos de síntesis basados en algoritmos genéticos o Simulated Annealing son bastante utilizados como en [5] donde se presenta una solución mediante la aplicación de algoritmos genéticos.

Dentro de la tecnología de antenas inteligentes se encuentran las antenas de haz conmutado, compuestas entre otras por una agrupación de antenas y redes de conformación y conmutación de haz, de igual manera esta red puede estar basada en Matrices de Butler de tamaño $N \times N$, las cuales permiten la generación de n haces estrechos y con alta directividad. Este sistema de múltiple haz conmutado permite el mejoramiento de la relación (Carrier-to-Interference ratio) CIR y la reutilización de frecuencia en sistemas celulares.

II. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMAS

El problema de la generación de múltiples haces para aplicaciones de comunicaciones móviles, ha generado diversos estudios, la mayoría utiliza agrupaciones lineales o planas de antenas como medio

radiante. Como ejemplo de estos estudios podemos mencionar entre otros el de Li en [6] el cual propone el diseño de una red de Butler de $n \times 2n$, y en particular construye una de 4×8 mediante la utilización de una red de Butler de 4×4 y en la salida de la misma divisores de potencia con desfase de 180° , lo cual le permite generar cuatro haces simultáneos con un nivel de lóbulo principal a secundario (NLPS) inferior a 10 dB, por otra parte en [7] se propone el diseño de un sistema similar con una Matriz de Butler de 8×8 , para la generación de 7 u 8 haces simultáneos con un NLPS de 17 y 8 dB respectivamente. Una alternativa interesante para la misma aplicación descrita anteriormente, puede ser propuesta mediante la utilización de agrupaciones circulares como la mostrada en la figura 1, las cuales deben ser capaces de generar múltiples haces igualmente espaciados y que cubran homogéneamente un determinado sector angular, siendo seleccionados electrónicamente mediante una matriz de interruptores, en conjunto con una apropiada red de conformación de haz al igual que redes que permitan sintetizar el diagrama deseado cumpliendo con las especificaciones en cuanto a parámetros como: NLPS, Directividad, nivel de cruce entre haces consecutivos y ortogonalidad de los mismos.

De igual manera el sistema propuesto debe permitir combinar dos o más haces formando un nuevo haz el cual puede ser útil en aplicaciones como reducción del nivel NLPS del haz resultante o en la generación de haces que cubran sectores más amplios en determinadas direcciones.



Figura 1. Fig. 1. Agrupación circular con paneles.

III. MULTIPLES HACES CON AGRUPACIONES CIRCULARES DE ELEMENTOS DIRECTIVOS.

La solución propuesta en [6] y [7], para el caso de múltiple haz con agrupaciones lineales se logra mediante la utilización de una red de Butler la cual permite la generación de haces con síntesis del tipo Woodward -Lawson, y con una fase progresiva, ra-

¹ Ingeniería Electrónica Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

² Departamento de comunicaciones Universidad Politécnica de Valencia.

³ Departamento de comunicaciones Universidad Politécnica de Valencia.

⁴ Ingeniería Electrónica Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Usando el mismo principio descrito, se puede utilizar divisores de potencia de más salidas para así lograr la excitación de tres o cuatro haces consecutivos, mediante una red como la propuesta en la figura 6.

diados por una agrupación lineal uniformemente iluminada, donde por otra parte la selección del diagrama deseado se logra excitando la entrada apropiada de la red de Butler. Mejoramientos en el nivel de lóbulo principal a secundario son propuestos en un caso mediante la excitación simultánea de dos haces consecutivos [7] o mediante la modificación de la red de Butler en su salida permitiendo la alimentación del doble de antenas [6].

Para lograr los objetivos expuestos en el apartado anterior, el sistema propuesto está compuesto por una agrupación circular con elementos directivos, una red pasiva con N puertos de entrada y N de salida que permite conformar y seleccionar los haces o el haz deseado, como se muestra en el diagrama de bloques de la figura 2. La selección de un haz se realiza en la primera red de Butler utilizada como IFFT, la cual genera en la salida la fase progresiva necesaria para girar el haz en la dirección deseada, la red intermedia sintetiza el diagrama deseado y mediante la segunda red de Butler utilizada como FFT se excitan las antenas.

El campo total radiado por el sistema compuesto por la red de conformación de haces y la agrupación circular puede ser expresado por (1), donde: B_n , f_n permiten modificar los valores de fase y amplitud de la señales de entrada, b_k , β_k determinan los valores de fase y amplitud de las corrientes en las antenas, necesarios para obtener el diagrama con la síntesis apropiada y n es utilizado para seleccionar el diagrama deseado.

$$E_n(\phi) = \sum_{j=1}^N \sum_k (B_n e^{if_n})(b_k e^{j\beta_k}) e^{i2\pi \frac{k(j-n)}{N}} \cdot (1 + \cos(\phi - \phi_j)) e^{i2\pi R \cos(\phi - \phi_j)} \quad (1)$$

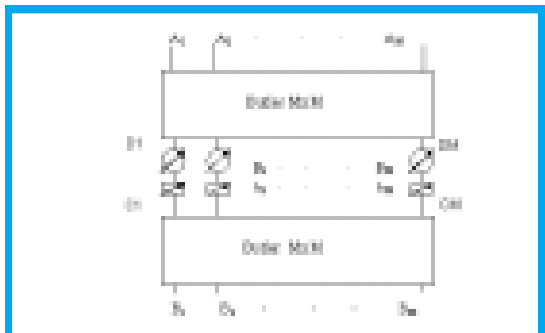


Figura 2. Red básica de conformación de haz.

El diagrama que se sintetizará está dado por la ecuación (2), el cual es escogido por razones de ortogonalidad, pero podría ser cualquier otro diagrama que pueda ser expandido en serie de Fourier de tal manera que los valores de la fase (β_k) y amplitud (b_k), de las corrientes necesarias para sintetizar dicho diagrama, serán obtenidas por métodos de Fourier mediante las ecuaciones expuestas en [8]-[9], debiendo antes hacerles el tratamiento apropiado teniendo

en cuenta que dichos valores de fase y amplitud deben ser modificados por la presencia de las redes de Butler. La figura 3 muestra el diagrama sintetizado con una agrupación circular de 8 elementos directivos del tipo cardioide con un diagrama dado por: $g(\phi) = 1 + \cos(\phi)$.

$$f(\phi) = 1 + 2\cos(\phi) + 2\cos(2\phi) + 2\cos(3\phi) + 2\cos(4\phi) \quad (2)$$

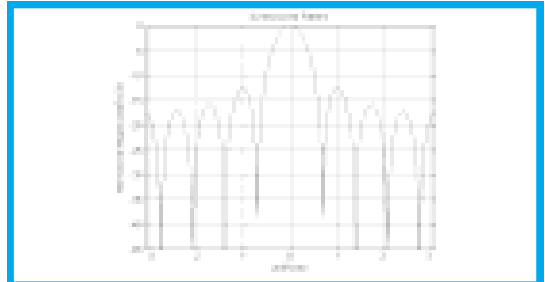


Figura 3. Diagrama básico sintetizado con agrupación circular con N = 8

Utilizando la red básica notada en la figura 2 y la ecuación (1) que determina el diagrama generado por el sistema y seleccionando el puerto de entrada deseado mediante la asignación del valor de n para: $n = 1, 2, \dots, 8$, se puede obtener 8 diagramas independientes para un cubrimiento angular de 360° . La simulación de los resultados del sistema propuesto es mostrada en la figura 4.

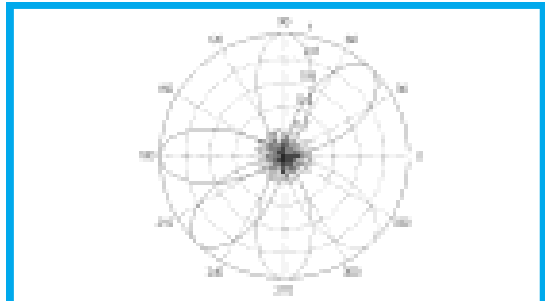


Figura 4. Múltiples Diagramas para agrupación circular con N = 8

Adicionando divisores de potencia a la entrada de la red básica de conformación de haz se puede lograr la excitación de dos puertos de entrada consecutivos, lo cual permite el mejoramiento en el nivel NLPS de 13 dB a 23 dB en los haces generados. Un resultado similar se puede lograr con un solo divisor de potencia y una matriz de interruptores apropiada, la figura 5 muestra el resultado en el diagrama obtenido mediante este procedimiento.

Usando el mismo principio descrito, se puede utilizar divisores de potencia de más salidas para así lograr la excitación de tres o cuatro haces consecutivos, mediante una red como la propuesta en la figura 6 con la cual se pueden generar 3 haces excitando grupos de 2, 3 y 3 puertos de entrada de la red básica de conformación de haz. La figura 7 muestra los resultados de la simulación de un sistema con 3 haces sobre un sector de 360° , excitando los puertos de entrada consecutivos en grupos de dos, tres y tres (2 - 3 - 3)

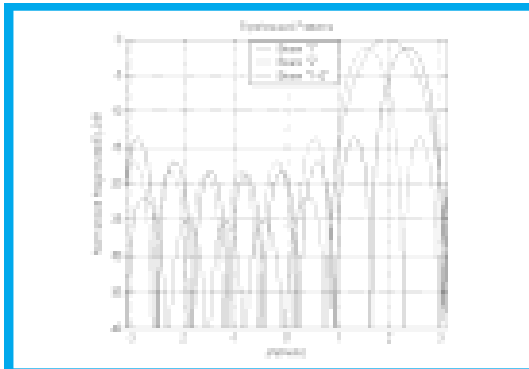


Figura 5. Mejoramiento del nivel NLPS, excitando dos haces consecutivos.

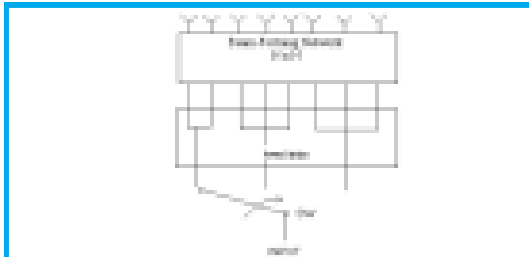


Figura 6. Red propuesta para la generación de tres haces.

Mediante la configuración de una red similar a la mostrada en la figura 6 pero con un divisor de potencia de 4 salidas y uno de tres salidas colocados de igual manera a la entrada de la red básica de conformación de haz, se puede lograr tres haces con otras características diferentes en cuanto a su forma y cubrimiento angular sobre 360° .

La figura 8 muestra los resultados de la simulación de un sistema con 3 haces sobre un sector de 360° , excitando los puertos de entrada consecutivos de la red básica de conformación de haz en grupos de cuatro, tres y uno respectivamente (4 - 3 - 1).

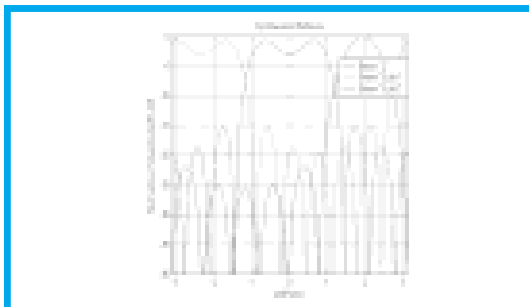


Figura 7. Resultados obtenidos excitando dos, tres y tres haces. Consecutivos (2-3-3).

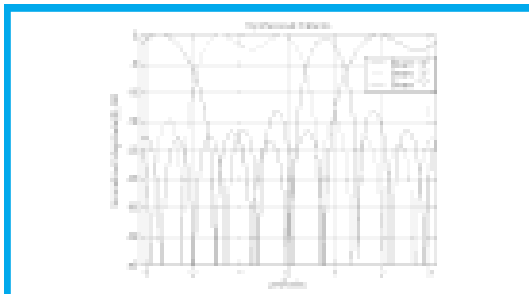


Figura 8. Resultados obtenidos excitando cuatro, tres y un haces consecutivos (4 - 3 - 1).

IV. CONCLUSIONES

Se ha presentado una sencilla solución al problema de la generación de haces múltiples para aplicaciones en sistemas móviles en la estación base, mediante la utilización de agrupaciones circulares de antenas directivas, en conjunto con el diseño de la red de conformación de haz propuesta, con resultados comparables a los obtenidos con agrupaciones lineales en cuanto a NLPS, Directividad, nivel de cruce entre haces consecutivos y ortogonalidad, pero con ventajas importantes como es el cubrimiento angular sobre 360° y la posibilidad de sintetizar haces como polinomios de Chebyshev, Taylor y otros, que permitan obtener mejores resultados en cuanto a los parámetros descritos antes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. W. Rudge, et al. The Handbook of Antenna Design. London: IEE pres. 1986.
- [2] S. W. Ellingson, W. Cazemier, "Efficient Multibeam Synthesis with Interference Nulling for Large Arrays," IEEE Trans. Antennas Propagat. Vol AP-51, pp. 503-511 March 2003.
- [3] R. Vescovo, "Pattern Synthesis with Assigned Field Reduction in Near- Field for Circular Arrays," IEEE, Int. Symp AP-S/URSI, San Antonio, TX, pp. 541-543, June 2002.
- [4] C. Suárez, M. Ferrando y A. Valero, "Síntesis con Agrupaciones Circulares," Simposio URSI 2003, La Coruña, España, Septiembre 10.
- [5] F. J. Ares, J. A. Rodríguez, E. Villanueva, and S. R. Rengarajan, "Genetic algorithms in the design and optimization of antenna array Patterns," IEEE Trans. Antennas Propagat. Vol. AP-47, pp. 506-510 March 1999.
- [6] W. R. Li, C. Y. Chu, K. H. Lin and S. F. Chang, "Switchet - Beam Antenna Based on Modified Butler Matrix with low Sidelobe Level," IEEE Electronic Letters, Vol. 40, No. 5, March 4, 2004.
- [7] Heinz Novak, Switched-Beam Adaptative Antenna System, PHD Dissertation, Wien, pp. 29-42, November 1999.
- [8] C. Suárez, M. Ferrando, A. Valero, "Pattern Synthesis of Uniform Circular Arrays with Directive Elements," 2004 AP-S/URSI Symposium, Monterrey California, June 20-25 2004.
- [9] C. Suárez, M. Ferrando, A. Valero, "Pattern Synthesis with Circular Arrays for Multiple Beam Systems," COST 273/284, Workshop on Antennas and Related Systems Aspects in W. Com. Gothenburg, Sweden, June 2004.

Miguel Ferrando Bataller

Departamento de Comunicaciones Universidad Politécnica de Valencia. Mferrand@dcom.upv.es avalero@dcom.upv.es

Alejandro Valero N.

Departamento de Comunicaciones Universidad Politécnica de Valencia. avalero@dcom.upv.es

Carlos A. Suárez Fajardo

Profesor Facultad de Ingeniería Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Ingeniero electrónico Universidad Distrital Francisco José de Caldas, especialista en instrumentación. Actualmente desarrolla un doctorado en comunicaciones en la Universidad Politécnica de Valencia. csuarez33@udistrital.edu.co

Diego Rincón R.

Facultad de Ingeniería Electrónica Universidad Distrital Francisco José de Caldas. dyrincon@ieee.org