

# Utilizando CORPS-BFN para Alimentar Sistemas de Antenas de Múltiples Haces

Diego Betancourt, Carlos del Rio

betancourt.48446@e.unavarra.es, Carlos@unavarra.es

Dpto. de IEE. Universidad Pública de navarra. Campus Arrosadia s/n.

**Abstract-** This paper present an application of the Coherently Radiating Periodic Structures - CORPS on the design of a Beam Forming Network -BFN. The Named CORPS-BFN is a novel feeding network with special behaviour characteristics that allows several improvements compared with classical feeding networks, such as, the reduction of necessary electronic to control a phased array and the possibility to have several beams very close to each other.

In this paper, an analytical comparison of CORPS-BFN with both a Horn Antenna Array and a uniformly field distribution antenna will be analyzed. This study shows how applying this technology to a Multibeam antenna system the area necessary to radiate 7 independent beams can be drastically reduced.

## I. INTRODUCCIÓN

Cada día aparecen más aplicaciones en las que se requieren haces simultáneos, normalmente portadores de señales ortogonales: Antenas Re-configurables, Sistemas MIMO, Antenas Inteligentes, etc.

El comportamiento ideal de las antenas de estos sistemas podría ser el de generar y lanzar todos los haces desde una única apertura del sistema, tratando de optimizar todo en un simple paso: Maximizar la eficiencia de la apertura para cada uno de los haces (mediante una distribución uniforme del campo), tener un gran número de haces con un tamaño de antena mínimo (solapando el 100% del área efectiva de radiación de los haces), barrer electrónicamente todos los haces de forma independientemente (afectando seriamente la complejidad de la red de alimentación), etc.

Puede llegar a ser algo sumamente complicado el obtener todas estas características de un único sistema de antenas. De la misma forma que cada aplicación requiere una antena específica que optimiza una serie de requerimientos o características más relevantes, nosotros intentaremos mejorar uno o dos aspectos relevantes del sistema de antenas mediante la incorporación del concepto CORPS.

En este sentido, la introducción del concepto CORPS-BFN (Estructuras Periódicas de Radiación Coherente – Redes de Formación de Haz; *Coherently Radiating Periodic Structures – Beam Forming Network*) en el diseño de un sistema de antenas de múltiples haces puede ayudar a mejorar, por ejemplo, el solapamiento efectivo entre dos haces ortogonales, así como lo es la posibilidad de controlar independientemente la exploración (*scan*) de diferentes haces desde un número reducido de puertos de entrada.

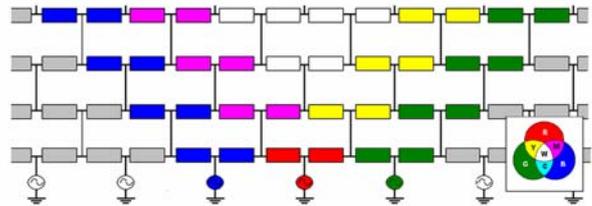


Fig. 1 Reparto ideal de la señal dentro de una estructura CORPS-BFN, desde las fuentes ortogonales e independientes (abajo) a los puertos de salida (arriba). Los diferentes colores siguen la ley de adición para los tres colores básicos: Azul, Rojo y Verde.

Las CORPS-BFN combinan la red de alimentación necesaria con la que excitar cada uno de los elementos radiantes con el sistema de control necesario para realizar el barrido electrónico, dando como resultado un sistema que combina divisores y combinadores de potencia en diferentes capas. Se pretende definir, mediante la estructura periódica de cada capa, un filtro de rechazo de banda horizontal, al tiempo que se mantiene una buena adaptación entre capas.

En estas redes de alimentación, la información de diferentes haces se extiende inteligentemente dentro de la estructura (fig. 1), siguiendo una función fija auto-definida por la estructura utilizada. En otras palabras, la señal introducida a cada puerto de entrada será llevada a través de la estructura a un grupo de puertos de salida, los más cercanos al puerto de entrada, generando, al utilizar los combinadores y divisores de potencia en cada capa, que las amplitudes de los campos tengan una forma Binomial al ir atravesando capas de la estructura.

Esto puede ser especialmente interesante, en sistemas de múltiples haces con algún sistema de focalización (lentes o sistemas reflectores) incluido. El ejemplo más impresionante de un sistema de múltiples haces es el ojo humano, como ha sido mostrado en conferencias anteriores por los autores [1].

En los sistemas de múltiple haz convencionales, los diferentes haces se definen normalmente por un conjunto de antenas de bocina (Fig. 2). Resulta bastante evidente que es físicamente imposible ubicar dos antenas o detectores de este tipo a una distancia menor que su apertura, limitando seriamente la resolución angular del sistema completo. Del ojo humano hemos aprendido a solapar las áreas efectivas de radiación, haciendo posible que dos haces altamente directivos puedan ser generados o detectados en puntos muy cercanos.

Desde otro punto de vista, podríamos decir que el ojo humano toma ventaja de compartir los elementos de

radiación o detección entre los diferentes haces que es capaz de detectar de forma simultánea.

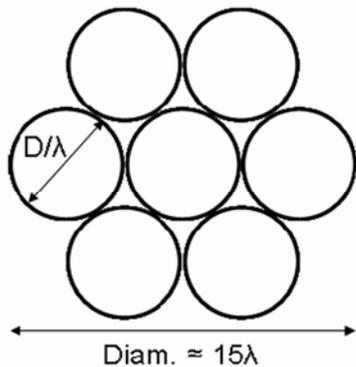


Fig.2. Agrupación de antenas de bocina.

Esta es precisamente la idea que pretendemos aplicar a los sistemas que deben utilizar múltiples haces ortogonales simultáneamente.

Estos sistemas pueden ser vistos como una pequeña parte del ojo humano, y pueden ser mejorados incrementando las similitudes con el comportamiento real del ojo humano, prestando especial atención a la resolución angular, que puede ser traducida en una fuerte reducción de las dimensiones transversales del conjunto de antenas en el plano focal.

Reemplazando el conjunto completo de antenas de bocina por una agrupación de pequeñas antenas, controlando esta agrupación con una CORPS-BFN; podríamos seguir manteniendo el número de puertos de entrada a pesar de haber incrementado el número de elementos radiantes, al tiempo que podríamos mantener la directividad de cada haz individual, ya que la señal de cada puerto de entrada es extendida, gracias a la CORPS-BFN, a un grupo de elementos radiantes que idealmente pueden cubrir la misma área efectiva que la apertura de una antena de bocina.

La principal ventaja de esta solución es que ahora, la distancia de separación mínima entre dos haces consecutivos no es el diámetro de su apertura física ni tan siquiera del área efectiva de radiación, sino la separación entre dos elementos radiantes de la agrupación utilizada, bastante más pequeños que las aperturas de las bocinas originales.

Introduciendo el concepto de CORPS-BFN al sistema de alimentación, todos los haces pueden estar cerca del punto focal del sistema óptico, disminuyendo significativamente la distorsión del sistema a los haces más externos.

## II. EJEMPLO PRÁCTICO

Vamos a comparar el comportamiento de una CORPS-BFN alimentando una agrupación de pequeñas antenas con su equivalente basado en antenas de bocina.

Las diferentes bocinas, mostradas en la fig. 2, radian una señal diferente, y para poder realizar la comparación vamos a definir una directividad máxima de 20 dB y con nivel de lóbulo lateral de -30 dB.

Podríamos utilizar muchos tipos diferentes de antenas de bocina para conseguir estos haces, pero para este estudio, elegiremos antenas de bocina corrugadas del tipo Choque – Gaussiano (*Choked-Gaussian Corrugated Horn Antenna*) [2],

ya que son una buena alternativa para alcanzar los requerimientos expuestos anteriormente, manteniendo una longitud de antena bastante corta.

De esta forma, basados en las curvas mostradas en al fig. 3, una antena de bocina corrugada de 20 dB de directividad y con un nivel de lóbulos laterales de -30 dB, tendrá un diámetro de apertura de aproximadamente  $5\lambda$  (incluyendo la metalización exterior) y una longitud total de  $5.5\lambda$ .

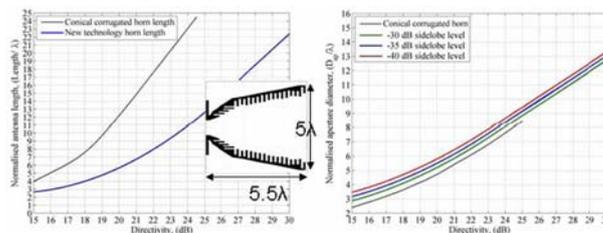


Fig. 3. Curvas de diseño para antenas de bocina Corrugadas y esquema de la antena de bocina diseñada para obtener 20 dB de Directividad y -30 dB de Nivel de Lóbulos Laterales.

Hemos elegido una disposición circular del conjunto de las 7 bocinas, por resultar óptimo en cuanto al área total utilizada. Pese a esta organización óptima de las bocinas, tenemos todas las bocinas circunscritas en un círculo de  $15\lambda$  de diámetro.

Idealmente, trabajando con una distribución de campo perfectamente uniforme, el diámetro de la apertura circular para obtener 20 dB sería de  $3.2\lambda$ , teniendo en cuenta que si se quieren definir lóbulos laterales por debajo de -30 dB, deberíamos considerar un diámetro algo mayor. En cualquier caso, considerando la solución óptima de un campo uniformemente distribuido, el conjunto de 7 antenas de bocina ideales (con distribución uniforme de campo) lo podríamos circunscribir en un círculo de diámetro de aproximadamente  $9.6\lambda$ .

Nosotros compararemos estas dos configuraciones mencionadas con una agrupación de pequeñas antenas alimentadas por una CORPS-BFN, considerando que las amplitudes complejas de cada una de las señales en la capa de elementos radiantes seguirá una forma Binomial [3]. Para definir sistemas comparables (similar directividad de haz), hemos seleccionado una agrupación plana circular de 9 elementos de diámetro separados  $\lambda/2$  para generar cada uno de los haces.

La figura 4 muestra el factor de agrupación para una agrupación circular de 9 elementos de diámetro, separados  $\lambda/2$ . Se puede observar que se consigue definir una directividad aproximada de 20 dB, manteniendo los lóbulos laterales por debajo del nivel de -30 dB.

Considerando las características especiales del comportamiento de una red de formación de haz (BFN) basada en los conceptos de CORPS [3] podemos definir una agrupación circular de 13 elementos de diámetro, tal y como se muestra en la fig. 5. Basados en esta configuración y separando los haces independientes por dos elementos radiantes, podríamos definir hasta 9 áreas de radiación circulares de 9 elementos de diámetro. En la fig. 5 se muestra cómo esta definida cada una de estas áreas de radiación. En total, la separación entre dos haces adyacentes será de una longitud de onda.

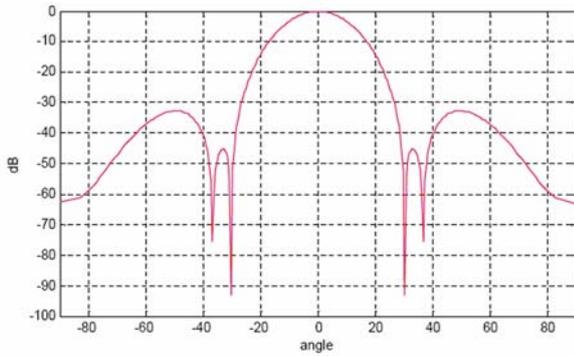


Fig. 4. Factor de Agrupación de una agrupación circular de 9 elementos de diámetro separados  $\lambda/2$ , con una excitación binomial generada con una red CORPS.

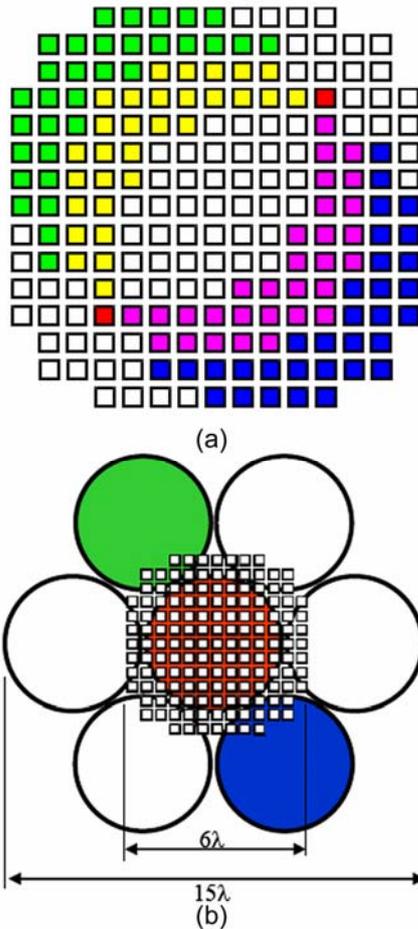


Fig. 5. (a) Agrupación circular plana de 13 elementos de diámetro. En la figura se muestran tres de las nueve posibles áreas de radiación. (b) Comparación del tamaño del conjunto de 7 bocinas con la agrupación de pequeñas antenas alimentadas con una CORPS-BFN.

El área total de una agrupación de antenas con CORPS-BFN es un círculo de diámetro  $6\lambda$ . Tamaño bastante menor que el espacio necesario para alojar las 7 bocinas corrugadas,  $15\lambda$ , y también menor que el espacio necesario para colocar antenas ideales de iluminación uniforme,  $9.6\lambda$ . Estamos alcanzando una reducción significativa en el área total, mejorando la resolución angular del sistema, ya que se mantiene la directividad de los haces, teniéndolos muy cerca unos de otros.

### III. CONCLUSIONES

En este artículo, se ha presentado un ejemplo de una aplicación simple del concepto de CORPS-BFN.

Se muestra un sistema de antena con múltiples haces como una pequeña parte del ojo humano. Mejorando las similitudes entre el sistema de múltiples haces y el ojo humano, las principales características del sistema de antenas pueden ser mejoradas.

### AGRADECIMIENTOS

Este estudio está incluido en el contrato de la ESA: "Multibeam Transmit Antenna System in Ka Band", en unión con la división Espacio de EADS-CASA entre otros colaboradores.

### REFERENCIAS

- [1] D. Betancourt, A. Ibáñez, R. García, C. del Río, "Designing antenna systems with CORPS (Coherently Radiating Periodic Structures)", 28th ESA Antenna Technology Workshop, Mayo de 2005.
- [2] J. Teniente, R. Gonzalo, C. del Río, "State of the Art of Corrugated Horn Antennas that Combine Horizontal and Vertical Corrugations", 11th International Symposium on Antenna Technology and Applied Electromagnetics (ANTEM 2005), Conf. Proceedings, (2005).
- [3] D. Betancourt, C. del Río, "Designing feeding Networks with CORPS: Coherently Radiating Periodic Structures", Microwave and Optical Technology Letters, 48(8), pp. 1599-1602, (2006). H. Kopka and P.W. Daly, *A Guide to LATEX*, 3rd ed., Harlow, England: Addison-Wesley, 1999.