

SINTESIS DE UNA AGRUPACIÓN LINEAL UNIFORME PARA LA CANCELACIÓN DE INTERFERENTES MEDIANTE UNA NOVEDOSA TECNICA METAHEURÍSTICA

Juan Carlos González Islas, David H. Covarrubias Rosales

CICESE. Km 107 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada Baja California.
Cp. 22860, México. Teléfono (646) 1750500 Ext 25429.
e-mail: jgonzal@cicese.mx, dacoro@cicese.mx

RESUMEN

En este trabajo se presenta la síntesis de una Agrupación Lineal Uniforme (ALU) de antenas para generar nulos en el diagrama de radiación, que permitan la cancelación de interferentes ubicados en direcciones preestablecidas. Esto es logrado utilizando computo evolutivo mediante un novedoso algoritmo, bio-inspirado en el comportamiento que las abejas muestran en la naturaleza. Las características deseadas en el diagrama de radiación imponiendo uno, múltiples y un nulo sectorial, se logran controlando solo la amplitud de la corriente de excitación de los elementos de la agrupación de antenas. Finalmente se analizan diversos ejemplos numéricos bajo el concepto de rechazo de interferentes empleando agrupación de antenas en comunicaciones móviles celulares, realizados mediante una simulación por computadora, que demuestran la exactitud, flexibilidad, buen rendimiento en el tiempo de convergencia y adaptación a la optimización multi-objetivo de Algoritmo de Abejas (AA).

Palabras clave: AGRUPACIÓN DE ANTENAS, COMPUTO EVOLUTIVO, COMUNICACIONES MÓVILES CELULARES.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el incremento en la demanda de nuevos servicios y la falta de capacidad de los sistemas de comunicaciones móviles celulares, han impulsado el estudio y desarrollo de dichos sistemas basados en antenas inteligentes, empleando una agrupación de antenas en la estación base, para incrementar su capacidad. Estas técnicas de agrupación de antenas tienen una amplia aplicación en radar, sonar, y en varios sistemas de comunicaciones, mediante las cuales es posible minimizar la degradación de la relación señal a ruido debido a la presencia de interferentes. Por otra parte, el incremento reciente de la contaminación en el ambiente electromagnético ha motivado el estudio de técnicas de generación de nulos en el diagrama de radiación, para conformar un diagrama de radiación directivo hacia un usuario dado y simultáneamente generar nulos para la cancelación de interferentes.[1]

Generalmente los métodos de generación de nulos para el rechazo de interferentes se basan en controlar los pesos complejos (amplitud y fase), solo la amplitud, solo la fase, y solo la posición de los elementos de la agrupación. Controlar solo las amplitudes implica usar un conjunto de atenuadores variables, y si consideramos que las amplitudes de los elementos poseen simetría par alrededor del centro de la agrupación de antenas, el número de atenuadores y el tiempo computacional se reduce a la mitad. En este trabajo se plantea el control de solo amplitud, a través del empleo AA. [4]

La evolución natural ha resuelto muchos retos de la naturaleza conduciendo a soluciones duraderas y ha inspirado logros del ser humano para obtener eficacia en algunos procesos algoritmos. Este trabajo fue desarrollado tomando como base uno de los recientes algoritmos de optimización basados en la inteligencia de enjambre, como los es AA, un método de optimización metaheurística, novedoso, bio-inspirado en el *modus operandi* de las abejas para su búsqueda de alimento en la naturaleza, se usa una población de soluciones la cual evoluciona en cada iteración hacia el óptimo global.[2]

2. ALGORITMO DE ABEJAS PROPUESTO

El algoritmo imita el *modus operandi* de la recolección de alimento que un enjambre de abejas mieleras muestra en la naturaleza. En la versión básica el algoritmo desarrolla un tipo de búsqueda en la vecindad combinada con una búsqueda aleatoria, en la figura 1 se muestra el pseudocódigo del algoritmo de abejas [3].

-
1. Inicializar aleatoriamente la población de abejas exploradoras.
 2. Calcular la aptitud de la población.
 3. Mientras el criterio de paro no sea logrado // formar la nueva población.
 4. Escoger las abejas elite y los sitios elite para la búsqueda en la vecindad
 5. Escoger otros sitios para búsqueda en la vecindad.
 6. Asignar abejas a los sitios seleccionados y calcular su aptitud.
 7. Escoger la abeja con más aptitud de cada sitio.
 8. Reclutar el resto de abejas para una búsqueda aleatoria y calcular su aptitud.
 9. Termina el ciclo.
-

Figura 1. Pseudocódigo del Algoritmo de Abejas.

El algoritmo requiere inicializar los siguientes parámetros: (n) número de abejas exploradoras, (m) número de sitios seleccionados de los n visitados. (e) número de los mejores sitios de los m seleccionados (abejas elite), (nep) número de abejas reclutadas para los e sitios elite, (nsp) número de abejas reclutadas para los ($m-e$) sitios seleccionados, (ngh) tamaño del sitio y se incluye un criterio de paro.

De acuerdo al algoritmo de abejas mostrado en la figura 1, se tiene que este inicia ubicando aleatoriamente las n abejas exploradoras en el espacio de búsqueda. En el paso 2 se determina la aptitud de las abejas exploradoras. En el paso 3 se forma una

nueva población mientras el criterio de paro no haya sido logrado. En el paso 4 las abejas con más alto valor de aptitud son seleccionadas como “abejas elite”. En los pasos 5-7 el algoritmo realiza búsquedas en la vecindad de las abejas elite y de las otras abejas, (se emplean más abejas para buscar en la vecindad de las abejas elite que de las otras abejas), con ellos se realiza una búsqueda más detallada en la vecindad de las soluciones más prometedoras. En el paso 7, solo la abeja con el valor de aptitud más alto será seleccionada de cada sitio para generar la siguiente población de abejas. Esto es necesario para reducir el número de puntos a ser visitados. Con el fin de explorar nuevas posibles soluciones, en el paso 8 el resto de las abejas en la población son asignadas aleatoriamente alrededor del espacio de búsqueda. Estos pasos son repetidos hasta que el criterio de término sea satisfecho.

3. FORMULACIÓN MATEMÁTICA

Un agrupación de antenas se define como el conjunto de elementos radiantes individuales, alimentados por una terminal común, mediante una red lineal, agrupados de tal manera que nos permitan obtener un diagrama de radiación determinado. En la figura 1 se muestra el diagrama de incidencia de una onda en una ALU.[4]

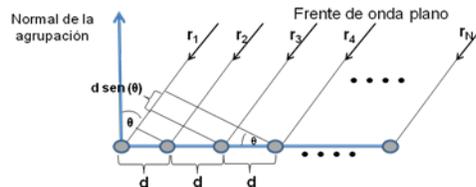


Figura 2. Diagrama de incidencia de un frente de onda, en campo lejano en una agrupación lineal uniforme ALU

Donde θ es el ángulo en modo transversal a la agrupación, d es el espaciamiento entre elementos y está dado en términos de longitud de onda y r es la distancia de la agrupación a la fuente. El diagrama de radiación de una ALU en campo lejano cuyos elementos son iguales, irradian de forma isotrópica y están orientados en la misma dirección. Es representado por el Factor de Agrupación (FA), el cual puede ser obtenido mediante:

$$FA = \sum_{n=1}^N x(t) e^{j(n-1)(\alpha + kd \sin \theta)} \quad (1)$$

Donde, N es el número de elementos de la agrupación, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ es el vector de onda. y $x(t)$ es el conjunto de excitaciones en cada uno de los elementos. Si consideramos que las amplitudes de los elementos presentan una simetría con respecto al centro de la

agrupación [1], el FA de esta agrupación con un número par ($2N$) de elementos isotrópicos está dado por:

$$FA_{2N} = 2 \sum_{n=1}^N a_n \cos(k d_n \sin \theta) \quad (2)$$

Donde, d_n es la distancia que existe entre cada uno de los elementos de la agrupación y el centro de la misma y a_n son las excitaciones de amplitud del n -simo elemento. Dado el objetivo este trabajo centra su atención en encontrar el conjunto de amplitudes a_n en (2) que permitan satisfacer las características deseadas en el diagrama de radiación. De tal manera, utilizamos el método de la suma ponderada usado para resolver un Problema de Optimización Multi-Objetivo (POMO) y planteamos encontrar la solución óptima al minimizar la siguiente función costo a través del AA.

$$f_{\text{costo}} = \zeta |BWFN_o - BWFN_d| + \sum_{\theta=-90^\circ}^{90^\circ} [\beta |FA_o(\theta) - FA_d(\theta)| + \alpha(\theta)] \quad (3)$$

Donde: $BWFN_o$, $BWFN_d$, $FA_o(\theta)$ y $FA_d(\theta)$ son, respectivamente, el ancho del lóbulo principal al primer nulo obtenido usando AA. el ancho del lóbulo principal del diagrama deseado, el diagrama de radiación obtenido por AA. y el diagrama deseado. $\beta(\theta)$, $\alpha(\theta)$ y ζ , son los pesos incluidos en la función costo para controlar la profundidad del nulo, el máximo nivel de lóbulo lateral y el mínimo ancho de haz del lóbulo principal, respectivamente.

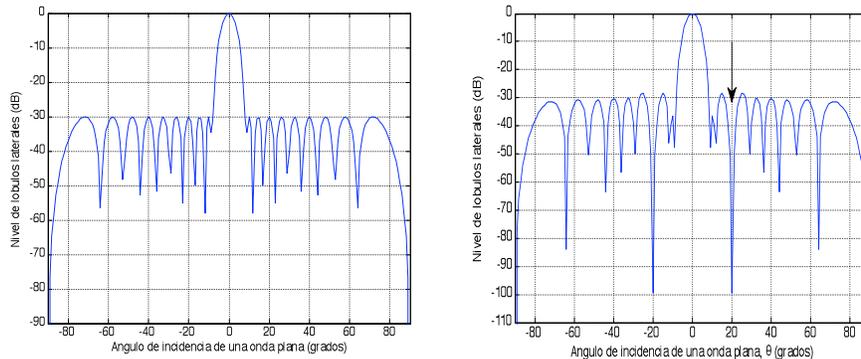
4. RESULTADOS NUMÉRICOS

A continuación se muestran los resultados numéricos obtenidos por AA, mostrando la capacidad de este algoritmo para direccionar uno, varios y un nulo sectorial, en direcciones preestablecidas, controlando solo las amplitudes de excitación de los elementos de una ALU. En todas las figuras se muestra una representación cartesiana del diagrama de radiación en modo transversal de una ALU.

Para encontrar los siguientes resultados se eligieron los siguientes parámetros $n=500$, $m=10$, $e=5$, $nsp=30$, $nep=50$, $ngh=0.01$. Los valores fueron elegidos heurísticamente y verificados bajo un estudio paramétrico de los mismos. La simulación de los resultados de todos los ejemplos fueron realizadas entre 2 y 3 minutos en una computadora personal con un procesador de 2900 MHz, esto es suficiente para obtener diagramas de radiación con un rendimiento deseado dentro del promedio.

En la figura 3a se muestra el diagrama obtenido mediante la síntesis de Chebychev para una agrupación de 20 elementos de antena con un espaciamiento entre elementos de $\lambda/2$, el cual es utilizado como el diagrama inicial. La síntesis de Chebychev permite obtener un mínimo ancho de haz de lóbulo principal dado un máximo nivel de lóbulos

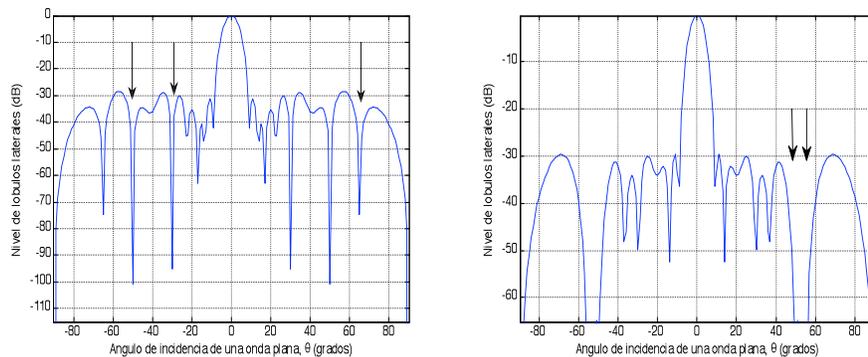
laterales, en este caso 30 dB. En la figura 3b, se muestra el diagrama de radiación obtenido por AA para un interferente ubicado espacialmente en $\theta_i=20^\circ$.



a) b)

Figura 3. a) diagrama de radiación inicial Chebychev (30 dB), b) diagrama de radiación con un nulo ubicado en 20° .

En todas las figuras se cuantifica el lóbulo principal referente a la ubicación del primer nulo, por su siglas en ingles BWFN y en las figuras 3 y 4 esté se mantiene de 18° correspondiente al ancho diagrama inicial. La simetría presentada del diagrama de radiación respecto al lóbulo principal en las figuras 3 y 4 al lóbulo principal es porque el cálculo del FA de la agrupación utiliza la propiedad de simetría respecto al centro de la agrupación. La profundidad del nulo es controlada a través del peso correspondiente, en la figura 3b se muestra una profundidad obtenida de 100 dB. Para mostrar la flexibilidad de AA, en la figura 4a se muestra la ubicación de múltiples nulos.



a) b)

Figura 4. a) Diagrama de radiación con tres nulos ubicados en -30° , -50° y 65° , b) diagrama de radiación con un nulo sectorial de 7° centrado en 53° ,

Se observa en las figuras mostradas que los diagramas obtenidos conservan las características del diagrama inicial, con una pequeña diferencia debida al compromiso que existe entre el número de interferentes y la ubicación de los mismos; Sin embargo,

el rendimiento otorgado es bueno para el propósito que se plantea. En ocasiones es posible que no se conozca con precisión la ubicación del interferente o está varié ligeramente en función del tiempo y se requiera mantener una buena relación señal-ruido, es factible ubicar nulos con un ancho sectorial para garantizar la cancelación del interferente, En la figura 4b se observa la colocación de un nulo sectorial $\Delta\theta=7^\circ$.

5. TRABAJO FUTURO

El trabajo a futuro tiene como objetivo realizar la síntesis del diagrama de radiación de una ALU controlando los pesos complejos de cada uno de los elementos, es decir la amplitud y fase de los elementos en el FA. Otro de los objetivos es seguir trabajando bajo los mismos esquemas con otro algoritmo bio-inspirado como lo es Optimización con Colonia de hormigas y así poder comparar sus prestaciones con AA.

6. CONCLUSIONES

En este trabajo el algoritmo de abejas fue usado para la cancelación de interferentes de una ALU controlando solo la amplitud. Los resultados numéricos muestran que el AA. es capaz de sintetizar uno, múltiples y un nulo sectorial en cualquier dirección preestablecida, mientras se mantienen las características del diagrama inicial de Chebychev lo más cercano posible. El algoritmo de abejas puede ser fácilmente implementado para agrupaciones con geometrías más complejas o bien para elementos no isotrópicos, ya que no se requieren funciones matemáticas muy complicadas.

Por otra parte se ha mostrado que el cómputo evolutivo, puede ser usado como una alternativa fiable a las técnicas analíticas para resolver problemas multidimensionales y multi-objetivo de síntesis electromagnética, teniendo un desempeño adecuado para el problema de ingeniería de antenas para la síntesis del diagrama de radiación de agrupación de antenas.

7. REFERENCIAS

- [1] Balanis C.A., "Antenna theory: analysis and design", 3ª Ed., John Wiley & Sons. 2005
- [2] Bar-Cohen Yoseph, "Biomimetics using nature to inspire human innovation," Institute of Physics Publishing, 2006.
- [3] Pham, D. T., A. Ghanbarzadeh, E. Koc, S. Otri, S. Rahim, and M. Zaidi, "The bees algorithm — a novel tool for complex optimisation problems," *Proc. 2nd Int Virtual Conf. on Intelligent Production Machines and Systems (IPROMS 2006)*, Oxford, Elsevier, 2006.
- [4] Rappaport T.S y Liberti J. 1999, "Wireless Smart Antennas for Wireless Communications: IS-95 and Third Generation CDMA Applications", 1ª Ed., Prentice Hall, New Jersey.