

DISEÑO OPTIMIZADO DE UN TERMINAL DE ANTENA PARA LAS ESTACIONES BASE DE LAS REDES RADIO DE ÁREA LOCAL

Manuela García Marín Daniel Segovia Vargas Carlos Bousoño Calzón Carlos Martín Pascual

Departamento de Tecnologías de las Comunicaciones Universidad Carlos III de Madrid mgarcia@tsc.uc3m.es	Departamento de Tecnologías de las Comunicaciones Universidad Carlos III de Madrid dani@tsc.uc3m.es	Departamento de Tecnologías de las Comunicaciones Universidad Carlos III de Madrid cbousoño@tsc.uc3m.es	C.S.I.C.; Departamento de Tecnologías de las Comunicaciones Universidad Carlos III de Madrid cmartinp@tsc.uc3m.es
---	--	--	--

RESUMEN

En este artículo se presenta el diseño de una antena de haces múltiples conmutados para las futuras redes radio de área local. Como antena para la estación base se ha propuesto un array cilíndrico de parches circulares. El diseño se ha realizado aplicando dos metodologías: síntesis mediante análisis (método convencional) y síntesis mediante algoritmos de optimización local.

1. INTRODUCCIÓN

Recientemente, las redes radio de área local (*WLAN*, *Wireless LAN*) están despertando gran interés como alternativa a las convencionales. Las *WLAN* son de gran interés, ya que suponen un ahorro desde el punto de vista de despliegue, mantenimiento y actualización. En las *WLAN* se busca aumentar la capacidad del sistema a través de la antena de la estación base mediante la separación espacial de usuarios (*SDMA*, *Spatial-Division Multiple Access*). Para ello, aquí se propone la utilización de una antena de haces múltiples conmutables, descartando el uso de antenas adaptativas, al ser una solución excesivamente costosa y compleja para una aplicación con un escenario prácticamente fijo. Como terminal de antena del sistema de haces conmutados se ha propuesto un array cilíndrico de parches circulares, ya que ofrece la posibilidad de dar una cobertura de 360° en acimut al mismo tiempo que permite la creación de haces directivos en una dirección arbitraria. Se ha elegido como radiador primario las antenas impresas tipo parche, por su bajo coste de fabricación, su poco peso y su facilidad de conformado sobre superficies. El array cilíndrico genera k haces equiespaciados sobre los 360° de acimut. Todos estos haces tienen el mismo diagrama de radiación, lo que supone una simplificación desde el punto de vista de diseño, ya que basta diseñar el sector activo correspondiente a un haz para tener caracterizado el array completo.

2. MÉTODO DE ANÁLISIS

Para realizar el diseño del array cilíndrico se ha desarrollado un software de análisis basado en [1]. Debido a la escasa fiabilidad

asignable a la predicción de los acoplos mutuos en arrays conformes, el software realizado analiza arrays poliédricos sin acoplos mutuos. La herramienta de análisis, define un sistema de coordenadas global $(x,y,z) \approx (\rho,\varphi,\theta)$ y un sistema de coordenadas local a cada radiador $(x_i, y_i, z_i) \approx (\rho_i, \varphi_i, \theta_i)$ [1], calculando el campo radiado por el array en la dirección (θ, φ) a partir de la contribución de cada radiador a esa dirección:

$$\mathbf{E}(\theta, \varphi) = \sum_{i=1}^N A_i e^{j\delta_i} e^{jk(x_{oi}\sin\theta\cos\varphi + y_{oi}\sin\theta\sin\varphi + z_{oi}\cos\theta)} \mathbf{E}(\theta_i', \varphi_i') \quad (1)$$

donde k es la constante de propagación, $A_i e^{j\delta_i}$ es la excitación compleja del radiador i -ésimo, (θ_i', φ_i') es la dirección de radiación expresada en las coordenadas locales y $\mathbf{E}(\theta_i', \varphi_i')$ es la contribución de cada radiador expresada en el sistema de referencia global.

3. DISEÑO DE UN ARRAY CILÍNDRICO SECTORIAL

El diseño del array se ha realizado aplicando dos metodologías de diseño distintas: el análisis recurrente de la variación de los parámetros de diseño y la aplicación de algoritmos de optimización convencionales. Para realizar el diseño se han fijado unas especificaciones para el diagrama de radiación. En el plano ecuatorial: anchura de haz a 3dB (BW) de 10°, nivel de lóbulos secundarios (SLL) menor de -20dB y nivel de polarización cruzada (entre el máximo y los puntos a 3dB) menor de -30dB (XCP); En el plano meridiano: apuntamiento variable entre 0 y -6°.

Los parámetros de diseño a determinar para el array cilíndrico sectorial han sido: el radio del cilindro (R_c), el número de radiadores activos en cada plano (filas: N , columnas: M), la separación física entre radiadores (d) y la excitación de los radiadores (Amplitud y fase). El radiador elemental utilizado ha sido un parche circular trabajando en modo fundamental (TM_{11}) a la frecuencia de 2.32GHz con polarización circular a derechas. Se trata de un parche ideal construido sobre un sustrato de permitividad ligeramente superior a 1 (espuma).

El diseño se ha realizado analizando separadamente los dos planos principales del array, prestando especial interés al plano ecuatorial, ya que este se ve afectado por la curvatura de la estructura conforme.

El array sectorial obtenido mediante el análisis recurrente es el siguiente: un array 5x8 (5 filas y 8 columnas) sobre un cilindro de radio 6.5λ , con una separación axial y azimutal entre radiadores de 0.8λ . La distribución de fase de alimentación en cada fila es una *excitación cofásica*[2] (para compensar el desfase por distancia de cada radiador), existiendo un desfase máximo entre filas de 30° para conseguir el apuntamiento de -6° . La distribución de amplitud obtenida para cada fila del sector ha sido: [0.42 0.65 1 1 1 0.65 0.42]; a este resultado se ha llegado analizando dos distribuciones de amplitud en función del radio del cilindro y los parámetros de las distribuciones: $[x^2 \times 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ x^2]$ con $x \in (0,1)$ y la distribución coseno sobre pedestal $(A(\phi_i) = 0.5 + \cos(\phi_i)^m)$, siendo ϕ_i la posición acimutal de cada radiador y $m > 1$).

El segundo método de diseño utilizado ha sido la aplicación de un algoritmo de optimización local. Se ha aplicado este tipo de algoritmos porque son más rápidos (en cuanto a tiempo de ejecución) que los algoritmos globales y porque las funciones involucradas en este problema son funciones analíticas. El diseño del array se puede clasificar, desde el punto de vista de optimización, como un problema de optimización no lineal con restricciones derivadas de las especificaciones de diseño. Para solucionar este problema se ha utilizado un método de optimización no lineal con restricciones, conocido como *método Sequential Quadratic Programming (SQP)* [3]. Este algoritmo se ha aplicado únicamente al diseño del array en el plano ecuatorial, tomando como parámetros a optimizar los indicados anteriormente a excepción de la fase de alimentación, la cual se ha fijado a priori como excitación cofásica. Para la aplicación del algoritmo de optimización se ha definido una función de coste a minimizar (tomando como parámetros a optimizar el BW, el SLL y el XCP):

$$C(\mathbf{x}) = \alpha_1 f_1 + \alpha_2 f_2 \quad \text{donde:} \quad (2)$$

$$f_1(\mathbf{x}) = \beta_1 \left(\frac{BW(\mathbf{x}) - BW_0}{BW_0} \right)^2 + \beta_2 \left(\frac{sll(\mathbf{x})}{sll_0} \right)^2 + \beta_3 \left(\frac{xcp(\mathbf{x})}{xcp_0} \right)^2 \quad (3)$$

$$f_2 = \begin{pmatrix} R_c \\ R_{c_0} \end{pmatrix} \quad (4)$$

donde $BW_0 = 10$, $sll_0 = 10^{-1}$, $xcp_0 = 10^{-1.5}$, $R_{c_0} = 6.5\lambda$ y \mathbf{x} es el vector de parámetros de diseño.

El mejor mínimo al que se ha llegado con la optimización ha sido semejante al obtenido con el método convencional, diferenciándose únicamente en la distribución de amplitud de cada fila: [0.34 0.72 0.91 1 1 0.91 0.72 0.34]. Esta variación implica una ligera mejora del SLL con respecto al diseño anterior.

En las Figuras 1 y 2 se muestra el diagrama de radiación en los planos principales para el array sectorial 5x8 obtenido: $R_c = 6.5\lambda$, $d = 0.8\lambda$, amplitud por fila = [0.34 0.72 0.91 1 1 0.91 0.72 0.34] y excitación cofásica para la fase de alimentación de cada fila (con desfase de 30° entre fila). Este diseño implica la utilización de 51 radiadores en cada fila, para el array total, con un total de 255 radiadores en el array bidimensional.

4. CONCLUSIONES

La aplicación de métodos de optimización al diseño del array ha mostrado que se trata de un problema con múltiples mínimos locales, aunque todos ellos equivalentes en prestaciones. Esto ha hecho que la elección entre mínimos venga determinada por el precio del sistema. Esto también permite pensar que la aplicación de algoritmos globales de optimización no ofrecerá mejoras apreciables. Finalmente, se quiere resaltar que el método de síntesis tradicional se acerca suficientemente a las prestaciones obtenidas con la optimización.

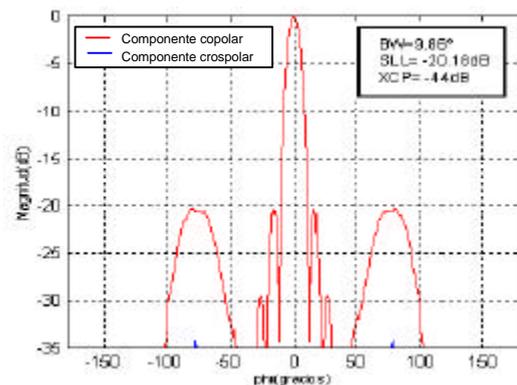


Fig.1. Diagrama de radiación en el plano ecuatorial

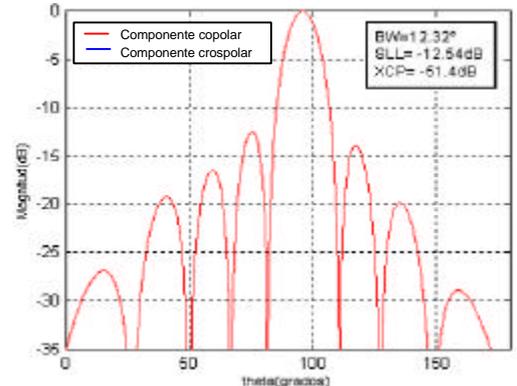


Fig.2. Diagrama de radiación en el plano meridiano

5. REFERENCIAS

- [1] M. Hernanz Mínguez y M. J. Fernández Díez. "Description of the program CYLCON". Centro de física aplicada 'Leonardo Torres Quevedo', Instituto de electrónica de comunicaciones, 1987.
- [2] A.W. Rudge, K. Milne, A.D. Olver, P. Knigh. "The handbook of antenna design, Vol. 2". Cap.11 y 12. IEE Electromagnetic waves series, 1983.
- [3] May Ann Branch and Andrew Grace. 'MATLAB: Optimization Toolbox user's Guide'. The Math Works, 96.
- [4] Manuela García Marín. "Diseño optimizado de arrays poliédricos". Proyecto Fin de Carrera. Universidad Carlos III de Madrid. 2001.