

TÉCNICA DE OPTIMIZACIÓN DEL ANCHO DE BANDA EN UNA ANTENA PIFA

Carlos A. Suárez F.

Universidad Sergio Arboleda, Bogotá D.C, Colombia, carlosart.suarez@usa.edu.co

Adriana Páez Pino

Universidad Sergio Arboleda, Bogotá D.C, Colombia, adriana.paez@usa.edu.co

José O. Gómez Sará

Universidad Distrital "F. J. C", Bogotá D.C, Colombia, jogoorsa@gmail.com

Miguel Ferrando Bataller

Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, mferrand@com.upv.es

RESUMEN

Este artículo presenta un novedoso diseño de antena PIFA utilizando excitadores de banda ancha. Mediante la configuración del excitador presentado, la antena construida muestra un amplio ancho de banda de impedancia cercano al 48.34%, (1,619GHz a 2,619GHz), para un VSWR ≤ 2.0 y un 21.74%. (3,28GHz a 4,08GHz), el cual es mayor que el ancho de banda obtenido utilizando la excitación tradicional mediante el conductor central del cable coaxial. El prototipo construido permite cubrir simultáneamente los sistemas PCS (1710-1880MHz), GSM (1850-1990MHz), UCDMA (1920-2170MHz), UMTS (1920-2170MHz), Wi-Fi, 2,4GHz, IEEE 802.11b, Bluetooth, WiMAX (2,3–2,5 GHz) y (3,4–3,5 GHz). Los diagramas de radiación obtenidos son razonablemente omnidireccionales, deseable en aplicaciones de telefonía móvil.

Palabras clave: Antenas PIFA, antenas de banda ancha, antenas para terminales móviles.

ABSTRACT

This paper presents a novel broadband design of a planar inverted-F antenna (PIFA) using wideband feeder. With the use of the presented feeding configuration, the PIFA antenna constructed shows a measured wide impedance bandwidth of about 48.34%, (1,619GHz to 2,619GHz), for VSWR ≤ 2.0 and 21.74%. (3,28GHz to 4,08GHz), which is larger than the bandwidth obtained using a traditional wire-fed PIFA. A constructed prototype is enough to simultaneously cover PCS (1710-1880MHz), GSM (1850-1990MHz), UCDMA (1920-2170MHz), UMTS (1920-2170MHz), Wi-Fi, 2,4GHz, IEEE 802.11b, Bluetooth, WiMAX (2,3–2,5 GHz) and (3,4–3,5 GHz) systems. Radiation patterns are reasonably omnidirectional, that is suitable for mobile telephone applications.

Keywords: PIFA, wideband antennas, mobile handset antennas.

1. INTRODUCCIÓN

El extraordinario desarrollo de los sistemas de comunicaciones móviles, que ofrecen día a día una gran variedad de nuevos servicios, así como la multiplicidad de estándares que operan actualmente en el mundo, ha generado la necesidad de diseñar nuevas antenas de reducido tamaño tanto en las estaciones base como en los terminales móviles, las cuales deben poseer altas prestaciones y bajo costo. Dentro de las características deseables en las nuevas antenas tendientes a satisfacer las necesidades actuales del mercado, se requiere el diseño de antenas con ancho de banda grande o múltiple resonancia, las cuales deben soportar las exigencias de los nuevos servicios en

cuanto al ancho de banda, así como la multiplicidad de estándares. De igual manera se hace necesario implementar la doble polarización, lo cual permite la reutilización de frecuencias, así como la utilización de la técnica de diversidad de polarización, para lo cual se puede optar por antenas con excitación múltiple en doble polarización. Estos nuevos diseños deben satisfacer las especificaciones técnicas exigidas al igual que las restricciones en sus costos de fabricación.

La antena plana F invertida (PIFA), continúa mostrándose ante los diseñadores como una interesante alternativa para su utilización en terminales móviles por su facilidad de integración en los modernos terminales de reducido tamaño, así como por sus prestaciones y bajo costo. Estas ventajas de las antenas PIFA, han despertado el interés de diversos investigadores principalmente en aspectos como el mejoramiento de su ancho de banda, su posible aplicación en sistemas multibanda, sus métodos de estudio, la posibilidad de adicionar elementos reactivos para sintonizarla a diversas frecuencias y más recientemente su aplicación en sistemas con dualidad de polarización y en antenas reconfigurables.

El objetivo propuesto en este estudio es el de diseñar una antena PIFA de banda ancha, para lo cual se optimizará la geometría del excitador junto con la geometría total de la antena. En este estudio no se recurrirá a otras de las técnicas disponibles en el diseño de este tipo de antenas dentro de las que podemos mencionar las siguientes: resonancia múltiple mediante la adición de cintas parásitas, diseño de elementos parásitos como ranuras en la placa principal y/o en el plano de masa, antenas con carga capacitiva, uso de placas apiladas, las cuales pueden ser ranuradas o sin ranurar, excitación capacitiva o combinaciones de todas las técnicas expuestas.

El ancho de banda de operación de diversas antenas se ve seriamente influenciado por el método de excitación utilizado como se nota en (Antonio et al., 2003a), donde se aplica el principio de la doble alimentación para un monopolo plano con geometría cuadrada, obteniendo un ancho de banda de 1.3 a 6.9 GHz para un $VSWR \leq 2$. Este mismo principio es utilizado posteriormente en (Wong et al., 2005) para un monopolo cuadrado de similares características, cambiando ligeramente el procedimiento de la doble alimentación respecto al propuesto en (Antonio et al., 2003a), pero con un incremento del ancho de banda de 1.4 a 11.4GHz.

De igual manera, la aplicación del procedimiento de la múltiple alimentación en las antenas PIFA ha generado buenos resultados como se nota en (Suárez et al., 2005), donde se logra el mejoramiento del ancho de banda de una PIFA mediante el apropiado diseño del alimentador así como de la geometría total de la antena. En este análisis se estudiaron tres tipos de alimentadores como son: la alimentación clásica mediante una cinta, una alimentación con doble brazo y una alimentación de tres brazos. En investigaciones posteriores realizados por los mismos autores, logran un incremento importante del ancho de banda de esta antena mediante la utilización de un excitador de banda ancha de tres brazos y la adición de láminas laterales para reducir el tamaño total de la antena inicial, logrando un ancho de banda medido en prototipo construido de 911MHz (47.1% a 1988MHz para un $VSWR \leq 2$), en el rango de frecuencias de 1,48GHz a 2,38GHz para pérdidas de retorno inferiores a -10dB. Si la referencia es de -6dB, se obtiene un ancho de banda medido total de 2202MHz (1288-3490MHz para un $VSWR \leq 3$).

Por otra parte en (Feick et al., 2004) se realiza un estudio del comportamiento de este tipo de antenas frente al cambio en la geometría del alimentador, obteniendo en el mejor de los casos un ancho de banda del 25% para un $VSWR \leq 2$. En este artículo se presentan los resultados obtenidos para 6 PIFAS, cada una con una geometría diferente tanto en la antena como en el alimentador, incluyendo el clásico método de alimentación mediante el conductor central del cable coaxial. De esta investigación se extrae que el mejor resultado es logrado con un alimentador denominado Bi-triangular, con el cual se puede obtener un ancho de banda del 25%.

Recientemente, en (Antonio et al., 2003a), (Antonio et al., 2003b) se utiliza la teoría de modos característicos (Harrington et al., 1971), en el diseño de antenas. La investigación reportada en (Antonio et al., 2003a) plantea un estudio de los modos asociados a un monopolo cuadrado plano y en (Antonio et al., 2003b) se investigan los modos asociados a una antena PIFA. De igual manera, los estudios realizados en (Antonino et al., 200c) muestran que el comportamiento de una antena PIFA mejora notablemente mediante el uso de una alimentación con una geometría apropiada capaz de forzar las corrientes horizontales en la estructura. En (Diallo et al., 2006), (Ciais et al., 2004) se plantea una nueva alternativa para mejorar el ancho de banda de las antenas PIFAS mediante el

diseño de dos antenas con diferentes resonancias excitadas independientemente, presentando una solución al problema del acoplamiento.

Otra alternativa reportada en la literatura es la de utilizar cargas reactivas (Kivecas et al., 2002) agregadas a la antena con el objeto de sintonizarla a las frecuencias deseadas. Este mismo principio fue utilizado en (Antonino et al., 2006d) para generar antiresonancias en una antena diseñada para aplicaciones en UWB, con el objeto de eliminar interferencias no deseadas en ciertos rangos de frecuencias dentro del ancho de banda total de operación de la antena.

El objetivo de esta investigación es la de mejorar los resultados presentados en (Suárez et al., 2005) y las posteriores investigaciones (no reportadas) llevadas a cabo por los mismos investigadores, hasta lograr un ancho de banda superior al 40%, para pérdidas de retorno de -10dB en el rango de frecuencias asignadas para los servicios de telefonía móvil en las siguientes bandas: PCS (1710-1880MHz), GSM (1850-1990MHz), UCDMA (1920-2170MHz) y UMTS (1920-2170MHz), de igual manera debe operar en las bandas de servicios inalámbricos como: Wi-Fi, 2,4GHz, IEEE 802.11b, Bluetooth, WiMAX en los rangos de 2.3–2.5 GHz y en el rango de 3.4–3.5 GHz, para un ancho de banda mínimo total en el intervalo de 1710MHz a 3700MHz. Su tamaño debe ser apropiado para utilizarla dentro de un Terminal móvil, los diagramas de radiación deben ser omnidireccionales y la impedancia de entrada debe ser de 50Ω .

2. ESTRUCTURA DE LA ANTENA Y DISEÑO

Como se desprende de las investigaciones reportadas en (Suárez et al., 2005) y en las posteriores investigaciones (no reportadas), el uso de excitadores de banda ancha inciden de una manera importante en el ancho de banda de una antena. En particular se determina que el excitador de tres brazos genera una distribución de corrientes más intensa, uniforme y en el mismo sentido sobre diversos sectores de la antena como se nota en la Figura 1. Este diseño presenta una serie de inconvenientes dentro de los que podemos mencionar el hecho que su ancho de banda es reducido para las necesidades propuestas en esta investigación y su tamaño es grande. El uso de los excitadores de banda ancha propuestos ocasiona de igual manera la excitación de un segundo modo de alta frecuencia, el cual puede ser utilizado para los servicios en la banda alta que se desean atender, el problema es que dicho modo debe generar una resonancia lo más cercana posible a la resonancia del modo de baja frecuencia para que los diagramas de radiación del segundo modo posean las características deseadas.

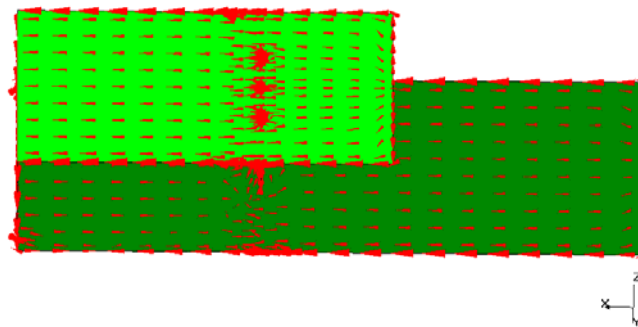


Figura 1: Distribución de corrientes en la PIFA con excitador de banda ancha

El ensanchamiento de la placa superior de la antena permite incrementar el ancho de banda de la primera resonancia, pero por otra parte incrementa las dimensiones finales de la misma, este inconveniente se soluciona doblando los tramos de lámina que sobrepasan el plano de masa a 90° (hacia abajo). La figura 2 muestra la fotografía de un segundo diseño mejorado cuya geometría está constituida por un plano de masa de $77 \times 38 \text{ mm}^2$, una placa superior de $46 \times 38 \text{ mm}^2$, las anteriores placas están unidas por una tercera de $12 \times 38 \text{ mm}^2$, así mismo se adicionan dos placas laterales de dimensiones $6 \times 25 \text{ mm}^2$ ubicadas a partir del elemento de corto que une el plano de masa y la placa superior.

Los resultados de las simulaciones contra los valores medidos se muestran en la figura 3, de la cual se nota un ancho de banda de 911MHz (47.1% a 1988MHz para un $VSWR \leq 2$), en el rango de frecuencias de 1,48GHz a 2,38GHz para pérdidas de retorno menores que -10dB. Por otra parte, si la referencia es de -6dB se obtiene un ancho de banda medido total de 2202MHz (1288-3490MHz para un $VSWR \leq 3$).

Esta segunda solución sigue con el problema que su ancho de banda no es el requerido y que por otra parte sus dimensiones continúan siendo grandes, para lo cual se procedió a una tercera optimización.

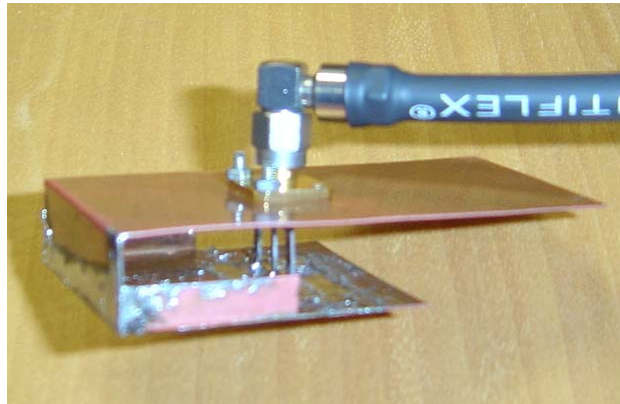


Figura 2: Modelo de PIFA modificado

El procedimiento utilizado para optimizar el segundo modelo de antena PIFA mostrado en la figura 2, fue el de lograr acentuar la segunda resonancia de alta frecuencia para que ocurriera a una frecuencia más baja, de tal manera que sea cercana a la resonancia de baja frecuencia (2 GHz), para lo cual se redujo el ancho total de la antena incluido el plano de masa, debiendo reformar algunas de las dimensiones restantes.

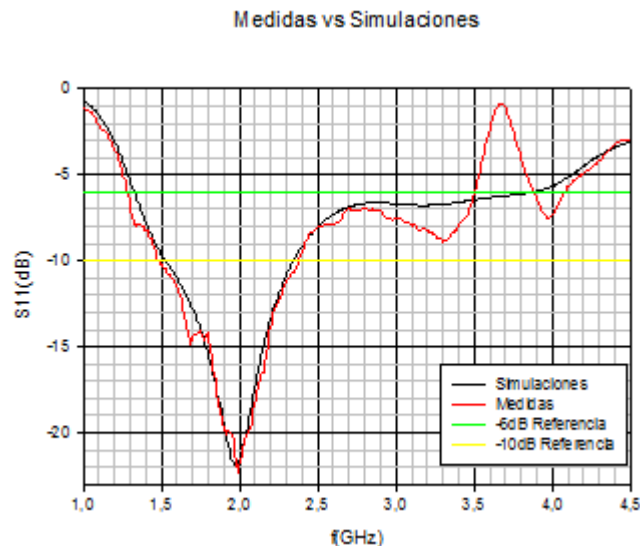


Figura 3: Resultados de las simulaciones de modelo intermedio contra los valores medidos

La figura 4 muestra una fotografía del diseño final de la antena propuesta en este artículo y en la figura 5 se muestra los resultados de las simulaciones junto con los de las medidas realizadas sobre un prototipo construido.

El ancho de banda medido sobre el segundo prototipo construido presenta una primera resonancia con un ancho de banda resultante de 1GHz (48.34% a 2110MHz para un $VSWR \leq 2$), en el rango de frecuencias de 1,619GHz a 2,619GHz para pérdidas de retorno inferiores a -10dB. Por otra parte, si la referencia es de -6dB se obtiene un ancho de banda medido total de 2930MHz (1370-4300MHz para un $VSWR \leq 3$). La segunda resonancia presenta un ancho de banda medido de 800MHz para perdidas de retorno de -10dB en el rango de frecuencias de 3,28GHz a 4,08GHz, para un ancho de banda adicional del 21,74%.



Figura 4: Modelo de PIFA final

El modelo optimizado de PIFA mostrado en la figura 4 cumple con las especificaciones deseadas y posee las dimensiones siguientes: plano de masa $77 \times 23 \text{ mm}^2$, placa superior de $48 \times 23 \text{ mm}^2$, estas dos placas están unidas por una tercera de $12 \times 23 \text{ mm}^2$, de igual manera el modelo incluye dos placas laterales con dimensiones $6 \times 25 \text{ mm}^2$ y la geometría del excitador de banda ancha utilizado en este diseño se muestra en la figura 6. El diseño, análisis paramétrico y optimización de las estructuras desarrolladas en este artículo fue realizado mediante código numérico basado en el método de los momentos.

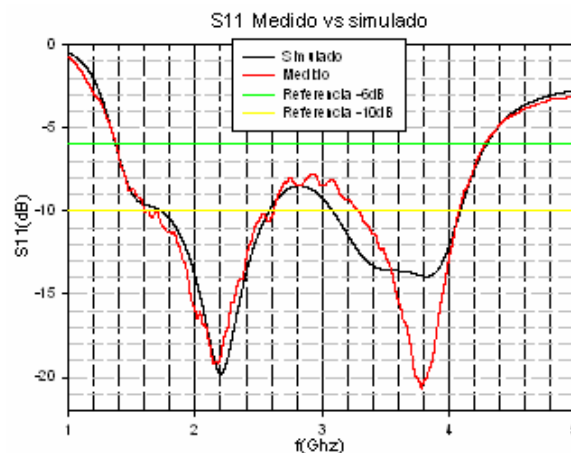


Figura 5: Resultados de las simulaciones de modelo final contra los valores medidos

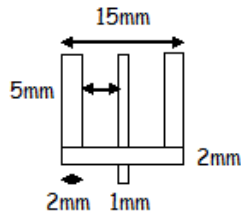


Figura 6: Geometría del excitador

3. CONCLUSIONES

Mediante análisis paramétricos se ha estudiado el comportamiento de una antena PIFA frente a las geometrías del alimentador y de la placa superior de la antena, con lo cual se logró obtener dos resonancias con los siguientes anchos de banda: una primera resonancia con el 48,34% a 2110MHz para un $VSWR \leq 2$ y una segunda resonancia con un ancho de banda del 21,74%, a 3.68GHz. De igual manera en este diseño se adicionaron dos placas laterales que en conjunto con la placa superior logran una resonancia en baja frecuencia con el ancho de banda deseado. El ancho total de la antena fue diseñado de tal manera que optimiza la segunda resonancia en alta frecuencia.

REFERENCIAS

- Antonino, E., Cabedo, M., Ferrando M. and Valero, A (2004). "Novel Wide-band Double-fed Planar Monopole Antennas". *Electronics Letters*, Vol. 39, pp 1635-1636.
- Wong, K. L., Wu C. H. and Su S. W. (2005). "Ultrawide – Band Square Planar Monopole Antenna With a Trident-Shaped Feeding Strip", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. 53, No. 4, pp 1262-1269.
- Suárez C., Ferrando M., Antonino E. and Chuliá M. (2005). "Antena PIFA para aplicaciones en UWB", *Memorias del Simposio URSI 2005*, Gandía (Valencia), España.
- Feick, R., Carrasco H., Olmos M. and Hristov H. D. (2004). "PIFA input bandwidth enhancement by changing feed plate silhouette" *IEE, Electronics Letters*, vol. 40, No. 15, pp.1235-1236.
- Antonino, E., Cabedo, M., Ferrando M. and Valero, A (2004). "Acoplamiento de modos resonantes en terminales móviles", *Memorias Simposio URSI 2004*, Barcelona, España.
- Harrington, R. F. and Mautz J. R. (1971). "Theory of characteristic modes for conducting bodies", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-19, pp. 622-628.
- Antonino, E., Suárez, C., Cabedo, M. and Ferrando, M., (2006). "Wideband antenna for mobile Terminals based on the handset PCB reconance", *Microwave and optical technology letters*, vol. 48, No. 7, pp. 1408-1411.
- Diallo, A., Luxey, C., Le Thuc, P., Staraj, R., and Kossiavas, G., (2006). "Reduction of the Mutual Coupling Between Two Planar Inverted-F Antennas Working in Close Frequency Bands", *ISSN 0005–1144 ATKAAF 47(3–4)*, pp. 113–120.
- Ciais, P., Staraj, R., Kossiavas, G., and Luxey, C. (2004), "Design of an Internal Quad-Band Antenna for Mobile Phones", *IEEE microwave and wireless components letters*, vol. 14, No. 4.
- Kivekas, O., Ollikainen, and Vainikainen, J. (2002). "Frequency tunable internal antenna for mobile phones", *Proceedings of 12th International symposium on antennas (JINA 2002)*, Vol. 2, pp. 53-56, Nice, France.
- Antonino, E., Ferrando M., Cabedo. M., and Suárez, C (2006). "Monopolo plano de banda ancha con filtro notch conmutable", *Memorias Simposio URSI 2006*, Asturias, España.

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.