

DISEÑO DE ANTENAS MULTIBANDA PARA TELEFONÍA MÓVIL MEDIANTE LA MANIPULACIÓN DEL PLANO DE MASA

C.Picher⁽¹⁾, J.Anguera^(1,2), A. Cabedo⁽²⁾, M.Ribó⁽²⁾, L.Pijoan⁽²⁾, C. Puente⁽¹⁾.

cristina.picher@fractus.com, jaume.anguera@fractus.com

⁽¹⁾ Dpto. de Tecnología y Propiedad Intelectual, Fractus, 08190 Barcelona.

⁽²⁾ Dpto. de Comunicaciones y Teoría de la Señal. Universitat Ramon Llull, 08022 Barcelona.

Abstract- The Ground Plane used in a handset device has a very important role in the behaviour of the antenna. This study consists on a Ground Plane modification in order to enhance bandwidth and design a multiband antenna. Through this technique is possible to improve matching and antenna efficiency while keeping the original volume of the PIFA antenna (Planar Inverted-F Antenna).

INTRODUCCIÓN

El número de dispositivos de telefonía móvil ha aumentado exponencialmente estos últimos años y ha provocado un considerable aumento en la investigación, fabricación y demanda de antenas para este tipo de comunicaciones. Actualmente, el mercado exige dispositivos multifuncionales para poder ofrecer diferentes servicios, y a la vez, se busca en estos dispositivos un tamaño cada vez más reducido. Por este motivo, las antenas juegan un papel protagonista para el correcto funcionamiento de todos los dispositivos *wireless*.

Actualmente conviven las antenas internas (integradas en el interior de la carcasa del teléfono) y externas. Para los próximos años se espera una clara tendencia a la utilización de antenas internas. En el diseño de antenas internas para terminales móviles se ha investigado diversas técnicas para conseguir una disminución de su tamaño, a la vez que un aumento del ancho de banda y eficiencia para cubrir más bandas de operación [1].

Una de las antenas internas conocidas son las PIFA (Planar Inverted-F Antenna), las cuales ofrecen un tamaño compacto, un perfil delgado y una geometría sencilla [1]. Se sitúan a una altura determinada sobre el plano de masa, y mediante dos contactos se excita y se cortocircuita la antena. Estas antenas pueden operar a varias frecuencias, ya que a pesar de su simple geometría, se pueden diseñar distintos caminos con longitudes diferentes de forma que cada cual sustenta una banda de operación [1-4].

Todo teléfono móvil dispone de un plano de masa donde se ubican los diferentes componentes necesarios para el funcionamiento del dispositivo (teclado, circuitos integrados, LCD, etc). La antena se sitúa entre el plano de masa y la carcasa del dispositivo a una altura concreta. La disposición de la antena en el interior del terminal también interviene en

su comportamiento, y aquí es donde aparece el efecto del plano de masa.

En estudios anteriores [1,5,6], se ha investigado sobre la relación entre el ancho de banda y la longitud del plano de masa, y se ha confirmado que existe un compromiso. Esto es debido a que si el plano de masa tiene una longitud próxima a 0.4λ a 900 MHz, provoca que resuene el conjunto de antena más plano de masa y así conseguir un notable aumento del ancho de banda. No obstante, para conseguir esta mejoría, existe una longitud óptima que consistiría en construir un dispositivo de unos 130mm., y el mercado actual exige tamaños más pequeños (80 o 90 mm.). La solución se consigue mediante una técnica que consiste en añadir adecuadamente una ranura al plano de masa [5,6], la cual consiste en crear una pequeña ranura en el plano de masa para así simular una longitud eléctrica mayor en una longitud física más pequeña.

EL PLANO DE MASA

Todo terminal móvil consta de diferentes partes, una de ellas es el plano de masa, donde se ubican todos los componentes electrónicos así como la pantalla LCD, altavoces, batería y naturalmente la antena. La antena suele estar situada en el extremo del terminal y en un plano paralelo al plano de masa a una cierta altura. Esta altura garantiza un correcto funcionamiento de la antena, y también cumple el compromiso debido a la proximidad y a las características físicas del plano de masa, éste influye mucho en la forma de radiar y de actuar de la antena; investigar esta influencia ha sido el objetivo de este estudio.

La longitud del plano de masa afecta al comportamiento de la antena, y se ha visto en estudios anteriores que existe una longitud óptima que permite conseguir mejoras en el ancho de banda en las bandas operativas de telefonía móvil [1,6-9].

La longitud óptima del plano de masa se encuentra sobre los 0.4λ ya que permite excitar el modo fundamental de dicho plano. Esta longitud eléctrica de 0.4λ (133mm. en la banda de GSM900 -925MHz de frecuencia central de operación) resulta excesiva, ya que actualmente los terminales presentan un tamaño menor, por eso es necesaria una solución que contemple las necesidades del mercado. Aquí es donde se introduce la técnica del plano de masa ranurado.

Esta técnica consiste en crear una ranura situada en la parte donde se encuentra la antena sobre el plano de masa de forma que no interfiera con otros componentes presentes en el teléfono. El objetivo de la ranura es simular un plano de masa de longitud mayor que se aproxime a los 0.4λ , y así provocar que las corrientes circulen por un camino más largo -próximo a los 130 mm. explicados anteriormente-.

Además, la medida de esta ranura también está estudiada para cumplir otros requisitos. Si se crea una ranura de longitud 0.25λ a la frecuencia central de DCS (1800MHz), se consigue que la ranura resuene a estas frecuencias, y como consecuencia, crea un acoplamiento con la PIFA. Mediante un ajuste adecuado produce un aumento de ancho de banda en las bandas superiores [5]. Mediante el programa IE3D se han realizado diferentes simulaciones con diferentes longitudes del plano de masa. Se ha elaborado la tabla 1 que resume los resultados obtenidos.

Plano de masa [mm ²]	90x40	100x40	120x40	130x40
Ancho de banda 900 MHz	8.3%	11.8%	16.2%	13%

Tabla 1. Resultados del ancho de banda obtenido (ROE=3) por una antena PIFA con diferentes longitudes del plano de masa.

Como se puede observar en la Tabla 1, con el plano de masa de 120mm. de longitud, se obtiene el mayor ancho de banda (16,2%). Se justifica que entre los 120 y 130 mm. de longitud se encuentra el plano de masa óptimo.

La ranura está situada en la parte superior del plano de masa por dos razones. La primera es para poder crear el acoplamiento en DCS, y la segunda, porque la parte inferior es donde se encuentra la batería y otros componentes del terminal.

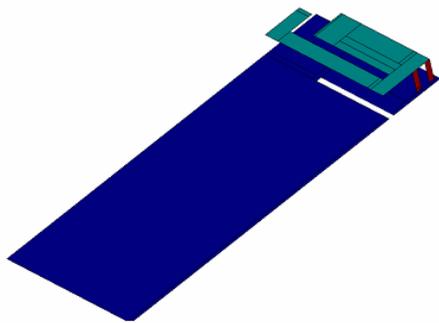


Fig.1. Esquema de la antena PIFA y el plano de masa. La ranura está situada en la parte superior y mide 23mm [4,5,7]

Con la optimización de la ranura se puede conseguir alargar la longitud eléctrica del plano de masa así como obtener el acoplo entre la parte radiante de la PIFA en DCS y la ranura dando como resultado un aumento del ancho de banda en banda baja y alta como se muestra en la sección resultados.

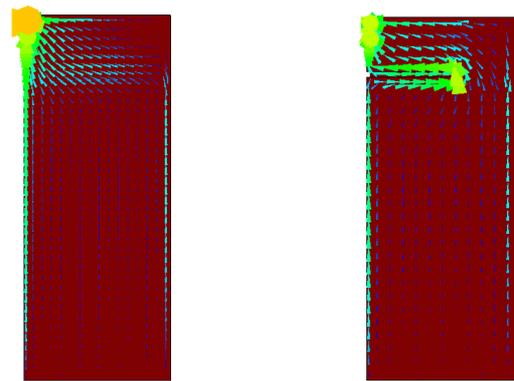


Fig.2. Distribución de las corrientes a la frecuencia de 900MHz. En la izquierda, el plano de masa estándar, y en la derecha con la ranura. Se observa como en el plano de masa rasurado, las corrientes se ven forzadas a recorrer un camino más largo ofreciendo una longitud eléctrica mayor

RESULTADOS

La creación de la ranura en el plano de masa provoca cambios en el comportamiento de la antena y para poder plasmar los resultados obtenidos de las simulaciones teóricas, se ha implementado físicamente unos prototipos sin y con plano de masa ranurado. La fabricación de los prototipos ha servido para realizar las medidas correspondientes de adaptación y eficiencia de la antena.

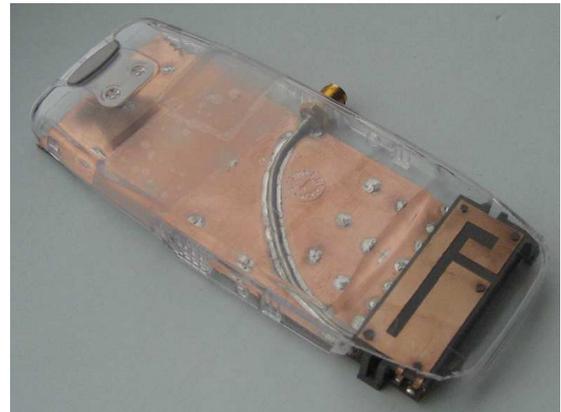


Fig.3. Fotografías del prototipo implementado. Se observa la antena PIFA y el plano de masa ranurado

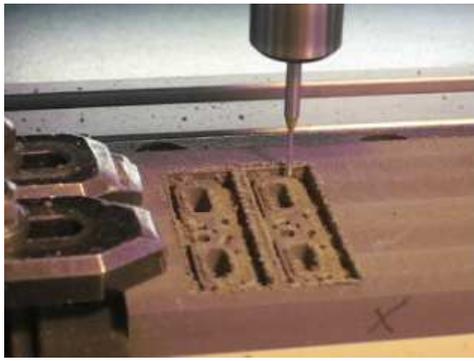


Fig.4. Detalle del soporte de plástico de la antena. Este soporte está ubicado entre el plano de masa y la antena. La máquina encargada de realizar el soporte es una fresadora de control numérico.

En la Fig.5, se muestra la comparativa del coeficiente de reflexión de una antena PIFA en una PCB de 100x40 mm², y el de la PIFA con el plano de masa ranurado, tal y como se muestra en la Fig.3.

En banda baja, alrededor de los 900 MHz, se garantiza un correcto ancho de banda (con una ROE=3) de 31,4%. Esto implica un correcto funcionamiento en GSM 850 (824-890 MHz) Y GSM 900 (880-960 MHz). Esto es debido al efecto de la ranura sobre las corrientes que se distribuyen por el plano de masa provocando así un camino más largo.

Por otro lado, en las frecuencias de las bandas más altas, ofrece un ancho de banda de 18,3%, el cual cubre las bandas de DCS (1710-1880 MHz) y PCS (1850-1990 MHz), con un ligero desplazamiento hacia bandas superiores. En este caso, también ha aumentado considerablemente porque la longitud de la ranura es próxima 0.25λ a la frecuencia central de DCS, y así se consigue que la ranura resuene a estas frecuencias y cree un acoplamiento con la PIFA (Tabla 2).

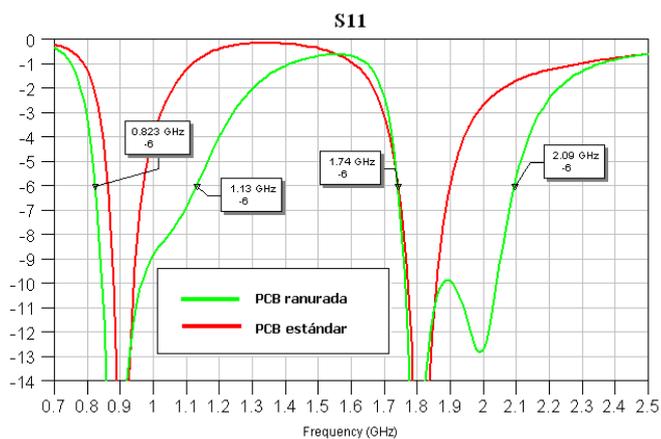


Fig.5. Comparativa de la medida del coeficiente de reflexión.

PCB	f ₁	f ₂	BW	f ₁	f ₂	BW
Estándar	0.861	0.968	11.8%	1.742	1.911	8.7%
Ranurado	0.823	1.13	31.4%	1.74	2.09	18.3%

Tabla 2. Resultados del ancho de banda (%; ROE=3) a las frecuencias (GHz) de las bandas de operación.

Otro de los parámetros importantes a medir es la eficiencia de la antena (η_a , ecuación 1), la cual se calcula mediante la integración del diagrama 3D medido utilizando la cámara anecoica Satimo Stargate 32 (Laboratorio Fractus) y que tiene en cuenta además la desadaptación de la antena.

En la Tabla 3 se presentan los valores de eficiencia de la antena obtenidos de la antena estándar y los obtenidos con la antena de este estudio. En las frecuencias de operación hay un aumento de eficiencia considerable.

$$\eta_a = \eta_r \cdot (1 - |S_{11}|^2) \quad (1)$$

Donde η_a es la eficiencia de antena, η_r es la eficiencia de radiación y S_{11} es la adaptación de la antena. La medida de reflexión ofrece directamente η_a .

Frecuencia (MHz)	Eficiencia sin ranura (%)	Eficiencia con ranura (%)	Δ Eficiencia (dB)
820	27	50	2.6
920	74	65	-0.5
960	50	55	0.4
1710	30	40	1.3
1800	60	68	0.5
1900	60	67	0.5
2000	38	71	2.7
2100	19	40	3.2
2170	19	27	1.5

Tabla 3. Eficiencia de antena η_a en las bandas de interés.

CONCLUSIONES

La ranura situada en el área de antena presenta ventajas en banda baja y alta tanto en integración (no colisión con otros componentes del teléfono móvil como batería y pantalla) como funcionales (un aumento del ancho de banda y de la eficiencia de antena).

En banda baja, se ha obtenido un camino más largo para las corrientes equivalentes que circulan por el plano de masa, creando un plano de masa con longitud eléctrica mayor que la ofrecida sin ranura.

En banda alta, la ranura está ajustada para resonar en la frecuencia central de DCS y así poder provocar un acoplo productivo entre la ranura y la PIFA.

En conclusión, el ancho de banda es mayor en comparación con la antena estándar de doble banda y ha pasado a ser una cuatro-banda que cumple los requisitos: GSM850, GSM900, DCS y PCS manteniendo el volumen inicial de antena.

La técnica investigada es de especial interés para diseños de antenas internas de telefonía móvil capaces de operar en múltiples bandas.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se enmarca dentro del convenio de colaboración entre la empresa Fractus S.A (Barcelona) y el Departamento de Comunicaciones y Teoría de la Señal de la Universitat Ramon Llull (Barcelona) para la realización de trabajos de investigación de antenas miniatura y multibanda para dispositivos móviles.

REFERENCIAS

- [1] King-Lu Wong. "Planar Antennas for wireless communications", *Wiley Series in Microwave and Optical Engineering Kai Chang, Series Editor*, 2003.
- [2] D.Manteuffel, A.Bahr, I.Wolff, "*Investigation on Integrated Antennas for GSM Mobile Phone's*", Millennium Conference on Antennas & Propagation, ESA, AP2000, Davos, Switzerland, April 2000.
- [3] Jani Ollikainen. "*Design and implementation techniques of wideband mobile communication antennas*". Helsinki University of Technology Radio Laboratory Publication, 2004.
- [4] Patent US7015868.
- [5] J.Anguera, I.Sanz, A.Sanz, D.Gala, A.Condes, C.Puente, J.Soler. "*Enhancing the performance of the handset antennas by means of groundplane design*". IEEE International Workshop on Antenna Technology: Small Antennas and Novel Metamaterials (iWAT 2006). New York, USA, March 2006.
- [6] P. Vainikainen, J. Ollikainen, O. Kivekäs, and I. Kelder, "*Resonator-based analysis of the combination of mobile handset antenna and chassis*", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 50, No. 10, October 2002, pp. 1433-1444.
- [7] Patent pending PCT/EP01/10589.
- [8] R. Hossa, A. Byndas, and M. E. Bialkowski, "*Improvement of Compact Terminal Antenna Performance by Incorporating Open-End Slots in Ground Plane*", IEEE Microwave and Wireless Comp. Lett. Vol14, nº6, June 2004.
- [9] J.Anguera, "*Fractal and Broadband Techniques on Miniature, Multifrequency, and High-Directivity Microstrip Patch Antennas*", Ph.D Dissertation at Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona – Spain 2003.