

Miniaturización de una antena UWB para frecuencias menores a 960 MHz

Ignacio Alonso Medina Cateriano, Efraín Tito Mayhua López, Ebert Gabriel San Román Castillo,
Carlos Alonso Briceño Wong

ignacio.medina.cateriano@ucsp.edu.pe, emayhua@ucsp.edu.pe, esanroman@ucsp.edu.pe, carlos.briceño@ucsp.edu.pe

Universidad Católica San Pablo, Perú
Campus Campiña Paisajista s/n Quinta Vivanco, Barrio de San Lázaro
Arequipa - Perú

Resumen: Se propone una nueva antena miniaturizada para sistemas de banda ultra-ancha (UWB). Una antena base se ha modificado para obtener una dimensión compacta de 205x57x1.5mm. La miniaturización se ha conseguido al ralentizar las corrientes y campos que se propagan a lo largo de los brazos de la antena mediante el serpenteo de brazos. La antena propuesta puede operar en una banda de frecuencia de 300 MHz a 859,2 MHz en la que la pérdida de retorno es mejor que 10 dB. De esta manera, se asegura el cumplimiento de los requerimientos de UWB, los cuales son: un rango mayor o igual a 500 MHz a 10 dB y por último, estar dentro de uno de los rangos de UWB aceptados por la FCC (0 - 960 MHz). Estas simulaciones se realizaron utilizando el HFSS de Ansoft. Por lo tanto, la antena propuesta puede ser considerada como un buen candidato para aplicaciones UWB.

Palabras claves: Antena UWB, Miniaturización de Antenas, Antenas Microstrip, Cargas Inductivas.

Abstract: A novel miniaturized antenna is proposed for ultra-wideband (UWB) systems. A base antenna has been modified to get a compact dimension of 205x57x1.5mm. The miniaturization has been achieved by slowing down the currents and fields propagating along antenna arms by utilizing meandered arms. The proposed antenna can operate at a frequency band from 300 MHz to 859.2 MHz in which the return loss is better than 10 dB. Complying that way the UWB requirements which are: a range great than or equal to 500 MHz at 10 dB and finally being inside of one of the UWB FCC accepted ranges (0 - 960 MHz) These simulations were carried out by using Ansoft HFSS. Therefore the proposed antenna can be considered as a good candidate for UWB applications.

Keywords: UWB Antenna, Antenna Miniaturization, Microstrip Antennas, Inductive Loading.

1 Introducción

Dado que la investigación en el diseño de antenas de banda angosta tiene un nivel de madurez alto, el diseño de antenas de banda ancha presenta una gama nueva de desafíos y oportunidades, entre los cuales se encuentra la miniaturización de antenas que logren satisfacer los requerimientos de UWB. Una de las aplicaciones más prometedoras para este tipo de antenas son las redes de área corporal, por lo cual se desea implementar una técnica de miniaturización aplicable a antenas UWB que dé como resultado una antena de menores dimensiones, cuyo desempeño cumpla con los estándares de UWB.

La industria electrónica ha ido disminuyendo las dimensiones físicas de sus productos ofrecidos a lo largo de la historia. Hoy, la era de las comunicaciones inalámbricas mantienen el mismo patrón. Por ende, los diseñadores de sistemas usualmente escogen dimensiones de antenas de una manera ad hoc, por lo cual la elección de antenas es influida por la aplicación más que a través del análisis de las limitaciones eléctricas fundamentales de las antenas, es ahí donde radica la importancia de la miniaturización de las antenas en el mundo actual y en el futuro.

Existen varias técnicas de miniaturización de antenas, muchas de ellas se hacen de forma empírica basándose en el resultado. En este trabajo, se analizarán las técnicas más óptimas y con mayor número de antecedentes. De esta manera, se pretende analizar los fenómenos físicos y a partir de este análisis, proponer una técnica aprovechando las mejores

características y posteriormente probarla en una antena UWB.

Existe una limitante en frecuencia, la cual nos fuerza a trabajar dentro de uno de los rangos de UWB. En este caso será la banda de 0 - 960 MHz regulada por la FCC [FCC02].

2 Teoría del dominio y trabajos previos

2.1 Antena base

Para poder aplicar las técnicas de miniaturización, se necesita una antena base sobre la cual trabajar. Esta antena debe cumplir con las especificaciones de UWB, de tal manera que el resultado sea positivo al aplicar dichas técnicas. La antena servirá para tener una referencia sobre el grado de miniaturización al que se puede lograr.

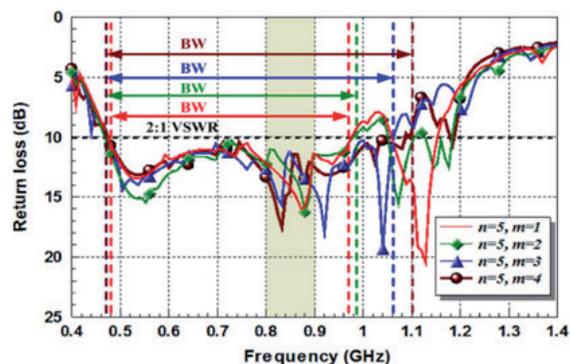


Figura 1: Pérdida por retorno de la antena base.

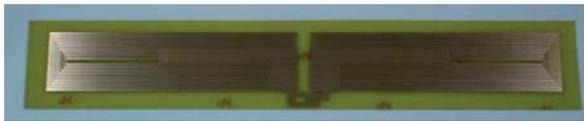


Figura 2: Antena Dipolo Wideband.

La antena elegida, la cual se muestra en la figura 2, trabaja en el rango de UHF y a frecuencias menores que 960 MHz con un ancho de banda mayor a 500 MHz, lo cual la hace ideal para este trabajo, tal como se aprecia en la figura 1 [Chen+11].

2.2 Antecedentes de técnicas de miniaturización

2.2.1 Dobladura de elementos radiantes

El trabajo [Vorobyov+08] tiene las siguientes características:

- Aumenta la altura de la antena (reduce el área pero aumenta la altura).
- Existe un corrimiento de la frecuencia.
- Decremento en la ganancia (Empeora cuando la miniaturización aumenta).

2.2.2 Trabajo con dobladura de elemento radiante a frecuencias menores a 960 MHz

En este trabajo [Demeestere 06], se presenta una antena UWB que trabaja entre 450MHz a 1GHz para un VSWR de 2.5. En esta antena, se utilizó la técnica del bending para lograr reducir la longitud física de la antena. Tomando la frecuencia más baja (450MHz) como la frecuencia de operación, se consigue un valor de longitud de onda de $\lambda_0 = 0.666\text{m}$. En el diseño, se tienen las dimensiones: 120mm x 73mm x 7mm ($\lambda_0/5.5 \times \lambda_0/9.1 \times \lambda_0/95$), lo cual la hace una antena pequeña.

2.2.3 Minimización de área basada en la distribución de corriente superficial

El trabajo [Vorobyov+08] está basado en la extracción de una parte metálica de la antena en una región donde la corriente de superficie tiene los valores más bajos.

- Decremento en la ganancia (alrededor de 1dB) dependiendo de la frecuencia.
- No asegura una reducción del perímetro de la estructura radiante, debido a que los valores bajos de corriente superficial podrían estar en el centro de la estructura como es este caso en particular.
- La extracción de piezas del elemento radiante con bajos valores de corriente de superficie no influye mucho en el desempeño de la antena y puede llegar a lograr un 30% de reducción del tamaño de la antena.

2.2.4 Miniaturización por cargas inductivas mediante serpenteo

La idea básica es aumentar la longitud eléctrica de la antena sin aumentar su tamaño físico. Esto se logra aumentando la inductancia de la antena. Se puede lograr serpenteando los brazos de la antena como en la figura 3.

Las características de este método [Kramer+06] son las siguientes:

- El serpenteo planar sólo puede producir una inductancia limitada (la miniaturización tiene un límite).
- Para lograr una mayor inductancia, se utilizan bobinas en 3D (la altura aumenta).
- Baja ganancia debido a la transición abrupta entre la región sin tratar y la región inductiva (se puede mejorar al hacer una transición más suave. Esto se logra al variar el paso gradualmente).

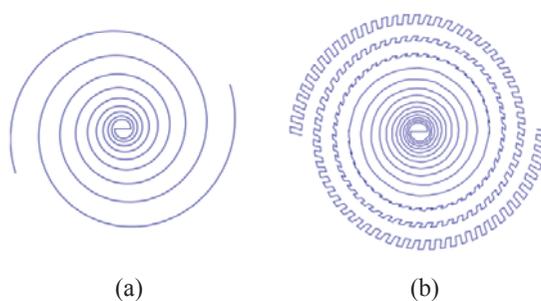


Figura 3: Carga inductiva de una antena espiral utilizando serpenteo planar antes del serpenteo (a) y luego del serpenteo (b).

En un trabajo de miniaturización por serpenteo [Kramer07], se logró reducir a la tercera parte una antena espiral de 18 a 6.25 pulgadas de diámetro (457.2 a 158.75 mm) manteniendo el desempeño de la antena.

2.2.5 Miniaturización por modificación de la forma del elemento radiante

El trabajo expuesto por [Sun+10] solamente toma la mitad de la estructura. Además no muestra ningún método científico y no indica la razón de porque tomar la mitad de la estructura reduce el tamaño de la antena, sin embargo mantiene estables los otros parámetros de la antena y finalmente sólo funciona en antenas con estructuras simétricas.

3 Solución propuesta

Se han expuesto algunas técnicas de miniaturización en el punto 2.2. Teniendo una base del estado del arte tanto en antenas y en técnicas de miniaturización, se tomará la antena base presentada en el punto 2.1 debido a que es una antena que tiene antecedentes en frecuencias menores a 960 MHz y además presenta características de miniaturización inherentes a su funcionamiento (espiral fácil de serpenteo), lo cual es un aditivo que ayudará al cumplimiento del objetivo, distinguiéndola de las demás antenas existentes. Sabiendo los límites de una antena eléctricamente pequeña y la relación entre la longitud de una antena y su velocidad de fase [Smith01], se concluye que la técnica que se ve fundamentada bajo ese criterio es: La técnica de miniaturización por cargas inductivas mediante serpenteo. La técnica será analizada y caracterizada para aproximar una nueva técnica aprovechando las mejores características de la técnica

analizada y posteriormente probarla en la antenna base UWB.

La antenna base presenta varios parámetros para ser analizados de tal manera que se pueda tener caracterizada la antenna y se pueda adaptar posteriormente a las técnicas propuestas. Se analizan los brazos del dipolo interno y externos, además se analiza el ancho de la línea espiral (horizontal y vertical).

Una vez obtenida la información previa y analizada, se procede a implementar la técnica de serpenteo teniendo en cuenta que los parámetros se mantengan estables mientras que la antenna tenga un tamaño miniaturizado. Para lograr la miniaturización, se utilizan varias formas de serpenteo de tal manera que se logre la más óptima, de acuerdo con el ancho de banda, lo cual influirá la adaptación de impedancia de la antenna en esa banda de frecuencias.

3.1 Diseño de antenna

Una vez caracterizada la antenna base se procedió a realizar el diseño de la antenna que servirá para cumplir los requerimientos planteados en este trabajo.

Para todas las pruebas, se utilizaron tres substratos diferentes: FR4, Baquelita y Taconic RF-35. Los substratos con mayor permitividad lograron el mejor nivel de radiación (S11), al confinar el campo. El substrato con mayor permitividad fue la baquelita y con mejor nivel de radiación. Finalmente, se eligió la baquelita ($\epsilon_r=4.9$) de 1.5mm de espesor para lograr el objetivo tal como se ve en la figura 5 y lograr una antenna miniaturizada, mostrada en la figura 4.

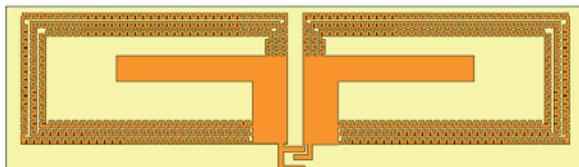


Figura 4: Antena dipolo simulada con brazos externos serpenteados

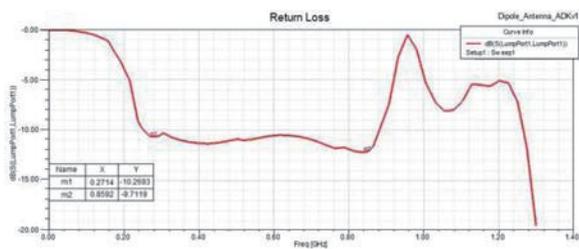


Figura 5: Coeficiente de reflexión simulado del dipolo con brazos serpenteados.

El modelo de la figura 4 fue el más exitoso, logrando un ancho de banda de más de 500 MHz, y descontando y recién tomando en cuenta a partir de 300 MHz, que es donde realmente tiene sentido el hecho de presentar esta antenna, da un ancho de banda de 559.2 MHz.



Figura 6: Patrón de Radiación Simulado del Dipolo.

Además, el patrón de radiación es perfectamente omnidireccional con una ganancia de 2.3dB.

Figura 7: Simulación de la distribución de corrientes superficiales.

En la figura 7 se muestra la simulación de la distribución de corrientes en 300 MHz. Todas las simulaciones fueron hechas usando el Ansoft High Frequency Structure Simulator (HFSS).

4 Conclusiones y trabajos futuros

Se logró reducir el tamaño de la antenna utilizando el método de serpenteo. Se redujo de 241x58,5x1,6mm a 205x57x1,5mm, logrando una reducción de 14,93% de largo, 2,56% de ancho y 6,25% de alto, con lo cual queda demostrada la teoría. El poder contar con un substrato de mayor valor de permitividad logrará un nivel de miniaturización mucho mayor.

De igual manera, se seguirá investigando en los métodos de miniaturización y continuar con hacer las mejoras de la antenna construida (figura 8) y realizar la medición de la antenna física en los equipos de medición y tener una mejor aproximación a la aplicación más que solamente en la creación de la antenna de por sí y hacerlo de la misma manera en el trabajo [Medina 12] que surgió como inspiración.

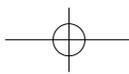


Figura 8: Antena Construida

Referencias bibliográficas

[Chen 06] Z. N. Chen, M. Y. W. Chia, "Broadband Planar Antennas", West Sussex: John Wiley & Sons, 2006.

[Chen 11] Oscar T.-C. Chen and Chih-Yu Tsai, "CPW-Fed Wideband Printed Dipole Antenna for Digital TV applications," IEEE Trans. on Antennas and



Propagation, vol. 59, no. 12, pp. 4826-4830, Dec. 2011.

[Demeester +06] F. Demeestere, C. Delaveaud, J. Keignart, S. Bories. "Compact dipole for low frequency band UWB applications." *EuCAP*, Nice, France. November 2006.

[FCC02] Federal Communications Commission (FCC). Revision of part 15 regarding ultra-wideband transmission systems. First Report and Order. ET Docket, 98-153, FCC 02-48, adopted Feb. 2002, released Apr. 2002.

[Kramer 06] B. A. Kramer, M. Lee, C.-C. Chen and J.L. Volakis, "Miniature UWB antenna design and its limitations," First European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), November 2006.

[Kramer 07] B. A. Kramer, "Size Reduction of an UWB Low-profile Spiral Antenna", Ph. D. dissertation, The Ohio State University, Ohio, United States, 2007.

[Medina 12] I. Medina and F. Ballón, "Optimización de Antenas Microstrip Coplanar y Circular para Aplicaciones BAN a 2.45 GHz", COMTEL 2012, Lima, Peru, 2012.

[Smith 01] G .S .Smith, "Teaching antenna radiation from a time- domain perspective," *The American Journal of Physics*, vol. 69, no. 3, pp . 288–300, March 2001.

[Sun 10] M. Sun, Y.P. Zhang, and Y.L. Lu, "Miniaturization of planar monopole antenna for ultra wideband radios," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 58, no. 7, pp. 2420-2425, Jul. 2010.

[Vorobyov 08] A. V. Vorobyov, A. G. Yarovoy, L. P. Lighthart, "An UWB antenna size reduction technique", ICUWB, IEEE International conference, Hannover, Germany, 2008.

