

DISEÑO DE ANTENA DE UHF AMC PARA APLICACIONES DE VEHÍCULO AUTÓNOMO A ESCALA

UHF AMC ANTENNA DESIGN FOR AUTONOMOUS VEHICLE SCALE APPLICATIONS

Sergio Buenrostro Rocha

Instituto Politécnico Nacional (CITEDI), México
sbuenrostro@citedi.mx

Roberto Herrera Charles

Instituto Politécnico Nacional (CITEDI), México
robcharles@citedi.mx

Andrés Calvillo Téllez

Instituto Politécnico Nacional (CITEDI), México
acalvillo@ipn.mx

Recepción: 2/mayo/2020

Aceptación: 7/noviembre/2020

Resumen

Se propone el análisis, diseño y modelado electromagnético de un arreglo de antenas dipolo cada una con su plano a tierra en un conductor magnético artificial de banda prohibida (AMC-BG) de 4 x 4 celdas unitarias. La frecuencia de operación de la antena diseñada es de 915 MHz funciona en la banda exenta de licencia UHF de 900 MHz, denominada como Wi-Fi HaLow, 802.11ah. Las cualidades que maneja este Wi-Fi es el bajo consumo de potencia y largo alcance ambos esenciales en aplicaciones de ciudades inteligentes y para la autonomía en la navegación de coches. Para el diseño del plano se realizó el análisis de la estructura periódica infinita de la sección anterior. Con las dimensiones obtenidas se diseñó un arreglo de 4 x 4 y se ajustaron para colocar el dipolo en la parte superior. El rendimiento obtenido por la antena mejoró la ganancia esto permite que disminuya el consumo de energía y que aumente el rango de comunicación.

Palabras Clave: Antena, AMC-BG, Wi-Fi HaLow.

Abstract

We propose the analysis, design, and electromagnetic modeling of an array of dipole antennas each with its ground plane in a 4 x 4 unit cell artificial prohibited band magnet (AMC-BG). The operating frequency of the designed antenna is 915 MHz and it works in the 900 MHz UHF license-exempt band, called Wi-Fi HaLow, 802.11ah. The qualities that this Wi-Fi handles are the low power consumption and long-range, both essential in smart city applications and for autonomy in-car navigation. For the plan design, the analysis of the infinite periodic structure of the previous section was carried out. With the dimensions obtained, a 4 x 4 arrangement was designed and adjusted to place the dipole on top. The performance obtained by the antenna improved the gain this allows the power consumption to decrease and the communication range to increase.

Keywords: Antenna, AMC-BG, Wi-Fi HaLow.

1. Introducción

Esta propuesta se centra en el diseño de una antena de VHF (900 MHz) de conductor magnético artificial (AMC) con la finalidad de implementarla en una plataforma de desarrollo de sistemas embebidos de bajo costo del tipo prototipo educativo de vehículo autónomo a escala para que permita entrenar y promover las habilidades de perfiles de las áreas de mecatrónica y robótica. Se puede conceptualizar a un vehículo autónomo a escala como un prototipo educativo a escala de uno real [De la Torre 2005] [Sievenpiper D, 1999].

Hoy día la mayoría de las aplicaciones y desarrollos tecnológicos de la ingeniería de robótica y mecatrónica como los son los vehículos autónomos a escala, incorporan sistemas de comunicación que requieren aplicaciones de innovación como disminución de la latencia, mejorar la comunicación tanto en interiores como exteriores, mejorar el alcance, lograr una mayor eficiencia de espectro, disminuir el consumo de potencia, y de reducir los costos de implementación.

La frecuencia de los 900 MHz la usan los automóviles a escala en su sistema de comunicación sin embargo las antenas son demasiado grandes y pesadas por lo que una solución interesante es la referente a la disminución de dimensiones, peso

y eficiencia, que es una de las prestaciones que proporcionan los metamateriales, ya que poseen pequeñas dimensiones y alta ganancia. Las técnicas de diseño de antenas con planos de tierra convencionales presentan limitaciones que generan ondas superficiales y producen una reflexión fuera de fase de las ondas incidentes en el plano de tierra. Esto es un desafío para antenas con un alto rendimiento mientras trabajan cerca de cualquier superficie metálica [F. Yang 2003]. [Raza, Shahzad, 2012].

2. Métodos

La metodología que se ha seguido para hacer los diseños de las antenas, la comentaremos a continuación.

Modelado de antenas para planos de tierra convencional y de AMC con celdas unitarias de distintos tamaños y topologías. Se pone especial atención a los rangos de lectura, a la ganancia, al ancho de banda, dimensiones, materiales, condiciones, aplicaciones y se analizan sus resultados [S. M. Abootorabi, 2009] [Sun, 2020].

La estructura EBG exhibe una banda de detención distinta para la propagación de ondas de superficie. El mecanismo de operación de esta estructura puede explicarse con un filtro pasa banda LC: el inductor L resulta de la corriente que fluye a través de las vías y el capacitor C debido la distancia entre los parches adyacentes. Para una estructura EBG con ancho de parche W , separación entre parches g , radio de las vías r , espesor del sustrato t y constante dieléctrica ϵ_r , los valores del inductor L y el capacitor C se determinan mediante ecuaciones 1 y 2. μ_0 es la permeabilidad del espacio libre y ϵ_0 es la permitividad del espacio libre.

$$L = \mu_0 t \quad (1)$$

$$C = \frac{W\epsilon_0(1 + \epsilon_0)}{\pi} \cosh \frac{2W + g}{g} \quad (2)$$

En ecuación 2 se predice la banda de frecuencia prohibida como en las ecuaciones 3 y 4.

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (3)$$

$$BW = \frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{1}{\eta} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (4)$$

Para el caso de una antena dipolo de 50Ω para el espacio libre a 915 MHz. Para reducir el tiempo y la complejidad de los experimentos, se diseñó una antena dipolo de 50Ω a 915 MHz. Esta antena es diseñada para funcionar en el espacio libre. En las ecuaciones 5, 6 y 7 se presenta el cálculo de las dimensiones iniciales del dipolo. A causa del efecto de bordes del dipolo, la longitud real será algo inferior, por lo que se utiliza un factor de corrección del 93.4% [Planar, 2017] [Shaban, 2008] [Hamzaoui, 2016] [Chiu, 2017].

$$dl[mm] = \frac{\lambda_0}{2} (0.934) = \frac{c}{2f} (0.934) = \frac{c}{2(915 \times 10^6)} (0.934) = 153.11 \text{ mm} \quad (5)$$

$$dr[mm] = 3f(f^{-1.3}) = 3 \cdot (0.915) \cdot (0.915^{-1.3}) = 3.08 \text{ mm} \quad (6)$$

$$dg[mm] = \frac{Ra}{2} = 1.54 \text{ mm} \quad (7)$$

3. Resultados

Se presentan las dimensiones de la antena con plano de tierra AMC-BG de 4x4 celdas unitarias en la tabla 1. Las gráficas de los parámetros S11 de la pérdida de retorno de las antenas y los parámetros de campo lejano como ganancia, directividad y patrón de radiación.

Tabla 1 Dimensiones antena y Plano de tierra AMC-BG 2.

Dipolo	Variable	Longitud [mm]
Radio del dipolo	<i>dr</i>	4.6
Longitud del dipolo	<i>dl</i>	174
Distancia entre terminales del dipolo	<i>dg</i>	0.7
AMC-BG	Variable	Longitud [mm]
Longitud del plano de tierra	<i>gpx</i>	304
Distancia plano de tierra - dipolo	<i>dh</i>	4.09
Distancia parche - dipolo	<i>dpd</i>	0.1
Longitud del parche	<i>w</i>	70
Separación entre parches	<i>g</i>	6
Periodicidad	<i>d</i>	76
Radio de las vías	<i>ra</i>	1.7
Espesor del dieléctrico	<i>t</i>	3.99
Permitividad del dieléctrico	ϵ_r	1

En la figura 1, se muestra la vista isométrica y de perfil de la antena dipolo en color azul con plano de tierra AMC-BG de 4x4 celdas unitarias en color amarillo operando a una frecuencia de 915 MHz. El diseño de este plano de tierra inicio con el análisis de la estructura periódica infinita de la sección anterior. Con las dimensiones obtenidas se construyó un arreglo de 4 x 4 y fueron ajustadas sus dimensiones al colocar el dipolo en la parte superior.

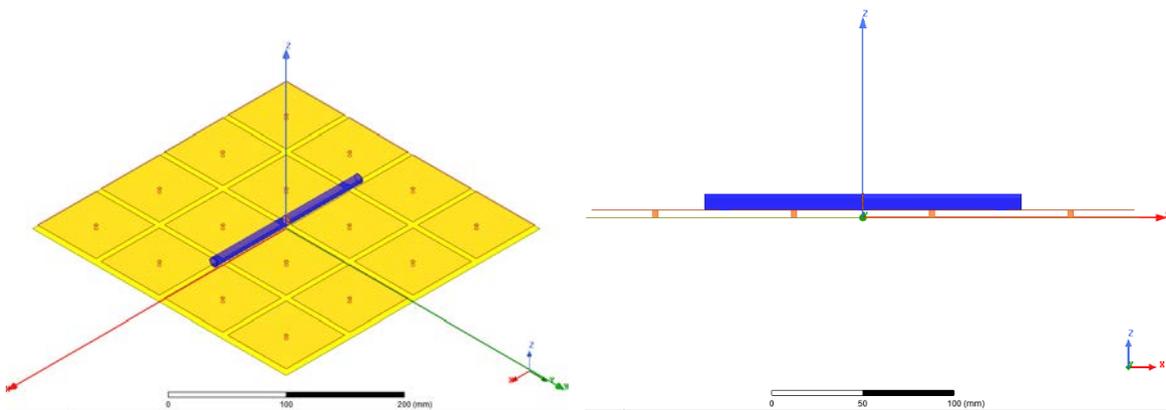


Figura 1 Vistas isométrica e izquierda.

En la figura 2 se muestra la curva de adaptación de la antena en función de la frecuencia del parámetro de pérdida por retorno, a una frecuencia de 915 MHz presentando un valor de -11.13 dB la pérdida de retorno mínima significa la correspondencia de la antena con la impedancia de entrada. La fase de reflexión de AMC versus la frecuencia.

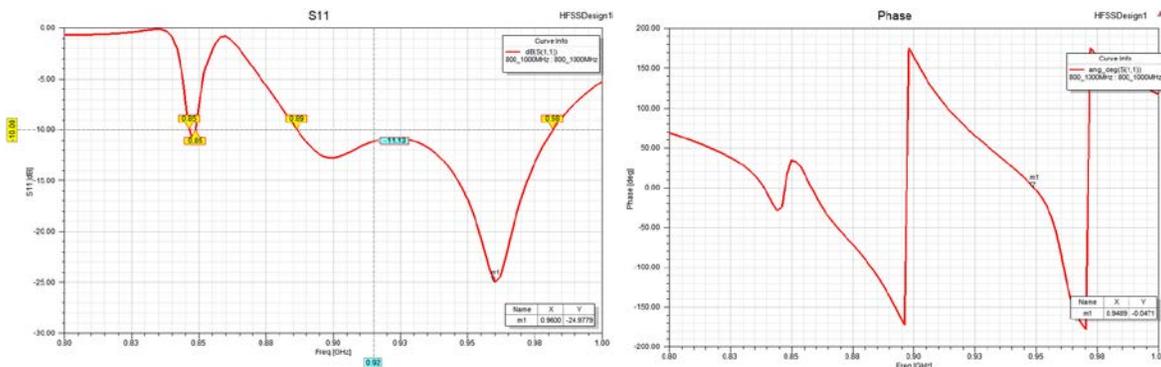


Figura 2 Respuesta del Parámetro S11 de la antena con plano de tierra AMC-BG de 4x4 celdas unitarias y la fase a una frecuencia de operación de 915MHz.

La figura 3 muestra al patrón de radiación que describe la antena y su plano de tierra AMC-BG a la frecuencia de operación de 915MHz, en él se puede observar la mejora del rendimiento y desempeño de la radiación de la antena. La ganancia máxima obtenida es de aproximadamente 4.49 dB en el plano azimutal.

La figura 4 muestra el diagrama de radiación del campo magnético y eléctrico obtenido mediante simulación. En cada diagrama, la antena de color azul se ubica en la línea horizontal que divide al diagrama polar en dos mitades. Los diagramas muestran el corte vertical del diagrama de radiación en 3D en el punto de máxima ganancia, cada diagrama corresponder a una vista distinta del diagrama 3D.

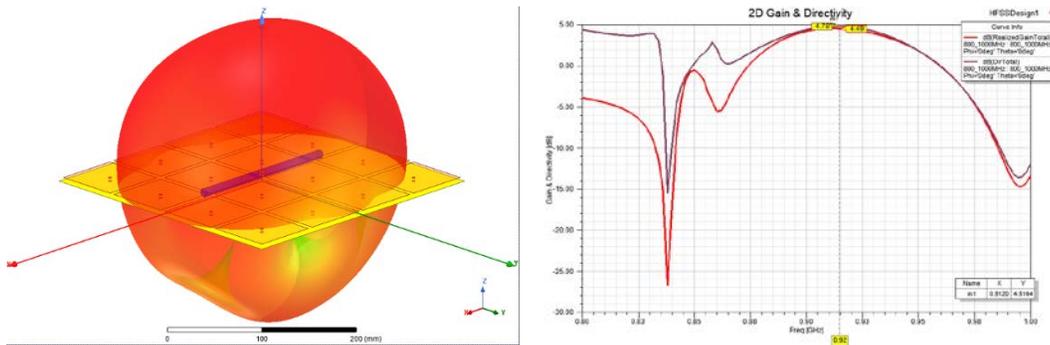


Figura 3 Patrón de radiación 3D, dirección de máxima propagación, ganancia y directividad.

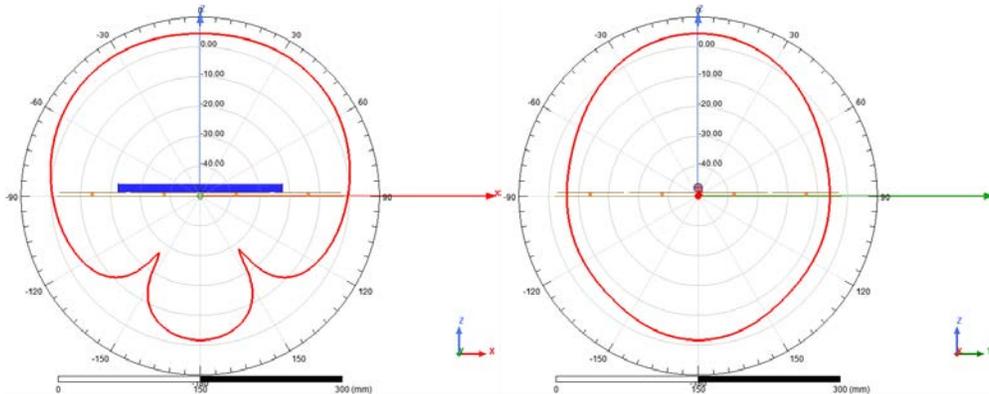


Figura 4 Campo eléctrico y magnético.

4. Conclusiones

En este modelo se logran alcanzar las expectativas planteadas como lo son: reducción de dimensiones, incremento de ganancia, mejora de la cobertura y un mayor alcance de las zonas de comunicación tanto en interiores como en exteriores.

Las celdas unitarias en forma de hongo permitieron operar a la frecuencia de 915 MHz y se investigó la relación entre el ancho de banda y el espesor de cada estructura.

El modelado de la antena con plano de tierra AMC-BG de 4x4 celdas unitarias, mostro que entre más delgado el espesor del dieléctrico, las celdas unitarias requieren de una mayor dimensión. Las gráficas presentaron un mejor desempeño de la antena y el modelo miniaturizado logrado en frecuencias donde generalmente las antenas son de grandes dimensiones y las ganancias son bajas.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] De la Torre, P. P., Fernández, J. M., Castañer, M. S., & de Telecomunicación, I. (2005). Tiras AMC-PEC-AMC en Guías de Onda de Placas Paralelas. XX Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI) Septiembre.
- [2] Sievenpiper, Dan, Lijun Zhang, Romulo FJ Broas, Nicholas G. Alexopolous, and Eli Yablonovitch. "High-impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band." *IEEE Transactions on Microwave Theory and techniques* 47, no. 11 (1999): 2059-2074.
- [3] F. Yang and Y. Rahmat-Samii, "Microstrip antennas integrated with electromagnetic band-gap (EBG) structures: a low mutual coupling design for array applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 51, no. 10, pp. 2936 - 2946, Oct.2003.
- [4] Raza, Shahzad. "Characterization of the Reflection and Dispersion Properties of 'Mushroom'-related Structures and their Applications to Antennas." Msc diss., 2012.
- [5] S. M. Abootorabi, M. Kaboli, S. A. Mirtaheri, and M. S. Abrishamian, Using high impedance ground plane for improving radiation in monopole antenna and its unusual reflection phase properties," *Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings*, pp. 197-201, August 2009.
- [6] Planar, E. M. (2017) "Technical notes, Getting started with HFSS: Floquet Port help."

- [7] Shaban, Hanem F., Hamdy A. Elmikaty, and Abdelhamid A. Shaalan. "Study the effects of electromagnetic band-gap (EBG) substrate on two patch microstrip antenna." *Progress In Electromagnetics Research* 10 (2008): 55-74.
- [8] Hamzaoui, Dahbia, Farid Djahli, Tan-Phu Vuong, Thi Quynh Van Hoang, and Ghaffer Kiani. "High gain long-read range AMC-backed tag antenna for european UHF RFID applications." *Microwave and Optical Technology Letters* 58, no. 12 (2016): 2944-2948.
- [9] Chiu, Chien-Wen, and Jhih Han Hong. "Circularly polarized tag antenna on an AMC substrate for wearable UHF RFID applications." In *Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC), 2017 IEEE-APS Topical Conference on*, pp. 71-74. IEEE, 2017.
- [10] Sun, Jwo-Shiun & Chen, Guan-Yu & Lin, Cheng-Hung & Tiong, Kwong & Chen, Yingying. (2020). *Reflector Antenna with Artificial Magnetic Conductor Structure*.