

# Modo de conexión flotante para la caracterización de uniones arbitrarias hilo-superficie mediante Método de los Momentos

*J.M. Taboada, J.L. Rodríguez, F. Obelleiro*

Departamento de Tecnologías das Comunicacions, E.T.S.E. Telecomunicacions, Universidade de Vigo, 36200 VIGO  
Tel: (986) 812120, Fax: (986) 812116 Correo electrónico: obi@com.uvigo.es.

## ABSTRACT

**A floating attachment mode is presented here which allows the accurate and versatile analysis of wire antennas attached to arbitrary surfaces using the method of moments (MM). This attachment mode is overlapped to the surface modes, overcoming the restriction of having to place the connection point at a vertex of the surface faceted mesh. This allows the antennas to be located anywhere on the surface, even near or at geometrical discontinuities.**

## 1. INTRODUCCIÓN

En muchas situaciones prácticas en las que se utilizan antenas de hilo, éstas se encuentran conectadas a cuerpos conductores de geometría arbitraria, tales como barcos, aviones, satélites, etc. El análisis de este tipo de problemas es de gran interés para la evaluación y el control del comportamiento de los sistemas radiantes a bordo de dichas estructuras, y requiere una buena descripción electromagnética de las superficies, los hilos y las conexiones entre ambos. El método de los momentos [1] (MM) es la técnica más ampliamente utilizada para analizar esta clase de problemas, dado su elevado nivel de precisión y su versatilidad para tratar problemas arbitrarios. En estos casos, el modelado adecuado de las conexiones hilo-superficie es crítico para obtener resultados precisos, debido a las rápidas variaciones de la densidad de corriente inducida en las proximidades de dichos puntos.

Para modelar de forma adecuada este comportamiento singular de la corriente, en los últimos años se han desarrollado funciones base o de expansión especiales para las conexiones entre hilos y superficies (los denominados modos de conexión). Los modos de conexión están definidos sobre un segmento y una pequeña porción de superficie alrededor del punto de unión. En [2], se presentó un modo de conexión definido sobre cuatro parches rectangulares adyacentes y un segmento. Sin embargo, esta formulación requiere que el hilo esté conectado en el vértice común a cuatro parches, lo cual implica que dicho modo no puede ser aplicado en configuraciones arbitrarias. En [3], se ha desarrollado una función de conexión definida sobre un segmento u un disco superficial circular con radio de  $0.1\lambda$  a  $0.25\lambda$ . Este modo se superpone sobre las funciones base superficiales, de modo que el punto de conexión no está restringido a los vértices del mallado superficial; sin embargo, esta función no se puede aplicar en las proximidades de discontinuidades como aristas o esquinas. Para solucionar esta restricción, este modo de conexión fue mejorado en [4] y más tarde extendido en [5]. Sin embargo, resulta difícil incluir esta formulación en un código de propósito general, teniendo en cuenta cualquier discontinuidad geométrica en las proximidades o en el punto de conexión. En [6], se propuso un modo de conexión adecuado para ser utilizado junto

con las funciones desarrolladas por Rao, Wilton y Glisson (RWG) [7] para superficies. Está definido sobre un segmento y un conjunto de facetas triangulares que comparten un vértice común (el punto de conexión). Es importante señalar que en la formulación propuesta en [6] se utiliza el mismo mallado triangular para las bases superficiales y para las bases de conexión. Este modo de conexión asume una variación radial de la forma  $1/r$  para la corriente. Se puede demostrar que es el comportamiento real de la componente radial de la corriente cerca de cualquier tipo de conexión. Esta formulación fue mejorada en [8] para permitir la representación precisa de la densidad de corriente en configuraciones arbitrarias de conexiones hilo-superficie. Las funciones presentadas en [8] satisfacen todas las propiedades de las funciones RWG para superficies (están libres de líneas de carga ficticias y su divergencia puede ser calculada analíticamente). Por otra parte, aunque este modo de conexión solamente representa la corriente en dirección radial, cualquier variación en acimut es modelada mediante las funciones base superficiales, definidas sobre los mismos triángulos que la función de conexión. El principal inconveniente de esta formulación es que, al estar el modo de conexión definido sobre los mismos triángulos que componen el mallado superficial, la localización del punto de conexión está restringida a los nodos del mallado. La única alternativa para cambiar el punto de conexión consiste en reconstruir toda la malla, ajustando un nodo en el punto de conexión deseado. Sin embargo, esto se convierte en un trabajo tedioso cuando es necesario situar varias antenas sobre un modelo, o cuando una o más antenas deben ser analizadas en diferentes emplazamientos.

En este trabajo se presenta un modo de conexión flotante basado en la formulación RWG, que combina la flexibilidad de la función base flotante presentada en [5] con la precisión del modo presentado en [8]. La solución propuesta permite situar la conexión en cualquier punto sobre la superficie, incluyendo discontinuidades geométricas. Su eficiencia y precisión se demuestran mediante resultados numéricos.

## 2. MODO DE CONEXIÓN FLOTANTE

Una de las aportaciones más importantes en [8] es la definición de un conjunto de funciones base para hilos y conexiones hilo-superficie equivalentes a las funciones base RWG ampliamente utilizadas para superficies. Esto conduce a un conjunto homogéneo de funciones base especialmente adecuadas para ser incluidas en un código MM de propósito general. Sin embargo, tal como se ha comentado con anterioridad, las funciones base para conexiones todavía se definen sobre el mismo modelo de facetas utilizado para representar las corrientes superficiales, lo cual obliga a situar las antenas sobre nodos existentes en el modelo, tal como se aprecia en la figura 1 (a). Para eliminar esta

restricción, en este trabajo se propone un nuevo modo de conexión *flotante*, que consiste en un segmento y un conjunto de parches triangulares (independientes de los parches que componen el mallado superficial) con un vértice en común situado sobre el punto de conexión, tal como se muestra en la figura 1 (b). De esta forma, no se restringe la posición de las conexiones a los nodos del mallado, y la antena puede estar localizada en cualquier punto sobre la superficie. El modo de conexión flotante se incluye en la formulación superponiéndolo directamente sobre las funciones superficiales. Es importante señalar que ahora no se deben definir bases superficiales sobre los triángulos que componen el modo de conexión, tal como se hace en [8], puesto que en este caso las variaciones en acimut de la corriente están modeladas por las funciones superficiales subyacentes definidas sobre el modelo. La inclusión de tales funciones daría lugar a una matriz singular, debido a dependencias mutuas entre bases superficiales. Con respecto al radio de la superficie poligonal de la función de conexión, se ha encontrado una gran dependencia entre el tamaño de los triángulos que componen dicha función y el tamaño de los triángulos superficiales subyacentes. Sin embargo, si el mallado superficial satisface los requerimientos de discretización relativos a la longitud de onda, se obtiene una buena estabilidad en los resultados siempre que los triángulos de la función de conexión son mayores o iguales que los triángulos superficiales. La explicación de este comportamiento está en que, a medida que el tamaño del modo de conexión se reduce, las funciones superficiales deben proporcionar los grados de libertad adicionales necesarios para ajustar adecuadamente las variaciones de la corriente en las proximidades de la unión (tanto la componente radial como la componente en acimut).

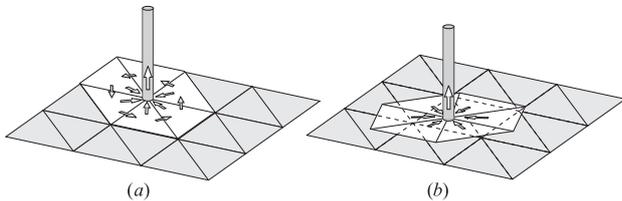


Figura 1. Modo de conexión original y flotante.

### 3. RESULTADOS NUMÉRICOS

Para probar la capacidad del modo de conexión flotante propuesto para ser aplicado en regiones muy próximas a discontinuidades geométricas, se ha analizado un monopolo situado a una distancia de  $\sqrt{2}d$  de una esquina de  $90^\circ$  compuesta por tres placas cuadradas de  $0.4\lambda$  de lado. En la figura 2 se presentan la resistencia y la reactancia de entrada en función del parámetro  $d/\lambda$ . Los resultados se comparan con los obtenidos mediante el modo de conexión original de [8] y con las medidas presentadas en [5]. Para aproximar el punto de conexión al vértice de las tres placas, el radio superficial del modo de conexión se reduce a la distancia entre el punto de conexión y la discontinuidad más próxima. Para ello, los triángulos subyacentes del mallado también deben ser reducidos, tal como se ha comentado previamente, por medio de una subdivisión adaptativa de la superficie en torno al vértice de las tres placas. Esto proporciona los suficientes grados de libertad para que las

funciones superficiales modelen las rápidas variaciones de la corriente cerca del vértice, asegurando también el flujo de corriente a través de las aristas conectadas de las tres placas. Viendo la figura 2, se puede observar un buen parecido entre los resultados obtenidos utilizando el modo de conexión flotante propuesto y aquellos proporcionados por el modo original de conexión. Por otra parte, ambos resultados numéricos están en concordancia con las medidas. Por último, es importante mencionar que el modo de conexión flotante permite situar el monopolo en cualquier punto sobre el recorrido considerado, en lugar de restringir su localización a los nodos del mallado superficial.

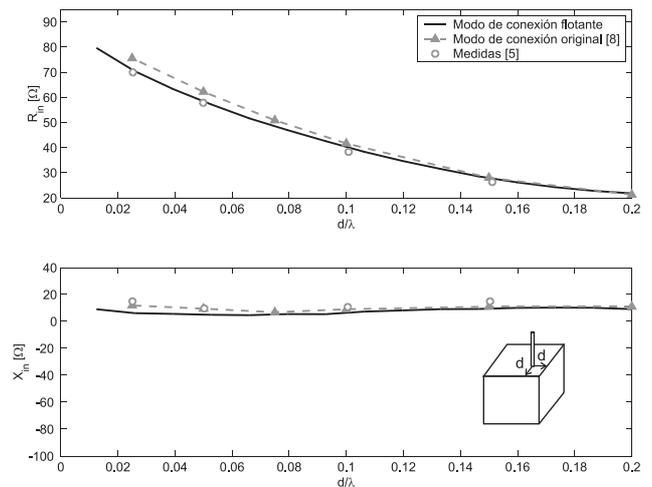


Figura 2. Impedancia de entrada  $Z_{in}=R_{in}+jX_{in}$  de un monopolo de radio  $0.0015\lambda$  montado cerca de una esquina.

### 4. REFERENCIAS

- [1] R.F. Harrington, *Field computation by moment method*, IEEE Press, 1993.
- [2] N.C. Albersten J.E. Hansen and N.E. Jensen, "Computation of radiation from wire antennas on conducting bodies", *IEEE TAP*, vol AP-22, no. 2, pp 200-206, May 1996.
- [3] E.H. Newman and D.M. Pozar, "Electromagnetic modeling of composite wire and surface geometries", *IEEE TAP*, vol AP-26, no. 6, pp 784-789, November 1978.
- [4] E.H. Newman and D.M. Pozar, "Considerations for efficient wire/surface modeling", *IEEE TAP*, vol AP-28, no. 1, pp 121-125, January 1980.
- [5] Ibrahim Tekin and E.H. Newman, "Method of moments solution for a wire attached to an arbitrary faceted surface", *IEEE TAP*, vol. AP-46, no. 4, pp 559-562, April 1998.
- [6] S.M. Rao, *Electromagnetic scattering and radiation of arbitrarily shaped surfaces by triangular patch modeling*, Ph.D. dissertation, University of Mississippi, 1978.
- [7] S.M. Rao, D.R. Wilton and A.W. Glisson, "Electromagnetic scattering by surfaces of arbitrary shape", *IEEE TAP*, vol. AP-30, no. 3, pp 409-418, May 1982.
- [8] S.U. Hwu and D.R. Wilton, *Electromagnetic Scattering and Radiation by Arbitrary Configurations of Conducting Bodies and Wires*, San Diego State University, Technical Report No. 87-17, May 1998.