

# Estudio de la Propagación y Radiación de Pulsos Temporales en Líneas de Transmisión basadas en Metamateriales CRLH

J. S. Gómez-Díaz, F. D. Quesada-Pereira, F. J. Pérez-Soler, J. Pascual-García, D. Cañete-Rebenaque, M. Martínez-Mendoza, J. L. Gómez-Tornero, C. Caloz y A. Álvarez-Melcón.

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Cartagena  
Campus Muralla de Mar. Edificio Antiguo Hospital de Marina  
30202 Cartagena

E-mail: [jsebastian\\_gomez@ono.com](mailto:jsebastian_gomez@ono.com), [alejandro.alvarez@upct.es](mailto:alejandro.alvarez@upct.es)

**Resumen.** En este artículo se presenta un estudio sobre la propagación y la radiación de pulsos temporales en líneas de transmisión basadas en metamateriales CRLH. Esta nueva tecnología proporciona nuevas y originales soluciones en los recientes sistemas de banda ancha UWB. Usando una nueva formulación en el dominio temporal, se proponen dos novedosas aplicaciones. En primer lugar, el empleo de una antena CRLH leaky-wave como un analizador de espectros en tiempo real (RTSA) para caracterizar señales desconocidas, y en segundo, el uso de un array de antenas para obtener un barrido cuasi-instantáneo del espacio con un haz tipo "lápiz".

## 1 Introducción

Este artículo se centra en la caracterización de la propagación y radiación de pulsos temporales en líneas de transmisión basadas en metamateriales *composite right/left-handed* (CRLH). Esta nueva tecnología fue presentada en [1] y hasta la fecha, había sido analizada únicamente en el dominio frecuencial. Por primera vez se presenta un estudio en el dominio temporal [2] que explota las características dispersivas de este tipo de medios [1]. Cabe destacar que este trabajo se ha realizado en una colaboración del grupo GEAT, de la UPCT, con la École Polytechnique de Montreal y el Prof. C. Caloz, pionero mundial en el desarrollo de esta tecnología.

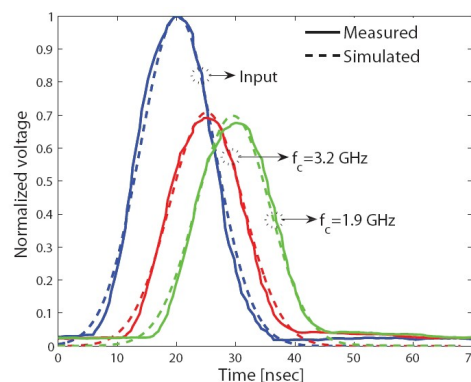
Una de las principales aplicaciones de los metamateriales es su empleo como antenas "leaky-wave" en un determinado rango frecuencial, donde proporcionan un barrido completo de haz (desde *backfire* hasta *endfire*, incluyendo por primera vez la dirección *broadside*). En este trabajo, usando la formulación desarrollada en [2], se excita este tipo de antenas con pulsos temporales ultra cortos, con el fin de obtener una separación espectro-espacial de la radiación [3] (es decir, cada componente frecuencial es radiada a una región espacial diferente).

Finalmente, combinando la formulación propuesta en [2] con la radiación de este tipo de antenas basadas en metamateriales [3], se proponen dos nuevas aplicaciones de banda ancha UWB. Simulaciones *full-wave* y medidas experimentales, realizadas en los laboratorios de la École Polytechnique de Montreal, confirman el valor práctico y la precisión del método propuesto.

## 2 Resultados

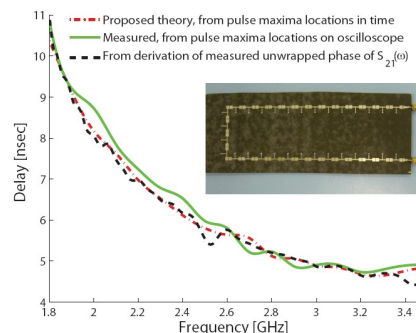
La formulación presentada en [2] puede ser empleada para analizar la propagación de pulsos

temporales a lo largo de líneas de transmisión CRLH. Como se observa en la Fig. 1, donde se compara la formulación propuesta con medida experimental, la velocidad de propagación de estos pulsos depende de su frecuencia de modulación [1].



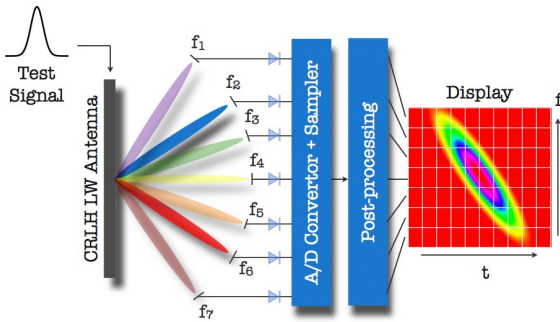
**Figura 1: Propagación de pulsos temporales Gaussianos en una línea de transmisión CRLH [1]. Comparación de la formulación propuesta con medidas experimentales.**

Consecuentemente, el retardo de grupo variará en función de la frecuencia, como se puede observar en la Fig. 2.



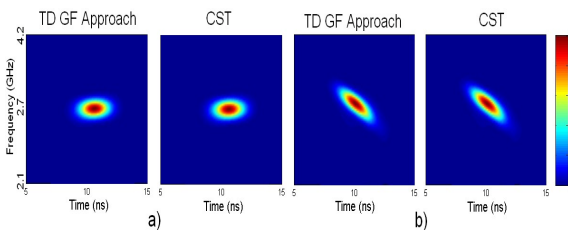
**Figura 2: Retardo de grupo en función de la frecuencia obtenido con la formulación propuesta. Medidas experimentales son usadas como validación.**

Tras caracterizar la propagación de pulsos, se procede a estudiar la radiación de los mismos cuando la línea CRLH actúa como antena *leaky-wave*. Como se puede observar en la Fig. 3, cada componente frecuencial del pulso que se propaga por la línea CRLH es radiado a una zona espacial diferente.



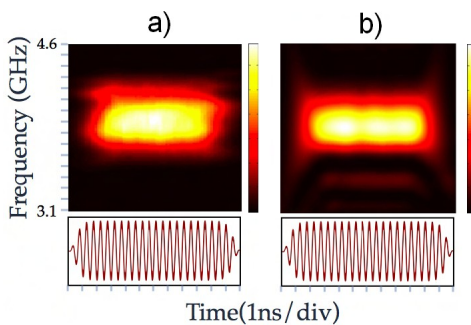
**Figura 3: Diagrama del analizador de espectros de tiempo real (RTSA) propuesto [3]. La antena CRLH radia cada componente frecuencial del pulso incidente a una zona espacial diferente, donde se analiza y almacena su evolución temporal.**

Esto puede ser aprovechado para obtener un *espectrograma*, que es una representación simultánea en 2D de las componentes temporales y frecuenciales de una señal desconocida. Para ello, se almacena el campo radiado en cada zona espacial en función del tiempo (ver Fig. 3) y finalmente se combina la información de todos los receptores. En la Fig. 4 se muestran espectrogramas de un pulso Gaussiano y un pulso Gaussiano *down-chirp* (cuya frecuencia varía con el tiempo), obtenidos con la formulación propuesta y validados con el software comercial CST.



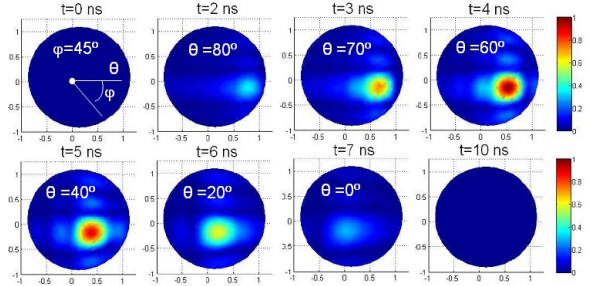
**Figura 4: Espectrogramas de un pulso Gaussiano y un pulso Gaussiano *down-chirp* obtenidos con la formulación propuesta, y validados con el software comercial CST.**

En la Fig. 5 se muestra un espectrograma de un pulso temporal cuadrado, obtenido de forma experimental (a) y comparado con los resultados teóricos (b).



**Figura 5: Espectrograma experimental (a) y obtenido con la formulación propuesta (b) de un pulso temporal cuadrado.**

Finalmente, se propone el empleo de un array de antenas LWA basadas en metamateriales para *escanear* el espacio de forma instantánea con un haz de tipo lápiz (ver Fig. 6). Al alimentar las antenas con un pulso *chirp*, su variación frecuencial, que es función del tiempo, controla la posición del haz en el espacio, barriendo todas las posiciones del espacio en el eje  $\theta$  (ver Fig. 6). Esta característica es combinada con un desfase en la alimentación de cada antena, que provoca un haz de tipo lápiz ubicado en la zona  $\varphi$  espacial deseada.



**Figura 6: Vista desde arriba, en función del tiempo, de la radiación de un pulso Gaussiano tipo *chirp* por un array de 5 antenas CRLH *leaky-wave*.**

### 3 Conclusiones

En este artículo se ha empleado una nueva formulación, basada en la función de Green, para caracterizar la propagación y radiación de pulsos temporales en líneas de transmisión basadas en metamateriales CRLH. Para mostrar el valor práctico del trabajo, dos novedosas aplicaciones de banda ancha han sido propuestas e implementadas, mostrando una excelente concordancia con los resultados predichos por la teoría.

### Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (España). Los autores desean agradecer a Mr. Shulabh Gupta el apoyo, tanto técnico como personal, prestado en la realización de este trabajo.

### Referencias

[1] C. Caloz and T. Itoh, "Electromagnetic Metamaterials: Transmission Line Theory and Microwave Applications", New Jersey, Wiley-Interscience, 2005.

[2] J. S Gómez-Díaz, A. Álvarez-Melcón and C. Caloz "Characterization of Pulse Radiation by CRLH Leaky-Wave Antennas using a Time-Domain Green's Function Approach", in IEEE International AP Symposium Digest, San Diego, USA, 5-12 July 2008.

[3] S. Gupta, C. Caloz and S. Abielmona "CRLH Leaky-Wave Real-Time Spectrum Analyzer (RTSA) with Unrestricted Time-Frequency Resolucion", in IEEE International Microwave Symposium Digest, Atlanta, USA, 15-20 June 2008.