

# Determinación de la densidad de potencia irradiada por estaciones bases GSM 1900 mediante la transformada discreta wavelet

Lorenzo De Pasquale, Miguel Angel Banchieri, Patricia Noemí Baldini, Lucas Angarola, Maximiliano Córdoba, Damián Banfi  
Departamento Electrónica, Facultad Regional Bahía Blanca, Universidad Tecnológica Nacional  
11 de Abril 461, (8000LMI) Bahía Blanca  
0291-4555220

[pasquale@frbb.utn.edu.ar](mailto:pasquale@frbb.utn.edu.ar), [mbanch@frbb.utn.edu.ar](mailto:mbanch@frbb.utn.edu.ar), [pnbaldi@frbb.utn.edu.ar](mailto:pnbaldi@frbb.utn.edu.ar),  
[lucasangarola@hotmail.com](mailto:lucasangarola@hotmail.com), [m.f.cordoba.88@gmail.com](mailto:m.f.cordoba.88@gmail.com), [damian.banfi@hotmail.com](mailto:damian.banfi@hotmail.com).

## RESUMEN

Para conocer el nivel de energía electromagnética o específicamente la densidad de potencia que irradian distintas fuentes de emisión de radio frecuencia, y determinar si cumplen con la normativa vigente, se efectúan mediciones con distintas técnicas tanto en banda angosta como en banda ancha.

Muchas señales de interés como las de telefonía móvil poseen características no estacionarias o transitorias como derivas, tendencias y cambios abruptos; siendo éstas a menudo la parte más importante de la señal.

Nuestra línea de trabajo analiza diferentes tipos de modulación (tanto analógica como digital) para determinar la densidad de potencia irradiada por diferentes emisores individualmente y simultáneamente. El interés se centra en las emisiones de una Estación Base de Telefonía Móvil basada en el estándar GSM (Gloal System for Mobile Communication) 1900, empleando la Transformada Discreta Wavelet (TDW).

La Transformada Discreta Wavelet resulta ser una aproximación más flexible que la Transformada Discreta de Fourier, para determinar con mayor exactitud el tiempo y

la frecuencia por medio de la variación del tamaño de las ventanas [5].

El análisis de la señal adquirida empleando la TDW nos permite determinar tiempo, frecuencia y niveles de energía en dicho ancho de banda.

## CONTEXTO

El proyecto que contiene las líneas de trabajo expuestas se titula “Determinación de la densidad de potencia irradiada por estaciones bases GSM 1900 mediante la Transformada Discreta Wavelet”. Se encuentra aprobado como PID UTN bajo el número 1455 con financiación de esta universidad. Tiene una duración de 24 meses a partir de mayo de 2011.

## INTRODUCCIÓN

Debido a la elevada proliferación de sistemas y equipos de comunicaciones inalámbricos en los últimos años, y la incertidumbre que existe en torno a ellos con respecto a potenciales efectos nocivos sobre el medio ambiente y, específicamente sobre la salud humana, resulta necesario desarrollar herramientas tecnológicas que posibiliten definir políticas de planificación y control que protejan a la población.

Los organismos vivos se hallan sometidos diariamente en los ambientes urbanos a radiaciones electromagnéticas causadas por las emisiones de las antenas de los sistemas de comunicación. Los niveles de exposición resultan variables dependiendo de la distancia a las fuentes, la presencia de estructuras pasivas que intensifican o reducen las amplitudes de las ondas, la posición relativa a la orientación de la antena, entre otros factores.

Las radiaciones de microondas pulsadas de baja intensidad pueden interferir los campos electromagnéticos intrínsecos de las estructuras biológicas de los seres vivos y producir respuestas anómalas en “ventanas” de frecuencia específicas, que resultan fuertemente dependientes de las intensidades y los tiempos de exposición. Numerosas investigaciones han reportado efectos nocivos a nivel molecular, celular de procesos inmunes y sobre los sistemas nervioso, endócrino y reproductivo.

Dado que las mediciones directas en campo representan costos muy elevados, además de insumir mucho tiempo cuando se trata de abarcar grandes espacios, la alternativa inmediata resulta el monitoreo continuo de las emisiones para su análisis y comparación con los valores normalizados.

El procesado con la Transformada Discreta Wavelet se ha detectado en las publicaciones [1], [2], [3] y [4], como aplicaciones de radio frecuencia. Así esta aplicación será utilizada como una posibilidad de proponer una determinación en el tiempo y niveles de densidad de potencia electromagnética.

Al momento en el país para medir la densidad de potencia se utilizan instrumentos que deben ser operados por personal calificado. Los datos obtenidos son los del instante de la medición y no se tienen los registros en todo tiempo, los cuales permitirían realizar estudios estadísticos para

determinar las posibles fluctuaciones de los niveles de densidad de potencia de acuerdo a la franja horaria, época del año, condiciones ambientales y otras.

Con la implementación de la estación de monitoreo se podrá contar con una colección de datos en forma continua sobre el comportamiento de la Estación Base de Telefonía Móvil seleccionada. Esto permitirá evaluar los resultados obtenidos, para posteriormente conocer los desvíos y calcular la incertidumbre.

Las consideraciones anteriores nos permiten concluir que el estudio con la Transformada Discreta Wavelet de las emisiones electromagnéticas de la telefonía móvil, resulta ser un método innovador que reduciría los costos de medición en los distintos ámbitos que se requiera obtener información acerca de los niveles de densidad de potencia electromagnética, como así también lograr un sistema de medición económico y con menor personal necesario para su desarrollo.

## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Este grupo de trabajo de reciente constitución, inicia sus actividades de investigación con la aprobación del proyecto indicado. Es así que comienza también en el Departamento al cual pertenecen todos los integrantes de este proyecto, una línea de investigación en temas de procesamiento de señales con la TDW. En particular dentro del estudio que se realiza con esta transformada, interesa durante la vigencia del proyecto, determinar las energías y densidades de potencia de señales con diferentes tipos de modulaciones, con preferencia en las emitidas por Estaciones Base de Telefonía Móvil basada en el estándar GSM (Glocal System for Mobile Communication).

## RESULTADOS Y OBJETIVOS

Objetivo general:

- Determinar el valor de la densidad de potencia entregada por una BSS GSM 1900 por medio de la transformada discreta wavelet.

Objetivos específicos:- Conocer el comportamiento de las señales emitidas por estaciones bases GSM 1900 con distintos tipos de wavelet.- Identificar la wavelet madre que mejor se adapta para la evaluación de la densidad de potencia.

- Determinar la densidad de potencia para otras señales y modulaciones (análogas y digitales) y extender el objetivo general.

Dentro las actividades previas realizadas se estudió con la TDW un conjunto de señales biomédicas experimentales, Figura 1, provistas para su estudio [6], a fin de determinar la energía de las mismas, dando como resultado [7]. En la Tabla 1 puede verse la comparación de los resultados de las simulaciones obtenidas con Matlab contra los resultados obtenidos con el cálculo de la TDW en la implementación matemática del equipo desarrollado.



Fig. 1 Pantalla de presentación del registro electrocardiográfico. La señal con pendiente negativa es la excitación al sillón giratorio.

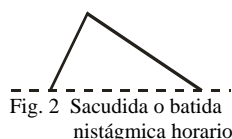


Fig. 2 Sacudida o batida nistágmica horaria

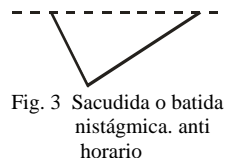


Fig. 3 Sacudida o batida nistágmica anti horaria

Detalles	Energía [%]		Error
	Matlab	STM32F100	
1	18,1662707	18,1662731	13,2x10 <sup>-6</sup>
2	31,6045396	31,6045417	6,64x10 <sup>-6</sup>
3	45,9653118	45,9653015	-22,4x10 <sup>-6</sup>
4	4,21554877	4,21554946	16,3x10 <sup>-6</sup>
5	0,04823088	0,04823096	165,8x10 <sup>-6</sup>
6	0,00005335	0,00005335	0,000
7	0,00004472	0,00004473	0,022
8	0,00000006	0,00000006	0,000

Tabla 1. Error en el cálculo de energías

## FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo está compuesto por tres docentes de Departamento Ingeniería Electrónica. Dos de ellos con grado Magister, el Director en Ingeniería y el otro en Ingeniería Biomédica. El restante posee el grado de Ingeniero Electrónico. Se completa el grupo con tres alumnos avanzados de la carrera Ingeniería Electrónica.

Los alumnos que integran el proyecto se inician formalmente en las tareas de investigación, esto se ve fortalecido por la obtención de dos Becas de Estímulos a las Vocaciones Científicas 2011 otorgada por el Consejo Interuniversitario Nacional, a pocos meses de iniciado el proyecto, correspondiente a los dos primeros alumnos del encabezado.

## REFERENCIAS

- [1] K.C. Ho, H. Liu, L. Hong, "On improving the accuracy of a wavelet based identifier to classify CDMA signal and GSM signal", ISCAS '99. Proceedings of the 1999 IEEE International Symposium on Circuit and Systems, Vol. 4, pp. 564-567.
- [2] H. Liu, K.C. Ho, "Identification of CDMA Signal and GSM signal using the wavelet transform", 42nd Midwest Symposium on Circuit and Systems, 1999, vol. 2, pp. 678-681.

[3] P. Prakasam, M. Madheswaran, "Automatic Modulation Identification of QPSK and GMSK using Wavelet Transform for Adaptive Demodulator in SDR", ICSCN '07. International Conference on Signal Processing, Communications and Networking, 2007, pp. 507- 511.

[4] B. Gerfault, B. Godara, M. Nau, "Applying wavelet transformation to RF system modeling", Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronics Systems, 2009. COMCAS 2009. IEEE International, pp. 1-2.

[5] Amara Graps, "An Introduction to Wavelets", Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 1995.

[6] Banchieri M.A., "Evaluación de registros electronistagmográficos empleando la transformada wavelet", Universidad Favaloro, 2008.

[7] Angarola L. M., Córdoba M. F., Banchieri M. A., "Implementación de la Transformada Discreta Wavelet en un sistema embebido para el análisis de registros electronistagmográficos", uEA II (Congreso de Microelectrónica Aplicada), 7 al 9 de Septiembre de 2011, La Plata.