

## MONITOR REMOTO DE DENSIDAD DE POTENCIA ELECTROMAGNETICA DE BAJO COSTO

DE PASQUALE, LORENZO<sup>1</sup>; REGGIANI, GUILLERMO<sup>1</sup>; BANCHIERI, MIGUEL<sup>1</sup>;  
PELLEGRINO, SERGIO; GUIDI, JUAN CRUZ<sup>1</sup> Y MANCINI, MAURICIO JOSE<sup>1</sup>.

1: Grupo Sistemas y Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (SITIC)  
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Bahía Blanca  
e-mail: {pasquale,ghreggiani,mbanch,spellegrino}@frbb.utn.edu.ar, guidiutn@hotmail.com.ar ,  
mancini\_mauricio@hotmail.com

**Resumen.** *Debido a la elevada proliferación de sistemas y equipos de comunicaciones inalámbricos, 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 de la energía electromagnética presente en el ambiente. En el universo de equipos que emiten energía electromagnética, merece especial atención los sistemas de comunicación inalámbricos de telefonía móvil. Para conocer el nivel de energía electromagnética o específicamente la densidad de potencia que irradian las Estaciones Bases de Telefonía Móvil (BSS), y determinar si cumplen con la normativa vigente, se efectúan mediciones en banda angosta o en banda ancha. Las mediciones directas en campo representan costos muy elevados por el equipamiento a utilizar, insumen mucho tiempo cuando se trata cubrir grandes espacios, y deben ser realizadas por personal altamente capacitado. Una forma de tener información de manera eficaz es monitorear en forma continua independizándose del operador. En este trabajo presentamos el equipamiento que utilizamos para efectuar las mediciones, las distintas herramientas de análisis y los resultados obtenidos. La principal herramienta de análisis será la Transformada Discreta Wavelet.*

**Palabras clave:** Energía Electromagnética, Transformada Wavelet Discreta, Telefonía Móvil, Bajo Costo

### 1. 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 el sistema nervioso, endócrino y reproductivo [1], [2].

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 Wavelet Discreta (TWD) se ha utilizado en [3], [4], [5], [6] en aplicaciones de radio frecuencia a comunicaciones. Esta herramienta matemática será utilizada en nuestro trabajo para efectuar el estudio cualitativo y cuantitativo en la determinación de la duración de transitorios y en las variaciones de amplitud o de su potencia electromagnética.

El presente trabajo está organizado de la siguiente manera: en la sección 2 se presentan los conceptos y componentes en los cuales basamos nuestros estudios; en 3 se describe la organización del trabajo y evalúan los resultados obtenidos; en 4 se detallan las conclusiones y por último se citan las referencias.

## **2. FUNDAMENTOS**

Para poder llevar a cabo las mediciones de los niveles de energía electromagnética que irradian las BSS, utilizamos herramientas existentes en el mercado de bajo costo permitiéndonos realizar un monitoreo continuo e independiente de un operador. En las subsecciones siguientes se describen los componentes utilizados.

### **2.1. Software Defined Radio (SDR)**

Puede definirse al SDR como una “Radio en la que una parte o la totalidad de las funciones de la capa física son definidas por software”.

Un receptor es cualquier tipo de dispositivo que, en forma inalámbrica, recibe señales en el rango de radiofrecuencia (RF) del espectro electromagnético para facilitar la transferencia de información. En el mundo actual, existen receptores en una multitud de elementos tales como teléfonos móviles, ordenadores, puertas de vehículos y televisores, entre otros.

Los receptores tradicionales basados en hardware tienen limitada su funcionalidad y solo pueden modificarse a través de la intervención física. Esto se traduce en mayores costos de producción y mínima flexibilidad en el soporte a múltiples estándares de forma de onda. Por el contrario, la tecnología en la que se basa el SDR, es una solución eficiente y relativamente económica para este problema, permitiendo que los dispositivos inalámbricos multi-modo y/o multi-banda puedan ser mejorados utilizando actualizaciones del software.

El uso de estas tecnologías permite nuevas características y capacidades inalámbricas que podrán añadirse a los sistemas de radio existentes sin necesidad de nuevo hardware.

## 2.2. Universal Software Radio Peripheral (USRP)

El USRP es un dispositivo que permite la creación de un SDR usando cualquier computadora con un puerto USB 2.0 o USB 3.0 [7]. Consiste en un módulo de hardware que posee las capacidades de transmisión y recepción en un amplio rango de frecuencias.

## 2.3. RTL-SDR

Hasta la fecha USRP (Universal Software Radio Peripheral) es un dispositivo de hardware popular para hacer experimentos en comunicaciones en tiempo real con SDR [8]. Pero ahora, existe un dispositivo de bajo costo, el NooElec NESDR Mini SDR & DVB-T USB Stick (RTL2832 + R820T) cuyo rango de frecuencia de funcionamiento es de 64 a 1700 MHz, con una frecuencia de muestreo de 3,2 MS/s (Figura 1).



Fig. 1 RTL-SDR.

## 2.4. Soporte para RTL-SDR del Communications System Toolbox de MatLab

El paquete de soporte al receptor RTL-SDR permite diseñar en MatLab receptores inalámbricos que utilizan señales del mundo real. La utilización del Communications System Toolbox™ junto con una radio USB RTL-SDR, permite diseñar y realizar el prototipo de sistemas que procesan señales inalámbricas en tiempo real con MatLab y Simulink. Se pueden realizar aplicaciones como: FM mono/estéreo, receptor FRS, análisis espectral, calibración de la desviación de frecuencia, entre otras.

MatLab considera al receptor RTL-SDR como una fuente de señal que recibe los datos de una radio RTL-SDR y emite una señal en formato de vector columna de longitud fija especificada por las muestras por frame.

El siguiente diagrama en bloques (Figura 2) ilustra la interacción entre Simulink, el bloque receptor RTL-SDR, y el receptor RTL-SDR.

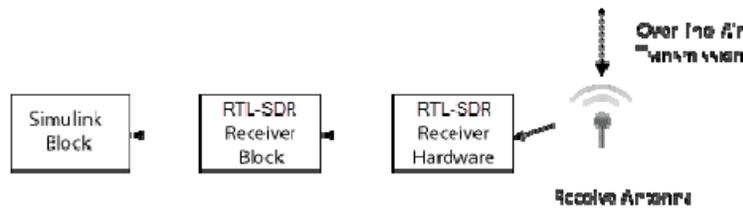


Fig. 2 Diagrama en bloques del receptor RTL-SDR.

### 3. DESARROLLO

#### 3.1. Descripción de la organización del trabajo

El sistema de monitoreo está conformado por un SDR conectado por USB a una placa de computadora BeagleBone Black (BBB). La BBB es de hardware libre de bajo consumo. La BBB se diseñó para efectuar desarrollos con software de código abierto (Figura 3).

La BBB está enlazada a través de la red Ethernet con una notebook. La comunicación entre la BBB y la notebook, en la cual corre el software MatLab, se realizó mediante el protocolo TCP. Al estar el SDR conectado a la BBB a través del puerto USB que posee la misma, permite obtener los datos adquiridos por el conjunto SDR-BBB. Se eligió la comunicación TCP debido a la existencia del programa que corre sobre MatLab, encargado de mostrar la interfaz al usuario desarrollada.



Fig. 3 Interconexión de los elementos que forman el monitor remoto.

Para realizar la captura y el procesamiento de los datos, se efectuó la actualización y adecuación para controlar el SDR, en forma remota, mediante la Graphical User Interface (GUI) desarrollada en Matlab en [9], la cual se muestra en la Figura 4, en la misma también pueden observarse las representaciones de la señal adquirida, los valores obtenidos de energía absoluta y densidad de potencia espectral y el periodograma.

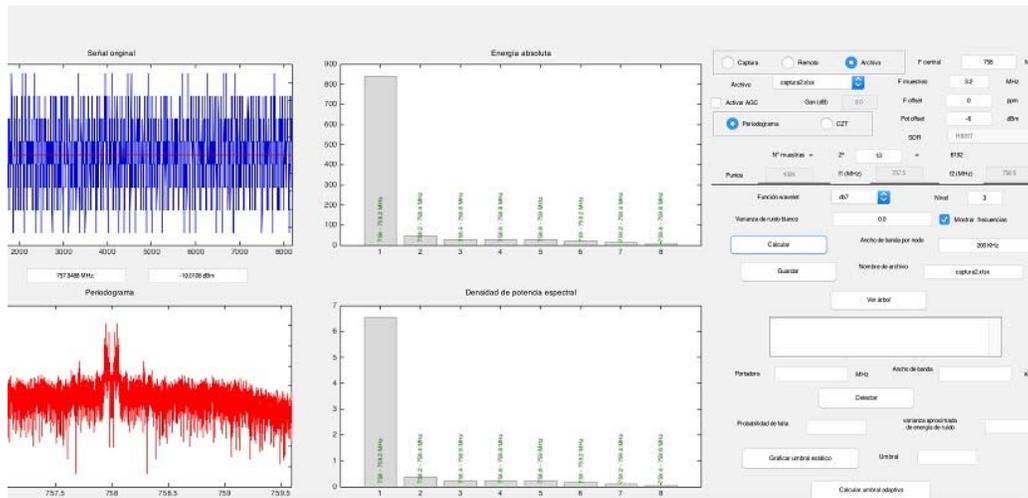


Fig. 4 Ejemplo de la pantalla presentada por la GUI.

En lo que respecta al análisis puede elegirse entre periodograma o análisis con la transformada Chirp Z (CZT), número de muestras a adquirir, seleccionar el tipo de familia wavelet que se desea emplear para obtener la TWP, el nivel de descomposición de la misma y el ancho de banda.

Se efectuaron mediciones adquiriendo señales directamente del monitor, la Figura 4 es un ejemplo de las mismas. La validez de las mediciones efectuadas empleando esta GUI, en lo que respecta a la TWP y al periodograma, fueron estudiadas en [9].

### 3.2. Evaluación de los resultados obtenidos

Se efectuaron pruebas del monitor y software asociado en laboratorio. Las mediciones realizadas fueron en el rango de frecuencia modulada (FM) de broadcasting 88 a 108 MHz, y en las correspondientes a las comunicaciones de telefonía móvil de 4G en la zona de Bahía Blanca en la banda de 700 MHz – APT y las de GSM en la banda de 850 MHz.

Luego de varios ensayos, comprobaciones y ajustes, se determinaron los valores de los parámetros correctos para configurar el SDR a través de la interfaz con MatLab, obteniéndose un sistema confiable.

## 4. CONCLUSIONES

El desarrollo descrito anteriormente permitió obtener un monitor remoto de bajo costo con el cual podría implementarse una red de sensado de RF durante las 24 horas de los 365 días del año. El estudio off-line se haría únicamente con las señales que superen los umbrales de densidad de potencia prefijados para la TWP. La factibilidad de utilizar el esquema de monitoreo propuesto a un bajo costo, simple, con bajas incertezas y de gran flexibilidad para su configuración, sumado esto al software desarrollado, lo convierten en

una alternativa aplicable para la medición de la densidad de potencia en RF y la individualización de la/s frecuencia/s que la determina/n.

## REFERENCIAS

- [1] J. Miyakoshi, “Cellular and Molecular Responses to Radio-Frequency Electromagnetic Fields”, Proceedings of the IEEE, Volume: 101, Issue:6, 2013 , Pag.(s): 1494 – 1502.
- [2] Kapetanakis, T.N. ; Kaprana, A. ; Vardiambasis, I.O. ; Ioannidou, M.P., “Estimation of exposure time to GSM-900 radiation causing auditory brainstem response changes in rabbits using neuro-fuzzy system”, 2011 IEEE International Conference on Digital Microwaves, Communications, Antennas and Electronics Systems (COMCAS), Pag.(s): 1 – 2.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] [www.ettus.com](http://www.ettus.com), 17 October 2012
- [8] Macchi Konrad, J.M., De Pasquale, L., Banchieri, M.A., La Transformada Wavelet Packet en las Técnicas de Sensado Espectral, V Congreso de Microelectrónica Aplicada, 2014.
- [9] Banfi, D., Macchi Konrad, J.M., De Pasquale, L., Banchieri, M.A., Alvarez, M, *Sistema de Medición de Potencia de RF empleando un Software Defined Radio (SDR)*, VI Congreso de Microelectrónica Aplicada, 2015.