

Tema # 1: Estudio de Ocupación Espectral para Desarrollo de Sistemas de Radio Cognitivo Asesor: Dr. Enrique Stevens, Co-Asesor: Dr. Marco Cárdenas

Los **sistemas inalámbricos de radio cognitivo** se espera resuelvan el problema de escasez de espectro electromagnético para las telecomunicaciones en los próximos años. Estos sistemas de comunicación avanzados serán capaces de acceder dinámicamente (y oportunistamente) al espectro electromagnético en sus regiones (es decir, bandas de frecuencia) que estén subutilizadas. Para que puedan operar estos sistemas, se tiene que tener una percepción fina y detallada del espectro para poder identificar las bandas de frecuencia potenciales de uso por equipos de radio cognitivo. De aquí que se necesite tener un estudio muy exacto y confiable de la ocupación espectral. En algunos países sobre todo desarrollados ya se han realizado este tipo de campañas de medición, sin embargo, en México aún queda mucho trabajo por hacer en esta dirección.

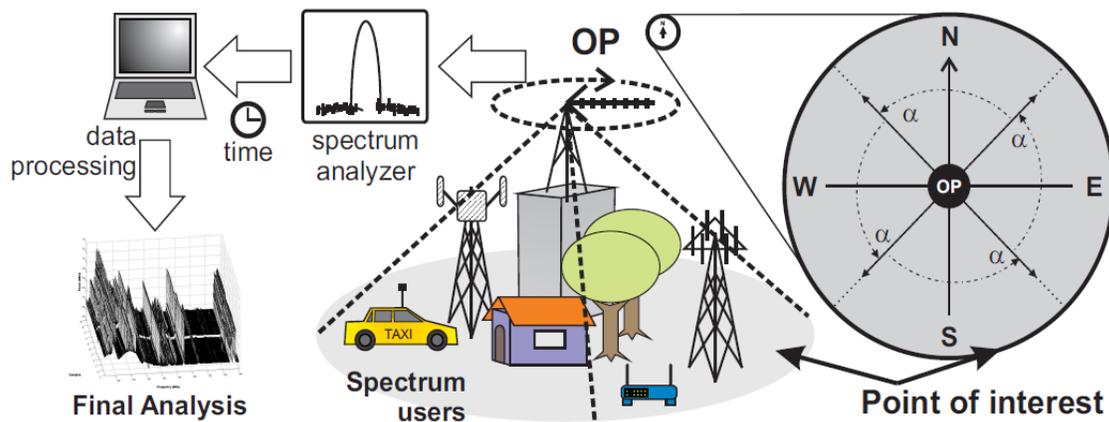


Figura 1. Ejemplo de Campaña de Medición Espectral.

El objetivo del presente trabajo es realizar una campaña de medición de ocupación espectral que abarque todas las frecuencias de radiocomunicación por debajo de los 2.5 Ghz. El trabajo propuesto consiste en planear y ejecutar la metodología adecuada de acuerdo a la literatura para llevar a cabo una campaña de medición espectral como se puede ver en la Figura 1. Una vez concluida la parte experimental de la campaña de medición, el trabajo consistirá en el análisis y procesamiento de las mediciones en MATLAB para su correspondiente caracterización estadística. Se requerirá conocimientos sobre procesos estocásticos, comunicaciones inalámbricas, antenas y propagación, programación en MATLAB.

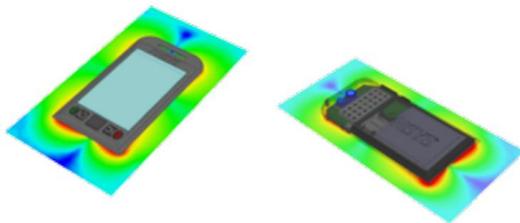
Cursos sugeridos en 3er semestre: comunicaciones inalámbricas y/o antenas y propagación.

R. Aguilar-Gonzalez, M. Cardenas-Juarez, U. Pineda-Rico, and E. Stevens-Navarro, "Spectrum Occupancy Measurement below 1 Ghz in the City of San Luis Potosi, Mexico", en *Proc. of IEEE Vehicular Technology Conference (VTC-Fall'13)*, Las Vegas, Estados Unidos, Septiembre 2013.

Tema #2: Diseño y Caracterización de Antenas para Sistemas de Radio Cognitivo

Asesor: Dr. Enrique Stevens, Co-Asesor: Dr. Jorge Simón (UPSLP)*

En la última década, los esfuerzos de investigación en **radio cognitivo** se han enfocado principalmente en la parte de percepción y decisión del espectro, donde se han desarrollado algoritmos de procesamiento de señales para determinar eficientemente cuáles porciones del espectro se encuentran subutilizadas en determinado tiempo o región geográfica y para decidir cuáles de estos agujeros disponibles se adaptan mejor a las necesidades de comunicación de un usuario cognitivo. Sin embargo, existe una vertiente que ha sido poco explorada en la literatura, y tiene que ver con las antenas de comunicación. En general, hasta el momento la literatura ha considerado el uso de antenas genéricas, es decir, las mismas antenas que utilizan los sistemas de comunicación actuales. Particularmente, las **antenas para radio cognitivo** necesitan contar con algunas características avanzadas tales como amplitud de ancho de banda para percepción de espectro o reconfigurabilidad para comunicarse en una frecuencia elegida.



Smart phone front view with electronic field displayed (left); back view with housing cut away to show internal geometry with electric field (right)

Figura 2. Simulación con HFSS.



Conformal multi-band antenna model for smartphone

Figura 3. Modelado de antenas.

El presente proyecto aborda el diseño y caracterización de estructuras de antena que están pensadas ex profeso para ser usadas en sistemas de comunicación de radio cognitivo y tomando en consideración las técnicas recientes de percepción del espectro. Lo anterior, abre una importante línea de investigación de mucho potencial para el desarrollo e implementación de estos sistemas de comunicación en los próximos años. En específico, para la parte de diseño y caracterización se requerirá el uso de software especializado para simulación de antenas (HFSS, COMSOL Multiphysics, CST Microwave Studio, SuperNec, Matlab, Feko, etc) como se puede ver en las Figuras 2 y 3. Se requerirá conocimientos sobre procesos estocásticos, comunicaciones inalámbricas, antenas y propagación, programación en MATLAB.

Cursos sugeridos en 3er semestre: comunicaciones inalámbricas y/o antenas y propagación.

*El Dr. Jorge Simón es Profesor-Investigador en el Área de Telemática de la UPSLP.

D. Thanh Le and Y. Karasawa, "Design of a broadband reconfigurable antenna for cognitive radio", en *Proceedings of IEEE International Symposium of Antennas and Propagation (APSURSI'12)*, Chicago, Estados Unidos, Julio 2012.

Tema # 3: Gestión de Comunicaciones en Enjambre de mini-UAVs

Asesor: Dr. Enrique Stevens, Co-Asesor: Dr. Ulises Pineda

Recientemente, los **vehículos aéreos no tripulados** (denominados comúnmente por su acrónimo en Inglés UAV por unmaned aerial vehicle) permiten el desarrollo autónomo o semiautónomo de diferentes tipos de misiones que cubren sectores que van desde la seguridad hasta la agricultura o el medio ambiente. Dentro de estas tendencias, se persigue también extender sus capacidades individuales, aplicando conceptos propios de las plataformas de comunicaciones para redes de sensores que propician los entornos de Internet of Things (IoT, red de objetos cotidianos interconectados por medio de Internet). De este modo, el concepto de “enjambre” (flotilla) de mUAVs permite abordar problemas que serían casi imposibles para un solo mUAV, como lograr redundancia (comunicaciones, carga útil, etc.) o extender el tiempo de presencia sobre un objeto de interés en la misión. Los estudios realizados sobre enjambres mUAV incluyen desde la forma de lograr conexiones eficientes entre la base y el enjambre a las técnicas de auto-organización del mismo. Estas técnicas también conllevan un importante flujo de información.

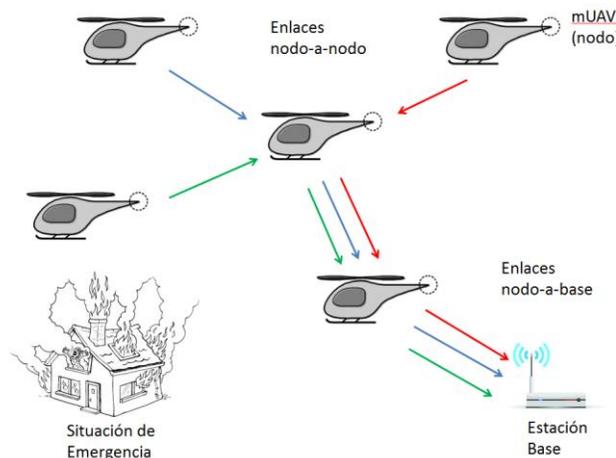


Figura 4. Gestión de comunicaciones en enjambre de mUAVs.

El objetivo del presente trabajo pretende abordar las tareas de gestión de comunicación dentro del proyecto aprobado por CONACYT de Plataforma Avanzada de Comunicaciones para Redes de mini-UAV Aplicadas a la Prevención, Control y Reacción Rápida en Situaciones de Emergencia. En específico, aquí se definirá el modelo de red de comunicaciones que será necesario articular para establecer una comunicación eficiente entre los mUAVs del enjambre por medio de enlaces nodo-a-nodo y entre los mUAVs y la base por medio de enlaces nodo-a-base y base-a-nodo en una posible arquitectura de multi-saltos dependiendo de las consideración de la aplicación a desarrollar como se ve en la Figura 4. Se requerirá conocimientos sobre redes de comunicación, comunicaciones inalámbricas y electrónica digital.

Cursos sugeridos en 3er semestre: comunicaciones inalámbricas y/o redes de comunicación.

K. Daniel, B. Dusza, A. Lewandowski, and C. Wietfeld, " AirShield: A system-of-systems MUAV remote sensing architecture for disaster response", en *Proceedings of 3rd Annual IEEE Systems Conference, Vancouver, Canada, Marzo 2009.*

Temas de tesis 2014 - Maestría en Ingeniería Electrónica

Tema # 1. Evaluación experimental de algoritmos de percepción cooperativa del espectro para radio cognitivo.

Asesor: Dr. Enrique Stevens N., Co-Asesor: Dr. Marco Aurelio Cárdenas J.

La tecnología de radio cognitivo (o cognoscitivo) se visualiza como la solución definitiva a la aparente escasez actual del espectro electromagnético, satisfaciendo la demanda de espectro que requerirán las futuras redes de comunicaciones inalámbricas. En este contexto, los esfuerzos de investigación se han centrado en el desarrollo de algoritmos de procesamiento de señales para determinar eficientemente cuáles porciones del espectro se encuentran subutilizadas en determinado tiempo o región geográfica (percepción de espectro) y para decidir cuáles de estos agujeros disponibles se adaptan mejor a las necesidades de comunicación de un usuario cognoscitivo (decisión de espectro). Sin embargo, la evaluación del desempeño de estos algoritmos se lleva a cabo mediante simulaciones Monte Carlo en computadora, asumiendo que se conocen (o se estiman) datos que en la práctica no están disponibles para los radios cognitivos, lo que puede deteriorar el desempeño de los algoritmos en un ambiente real. En contraste, este proyecto propone la integración de una plataforma para la evaluación del desempeño y emulación de redes de radio cognitivo. El proyecto consiste en implementar y probar los modelos teóricos en una plataforma real basada en GNU radio (www.gnuradio.org) y USRP (del inglés Universal Software Radio Peripheral, <http://www.ettus.com>).

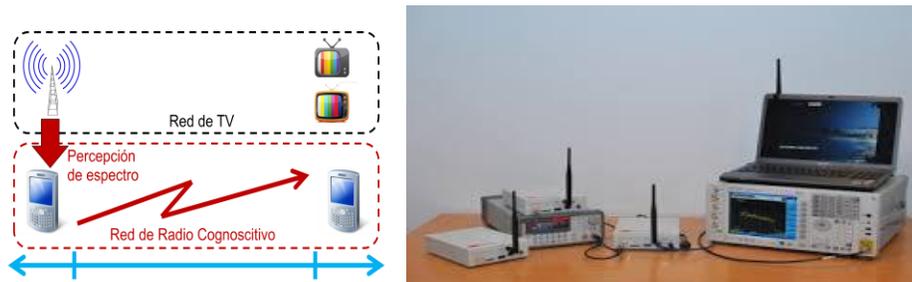


Figura 1. Ejemplo de percepción de espectro y su posible emulación usando GNU Radio y USRP.

El objetivo de la tesis es diseñar nuevos algoritmos de detección de señales con un buen desempeño en el régimen de la muy baja relación señal a ruido manteniendo una complejidad computacional relativamente baja. Asimismo, estudiar experimentalmente el desempeño de los algoritmos de procesamiento de señales diseñados para detectar eficientemente la presencia de usuarios primarios en una banda de frecuencias específica. Finalmente, emular una configuración de red cooperativa centralizada con decisiones suaves para llevar a cabo la percepción cooperativa del espectro y así identificar eficientemente bandas de frecuencias subutilizadas. El proyecto requerirá conocimientos de procesamiento de señales, estimación y detección, probabilidad, programación y simulación y emulación de sistemas de comunicaciones. Por lo tanto, **el perfil del estudiante puede ser de ingeniería eléctrica, electrónica, telecomunicaciones, bio-electrónica, análisis y procesamiento de señales, telemática, etc.** Cursos sugeridos en 3er semestre: modelado y simulación en las telecomunicaciones y/o comunicaciones digitales y/o comunicaciones inalámbricas.

Referencias.

[1] S. Haykin, "Cognitive radio: Brain-empowered wireless communications," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 23, no. 2, pp. 201-220, February 2005.

[2] I. F. Akyildiz, W.-Y. Lee, M. C. Vuran, and S. Mohanty, "NeXt generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey," *Computer Networks (Elsevier)*, vol. 50, no. 13, pp. 2127-2159, September 2006.

[3] B. Wang and K.J.R. Liu, "Advances in cognitive radio networks: A survey," *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, vol. 5, no. 1, pp. 5-23, 2011.

Tema # 3: Percepción de espectro multicanal para radio cognitivo.
Asesor: Dr. Enrique Stevens-N., Co-Asesor: Dr. Marco Aurelio Cárdenas J.

La percepción de espectro juega lo que se considera el papel más importante en radio cognitivo (o cognoscitivo), ya que permite la identificación de los agujeros del espectro, lo que es fundamental en el enfoque de acceso oportunista al espectro (OSA). La funcionalidad de percepción del espectro se puede implementar como el mecanismo principal utilizado por los usuarios cognitivos (o secundarios) en la identificación de los agujeros del espectro o bien como un servicio de respaldo a los proveedores de servicios de bases de datos con el fin de proporcionar información actualizada sobre el estado (ocupado / inactivo) de bandas de frecuencia objetivo. Una revisión tutorial en la percepción del espectro de radio cognitivo puede encontrarse en [1]. Por lo tanto, los radios cognitivos son capaces de detectar y analizar los datos recogidos a partir de su entorno de radiofrecuencia (RF) y de reconfigurar sus parámetros de funcionamiento para adaptarse a situaciones diferentes. Características que les permiten alcanzar un uso eficiente del espectro electromagnético y los hacen adecuados para muchas aplicaciones como las comunicaciones militares, de seguridad pública, seguridad nacional, así como para los mercados comerciales de las comunicaciones inalámbricas. En investigaciones anteriores, una red cooperativa centralizada de radio cognoscitivo ha sido considerada para llevar a cabo la percepción del espectro tomando decisiones globales con ambas reglas de combinación, duras y suaves, en el centro de fusión. En estos casos, se consideró que la percepción del espectro se realiza en un solo canal. Sin embargo, en el contexto de Radio Cognitivo, la percepción del espectro debe realizarse a través de un conjunto de bandas de frecuencias con el fin de encontrar eficientemente bandas subutilizadas disponibles dentro del espectro electromagnético para la transmisión de datos. Investigaciones recientes han abordado el problema del compromiso entre el tiempo de percepción y la tasa de transmisión de datos usando percepción del espectro multi-canal [2], [3] pero estos consideran que las ganancias del canal son constantes. Por lo tanto, considerar una restricción de interrupción (outage) en la probabilidad de detección global para la percepción de espectro cooperativo multi-canal puede ser útil para encontrar el número óptimo de usuarios para la percepción de cada canal, el cual maximiza la tasa de transmisión de datos mientras que proporciona una evaluación realista ya que las ganancias del canal se pueden considerar aleatorias y desconocidas.

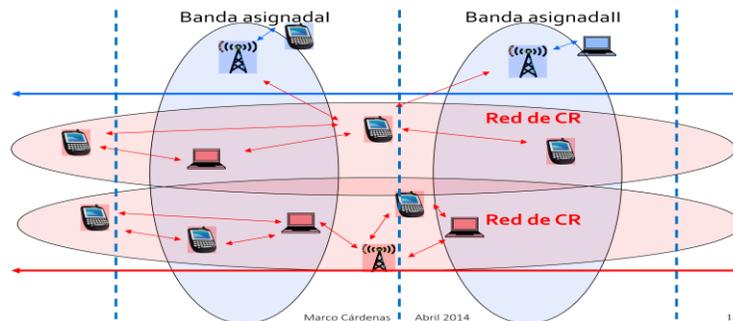


Figura 3. Percepción de espectro multicanal para radio cognitivo

El proyecto requerirá conocimientos de procesamiento de señales, estimación y detección, probabilidad, programación y simulación y emulación de sistemas de comunicaciones. Por lo tanto, **el perfil del estudiante puede ser de ingeniería eléctrica, electrónica, telecomunicaciones, bio-electrónica, análisis y procesamiento de señales, telemática, etc.** Cursos sugeridos en 3er semestre: modelado y simulación en las telecomunicaciones y/o comunicaciones digitales y/o comunicaciones inalámbricas.

Referencias

- [1] E. Axell, G. Leus, E. G. Larsson, and H. V. Poor, "Spectrum sensing for cognitive radio: state-of-the-art and recent advances," IEEE Signal Process. Mag., vol. 29, no. 3, pp. 101-116, May 2012.
- [2] C. Song and Q. Zhang, "Cooperative spectrum sensing with multi-channel coordination in cognitive radio networks," in Proc. IEEE Int. Conf. on Commun. Cape Town, South Africa, May 2010.
- [3] H. Yu, W. Tang, and S. Li, "Optimization of cooperative spectrum sensing in multiple-channel cognitive radio networks," in Proc. IEEE Globecom, Houston, Tx, Dec. 2011.