

## RESUMEN

La etapa de toma de decisiones espectrales en redes de radio cognitiva (CRNs) con topologías centralizadas depende entre otras variables de la fiabilidad del modelo de caracterización de los usuarios primarios (PUs), del método de procesamiento de las solicitudes en la estación base (BS) y del algoritmo de selección de canales; de acuerdo con (Masonta, Mzyece, & Ntlatlapa, 2013), (López, Trujillo, & Gualdron, 2015) entre otros autores, se hace necesario proponer y/o aplicar metodologías que estimen con mayor acierto la presencia/ausencia de los PUs en los canales licenciados, perfeccionar la forma en que se procesan las solicitudes en la BS y mejorar la sub-etapa de selección y asignación de canales en la CRN.

En este sentido la tesis doctoral propone: 1) el uso de LSTM, ANFIS-GRID-FCM y SVM para predecir el comportamiento de los PUs, 2) plantea la posibilidad de gestionar anticipadamente las solicitudes de los usuarios secundarios en la BS (utilizando MLPNN) buscando reducir el tiempo necesario para la asignación del espectro, 3) generar esquemas de selección de canales eficientes basados en la clasificación del espectro a partir de las técnicas de aprendizaje SVM y ANFIS. La metodología seguida para evaluar/validar los algoritmos que forman el sistema de toma de decisiones incluye como fuente de información la utilización de una base de datos que contiene el comportamiento espectral de PUs en diferentes canales en la banda licenciada GSM y de uso libre WiFi, y la generación mediante simulación de tráfico con criterios de QoS para los SUs; los lenguajes de programación utilizados para la construcción de los algoritmos se basa en el uso de C#, Java Script y Matlab.

Los resultados evidencian: 1) un mayor porcentaje de acierto en la caracterización con LSTM y ANFIS-GRID-FCM, 2) una disminución en el tiempo de selección y asignación de canales mediante la utilización de una estrategia proactiva para la gestión de las solicitudes de los SUs en relación con el existente en el estado del arte, 3) que SVM y ANFIS son técnicas válidas para ser utilizadas en la selección de canales.

Como conclusión, el sistema de toma de decisiones propuesto debe ser considerado como un aporte adicional para el mejoramiento de la etapa de decisión espectral en CRNs basadas en infraestructura, que debe ser mejorado/complementado incluyendo factores tan importantes como la caracterización de los usuarios secundarios, la generación de esquemas que permitan la autoconfiguración de los nodos cognitivos, e integración de otras etapas de la CR como la movilidad espectral con el fin de determinar la viabilidad de su implementación a escala real.

**Palabras claves:** Radio cognitiva, toma de decisiones espectrales, PUs, SUs, espacios en blanco, caracterización, estrategia reactiva y proactiva en toma de decisiones espectrales, redes neuronales recurrentes, inteligencia artificial, predicción, probabilidad de arribo, LSTM, MLPNN, SVM, ANFIS, TOPSIS, FAHP.

## ABSTRACT

The stage of spectral decision making in cognitive radio networks (CRNs) with centralized topologies depends, among other variables, on the reliability of the characterization model of primary users (PUs), the base station request processing method (BS ) And the channel selection algorithm; according to (Masonta, Mzyece, & Ntlatlapa, 2013), (López, Trujillo, & Gualdron, 2015), among other authors, it is necessary to propose and/or apply methodologies that better estimate the presence/absence of the PUs in the licensed channels, perfect the way in which requests are processed in the BS and improve the sub-stage of selection and allocation of channels in the CRN.

In this regard, the doctoral thesis proposes: 1) the use of LSTM, SVM and ANFIS-GRID-FCM to predict the behavior of PUs, 2) poses the possibility of managing requests from secondary users in the BS (using MLPNN) aiming at reducing the time needed for spectrum allocation, 3) generate efficient spectrum selection schemes based on spectrum classification from SVM and ANFIS learning techniques. The methodology used to evaluate/validate the algorithms that make up the decision making system includes as a source of information, the use of a database containing the spectral behavior of PUs in different channels in the licensed GSM band and free WiFi, and generating traffic simulation using QoS criteria for SUs; the programming languages used for building the algorithms are based on the use of C #, Java Script and Matlab.

Results show: 1) a higher percentage of success in the LSTM and ANFIS-GRID-FCM characterization, 2) a decrease in the time needed to select and allocate channels, using a proactive strategy to manage SUs requests In relation to those existing in the state of the art, 3) furthermore it proves that SVM and ANFIS are valid for use in channel selection techniques.

In conclusion, the proposed decision-making system should be considered as an additional contribution to improve the spectral decision stage in infrastructure-based CRNs, which should be improved/complemented, including such important factors as the characterization of secondary users, the generation of schemas that allow auto configuration of cognitive nodes, and integration of other CR stages, such as spectral mobility in order to determine the feasibility of its implementation on a real scale.

**Keywords:** Cognitive radio, spectral decision making, PUs, SUs, blank spaces, characterization, reactive and proactive strategy in spectral decision making, recurrent neural networks, artificial intelligence, prediction, probability of arrival, LSTM, MLPNN, SVM, ANFIS , TOPSIS, FAHP.