

Prototipo para identificación de TVWS

José Matamoros Vargas (Autor)
Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE
Departamento de Eléctrica y
Electrónica
Quito, Ecuador
jamatamoros@espe.edu.ec

Danilo Corral De Witt (Autor)
Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE
Departamento de Eléctrica y
Electrónica
Quito, Ecuador
drcorral@espe.edu.ec

Rubén León Vásquez (Co-Autor)
Universidad de las Fuerzas Armadas
ESPE
Departamento de Eléctrica y
Electrónica
Quito, Ecuador

Abstract— The importance of Television White Space (TVWS) relays on the spectrum sensing function of Cognitive Radio that allows the detection of empty channels that could be used by other users implementing Wireless Regional Area Network (WRAN) , White-Fi or similar technologies that occupy the Television UHF band for data transmissions. Tools to detect TVWS are expensive and inflexible towards development and research due to the licenses that their companies handle. The utilization of open source tools and a power based detection algorithm to develop a tool that helps detect these TVWS, became an real solution to analyze and determine the real state of the radio electric spectrum in the UHF band. A good amount of research have been made in this area, to the point that now there are technologies that work with Cognitive Radio as a main tool. The greatest example of this is the IEEE 802.22 standard (WRAN) that allows sharing spectrum in the television bands, using the TVWS to transmit data where and when is possible, without interfering with an existing primary user.

Keywords- TVWS, spectrum, power detection, Open Source, Raspberry PI.

I. INTRODUCCIÓN

La utilización del espectro radioeléctrico como medio de comunicación, comenzó cuando Rudolf Hertz utilizó un oscilador como emisor, y una resonador como receptor.

Es así como la idea de las comunicaciones inalámbricas comenzó a tomar forma hasta llegar todos los servicios que tenemos el día de hoy.

En Ecuador, la institución encargada de administrar y gestionar con orden las frecuencias o canales que pueden utilizar los diferentes usuarios, es el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), esto siempre siguiendo los lineamientos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Mientras que la entidad encargada de vigilar que se cumpla las normas establecidas, es la Súper Intendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL).

El servicio de TV analógica, que actualmente se presta en Ecuador, obedece a normas técnicas que determinan los parámetros de funcionamiento como: potencia máxima, ganancia de antena, y la banda de frecuencia a utilizar para la transmisión.

Durante años la distribución de las bandas de frecuencia para TV abierta, funcionó para atender la demanda existente. Normalmente se asignaba una frecuencia a una empresa operadora, de forma exclusiva a nivel nacional o regional, según haya sido requerida.

La frecuencia es explotada en las ciudades y centros urbanos, pero no se la utiliza en las zonas rurales, donde la densidad poblacional es demasiado baja, como para justificar la fuerte inversión que representaría el despliegue de infraestructura necesaria para hacerlo.

Con el vertiginoso desarrollo de las TIC, y al creciente demanda de servicios de telecomunicaciones a todo nivel, se observó la necesidad de explotar de forma inteligente el espectro radioeléctrico, para ellos surgen varias iniciativas como el uso de radios basadas en software y el uso compartido e inteligente del espectro radioeléctrico.

El segundo punto, no es otra cosa que optimizar el recurso no renovable que es el espectro radioeléctrico, y se fundamenta en permitir que otros usuarios (a más de los operadores de TV) accedan a estas frecuencias, a fin de compartirlas en las zonas donde no las utilicen los usuarios primarios.

Importantes investigaciones han sido realizadas en el campo de compartición de las bandas de espectro radioeléctrico. Es así como el estándar IEEE 802.22 (WRAN) que se aprueba en junio del año 2011, se enfoca en la utilización de canales libres dentro de la banda UHF asignada a servicios de televisión analógica.

A pesar de ser una novedosa y práctica forma de comunicar datos utilizando eficientemente el espectro radioeléctrico, no ha sido implementada de forma considerable alrededor del mundo. Esto se debe a que en la mayoría de países las leyes protegen al usuario primario de cualquier interferencia que pueda provocar otro usuario en ese canal, aunque el usuario primario, no se encuentre utilizando su canal en algún área geográfica específica (especialmente en zonas rurales).

En caso de permitirse esta compartición de frecuencias, en las áreas rurales donde el usuario primario no está presente, se podría generar una nueva alternativa para proveer de servicios de telecomunicación a sectores rurales.

Esto es algo que está cambiando, debido a que en países como EEUU y Sudáfrica se encuentran en progreso

investigaciones y pruebas sobre el posible despliegue de esta tecnología para cubrir las necesidades de conectividad de las poblaciones rurales.

En Ecuador escasea la información sobre el verdadero estado del espectro radioeléctrico, algo necesario para realizar pruebas con esta tecnología, y su posible viabilidad para implementarla en un futuro mediano.

En este artículo se propone el desarrollo de un sistema, el cual es accesible económica y tecnológicamente y permite muestrear el espectro radioeléctrico desde los 500 MHz hasta los 686 MHz, en canales de 6 MHz, devolviendo información confiable sobre la utilización real del espectro radioeléctrico.

II. MARCO TEORICO

En Ecuador el espectro radioeléctrico es considerado un recurso estratégico no renovable para el desarrollo del país, y es administrado de forma organizada por el CONATEL.

El ente regulador ha dividido la banda asignada para televisión en cuatro sub bandas, las cuales se encuentran comprendidas entre VHF (*"Very High Frequencies"*), y UHF (*"Ultra High Frequencies"*) y se detallan en la Tabla 1.

Tabla. 1. Bandas VHF y UHF [1]

Banda	Frecuencia
Uno (I)	54 hasta 72 MHz y 76 hasta 88 MHz
Tres (III)	174 hasta 216 MHz
Cuatro (IV)	500 hasta 608 MHz y 614 hasta 644 MHz
Cinco (V)	644 hasta 868 MHz

Estas bandas se dividen en canales, los cuales están distribuidos por grupos. Esto se debe a que se asignan diferentes grupos a las estaciones de acuerdo a la región en

la cual se quiera transmitir, para de esa forma evitar interferencias.

Los grupos se encuentran detallados en la tabla 2.

Tabla. 2. Distribución de canales por grupo

Grupo	Canal
G1	19,21,23,25,27,29,31,33,35
G2	20,22,24,26,28,30,32,34,36
G3	39,41,43,45,47,49
G4	38,40,42,44,46,48

La tecnología utilizada para la transmisión de televisión analógica en Ecuador, es la misma propuesta por la NTSC ("National Standad Committee" por sus siglas en ingles). Esta tecnología requiere que la señal recibida se encuentre sobre los -94 dBm para que el servicio de televisión pueda darse [3].

El comportamiento típico de una señal analógica del canal de televisión puede ser observado en la figura 1.

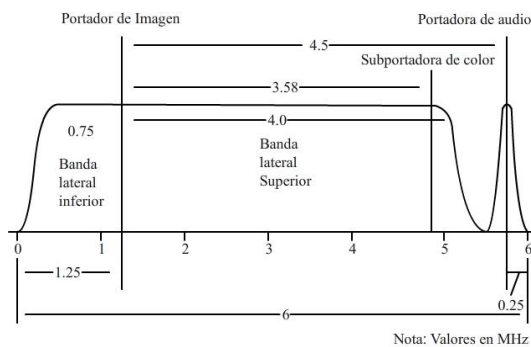


Figura. 1. Señal de televisión analógica [2].

III. DESARROLLO

A pesar de que existen varios tipos de algoritmos para la detección de TVWS en un rango de frecuencias, fue necesario escoger uno que se adapte a los requerimientos que se presentaron.

El método a seleccionar debería diferenciar un canal ocupado de uno libre de acuerdo a un umbral que sería fijado en -94 dBm.

La representación de lo explicado se puede observar en la figura 2, donde existen dos señales. La señal 1 se la puede considerar débil por estar debajo del umbral, y por ende sería un canal libre. La señal 2 se encuentra sobre el umbral, lo que se podría asumir como un canal ocupado.

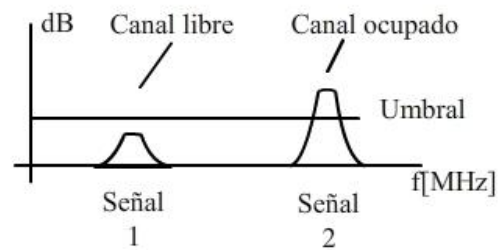


Figura. 2. Discriminación de un canal

El método seleccionado fue el método de detección de energía, el cual es el más óptimo, primero por el bajo nivel de procesamiento requerido, bajo consumo de energía para implementarlo, no depende de las características de la señal del usuario primario y el tiempo de recolección de muestras es bajo. Además de la facilidad para instalarlo en el hardware seleccionado.

La implementación del sistema se realizó en dos etapas, donde cada cual comprendió un prototipo elaborado con diferentes componentes y desarrollado con diferentes herramientas.

El primer prototipo estuvo compuesto de los componentes detallados en la tabla 3 con su utilidad.

Tabla. 3. Componentes del prototipo 1

Componente	Utilidad
------------	----------

Laptop	Centro de procesamiento de datos
Tablet	GPS de alta precisión
RF Explorer	Analizador de espectros
Labview	Programa para desarrollo del algoritmo
JavaScript y PHP	Para desarrollo de la presentación de datos
MySQL	Para almacenamiento de datos

El prototipo 1 fue constituido por 8 módulos, donde cada módulo estaba encargado de una tarea específica. Estos módulos se encuentran detallados en la tabla 4.

Tabla. 4. Módulos del prototipo 1

Módulo	Función
Módulo GPS	Encargado de entregar la hora GMT - 0, la Longitud y la Latitud.
Módulo Lectura WSUB	Encargado de realizar la adquisición de datos del Analizador de espectros WSUB para el espacio espectral requerido.
Módulo Procesamiento de Datos	Encargado de Organizar los datos adquiridos en una matriz de acuerdo a su frecuencia.
Módulo de Promedio	Encargado de sacar una media de los datos adquiridos de acuerdo a lo requerido.
Módulo de Selección	Encargado de Realizar el procesamiento para la discriminación de canales ocupados.
Módulo de Visualización	Encargado de desplegar la información adquirida.
Módulo de Almacenamiento	Encargado de organizar los datos y almacenarlos en una base de datos de forma ordenada.
Módulo de Informe	Encargado de realizar un informe de los datos tomados.

Dentro del funcionamiento general del programa, el módulo Lectura WSUB lee la información en bruto que proporciona del RF Explorer, pasándola al módulo de procesamiento para su interpretación.

Una vez hecho esto, la información pasa al módulo de

selección, el cual selecciona que canal se encuentra libre, y cual no.

Todos estos datos conjuntamente con los del módulo de GPS pasan a desplegarse y a almacenarse. Posteriormente, se puede realizar un informe si el usuario lo cree necesario.

En la figura 3 se puede observar la salida del programa al encontrarse muestreando el espectro.

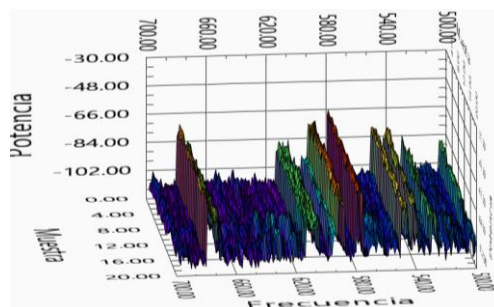


Figura. 3. Espectro muestreado con el prototipo 1

El prototipo 1 funcionaba muy bien, pero tenía varias falencias, como dependencia de la batería de la laptop, poco ergonómico y costoso de aplicar debido a los equipos. Es así que se decide implementar el prototipo 2.

Para el prototipo 2 se utilizaron los elementos detallados en la tabla 5.

Tabla. 5. Componentes del prototipo 2

Componente	Utilidad
Raspberry Pi	Centro de procesamiento de datos
GlobalSat	GPS de alta precisión y rápida adaptación
RF Explorer	Analizador de espectros
Python	Programa para desarrollo del algoritmo
JavaScript y PHP	Para desarrollo de la presentación de datos
MySQL	Para almacenamiento de datos

Con los nuevos elementos se logró obtener varias ventajas sobre el prototipo anterior, tales como que la

alimentación podía ser desde una toma de 5 V, es de libre distribución debido a la tecnología utilizada y es ergonómico.

El prototipo 2 funciona gracias al código desarrollado en Python, el cual tiene sus diferencias con el código del prototipo 1.

A pesar de eso, la lógica con la que funciona el programa general se mantuvo, obteniendo así la posición geográfica donde se toma la muestra primero, muestreando el espectro segundo, almacenando los datos, y finalmente limpiando la memoria del dispositivo para su correcto funcionamiento continuo.

Todo el código se ha desarrollado de forma que no existan errores de lectura ni errores de saturación de memoria, algo muy común en los mini PC como la Raspberry Pi utilizada.



Figura .4. Prototipo 2.

Finalmente se montó todo el dispositivo en un tablero de dibujo, de madera conjuntamente con un monitor TFT de 7 pulgadas para desplegar la información que procesa y hacer las veces de monitor. Este puede ser observado en la figura 4.

El prototipo 2 adaptado para que se energice totalmente desde la toma DC de un automóvil, lo cual permitió un continuo levantamiento de espectro, independientemente del

tiempo que se esté tomando datos.

IV. RESULTADOS

Una vez montado el dispositivo, se realizó un recorrido de verificación, desde el sector de la Armenia hasta el Centro Comercial San Luis.

Para una mejor representación de los datos obtenidos, se realizó un script con JavaScript y PHP, de forma que conjuntamente con GoogleMaps ® se puede realizar una mejor representación de los datos obtenidos.

En la figura 5 se puede apreciar la imagen de los datos obtenidos en el recorrido, donde mientras el círculo tienda a ser azul y sea de mayor tamaño, indica que en el sector existe una mayor cantidad de canales disponibles, mientras que mientras el círculo tienda a ser rojo y pequeño indica el menor número o la ausencia de canales libres.

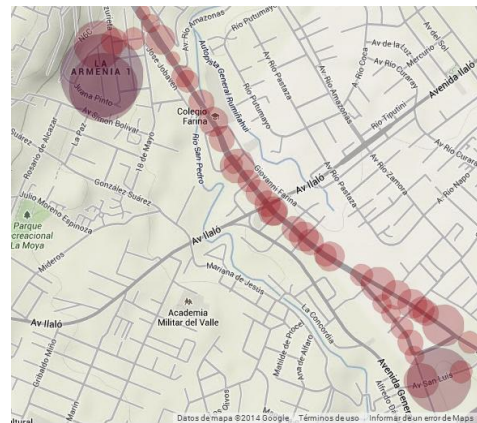


Figure 5. Representación de la presencia de los canales

En la figura 6 se puede observar la cantidad de canales presentes durante el recorrido. Cabe recalcar que mientras un canal se encuentre sobre el umbral establecido de -94 dBm, se lo considera presente.

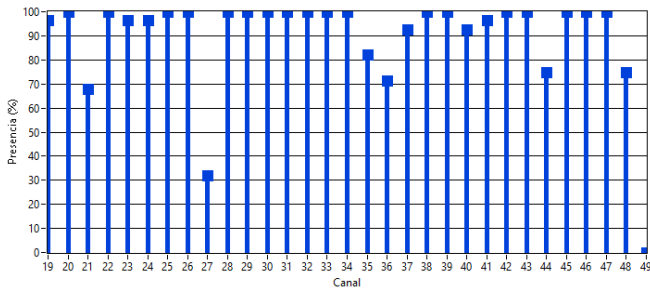


Figure. 6. Presencia de los canales en la ruta.

V. CONCLUSIONES

Fue posible implementar un dispositivo de pruebas, identificando el hardware necesario, y desarrollando un algoritmo de detección de canales basándose en la discriminación de potencia para identificar canales de 6 MHz desde los 500 MHz hasta los 686 MHz.

El dispositivo implementado es modular y accesible debido al costo y la tecnología utilizada, y presenta otras cualidades como ergonomía, movilidad y fiabilidad.

Permite tomar muestras del espectro radioeléctrico en las bandas deseadas y las representa de forma georreferenciada en la aplicación Google Maps ®.

Se puede configurar los rangos y canales de frecuencia a ser muestreados, el número de muestras, umbral de potencia, distancia entre las muestras tomadas, el span de frecuencias a sensor.

REFERENCIAS

- [1] Plan Nacional de Frecuencias,
http://www.regulaciontelecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf
- [2] Apuntes de cátedra del Ing. Freddy Acosta Buenaño, Televisión Digital, Sangolqui - Ecuador, 2013.
- [3] Stevenson, C.; Chouinard, G.; Zhongding Lei; Wendong Hu; Shellhammer, S.J.; Caldwell, W.,

"IEEE 802.22: The first cognitive radio wireless regional area network standard", Communications Magazine, IEEE , vol.47, no.1, pp.130,138, January 2009,
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4752688&isnumber=4752663>"