

Monitorización de la señal de televisión digital mediante el escaneo de canales utilizando la caja decodificadora SDP160

Ana Ivis Mena Valdés, Dreyelian Morejón Betancourt, Rufino Reydel Cabrera Alvarez, Yosmany Hernández Sánchez

RESUMEN / ABSTRACT

Actualmente en **LACETEL**[®], Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones, está siendo desarrollada una solución para la monitorización del espectro radioeléctrico en las bandas comerciales de televisión. Para ello se prevé el despliegue de un conjunto de sensores distribuidos geográficamente, los cuales realizarán barridos periódicos del espectro, medirán los parámetros fundamentales de la señal detectada y lo enviarán a un nodo central para su gestión y procesamiento. Una de las alternativas en que se trabaja para implementar los sensores, consiste en la modificación de las funcionalidades básicas de receptores comerciales, adaptando su funcionamiento a los requerimientos de la solución. En un desarrollo anterior en nuestro Instituto, el receptor SOYEA SDP160 fue modificado para monitorizar los parámetros relación señal/ruido y nivel de un canal de televisión digital, guardando la información en un dispositivo de almacenamiento extraíble. Partiendo de este desarrollo, el presente trabajo describe la modificación en el código fuente de la función de búsqueda de canales, implementando la ejecución automática de la misma a intervalos periódicos y eliminando todo procesamiento relacionado con la estructura interna de la trama de transporte. Con la implementación de estas modificaciones, se adecua la herramienta para realizar una monitorización periódica del espectro y se reducen los intervalos de tiempo asociados a cada barrido, enviado los valores medidos al puerto serie para su posterior procesamiento. En el documento se explican las pruebas realizadas en condiciones de laboratorio para evaluar el desempeño de los algoritmos implementados, exponiéndose los resultados obtenidos.

Palabras claves: Televisión Digital; Escanear; Espectro radioeléctrico; Caja decodificadora; Nivel de señal; Relación señal/ruido

*Currently in **LACETEL**[®], Research and Development Telecommunications Institute, has been developed a solution for monitoring the radio spectrum in commercial television bands. To achieve this goal, the deployment of a set of geographically distributed sensors is planned, in order to perform periodic sweeps of the spectrum, measuring the fundamental parameters of the detected signal and sending them to a central node for its management and processing. One of the alternative ways to implement the sensors consists in modifying the basic functionalities of commercial receivers, and so adapt their operation to the requirements of the solution. The receiver, transformed into a measuring instrument, is able to sweep the radioelectric spectrum, detecting specific parameters for each sensed channel and sending them through a communication interface. In a previous development in our Institute, the SOYEA SDP160 receiver was modified to monitor the signal/noise ratio and signal level parameters of a digital television channel and store the information into a removable storage device. Starting from this development, the present work describes the modification to the channels search function in the firmware implementing its automatic execution at periodic time intervals and suppressing any inner processing of transport stream structure. By implementing these modifications, the tool gets better suited for performing a periodic monitoring of the spectrum and the time intervals associated to each swept are conveniently reduced. The measured values are sent to the serial port for later processing. Tests performed in laboratory conditions are explained to evaluate the performance of the implemented algorithms, exposing the obtained results.*

*Key words: Digital Television, Scan; Radioelectric spectrum; Set Top Box; Signal level; Signal/noise ratio
Digital television signal monitoring by scanning channels using the Set Top Box SDP160*

Recibido: 12/8/2019

Aceptado: 29/4/2020

1.-INTRODUCCIÓN

Como mencionan los autores en [1], con el despliegue de la televisión digital (TVD) en el país, surge también la necesidad de monitorizar en tiempo real la calidad de la señal puesta en el aire por cada uno de los centros transmisores. No obstante, la ubicación del equipamiento necesario para este propósito constituye un reto, tanto desde el punto de vista logístico como económico, debido a la gran cantidad de emplazamientos involucrados en el proceso. Este escenario propició la búsqueda de soluciones más económicas, siendo un caso de estudio el empleo de receptores comerciales de televisión digital. En artículos anteriores se han expuesto las modificaciones realizadas a los receptores comerciales SOYEA HDP160 (alta definición) y SDP160 (definición estándar) para la obtención de parámetros de la señal de Televisión Digital [2], su calibración y ajuste [1]. En estas soluciones se insertan en el menú de usuario nuevas ventanas con información de la señal recibida. La información mostrada en pantalla incluye un resumen de los parámetros fundamentales del modo de transmisión, nivel de potencia, razón de bit erróneo (BER del inglés *Bit Error Rate*) y relación señal a ruido (SNR del inglés *Signal-to-Noise Ratio*). Asimismo, se muestra de forma gráfica el comportamiento durante el último minuto de la potencia, el BER y la SNR. Todos los parámetros mostrados se actualizan cada un segundo y, adicionalmente a los valores instantáneos, se muestran los comportamientos promedios y extremos durante el último minuto, hora y día. Se incluye además la posibilidad de transferir los registros de mediciones a un dispositivo de almacenamiento externo, con el objetivo de ser usados para su análisis posterior.

Las soluciones anteriores tienen la desventaja de que sólo monitorizan el canal al cual se sintoniza la herramienta. Con el objetivo de obtener información de todo el espectro que ocupa la señal de TVD, es deseable que la herramienta realice barridos periódicos en el rango de frecuencias de interés y obtenga en cada caso las mediciones correspondientes a cada canal identificado. En el presente trabajo se exponen las modificaciones realizadas al código fuente de la caja decodificadora, marca SOYEA modelo SDP160 para implementar las funcionalidades de barrido y medición periódica del espectro de frecuencias ocupado por el servicio de TVD en Cuba. Para ello se parte de la solución anterior que monitoriza los parámetros relación señal/ruido y nivel de un canal específico de TVD y guarda la información en un dispositivo de almacenamiento extraíble [2]. Estas soluciones están concebidas como parte de un proyecto que desarrolla una red para la monitorización de la señal de TVD.

2.- Antecedentes

Los laboratorios *LACETEL* disponen del código fuente de la caja decodificadora SOYEA SDP160 y una escasa bibliografía de la solución del parcial del problema. Haciendo uso del método Inducción-Dedución, a partir de la observación del comportamiento de la Función Búsqueda de Canales en pantalla se decidió tomar la misma como referencia para la nueva funcionalidad de escanear. Se realizó el análisis del código disponible, teniendo como resultado del estudio inductivo del material la ubicación la función Búsqueda de canales, deduciendo sus parámetros de entrada, implementación y su combinación con la solicitud de parámetros específicos (frecuencia, nivel de señal y SNR). De esta forma, haciendo las modificaciones pertinentes en cada una de estas funciones, el STB ejecuta periódicamente el sensado de los parámetros seleccionados de todos los canales detectados. El método teórico fue empleado para la consulta y análisis bibliográfico referente al lenguaje de programación C, empleado en dicho código fuente. Para concluir, se muestran los resultados obtenidos de las comprobaciones realizadas, empleando el método empírico con la medición.

Un cambio de concepto que introduce la televisión digital es que por cada canal que se sintonice, será posible la recepción no solo de un conjunto de programas de televisión y radio, sino también de servicios de información con contenidos múltiples, tales como guía de programas o servicio de noticias [3]. Para la monitorización del espectro de TVD, solo es de interés obtener los parámetros físicos de la señal recibida, no siendo necesario ningún otro servicio adicional. No obstante, durante el proceso de búsqueda y sintonización de un canal, el STB busca dentro de la trama de transporte toda la información relativa a la estructura de programas y los servicios suplementarios contenidos. Este proceso de búsqueda e identificación de contenidos consume una proporción considerable del tiempo dedicado a la búsqueda de canales, lo cual limita la frecuencia máxima de barrido que puede implementarse en la herramienta. Por esta razón, se procedió a identificar y suprimir todas las funciones de análisis de la trama de transporte que se ejecuten durante la búsqueda de canales, que no sean requeridas para el correcto funcionamiento de la herramienta

3.- FUNCIÓN BÚSQUEDA DE CANALES

3.1.- IMPLEMENTACIÓN NATIVA DE LA BÚSQUEDA DE CANALES EN EL STB SDP160

La funcionalidad Búsqueda de canales ocurre de dos formas, una manual y otra automática, utilizando ambas la misma lógica de funcionamiento. La diferencia es que en la búsqueda manual se especifica el canal a sintonizar, mientras la búsqueda automática realiza un barrido de toda la banda de canales de TVD [4]. A partir de los requerimientos del proyecto, la función de búsqueda automática resulta de mayor interés, dado que implementa un barrido de frecuencia cuya ejecución pudiera modificarse para ser realizada de forma periódica sin intervención del usuario.

Como resultado del estudio del código fuente, se determinó que en el proceso de Búsqueda de canales, el receptor SOYEA SDP160 accede a la información de la estructura de la trama a través de funciones de demultiplexación y decodificación (véase Figura 1).

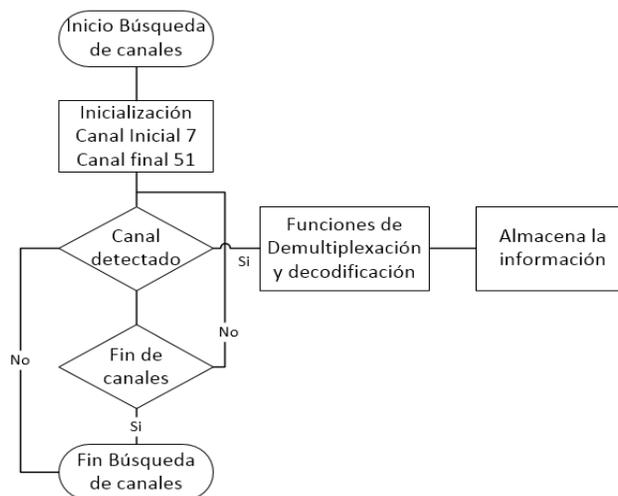


Figura 1

Diagrama de flujo de la función Búsqueda de canales nativa. (Fuente: elaboración propia).

Una vez detectado el canal, se visualiza la lista de programas de TV y Radio con los nombres respectivos de cada uno (véase Figura 2). Adicionalmente, se obtienen informaciones tales como la codificación del video, codificación de audio, tipo de modulación, las cuales no son necesarias para el funcionamiento de la herramienta.



Figura 2

Resultado de ejecutar la Búsqueda Automática en STB SOYEA SDP160. (Fuente: STB SDP160)

La información de cada programa es almacenada en el receptor y accedida por las funcionalidades siguientes: acceder a la guía electrónica de programas, realizar una reserva, acceder al canal de datos y cambiar de canal o mostrar la información de un canal.

3.2.- MODIFICACIONES A LA FUNCIONALIDAD BÚSQUEDA DE CANALES

A partir del análisis realizado, se procedió a deshabilitar dentro de la función Búsqueda de canales las funciones de demultiplexación y decodificación las cuales buscan información dentro de la trama de datos. Se incluyeron llamadas a las funciones: Conversión de valores de % de nivel de señal a valores dBm y Corrección del nivel SNR [5], desarrolladas en una solución anterior de la herramienta. Se adicionó una función para enviar la información obtenida por el puerto serie en un formato determinado.

Se reestructuró la ventana del proceso de Búsqueda de Canales (Figura 6) mostrando solamente los canales encontrados y el nivel de señal correspondiente.

Como se aprecia en el diagrama de flujo el nuevo procedimiento cuando es detectado un canal se obtiene su nivel de señal y el valor de SNR los cuales son almacenados en registros temporales. Seguidamente se procede a activar la función de enviar por puerto serie y enviar la información (Figura 3).

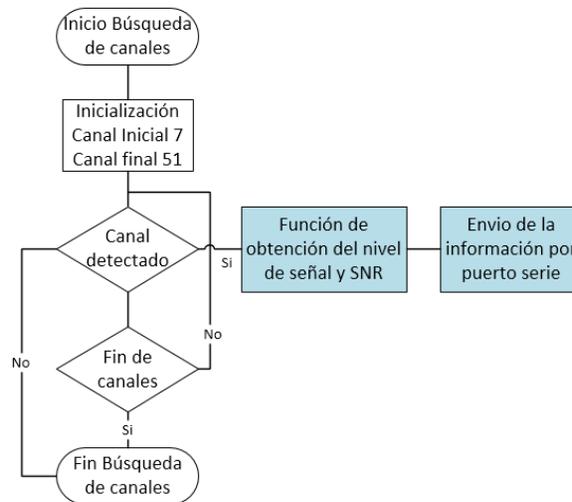


Figura 3

Diagrama de flujo de la función Búsqueda de canales modificada. (Fuente: elaboración propia)

La información de estos parámetros es enviada a través de la interfaz de comunicación puerto serie, con el formato siguiente:

CH: XX F: XXX (MHz) SNR: XX dB LEVEL: -XX dBm

Se incorporó además un temporizador a la función, de forma tal que esta pueda ser ejecutada automáticamente con una periodicidad definida desde el código fuente. El tiempo se tomó a partir del compromiso de detectar los cambios en los niveles de señal y del tiempo que se tarda en realizar una búsqueda de canales. Luego de realizar 10 pruebas a esta funcionalidad, resultó que el tiempo de ejecución de la función de búsqueda es aproximadamente de 1 minuto sin ningún canal detectado y 1.5 minutos para 5 canales. Como se espera que la herramienta detecte todos los canales con señal en cada búsqueda automática, se seleccionó entonces un tiempo de 5 minutos como una relación de compromiso aceptable para poder ejecutar la función sin interrupciones. Adicionalmente, fue modificada la interfaz visual para mostrar únicamente los canales detectados, suprimiendo la información relativa a los programas, lo cual se podrá observar en la sección de validación (Figura 6).

La caja decodificadora modelo SDP160 solo es capaz de decodificar señal de televisión de definición estándar (SD del inglés *Standard Definition*); no obstante, aun cuando no le sea posible decodificar la señal de video, dicho STB puede sintonizar la señal de alta definición (HD del inglés *High Definition*). Esto es suficiente para realizar el barrido del espectro y medir ciertos

parámetros físicos de la señal recibida, lo cual habilita la herramienta para ser usada indistintamente para la monitorización de transmisiones SD y HD.

3.3.- ACTIVACION DE LA FUNCIÓN BÚSQUEDA DE CANALES

Como se comentó en la sección anterior el tiempo para realizar el barrido es un compromiso, que depende fundamentalmente de los requerimientos de cada situación. Para lograr una solución aplicable a varios entornos se modificó el tiempo de ejecución de la Función Búsqueda de Canales. Como se mencionó anteriormente, inicialmente el temporizador de esta función se estableció en de 5 minutos.

La habilitación y deshabilitación se realiza a través de la interfaz serie con los comandos INIBUSQ X y FINBUSQ su diagrama de flujo se representa en la figura 4. Siendo X el tiempo en minutos de demora de la búsqueda, siempre y cuando sea superior a 2 y un número entero. La primera restricción es una medida de seguridad para no interferir en el tiempo que se realiza la búsqueda de canales y la segunda se debe a que ese valor se multiplica por los ciclos de máquina y necesariamente deben ser un número entero. La funcionalidad consta de una tarea siempre activa que detecta cualquier mensaje entrante por el puerto serie y se inicia con el encendido de la caja decodificadora.

Al detectarse el comando de inicio se obtiene el valor de tiempo que lo acompaña, el cual es multiplicado por los ciclos de máquina que corresponden al minuto. Seguidamente se activa la función a través de un temporizador con el valor de ciclos obtenidos. Cada vez que se recibe este comando se inicia el contador.

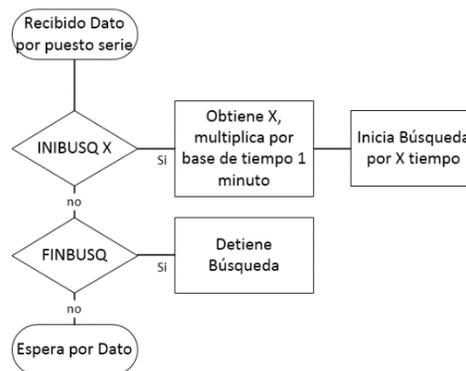


Figura 4

Diagrama de flujo detección comandos Búsqueda Remota. (Fuente: elaboración propia)

Si es recibido el comando FINBUSQ se detiene la función de Búsqueda y se elimina el temporizador de la función.

4.- VALIDACIÓN

El método seguido para la validación de las funcionalidades implementadas, consiste en acoplar a la entrada de antena del STB con el *software* modificado, un número de canales previamente conocido y verificar que estos son detectados y procesados según los algoritmos programados. Se espera obtener en el puerto serie de la herramienta la información correspondiente a los parámetros nivel de señal y relación señal/ruido de todos los canales, al tiempo que estos son mostrados en pantalla.

El set de mediciones (véase Figura 5) se compuso por dos Generadores de señales de referencia (BTC siglas del inglés *Broadcast Test Center*), encargados de generar los canales 10 (195MHz) y 33 (587MHz), ubicados en el centro de las banda VHF (siglas del inglés *Very High Frequency*) y UHF (siglas del inglés *Ultra High Frequency*), respectivamente. Se empleó una antena comercial marca *Fracarro* modelo LPV345HV para recibir el canal 38 que actualmente se transmite en la provincia de La Habana. El combinador de radiofrecuencia MA1612A marca Anritsu de 4 puertos se empleó para mezclar estas señales, tres puertos para señales de entrada y uno para la señal combinada de salida. El set cuenta con un receptor SOYEA SDP160, el cual se conecta al televisor a través del cable audio/video para mostrar el resultado de la búsqueda.

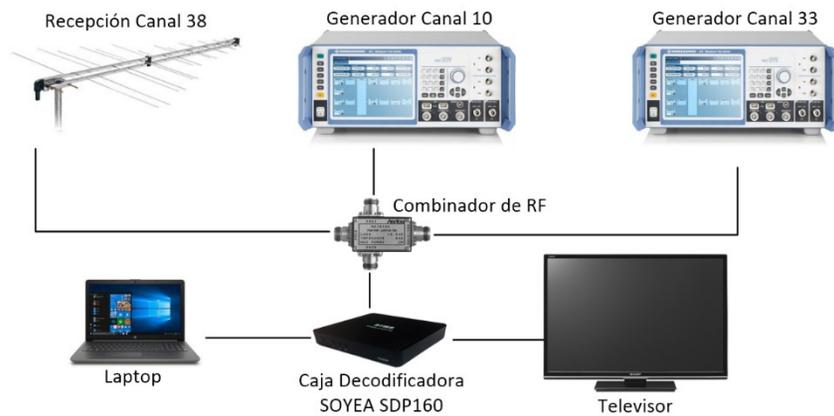


Figura 5

Set de Medición para detectar 3 canales de TV digital (fuente: elaboración propia).

La comunicación de la laptop con el receptor se realiza mediante la interfaz de comunicación serie asincrónica UART. La velocidad es 115200 Baudios, modo de transmisión sin paridad y 8 bits de datos. En la laptop se emplea el programa Hercules SETUP utility® para la recepción.

Las pérdida máxima del cable es de 0.83 dB para 195 MHz, siendo de 0.50 dB aproximadamente para el resto de la banda. El nivel de intensidad en los dos canales generados se estableció en -53 dB para garantizar que los niveles de cada canal estuvieran por encima del valor mínimo de recepción, [6], [7] teniendo en cuenta que la pérdida en el combinador es 15 ± 1 dB [8]. Con estas condiciones se logra emular un entorno con condiciones reales de recepción, a partir del cual evaluar el comportamiento de la funcionalidad búsqueda automática en presencia de varios canales. Los rangos de los niveles de señales adecuados para una buena recepción son para el nivel de señal superior de -86dBm y con un nivel de la relación SNR superior a 14dB.

En la Figura 6 se muestra la ventana modificada. A la izquierda se listan los canales encontrados con el nivel de señal medido. Los canales son ordenados en orden de aparición, siendo el primero de la lista el último encontrado. Esta ventana no visualiza información en la sección de Radio.



Figura 6

Resultado de la Búsqueda Automática modificada (fuente: elaboración propia).

Al iniciar la búsqueda paralelamente se recibe por puerto serie un encabezado (véase Figura 7), seguido de la información de Día y Hora. Este tiempo se toma de un contador implementado en la caja decodificadora y representa tiempo en funcionamiento, le sigue la cantidad de búsquedas realizadas.

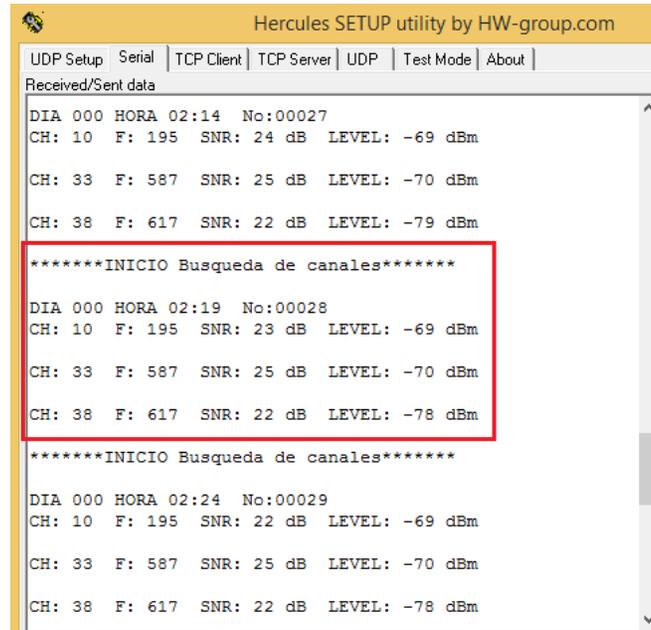


Figura 7

Resultado de la Recepción de los valores por puerto serie. (Fuente: captura de pantalla del programa Hércules SETUP).

Por las características propias de la ubicación del laboratorio solo se recibe señal del canal 38, para comprobar la recepción de los canales HD se realizó una segunda prueba en una ubicación diferente. Esta segunda prueba se realizó en un emplazamiento donde se recibían señales tanto SD como HD. El equipamiento de la prueba se compuso de la caja decodificadora SDP160, la antena comercial marca *Fracarro* modelo LPV345HV y una laptop con el *software* Hercules SETUP utility.

En la Tabla 1 se muestra un fragmento de la información publicada en la página web de LACETEL (www.lacetel.cu), proporcionada por la entidad **RadioCuba** (actualizada con fecha 5 de enero de 2018). Los centros transmisores de la señal HD que brindan servicio en la ciudad son 2 y están situados en Televilla y Habana Libre.

Tabla 1
Centros transmisores de HD en la provincia La Habana. (Página www.lacetel.cu)

Provincia	Localidades	Centro Transmisor	Dirección	Canal	Frecuencia (MHz)
La Habana	Oeste, sur, centro, y parte del este de La Habana	Televilla	Ave No 65 e/ 246 y Lindero, La Lisa	36	602-608
La Habana	Norte, centro, parte del oeste y parte del este de La Habana	Habana Libre	Vedado	50	686-692

Como resultado de esta segunda prueba (véase Figura 8), el receptor detectó los canales 36 y 50 de HD y los restantes 31, 38 y 48 de SD. Adicionalmente, se detectó el canal 47, también HD, del centro transmisor Salón, ubicado en Las Terrazas, Artemisa.

```
*****INICIO Búsqueda de canales*****  
DIA 000 HORA 09:44 No:00117  
CH: 31 F: 575 SNR: 22 dB LEVEL: -76 dBm  
CH: 36 F: 605 SNR: 25 dB LEVEL: -53 dBm  
CH: 38 F: 617 SNR: 25 dB LEVEL: -45 dBm  
CH: 47 F: 671 SNR: 19 dB LEVEL: -67 dBm  
CH: 48 F: 677 SNR: 25 dB LEVEL: -52 dBm  
CH: 50 F: 689 SNR: 25 dB LEVEL: -62 dBm
```

Figura 8

Detección de los canales HD 36, 47 y 50. (Fuente: Captura de pantalla del programa Hércules SETUP).

5.- CONCLUSIONES

Como resultado del trabajo expuesto, se obtuvo una herramienta para la monitorización de TVD en las bandas VHF y UHF. La herramienta es capaz de barrer todo el espectro de frecuencias correspondiente a los canales de TVD en Cuba, detectando los canales activos, tanto SD como HD, determinando los valores de los parámetros seleccionados de las señales. Se modificó la interfaz de visualización para mostrar la información, activar la función Búsqueda de canales de manera automática y enviar por puerto serie los parámetros de nivel de señal y relación señal/ruido del canal detectado. Se le dio la capacidad a la caja decodificadora de activar la funcionalidad en un tiempo variable y a través del puerto serie. Se encuentra en proyecto la conexión a un modem para enviar dicha información a una base de datos remota y el desarrollo e implementación de un sistema para la gestión y procesamiento de las mediciones.

REFERENCIAS

1. Morejón Betancourt D, Hervis Santana Y. Calibración y ajuste de mediciones del nivel de potencia en herramienta de monitoreo DTMB basada en STB comercial. RIELAC [Internet]. 2018;XXXIX:27–34. Available from: <http://riela.cujae.edu.cu/index.php/riela/article/view/512>
2. Hervis Santana Y, Morejón Betancourt D, Mena Valdes AI, Hernández Sánchez Y, Guillén Nieto G, Martínez Alonso R. DTMB monitoring tool based on a commercial set-top box. In: 2017 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB) [Internet]. IEEE; 2017. p. 1–6. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7986216/>
3. Rodríguez Rodríguez J. Herramienta para analizar el servicio de radiodifusión de datos de la tvd en cuba. Rev Telem@tica [Internet]. 2017;16(1):54–66. Available from: <http://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/download/253/235>
4. Ministerio de Comunicaciones. Anexo Unico Resolución No. 79/2018. 2018. p. 1–3.
5. Hervis Santana Y. Herramienta de análisis de la señal DTMB basada en un receptor comercial de TV Digital . Tesis de M.Sc. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría; 2017.
6. Martínez Alonso A, Martínez Alonso R, Guillén Nieto G. “PARÁMETROS DE CALIDAD DE RECEPCIÓN DEL ESTÁNDAR DTMB EN 6MHz.” In: 2014 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON) [Internet]. IEEE; 2014. p. 381–6. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6868523/>
7. Alonso AM, Alonso RM, Guillén Nieto G. Evaluación de parámetros de calidad seleccionados de Cajas Decodificadoras para el estándar DTMB. RIELAC. 2015;36/2:62–82.
8. Anritsu Corporation. Anritsu Z-164A, MP659A, MA1612A Datasheet [Internet]. Available from: <https://www.anritsu.com/en-us/test-measurement/products/ma1612a#section1-item2>

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno de los autores manifestó la existencia de posibles conflictos de intereses que debieran ser declarados en relación con este artículo.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Ana Ivis Mena Valdés: contribución importante a la idea y diseño del estudio, la revisión bibliográfica, su análisis e interpretación. Redacción del borrador del artículo y de su versión final.

Dreyelian Morejon Betancourt: Contribución importante a la idea y diseño del estudio. Participación en la redacción del borrador del artículo. Revisión crítica de la versión final y su aprobación.

Rufino Reydel Cabrera Alvarez: Participación en la redacción del borrador del artículo. Revisión crítica del borrador del artículo y aprobación de la versión final a publicar.

Yosmany Hernández Sánchez: Revisión crítica del borrador del artículo y aprobación de la versión final a publicar.

AUTORES

Ana Ivis Mena Valdés, Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica desde 2013. Investigador con categoría científica “Aspirante a Investigador” desde Septiembre de 2016, trabaja en **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones. La Habana, Cuba, amena@lacetel.cu. ORCID: 0000-0002-3838-0315, Investigador insertado en el proyecto de despliegue de una red de monitorización de parámetros específicos de la señal de televisión digital.

Dreyelian Morejón Betancourt, Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica desde 2004. Master en ciencias en Sistemas Digitales desde 2010, Investigador con categoría científica “Investigador Agregado” desde Septiembre de 2019, trabaja en **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones. La Habana, Cuba, dreyelian@lacetel.cu. ORCID: 0000-0002-0545-5675, Investigador insertado y líder del proyecto de despliegue de una red de monitorización de parámetros específicos de la señal de televisión digital.

Rufino Reydel Cabrera Alvarez, Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica desde 2012. Master en ciencias en Sistemas Digitales desde 2018, Investigador con categoría científica “Investigador Agregado” desde Septiembre de 2019, trabaja en **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones e insertado como “Profesor Instructor” en la CUJAE. Imparte clases de FCII, FCIII y Diseño sobre FPGA. La Habana, Cuba, rufino@lacetel.cu. ORCID: 0000-0002-0151-1537, Investigador insertado en el proyecto de despliegue de una red de monitorización de parámetros específicos de la señal de televisión digital.

Yosmany Hernández Sánchez, Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica desde 2012. Master en ciencias en Sistemas Digitales desde 2018, Investigador con categoría científica “Investigador Agregado” desde Septiembre de 2019, trabaja en **LACETEL**, Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones. La Habana, Cuba, yosmany@lacetel.cu. ORCID: 0000-0001-7019-2093, Investigador insertado en el proyecto de despliegue de una red de monitorización de parámetros específicos de la señal de televisión digital.

