

TÍTULO:

Diseño y validación de la segunda generación del estándar de TDT con canal de retorno inalámbrico, para proveer conectividad a Internet en zonas rurales en Latinoamérica.

RESUMEN:

El acceso a Internet en zonas rurales de América Latina es deficiente, puesto que la población rural o no tiene acceso a esta tecnología o lo hace desde lugares públicos a una muy baja velocidad de conexión. Esta situación no sucede con la TV la cual es más popular y accesible que el Internet, la telefonía móvil, e incluso que la radio. Es por esto que se pretende utilizar las características de los servicios de difusión de TV, específicamente los de Televisión Digital Terrestre (TDT) a fin de proporcionar conectividad a Internet en lugares donde solo llega la señal de TV.

Es así que tecnologías de TDT como DVB-RCT publicada en Abril de 2001 por el Instituto de Normas de Telecomunicaciones Europeo ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), que provee un canal de retorno inalámbrico dedicado en las bandas de VHF/UHF para el acceso concurrente desde muchos terminales interactivos de usuario usando técnicas TDMA/OFDMA. Así como DVB-T2 que fue publicado en 2008 por el foro de estandarización europeo (DVB) para transmitir eficientemente servicios avanzados de televisión como TV en alta definición (HDTV) o TV tridimensional (3D TV) [16] utilizando modulación OFDM; permitirán diseñar un nuevo estándar de mejores prestaciones que RCT que aproveche las capacidades que dan robustez a T2 y al cual se lo llamará DVB-RCT2 (*Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial 2nd Generation*), el mismo que constaría de un canal de difusión (canal descendente) para recibir información desde el proveedor del servicio hasta el usuario final, utilizando para esto cualquier tecnología de TDT como ISDB-Tb, DVB-T o DVB-T2; mientras que para la comunicación inversa (canal ascendente) utilizaría propiamente la arquitectura DVB-RCT2 propuesta en este estudio de doctorado. Lo anteriormente mencionado haría factible que este nuevo estándar pueda ser utilizado en toda Latinoamérica.

Para validar el diseño del estándar, se lo evaluará en términos de cobertura y capacidad con respecto a su predecesor DVB-RCT, y después se emulará en laboratorio las condiciones del canal RCT2. Posteriormente se realizarán estudios socio-económicos del nuevo estándar a fin de poder proporcionar servicios de conectividad a Internet en zonas rurales.

Por último, se analizará la posibilidad de utilizar redes inalámbricas 4G en la banda UHF de 700 MHz (dividendo digital), así como en la banda de 450 MHz.

ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL:

El acceso a Internet en zonas rurales de América Latina es deficiente, puesto que la población rural o no tiene acceso a esta tecnología o lo hace desde lugares públicos a una muy baja velocidad de conexión. Esta situación no sucede con la TV, la cual es más popular y accesible que el Internet, la telefonía móvil, e incluso que la radio, llegando a tener tasas de superiores al 90%, según el Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones de la ITU [4].

Para proporcionar servicios de conectividad a Internet en entornos rurales, la elección de la mejor tecnología depende de muchos factores entre los que se tienen los requerimientos de la población, el área a cubrirse, el coste de implementación, la topología de la red, entre otras. Tecnologías mediante cable o DSL no están físicamente disponibles, o si lo están la velocidad y alcance de estas no proveen las mejores características. Se tiene así mismo la conectividad mediante fibra óptica que aunque mejora la velocidad es más costosa y por lo tanto su implementación no es viable en este tipo de zonas. Por lo que en lugar de estas se puede sugerir la utilización del costoso pero veloz enlace satelital, o en su defecto opciones de conectividad

inalámbricas terrestres como las tecnologías por microondas punto a punto entre las que se tiene WIMAX que presenta el inconveniente de verse afectada por obstáculos como montañas o factores climatológicos, además de tener un coste elevado por la instalación de cada enlace requerido, cosa que no sucede por ejemplo con las tecnologías celulares de última generación (4G-LTE) que pueden ser desplegadas en las bandas asignadas por el dividendo digital (700 MHz en América Latina); aunque existe la posibilidad de usarla en la banda de 450 MHz.

Además como otra opción se pretende utilizar las características de los servicios de difusión de TV, específicamente los de Televisión Digital Terrestre (TDT) para proporcionar servicios de conexión a zonas rurales, puesto que ofrecen un gran porcentaje de penetración y costos de despliegue más baratos debido a que pueden reutilizar la infraestructura existente de la TV analógica y/o digital, aumentando la eficiencia de transmisión y maximizando la cobertura en condiciones adversas. Sin embargo uno de los inconvenientes que presenta es que las bandas UHF/VHF están congestionadas en muchos países latinoamericanos, lo que se convierte en un problema para la introducción de nuevos servicios. Es por esto que al igual que ya se ha hecho en casi toda Europa, se llevará a cabo en América Latina el proceso de transición desde la televisión analógica a la digital (apagón analógico), el mismo que iniciará en 2015 y se prevé termine en 2020.

Este apagón analógico permitirá entre otras cosas liberar frecuencias, utilizar una potencia de transmisión menor, tener un mayor control sobre la calidad de funcionamiento de los canales, además de comprimir datos utilizando técnicas de compresión mejoradas, ocupando eficientemente el espectro y permitiendo que cinco canales digitales sean provistos en la misma cantidad de espectro que un canal analógico [6]. También los sistemas digitales permitirán la adición de servicios de datos auxiliares como corrección de errores, redes de frecuencia única (SFN), procesos de sintonización automática o semiautomática, entre otros.

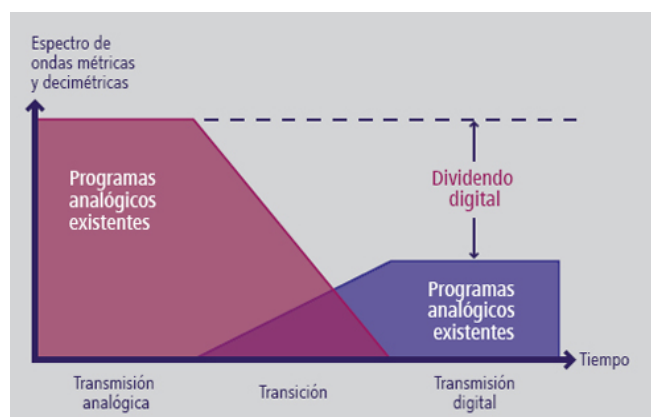


Fig.01. Espectro del dividendo digital [32]

La cantidad de espectro liberada en el apagón analógico (parte alta de la banda UHF) será asignada mediante el uso del dividendo digital para brindar servicios de banda ancha móvil (4G), debido a que esta porción de espectro tiene mejores propiedades de propagación y penetración que las bandas más altas utilizadas en la actualidad para las comunicaciones móviles inalámbricas, además que presentan un gran potencial para el suministro de un amplio rango de servicios en movilidad. En este sentido la UIT (*Unión Internacional de Telecomunicaciones*) es el ente que controla la ordenación de las bandas de radio a nivel mundial, mediante la división del globo terráqueo en 3 regiones: Región 1 que comprende Europa, África y el Norte de Asia; Región 2 América del Norte, América del Sur y Groenlandia; y Región 3 Pacífico y sur de Asia.

Inicialmente en la Región 1 según el Plan de Ginebra de 2006, se acordó el uso de toda la banda UHF 470-862 MHz (canales 21 al 69) para brindar servicios primarios de TV analógica, pero posteriormente en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2007 (CMR-07) se

decidió que en la subbanda de 790-862 MHz (canales 61 al 69; espectro de 800 MHz) se compartan las emisiones de TDT junto con los servicios móviles para telefonía.

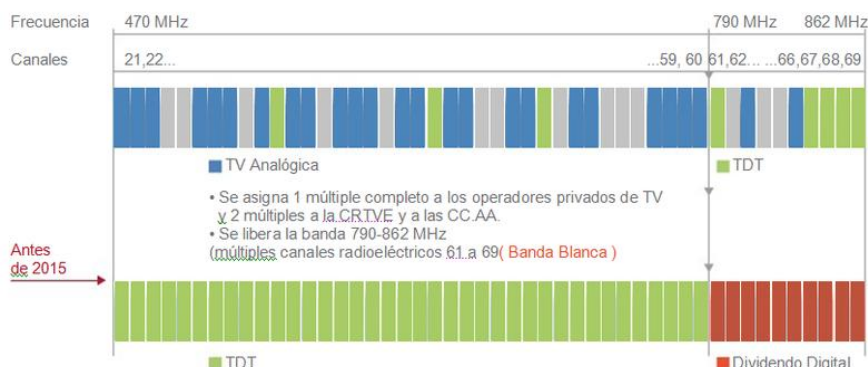


Fig.02. Bandas UHF para la Región 1 de la UIT

Sin embargo los países de la Unión Europea decidieron reordenar el uso de esas frecuencias, dejando la subbanda de 790-862 MHz íntegramente para brindar servicios 4G y desplazaron las emisiones de TDT a la parte inferior de la banda UHF. A esto se le conoce como el primer dividendo digital. Pese a esto en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2012 (CMR-12) se aprobó un segundo dividendo digital en la subbanda de frecuencias de 698-790 MHz (canales 50 al 60; espectro de 700 MHz), por lo que las emisiones de TDT quedaron comprendidas entre las frecuencias 470-698 MHz (canales 21 al 60).

Por su parte para la Región 2 se definió la banda UHF 470-698 MHz (canales 14 al 51) para servicios de TDT, y al igual que en Europa la CMR-07 decidió dejar la subbanda de 698-862 MHz (canales 52 al 69; espectro de 700 MHz) para servicios 4G.

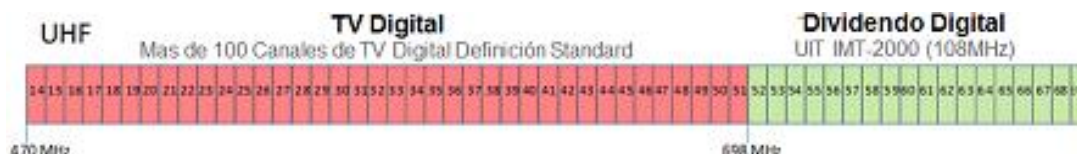


Fig.03. Bandas UHF para la Región 2 de la UIT

Cabe indicar que para las emisiones de TDT los países latinoamericanos han adoptado en su mayoría el estándar japonés- brasileño ISDB-Tb a excepción de Panamá y Colombia que utilizan la norma europea DVB-T y DVB-T2 respectivamente. Por su parte México y algunos países de América Central usan la norma americana ATSC (*Advanced Television System Committee*).

ISDB-Tb (*Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial Brasil*) fue creado para las transmisiones de radio y TV digital, al igual que DVB-T (*Digital Video Broadcasting Terrestrial*) publicado en 1998 para diseñar redes de difusión, posteriormente en 2001 se crea el estándar DVB-RCT (*Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial*), en donde se propuso la utilización de un canal de retorno inalámbrico que hacía uso de un único canal de radiofrecuencia (RF) dedicado y lo organizaba para permitir el acceso concurrente de muchos usuarios usando técnicas TDMA/OFDMA. A pesar de esta idea innovadora DVB-RCT nunca llegó a desplegarse comercialmente, debido al poco desarrollo tecnológico del canal de retorno, al deficiente apoyo de la industria, y a los cambios en la regulación del espectro que no se hicieron en su momento. En 2008 aparece DVB-T2 (*Digital Video Broadcasting 2nd Generation Terrestrial*), el cual se desarrolló para ofrecer un medio de transporte eficiente para difundir TV en alta definición (HDTV).

Basado en T2 y utilizando los principios de la tecnología RCT, se propone en esta tesis doctoral desarrollar el nuevo estándar DVB-RCT2 de mejores prestaciones que su antecesor RCT para

implementar una solución de conectividad a Internet en zonas rurales minimizando los costes de conexión por usuario. En el nuevo estándar se procurará adoptar/modificar/mejorar las características de DVB-RCT en lo referente al canal de retorno, a más de utilizar todas las características que brindan robustez a DVB-T2 con respecto a DVB-T, como el uso de nuevos códigos FEC (*Forward Error Correction*) para corrección de errores; LDPC (*Low-Density Parity- Check*) y BCH (*Bose-Chaudhuri-Hochquenghem*), tuberías de capa física (*MPLPs – multiple physical layer pipes*), entrelazado temporal (*TI – Time Interleaving*), esquema de modulación 256-QAM, constelaciones rotadas, diversidad espacial en transmisión (*MISO – Multiple Input Single Output*) mediante el uso de la codificación Alamouti, uso de 8 patrones de portadoras piloto (*PPP*) para minimizar el overhead en función del tipo de recepción a la que está orientado el servicio, nuevos tamaños de FFT de 16K y 32 K, Mecanismos de Reducción de la Potencia de Pico de la Señal Transmitida (*PAPR- Peak-to-Average Power Ratio*) junto con las técnicas de Tonos Reservados (*TR*) y Extensión Activa de la Constelación (*ACE*), uso de tramas de extensión futura (*FEF*), dentro de las cuales se puede tener tecnologías como DVB-T2-lite (recopilación de los modos más robustos de T2 para recepción en movilidad), eliminación de paquetes TS nulos y transmisión eficiente de contenidos IP.

Dichas características brindarían ventajas a RCT2, como la configuración de redes de frecuencia única (*SFN*) de gran tamaño, la transmisión de servicios para cualquier tipo de recepción en un mismo canal, la reducción de infraestructura y costos de despliegue, a más de aumentar la capacidad de transmisión, ahorrar energía, y presentar mayor protección frente a interferencias.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS:

HIPÓTESIS.-

El diseño de un nuevo estándar de canal de retorno de TDT DVB-RCT2 basado en las nuevas funcionalidades que presenta la tecnología de TDT de segunda generación DVB-T2, y basado en los principios de la tecnología con canal de retorno inalámbrico DVB-RCT, permitirá brindar servicios de conectividad a Internet en zonas rurales donde sólo llega la señal de televisión.

OBJETIVOS.-

- Estudiar el estándar de TDT de segunda generación DVB-T2, así como el estándar de canal de retorno inalámbrico de primera generación DVB-RCT.
- Diseñar el estándar DVB-RCT2
- Validar el diseño del estándar DVB-RCT2 propuesto.
- Emular en laboratorio las condiciones del canal RCT2.
- Estudiar el impacto de la posible implementación de DVB-RCT2, a fin de proporcionar servicios de conectividad a Internet en zonas rurales.
- Analizar el uso de redes celulares de cuarta generación (4G) como tecnología sustitutiva a la solución de TDT propuesta para zonas rurales.

METODOLOGÍA A UTILIZAR:

Se plantea el problema de investigación, verificando las alternativas de conexión para entornos rurales, en donde para la elección de de la mejor tecnología a ser implementada, se analizarán muchos factores entre los que se tienen la identificación de los requerimientos de la población, el área a ser cubierta, el coste de implementación, la topología de la red, entre otras.

A partir de allí se centrará el estudio en la redes de TDT, específicamente en la tecnología más robusta de estas conocida como DVB-T2, y en la tecnología con canal de retorno inalámbrico DVB-RCT, de las cuales se utilizarán sus funcionalidades para el diseño del nuevo estándar

DVB-RCT2.

Con el RCT2 ya diseñado se desarrollará un estudio de planificación de la red de TDT, siguiendo las recomendaciones de las guías de implementación y planificación, con el objetivo de validar al nuevo estándar con respecto a su predecesor DVB-RCT mediante simulaciones software.

Luego se pretende emular en laboratorio las condiciones del canal RCT2. Y posteriormente realizar estudios socio-económicos del nuevo estándar, a fin de proveer de Internet a zonas rurales.

Posteriormente, se analizará el uso de redes celulares de cuarta generación (4G) como tecnología sustitutiva a la solución de TDT propuesta para zonas rurales.

UTILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.-

En lo referente a utilidad de la investigación este nuevo estándar de comunicaciones basado en el uso de TV digital con canal de retorno inalámbrico en las bandas VHF/UHF; podría brindar y/o mejorar el acceso a Internet a zonas rurales, serviría para acercar a estas zonas nuevas aplicaciones TIC como aprendizaje, salud y gobierno en línea, entre otras; lo que permitirá potenciar el aprendizaje, generando igualdad de oportunidades, fomentando la participación ciudadana, y reduciendo la brecha digital existente en este tipo de zonas en donde la conexión a Internet es deficiente.

BIBLIOGRAFÍA:

- [1] <http://royal.pingdom.com/2013/01/16/internet-2012-in-numbers/>
- [2] <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>.
- [3] UNESCO, "Reflexión y Análisis sobre Internet," *Conferencia General 36ª reunión, 36C/54*, pp.5, Julio 2011.
- [4] ITU, "Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones/TIC de 2010," *Verificación de los objetivos de la CMSI, Examen Intermedio, Resumen Ejecutivo*, pp. 11, Suiza 2010.
- [5] P. Rojas Vargas, "La Televisión Digital Terrestre y su incidencia en las estaciones televisivas ecuatorianas," *Advicom Cia. Ltda*, pp. 3, Marzo 2012.
- [6] A. Kholod y J. Lewis, "El dividendo digital: oportunidades y retos," *Actualidades de la UIT*, no. 1, pp. 1, Enero-Febrero 2010.
- [7] Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), "Resolución RTV-38-02-CONATEL-2012," pp.2, Enero 2012.
- [8] Consejo Nacional de Radiodifusión y Televisión (CONARTEL) "Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales, Resolución No.1779-CONARTEL-01," pp. 2-3,6, Mayo 2001.
- [9] D. Cruz, G. Olmedo y R. León. "Análisis de disponibilidad de espectro radioeléctrico para la transición de Televisión Analógica a Televisión Digital Terrestre en el Ecuador," *Escuela Superior Politécnica del Ejército*, pp 4-6, 2011.
- [10] <http://www.conexioninternetviasatelite.com/>
- [11] J. L. Peñarredonda. "Las 13 cosas que usted tiene que saber sobre 4G," *Colombia Digital*, pp.1, Noviembre 2012.
- [12] <http://windowsespanol.about.com/od/RedesYDispositivos/a/Internet-Movil.htm>
- [13] J. M. Ruiz Padilla "802.16 vs. WiMAX," *Tendencias*, no 156, pp. 63, Abril-Mayo 2006.
- [14] DVB, "DVB Fact Sheet Digital Terrestrial Television DVB-T", DVB Project Office, Agosto 2012.
- [15] A. C. Guedes de Carvalho Reis y P. R. de Lira Gondim, "Performance Evaluation of the DVB-RCT Standard for Interactive Services," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 57, no. 4, pp. 3,7-9, Diciembre 2011.

- [16] D. Gómez Barquero, J. López Sánchez, N. Cardona, E. Gutiérrez M., “Funcionalidades avanzadas de DVB-T2 para el diseño de redes de televisión digital terrestre en Latinoamérica,” *Hologramática*, vol 19, no 19, pp. 6-19, Noviembre 2013.
- [17] DVB, “DVB Fact Sheet 2nd Generation Terrestrial DVB-T2,” DVB Project Office, pp. 1, Enero 2013.
- [18] DVB Project, ETSI: “Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation Guidelines for DVB Terrestrial Services; Transmission Aspects,” TR 101 190 v1.1.1, Diciembre 1997.
- [19] M. Fuentes Muela “Evaluación de prestaciones (rendimiento e interferencias) del estándar de Televisión Digital Terrestre ISDB-Tb, mediante simulaciones y mediciones,” Universidad Politécnica de Valencia, pp. 86,88, Marzo 2013.
- [20] DVB Project, ETSI: “Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction Channel for Digital Terrestrial Television (RCT) incorporating Multiple Access OFDM,” EN 301 958 DVB-RCT standard v1.1.1, Marzo 2002.
- [21] F. Fraile Gil, D. Gómez Barquero, “On the Capability of DVB-RCT to provide Interactive Services”, Department of Technology, University of Gävle, pp 83-84, Marzo 2004.
- [22] European Broadcasting Union, “Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2,” EBU-TECH 3348, Mayo 2012.
- [23] G. Martínez Pinzón, “Primera fase de optimización de la red de televisión digital terrestre en Colombia con el nuevo estándar DVB-T2,” Universidad Politécnica de Valencia, pp 15-20, Abril 2013.
- [24] DVB Project, ETSI: “Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2),” ETSI TS 102 831 v1.2.1, Agosto 2012.
- [25] Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT), “Televisión Digital Terrestre – Sistema de transmisión ISDB-Tb”, ABNT NBR15601, Primera edición, Diciembre 2007.
- [26] UIT, "Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06)", Junio 2006.
- [27] Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT), “Televisión Digital Terrestre – Guía de operación Parte1: Sistema de transmisión – Guía para implementación de ABNT NBR 15601:2007,” Primera edición, Agosto 2008.
- [28] I. Vásquez Aumala, “Propuesta de reordenamiento de canales de televisión abierta a nivel nacional, conforme la nueva norma técnica de televisión analógica”. Escuela Politécnica Nacional, pp 87, 216, 226, Septiembre 2007.
- [29] A. Magenta, “La transición de la televisión analógica a la digital”, *Actualidades de la UIT*, no. 1, pp. 1, Febrero 2014.
- [30] M. Fuentes Muela, J. Ribadeneira, D. Gómez Barquero, “Interferencias entre Redes de Televisión Digital Terrestre ISDB-Tb y DVB-T2, Entregable 4B,” Proyecto I+D entre la ANE y el iTEAM de la UPV, Enero 2013.