
Propuesta de conectividad a Internet para zonas rurales mediante un canal de retorno para ISDB-Tb

Ciro Diego Radicelli García

MSc. Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (iTEAM). Universitat Politècnica de Valencia (UPV), Campus Vera s/n. C.P.46022. Valencia-España. ciragar@iteam.upv.es

Narcís Cardona

Dr. Instituto de Telecomunicaciones y Aplicaciones Multimedia (iTEAM). Universitat Politècnica de Valencia (UPV), Campus Vera s/n. C.P.46022. Valencia-España. ncardona@iteam.upv.es

RESUMEN

Se propone la definición de una nueva tecnología de Televisión Digital Terrestre (TDT) basada en los estándares DVB-RCT y DVB-T2, denominada DVB-RCT2 (Digital Video Broadcasting- Return Channel Terrestrial 2nd Generation), que permitirá disponer de un canal de retorno para el estándar ISDB-Tb (Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial Brasil). El objetivo de esta nueva tecnología es brindar y/o mejorar el acceso a Internet en zonas rurales de los países de América Latina, utilizando la infraestructura de TDT existente, mediante lo cual se podría aumentar la penetración a Internet en este tipo de zonas, disminuyendo los costos de implementación.

Palabras Clave: TDT, acceso a Internet, canal de retorno

INTRODUCCIÓN

La presente investigación fue motivada debido a que el acceso a Internet en zonas rurales en los países de América Latina presenta un problema, debido a que la población rural o no tiene acceso a esta tecnología o lo hace desde emplazamientos públicos en muchas ocasiones con una muy baja velocidad de conexión, situación que no sucede por ejemplo con la televisión, la misma que es más popular y accesible que el Internet, la telefonía móvil, e incluso que la radio en muchos países y regiones de Latinoamérica, llegando a tener tasas de superiores al 90% (UIT 2010). Aprovechando este potencial, se pretende que luego del proceso de transición desde la

televisión analógica a la digital (TDT), se pueda utilizar la infraestructura de TDT para brindar conectividad a Internet en zonas rurales.

Aunque si bien es cierto, las alternativas de conexión para entornos rurales son varias, la elección de la mejor tecnología a ser implementada depende de 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 otros. Es por esto que tecnologías mediante cable o DSL no están físicamente disponibles, o si lo están la velocidad y cobertura de estas no proveen las mejores características, se tiene así

mismo la conectividad mediante fibra óptica que aunque mejora tanto velocidad como cobertura, es más costosa y por lo tanto su implementación no es viable. En lugar entonces de estas soluciones se podrían utilizar opciones de conectividad inalámbrica como puede ser el costoso enlace satelital, las tecnologías celulares de última generación 4G LTE, no disponibles en todos los países de América Latina; la tecnología por microondas WIMAX, que puede verse afectada por obstáculos como montañas, o factores climatológicos; y ahora las redes de TDT puesto que ofrecen

un gran porcentaje de penetración, y costos de despliegue más baratos, debido a la reutilización de la infraestructura existente de la TV analógica y/o digital, con lo que además se podría aumentar la eficiencia de transmisión, y maximizar la cobertura en condiciones adversas. Bajo estas condiciones, las redes de TDT se convierten en una interesante alternativa para proporcionar el servicio de conexión a Internet, debido a que podrían proveer un uso eficiente del espectro radioeléctrico y generar significativos ahorros de infraestructura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tecnologías de TDT para enlace descendente (DL) en América Latina.

ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting), es un conjunto de normas creado por Japón para las transmisiones de radio y televisión digital, una de ella es la terrestre (ISDB-T), misma que fue modificada en Brasil obteniendo el estándar brasileño - japonés ISDB-Tb (ABNT 2007), que fue adoptado en toda Latinoamérica, a excepción de Panamá y Colombia que utilizan la normas europeas DVB-T (Digital Video Broadcasting - Terrestrial), y DVB-T2 (Terrestrial 2nd Generation) respectivamente.

DVB-T, conocido también como el estándar ETSI EN 300 744 fue publicado en 1998, provee una gran eficiencia espectral y fue considerado para brindar servicios de TV digital de Alta Definición (HDTV). (DVB-T Fact Sheet 2012).

DVB-T2 llamado también ETSI EN 302 755, incorpora avances tecnológicos en modulación y codificación de canal que lo convierten en un potente sistema de transmisión de TDT. Este estándar se desarrolló para ofrecer un medio de transporte eficiente para radiodifundir servicios avanzados de televisión tales como TV en alta definición (HDTV) o televisión tridimensional (3DTV). (DVB-T2 Fact Sheet 2013). Fue implementado inicialmente en marzo de 2010 por el Reino Unido y posteriormente continuaron con la implementación otros países dentro y fuera de Europa tales como Italia, Suecia, Finlandia, y Colombia.

Luego de haber repasado brevemente las características de los sistemas de TDT de canal descendente, es importante mencionar el avance

desarrollado en los medios de propagación de señales, desde una televisión abierta analógica hacia una televisión digital, que permite entre otros aspectos la mejora en la calidad de la imagen y la posibilidad de agregar servicios complementarios. Es así, que los gobiernos de muchos países alrededor del mundo a fin de facilitar la inclusión a esta nueva forma de ver

televisión, han definido el estándar de televisión digital que implementarán. Latinoamérica no ha sido la excepción, y ya varios países han tomado su decisión y se encuentran en la fase de implementación de la TDT. En la Figura 1 se ilustran los diferentes sistemas adoptados mundialmente.

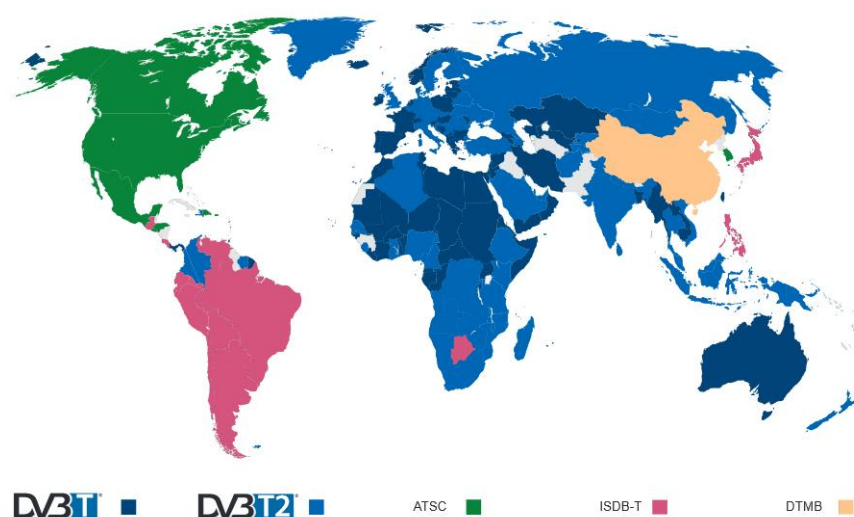


Figura 1. Sistemas de Televisión Digital Terrestre en el mundo. Fuente: DVB Worldwide (2014).

Tecnología de TDT para enlace ascendente DVB-RCT (UL)

Para mejorar las capacidades de DVB-T en lo referente a brindar interacción a usuarios fijos, así como proveer de servicio a usuarios móviles, se propuso la utilización de un canal de retorno inalámbrico para esta tecnología, creándose el estándar DVB-RCT (Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial) conocido como EN 301 958, que fue publicado en Abril de 2001 por el Instituto

de Normas de Telecomunicaciones Europeo (ETSI).

DVB-RCT hacía uso de un único canal de radiofrecuencia dedicado y lo organizaba para permitir el acceso concurrente desde muchos terminales interactivos de usuario, 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, y al deficiente apoyo de la industria.

Capa física.-

DVB-RCT especifica dos tamaños de FFT (1K y 2K), tres distancias entre portadora CS (Carrier Spacing) CS1, CS2 y CS3, con 1, 2 y 4 kHz de separación respectivamente, que implican un tamaño de celda máximo distinto y brindan diferente resistencia al efecto Doppler al el equipo de usuario (RCTT). Tiene además tres esquemas de modulación (MOD) QPSK, 16QAM y 64QAM, cuatro intervalos de guarda GI (Guard Interval) 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32, y dos tasas de codificación (COD) $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$.

Permite además dos tipos de conformadores de señal para proveer inmunidad contra la interferencia entre portadoras ICI (Inter-Carrier Interference), e interferencia entre símbolos ISI (Inter-Symbol Interference): Nyquist y rectangular. El conformado de Nyquist usa filtrado de Nyquist en tiempo sobre cada portadora, brindando inmunidad contra jammers. Por su parte el conformado rectangular usa una disposición ortogonal de las portadoras y un intervalo de guarda GI de duración 1/4, 1/8, 1/16, 1/32, y combate los efectos de la propagación multicamino.

Para el funcionamiento de DVB-RCT el canal es dividido en una malla de ranuras de tiempo/frecuencia. En cada instante un RCTT puede usar diferentes portadoras OFDM simultáneamente para transmitir, a esto se lo conoce como estructura de ráfaga BS (Burst Structure) y es la unidad de transmisión básica asignada a los RCTTs. El estándar define tres tipos con un número definido de portadas BS1

con 1, BS2 con 4 y BS3 con 29 portadoras. Además el canal presenta una estructura repetitiva provista por los dos tipos de tramas de transmisión TF (Transmission Frames): TF1 que organiza el canal en el dominio del tiempo para transmitir símbolos nulos, aleatorios y de usuario; y TF2 que lo hace en el dominio de la frecuencia para transmitir símbolos de propósito general. TF1 es usado con BS1 y BS2 utilizando conformado de señal rectangular o de Nyquist, mientras que TF2 se usa con BS2 y BS3 utilizando conformado rectangular.

La combinación de BS y TF constituyen tres esquemas de acceso al medio MAS (Medium Access Scheme); MAS1 (TF1-BS1) o acceso de tasa fija, MAS2 (TF1-BS2) o acceso de contención, y MAS3 (TF2-BS3) o acceso de reserva, aunque existe un cuarto esquema que no tiene que ver con esta combinación llamado esquema de sincronización. (ETSI EN 301 958 v1.1.1 2002).

Capa MAC (Medium Access Scheme).-

El usuario envía las peticiones a través del Módulo de Interfaz Interactiva hacia el adaptador de red de interacción INA (Interactive Network Adapter) en la estación base, y esta responde a las peticiones desde el BNA (Broadcast Network Adapter), hacia el módulo de Interfaz de Difusión del RCTT.

La capa MAC en el UL proporciona seguridad y compartición del canal entre los RCTTs y la estación base. El INA ejecuta el proceso controlador de la capa MAC para asignar los recursos de subida (ranuras de frecuencia y tiempo) a los RCTTs. Dicho controlador realiza tres procesos fundamentales: sincronización inicial,

mantenimiento de la sincronización, y asignación de recursos.

El controlador MAC continuamente monitorea el UL, asignando el MODCOD que deberán tener los RCTTs por conexión y verificando que estén dentro de los umbrales de sincronización predefinidos; si se detecta algún equipo fuera de estos parámetros, empieza un proceso de recalibración. (ETSI EN 301 958 v1.1.1 2002).

Propuesta de diseño de tecnología de enlace ascendente DVB-RCT2

Para resolver el problema de acceso a Internet en zonas rurales de América Latina,

se propone desarrollar una segunda-generación del estándar DVB-RCT, para lo cual se utilizará los principios de dicho estándar, a más de los avances tecnológicos de DVB-T2, que si bien es una tecnología de DL, se utilizarán algunas de sus características para ser aplicadas al UL con el objetivo de crear el nuevo estándar DVB-RCT2, siendo esta una propuesta innovadora que podría ser utilizada en toda Latinoamérica utilizando cualquier tecnología de TDT en DL. En la tabla 1 se presentan los parámetros de DVB-RCT y DVB-RCT2 detallados a continuación.

| Parámetros | DVB-RCT | DVB-RCT2 |
|-------------------------------------|---|---|
| Conformados de tráfico | Nyquist, Rectangular | Nyquist, Rectangular |
| Esquemas de Modulación | QPSK, 16QAM, 64QAM | QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM |
| FEC | Codificación Convolutiva + Reed Solomon 1/2, 3/4 | LDPC + BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 |
| GI | 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 | 1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128 |
| Tamaño de FFT | 1K, 2K | 1K, 2K, 4K, 8K, 16K, 32K |
| PPP | PP1 | PP1 a PP7 |
| Entrelazado temporal | Robustez frente a interferencia impulsiva | En tramas banda base |
| Constelaciones rotadas | No usa | Sí |
| FEF | No usa | Sí |
| Transmisión de Contenidos IP | IP → MPE → TS | IP → GSE |
| Tramas de transmisión | TF1, TF2 | TF1, TF2 |
| Estructuras de ráfaga | BS1, BS2, BS3 | BS1, BS2, BS3 |
| Esquemas de acceso al medio | Sincronización, MAS1, MAS2, MAS3 | Sincronización, MAS1, MAS2, MAS3 |

Tabla 1. Parámetros de DVB-RCT y DVB-RCT2

Para el diseño de DVB-RCT2 se utilizará las características que brindan robustez a DVB-T2, entre las que se tiene el uso de tramas FEF, constelaciones rotadas, tuberías de capa física, diversidad espacial en transmisión (MISO – Multiple Input

Single Output) mediante el uso de la codificación Alamouti, entrelazado temporal, diversos patrones de portadoras piloto; canal múltiplex, entre otras. Pero además se adoptará/modificará características de la tecnología con canal de

retorno DVB-RCT, tales como los canales de difusión y retorno, los modos de acceso para el canal de subida, entre otros.

Con esas consideraciones DVB-RCT2 permitiría al igual que DVB-T2 para zonas rurales con muy poca densidad de población la configuración de redes de frecuencia única (SFN) de gran tamaño gracias a la utilización de FFTs de 16K y 32K, con lo que se conseguiría menor overhead de intervalo de guarda (GI) para una distancia de SFN dada, y por lo tanto la ampliación de la distancia máxima entre transmisores, esto debido a que la caída del espectro fuera de banda es mucho más rápida que con los modos con FFTs más pequeños. (ETSI TS 102 831 v1.2.1 2012). Además la implementación y decodificación de la constelación 256-QAM con un nivel de relación portadora a ruido (CNR) bajo será permitida por DVB-RCT2 debido al mejor rendimiento de los algoritmos de codificación FEC (LDPC + BCH), lo que se verá reflejado en un aumento de hasta un 30% de la capacidad de transmisión del sistema con respecto a DVB-RCT, además de ofrecer un significativo aumento de la robustez de la señal y por tanto de la máxima cobertura (Guedes de Carvalho A.C. et al. 2011), que también podrá ser obtenida mediante el uso del mecanismo de reducción de la potencia de pico de la señal transmitida PAPR de Tonos Reservados y la técnica de entrelazado temporal, que será configurable para cada tubería de capa física (PLP) utilizada.

También con el objetivo de ajustar la densidad a la mínima necesaria, el estándar podrá utilizar un patrón de portadoras no muy denso como PP7 (combinación de FFT

e GI), mediante el cual aumentaría la capacidad para recepción fija y portable. Así también el uso de la técnica MISO basada en codificación Alamouti, mejorará la recepción en áreas donde la cobertura se sobrepone, puesto que con esta técnica se asegura que los transmisores no difundan información idéntica, pero si relacionada, con lo que se destruyen las interferencias.

La robustez de la señal en canales con desvanecimientos selectivos en tiempo y frecuencia podrá ser aumentada además mediante la combinación de la técnica de constelaciones rotadas con múltiples tuberías de capa física (MPLPs). El uso de constelaciones se utilizará para recuperar la información con la correcta recepción en el receptor, mientras que la funcionalidad de MPLPs permitirá la transmisión simultánea de servicios en el mismo canal de RF (mismo múltiplex) de una forma más flexible; así mismo el uso de las tramas FEF serán utilizadas para enviar los datos del usuario en enlace ascendente, pudiendo en el mismo canal/frecuencia haber transmisiones tanto en DL como en UL lo que no es posible en DVB-RCT. Además puesto que DVB-RCT2 será utilizado para proporcionar servicios de conectividad a Internet es importante que provea transmisión eficiente de contenidos IP, en este caso encapsulando IP sobre GSE tal como en DVB-T2, con lo que se tiene menor overhead de encapsulamiento, siendo más eficiente.

En la Figura 2, se explica la arquitectura propuesta para el estándar DVB-RCT2, siendo esta una red de difusión inalámbrica bidireccional. Para la comunicación desde el proveedor del servicio (contenidos de TV e Internet) hasta

el usuario, se utilizaría un canal de difusión, tomando como ejemplo para este caso la tecnología ISDB-Tb, mientras que para la

comunicación inversa, se emplearía la arquitectura DVB-RCT2 propuesta.

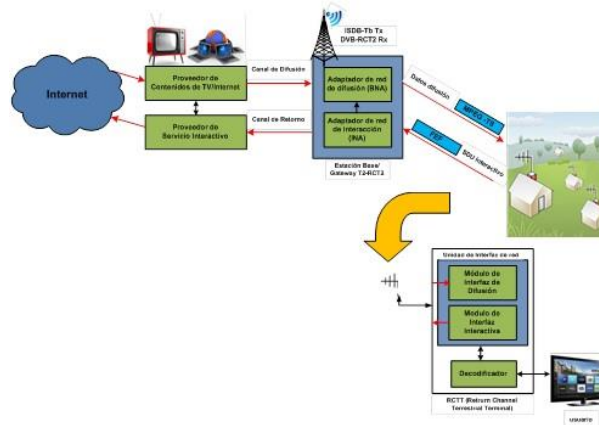


Figura 2. Arquitectura propuesta del estándar DVB-RCT2 para proveer servicios de Internet a zonas rurales.

En el canal ascendente se utilizará OFDMA, lo que permitirá que múltiples portadoras sean asignadas en paralelo a diferentes usuarios en diferentes instantes de tiempo, mientras que para el canal descendente se usará modulación OFDM normal. Para esto en la estación base el controlador de la capa MAC habilitará el adaptador de red interactivo INA, que conjuntamente con el Gateway T2/RCT2 serán los encargados de asignar los recursos

de subida a los usuarios (ranuras de tiempo y frecuencia), además de proveer la sincronización necesaria a los RCTTs, para que puedan acceder a la red. El nuevo estándar definirá también para el canal de subida los cuatro esquemas de acceso controlados por el protocolo MAC mencionados en DVB-RCT. Por su parte en el sitio del usuario, el RCTT se encargará de recibir o enviar las peticiones que el cliente haya solicitado o enviado.

RESULTADOS

Evaluación de prestaciones de DVB-RCT2 para brindar servicios de conectividad a Internet

En la tabla 2 se presentan los valores de CNR y las capacidades de transmisión en Mbps para diferentes MODCODs y tecnologías de TDT, considerando un ancho de banda de 6MHz, método de recepción fija (Perfil de Canal Rice) y los siguientes modos de transmisión:

Para ISDB-Tb; FFT 8K, GI 1/8, usando 13 segmentos. Para DVB-T2; FFT 32K extendido, GI 1/32, PP6. Para DVB-RCT; FFT 2K, GI 1/32, conformado de tráfico rectangular, BS3, CS1 y esquema de acceso de sincronización. Para DVB-RCT2 FFT 32K extendido, GI 1/128, PP7, conformado de tráfico rectangular, BS3, CS1 y esquema de acceso de sincronización.

En los modos de transmisión descritos anteriormente se consideraron para ISDB-Tb la FFT de las pruebas de TDT realizadas en Ecuador (SUPERTEL 2010), mientras que para definir el GI se realizó un estudio de distancia SFN para encontrar la distancia óptima que deberían tener los transmisores de TV, consiguiendo con un GI de 1/8 una red SFN con distancia entre transmisores de 44,8 km.

En DVB-T2 se utilizó PP6 debido a la combinación de FFT e GI elegida, con la cual se obtuvo la misma separación entre transmisores que para ISDB-Tb, se hizo esto con el objetivo de calcular la ganancia en capacidad de DVB-T2 para la misma cobertura (valor de CNR y distancia SFN). Aunque cabe resaltar que DVB-T2 permite

distancias SFN más grandes que se pueden utilizar para hacer una red SFN nacional.

Por su parte para las tecnologías con canal de retorno DVB-RCT y DVB-RCT2 se utilizaron las FFT de mayor tamaño permitida en cada tecnología junto con el GI más pequeño. La consideración del GI más pequeño en las tecnologías de UL, es debido a que sólo se lo utilizará para proteger la señal de posibles ecos que puedan existir en la transmisión del mismo usuario. Además en los dos estándares se utilizó el modo de acceso de sincronización puesto que tiene un rendimiento excelente para servicios con altas tasas de datos; y un rendimiento considerable para servicios con bajas tasas. El principal beneficio del modo de sincronización es la reducción de las colisiones. Dado que los códigos aleatorios que se envían son CDMA, la estación base es capaz de identificar muchos de ellos sin ambigüedad al mismo tiempo. Además de que no necesita informar sobre las ranuras no usadas en UL ni sobre las posibles colisiones, en lugar de esto realiza reconocimientos de los códigos de sincronización recibidos correctamente para asignar ancho de banda a los RCTTs.

El uso de la distancia entre portadora CS1 implicará un tamaño de celda de transmisión máxima; mientras que la utilización de BS3 es debido a que el protocolo MAC del estándar 802.16a (Wimax) que está basado en OFDMA usa una capa física similar a la del estándar DVB-RCT usando esta estructura de ráfaga. BS3 cuenta en UL con 59 subcanales de los cuales 5 formarán el subcanal de

sincronización y los 54 restantes serán para transmisión de datos. Mejorando el rendimiento del sistema al utilizar 5 en vez de 4 subcanales para sincronización.

Se utilizará el conformado de tráfico rectangular para combatir los efectos de la multipropagación, mediante la disposición ortogonal de las portadoras y el uso de un GI entre los símbolos modulados.

| MODCOD | ISDB-Tb | | DVB-RCT | | DVB-T2 | | DVB-RCT2 | |
|------------|---------|-----------|---------|-----------|--------|-----------|----------|-----------|
| | CNR | Capacidad | CNR | Capacidad | CNR | Capacidad | CNR | Capacidad |
| QPSK ½ | 6,23 | 4,05 | 4,6 | 4,26 | 2,67 | 5,45 | 2,67 | 5,64 |
| QPSK ¾ | 9,15 | 6,08 | 7,8 | 6,40 | 5,87 | 8,20 | 5,87 | 8,49 |
| QPSK 5/6 | 10,44 | 6,76 | -- | -- | 7,07 | 9,13 | 7,07 | 9,46 |
| 16QAM ½ | 11,61 | 8,11 | 10,6 | 8,53 | 7,87 | 10,95 | 7,87 | 11,34 |
| 16QAM ¾ | 15,62 | 12,17 | 14,0 | 12,80 | 11,87 | 16,45 | 11,87 | 17,03 |
| 16QAM 5/6 | 16,78 | 13,52 | -- | -- | 13,17 | 18,27 | 13,17 | 18,91 |
| 64QAM ½ | 17,34 | 12,17 | 15,7 | 12,80 | 12,27 | 16,40 | 12,27 | 16,98 |
| 64QAM ¾ | 21,06 | 18,25 | 19,6 | 19,21 | 16,91 | 24,65 | 16,91 | 25,52 |
| 64QAM 5/6 | 22,6 | 20,28 | -- | -- | 18,68 | 27,46 | 18,68 | 28,43 |
| 256QAM ½ | -- | -- | -- | -- | 16,31 | 21,90 | 16,31 | 22,67 |
| 256QAM ¾ | -- | -- | -- | -- | 22,06 | 32,91 | 22,06 | 34,07 |
| 256QAM 5/6 | -- | -- | -- | -- | 24,38 | 36,59 | 24,38 | 37,88 |

Tabla 2. Valores de CNR y capacidades de transmisión en Mbps para diferentes tecnologías y MODCODs

En la tabla se puede observar que las tecnologías DVB-T2 y DVB-RCT2 permiten un esquema de modulación mayor 256QAM y presentan el menor valor de CNR, debido a lo cual pueden transmitir mayor cantidad de información. La CNR en estas dos tecnologías es la misma debido a que se asume que DVB-RCT2 está basado en DVB-T2 y que por lo tanto la capa física no cambia.

Para el caso de las tecnologías de DL, si se analiza coberturas parecidas (valores de CNR y distancia SFN lo más cercana posibles), se ve que ISDB-Tb para una CNR de 16,78 conseguida con 16QAM 5/6, presenta una capacidad de 13,52 Mbps para una distancia SFN de 22,4 Km;

mientras que DVB-T2 con una CNR de 16,91 para 64QAM ¾ presenta una capacidad de 24,65 Mbps y para cubrir una distancia SFN de 44,8 Km. Lo que significa que la capacidad de DVB-T2 aumenta aproximadamente el doble para valores de CNR parecidos y el doble de distancia entre transmisores.

Si se analiza las tecnologías de UL, DVB-RCT2 proporciona una mayor capacidad de transmisión, en concreto 37,88 Mbps en 6 MHz, mientras que la capacidad máxima de DVB-RCT es de 19,21 Mbps. DVB-RCT2 también proporciona una mínima CNR, en concreto 2,67 dB (QPSK 1/2), mientras que la CNR mínima de DVB-RCT es 4,6 dB (QPSK ½).

Consideraciones a tomar en cuenta para el cálculo de cobertura

Luego de haber definido las CNRs requeridas por cada tecnología y considerando la probabilidad de recepción del 70%, se obtuvieron los valores de Intensidad de Campo Eléctrico Mínima (Emin) para los estándares de TDT ISDB-Tb, DVB-RCT y DVB-RCT2.

Se consideró además un escenario rural con línea de vista (LOS – Line Of Sight) ubicado en la provincia de

Chimborazo, el mismo que está caracterizado porque los receptores de usuario utilizan antenas fijas en el tejado con ganancia de 11 dB. Para las estaciones base por su parte se consideraron sistemas radiantes directivos constituidos por arreglos de antenas diédricas de ganancia 11 dB y que usan patrones de radiación horizontal y vertical similares a los representados en la Figura 3.

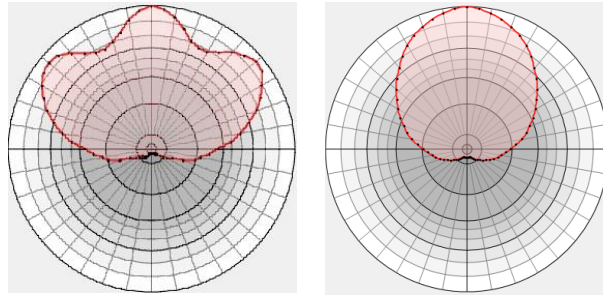


Figura 3. Patrón de radiación horizontal y vertical de las antenas en las estaciones base.

Estimación de cobertura e interferencias

Conociendo la Emin y tomado en cuenta las consideraciones para el cálculo de cobertura mencionadas anteriormente, se realizaron ejercicios de cobertura para los estándares de TDT definidos.

Para obtener la cobertura de la tecnología de TDT ISDB-Tb los transmisores trabajaron en modo SFN

utilizando la frecuencia de 513.25 MHz, pero además se les aplicaron retardos artificiales. Con lo anteriormente mencionado se obtuvo un porcentaje de cobertura poblacional de aproximadamente el 91%. En color rojo se muestran además las interferencias obtenidas.

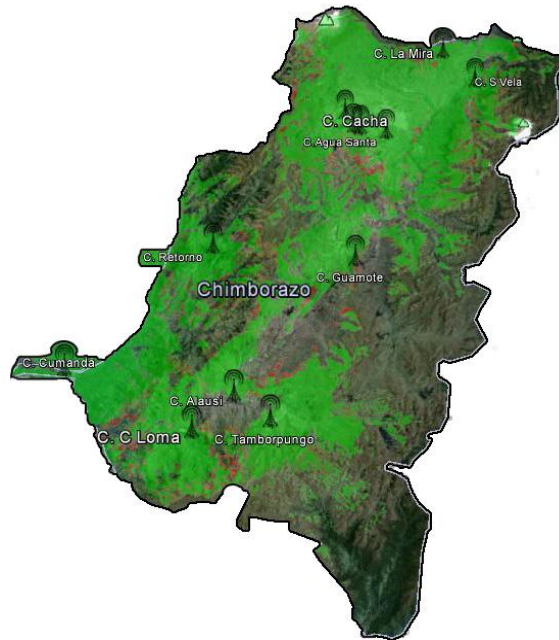


Figura 4. Cobertura DL ISDB-Tb MODCOD 64QAM $\frac{3}{4}$, recepción al 70%.

Para esta cobertura en UL se consideró el MODCOD QPSK $\frac{1}{2}$, obtenido al ajustar la cobertura entre ISDB-Tb y DVB-RCT2. Se asumió además que los transmisores en el DL están en modo SFN y por lo tanto no hay interferencias.



Figura 5. Cobertura UL DVB-RCT2 MODCOD QPSK $\frac{1}{2}$.

DISCUSIÓN

En este artículo se ha propuesto la definición de una nueva tecnología de TDT, denominada DVB-RCT2, que permite disponer de un canal de retorno robusto y con aplicación en diversos campos como la provisión de acceso a internet en zonas rurales. Esta alternativa ofrece un alto porcentaje de penetración y costos de despliegue más baratos con respecto a otras soluciones de conectividad, debido a que puede reutilizar infraestructura de la TV analógica y/o digital.

En DVB-RCT2 para el envío de las peticiones de usuario hacia la estación base (enlace ascendente), utilizará un canal de

retorno adaptando la arquitectura de DVB-RCT y utilizando funcionalidades de DVB-T2, lo que permitirá que este nuevo estándar presente mejoras con respecto a DVB-RCT en lo referente a capacidad y CNR). Es así que con DVB-RCT2 se tendrían capacidades de transmisión superiores a los otros estándares de TDT llegando a tener hasta 37,88 Mbps comparado con los 19,21 Mbps obtenidos por DVB-RCT. Mientras que en cuanto a CNR se determinó que para un mismo MODCOD, las tecnologías T2/RCT2 presentaron la CNR más baja, lo que se ve reflejado en una mayor cobertura.

Referencias

Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT). ABNT NBR15601. 2010. Televisión Digital Terrestre – Sistema de transmisión ISDB-Tb. Brasil. p. 4.

DVB. 2012. Fact Sheet Digital Terrestrial Television DVB-T. Suiza. p. 1.

DVB. 2013. Fact Sheet 2nd Generation Terrestrial DVB-T2. Suiza. p. 1-2.

DVB. 2014. DVB Worldwide. Suiza. www.dvb.org. 23 de diciembre de 2014.

ETSI. 2002. EN 301 958 v1.1.1. Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction Channel for Digital Terrestrial Television (RCT) incorporating Multiple Access OFDM. Francia. p. 45-46.

ETSI. 2012. TS 102 831 v1.2.1. Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation

guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). France. p. 31.

Guedes de Carvalho Reis André Carlos., de Lira Gondim Paulo Roberto. 2011. Performance Evaluation of the DVB-RCT Standard for Interactive Services. Brasil. IEEE Transactions on Broadcasting, vol. 57, no. 4, pp. 3,7,8,9.

SUPERTEL. 2010. Informe para la definición e implementación de la Televisión Digital Terrestre en Ecuador. Quito. p. 28.

UIT. 2010. Informe sobre el Desarrollo Mundial de las Telecomunicaciones/TIC de 2010, *Verificación de los objetivos de la CMSI, Examen Intermedio, Resumen Ejecutivo*. Suiza. p. 11.