

Red de Frecuencia Única en el estándar ISDB-Tb

Single Frequency Network in the ISDB-Tb standard

Diego AGUIRRE González 1

Recibido: 23/02/2018 • Aprobado: 01/04/2018

Contenido

1. Introducción
2. Metodología
3. Resultados
4. Conclusiones

Referencias bibliográficas

RESUMEN:

La recepción de una señal de televisión abierta en una zona urbana, con una geografía irregular o con un alto número de edificaciones, tiende a ser de muy mala calidad o simplemente no puede ser percibida por el usuario, dichos sectores técnicamente son denominados como "zonas de sombra". Con base a los resultados de investigación de los diferentes escenarios de propagación de señal, se podrá generar un análisis descriptivo del funcionamiento técnico de una red de frecuencia única considerando el estándar ISDB-Tb.

Palabras-Clave: ISDB-Tb, Red de Frecuencia Única, Televisión Digital, Inalámbrica

ABSTRACT:

The reception of an open television signal in an urban area, with an irregular geography or with a high number of buildings, tends to be of very poor quality or simply can not be perceived by the user, said sectors are technically called "zones" of Shadows". Based on the research results of the different signal propagation scenarios, a descriptive analysis of the technical functioning of a single frequency network considering the ISDB-Tb standard can be generated.

Keywords: ISDB-Tb, Single Frequency Network, Digital Television, Wireless

1. Introducción

El servicio de televisión digital abierta (Broadcasting) necesita ser estandarizado para que a su vez pueda ser transmitido y operado en los distintos países mejorando la calidad de Audio y Video, para lo cual existen distintas definiciones de estandarización avaladas por los respectivos organismos internacionales. El consorcio ARIB (Association of Radio Industries and Business) desarrollo la Norma ISDB-Tb (Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial) (Digital Broadcasting Experts Group, 1997) de origen Japonés desde Diciembre del 2003.

"Los países que han adoptado esta norma son Japón (transmisiones iniciadas en 2003), Brasil (adoptado en 2006), Perú (2009), Argentina (2009), Chile (2009), Venezuela (2009), Ecuador (2010), Costa Rica (2010), Paraguay (2010), Filipinas (2010), Bolivia (2010) y Uruguay (2011)" (p. 2) (Rafael Sotelo, Diego Duran, Jose Joskowicz, 2011).

Con la adopción del Estándar Japonés realizada por Brasil, se incluyeron modificaciones considerables con el objetivo de maximizar el uso de la tecnología, mejorando la codificación de video en MPEG-4 (Moving Picture Experts Group) y haciendo más eficiente la movilidad, así como la mejora en la calidad del proceso interactivo con la incursión de GINGA (GINGA, s.f.) Convirtiendo el sistema de Televisión en una comunicación de "doble vía"

El objetivo del presente documento, será presentar un análisis técnico de las principales características de consideración para el funcionamiento de una red de frecuencia única en distintos escenarios, expecificando los parámetros principales de configuración.

Una de las características principales que ofrece la Televisión Digital Terrestre, a diferencia de la televisión analógica, es la de poder operar con una red compuesta por un transmisor principal y retransmisores dispersos por un área geográficamente pequeña o urbana, de tal manera que cada uno de ellos pueda transmitir la señal en una única frecuencia de operación evitando fenómenos de interferencia.

Debido a las modificaciones realizadas por el ANATEL (Agencia Nacional de Telecomunicaciones – Brasil), fue necesario establecer Normas de carácter internacional para estandarizar el comportamiento de la transmisión de Televisión Digital, que permita la comprensión del funcionamiento técnico y el procesamiento de señales.

El estándar ISDB-Tb conocido por sus siglas en inglés como *Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial Brazilian* (Servicios Integrado de Difusión Digital Terrestre con mejoras Brasileñas) fue desarrollado, por petición expresa de la Presidencia de Brasil, por un grupo de estudio compuesto por Ministerios, Institutos, Universidades, Organizaciones, fabricantes y Profesionales del área en investigación y dirigido por el ANATEL (Agencia Nacional de Telecomunicaciones) en el 2003. Se plantearon varias soluciones, entre ellas propuestas de creación de un estándar totalmente nuevo, pero prevaleció el hecho de que el estándar Japonés (ISDBT) presentaba mejoras significativas en relación a estándares presentes en esa actualidad (DVB, ATSC, etc) y era susceptible a cambios para optimizar su utilización en la transmisión de señales digitales.

Estas mejoras que dieron paso a la creación del estándar ISDB-Tb, radican básicamente en:

- Mejorar el sistema de compresión de video a MPEG-4, que permite cargar mayor cantidad de información, mejorando la calidad de imagen.
- Mejorar la interactividad brindada por esta tecnología, incursionando el Middleware GINGA de código abierto.

El estándar ISDB-Tb permite trabajar transmitiendo múltiples propuestas de programación en diferentes señales, pero utilizando el mismo canal de difusión. Para que esto suceda, es necesario que el *Transport Stream* de cada programación, debe estar adecuadamente organizado para que pueda ser transmitido con la codificación y modulación más adecuada, lo cual es permitido por el concepto que maneja la norma de transmisión en capas.

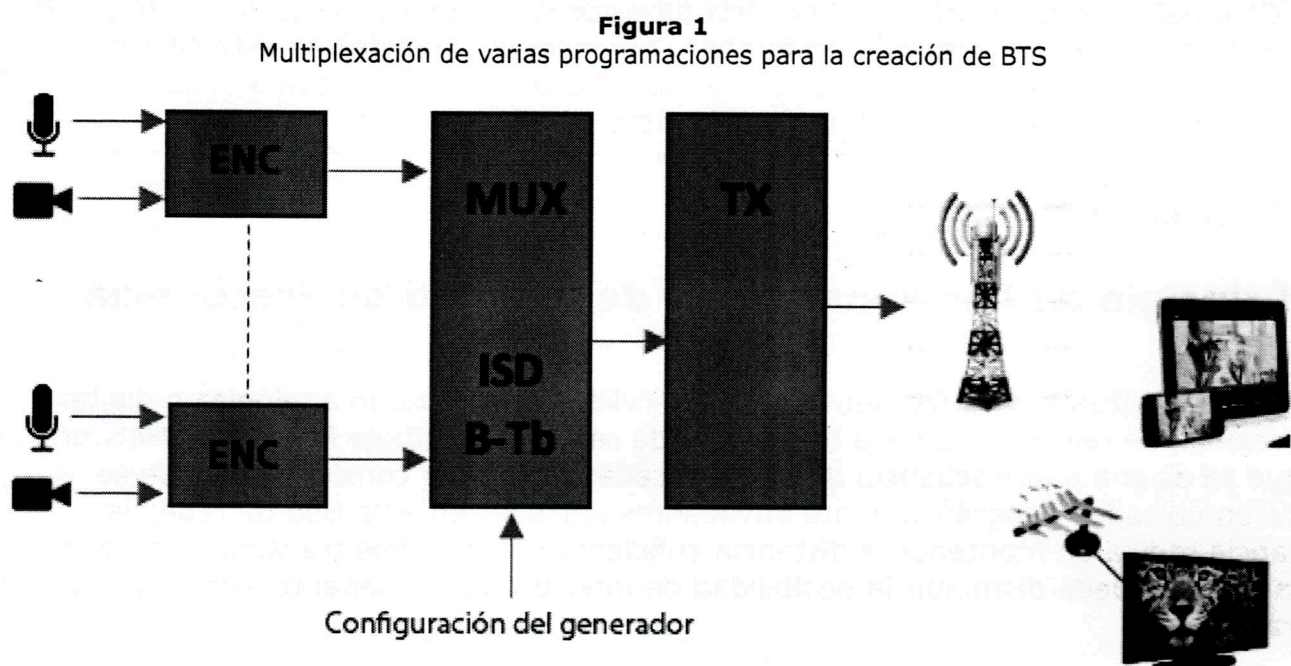
De este modo, las múltiples programaciones que poseen un *Transport Stream* específico, se deben combinar en un multiplexor, el cual será el responsable de formar un tren de transporte de difusión llamado BTS (Broadcasting Transport Stream).

La figura 1 ilustra la forma básica de como las múltiples programaciones son multiplexadas formando un BTS, para que la secuencia ocurra en la transmisión de la señal a ser recibida por el espectador en su casa o dispositivo móvil.

Como cada programación podrá ser codificada y modulada de forma independiente, de acuerdo a lo permitido por el estándar ISDB-Tb, es necesario que exista un MUX ISDB-Tb, que además de combinar los *Transport Stream* de diferentes programaciones en una sola BTS, también tiene la función de señalar cual es la capa que va a procesar cada uno de los *Transport Stream* con sus respectivas condiciones de codificación y modulación. A esta información de transmisión, control y configuración de multiplexación, se la denomina TMCC (Transmission and Multiplexing Configuration Control).

El MUX ISDB-Tb puede ser instalado en el transmisor del canal, pero es más común encontrarlo en el estudio donde se realiza la producción del contenido del canal de televisión.

Si el MUX ISDB-Tb se encuentra alejado del transmisor, ubicado en el estudio, se podrá realizar la comunicación con dicho transmisor, utilizando medios como microondas, satélites o fibra óptica.



Fuente: Autores

SFN o Red de Frecuencia Única se define como un conjunto de dispositivos transmisores encargados de propagar una misma información de forma simultánea y sincronizada utilizando el mismo canal, es decir la frecuencia que ha sido concesionada (Kusunoki, 2013). Con este modelo de red se desea cubrir un área determinada optimizando un recurso limitado como es el espectro radioeléctrico. Todo esto será posible gracias a la inserción del intervalo de guarda en la señal OFDM, el cual permitirá tratar los ecos o multitrayecto que provienen de los distintos transmisores de tal manera que se pueda reconstruir la señal en el receptor. La importancia de este parámetro es vital para la planificación de este tipo de redes debido a que delimita la distancia necesaria entre los transmisores. (Tello, 2009).

Matemáticamente una red SFN puede ser expresada de la siguiente manera:

$$s(t) = \sum_{i=1}^n h_i(t) \otimes x(t) + z(t)$$

Donde $h_i(t)$ representa a la respuesta al impulso del canal, $x(t)$ es la señal transmitida OFDM y $z(t)$ es el ruido blanco gaussiano aditivo (AWGN) (R. Arthur, Y. Iano, S.R.M Carvalho y R.F. Larico, 2007).

Por otro lado, es importante mencionar que, si los transmisores se encuentran muy distantes del receptor, puede ocasionar que se presente interferencia intersímbolo (ISI) debido al retardo en la recepción de la señal, por lo tanto es importante realizar un adecuado proceso de planificación para el despliegue de la red considerando las implicaciones técnicas que tiene la mencionada tecnología.

2. Metodología

El alcance del presente trabajo es de tipo descriptivo, debido a que la investigación consistirá en realizar la recolección de datos de diferentes documentos y experimentos de la operación de una Red de Frecuencia Única de una señal de televisión digital en diferentes escenarios en donde se haya adoptado el estándar, con el objetivo de determinar, en base a resultados verificados, las principales características técnicas considerables para el

funcionamiento de dicha red.

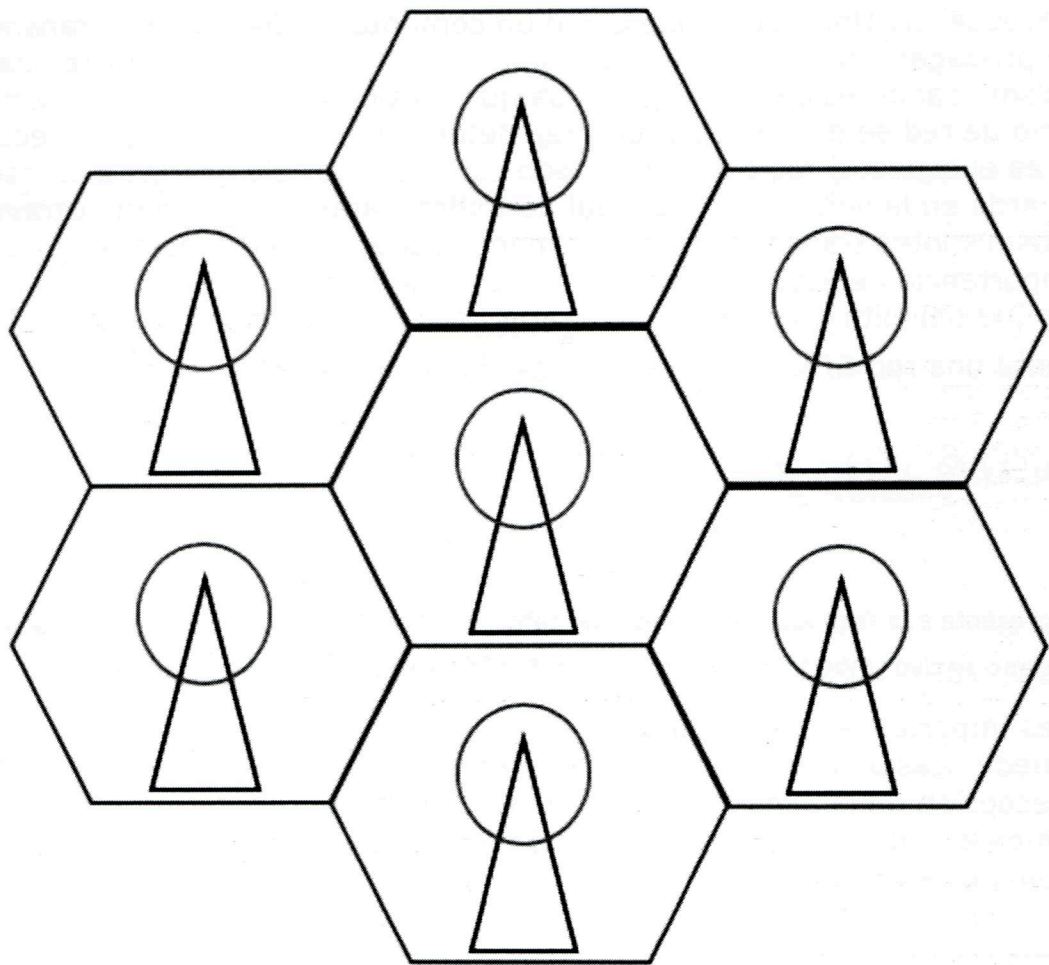
De igual manera nos permitirá analizar el comportamiento de la señal en zonas afectadas llamadas "zonas de sombras"; los datos a tomar en cuenta (*Nivel de intensidad de la señal*, *CBER (Channel bit error rate)*, *VBER (Viterbi bit error rate)*, *VER (viterbi error rate)*, *MER (modulation error ratio)*, recepción de imagen, potencia de recibida) en esta sección permitirán analizar el comportamiento actual de la señal lo que conlleva a conocer parámetros necesarios para establecer un correcto Diseño.

3. Resultados

3.1. Principio de Funcionamiento de una Red de Frecuencia Única:

La distribución actual de las frecuencias para servicios de televisión analógica o digital a nivel nacional, se realiza en base a un modelo de red MFN (Multiple Frequency Network), es decir que se asigna una frecuencia diferente a cada transmisor considerando que se encuentren ubicados geográficamente adyacentes entre sí; en este tipo de redes la importancia radica en mantener la distancia suficiente entre dichos transmisores de tal manera que se pueda disminuir la posibilidad de interferencia cocanal tal como se indica en la figura 2.

Figura 2
Distribución de frecuencia en una red MFN



Este tipo de redes son consideradas como ineficientes espectralmente en comparación a las redes SFN por su utilización de varias frecuencias, pero por otro lado permite realizar la emisión de contenido televisivo local (Martínez, 2009).

3.2 Modelo del Canal de Propagación

El canal de propagación inalámbrico que se utiliza para la transmisión de la señal de TDT puede ser modelado de diferentes maneras, es decir, que una red SFN es susceptible a 2 tipos de retrasos:

Retraso por reflexión de obstáculos, dichos obstáculos permiten modelar el canal de transmisión considerando el desvanecimiento lento.

Retraso por señales de transmisores diferentes, dichas señales son consideradas para modelar el canal generando un desvanecimiento rápido.

Dichos retardos a su vez convergen en la aparición de interferencia intersimbólica, que será explicada en la siguiente sección, que puede ser tratada con el intervalo de guarda o estimación del canal (R. Arthur, Y. Iano, S.R.M Carvalho y R.F. Larico, 2007).

Según menciona Paucar, Fernández y Kemper en su estudio de métodos y modelos matemáticos "El medio de propagación inalámbrico es generalmente modelada por dos efectos. Un efecto de gran escala y otro de pequeña escala. El componente de gran escala involucra trabajar con potencias promedio relativas a distancias grandes respecto a la longitud de onda de la señal, mientras que los efectos de pequeña escala involucran pequeñas variaciones en distancias del orden de la longitud de onda." (R. Paucar, J. Fernandez, G. Kemper, 2010, p. 3).

Para determinar la potencia promedio detectada en el receptor, se puede hacer uso de un modelo de propagación compuesto por un componente aleatorio con una distribución logarítmica normal con el desvanecimiento lento representado por en la siguiente representación matemática:

$$P_{Rx} = \frac{P_{Tx} (G_{Tx} G_{Rx})}{L_{T-R}} 10^{\frac{\epsilon}{10}}$$

Donde P_{Tx} es la potencia del transmisor y G_{Tx} y G_{Rx} la ganancia del Transmisor y Receptor respectivamente,

L_{T-R} corresponde a la pérdida que se presenta entre la trayectoria desde el transmisor al receptor:

3.3 Posibles interferencias

Se puede considerar una interferencia como el solapamiento entre dos o más emisiones de distinto origen, ocasionando que la señal original no pueda ser recuperada en el trasmisor (Tello, 2009).

El medio radioeléctrico utilizado como canal de propagación por los sistemas de televisión, es considerado como uno de los medios más susceptibles a estas situaciones, debido a que el aire puede ser perturbado por señales externas, dichas interferencias pueden ser:

- **Interferencia Cocanal:** Esta interferencia se produce cuando se presenta una señal considerada como "no autorizada" con un nivel de potencia o intensidad de campo superior a la señal deseada, degradando paulatinamente o de forma abrupta dicho canal. Esta situación suele presentarse cuando se reutilizan las frecuencias a partir de cierta distancia proyectada por un estudio de propagación (redes MFN).
- **Interferencia de canal adyacente:** Es cuando una señal contigua a la señal deseada presenta lóbulos laterales que interfieren o se extienden sobre la señal concesionada, dicho efecto es muy común en equipos con poco mantenimiento o analógicos. Considerando que este tipo de interferencia puede presentarse por la presencia de algún canal de televisión analógico adyacente a un canal de TDT.

3.4 Uso de Potencia

Para analizar los valores de potencia se debe de considerar distintos conceptos de transmisión de potencia, tales como:

- **PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva):** Es el producto obtenido de la

potencia que se suministra

a la antena por su ganancia G_i , considerando una antena isotrópica (BS.561-2, 1986), es decir equivale a la potencia que se necesitara inyectar a la entrada de dicha antena para obtener un mismo valor de densidad de potencia a una distancia considerada, radialmente hablando. Para el cálculo de dicha potencia, se puede expresar matemáticamente:

$$P.I.R.E = P_{Tx} * G_i$$

Por lo tanto si se desea determinar la densidad de potencia, es decir la cantidad de potencia propagada en un área determinada, será igual a:

$$dP = \frac{(P_{Tx} * G_i)}{4\pi d^2}$$

Donde d será la distancia de la antena receptora en relación al transmisor. Cabe mencionar, y teniendo en cuenta que una antena por sí sola no puede realizar el incremento de la potencia, que la ganancia la antena se presenta por direccionar la energía de la antena focalizando la señal hacia una dirección determinada.

Por otro lado, el receptor podrá detectar la señal en función de la siguiente ecuación:

$$P_{Rx} = G_T * \left(\frac{P_T}{4\pi d^2} \right) * A_{efectiva}$$

Donde $A_{efectiva}$ es el Área efectiva, la cual depende del tipo de antena y la ganancia de la misma, puede ser expresada en términos de la Ganancia en la recepción:

$$G_{Rx} = \left(\frac{4 \pi A_{efectiva}}{\lambda^2} \right)$$

Donde λ representa la longitud de onda de la señal recibida.

En caso de utilizar una antena directiva en el transmisor se considerara la Ganancia de dicho transmisor y las correspondientes pérdidas:

$$PIRE (dBW) = P_{Tx} - (L_c + L_s) + G_{Tx}$$

Donde $(L_c + L_s)$ representa a la suma de las pérdidas que se producen en los cables y en el espacio libre.

• PER (Potencia Efectiva Radiada)

Es la potencia necesaria para garantizar el nivel de intensidad de campo establecido en la normativa técnica, de tal manera que se pueda considerar como señales validas a aquellas que se recepten con valores superiores a los autorizados. Matemáticamente se puede expresar como (ARCOTEL, 2015):

$$PER(KW) = P_T (kW) * 10^{\frac{G_T(dBi) - \sum Perdidat (dB)}{10}}$$

Donde P_T es la potencia después de los filtros y $\sum Perdidat (dB)$ será la suma de las pérdidas que se presenten en los conectores, cables, etc.

Cuando se emite una concesión de frecuencia, en el Anexo técnico se estipula dos tipos de potencia, la potencia configurada directamente en el equipo y la potencia calculada o PER. Según las mediciones de pruebas realizadas en la ciudad de Guayaquil, se consideró realizar transmisiones con 500W, 1000W y 1500W como potencia configurada directamente en los transmisores.

Para considerar una recepción ideal de la señal, la normativa ecuatoriana indica que se deberá de considerar el parámetro de intensidad de campo expresado en dBµV/m, dicho parámetro será de 51dBµV/m en el borde del área de cobertura

A lo largo del presente proyecto se ha indicado algunas de las ventajas que presentan las redes SFN, y el uso de la potencia es uno de ellos. El tener otros dispositivos transmisores aparte del principal desplegados por la red, permite reducir considerablemente la potencia del transmisor principal mejorando la zona de cobertura de dicha red, y a su vez reducir la potencia de transmisor equivale a reducir gastos en consumo de energía del mencionado transmisor.

Por otro lado reducir la potencia del transmisor permite disminuir la probabilidad de interferencias (sección 3.3.2.3) y a su vez reducir el piso de ruido de la zona, condiciones importantes para la convivencia armónica de sistemas de radiocomunicación.

3.5. Sincronización en frecuencia

Es un sincronismo que depende, en gran parte, del esquema que se utilice de modulación, es decir sea 2K (modo 1 con 1404 portadoras), 4K (modo 2 con 2808 portadoras) o 8K (modo 3 con 5616 portadoras). Según lo estipula (R. Arthur, Y. Iano, S.R.M Carvalho y R.F. Larico, 2007) cada portadora debe ser transmitida en

una frecuencia igual a $f_k \pm (\frac{f}{100})$, donde k representa a una portadora en particular y f_k la posición de dicha portadora en relación a la frecuencia.

3.6. Sincronización el tiempo

La sincronización en tiempo es independiente en relacionado con el intervalo de guarda de los transmisores, es un beneficio que brinda la modulación COFDM, consiste en transmitir el símbolo de cada transmisor en el

mismo instante de tiempo. En el mismo estudio se considera mantener un intervalo de tiempo de $T_n \pm 1\mu s$,

donde T_n es el periodo de muestreo ideal para el símbolo enésimo (R. Arthur, Y. Iano, S.R.M Carvalho y R.F. Larico, 2007). En este tipo de sincronismo se puede ser un poco más tolerante en términos de precisión, debido a que el intervalo de guarda.

La finalidad de implementar esta sincronía radica en que se puede compensar una mala sincronización de la red, utilizando una señal de referencia temporal o 1pps.

3.7. Sincronización de bit

Es necesario que exista una portadora k-esima modulada conjuntamente con los bits en cada uno de los dispositivos transmisores de la red, con el objetivo que se pueda generar el mismo símbolo en un mismo instante de tiempo de dicha red. (Verges, 2010)

3.8. Sincronización de la red

Una de las estrategias utilizadas para lograr la sincronización en las redes SFN consiste en dividir el flujo de segmentos que se van a transmitir en múltiples tramas llamadas MF (Multiplex Frame), dichas tramas se etiquetan en el encabezado dentro del paquete MPEG-TS para que puedan ser identificadas por cada transmisor de la red y sepan exactamente cuándo empezar la transmisión (lograr la sincronización).

La información de sincronización que se encuentra en los datos que se transmiten en una red SFN es:

- Señal de GPS = 10MHz
- Marca del tiempo de sincronización (es el número de conteos de 100nseg que se debe de esperar hasta que comience el siguiente MF)
- TTL = 1pps
- Retardo máximo de red (intervalo de tiempo que transcurre desde que sale un paquete del transmisor hasta el retransmisor más lejano de la red).

Esta información se introduce dentro de un paquete MIP (paquete de inicialización de mega trama) gracias a los adaptadores de SFN y su función principal es indicar a cada estación el tiempo exacto de la transmisión del siguiente MF sincrónicamente. Por otro lado, en el transmisor principal utiliza un conteo de 100nseg en el momento en que se presenta el pulso TTL o 1pps.

Usando la información mencionada del paquete anterior, la red SFN conoce el momento exacto en que se transmite el MF desde el transmisor principal, en dicho tiempo, inmediatamente la sincronización inicializa el contador que durara hasta el retardo máximo de la red. Si un MF llega a un transmisor y aun no se desborde el contador antes mencionado, mantendrá esos paquetes en cola para poder transmitirlo en el momento exacto que lo hagan los demás retransmisores.

4. Conclusiones

A pesar de que existe la debida sectorización de bandas para el servicio de TDT, es ineludible convivir con distintos tipos de interferencias, cada una de ellas causadas por algún determinado comportamiento de una señal o por un mal funcionamiento de los equipos transmisores, por lo cual es importante considerar este parámetro al momento de diseñar una red de frecuencia única.

El uso de la potencia por cada transmisor principal de una estación de televisión difiere según la zona geográfica de concesión, por ende, los transmisores deberán ser configurados con parámetros técnicos según el estudio de propagación realizado previo a la concesión de dicha frecuencia.

Debido a que una Red de Frecuencia Única trabaja con un transmisor principal, que emite una misma señal para los repetidores en la misma frecuencia, y conociendo la posibilidad de que dicho tipo de transmisión es susceptible a "*auto-interferencias*" causadas por la naturaleza de la misma, es de vital importancia introducir los conceptos de sincronización en el presente desarrollo, así como los tipos de sincronización que se puedan presentar en una planificación de red SFN. A medida que la red aumenta el número de dispositivos transmisores se mejorará considerablemente la cobertura de la misma, es decir convierte una red más homogénea, lo cual a su vez mejora la recepción de la señal móvil. Esta mejora, que va de la mano con la diversidad espacial, necesariamente implica considerar el sincronismo de la red como parte fundamental del estudio.

Referencias bibliográficas

- Asociación Brasileira de Normas Técnicas ABNT. (01 de 12 de 2007). ABNT NBR15601. *NORMA BRASILENA*. Rio de Janeiro, BRASIL.
- BS.561-2, U.-R. (1986). *Definiciones de la radiación en radiodifusión*.
- C. D. Charalambous, N. M. (1999). Stochastic Models for Short-Term Multipath Fading Channels: Chi-square and Ornstein-Uhlenbeck Processes . *Conference on Decision & Control* , (pág. 6). Phonix, Arizona.
- Campanella, H. M. (2011). Modulacion QPSK no ideal en UTRA-TDD. *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, 97-107.
- CARDENAS, A. J. (2005). *MULTIPLEXACION POR DIVISION DE FRECUENCIA ORTOGONAL CODIFICADA (COFDM)*. Valdivia.
- Chile, C. d. (2013). *Demostración de mediciones de intensidad campo de televisión digital en la ciudad de Santiago*. Santiago de Chile.
- García, J; Rodríguez, O; Castillo, J. (2002). Desempeño de Modelos de Propagación en Comunicación Móvil para la zona de Caldas. *X Congreso Internacional de Telecomunicaciones*. Valdivia.
- INTERNATIONAL TELECOMUNICACION UNION REDIOCOMUNICATION SECTOR ITU-R. (1997). EFECTOS DE LA PROPAGACIÓN MULTITRAYECTO EN EL DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE RADIOENLACES DIGITALES CON VISIBILIDAD DIRECTA. *RECOMENDACIÓN UIT-R F.1093-1**, (pág. 12).
- Kusunoki, M. (2013). *RETRANSMISSÃO DO SINAL DE TV DIGITAL NO PADRÃO*. CURITIBA: UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ.
- Maroja, R. (2000). Digital Television Broadcasting Systems Testing in Brazil. *Interregional Seminar on the Transition from SECAM to Digital TV* (págs. 1-21). Campinas: Fundação CPqD.
- Martínez, G. (2009). *OPTIMIZACIÓN DE LA RED DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN COLOMBIA CON EL NUEVO ESTÁNDAR DVB-T2*. VALENCIA: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA.
- Maurício V. GuerraI; Carlos V. Rodriguez R.II; Luiz da Silva Mello. (Junio de 2013). SFN channel measurements in Brazil. *Journal of Microwaves, Optoelectronics and Electromagnetic Applications*. Obtenido de Scielo: <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-10742013000100006>
- N. Valencia, R. C. (2012). *TRANSMISION DE SENALES DE TDT DIGITAL PARA DISPOSITIVOS MOVILES*. Guayaquil: ESPOL.
- P.1546-4, UIT-R. (Octubre de 2009). Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3000 MHz. Ginebra, Suiza.
- R. Arthur, Y. Iano, S.R.M Carvalho y R.F. Larico. (2007). Planificación de la expansión del servicio de retransmisión de TV digital en Brasil usando redes SFN. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS*, 573-578.
- R. Paucar, J. Fernandez, G. Kemper. (2010). *Estudio de métodos y modelos matemáticos para la simulación de Redes*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería (INICTEL-UNI).
- Rafael Sotelo, Diego Duran, Jose Joskowicz. (2011). Sistema de Transmisión ISDB-T. *Memoria de Trabajos de Difusion Científica y Técnica*, 11.
- Rioja, I. H. (Septiembre de 2008). *Procesado de Senales en Comunicaciones PSC*. Obtenido de <http://aholab.ehu.es/users/inma/>
- Schwarz, Rohde &. (Marzo de 2013). Brochure R&S THU9. Munchen, Germany.
- Stott, J. (1998). The How and Why of COFDM. *BBC Research and Development*, 1-14.
- Tello, D. (2009). *Planificación Radio de Sistemas TDT: Estudio Práctico*. CATALUNYA: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUNYA.

UIT-R. (2013). *Métodos de Recomendación UIT-R P.1546-5 Predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz*. Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

WEINSTEIN, S. B. (1971). Data Transmission by Frequency-Division Multiplexing Using The Discrete Fourier Transform. *IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATION TECHNOLOGY*, 628-634.

Zou, L. (2006). *Automatic Detection of the Guard Interval Length in OFDM System*. Beijing: Thomson Broadband R & D.

1. Magister en Telecomunicaciones, Docente y Coordinador de Carrera y Profesor de Telecomunicaciones, Matemáticas, y Redes de Datos de la Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 39 (Nº 32) Año 2018

[Índice]

[En caso de encontrar un error en esta página notificar a webmaster]