

**COMPARACIÓN ENTRE LOS ESTÁNDARES DE TRANSMISIÓN DE SEGUNDA
GENERACIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE: DTMB-A Y DVB-T2.**

**COMPARISON BETWEEN THE SECOND GENERATION STANDARDS OF
DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION BROADCASTING:
DTMB-A AND DVB-T2.**

Nestor Oscar Ojeda Jiménez¹, Oscar E. Rodríguez Ramírez²

¹Centro de Operaciones Internacionales (COI), Instituto Cubano de Radio y Televisión (ICRT), esquina 23 y
M, vedado, Habana, Cuba

² Departamento de **Telecomunicaciones y Telemática, ISPJAE**, La Habana, Cuba.

¹e-mail: nestor@coi.icrt.cu

²e-mail: oscar@electrica.cujae.edu.cu

RESUMEN

Existen 4 estándares de primera generación de transmisión de televisión digital terrestre (TDT) en el mundo, reconocidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT): Advanced Television System Committee (ATSC), Digital Video Broadcasting – Terrestrial (DVB-T), Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial (ISDB-T) y Digital Terrestrial Television Multimedia Broadcasting (DTMB). En el 2009 el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), anuncia formalmente la segunda generación de estándares de TDT: Digital Video Broadcasting--Terrestrial Second Generation (DVB-T2), cuyo objetivo es mejorar la eficiencia espectral y reducir las potencias de transmisión. En el 2013, China presenta también su segunda generación de TDT: Digital Terrestrial Television Multimedia Broadcasting-Advanced (DTMB-A). En este artículo se brinda una panorámica del estado actual de los estándares de TDT y se establece una comparación técnica entre los sistemas DVB-T2 y DTMB-A. Se confrontan además, los resultados obtenidos por ambos estándares en pruebas de laboratorio y de campo realizadas por el Laboratorio de Ingeniería Nacional de la Televisión Digital (DTNEL) de China.

PALABRAS CLAVES: DVB-T2, DTMB-A, segunda generación, TDT, estándares.

ABSTRACT

There are four first generation standards of digital terrestrial television broadcasting (DTTB) in the world, acknowledged by the UIT: Advanced Television System Committee (ATSC), Digital Video Broadcasting – Terrestrial (DVB-T), Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial (ISDB-T) and Digital Terrestrial Television Multimedia Broadcasting (DTMB). In 2009, the European Telecommunication System Institute (ETSI) announced formally the second generation standards of DTTB: Digital Video Broadcasting--Terrestrial Second Generation (DVB-T2), which goal is to improve the spectrum efficiency and reduced transmission power. En 2013, China also introduces its second generation system of TDT: Digital Terrestrial Television Multimedia Broadcasting-Advanced (DTMB-A). In this article you can find a wide context to the actual state of the TDT and a technical comparison between the two systems: DVB-T2 and DTMB-A. There is also a comparison between both standards based on their performance on laboratory tests and field tests done by the Digital Television National Engineering Laboratory (DTNEL) in China.

KEY WORDS: DVB-T2, DTMB-A, second generation, DTTB, standards.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la televisión digital terrestre (TDT) se ha expandido a casi todos los países del mundo. El vertiginoso desarrollo de las técnicas de procesamiento digital de señales, les ha permitido a los investigadores de las telecomunicaciones, incorporar nuevos servicios y aumentar las prestaciones de los sistemas de TDT existentes, lo que ha devenido en la aparición de una segunda generación de estándares de transmisión.

Algunos países aún se encuentran en el proceso de simultaneidad, o sea, de transmisión conjunta de la televisión digital (TVD) y analógica, mientras que otros ya están migrando hacia la segunda generación, con cualidades superiores a los primeros sistemas. Estos nuevos estándares están dirigidos fundamentalmente al incremento de la eficiencia espectral y a la reducción de las potencias de transmisión. La adopción de esta nueva generación dotaría al país involucrado de muchas nuevas prestaciones, permitiéndole: transmitir hasta un 30% más de información que lo tolerado por la primera generación, emitir múltiples servicios por un mismo canal de radiofrecuencia (HD, SD, TV móvil, datos, entre otros), incrementar las recepción en dispositivos portátiles y mejorar la convergencia en las redes de frecuencia única (SFN o Single Frequency Network).

Muchos países, especialmente en Europa, ya han comenzado la transición hacia la segunda generación de estándares de TDT. La tendencia al migrar, ha sido adoptar la segunda versión correspondiente al estándar seleccionado en primera instancia. Actualmente el único sistema de segunda generación probado en el mercado, y ya desplegado con éxito en muchas naciones es el Digital Video Broadcasting -Terrestrial Second Generation (DVB-T2), la segunda versión europea, superior y no compatible con el sistema anterior DVB-T. Sin embargo, existe oficialmente otro estándar de segunda generación, con características similares, e incluso mejores que el nuevo sistema europeo, el estándar avanzado chino Digital Terrestrial Television Multimedia Broadcasting-Advanced (DTMB-A). De este último no existe mucha información disponible y solo se han efectuado pruebas de campo y de laboratorio. Es por esto que no existe información de referencia relacionada a la posibilidad de elección entre una norma u otra de segunda generación.

En este artículo se busca dar un referente comparativo entre los dos estándares mencionados: DTMB-A y DVB-T2. Para ello se indaga en la estructura de la capa física de los sistemas, y se señalan las principales diferencias técnicas entre ellos. Además se evalúan los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio y de campo realizados por el Laboratorio de Ingeniería Nacional de la Televisión Digital (DTNEL) de China.

2. ESTÁNDARES DE PRIMERA GENERACIÓN DE TDT

Existen 4 estándares de primera generación de TDT reconocidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT): el Advanced Television System Committee (ATSC), propuesto por los Estados Unidos; el Digital Video Broadcasting – Terrestrial (DVB-T), desarrollado en Europa; el recomendado por Japón, Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial (ISDB-T) y el Digital Terrestrial Television Multimedia Broadcasting (DTMB), presentado por China.

ATSC [1] originalmente fue diseñado para la recepción fija en exteriores de televisión en alta definición (HDTV). Trabaja con un ancho de banda de 6 MHz y tiene una tasa de transmisión de 19.39 Mb/s. Emplea modulación de Banda Lateral Vestigial (VSB) y utiliza MPEG-2 (Moving Picture Experts Group) como estándar de compresión de video.

El estándar europeo DVB-T [2], utiliza para su transmisión la Modulación por División de Frecuencias Ortogonales Codificadas (COFDM) con gran capacidad para combatir las degradaciones por efectos de multitrayectorias. Está diseñado para la recepción en espacios exteriores e interiores, así como la recepción móvil. El sistema ISDB-T [3] utiliza una Modulación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM), en un canal de 6 MHz, pero las portadoras están agrupadas en segmentos, 13 en total, dando lugar al OFDM Segmentado. El agrupamiento de los segmentos permite transportar distintos servicios, como HDTV, televisión estándar (SDTV) y televisión a dispositivos portátiles. Utiliza MPEG-2 como formato de compresión.

La norma china DTMB [4] emplea modulación TDS-OFDM (Sincronización en el Dominio del Tiempo – OFDM), basado en un código pseudo-aleatorio de ruido PN (Pseudo-random Noise) como intervalo de guarda que permite una sincronización más rápida del sistema y una estimación de canal más precisa. Utiliza para la codificación de canal una concatenación de los códigos BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) y LDPC (Low Density Parity Check).

3. DESPLIEGUE Y ESTADO ACTUAL DE LOS ESTÁNDARES DE TDT EN EL MUNDO.

Después del despliegue y de la implementación eficiente de varios sistemas de TDT, nueva tecnologías de procesamiento de la señal han seguido surgiendo. Los estándares, una vez definidos, han buscado mejorar las prestaciones de los servicios que brindan con el agregado de mejoras a su sistemas original, o bien, la elaboración de nuevas versiones no necesariamente compatibles.

En abril del 2009, los Estados Unidos lanzan un nuevo estándar para la recepción móvil, el ATSC M/H (Mobile-Handheld). Este es compatible con ATSC y puede soportar servicios interactivos en tiempo real. La capacidad de transmisión sigue siendo de 19.39 Mbps, donde parte del flujo binario es utilizado para los servicios móviles y emplea un fuerte esquema de codificación llamado códigos convolucionales concatenados en serie (SCCC) [5].

ATSC 2.0 fue anunciado en el 2013 y se oficializó en 2015 [6]. Es compatible con ATSC y aboga por la televisión híbrida e interactiva capaz de conectarse a internet. Sus nuevos elementos, de manera general, incluyen la posibilidad de transmitir el contenido por aire o vía internet, la posibilidad de salvar o ver videos a solicitud (Video on Demand o VOD), sin ser en tiempo real y la utilización de nuevos códigos de compresión como el código avanzado de video H.264 y el código avanzado de audio (AAC). A pesar de recibir la numeración 2.0 no pertenece a la segunda generación, ya que sus nuevos servicios fueron dirigidos a la televisión interactiva e híbrida, y no a la mejora en la capa física, ni al aumento del flujo de información.

ATSC está desarrollando un nuevo sistema, el ATSC 3.0, el cual ya no es compatible con sus versiones anteriores. Todavía está en proceso de estandarización y de pruebas, razón por la cual no se incluye en la comparación realizada en este artículo. Este nuevo sistema adoptará una nueva capa física de transmisión, la cual reflejará los últimos avances técnicos de manera que permita satisfacer la demanda creciente de usuarios multimedia. Se basa en la modulación OFDM con un potente código de corrección de errores LDPC. Soporta órdenes de constelación superior a los existentes en los sistemas anteriores de difusión de televisión digital terrestre anteriores: 1024 QAM (Quadrature Amplitud Modulation) y 4096 QAM. Admite el empleo de múltiples antenas de transmisión y recepción, dando cabida a la selección de formas de transmisión SISO (Single-In-Single-Out), MISO (Multiple-In-Single-Out) y MIMO (Multiple-In-Multiple-Out). Para un ancho de banda de 6 MHz alcanza valores desde 1 Mbps hasta los 57 Mbps [7]. La capa de transporte de ATSC 3.0 se basa en el empleo del protocolo de internet (IP), a diferencia del encapsulamiento trama de transporte (TS), empleado por los restantes sistemas de TDT. ATSC 3.0 está diseñado con el objetivo de fusionarse a internet como parte de la convergencia de las tecnologías actuales. Esto le permite entregar a los distribuidores los servicios por banda ancha o por aire, brindando una nueva forma de interactividad [8].

En septiembre del 2009 el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI por sus siglas en inglés), anuncia formalmente la segunda generación de estándares de televisión digital terrestre DVB-T2 [9]. Este estándar permite un mejor uso del espectro, cerca de un 30 por ciento superior a su anterior versión DVB-T. Utiliza una extensión de las subportadoras como intervalo de guarda, basado en la modulación por división de frecuencias ortogonales (CP-OFDM). Emplea codificación BCH/LDPC, entrelazado de bit, codificación y modulación con decodificación iterativa (BICM-ID), rotación de la constelación entre otras técnicas.

China no se queda atrás en la presentación de mejoras en su estándar y en el 2013 oficialmente certifica, en la UIT, la nueva norma DTMB-A [5]. Las mejoras técnicas empleadas fueron en virtud de incrementar la sensibilidad de recepción, mejorar el aprovechamiento del espectro electromagnético y acrecentar la cobertura de las SFN. Utiliza codificación BCH/LDPC, tecnología TDS-OFDM con modulación de subportadoras en Gray-APSK, soporta MISO, y permite la transmisión de múltiples servicios por un canal de radiofrecuencia (RF).

4. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS

DVB-T2

El diagrama en bloques al más alto nivel del sistema DVB-T2 se puede observar en la figura 4.1, tomada de [9], donde se observan cuatro bloques: procesamiento de entrada; entrelazado de bit, codificación y modulación; constructor de trama; y generación de la señal OFDM.



Figura 4. 1 Estructura general del sistema DVB-T2.

El pre-procesamiento de entrada no forma parte del estándar, y es donde se construyen los PLPs (Physical Layer Pipes), los distintos canales lógicos en los que se divide la capa física, y el medio por el que viajan las tramas de datos de los servicios. Los datos de cada servicio se introducen por un mismo PLP, sirviendo para separar e identificar los diferentes servicios que se pueden transmitir a la vez en el sistema DVB-T2. Los diferentes PLPs se transmiten en paralelo hasta que son mezclados en el bloque constructor de la trama, luego de ser recibidos son separados nuevamente al demodular la señal OFDM.

El módulo de procesamiento de entrada ensambla los datos conforme a los parámetros de modulación y codificación. El bloque siguiente, como su nombre lo indica, se encarga de la codificación de canal FEC (Forward Error Correction), el entrelazado de bit y el mapeo de las celdas a constelaciones. Después el módulo de construcción de trama organiza los datos en supertramas y finalmente el módulo de generación OFDM crea una señal analógica con modulación OFDM a una tasa de muestreo que depende del ancho de banda del canal.

Procesamiento de entrada

La entrada del sistema DVB-T2 consiste en tramas de datos lógicas llevadas a través de los PLPs. Existen dos modos de procesamiento relacionados con la cantidad de PLPs empleados. Si solo se usa un PLP se trabajará en el modo A, mientras que si se emplean múltiples PLPs se usará el modo de procesamiento B.

En este bloque se adaptan los datos de entrada a los formatos de bit lógicos. Se trabaja con cada PLP por separado y se dividen las tramas de datos de entrada en campos de datos, que constituirán las tramas banda base a la que luego se le aplicarán el entrelazado y la codificación.

Entrelazado, codificación y mapeo

Este subsistema está conformado por la codificación externa BCH y la codificación interna LDPC. En el estándar DVB-T2 se especifican dos longitudes de palabras código para LDPC, una de 64800 bit (normal FEC frame) y la otra de 16200 bit (short FEC frame). El código corto se emplea para aplicaciones de baja tasa binaria y el tamaño LDPC más grande se utiliza para proteger información que requiera un mayor flujo binario.

Después de realizada la codificación se realiza un entrelazado de bit para evitar la repetición de los mismos en una palabra LDPC. El entrelazado es del tipo filas a columnas, donde las tramas se van ubicando en las filas, para luego ser leídas en columnas.

Posteriormente se ejecuta la modulación de las subportadoras de tipo QAM, con codificación Gray. En el estándar DVB-T2 se tiene la opción de rotar la constelación. Con esto se consigue que las componentes en fase y en cuadratura de la señal no sean totalmente independientes, de modo que si una de estas se pierde, la otra aporte algo de información sobre la componente perdida, facilitando la demodulación correcta del símbolo.

Después de formadas las constelaciones se realiza un entrelazado de celdas para distribuir de manera incorrelacionada las ráfagas de errores en la palabra FEC. Luego se realiza un entrelazado en el tiempo, el cual es opcional, pero es recomendado su uso por la diversidad en el tiempo que provee, además de que proporciona protección contra la interferencia impulsiva, así como las variaciones en el tiempo del canal.

Constructor de trama

La función del constructor de trama es ensamblar las celdas que sales del entrelazado del tiempo de cada PLP y las celdas de señalización (P2) de sus correspondientes datos en un solo arreglo de celdas OFDM. Al nivel más alto la estructura de la trama en DVB-T2 consiste en una supertrama, que se divide en múltiples tramas T2, las cuales a su vez, se dividen en símbolos OFDM. La supertrama puede incluir también tramas de expansión futura (FEF o Future Expansión Frame) como se observa en la figura 4.2, tomada de [9], que son tramas insertadas con la intención de utilizarlas en algún momento posterior para algún servicio o función sin definir actualmente.

La trama T2 (Ver figura 4.3 tomada de [9]) está comprendida por dos tipos de preámbulos: un símbolo P1 y uno o varios símbolos P2. El símbolo P1 tiene varias funciones, pero las más importantes son que le permite al receptor detectar y corregir sincronización de tiempo y frecuencia, además de que indica el tipo de transmisión y contiene parámetros básicos del sistema, necesarios para decodificar el resto del preámbulo.

Después del símbolo P1, le sigue el símbolo P2, que está formado por la señal L1 (la señal L1 se divide en pre-señal L1 y post-señal L1). La pre-señal L1 activa la recepción y decodifica la post-señal L1, la cual contiene los parámetros necesarios para que el receptor pueda acceder a las PLP.

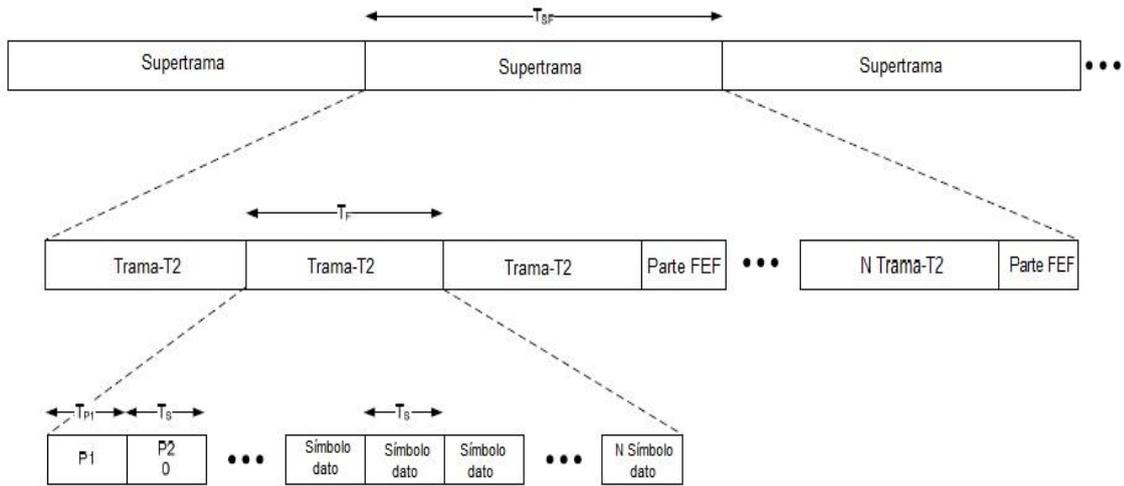


Figura 4.2 Estructura de la tramas DVB-T2.

Después de los símbolos P1 y P2, vienen los PLPs con los datos de los servicios a transmitir. Existen 3 tipos de PLPs ubicados en la trama por el siguiente orden: PLPs comunes, PLP tipo 1 y PLPs tipo2. Los PLPs comunes tienen la particularidad de que contienen información genérica de varios servicios, como la señalización y guías de programas. Los PLPs tipo 1 están pensados para cargar servicios que requieran un buen ahorro de potencia y sus tramas pueden encontrarse dispersas en el tiempo y los de tipo 2 son pensados para los datos que requieran mayor energía y sus tramas se ubican de forma continua en el tiempo.

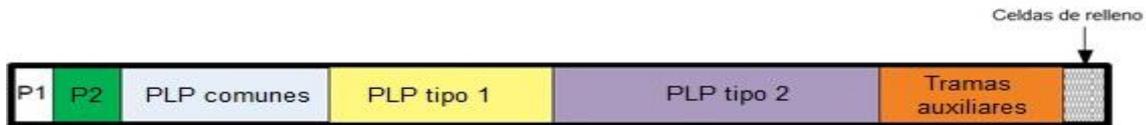


Figura 4.3 Estructura de la trama T2.

Luego de los PLP se encuentran las tramas auxiliares, cuyo uso puede ser variado, y la idea de la inserción de las mismas es no cubrir todo el espacio necesario con celdas de relleno. Algunas de las aplicaciones que puede tener son cargar tramas de audio de baja carga útil, llevar información para los operadores de la red, entre otras funciones aún por definir en el estándar. Finalmente se le inserta las celdas de relleno para completar la trama T2.

Generación de símbolos OFDM

El siguiente módulo del sistema se conoce como Generador de OFDM y su función es tomar las celdas a la salida del constructor de trama, como coeficientes en el dominio de la frecuencia, e insertar información de referencia conocida como pilotos. Estos pilotos de referencias ayudarán al receptor a compensar las distorsiones introducidas por el canal de transmisión. En este módulo se genera también la señal banda base en el dominio de tiempo para la transmisión, y se insertan los intervalos de guarda para evitar interferencias. De ser relevante se aplica reducción de PAPR (Peak to Average Power Ratio). Finalmente se le inserta el símbolo P1 y se convierte la señal de digital a analógica. De ser necesario se le puede aplicar un procesamiento del tipo MISO al inicio que le permitiría la transmisión por 2 antenas.

El estándar DVB-T2 adopta un modelo de modulación basado en un prefijo cíclico CP -OFDM, como intervalo de guarda (IG) entre sub-portadoras consecutivas para evitar la interferencia entre símbolos (ISI o Inter-Symbol-Interference). El IG es ocupado con una extensión de la información contenida en la sub-portadora. Este CP se agrega en el símbolo OFDM antes de ser enviado por el canal y luego es removido en el receptor antes de aplicarle la transformada de Fourier [10].

DTMB-A

Arquitectura del sistema

El diagrama en bloque de un transmisor DTMB-A se puede observar en la figura 4.4, tomada de [5]. DTMB-A está diseñado para proveer uno o varios servicios por el mismo canal de transmisión. Para esto el sistema va a contener una supertrama compuestas por el canal de sincronización, canal de datos y canal de control, que se explica más adelante. Las tramas de datos y control se forman después de ser codificadas y moduladas, donde las cabeceras de las mismas se componen de una secuencia PN-MC (Multicarrier Pseudorandom Noise) en el dominio de la frecuencia. Una vez conformada la supertrama, esta es procesada en banda base y convertida a una señal de RF para su transmisión.

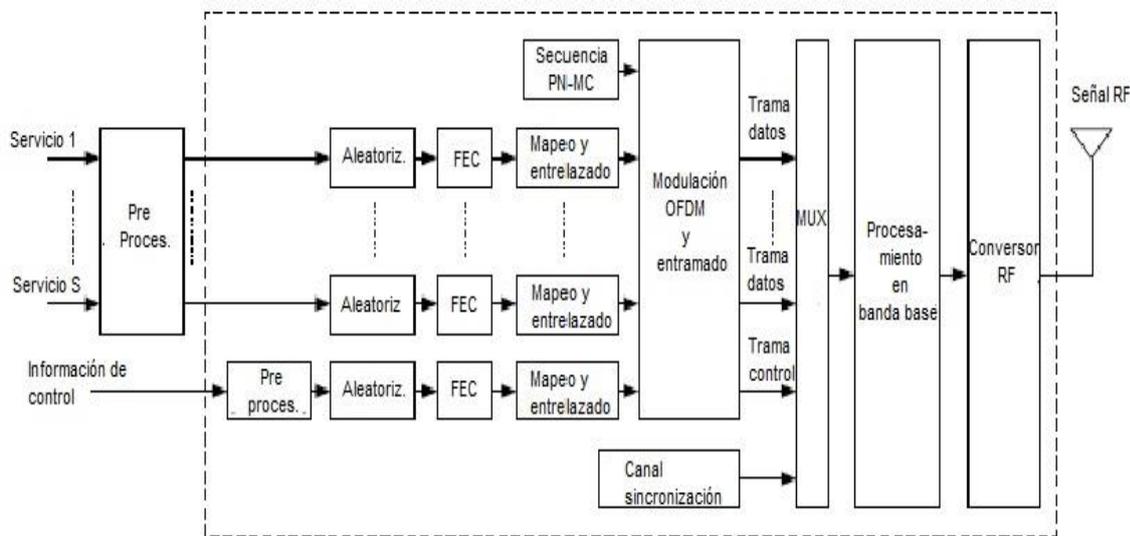


Figura 4.4 Diagrama en bloque del sistema DTMB-A.

Codificación, entrelazado y mapeo

La codificación contra errores en DTMB-A va a estar compuesto, al igual que en DTMB, por la combinación de un código BCH y un LDPC. La longitud del código LDPC puede ser de 61440 bit o 15360 bit, donde el primer tamaño se utiliza para flujos mayores de bit y el segundo, para bajas tasas binarias.

El sistema DTMB-A utiliza en primer lugar, un entrelazado de bit, seguido de una permutación de los mismos, para facilitar el demapeo y la decodificación iterativa en el receptor. El primero es del tipo, escribe en fila-lee en columna y la permutación se realiza al dividir y mezclar en grupos los bit a la salida del entrelazador.

Luego del entrelazado de bit se forman las constelaciones: QPSK, 16APSK, 64APSK Y 256APSK, todas con codificación Gray. QPSK se usa para todas las cabeceras y para el cuerpo de las tramas de control y de sincronización. El cuerpo de las tramas de dato puede adoptar QPSK, 16APSK, 64APSK Y 256APSK según el servicio a transmitir.

Luego de realizarse el mapeo de la constelación, se realiza el entrelazado de símbolos, para combatir la degradación selectiva en el tiempo y la frecuencia, con un desplazamiento cíclico de las filas en las tramas de símbolos.

Estructura de la supertrama

La supertrama se compone por el canal de sincronización, el canal de datos y el canal de control como se puede observar en la figura 4.5, extraída de [5].

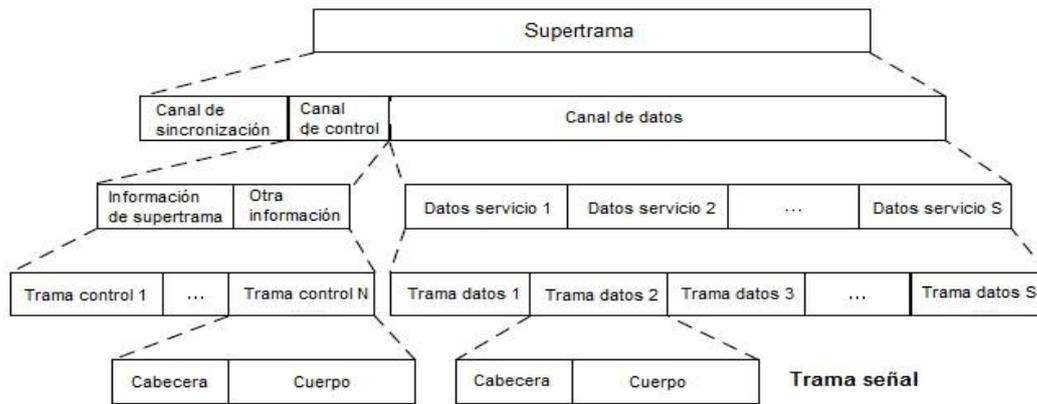


Figura 4.5 Estructura de la supertrama en DTMB-A.

El canal de sincronización, como su nombre indica, es usado para la sincronización inicial y para la adquisición de los parámetros del sistema. El canal de datos está conformado por las tramas de datos de los servicios, las cuales pueden variar en cantidad, en dependencia de los parámetros del sistema. El canal de control contiene las tramas de control de cada uno de los servicios, y su principal función llevar la información de configuración de estos servicios, los parámetros de demodulación y decodificación e información en tiempo real. Las tramas de control y las tramas de datos adoptan una misma estructura: un cuerpo y una cabecera. Cada servicio que compone la supertrama, está formado por un número entero de tramas de datos, las cuales pueden encontrarse de manera continua o dispersa en la supertrama.

Modulación TDS-OFDM

Emplea TDS-OFDM, como técnica de modulación. En esta se inserta una secuencia pseudo-aleatorio (PN o Pseudorandom Noise) como intervalo de guarda, para la sincronización del canal. Esto provoca una mayor eficiencia espectral para TDS-OFDM por la eliminación de los pilotos en el dominio de la frecuencia que emplea CP-OFDM para la estimación de canal.

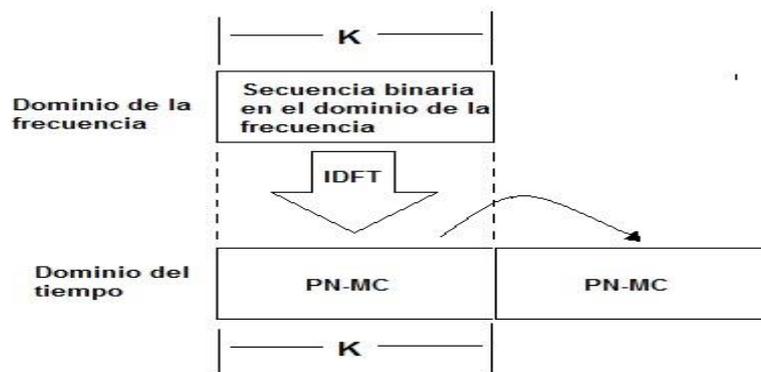


Figura 4.6 Procedimiento para generar la secuencia PN-MC

DTMB-A tiene la distinción de que agrega una segunda secuencia PN a la cabecera, que sirve igual para la sincronización de la portadora, lo que combate con mayor efectividad la interferencia entre subportadoras (ICI o Inter-Carrier-Interference). Esto le permite realizar la estimación de canal con la segunda secuencia PN, si la primera se ve interferida con el bloque de datos anterior. Lo más destacable de DTMB-A es la utilización de una secuencia de bit en la frecuencia, que al aplicarles la transformada inversa de Fourier, forman la secuencia PN en el tiempo, donde luego se duplica como se observa en la figura 4.6. Esto aumenta la ecualización en el receptor en el dominio de la frecuencia [11]

5. COMPARACIÓN ENTRE DVB-T2 Y DTMB-A

Conocidas las características técnicas de cada uno de los dos sistemas en cuestión, en la tabla 5.1 se pueden observar las principales diferencias técnicas entre DTMB-A y DVB-T2.

Tabla 5. 1 Especificaciones técnicas de los estándares DTMB-A y DVB-T2.

Sistema	DTMB-A	DVB-T2
Multiservicios	Múltiples servicios en una supertrama	Múltiples servicios a través de PLPs
Código externo	BCH	BCH
Código interno	LDPC: Longitud de código de 61440 o 15360 bit con razón de código de 1/2, 2/3 y 5/6.	LDPC: Longitud de código de 64800 y 16200 con razón de código de 1/4, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5 y 5/6.
Entrelazado	Entrelazado de bit, permutación de bit y entrelazado de símbolo	Entrelazado de bit, entrelazado de celdas, entrelazado en el tiempo y entrelazado de frecuencia.
Modulación	TDS-OFDM Constelaciones: QPSK, 16APSK, 64APSK Y 256APSK	CP-OFDM Constelaciones: QPSK; 16-QAM; 64-QAM; 256-QAM
Intervalo de guarda	1/128, 1/64, 1/32, 1/16, 1/8, 1/4	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, 1/4
Tamaño de IFFT	4K, 8K, 32K	1K, 2K, 4K, 8K, 16K, 32K
Diversidad de transmisión	SISO, MISO (Técnica modificada de Alamouti)	SISO, MISO (Técnica modificada de Alamouti)

Pruebas de laboratorio

Se tomaron resultados de pruebas de laboratorio realizadas por el Laboratorio Nacional de Ingeniería de Televisión Digital (DTVNEL) en Beijing, China para 8 MHz, para los dos estándares [12] [13] [14]. En estas pruebas se midió la calidad de recepción de la señal en presencia de varios escenarios, que simulan el comportamiento de la misma en condiciones reales, basados en la recomendación de la ITU-R BT.2035 [15]. Es por ello que estas pruebas se vuelven un referente para el análisis de la eficacia de cada estándar, ofreciendo elementos de gran relevancia para un estudio comparativo. El modo de trabajo fue el mostrado en la tabla 5.2, con el objetivo de obtener una razón de bit similar en los dos sistemas.

Tabla 5.2 Modo empleados para comparar los estándares DVB-T2 y DTMB-A

Sistema	Tamaño de FFT	FEC	Modulación	IG	Tamaño LDPC	Ancho de banda	Razón de bit (Mbps)
DVB-T2	32K	2/3	256QAM	1/128	64800	8 MHz	39.3
DTMB-A	32K	2/3	256APSK	1/128	61440	8 MHz	39.4

Se analizaron 4 tipos de prueba: degradación en presencia de un Canal Gaussiano, interferencia por trayectos múltiples estáticos con perfiles de Rayleigh y Ricean, y la resistencia ante ecos de 0 dB.

En la tabla 5.3 se muestran los valores registrados durante las pruebas de laboratorio. En las tres primeras, el comportamiento fue similar, con diferencias de relación portadora-ruido (C/N) de menos de un dB, lo cual no se tiene en cuenta en la práctica. Un menor C/N, representa un mejor resultado ya que lo que se mide es el umbral de visibilidad., es decir, el mínimo nivel de señal para un ruido dado, o la capacidad de aceptar más ruido para un nivel de señal, sin presentar alguna perturbación en la imagen.

Sin embargo en el caso de interferencia de eco de 0 dB, se observa un mejor comportamiento del sistema DVB-T2 con respecto al DTMB-A, con una diferencia de casi 20 μ s en ambas comparaciones. En este caso un mayor valor, equivale a un mejor comportamiento, ya que dentro del intervalo de guarda admite un mayor corrimiento o retraso de una señal interferente, sin presentar perturbación alguna en la imagen. Según los resultados de esta prueba, el sistema europeo debe registrar mejores resultados en condiciones ásperas de recepción y es capaz de tolerar retrasos mayores de ecos en escenarios de SFN.

Tabla 5.3 Resultados de las pruebas de laboratorio

Sistema	AWGN (dB)	Rayleigh (dB)	Ricean (dB)	0 dB (μ s)
DVB-T2	18.7	21.6	19	50.9
DTMB-A	17.9	21.2	18.2	30.8

Pruebas de campo

Se analizaron las pruebas de campo de realizadas en Kunming, China, por la DTNEL [16], para los dos estándares. Se aprovechó el entorno complejo y único de esta zona, para ubicar las antenas receptoras en llanuras, zonas montañosas y en la ciudad. Se emplearon dos modos de transmisión, uno para la recepción fija y otro para la recepción móvil (Ver tabla 5.4).

Tabla 5.4 Parámetros de transmisión para las pruebas de campo.

Sistemas	DTMB-A		DVB-T2	
	Fijo	Móvil	Fijo	Móvil
Modo de recepción	Fijo	Móvil	Fijo	Móvil
Número de portadoras	32K	4K	32K	4K
Esquema de modulación	256APSK	64APSK	256QAM	64QAM
Cabecera / IG	Doble PN256	Doble PN256	1/32	1/8
Razón FEC	2/3	2/3	2/3	2/3
Razón de bit	39.5 Mbps	26.5 Mbps	39.3Mbps	25.2Mbps

Se compararon entonces 18 puntos de prueba de recepción fija y 25 puntos de recepción móvil. Para la valoración, un menor C/N es un mejor comportamiento, porque lo que se mide es el umbral de visibilidad. Esto representa la necesidad de emplear una menor potencia de transmisión para igual razón de bit y cobertura. En las figuras 5.1 y 5.2 se observan los resultados para los modos fijo y móvil respectivamente.

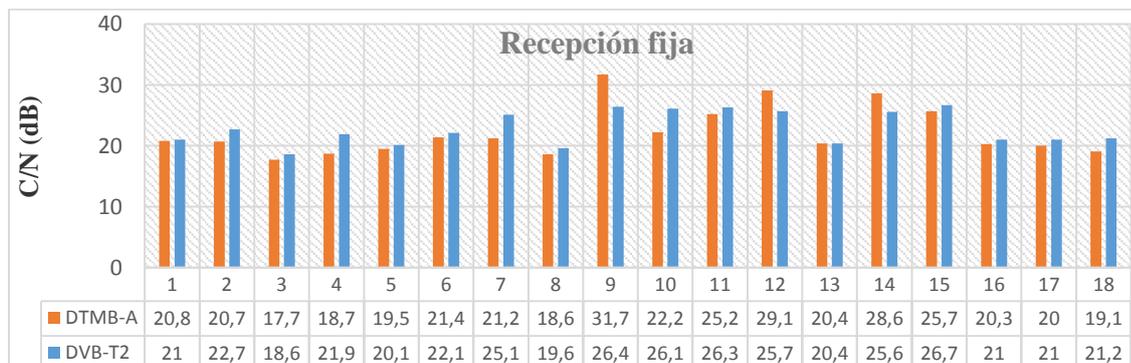


Figura 5.1 Resultado de las mediciones de la C/N para 18 puntos de prueba en recepción fija.

De las 18 pruebas realizadas en recepciones fijas, para simular razón de bit, el estándar chino tuvo 14 puntos de prueba con mejor valor de C/N, para un 77.8% de superioridad sobre el sistema europeo. DVB-T2 solo respondió mejor que DTMB-A en 3 ocasiones (16.6%) y tuvieron el mismo resultado una vez (5.6%).

El promedio de los resultados para DVB-T2 fue de 22.86 dB y para DTMB-A fue de 22.27 dB. La diferencia de promedio fue de menos de un dB, lo que no equivale ninguna ventaja para ninguno de los estándares, aunque este promedio es un buen indicador a gran escala, es muy general y puede enmascarar comportamientos puntuales.

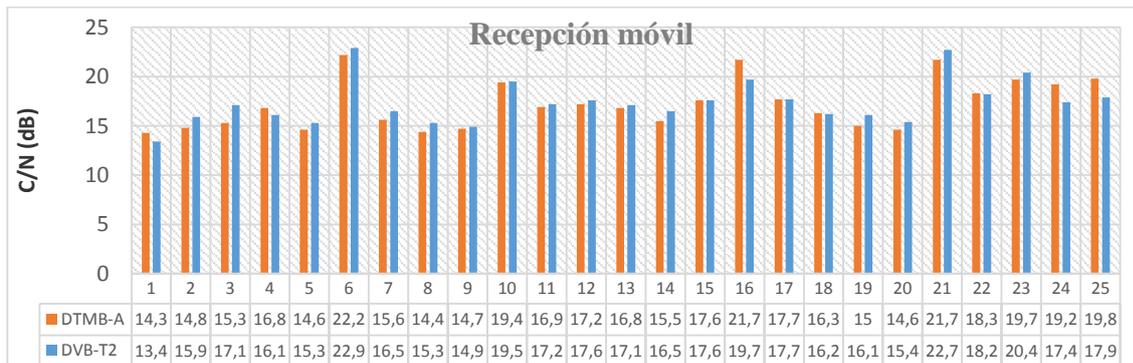


Figura 5.2 Resultado de las mediciones de la C/N para 25 puntos de prueba en recepción móvil.

A pesar de que un alto C/N como umbral puede deberse a la presencia de algún elemento interferente, se notó, al analizar las características del terreno de los puntos medidos, que DTMB-A presenta mejores resultados que DVB-T2 en puntos de la ciudad y en lugares de terreno estándar sin muchas variaciones geográficas con ganancias de 2 a 3 dB. Sin embargo hay que destacar que tuvo un mal comportamiento de 3 a 5 dB de pérdida con respecto a DVB-T2, para condiciones extremas. Para la máxima distancia de prueba, en el punto 9, a 15.4 km de la torre de transmisión alcanzó un valor alto de C/N de casi 29 dB y para el punto 14, en condiciones de montaña y alejado a 12 km del transmisor, registró cerca de 31 dB, un valor muy por encima de los resultados promedios. Para el punto 12 también alcanzó un valor de aproximadamente 29 dB. Esta zona era un pueblo a 3.4 km de transmisor pero rodeado de montañas.

En el caso de la recepción móvil los resultados arrojaron una mayor paridad, pero de la misma forma que en la recepción fija, el sistema DTMB-A tuvo una mayor cantidad de puntos de prueba con mejor recepción que DVB-T2. De los 25 puntos testeados, 16 reflejaron un mejor comportamiento para el sistema DTMB-A para un 62.5%. DVB-T2 superó al estándar chino en 7 ocasiones (29.2%) y tuvieron igual comportamiento en dos oportunidades (8.3%). El promedio de los resultados para DVB-T2 fue de 18.11 dB y para DTMB-A fue de 17.92 dB. La diferencia de promedio fue de menos de 0.20 dB, lo que no equivale ninguna ventaja para ninguno de los estándares.

Para la recepción móvil no se registró el mismo patrón de DTMB-A en lugares de recepción extrema. Las características del terreno no reflejaron favoritismo por ninguno de los dos estándares. El comportamiento de mala recepción en difíciles condiciones aparece al aumentar la tasa de bit.

6. CONCLUSIONES

Los estándares de segunda generación DVB-T2 y DTMB-A presentan nuevas características técnicas que los hacen resaltar sobre los sistemas anteriores. Emplean modos de procesar la señal de forma diferente, pero que si se analizan las técnicas de manera individual se observa que muchas de ellas brindan prestaciones similares. Lo que más vislumbra diferencias es la modulación empleada, CP-OFDM en DVB-T2 y TDS OFDM en DTMB-A, que es la principal determinante en el comportamiento final de los sistemas.

En las pruebas de laboratorio realizadas por la DTNEL, después de analizadas, no se obtuvieron diferencias notables en los resultados, excepto en la resistencia a ecos de 0 dB, donde DVB-T2 tuvo una mayor tolerancia. Sin embargo en las pruebas de campo se notó, para la recepción fija, una mayor calidad de recepción para DTMB-A, con ganancias de 2 a 3 dB como promedio en los puntos de pruebas. DVB-T2, presentó mejor comportamiento en condiciones de recepción extremas, con ganancias de 3 a 5 dB, pero esto no representa una gran desventaja

para el sistema chino, ya que estas diferencias se pueden borrar con la utilización de repetidores (Gap Filler en inglés). En la recepción móvil los resultados fueron más equilibrados. Los valores de C/N resultantes tuvieron una mayor paridad, con diferencias siempre menores a los 2 dB.

REFERENCIAS

- [1] Advanced Television System Committee, ATSC Digital Television Standard, Washington DC: ATSC, 1995.
- [2] ETSI.300 744, Digital Broadcasting Systems for Televisión, Sound and Data Services, Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Terrestrial Television, Europa: Sophia-Antipolis, 1999.
- [3] ITU-R WP 11A/59, Channel Coding, Frame Structure and Modulation Scheme for Terrestrial Integrated Service Digital Broadcasting (ISDB-T), Tokyo: ARIB, 1999.
- [4] Chinese National Standard GB 20600—2006, Framing Structure, Channel Coding and Modulation For Digital Television Terrestrial Broadcasting System, 2006.
- [5] J. Song, Z. Yang y J. Wang, Digital Terrestrial Television Broadcasting: Technology and System, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2015.
- [6] ATSC, A/107 – ATSC 2.0 Standard, Washinton D.C: Advanced Television Systems Committee, 2015.
- [7] L. M. Luke Fay, D. Gómez-Barquero, N. Ammar y M. W. Caldwell, «An Overview of the ATSC 3.0: Physical Layer Specification.» IEEE TRANSACTIONS ON BROADCASTING, 2016.
- [8] R. Chernock y J. C. Whitaker, «Next-Generation Broadcast Television: ATSC 3.0.» IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, pp. 158-162, 2016.
- [9] ETSI EN 302 755 V1.3.1, Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), Geneva: Digital Video Broadcasting (DVB), 2012.
- [10] Y. Zhiyu, T. Lang y. Lin, «Outage probability comparison of CP-OFDM and TDS-OFDM for broadcast channels.» Global Telecommunications Conference (GLOBECOM '02). IEEE, vol. 1, n° 2, pp. 594-598, 2002.
- [11] L. Dai, Z. Wang y Z. Yang, «Time-Frequency Training OFDM with High Spectral Efficiency and Reliable Performance in High Speed Environments.» IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, vol. 30, n° 4, pp. 695-707, 2012.
- [12] C. Pan, «Advanced Digital TV transmission system DTMB-A,» de 2do forum de televisión digital, Habana, 2014.
- [13] C. Pan, «Latest development of DTMB,» de 3er Foro de televisión digital, Habana, 2015.
- [14] DTNEL, «Laboratory test result for DTMB-A system,» Beijing, 2014.
- [15] UIT-R BT.2035, Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal, 2003.
- [16] DTNEL, «Evolution System for Digital Terrestrial TV Broadcasting Standard. Field Test Report of Kunming,» Kunming, 2013.

SOBRE LOS AUTORES

Oscar E. Rodríguez Ramírez

Graduado de Ingeniero Electricista en la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Tecnología de la Universidad de la Habana en 1971, Master en Comunicaciones en 1975 en el ISPJAE. Profesor auxiliar del Departamento de Telecomunicaciones y Telemática donde ha sido docente desde el año 1972 hasta la actualidad. Sus intereses fundamentales son las comunicaciones digitales, la radioelectrónica y la televisión digital.

Nestor Oscar Ojeda Jiménez

Graduado de Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica en la Facultad de Ingeniería Eléctrica del ISPJAE en el 2016. Sus intereses son las comunicaciones digitales, la radioelectrónica y la televisión digital. Actualmente trabaja en el Centro de Operaciones Internacionales (COI) del Instituto Cubano de Radio y Televisión (ICRT).