

Estándares actuales de televisión digital: Una breve reseña

Stella Chie, Maytee Zambrano, Carlos Medina

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Universidad Tecnológica de Panamá

(stella.chie, maytee.zambrano, carlos.medina)@utp.ac.pa

Resumen: El incremento de la demanda de servicios interactivos de televisión, incluyendo programación de alta definición motivó la migración de transmisión SD analógica a digital. La transmisión digital de televisión ha sido un área de continua investigación e innovación, lo que se evidencia en el desarrollo tecnológico plural y la creación de nuevos estándares en años recientes. Este artículo brinda una breve reseña de los diferentes estándares para televisión digital usados alrededor del mundo, incluyendo sus características más importantes, los lugares donde han sido implementados, y los parámetros más destacados de cada estándar de televisión digital.

Palabras claves: televisión digital, DVB-T, ATSC, ISDB-T, DTMB

Title: Actual digital television broadcast standards - A brief overview

Abstract: With the increase in the demand of interactive TV services, including programs in high-definition, motivated the migration from SD analogue to digital broadcasting. Digital broadcasting of television has been an area of active research, and innovation, resulting in a plural technological development, which leads to the creation of new standards in recent years. This paper presents an overview of the different standards for digital television used worldwide nowadays, including their most important characteristics, the places where they have been implemented, and the most prominent parameters for each digital television standard.

Key words: digital television, DVB-T, ATSC, ISDB-T, DTMB

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 17 de agosto de 2015

Fecha de aceptación: 3 de diciembre de 2015

1. Introducción

La televisión es probablemente la plataforma más económica para informar, educar y entretener a las personas alrededor del mundo. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) estima que el número de hogares con recepción de televisión se encuentra alrededor de 1,400 millones [1]. El desarrollo de

la transmisión digital terrestre de televisión ha revolucionado la industria de servicios interactivos multimedia, cambiando la percepción que existe desde hace décadas de lo que es televisión, incrementando la capacidad del canal, introduciendo movilidad y facilitando la convergencia de transmisión de datos, difusión de televisión y telefonía.

La transición a la tecnología digital resulta en una mejor utilización del espectro radioeléctrico, donde más canales de programación se pueden transmitir dentro del mismo ancho de banda, lo que significa que parte del espectro ocupado por canales analógicos puede ser liberado para nuevos servicios. Sin embargo, esto introduce nuevos desafíos técnicos, pero tiene como resultado una mejor calidad de imagen y sonido. Además, como parte de la revolución digital, la televisión digital puede combinarse con otros sistemas de telecomunicaciones, redes de computadoras y medios digitales, permitiendo servicios interactivos de multimedia y dando oportunidad a nuevos negocios.

Varios estándares de televisión digital fueron desarrollados en diferentes partes del mundo. Por ejemplo, en Europa, se formó un consorcio entre distintas empresas para el desarrollo de televisión digital. Esta iniciativa es conocida como *Digital Video Broadcasting (DVB)*. El estándar de televisión digital terrestre resultado de este proyecto fue llamado Difusión de Video Digital – Terrestre (DVB-T).

Por otro lado, siguiendo el éxito que tuvo el estándar de televisión analógica en los Estados Unidos, se formó el grupo llamado Comité de Sistemas de Televisión Avanzada para el desarrollo de un estándar de televisión digital, el cual fue llamado de la misma manera, ATSC [2].

En Japón se lanzó un proyecto en 1984 para diseñar un estándar altamente flexible para la difusión de televisión de alta definición. El resultado fue el estándar llamado Radiodifusión Digital de Servicios Integrados (ISDB). Se trata de un conjunto de normas para transmisión de radio y televisión digital. La familia dedicada a la televisión digital se conoce como ISDB-T. En China se aprobó en el 2006 otro estándar para televisión digital conocido como Difusión de Multimedia Digital Terrestre (DTMB).

Inicialmente este artículo se presenta una descripción general de estos cuatro estándares para televisión digital que fueron desarrollados en diferentes partes del mundo. Luego se presenta una tabla comparativa resumiendo las características más importantes de estos estándares y por último mostraremos las conclusiones. Hoy en día, estos estándares han sido adoptados por varios países por distintas razones y se encuentran en diferentes etapas de implementación. Existen países donde la transmisión analógica de televisión ya no está en funcionamiento, por lo que la televisión se transmite en forma digital en su totalidad.

2. DVB-T

En la década de los ochenta, una organización internacional conjunta de varias empresas en Europa realizó varios proyectos para hacer mejoras a la televisión analógica, lo que eventualmente llevó a la formación del proyecto DVB (*Digital Video Broadcasting*). Este proyecto desarrolló varias normas para transmisión digital terrestre, satelital, por cable y portátil, las cuales se categorizan en dos generaciones. Durante los años noventa y principios del 2000, el DVB desarrolló la primera generación de estándares de difusión digital para televisión.

En concreto, el estándar DVB-T para transmisión digital terrestre se desarrolló en el año 2000 [3]. En este estándar se permite la transmisión de televisión en alta definición como también televisión convencional por canales terrestres. Además, se pueden difundir programas de radio así como transmisión de datos para diferentes fines, ya sea entretenimiento o negocios. Para la difusión terrestre el sistema fue diseñado para operar dentro del espectro UHF existente utilizado para transmisión analógica. Aunque el sistema fue desarrollado para canales de 8 MHz, se pueden utilizar canales de 6 y 7 MHz con sus correspondientes capacidades de datos [4].

El sistema fue diseñado con gran flexibilidad que brinda fácil adaptación a todo tipo de canales, ya que se adapta a canales de tipo Gaussiano, Rice y Rayleigh. El sistema es robusto a interferencia de señales con retrasos, a ecos resultantes de reflexiones causadas por el terreno o edificios, y a señales provenientes de transmisores del arreglo de red de frecuencia única (SFN por sus siglas en inglés) [5].

Una red SFN permite obtener gran eficiencia en el uso del espectro, ya que todos los transmisores pueden operar en la misma frecuencia sin causar interferencia. Esto significa que transmisores adyacentes pueden operar utilizando la misma frecuencia, lo que conlleva que estos deben estar sincronizados en la frecuencia y utilizar el mismo tamaño del símbolo OFDM (modulación ortogonal por división de frecuencias), que es la modulación utilizada por este estándar.

El sistema utiliza un gran número de portadoras por canal modulado junto a un proceso FFT (transformada rápida de Fourier), un método utilizado en OFDM. Se tienen dos modos de operación: 2 k y 8 k, y se pueden elegir entre diferentes niveles de modulación QAM o QPSK, y diferente razón de codificación interna. Además el intervalo de guarda permite al sistema soportar diferentes configuraciones de red, con una gran área geográfica utilizando una frecuencia única para operación.

El modo 2 k se usa en operaciones con un solo transmisor y en redes pequeñas de frecuencia única con una distancia limitada entre los transmisores. El modo 8 k se puede utilizar para redes de un solo transmisor y para redes pequeñas y grandes que usen frecuencia única. El sistema utiliza audio y video en formato MPEG-2.

La segunda generación de este estándar es llamado Difusión de Video Digital - Terrestre de segunda generación (DVB-T2), el cual fue publicado en el 2008. Los cambios más significativos con respecto a la primera generación son: mejora de la eficiencia (tiene un 97 % más de capacidad), cambio al formato MPEG-4 AVC, llamado también H.264; permite modulación en 256QAM y tiene más opciones para el intervalo de guarda.

El estándar DVB-T es el más utilizado a nivel mundial, ya que no sólo se adoptó en Europa; fue elegido en países de los cinco continentes, incluyendo a Panamá. Este estándar fue el escogido por la Autoridad Nacional de Servicios Públicos (ASEP) para Panamá mediante el Decreto Ejecutivo No.96 del 12 de mayo de 2009 [6].

Las dos generaciones de estos estándares se pueden implementar a la vez, como lo han hecho varios países incluyendo Colombia, España y Francia.

3. ATSC

El estándar de televisión digital ATSC fue desarrollado por el Comité de Sistemas Avanzados de Televisión en los Estados Unidos. Este sistema fue diseñado para transmitir video y audio en alta definición y datos secundarios dentro de un solo canal de 6 MHz. El sistema fue desarrollado para difusión terrestre y para distribución por cable [7]. Este tiene un rendimiento de datos de 19.4 Mbit/s en un canal de televisión por cable. Se tienen dos modelos de operación: el modo 8-VSB de difusión terrestre que es más inmune a interferencias con el sistema NTSC de televisión analógica y el modo 16-VSB de mayor cantidad de datos desarrollado para distribución en canales por cable.

El estándar ATSC utiliza video en formato MPEG y el estándar ATSC AC-3, compresión digital de audio, para la codificación del audio [8]. El flujo de bits está constituido por paquetes multiplexados de flujo de bits de video, audio y datos. La estructura de estos flujos de bits también contiene información de señalización que se emplea para paquetizar el video, audio, e información de servicio en diferentes servicios dentro del mismo formato multiplexado.

Aunque el sistema fue desarrollado y probado para canales de 6 MHz, se puede elegir entre canales con un ancho de banda de 6, 7 y 8 MHz, con su correspondiente capacidad de datos.

Para la difusión terrestre, el sistema fue diseñado para permitir la asignación de transmisores digitales adicionales para cada transmisor NTSC con una cobertura parecida, y con mínima perturbación en el servicio NTSC en cobertura. Esta capacidad es alcanzada y excedida cuando se eligen cuidadosamente las características de transmisión del sistema en un ambiente que contiene transmisiones en el sistema NTSC.

El sistema ATSC es eficiente y capaz de operar bajo

varias condiciones, como por ejemplo se diseñó para resistir varios tipos de interferencia: sistemas existentes de televisión analógica NTSC, ruido blanco, ruido de fase y reflexiones continuas por multitrayectorias [9]. El sistema también fue diseñado para ofrecer eficiencia en el uso del espectro y facilidad en la planificación de frecuencias.

El sistema utiliza un esquema de modulación de una sola portadora llamado modulación 8-VSB (modulación de banda vestigial de nivel 8). Además, el sistema fue diseñado para implementarse en redes de frecuencias múltiples o MFN [10].

Este estándar aparte de ser utilizado en los Estados Unidos y todos sus territorios, fue elegido en algunos países de Norte América, como México; Centroamérica, como El Salvador; y Asia, como Corea del Sur.

4. ISDB-T

En Japón, la ARIB (Asociación de Industrias y Empresas de Radio) aprobó las especificaciones para el sistema de difusión digital terrestre llamado ISB-T (Difusión Digital de Sistemas Terrestres Integrados) en 1998 [11].

Este estándar fue diseñado para proveer audio, video y servicios multimedia. Para integrar diferentes requerimientos de servicios, el sistema de transmisión ofrece una selección de esquemas de modulación y protección a errores que pueden ser seleccionados y combinados para cumplir con los requerimientos de dichos sistemas.

Para la difusión terrestre, el sistema fue diseñado para brindar televisión digital, programas de audio y ofrecer servicios multimedia en los que varios tipos de información digital como video, audio, texto y programas de computadora se integran. También se busca proveer una recepción estable a través de receptores móviles compactos, ligeros y económicos, en adición a los receptores integrados utilizados en el hogar.

El sistema ISDB-T utiliza MPEG-2 como codificación de video y la codificación avanzada de audio MPEG-2 (ACC). También utiliza un flujo de transporte MPEG-2 para encapsular los datos.

El sistema fue desarrollado y probado para canales de 6 MHz pero se pueden elegir diferentes ancho de banda de canal con su correspondiente capacidad de datos.

El sistema ISDB-T es un sistema basado en modulación OFDM, pero utiliza una transmisión de banda segmentada OFDM (BST-OFDM), la cual divide el ancho de banda disponible en bloques de frecuencia llamados segmentos [12]. Cada segmento tiene un ancho de banda correspondiente a 1/14 del canal de televisión terrestre disponible.

Una característica fundamental de BST-OFDM es la habilidad de utilizar diferentes modulaciones y parámetros de codificación en uno o más segmentos OFDM. Esto lleva a la

idea de transmisiones jerárquicas. ISB-T utiliza transmisiones jerárquicas, donde los parámetros de transmisión incluyen el esquema de modulación de las portadoras OFDM, la razón de codificación del código interno y la duración intercalada del tiempo, la cual puede ser especificada para cada segmento de datos OFDM. ISDB-T define el máximo de tres capas o tres grupos de segmentos diferentes conocidos como capa A, B y C, para transmitir en el mismo canal al mismo tiempo. Los bits de video codificado normalmente tienen diferente sensibilidad de error, ya que son resultado de diferentes efectos. Por lo tanto, los bits más sensitivos son normalmente codificados por códigos FEC más fuertes y pueden ser mapeados a esquemas de modulación con menos errores.

Cada segmento de datos tiene su propia protección de error y tipo de modulación (QPSK, DQPSK, 16-QAM o 64-QAM). Cada segmento posee sus propios requerimientos de sistema. Un número de segmentos pueden ser combinados para proveer servicios de banda ancha.

Es posible permitir la recepción de una sola capa, esto se le conoce como recepción parcial y está especificado para permitir recepción móvil para demodular la señal o para permitir la detección de los bits más importantes del video, sin importar que los bits menos importantes estén corruptos.

Trece segmentos en el espectro OFDM están activos dentro de un canal de televisión terrestre. El ancho de banda utilizable es el ancho de banda del canal multiplicado por 13/14; por lo que un canal de 6 MHz tiene 5.57 MHz, un canal de 7 MHz tiene 6.50 MHz y un canal de 8 MHz tiene 7.43 MHz.

Se utiliza una compensación de retraso para poder compensar la diferencia entre los retrasos de diferentes flujos de datos. El retraso ocasionado por el intercalado de byte a byte, que es distinto en los diferentes flujos de datos.

Este estándar de televisión digital fue tomado como base para elaborar un estándar nuevo en Brasil, el cual se utiliza en varios países de América del Sur. Este estándar llamado ISDTV, por Sistema Internacional de Televisión Digital, utiliza la misma tecnología de transmisión que el estándar ISDB-T.

La diferencia ente ISDTV y el ISDB-T radica en el uso de H.264 como codificación del video en vez del MPEG-2 utilizado en el ISDB-T. Adicionalmente, ISDTV introdujo una plataforma interactiva conocida como Ginga, y se especificó la tecnología WiMAX como el estándar para el canal de retorno de los servicios interactivos.

Este estándar fue elegido en algunos países de Asia y en muchos de Centro y Suramérica, incluyendo Brasil y Argentina.

5. DTMB

En China, el desarrollo de la televisión digital comenzó en el año 1992 cuando el gobierno chino emitió una iniciativa para este estudio. En el 2006 se anunció el estándar de televisión

para terminales fijos y móviles llamado DTMB (*Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*), luego de extensivas pruebas en campo y laboratorio [13].

El DTMB surge de la fusión entre los estándares ADTB-T (desarrollado por la Universidad de Shanghai JiaoTong, Shanghai), DMB-T (desarrollado por la Universidad Tsinghua, Beijing) y el TiMi (Terrestrial Interactive Multiservice Infrastructure), que es el estándar que propuso la Academia de Ciencias de Radiodifusión en el año 2002. La utilización del estándar se hizo mandatoria en el año 2007 y está previsto que la televisión analógica sea terminada en el año 2015.

El estándar DTMB fue diseñado para soportar recepción fija como móvil. Por lo tanto, fue desarrollado un sistema flexible capaz de difundir un número de programas en alta definición combinados con varios canales convencionales SD y otro contenido multimedia.

Además de las funciones básicas del servicio de televisión tradicional, el DTMB da cabida a nuevos servicios adicionales utilizando el sistema de radiodifusión de televisión. El sistema DTMB es compatible con la recepción fija (cubierta y al aire libre) y móvil de la Televisión Digital Terrestre.

Este estándar utiliza tecnologías que mejoran su rendimiento, como por ejemplo: un código pseudo-aleatorio de ruido (PN-Pseudo-randomNoise) como intervalo de guarda que permite una sincronización más rápida del sistema y una estimación de canal más precisa; codificación LDPC (Low-Density Parity-Check) como protección contra errores; modulación TDS-OFDM (*Time Domain Synchronization - Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) que permite la combinación de radiodifusión en SD, HD y servicios multimedia, etc. [14].

Este sistema da flexibilidad a los servicios que se ofrecen al soportar la combinación de Redes de Frecuencia Única (SFN) y Redes de Frecuencias Múltiples (MFN). Los diferentes modos y parámetros pueden ser escogidos en base al tipo de servicio y el entorno de la red [15]. Las tasa de transmisión de bits se encuentra entre 4.8 Mbit/s hasta 32.5 Mbit/s.

Tabla 1. Comparación de los estándares de televisión digital existentes.

Estándar	DVB-T	DVB-T2	ATSC	ISDB-T	DTMB
País de Origen	Europa	Europa	Estados Unidos	Japón	China
Año	2000	2008	1996	1998	2006
Modulación	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM	8-VSB, 16-VSB	64QAM-OFDM, 16QAM-OFDM, QPSK-OFDM, DQPSK-OFDM	TDS-OFDM, 8-VSB
Ancho del Canal (MHz)	6, 7, 8	6, 7, 8	6, 7, 8	6, 7, 8	6, 8
Codificación de Video	MPEG-2	MPEG-4	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2, MPEG-4
Codificación de Audio	MPEG-2	MPEG-4	Dolby AC3	MPEG-2 ACC	MPEG-2, AVS (audio video estándar)
Razón de datos (Mbps)	4.98-31.67	7.44-50.32	19.39	3.65 - 30.98	4.81-21.96
Intervalo de Guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128	-	1/4, 1/8, 1/16	-
Movilidad	Si	Si	No implementada	Si	Si

6. Conclusión

Hoy en día, existen cuatro estándares para la difusión de televisión digital terrestre. La decisión final del sistema a implementar, debe estar basada en cómo el sistema responde frente a diferentes requerimientos y prioridades, así como con otros factores tales como área geográfica, relaciones económicas y políticas con sus respectivos países y regiones vecinas. Cada país debe establecer claramente sus necesidades y luego investigar los diferentes sistemas para conocer su rendimiento y así poder seleccionar la mejor opción disponible.

En la Tabla 1, se resume el contenido del artículo, presentando una comparación de las características más importantes de cada uno de los estándares.

Cada sistema tiene sus propias ventajas y desventajas. El estándar ATSC es más robusto en un canal Gaussiano y tiene mejor uso en la eficiencia del espectro. Por lo tanto, ATSC puede ser más ventajoso en la implementación de redes de frecuencias múltiples para televisión en alta definición.

El sistema DVB-T tiene ventajas de rendimiento en cuanto a distorsiones creadas por retrasos por multitrayectorias. Este sistema puede ser más ventajoso en la implementación de servicios que requieran redes de frecuencia única a gran escala.

El sistema ISDB-T tiene ventajas en rendimiento parecidas al sistema DVB-T. Este estándar fue diseñado para operar en redes de frecuencia única a gran escala y, en ambiente para recepción móvil.

El estándar DMTB fue el último en salir al mercado y fue diseñado para recepción fija y móvil. También tiene la ventaja de que funciona para redes de frecuencia única como para redes de frecuencia múltiple.

La elección de un estándar a implementar es de gran importancia, ya que no existe compatibilidad entre los cuatro estándares existentes. Uno de los grandes retos de la televisión digital es la compatibilidad entre estándares, lo que permitiría la adaptación de avances tecnológicos de televisión digital de una manera más rápida.

Referencias

- [1] "The world in 2011: ICT facts and figures," tech. rep., International Telecommunication Union (ITU), October 2011.
- [2] The ATSC website [Online]. Disponible en: <http://atsc.org/>
- [3] Digital Video Broadcasting (DVB): Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Terrestrial Television, European Telecommunications Standards Institute (ETSI), European Standard (Telecommunications Series), 2009.
- [4] M. El-Hajjar, and L. Hanzo. "A Survey of Digital Television Broadcast Transmission Techniques," IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 15, No. 4, pp. 1924-1949, 2013.

- [5] U. Ladebusch and C.A. Liss. "Terrestrial DVB (DVB-T): A Broadcast Technology for Stationary Portable and Mobile Use," Proc. IEEE, vol. 94, pp. 183–193, January 2006.
- [6] (2009). Página web de ASEP [Online]. Disponible en: http://www.asep-rtvdigitalpanama.gob.pa/images/archivos/decreto_ejecutivo_no_96_12_mayo_2009.pdf
- [7] M.S. Richer, G. Reitmeier, T. Gurley, G.A. Jones, J. Whitaker and R. Rast. "The ATSC Digital Television System," Proc. IEEE, vol. 94, pp. 37–43, January 2006.
- [8] ATSC Digital Television Standard: Part 2 RF Transmission System Characteristics, Advanced Television Systems Committee, January 2007.
- [9] P.J. Langfeld, and K Dostert, "The capacity of typical powerline reference channels and strategies for system design," in International Symposium on Power-Line Communications and its Applications (ISPLC), 2001, pp. 271-278, 2001.
- [10] W. Brett, W.R. Meintel, G. Sgrignoli, X. Wang, S.M. Weiss and K. Salehian. "ATSC RF, Modulation and Transmission," Proc. IEEE, vol. 94, pp. 44–59, January 2006.
- [11] ATSC Planning Team 2. "Final Report on ATSC 3.0 - Next Generation Broadcast Television," tech. rep., Advanced Television Systems Committee, 2011.
- [12] Association of Radio Industries and Business (ARIB), Japan. "Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB-T) - Specification of channel coding, framing structure and modulation," September 1998.
- [13] M. Takada and M. Saito. "Transmission System for ISDB-T," Proc. IEEE, vol. 94, pp. 251 –256, January 2006.
- [14] China Standard for Radio Film and Television Industry. "Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System," 2006.
- [15] J. Song, Z. Yang, L. Yang, K. Gong, C. Pan, J. Wang and Y. Wu. "Technical Review on Chinese Digital Terrestrial Television Broadcasting Standard and Measurements on Some Working Modes," IEEE Trans. Broadcast., vol. 53, pp. 1–7, March 2007.
- [16] J. Song. Digital Television Terrestrial Multimedia Broadcasting (DTMB). IEEE Press, March 2010.