

Consideraciones técnicas de los estándares de radiodifusión terrestre DAB e IBOC

Technical Aspects of DAB and IBOC Terrestrial Digital Radio Broadcasting Standards

Moumtadi F.

*Departamento de Telecomunicaciones
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México
E-mail: fatimoum@hotmail.com*

Delgado-Hernández J.C.

*Departamento de Telecomunicaciones
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México
E-mail: cardelher@gmail.com*

Vicente-Vivas E.

*Departamento de Telecomunicaciones
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México
E-mail: evv@servidor.unam.mx*

Información del artículo: recibido: mayo de 2010, aceptado: octubre de 2010

Resumen

El desarrollo de estándares de radiodifusión digital y las ventajas de gestión de video, audio, aplicaciones y servicios con ellos relacionados, vuelve indispensable el estudio de sus características técnicas para poder definir, sobre una base de comparación común, las ventajas de cada sistema en sí y con respecto a otros. En este artículo se presentan las características técnicas básicas de dos estándares de radio digital terrestre: por un lado el denominado "In-Band-On-Channel" (IBOC) y por otro el estándar "Digital Audio Broadcast" (DAB). El análisis desarrollado compara sus mecanismos de gestión de la información y la proyección de estos sobre el modelo de interconexión de redes OSI, lo que facilita la comparación de los estándares. Se concluye que, tecnológicamente, la posibilidad de las emisoras de usar su infraestructura actual sin necesidad de realizar grandes modificaciones vuelve al estándar IBOC una clara opción de implementación de radio digital en países como México.

Descriptor

- radio digital
- DAB
- IBOC
- análisis comparativo

Abstract

The development of digital radiobroadcast standards and the advantages related to it (optimization of video, audio and applications transmission and services) makes indispensable the study of its technical characteristics, due to the definition, over common parameters, of the advantages of each standard by itself and in comparison to others. In this paper the basic technical characteristics of two terrestrial digital radiobroadcasting standards are shown: on one hand, the so called "In-Band-On-Channel" (IBOC) and, on the other, the "Digital Audio Broadcast" (DAB) standard. The analysis compares the data management procedures of the standards and its relation with the open systems interconnection model – OSI, that opens the possibility to make a real comparison between them. At the end it is concluded that, technologically, the possibility for radio stations to use their actual infrastructure without capital modifications and / or enhancements, makes IBOC a clear option of implementation for digital radiobroadcasting in countries like Mexico.

Descriptor

- digital radiobroadcast
- DAB
- IBOC
- comparative analysis

Introducción

La digitalización de los procesos de transmisión de información tiene dos objetivos fundamentales: por un lado, aumentar la eficiencia en el transporte de la información y por otro, mejorar la calidad del servicio que experimenta el usuario. La industria de la radiodifusión no ha sido ajena a este desarrollo y se ha visto impulsada paulatinamente, al denominado "apagón analógico", término que define el cese de la transmisión de señales en su formato analógico. Uno de los temas fundamentales de esta transición lo constituye la decisión acerca de la tecnología que ha de emplearse y la estrategia de su implementación (Rodríguez, 2009).

En la actualidad pueden reconocerse tres diferentes escenarios de transición hacia la radio digital en el mundo: por un lado, se encuentran los países que han culminado de manera exitosa la transición, una vez definido el estándar de adopción; un segundo escenario es el de los países que están en proceso de implementación de una tecnología ya estudiada y un tercer grupo es constituido por el de los países que llevan a cabo estudios para decidir qué tecnología es la más adecuada. Este último es el que caracteriza a la mayoría de los países de Latinoamérica, México entre ellos.

Las tecnologías de radiodifusión digital sonora documentadas, experimentalmente comprobadas y avaladas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones como candidatas de uso generalizado son DAB (término con el que habremos de referirnos al estándar desarrollado por el proyecto Eureka-147), IBOC y Digital Radio Mondiale-DRM [1]. Este último estándar ha sido desarrollado para elevar la calidad del audio en señales por debajo de los 30 Mhz, sobre la banda de amplitud

modulada, pero no ha recibido el impulso gubernamental de los dos primeros.

Las condiciones que han marcado el desarrollo de la radio digital han sido tanto técnicas como políticas.

Por un lado, las tecnologías satelitales alternas de radiodifusión constituyen un factor que, combinado con las cambiantes necesidades y requerimientos de los usuarios, ha dado como resultado una serie de mejoras relacionadas con las técnicas de modulación, de codificación de la señal y del canal, que han caracterizado y vuelto más competitivos a los estándares terrestres de radiodifusión.

Por otro lado, los gobiernos de Estados Unidos y la Unión Europea, cada uno por su lado, han tomado acciones encaminadas al fortalecimiento de su propio estándar (IBOC y DAB, respectivamente; el estándar DRM es considerado como sistema universal, debido a que no ha sido elaborado por alguna industria en particular), lo que reduce a nivel de puja la toma de decisiones y obliga a desarrollar mecanismos de comparación real y equitativa (Cruz, 2008).

DAB es un estándar que permite mejorar de manera sustancial el aprovechamiento del espectro radioeléctrico, pero que exige llevar a cabo una reasignación de frecuencias, debido a que sus bandas de trabajo son la banda L (1452–1468 MHz) y la banda III de VHF (176-230 MHz), además de que sus mecanismos de procesamiento de señal varían sustancialmente de los sistemas convencionales (Faller *et al.*, 2002).

Los sistemas de radio digital IBOC y DRM, por otro lado, son sistemas capaces de utilizar las bandas actuales de frecuencias de radiodifusión. El estándar IBOC soporta las bandas de AM (560–1600 kHz) y FM (88–108 MHz), mientras que el estándar DRM sólo trabaja en ondas por debajo de los 30 MHz, es decir, en AM.

El propósito de este documento es el de describir las consideraciones técnicas de los sistemas de radiodifusión IBOC y DAB, comparar los procedimientos de cada uno de ellos, proyectados sobre el modelo abierto de interconexión de redes – OSI y dar una primer valoración de ambos a modo de conclusión.

Metodología

En el estudio se revisan los aspectos técnicos de los estándares DAB e IBOC, se verifican los aspectos y características fundamentales de sus componentes constitutivos, lo que su implementación requiere (dada la importancia que la elección de un estándar en particular tiene sobre el modelo económico de las radiodifusoras, que necesitan hacer inversiones sustanciales para poder realizar la transición tecnológica). Los resultados obtenidos al final pueden ser utilizados para realizar un análisis comparativo de las dos tecnologías y decidir, realizando de manera paralela, una valoración que considere el entorno técnico, geográfico, industrial y de políticas públicas, el cual representa una mejor opción para su adopción en el país.

Origen y desarrollo de los estándares DAB e IBOC

A principios de los años 90 del siglo pasado, en la Unión Europea se empezaron a desarrollar trabajos de unificación de la radiodifusión continental, bajo el proyecto denominado “Eureka-147”, cuyas conclusiones finales recibieron el nombre de “Sistema DAB”. La realización del estándar se asemeja a los de la industria del cable en los Estados Unidos: sobre un espectro frecuencial autorizado, se transmiten programas (cada uno compuesto por 6 canales) bajo la responsabilidad de una estación de radio. De esta manera, el concepto de canal se relaciona con una compañía de radio, no con una estación en particular (Faller *et al.*, 2002), a diferencia del modelo analógico en el que los dos son sinónimos.

Esta propuesta de radiodifusión digital, definida como “Sistema Digital A” en las recomendaciones ITU-R BS.774-2 (transmisión terrestre) e ITU-R BS.789 (transmisión satelital) de 1994, fue adoptada en 1995 por la ETSI en su norma ETS 300 401. Las recomendaciones ITU-R BS.789 y BO.1130, por su parte, definen las condiciones requeridas por el sistema para su transmisión en rangos adicionales de frecuencia.

En los Estados Unidos, con un entorno de radiodifusión muy diferente del que se encuentra en Europa (los parámetros técnicos de la estación, su potencia y la altura de las antenas utilizadas, por ejemplo), las áreas de

cobertura y la calidad del audio son los factores determinantes en la explotación de estaciones de radiodifusión y su preservación en la transición al sistema digital debe ser asegurada a fin de hacerlo viable.

Considerando estas premisas, ciertas estaciones de radio en los Estados Unidos, también a comienzos de los años 90, iniciaron sus trabajos de desarrollo de un estándar propio para estaciones de AM y FM, dando como resultado el estándar IBOC, basado en el uso de señales de banda lateral de baja potencia dentro del espectro del canal asociado a la estación (Hoeg *et al.*, 2003).

In-Band-On-Channel (“canal dentro de la banda”), un sistema desarrollado por la compañía ibiquity Digital Corporation, fue aprobado en 2002 como estándar digital único para AM y FM por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) y fue adoptado posteriormente como estándar NRSC-5 por el Comité Nacional de Sistemas de Radio (NRSC) de los Estados Unidos, con los requerimientos presentados en la recomendación ITU-R BS.774.

El sistema DAB

El sistema DAB permite el transporte simultáneo de servicios múltiples de audio junto con servicios de datos, incluyendo páginas de Internet y fotografías digitales (O’Leary, 2000). La tecnología utilizada en su desarrollo permite que la recepción sea llevada a cabo con equipos económicos (tanto portátiles como fijos), utilizando antenas receptoras omnidireccionales de baja ganancia, situadas a una elevación mínima de 1,5 m sobre el nivel del suelo [1].

El diagrama de bloques conceptual del sistema DAB puede reconocerse en la figura 1, en la que cada bloque es marcado con la función que desempeña. Una buena manera de entender el funcionamiento del estándar es seguir el esquema de bloques de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, reconociendo las 5 funciones fundamentales del estándar: mecanismos de transporte y multiplexación, codificación, mecanismos de acceso condicional y funciones de transmisión [2].

DAB utiliza el esquema de codificación MPEG, acondicionado para el estándar. Para la frecuencia de muestreo de 48 kHz se emplea el estándar ISO/IEC 11172-3 [3] y para la frecuencia de 24 kHz el estándar ISO/IEC 13818-3 [4]. El codificador procesa la señal proveniente del bloque PCM y produce un flujo de audio comprimido a diferentes tasas de bit, en un rango que va de los 8 kbits/segundo hasta los 384 kbits/segundo. Las tasas varían en dependencia del modo de transmisión: canal único mono, canal dual mono, canal estéreo y canal estéreo asociado.

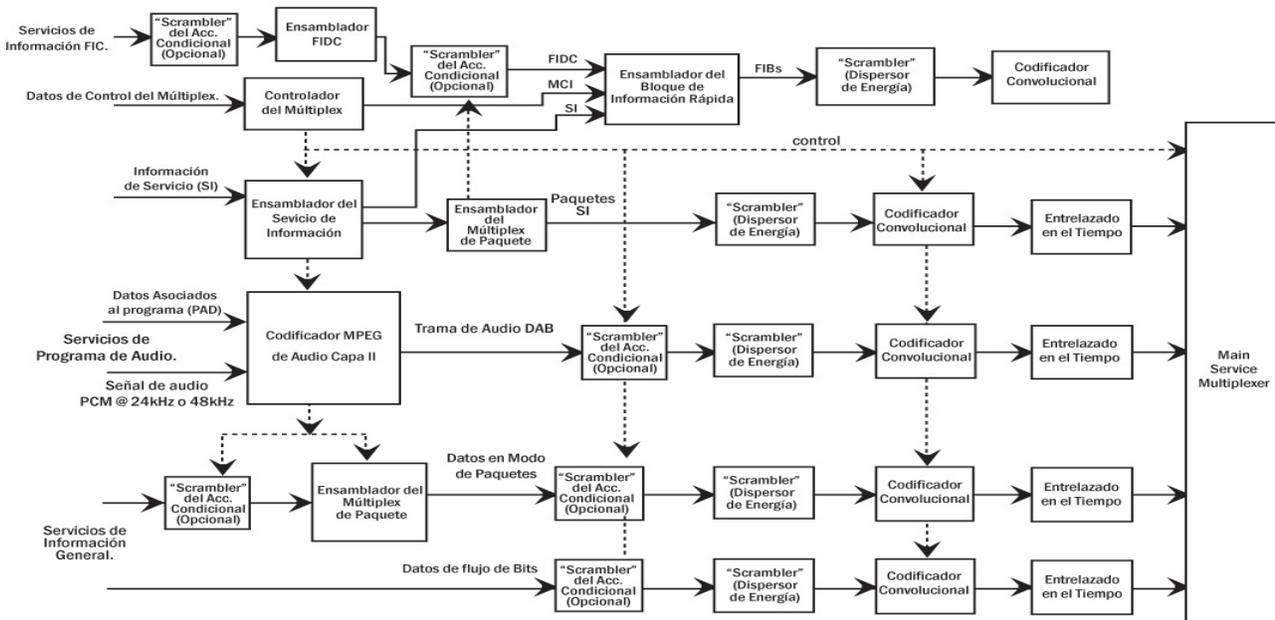


Figura 1: Diagrama de bloques conceptual del estándar DAB

El estándar reconoce dos mecanismos de transporte: el canal de información rápida (Fast Information Channel – FIC) y el canal de servicio principal (Main Service Channel–MSC).

El canal MSC, con una capacidad bruta de 2.3 Mbit/s, gestiona tramas comunes (Common Interleaved Frames–CIF) con campos de datos de 8 a 6912 bytes de longitud, transmitidas cada 24 ms y agrupadas en subcanales multiplexados. La velocidad binaria máxima del canal es de 1.7 Mbit/s (Vázquez, 2009), alcanzada con códigos que dependen de la aplicación transmitida. En este canal se distinguen dos modos de transmisión: el modo de flujo (stream, un modo de transmisión transparente desde el origen hasta el destino, a través de un subcanal) y el modo de paquetes (capaz de transportar más de un componente de servicio y que combina varios componentes de datos en un subcanal único).

Por otro lado, el canal FIC, constituido por bloques de información rápida (Fast Information Blocks–FIB), transporta información referente a la estructura y la reconfiguración del multiplexor (Multiplex Configuration Information–MCI), además de información de servicios (Service Information–SI), de acceso condicional (Conditional Access–CA) y de gestión y del canal de datos de información rápida (Fast Information Data Channel–FIDC). Limitado por el tiempo de envío, el canal FIC envía la información sin espacio temporal entre trama y trama, pero incluyendo mecanismos de protección contra errores de transmisión mediante codificación.

La MCI transportada por el FIC describe la organización del multiplexor DAB y la información necesaria para su reconfiguración; describe además la organización y los servicios a los que tienen acceso los subcanales, los enlaces entre los servicios y sus componentes y los enlaces existentes entre los subcanales y sus componentes.

Cada trama de audio contempla un número de bytes con capacidad variable (generalmente 2 kbit/s como mínimo) que pueden ser utilizados para transportar datos asociados al programa radiofónico (Programme Associated Data–PAD), una información que no puede enviarse en un canal de datos distinto que pueda estar sometido a un retardo de transmisión diferente. Estos datos están compuestos por dos bytes de PAD fijo (Fixed PAD–F-PAD) y una extensión denominada PAD extendido (Extended PAD–X-PAD). Las funciones disponibles para los datos PAD incluyen control de rango dinámico (Dynamic Range Control–DRC), indicaciones de música / voz, texto relativo al programa, etc.

Las características de la información de servicio (Service Information–SI), que incluyen datos tales como el lenguaje de los componentes del servicio, el número del programa (Programme Number–PNum), el tipo de programa (Programme Type–PTy), la información de la frecuencia de su transmisión (Frequency Information–FI) y la información de identificación del transmisor (Transmitter Identification Information–TII), son transportadas mediante los FIC. Un símbolo nulo, localizado

al inicio de cada trama, es generalmente utilizado para transportar la TII (O'Leary, 2000).

El canal de datos de información rápida (Fast Information Data Channel–FIDC), también transportado por los FIC, incluye un canal de mensajes de tráfico (Traffic Message Channel–TMC) y un sistema de avisos de emergencia (Emergency Warning System–EWS). Sin embargo, dadas las limitaciones de transporte, debe priorizarse la información transportada en el canal MCI.

El propósito de los mecanismos de acceso condicional (Condición Access–CA) es el de permitir el servicio (o sus componentes) para volver ilegible el contenido para usuarios no autorizados.

Los mecanismos utilizados para el envío de mensajes dedicados denominados Mensajes de verificación de denominación (Entitlement Checking Messages–ECM) y mensajes de gestión de denominación (Entitlement Management Messages–EMM), también son descritos en estas funciones. La información MCI incluye los parámetros necesarios para indicar si los componentes del servicio son mezclados o no, y cómo encontrar los parámetros necesarios para realizar el proceso inverso.

Dentro de las funciones de transmisión, puede mencionarse el proceso de codificación convolucional que se aplica a la salida del mezclador de dispersión. Este proceso consiste en la generación de redundancia como parte del mecanismo de protección de errores. Los parámetros de codificación dependen de tres factores: del tipo de servicio transportado, de la tasa de bits y del nivel de protección deseado [2].

Existen dos perfiles de protección de errores, denominados protección desigual de errores (Unequal Error Protection–UEP) y protección igual de errores (Equal Error Protection–EEP). La primera se caracteriza por asignar mayor protección a ciertos bits que a otros siguiendo un esquema preseleccionado y se utiliza principalmente para el audio; la segunda se utiliza tanto como para audio como para datos. La velocidad media de codificación (la relación entre el número de bits codificados en fuente y el número de bits codificados tras la codificación convolucional) puede adoptar un valor que va desde 1/3 (nivel máximo de protección) a 3/4 (nivel mínimo de protección). La calidad de la protección de errores y la velocidad de transmisión puede ser ajustada para cada servicio de manera independiente.

La manera en que el estándar permite extender la red de transmisión es mediante el agregado de multiplexores sobre la misma frecuencia de transmisión o a través del aumento en la capacidad de transmisión, incrementando el ancho de banda o eficientando la utilización del espectro reutilizando frecuencias o mezclando señales múltiples.

El sistema IBOC

El estándar IBOC, especificado en [5], fue diseñado para el envío de audio digital y datos a receptores móviles, portátiles y fijos desde transmisores terrestres en las bandas existentes de AM y FM. La ventaja del estándar radica en que las estaciones pueden seguir transmitiendo en formato analógico de manera simultánea con la transmisión digital, permitiendo a los usuarios mantener las frecuencias conocidas en el nuevo formato de transmisión.

El sistema acepta señales de audio digital comprimido y utiliza técnicas de procesamiento de señal de banda angosta, tales como espaciado entre tramas y mecanismos de corrección de errores hacia adelante, a fin de incrementar la robustez de la señal en el canal de transmisión y favorecer los altos niveles de calidad de la señal de audio y datos que gestione. Los niveles de potencia y los segmentos frecuenciales seleccionados minimizan la interferencia entre la transmisión analógica y la digital.

En la figura 2 (diseñada de acuerdo al diagrama del sistema IBOC de [5]), se muestran los tres subsistemas principales del estándar IBOC (subsistema de transmisión de radio frecuencias, subsistema de transporte y servicios de multiplexado, así como los subsistemas de recepción de audio y de datos) y la manera en que se interrelacionan.

El primero de los subsistemas (el de transmisión de radio frecuencias) cumple las exigencias marcadas en los documentos regulatorios de iBiquity Digital Corporation [6, 7] para la transmisión en FM y las marcadas en los documentos [8, 9] para la transmisión en AM. El subsistema recibe un flujo multiplexado sobre el que aplica reglas de codificación y de espaciado entre tramas que permite al receptor reconstruir la información original. El flujo de bits multiplexado y codificado es modulado por subportadoras OFDM y convertido a bandas AM o FM.

El subsistema de transporte y multiplexado, (modelado de manera general en el estándar ISO 7498-1), debe cumplir con los requerimientos definidos específicamente en los documentos [10, 11, 12, 13]. Su función principal es la de enviar la información a transmitir al subsistema de transmisión de radio frecuencias.

Las tareas de este subsistema empiezan con la formación de paquetes con la información de audio y datos recibidos y su multiplexado posterior en un flujo de datos, en el que cada paquete se identifica de manera única y se asocia a un tipo en particular (audio o datos). Los paquetes que contienen datos de servicio (título de la canción, artista, etc) se agregan al flujo de paquetes del archivo principal antes de ser enviados al multiplexor.

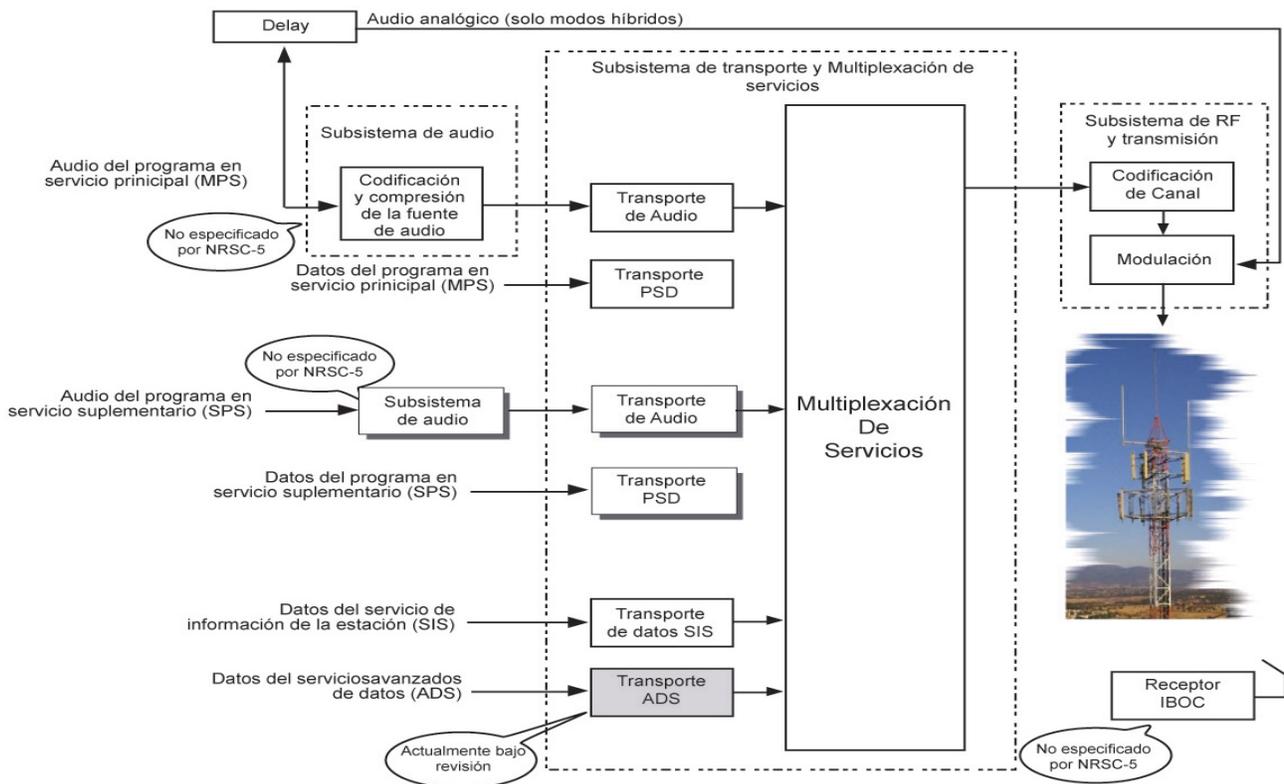


Figura 2. Diagrama general del sistema digital IBOC

El subsistema de recepción de audio y datos, por otra parte, inicia con la codificación y compresión de los servicios de programa principal (main program service–MPS) de los datos de entrada y del servicio de programa suplementario (supplemental program service–SPS) de audio, antes de su inclusión en el subsistema de transporte de audio. Cada servicio tiene su propia fuente de codificación, compresión y subsistema de transporte, que no son basados en protocolos propios sino en estándares abiertos, cuya única condicionante es la de reducir la tasa de bits requerida para la descripción de las señales de audio.

En los modos híbridos del estándar (analógico-digital), el MPS de audio es modulado de manera directa sobre la portadora de radio frecuencias, para su recepción en equipo analógico convencional. Este modo de audio digital no requiere pasar a través del subsistema de transporte de audio y su transmisión es gestionada de manera tal que llegue al receptor con la información digital de manera casi simultánea. Esta condición permite una conmutación transparente de la recepción analógica a la digital, cuando la calidad de la señal recibida no cubra los parámetros mínimos de recepción digital o cuando los paquetes digitales en la unidad de datos del MPS arriben corrompidos. Esta capacidad de

mezcla también se utiliza para los cambios del canal rápido, permitiendo al receptor remodular y transferir el flujo analógico primero y después mezclarlo con el flujo digital de audio.

El estándar IBOC reconoce dos grupos de datos en su entrada: el primero, relacionado con los datos de servicio del programa, que incluyen información descriptiva asociada al programa de audio a transmitir (título de la canción y nombre del artista), el segundo, datos de servicio que no son directamente relacionados con el programa.

Existen dos tipos de datos de servicio de programa reconocidos y regulados en el estándar [12, 14]: el primero, denominado datos de servicio de programa (program service data–PSD), se transmite junto con el programa de audio y tiene como finalidad describir o complementar el programa de audio. Sus campos son título de la canción, nombre del artista, nombre del álbum, género, comentarios e identificadores comerciales y referenciales.

El segundo tipo de datos son los de servicio de información de la estación (station information service–SIS). Estos datos proveen de información general sobre el programa de la estación, así como de información técnica utilizada por aplicaciones no relacionadas

con el programa. Los campos de las unidades de información SIS incluyen un número de identificación de la estación, su nombre, dos campos destinados a la hora de la estación, un campo que permite el envío de un texto arbitrario y dos campos reservados.

Comparación entre estándares

Un análisis entre los estándares DAB e IBOC, basada en la descripción antes detallada de cada uno de ellos, arroja una serie de diferencias fundamentales, tales como sus frecuencias y bandas de trabajo o su posibilidad de coexistencia con sistemas de radio satelitales o analógicos; sin embargo, ambos sistemas llevan a cabo el proceso de radiodifusión de manera distinta, haciendo uso de diferentes protocolos y procesos, de manera tal que la comparación debe de considerar estas diferencias. La descomposición en funciones simples y el mapeo de éstas contra las capas del modelo abierto de interconexión de redes OSI es, precisamente, una buena opción para un análisis formal.

El estándar DAB, a través de sus interfaces de servicio de transporte (STI) y de transporte conjunto (ETI), considera únicamente funciones de aplicación y de transporte, así como procedimientos de enlace de datos y de capa física (figura 3). La gestión diferenciada de la carga útil y de la información de control condiciona que en la capa superior del modelo (la interfaz lógica) se definan la trama básica de la información útil y la de los mensajes de control también. El transporte libre de errores de la información de control debe de ser garantizado, pero sin la necesidad de observar tiempos críticos de respuesta, a diferencia de los requerimientos de la carga útil (Hoeg *et al.*, 2009). La capa de adaptación

de transporte asegura el transporte seguro de la carga útil y el direccionamiento de los elementos involucrados en el enlace (figura 3).

En la parte inferior de la figura 3 puede reconocerse la interfaz física, la cual es responsable de estandarizar la manera en que la STI incorpora interfaces reguladas anteriormente (V24, por ejemplo) al estándar. Esta interfaz considera también aspectos de entramado, corrección de errores, compensación de retardo y parámetros eléctricos.

El estándar IBOC considera una definición diferente de capas, cada una de las cuales es independiente de las otras y del modo de transmisión (figura 4).

Estas capas son: aplicación, presentación (o codificación), transporte, enlace de datos y física. Desde la capa de aplicación se puede reconocer la diferenciación que se hace de los servicios de programa principal y de los de identificación de estación, además de servicios de control de la transmisión.

La capa de aplicación genera el material a transmitir, mientras que la capa de presentación codifica dicha información, que a través de protocolos de transporte y mediante multiplexores de la capa de multiplex de servicio es llevada hasta los puntos de destino. IBOC, al igual que DAB, considera también aspectos relacionados con la interacción física del estándar con la infraestructura de la radio estación.

La diferencia en definiciones de capas entre un estándar y otro se debe principalmente a la naturaleza de la tecnología y a las diferencias en la manera en que la información es canalizada. En el modelo europeo se diferencian procedimientos que dan forma a las capas, mientras que en el estándar IBOC se reconocen protocolos separados, a semejanza de la estructura de protocolos OSI.

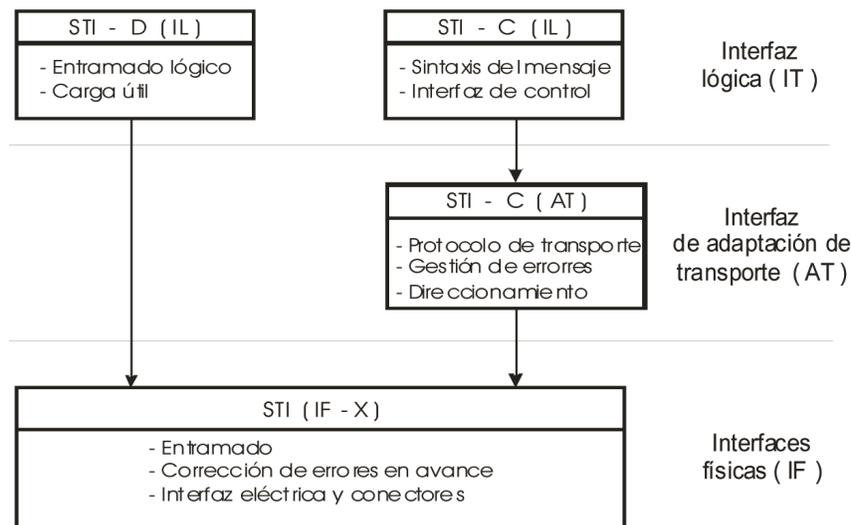


Figura 3. Descomposición de funciones del modelo DAB

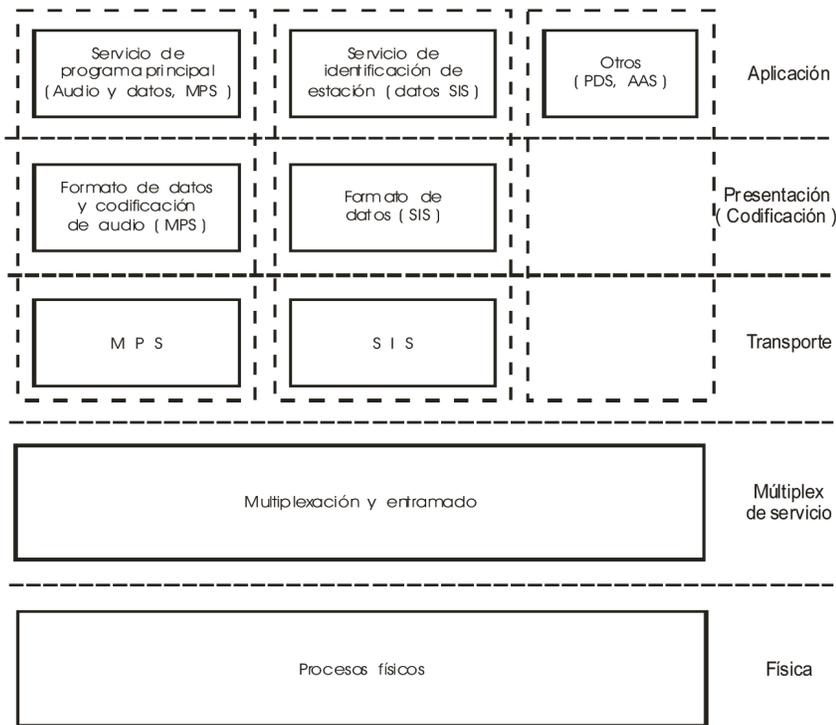


Figura 4. Descomposición de funciones del modelo IBOC

Modelo por capas DAB	Modelo por capas IBOC	Observaciones
Interfaz lógica	Capa de aplicación	La modularidad del esquema IBOC separa las funciones de tratamiento previo de la información a transmitir, que el estándar europeo contempla como unidad.
	Capa de presentación (codificación)	
Interfaz de adaptación de transporte	Transporte	Direccionamiento, gestión del enlace, control de errores.
Interfaces físicas	Capa de múltiplex de servicio	El sistema DAB permite aplicar diferentes tasas de audio y perfiles de codificación. El sistema IBOC no multiplexa varias estaciones en un solo canal de transmisión, a diferencia del sistema DAB.
	Capa física	

Tabla 1. Equivalencias entre las funciones del sistema DAB y el sistema IBOC

Por otro lado, es necesario aclarar que las capas del modelo OSI no consideradas en los estándares no son omitidas en la realización de la transmisión, sino que no son llevadas a cabo por protocolos desarrollados ex profeso.

Las similitudes en el mapeo de funciones de los estándares se presentan de manera resumida en la tabla 1.

Conclusiones

A partir del análisis de las funciones que realizan los estándares DAB e IBOC para llevar a cabo la transmisión de señal es posible concluir que, técnicamente, DAB muestra ventajas sobre IBOC al contar con un multiplex reconfigurable, que otorga mayores ventajas al usuario (relacionadas con la experiencia de uso) y a las radiodifusoras (que pueden elegir el formato de presentación y el modo de transmisión). IBOC, al ofertar servicios híbridos (analógico-digitales) soporta dos modos de transmisión en banda AM y uno sólo en banda FM, aunque para los usuarios, dada la necesidad de dividir el ancho de banda entre las dos modos de transmisión, la transmisión en modo híbrido no representa una mejora representativa.

El acceso condicional a subcanales que existe en DAB y que permite proteger los datos transmitidos, no existe en IBOC.

El estándar DAB, además, utiliza una sola frecuencia en la transmisión, lo que permite manejar menor potencia en la transmisión; IBOC, por su parte, no permite este esquema de transmisión, denominado “redes de frecuencia única”.

Estas ventajas; sin embargo, compiten contra la ventaja del estándar IBOC, que utiliza frecuencias de transmisión actualmente asignadas a las bandas de AM y FM y por tanto, requiere de inversiones adicionales mínimas para su implementación (entre las que se encuentra el pago por el uso de la licencia). Cabe mencionar que los costos de transmitir con el formato DAB son hasta diez veces más altos que los de la transmisión analógica sobre FM, por ejemplo.

Referencias

- Cruz-Martínez O.L. *Recepción móvil de la señal DRM en la banda de 26MHz en México*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Agosto 2008.
- Faller C., Biing-hwang J., Kroon P., Hui-ling L., Ramprasad S., Sundberg-Carl E. Technical Advances en *Digital Audio Radio Broadcasting. Proceedings of the IEEE*, 90(8):1303–1333. August 2002.
- Hoeg W., Lauterbach T. *Digital Audio Broadcasting: Principles and Applications of DAB, DAB+ and DMB*. 3rd edition. Ed. John Wiley and Sons UK. 2009.
- Hoeg W., Lauterbach T. *Digital Audio Broadcasting: Principles and Applications of Digital Radio*. 2nd edition. UK. John Wiley and Sons. 2003.
- O’Leary S. *Understanding Digital Terrestrial Broadcasting*. USA. Artech House Inc. 2000.
- Rodríguez-Huerta J. *Estudio de la asignación espectral de radio digital en la banda de onda media en México*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Junio 2009.
- Vázquez-Reyes J.A. *Estudio comparativo técnico-económico de los estándares terrestres de radiodifusión digital DAB e IBOC*. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Junio 2009.
- [1] BS 1114-6. Sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal para receptores en vehículos, portátiles y fijos en la gama de frecuencias 30 - 3000 MHz.
 - [2] EN 300 401. Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers.
 - [3] ISO/IEC 11172-3. Information Technology. Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at up to 1,5 Mbit/s. Part 3: Audio.
 - [4] ISO/IEC 13818-3. Information Technology. Generic Coding of Moving Picture and Associated Audio Information. Part 3: Audio.
 - [5] NRSC-5. In-Band / On-Channel digital Radio Broadcasting Standard.
 - [6] SY_IDD_1011s rev. E, HD Radio™ Air Interface Design Description. Layer 1 FM, iBiquity Digital Corporation, 3/22/05.
 - [7] SY_SSS_1026s rev. D, HD Radio™ FM Transmission System Specifications. iBiquity Digital Corporation, 2/18/05.
 - [8] SY_IDD_1012s rev. E, HD Radio™ Air Interface Design Description – Layer 1 AM. iBiquity Digital Corporation, 3/22/05.
 - [9] SY_SSS_1082s rev. D, HD Radio™ AM Transmission System Specifications. iBiquity Digital Corporation, 2/24/05.
 - [10] SY_IDD_1014s rev. F, HD Radio™ Air Interface Design Description. Layer 2 Channel Multiplex Protocol. iBiquity Digital Corporation, 2/7/05.
 - [11] SY_IDD_1017s rev. E, HD Radio™ Air Interface Design Description. Audio Transport. iBiquity Digital Corporation, 3/31/05.
 - [12] SY_IDD_1020s rev. E, HD Radio™ Air Interface Design Description. Station Information Service Protocol. iBiquity Digital Corporation, 2/18/05.
 - [13] SY_IDD_1085s rev. C, HD Radio™ Air Interface Design Description. Program Service Data Transport. iBiquity Digital Corporation, 2/7/05.
 - [14] Doc. No. SY_IDD_1028s rev. C, HD Radio™ Air Interface Design Description. Main Program Service Data. iBiquity Digital Corporation, 3/31/05.

Semblanza de los autores

Fatima Moumtadi. Obtuvo su maestría en sistemas de radiodifusión satelital y su doctorado en televisión por la Facultad de Radiodifusión y Televisión de la Universidad Técnica de Comunicaciones e Informática de Moscú, Rusia (MTUCI). Se desarrolló profesionalmente en el área de radiofrecuencia. Ha publicado artículos en congresos y revistas nacionales e internacionales. Actualmente es profesora de carrera en el Departamento de Electrónica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Julio Carlos Delgado-Hernández. Culminó cursos de especialización en sistemas de conmutación y de transmisión digital. Realizó el doctorado en ciencias técnicas en la Facultad de Sistemas de Electrocomunicación de la Universidad Técnica de Comunicaciones e Informática de Moscú, Rusia (MTUCI). Hasta diciembre del 2009 se desempeñó como director de Networking de la empresa Interstice net-@ SA de CV, actividad que ha combinado con labores de docencia en diversas instituciones de educación superior.

Esaú Vicente-Vivas. Ingeniero en electrónica, maestro en ingeniería eléctrica y doctor en ingeniería eléctrica por la Facultad de Ingeniería, UNAM. Desde 1983 es personal académico del Instituto de Ingeniería. Ha participado en varios proyectos de investigación nacionales e internacionales en el área aeroespacial. Cuenta con numerosas publicaciones en revistas, congresos e informes técnicos para dependencias de educación.