

ANÁLISIS DE DESEMPEÑO DE LAS IMPLEMENTACIONES MPE-FEC Y MODO 4K EN DVB-H

Michel Andrés Rincón Castillo

Estudiante Programa de Ingeniería Electrónica, Universidad Autónoma de Colombia

Héctor Javier Espinosa Triana

Estudiante Programa de Ingeniería Electrónica, Universidad Autónoma de Colombia

Recibido: 01-05-2009, aceptado: 15-06-2009, versión final: 15-06-2009

RESUMEN

Este artículo presenta y analiza el desempeño de MPE-FEC y el modo 4K, servicios presentes en la capa de enlace y en la capa física del estándar de televisión digital para dispositivos móviles DVB-H. se hace énfasis en la descripción de estos servicios, presentando los posibles formatos que se tienen con los parámetros que cada uno muestra y teniendo en cuenta el escenario de estudio para una posible implementación en una determinada red SFN. Se describe la capa de enlace del sistema DVB-H, señalando principalmente el desempeño del servicio MPE-FEC, las tasas de codificación que soporta y la configuración de las respectivas tablas de datos de aplicación y tabla de datos RS, para determinar junto con el time slicing las particularidades de las ráfagas de información. En cuanto a la capa física, se representan las características y ventajas del modo de transmisión 4K para el desempeño en ambientes móviles dentro de una red SFN. Finalmente, se hace un comparación entre los modos de transmisión de 2K, 4K y 8K presentes en DVB-T, teniendo en cuenta los intervalos de guarda y la modulación que más se ajusta a los requerimientos de la implementación. Los resultados obtenidos demuestran que realizando una elección adecuada de los diferentes parámetros disponibles en los servicios del sistema DVB-H, se puede generar una determinada configuración de red que aporte una gran flexibilidad y un óptimo desempeño para una determinada transmisión móvil de televisión digital en una red SFN.

Palabras claves: *televisión digital, formato digital, capa de enlace.*

ABSTRACT

This paper presents and analyzes the performance of MPE-FEC and 4K mode, services at the link layer and physical layer of digital television standard DVB-H mobile devices. emphasis is placed on the description of these services, featuring the possible formats that are the parameters that each sample and taking into account the stage of study for a possible implementation in a given SFN. Describes the link layer of DVB-H, primarily noting service performance MPE-FEC coding rates and supporting the configuration of the respective application data tables and RS data table to determine along with the the particularities of time slicing bursts of information. As for the physical layer, are shown the features and benefits of 4K transmission mode for performance in mobile environments within an SFN. Finally, make a comparison between the modes of transmission of 2K, 4K and 8K presentes in DVB-T, taking care considering the intervals and the modulation that best fits the requirements of implementation. The results show that by proper choice of the different settings available on the services of DVB-H, you can generate a given network configuration that provides great flexibility and optimum performance for a particular wireless transmission of digital television in a SFN.

Keywords: *digital television, digital format, link layer.*

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años las telecomunicaciones han estado sometidas a cambios en sus estructuras gracias a los avances tecnológicos, la creación de nuevos sistemas de tecnología digital nos ha permitido mejorar muchísimos procesos dentro de la familia de las telecomunicaciones, brindando mejores características, nuevas prestaciones a los diversos servicios y mejoras altamente considerables en la calidad de transmisión de los sistemas. En la televisión digital terrestre DVB-T, el desarrollo de nuevos estándares aplicados a modos de transmisión y ambientes específicos, han permitido perfeccionar las técnicas en la entrega de información. Como es el caso del estándar de televisión digital para dispositivos portátiles DVB-H, estándar desarrollado por DVB que constituye una plataforma de difusión IP orientada a terminales portátiles, que combina la compresión de video y el sistema de transmisión de DVB-T.

DVB-H hace compatible la recepción de la TV Digital terrestre en receptores portátiles alimentados con baterías. Es decir, DVB-H es una adaptación del estándar DVB-T adecuado a las exigencias de los terminales móviles.

Teniendo en cuenta las funcionalidades que deben tener el receptor y el transmisor para poder operar en un ambiente móvil dentro de una red SFN, es posible enumerar la principales exigencias que debe satisfacer el sistema DVB-H para lograr la transmisión de televisión digital a dispositivos portátiles, como lo son:

- El sistema de transmisión ofrecerá la posibilidad de apagar la potencia repetidamente en algunas partes de la cadena de recepción. Esto reducirá la potencia promedio de consumo del receptor.
- El sistema de transmisión garantizará la facilidad a los receptores de moverse desde una celda de transmisión a otra mientras mantiene el servicio DVB-H.
- Para un determinado número de escenarios de recepción; interiores, exteriores, peatonales y dentro de un vehículo

en movimiento, el sistema transmisor ofrecerá suficiente flexibilidad y escalabilidad para permitir la recepción de servicios DVB-T en varias velocidades, mientras que se optimiza la cobertura del transmisor.

- El sistema transmisor ofrecerá los medios para mitigar el ruido de los diferentes ambientes y sus efectos sobre el rendimiento y la recepción en el terminal.

El sistema completo DVB-H es una combinación de elementos de la capa física y la capa de enlace, así como también información de servicio. DVB-H hace uso de los siguientes elementos tecnológicos para la capa de enlace y la capa física:

Capa de enlace:

- *Time slicing* con el propósito de reducir el consumo de potencia promedio en el terminal receptor y permitir sin contratiempos la entrega de frecuencias.
- MPE-FEC para una mejora en el rendimiento de la relación C/N y el rendimiento Doppler en los canales móviles, también para mejorar la tolerancia a la interferencia impulsiva.

Capa física:

Dentro de la capa física los cambios más notorios son realizados al estándar terrestre DVB-T con los siguientes elementos técnicos, específicamente apuntados a DVB-H como son:

- La señalización DVB-H usa los bits TPS para mejorar y aumentar la detección del servicio. Una celda de identificación es también llevada en los bits TPS para respaldar rápidamente la exploración de la señal y frecuencia transmisora sobre los receptores móviles.
- El modo 4K para equilibrar la movilidad y el tamaño de las celdas SFN, permitiendo la recepción con una simple antena en medios SFNs con una velocidad muy

alta, agregándole flexibilidad al diseño de la red.

- Entrelazador profundo de símbolo, para los modos 2K y 4K, para mejorar aun más la robustez en los ambientes móviles y condiciones de ruido impulsivo.

Las modificaciones substanciales que se realizan en DVB-H, hechas a la capa de enlace DVB, consisten en la introducción del servicio *Time Slicing* y una implementación MPE-FEC. *Time Slicing* apunta a reducir el consumo de potencia en los terminales móviles de mano. Por consiguiente es obvio que el *Time Slicing* será optimizado desde el punto de vista del terminal. Mientras que, MPE-FEC tiene como objetivo mejorar la relación C/N y el rendimiento Doppler en los canales móviles, además de mejorar la tolerancia a la interferencia impulsiva. Esto se cumple a través de la introducción de un nivel adicional de corrección de error en la capa MPE.

Por otra parte, las modificaciones hechas a la capa física por parte de DVB-H se ven reflejadas en la inclusión de una adaptación a la señalización TPS, donde se modifican y añaden parámetros para la identificación de las señales en el demodulador. Igualmente, DVB-H incluye un nuevo modo de transmisión en la capa física DVB-T que usa una FFT (*Fourier Fast Transformer* - Transformada rápida de Fourier) de tamaño 4096, se lo conoce como el modo 4k. El modo 4K trae flexibilidad adicional en el diseño de la red, para equilibrar el rendimiento en recepción móvil y el tamaño de las redes SFN. El propósito del modo 4K es también arquitectónicamente o de compatibilidad hardware con la infraestructura DVB-T existente, necesitando solamente cambios mínimos en el modulador y el demodulador.

2. CAPA DE ENLACE

Time Slicing

El concepto de *time slicing* es para enviar datos en ráfagas usando una velocidad de transmisión significativamente alta comparada con la velocidad de transmisión requerida si los datos

fueran transmitidos continuamente. Dentro de una ráfaga, el tiempo para el inicio de la siguiente ráfaga (Δt) es indicado. Entre las ráfagas, los datos del flujo introductorio no son transmitidos, permitiendo a otros flujos introductorios usar la velocidad de transmisión de otras maneras previstas. Esto habilita al receptor a permanecer activo por solo una fracción del tiempo, mientras se reciben las ráfagas de un servicio solicitado. Si se necesita una velocidad de transmisión baja constante para el terminal móvil portátil, esta puede ser proporcionada por el buffer de recepción de ráfagas. La potencia consumida depende del *duty cycle* del esquema *time slicing* mostrado en la figura 1. Se asume un *duty cycle* de 10%, lo cual implica un 90% de reducción de potencia consumida.

Time slicing suporta la posibilidad de usar el receptor para monitorear celdas vecinas durante los tiempos apagados. Para conseguir el cambio entre el flujo de transporte durante un periodo apagado, la recepción de un servicio es aparentemente ininterrumpida (*handover*).

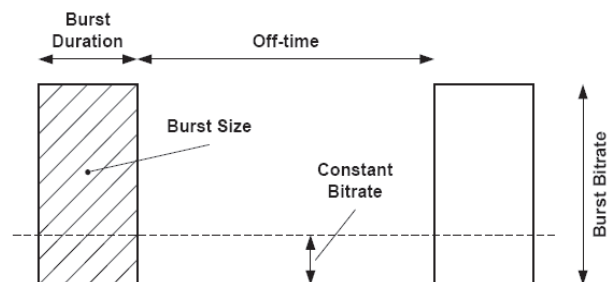


Figura 1. Esquema de *Time Slicing*

El tiempo de apagado es el tiempo entre ráfagas. Durante el tiempo de apagado, no se reparten paquetes de transporte en el flujo elemental relativo. Note que durante el tiempo de apagado (mientras la ráfaga es transmitida), los paquetes de transporte de otros flujos elementales pueden también ser transmitidos. Esto ocurre cuando la velocidad de la ráfaga es menor que la velocidad del flujo de transporte.

Cabe mencionar que *time slicing* utiliza un método Δt , método que tiene el objetivo básico de indicar el tiempo desde el inicio de la sección o MPE-FEC, que está siendo recibida

actualmente, para el inicio de la próxima ráfaga dentro del flujo elemental, como se muestra en la figura 2.

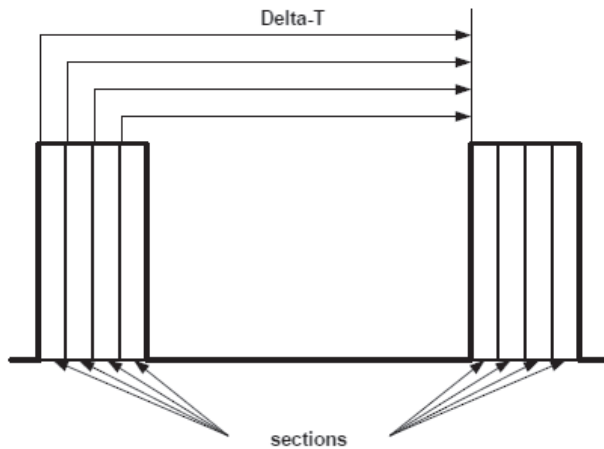


Figura 2. Descripción de delta-t en las secciones MPE-FEC.

Cada sección delta-t indica el inicio de la próxima ráfaga, y a su vez determina cuando el receptor debe apagarse o encenderse.

3. MPE-FEC

El objetivo de MPE-FEC es el de mejorar la relación señal a ruido ante el efecto Doppler en canales móviles y mejorar también la tolerancia a interferencia impulsiva. Esto se consigue introduciendo un nivel adicional de control de errores en la capa MPE. Se añade información de paridad calculada a partir de los datagramas IP y se envía esta información en secciones MPE-FEC específicas.

El uso de MPE-FEC permite varias configuraciones. Estas configuraciones se pueden establecer como parámetros mediante una tasa MPE-FEC, que puede tomar multitud de valores, desde 1/1 en el que no existiría código redundante hasta el 1/2 en el que para cada símbolo se añadiría otro de redundancia. Existen otros como 7/8, 5/6, 3/4 o 2/3 aparte de los 1/1 y 1/2.

Mediante MPE-FEC una cantidad flexible de la capacidad de transmisión del canal se dedica a redundancia para mejorar la robustez del sistema.

La redundancia introducida por MPE-FEC puede ser compensada escogiendo un tasa de codificación en la modulación ligeramente inferior consiguiendo mejorar la respuesta del sistema con respecto a la que se obtendría utilizando DVB-T sin MPE-FEC de la misma tasa.

Cada ráfaga DVB-H contiene una trama MPE-FEC. La trama MPE-FEC está organizada como una matriz con 255 columnas y un número flexible de filas. El número de filas puede variar desde 1 hasta el valor señalado en el identificador descriptivo *Time Sliced FEC*. El valor máximo permitido para este tamaño es 1024, el cual hace el total de la trama MPE-FEC casi de 2 Mb de grande.

Cada posición en la matriz sostiene un byte de información. La parte izquierda de la trama MPE-FEC, se compone de las 191 columnas del extremo izquierdo, las cuales son dedicadas para datagramas IP y posibles rellenos, y son llamadas la tabla de datos de Aplicación. La parte derecha de la trama MPE-FEC, se compone de 64 columnas al extremo derecho, las cuales son dedicadas para información de paridad del código FEC y es llamada la tabla de datos RS. En la figura 3 se muestra la estructura de la trama MPE-FEC.

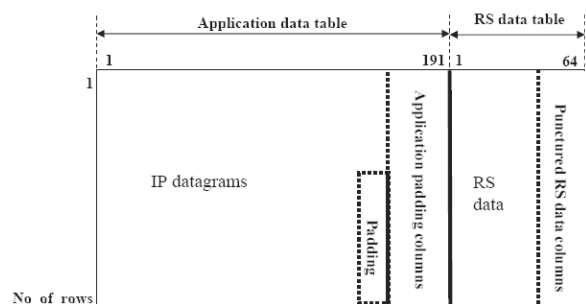


Figura 3. Estructura de la Trama MPE-FEC

Dependiendo de la configuración de los servicios se pueden obtener diferentes combinaciones de duración de la ráfaga, medida de la ráfaga y tiempo de espera. Cada sección MPE llevando datagramas IP señalará el tiempo delta- T desde el inicio de la siguiente ráfaga proporcionando un método seguro para conse-

guir la sincronización de la ráfaga. El ahorro de potencia obtenido aumenta con la velocidad de la ráfaga.

4. CAPA FÍSICA

El estándar DVB-H es una extensión del estándar DVB-T que usa una FFT de tamaño 4096, se lo conoce como el modo 4k. Además de los modos de transmisión 2K y 8K proporcionados originariamente por el estándar DVB-T, el modo 4K trae flexibilidad adicional en el diseño de la red por equilibrar el rendimiento en recepción móvil y el tamaño de las redes SFN. En el modo 4K se tiene una compatibilidad hardware con la infraestructura DVB-T existente, ya que se necesitan cambios mínimos en el modulador y el demodulador. En la figura 4 se muestra los bloques en el sistema DVB-T, el cual está modificado con las incorporaciones del modo 4K.

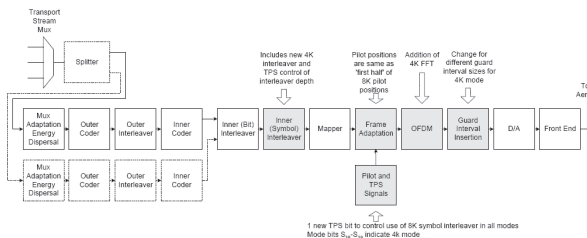


Figura 4. Diagrama de Bloques Funcional del Sistema de Transmisión DVB-H.

Como se muestra en la figura 4, al hacer la comparación con respecto al modulador DVB-T (modo 8K y 2K), en el modo 4K se pueden encontrar diferencias en los módulos de entrelazado de símbolo, de adaptación de trama, OFDM y los intervalos de guarda.

A diferencia del modo 8K y 2K, aquí, en el entrelazado de símbolo se toman grupos de 4096 símbolos para ser intercalados, al desordenar símbolos lo que se consigue es separar portadoras (cada símbolo modula una portadora) que estén correlacionadas entre sí de forma que ante un desvanecimiento profundo la posibilidad de que símbolos contiguos se vean afectados sea pequeña. Así, una portadora atenuada puede ser recuperada a partir de la correlación

que existe con otras portadoras que no han sido atenuadas.

En el módulo de adaptación de trama se insertan las portadoras piloto y la señalización de los parámetros de transmisión (TPS¹) del modo 4K, la información TPS se usa en DVB-H para señalar el *Time Slicing* y el MPE-FEC así como también la opción del modo 4K.

En el módulo en donde se generan las múltiples portadoras OFDM se realiza una IFFT con 4096 puntos. Además los intervalos de guarda del modo 4K son, como se muestra en la tabla 1, diferentes a los del modo 8K y 2K.

Tabla 1
Longitudes de los Intervalos de Guarda para Todos los Modos de Transmisión

	8K	4K	2K
1/4	224 μS	112 μS	56 μS
1/8	112 μS	56 μS	28 μS
1/16	56 μS	28 μS	14 μS
1/32	28 μS	14 μS	7 μS

5. CONSIDERACIONES DEL MODO 4K

En el sistema DVB-T, el modo de transmisión 2K es conocido por suministrar un mejor rendimiento en la recepción móvil que el modo 8K, debido a que se tiene un menor número de portadoras en el mismo ancho de banda que en el modo 8K y por lo tanto un mayor espacio entre portadoras. Sin embargo, la duración de los símbolos OFDM en el modo 2K y, por consiguiente, la duración de los intervalos de guarda asociados son muy cortos. Esto hace que el modo 2K sea solo adecuado para SFNs de tamaño pequeño, convirtiendo difícil el trabajo para los diseñadores de red en la construcción de redes con una eficiencia espectral. A partir de la Tabla 1, se puede ver que un símbolo OFDM 4K tiene un mayor intervalo de guarda que un sím-

¹ *Transmission Parameter Signalling* (Señalización de parámetros de transmisión).



bolo OFDM 2K, permitiendo así la construcción de redes SFN de tamaño mediano. Esto brinda a los diseñadores de red una mejor manera de optimizar las redes SFN, con respecto a la eficiencia espectral.

Aunque tal optimización no es tan alta como con el uso del modo de transmisión 8K, otros beneficios derivaran del uso del modo 4K. Con una duración de símbolo corta en el modo 8K, la estimación del canal puede ser hecha más frecuentemente en el demodulador, por esta razón se suministra un rendimiento de recepción móvil el cual, a pesar de no ser tan alto como con el modo de transmisión 2K, es a pesar de todo adecuado para el uso de escenarios DVB-H. Además, doblar el espacio entre subportadoras con respecto al modo 8K, permite la recepción móvil con estimaciones de complejidad de canal razonablemente bajas, minimizando el consumo de potencia y el costo del receptor DVB-H.

La incorporación del modo 4K proporciona un buen cambio para los dos lados del sistema: la eficiencia espectral de los diseños de la red DVB-H y la gran movilidad para los consumidores DVB-H. También, el modo 4K aumenta las opciones disponibles para planear flexiblemente una red de transmisión brindando balanceo de cobertura, eficiencia espectral y capacidad de recepción móvil.

Para una recepción en movimiento y portátil el esquema de modulación más usado es 16QAM con una tasa de código de $\frac{1}{2}$ o $\frac{2}{3}$, el cual requiere una relación C/N moderada, además de proporcionar suficiente capacidad de transmisión para los servicios DVB-H.

6. ANÁLISIS DEL MODO 4K FRENTE AL MODO 8K EN UN ENTORNO MÓVIL

El siguiente análisis se llevará a cabo tomando como referencia las gráficas mostradas a continuación, las cuales fueron tomadas del estándar ETSI TR 102 401 [1]. Estas muestran varios tipos y condiciones de recepción: en interiores, caminando en exteriores y en entornos de movilidad

rápida de áreas urbanas y suburbanas; para DVB-T (modo 8K) y DVB-H (modo 4K) en diferentes configuraciones.

La tabla 2 muestra los diferentes tipos de ambientes y velocidades que se utilizaron para elaborar este análisis.

Tabla 2

Modos de recepción y rangos de velocidad.

Modo de recepción	Categoría de velocidad	
Portátil en exteriores	< 10 km/h	Peatón
Portátil en interiores	10 km/h to 50 km/h	Urbano
Móvil en interiores	50 km/h to 130 km/h	Carretera
Móvil in-car	> 130 km/h	Tren de alta velocidad

Recepción Móvil in-car

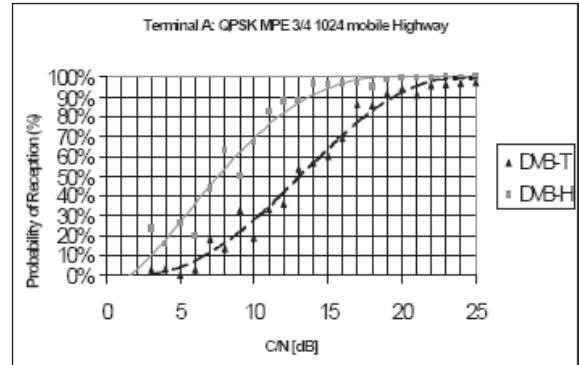


Figura 5. Curvas de recepción móvil en autopista, QPSK 1/2 MPE-FEC $\frac{3}{4}$

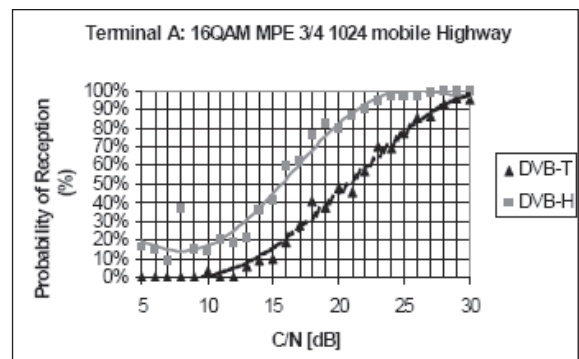


Figura 6. Curvas de recepción móvil en autopista, 16QAM 2/3 MPE-FEC $\frac{3}{4}$

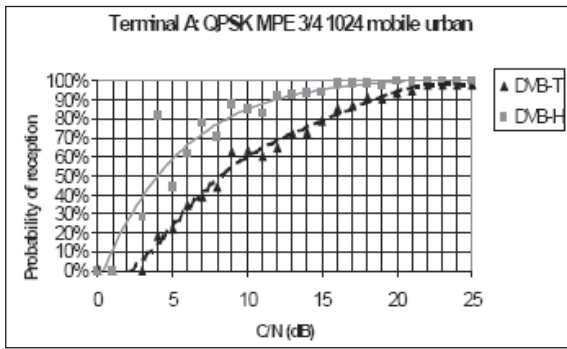


Figura 7. Curvas de recepción móvil urbano, QPSK 1/2 MPE-FEC 3/4

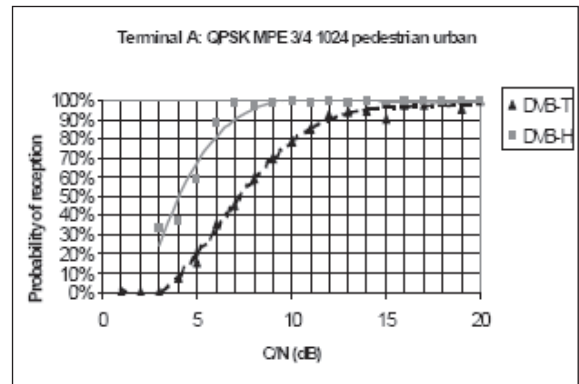


Figura 10. Curvas de recepción peatonal urbano, QPSK 1/2 MPE-FEC 3/4.

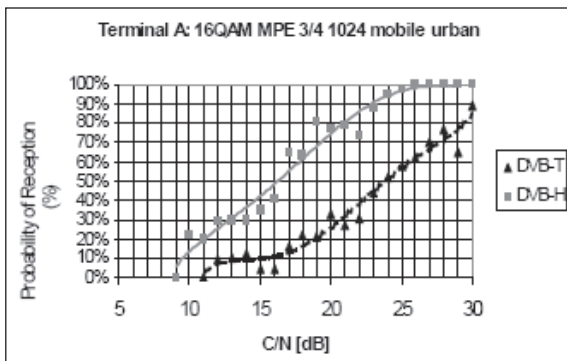


Figura 8. Curvas de recepción móvil urbano, 16QAM 2/3 MPE-FEC 3/4

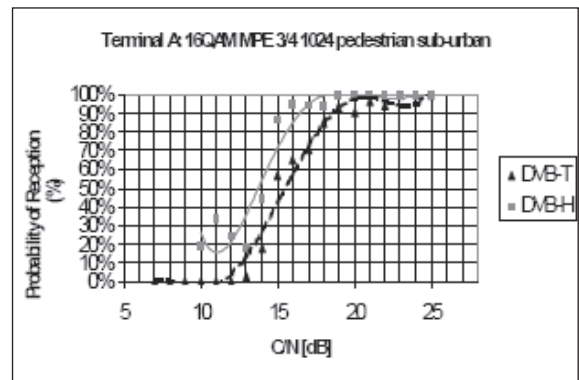


Figura 11. Curvas de recepción peatonal suburbano, 16QAM 2/3 MPE-FEC 3/4

Aquí se puede apreciar que en ambientes de recepción móvil el comportamiento del modo 4K es mucho mejor que el modo 8K, ya que en el modo 4k se tiene una mayor probabilidad de tener recepción.

Además cabe destacar que cuando el receptor se desplaza a altas velocidades se obtiene un mayor rendimiento cuando se utiliza una modulación de mayor nivel como 16QAM.

Recepción exterior peatonal

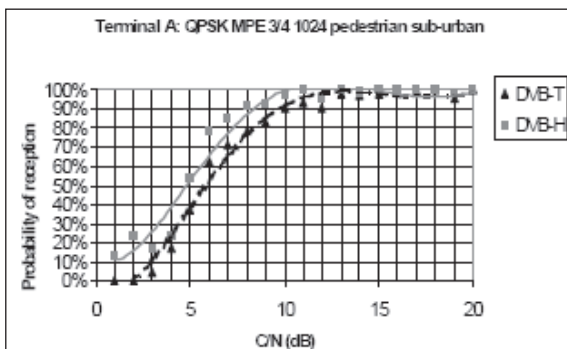


Figura 9. Curvas de recepción peatonal suburbano, QPSK 1/2 MPE-FEC 3/4

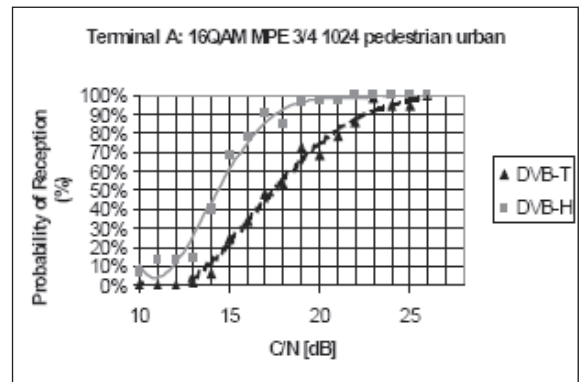


Figura 12. Curvas de recepción peatonal urbano, 16QAM 2/3 MPE-FEC 3/4

En estas gráficas podemos ver que una modulación como QPSK es adecuada para receptores que se desplacen a velocidades bajas.



Recepción peatonal interior

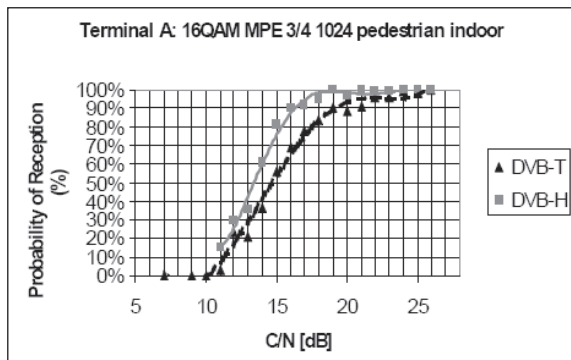


Figura 13. Curvas de recepción peatonal interior, 16QAM 2/3MPE-FEC 3/4

Como se pudo ver en las anteriores gráficas MPE-FEC es útil especialmente para recepciones móviles, pero también muestra resultados muy prometedores en el caso de recepciones peatonales internas y externas.

7. CONCLUSIONES

El ahorro de consumo de potencia es fundamental en el estándar DVB-H gracias a la implementación *Time Slicing*, puesto que con esta se logra hasta un 90% de ahorro de energía en el consumo de batería.

MPE-FEC permite mejorar la relación C/N ante el efecto Doppler en canales móviles y mejorar también la tolerancia a interferencia impulsiva, gracias al nivel adicional de corrección de errores logrado con la paridad adicional y con la entrega de información en secciones MPE-FEC.

La mayor eficiencia que tiene el modo 4K frente al modo 8K, en recepciones móviles, se debe en parte a que en el mismo ancho de banda este tiene un menor número de portadoras, por lo tanto tiene un mayor espacio entre ellas, con lo cual hace frente a la interferencia intersímbolo y la interferencia de canal adyacente, que suelen afectar este tipo de comunicaciones.

La elección de los diferentes parámetros del sistema de transmisión DVB-H garantiza el buen rendimiento del sistema ante las necesidades del usuario.

A partir de este análisis se pudo ver que cuando el receptor se desplaza a altas velocidades se obtiene un mayor rendimiento cuando se utiliza una modulación de mayor nivel como 16QAM y cuando el receptor se desplaza a velocidades como la de un peatón la probabilidad de que haya recepción con una relación C/N baja aumenta cuando se utiliza una modulación QPSK.

REFERENCIAS

- ETSI TR 102 401 (2005). "Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission to Handheld Terminals (DVB-H); Validation Task Force Report". V1.1.1.
- ETSI EN 300 744 (2004). "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television". V1.5.1.
- ETSI TR 102 377 V1.2.1 (2005). Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines.
- Hervé Benoit (2008). Digital Television - Satellite, Cable, Terrestrial, Iptv, Mobile Tv In The DVB Framework. Focal Press. 3ª Edición. Printed in the United States of America.
- ITU. DTTB Handbook (2002). Digital terrestrial television broadcasting in the VHF/UHF bands. ITU.