

Estudio de las Modulaciones Utilizadas en el Sistema de Televisión Digital Terrestre

P. Vera Castejón, F. D. Quesada Pereira, D. Cañete Rebenaque, J. Pascual García,
M. Martínez Mendoza, J.S. Gómez Díaz, F.J. Pérez Soler, J.L. Gómez Tornero y A. Álvarez Melcón
Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Universidad Politécnica de Cartagena, 30202 Cartagena, España
e-mail: alejandro.alvarez@upct.es

Abstract—En este artículo revisamos las características más importantes relacionadas con la modulación empleada en el nuevo sistema de Televisión Digital Terrestre. Veremos las especificaciones más importantes, y revisaremos sus capacidades para rechazar señales indeseadas y evitar los efectos negativos de la propagación multitrayecto. A través de un programa de simulación estudiaremos, con un caso práctico, su robustez ante la interferencia de canales de televisión analógicos adyacentes.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema de Televisión Digital Terrestre (TDT) es uno de los avances tecnológicos que más van a afectar a la sociedad en los próximos años. Ello es debido a la obligatoriedad de realizar la transición desde el sistema de televisión analógica, que ha venido utilizándose desde la invención de la propia televisión, hasta el nuevo sistema de televisión digital. Esta transición está marcada por el previsto *apagón analógico* para el año 2010, en el que todos los hogares deberán contar con la capacidad tecnológica necesaria para recibir los nuevos canales digitales.

Uno de los aspectos más interesantes del nuevo sistema de Televisión Digital Terrestre es el sistema de modulación que emplea, pensado para ser muy robusto ante señales interfirientes, y para poder luchar más eficazmente contra el fenómeno de la propagación multitrayecto (responsable de las molestas dobles imágenes o *fantasmas* del sistema analógico). El sistema de modulación para el nuevo sistema de televisión digital es conocido como COFDM (Coded Orthogonal Frequency Multiplexing) [1].

Con el fin de dar a conocer a los futuros ingenieros de telecomunicación de las características más importantes, y de los principios básicos de funcionamiento de este importante sistema de modulación, hemos ideado una serie de simulaciones con el programa WinIQSIM[©] distribuido por la empresa DISTRON.

II. LA MODULACIÓN COFDM EN EL SISTEMA TDT

El principio básico de la modulación COFDM consiste en utilizar un número grande de portadoras equiespaciadas en frecuencia, y moduladas cada una de ellas en QPSK o QAM, de forma que toda la información a transmitir se reparte entre las diferentes portadoras. Todas las portadoras utilizadas ocuparán el ancho de banda del canal de transmisión (8 MHz en el sistema TDT), y cada una de ellas formará un subcanal,

de forma que la suma de las informaciones contenidas en cada uno de estos subcanales será igual a toda la información que se desea transmitir.

En COFDM la velocidad de símbolo¹ o tasa de símbolo de cada portadora se hace coincidir con la distancia entre portadoras. Esto es debido a que el espectro de una portadora modulada en QPSK o QAM contiene un nulo en potencia a una distancia de la portadora igual a su velocidad de símbolo. De esta forma, si la siguiente portadora se hace coincidir con ese nulo, la interferencia entre ellas será mínima.

III. COMPROBACIÓN DE LA ROBUSTEZ DEL SISTEMA COFDM ANTE CANALES ANALÓGICOS ADYACENTES

Una cuestión importante es el comportamiento de los nuevos canales digitales, cuando se encuentren con canales adyacentes analógicos. En el caso de ser dos canales analógicos adyacentes existirían muchos problemas de interferencias entre ellos, dado que sería imposible filtrar en su totalidad las señales que emite un canal sobre el ancho de banda destinado al otro canal. Sin embargo, en el caso de ser adyacentes un canal analógico y un canal digital, el problema es mucho menor.

En esta sección utilizaremos el programa de simulación WinIQSIM[©], para estudiar las interferencias que un canal analógico adyacente puede provocar en un canal digital con modulación COFDM. El canal analógico simulado solo contendrá varios tonos de diferente frecuencia, por debajo de 25 MHz, debido a limitaciones del simulador. Sin embargo, esto no va a suponer ninguna limitación en cuanto a la obtención de resultados y conclusiones, porque el efecto de interferencia es independiente de donde se encuentren colocados los canales en el espectro radioeléctrico.

Para generar el sistema de modulación COFDM, procederemos a iniciar el programa WinIQSIM[©], y seleccionaremos la opción *Multicarrier* como tipo de sistema a simular. El sistema que aparece se muestra en la Fig. 1. En este diagrama de bloques, configuraremos primeramente el bloque *Data Source* escogiendo como tipo de fuente de datos, la opción *PBR9* (secuencia binaria pseudo-aleatoria, según la definición

¹No confundir velocidad de símbolo con velocidad binaria. Recordar que la velocidad de símbolo nos da el número de símbolos que se emiten por segundo. Cada símbolo se codifica con varios bits, de modo que la velocidad binaria es el número de símbolos por segundo, multiplicado por el número de bits empleados en codificar cada símbolo.

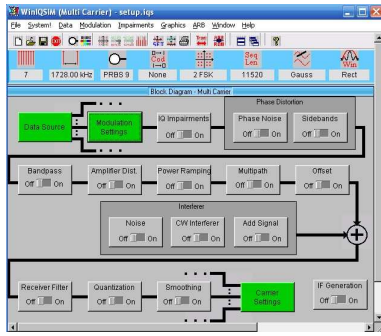


Fig. 1. Sistema *Multicarrier* generado para la simulación de un canal COFDM.

dada en la norma CCITT V.52). Esta secuencia de datos es la que modulará las diferentes portadoras, según el bloque denominado *Modulation Settings*.

Los principales parámetros con los que tendremos que trabajar para definir la modulación se describen a continuación:

- Ancho de banda del canal (B_W).
- Número total de portadoras (N).
- Distancia entre portadoras ($F_s = B_W/N$).
- Velocidad de símbolo de cada portadora ($V_s = F_s = B_W/N$).
- Duración de cada símbolo ($T_s = 1/F_s = 1/V_s = N/B_W$).
- Velocidad total de transmisión ($V_{tr} = N V_s$).

En nuestro caso tomaremos $N = 7$ portadoras, y una velocidad de símbolo de cada portadora de $V_s = F_s = 864$ K, por lo que tendríamos una velocidad total de transmisión de $V_{tr} = 6,048$ M. El ancho de banda del canal será también de $B_W = F_s N = 6,048$ MHz. En el programa de simulación, los parámetros que definen las portadoras usadas en el modelo, se controlan desde la ventana denominada *Carrier Settings*, mostrada en la Fig. 2.

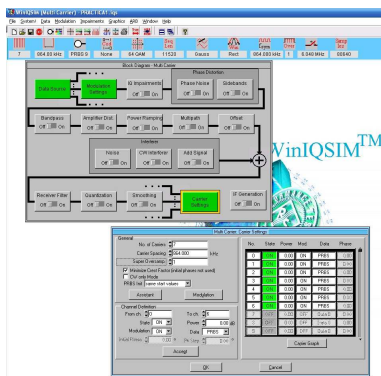


Fig. 2. Ventana *Carrier Settings* donde se ajustan los diferentes parámetros de las diferentes portadoras.

El siguiente paso de nuestro estudio será generar una señal interfiriente, que será producida por un canal adyacente de televisión analógico modulado en amplitud (AM). Para ello generamos un nuevo fichero con el programa, y durante la selección del sistema escogeremos la opción *Single Carrier* (la modulación AM solo tendrá una portadora). Además, debemos

asegurarnos que la velocidad de transmisión coincide con la utilizada en la modulación COFDM, que en nuestro ejemplo es de 6,048 MHz. Todos estos parámetros se ajustan en la ventana *Modulation Settings*. Después del proceso completo obtenemos una señal AM con una moduladora compuesta por varios tonos, según se muestra en el resultado de la Fig. 3.

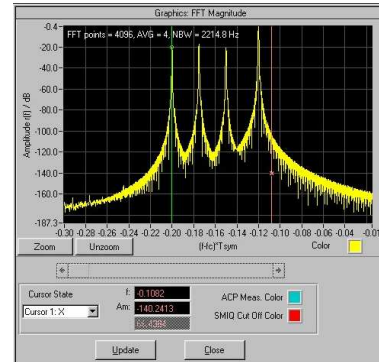
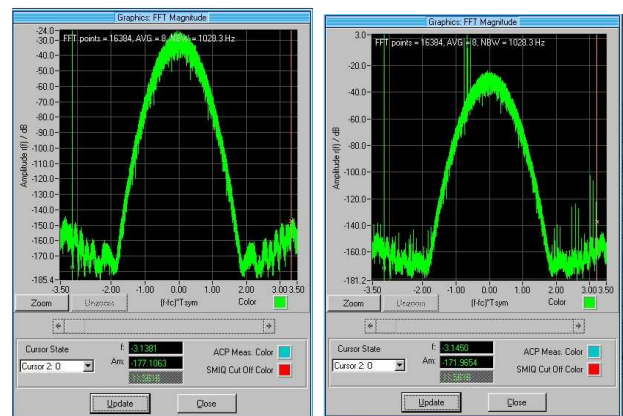


Fig. 3. Espectro final obtenido de la modulación AM generada.

Para comprobar el efecto de interferencia entre el canal analógico y el digital, vamos a visualizar el espectro de una de las portadoras COFDM, antes y después de ser interferida. Después de ajustar los distintos parámetros podemos obtener el espectro de una de las portadoras COFDM, antes y después de ser interferida por el canal analógico. En la Fig. 4 podemos ver el resultado obtenido. En el resultado de la Fig. 4(b)



(a) Espectro de una de las portadoras COFDM antes de ser interferida.

(b) Espectro de una de las portadoras COFDM después de ser interferida.

Fig. 4. Espectro de una de las portadoras COFDM antes y después de ser interferida por la señal AM.

podemos ver claramente localizada la interferencia AM sobre la COFDM. Podemos apreciar, comparando con el espectro obtenido en la Fig. 4(a), que la interferencia no es significativa si la comparamos con el resto de la señal de COFDM que no se encuentra afectada por la interferencia.

REFERENCES

[1] J. L. F. Carnero and R. L. Santos, *Sistemas para Recepción de TV analógica y digital*. Spain: Televes, 1998.