

Transmisión SFBC distribuida en redes SFN de DVB-T2

Iker Sobrón, Pello Ochandiano, Lorena Martínez, Mikel Mendicute, Jon Altuna
{isobron,pochandiano,lmartinez,mmendikute,jaltuna}@eps.mondragon.edu
Dpto. de Electrónica e Informática. Mondragon Unibertsitatea
Loramendi 4, 20500 Arrasate-Mondragón.

Abstract—Theoretical analysis of MIMO technology has shown that the use of multiple antennas at both transmitter and receiver achieves a significant capacity increase. Spatial multiplexing, diversity or interference cancellation can be the benefits of the MIMO transmission, which have been included in most of the last wireless communication systems. In fact, the second generation of terrestrial digital television, DVB-T2, allows to operate in SFN scenarios using a distributed multi-antenna transmit diversity technique based on the well-known Alamouti scheme.

In this paper we analyze the behaviour of the MISO DVB-T2 system in SFN networks modifying the power and the delay of the received MISO signals. Performance results are presented as BER curves and are compared to the self-interference problem, a DVB-T2 SISO system affected by echoes from one second transmitter of the SFN network.

I. INTRODUCCIÓN

La tecnología MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*) ha sido ampliamente estudiada en los últimos años demostrando una alta eficiencia en el aprovechamiento del canal inalámbrico. El procesamiento de señal con múltiples antenas en transmisión y recepción ofrece diferentes posibilidades en la explotación de la capacidad del canal MIMO; tales como multiplexación espacial, diversidad o cancelación de interferencia. Estas técnicas han sido incluidas en diferentes sistemas de comunicaciones inalámbricas como los estándares WLAN IEEE 802.11n o WMAN IEEE 802.16e, y actualmente son un intenso campo de investigación en el ámbito de la televisión digital terrestre. Por un lado, la inclusión de diversidad combinada con multiplexación espacial está siendo investigada en el proceso de estandarización del futuro sistema de televisión digital orientado a móviles DVB-NGH [1]. Por otro lado, la detección en redes SFN (*Single Frequency Network*) de la técnica de diversidad multiantena SFBC (*Space-Frequency Block Coding*), incluida en el estándar de la segunda generación de televisión digital terrestre DVB-T2 [2], es otro tema de gran interés. Este sistema plantea un escenario MISO (*Multiple-Input Single-Output*) de dos antenas transmisoras basado en la codificación de Alamouti [3] y distribuido a través de la red de frecuencia única o SFN. De esta manera, un receptor obtiene información redundante de dos transmisores cuyas localizaciones distan varios kilómetros.

Este artículo analiza la detección del sistema MISO distribuido de DVB-T2 en diferentes escenarios SFN. Como se ha explicado anteriormente, la técnica multiantena SFBC

utiliza diferentes transmisores de la red SFN para conformar el sistema MISO distribuido de dos antenas. Esta configuración habitualmente se considera síncrona. Sin embargo, las señales transmitidas pueden llegar al receptor con diferentes retardos y potencias debido al efecto del canal. La recepción bajo estas condiciones afecta a la diversidad del sistema y el rendimiento del esquema MISO puede variar. Por otro lado, suponiendo la misma distribución de red SFN en un sistema SISO, la recepción de una señal o eco desde un segundo transmisor de la red es considerada como auto-interferencia o *self-interference* afectando también al rendimiento del sistema. Éste es uno de los principales problemas del actual despliegue de redes SFN en DVB-T por lo que en este artículo se presenta la comparación entre el sistema MISO distribuido y el sistema SISO (*Single-Input Single-Output*) de DVB-T2 afectado por *self-interference* bajo la misma distribución de red SFN mostrando los efectos de la red en ambos sistemas.

El resto del artículo se estructura en tres apartados; en el apartado II se presenta una breve descripción del estándar DVB-T2, la codificación SFBC y el modelo de canal SFN. A continuación, se muestran los resultados obtenidos mediante simulación y se finaliza con el apartado IV de conclusiones.

II. MODELO DEL SISTEMA

A. El estándar DVB-T2

DVB-T2 [2] es un sistema BICM-OFDM (*Bit-Interleaved Coded Modulation - Orthogonal-Frequency Division Multiplexing*) con una mayor capacidad y robustez que su predecesor, DVB-T. El nuevo estándar introduce múltiples opciones que lo hacen adaptable a diferentes escenarios de transmisión conllevando una mayor complejidad en su implementación. La Fig. 1 muestra la cadena básica de transmisión que ha sido utilizada en este trabajo. Como muestra el diagrama de bloques, el sistema de transmisión está compuesto por una etapa de codificación, varios entrelazadores y las correspondientes modulaciones. En primer lugar, se realiza la etapa de codificación LDPC (*Low-Density Parity Check*) seguida de un entrelazado de bit. El flujo de información resultante se mapea en QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) para ser de nuevo entrelazado a nivel de símbolo, tiempo y frecuencia. En último lugar, la información se modula en OFDM con la correspondiente inserción del intervalo de guarda. En la Fig. 1 también se ha incluido la codificación SFBC antes de la modulación OFDM; ésta técnica es opcional en el estándar

y corresponde con el procesamiento multiantena analizado en este artículo.

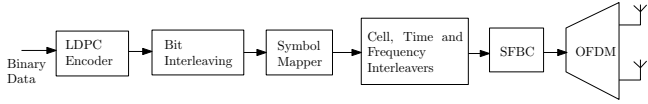


Fig. 1. Cadena básica de transmisión DVB-T2.

B. Codificación espacio-frecuencial de bloque en DVB-T2

La codificación SFBC se basa en la aplicación del esquema de Alamouti [3] en frecuencia a lo largo de un símbolo OFDM. La información se agrupa en pares de símbolos $\mathbf{s} = (s_1, s_2)$ utilizando la siguiente palabra código:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 \\ -s_2^* & s_1^* \end{bmatrix}, \quad (1)$$

de tal forma que una segunda antena transmite información redundante. Las palabras código se agrupan en pares de celdas o portadoras de información hasta llenar un símbolo OFDM como se observa en la Fig. 2. El sistema está propuesto para realizarse con una única antena receptora sin embargo, éste puede generalizarse a varias antenas. Considerando el caso de una antena receptora, la señal recibida en un par de celdas cualquiera se puede expresar como

$$r_j = H_{1,j}s_1 - H_{2,j}s_2^* + n_j, \quad (2)$$

$$r_{j+1} = H_{1,j+1}s_2 + H_{2,j+1}s_1^* + n_{j+1}, \quad (3)$$

siendo r_j la señal recibida en la portadora j , $H_{i,j}$ la respuesta frecuencial del canal desde la antena transmisora i en la portadora j y finalmente, n_j el ruido blanco gaussiano en la portadora j . En [3] se asume que la respuesta del canal es constante en dos instantes consecutivos (en nuestro caso portadoras adyacentes) facilitando así la detección. No obstante, si esta aproximación no se cumple, la detección de [3] introduce interferencia. Por esta razón se ha utilizado la detección lineal *Zero Forcing* que propone la guía de implementación de DVB-T2 [4].

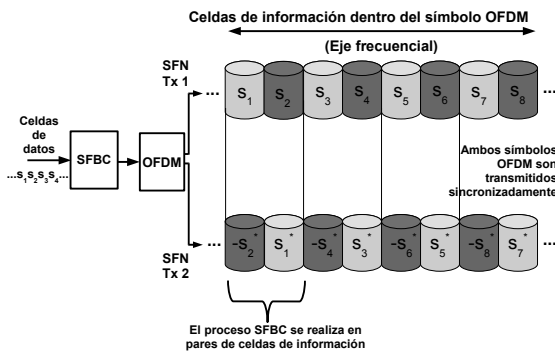


Fig. 2. Codificación espacio-frecuencial de bloque en DVB-T2.

C. MISO distribuido

El sistema formado por los dos transmisores y el receptor se considera un sistema MISO distribuido ya que las antenas transmisoras están localizadas a gran distancia una de la otra dentro de la red SFN. Como se observa en la Fig. 3, el receptor puede estar ubicado en diferentes puntos de la red y por lo tanto, las señales recibidas de cada transmisor pueden estar afectadas por diferentes potencias y retardos aunque estos últimos están restringidos a un valor dentro del intervalo de guarda (IG). En el modelo de canal de la red SFN, se han utilizado dos canales independientes *Typical Urban* de seis trayectos (TU6) [5] donde cada canal está afectado por un retardo y una ganancia debida a la distancia entre transmisor y receptor. Por lo tanto, el modelo de canal se describe matemáticamente de la siguiente manera:

$$h_{SFN} = \sum_{l=1}^M \alpha_l \sum_{k=1}^{Num.ecos} h(\tau_k + t_l), \quad (4)$$

donde M es el número de transmisores, α_l es la ganancia que afecta a todos los ecos del canal del transmisor l , τ_k es el retardo de cada eco y t_l el retraso del canal l .

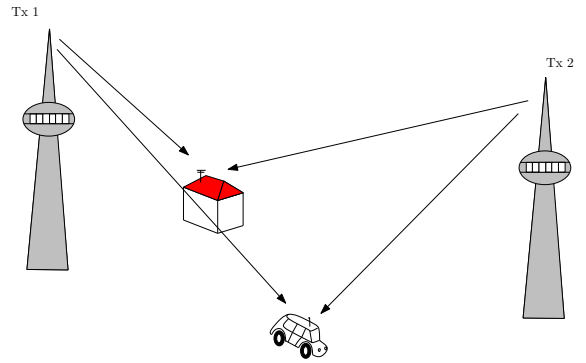


Fig. 3. Sistema MISO distribuido.

III. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos mediante simulación con el fin de observar el efecto que genera la recepción de dos señales MISO con diferente retardo y potencia en la diversidad del sistema. El comportamiento del sistema SFBC es comparado con el caso conocido como *self-interference* donde un sistema SISO recibe un eco desde un segundo transmisor de la red SFN.

La potencia total de la señal enviada por los dos transmisores se ha considerado la unidad y las ganancias del canal cumple las siguientes restricciones:

$$\sum_{l=1}^2 \alpha_l^2 = 1, \quad (5)$$

$$\frac{\alpha_2^2}{\alpha_1^2} = G. \quad (6)$$

TABLE I
PARÁMETROS DEL MODELO DE CANAL SFN

Retardo t	0*IG (Sincronizados)	0.45*IG	0.75*IG	0.9*IG
G	0 dB	-3 dB	-6 dB	

Las ganancias y retardos utilizados en el análisis se definen en la Tabla I. Estos parámetros han sido utilizados de igual manera para el caso SISO con un eco desde un segundo transmisor.

La configuración utilizada en el sistema DVB-T2 ha sido un intervalo de guarda de 1/4, modo 8K de 8192 portadoras, modulación 64-QAM, longitud del bloque LDPC de 64800 bits y una tasa del código LDPC de 2/3.

En la Fig. 4, donde se muestra el comportamiento del sistema MISO en la red SFN, se observa que retardos superiores a 0.75IG (0.75 veces el intervalo de guarda) impiden una correcta detección de la señal. Esto lo indica el suelo de error superior al QEF (*Quasi Error Free*) de $BER = 10^{-7}$ definido en la guía de implementación de DVB-T2 [4]. Por otro lado, observamos que cuando el retardo entre las señales recibidas es superior a 0.45IG, señales de potencias similares reducen el rendimiento. Sin embargo, el comportamiento es el inverso para retardos menores de 0.45IG. El caso síncrono (sin retardo) con señales de misma potencia ofrece el mejor resultado, una relación de señal a ruido $SNR=16.2$ dB en el QEF.

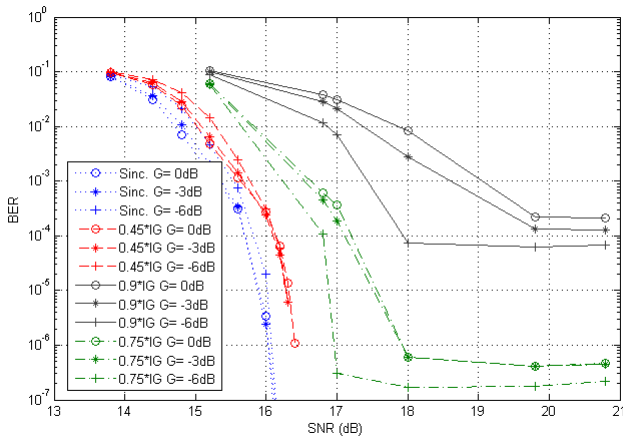


Fig. 4. Comparación de rendimientos del sistema MISO distribuido con diferentes retardos y potencias.

La Fig. 5 presenta la comparación entre el sistema MISO SFBC y el caso de *self-interference*. Se observa que la recepción de una segunda señal o eco de las mismas características que en el caso MISO, tiene un comportamiento destructivo en la detección haciendo que el rendimiento sea muy inferior. Por otro lado, ambos sistemas convergen al caso SISO sin ecos cuando la potencia de la señal del segundo transmisor o eco se hace más pequeña.

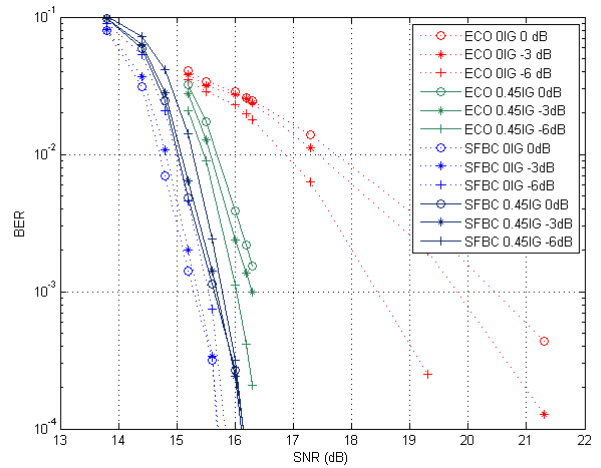


Fig. 5. Comparación de rendimientos del sistema MISO distribuido con el sistema SISO afectado por *self-interference*.

IV. CONCLUSIONES

Este artículo presenta los resultados obtenidos por simulación del comportamiento del sistema SFBC definido en el estándar DVB-T2 en diferentes escenarios de una red SFN. La diferencia entre las potencias de las señales recibidas y un retraso entre ellas reduce el rendimiento del sistema MISO siendo el parámetro más crítico el retraso entre las señales. Si éste supera cierto umbral el sistema no alcanza el QEF haciendo imposible la recepción. Este umbral se puede situar entorno a 0.7IG para la casuística considerada en este artículo. Por otro lado, la comparación de los sistemas MISO y *self-interference* muestra que el problema de interferencia en el despliegue de la red SFN con transmisión SISO se puede solucionar utilizando la configuración MISO.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio por la financiación concedida al proyecto FURIA3, como también al consorcio FURIA por su ayuda en este estudio.

REFERENCES

- [1] J. Nasser, Y. Héland and C. M., "System Level Evaluation of Innovative Coded MIMO-OFDM Systems for Broadcasting Digital TV," *International Journal of Digital Multimedia Broadcasting*, vol. 2008, p. 12, 2008.
- [2] ETSI, "Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). ETSI EN 302 755 V1.1.1," September 2009.
- [3] S. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 16, no. 8, pp. 1451 – 1458, October 1998.
- [4] DVB, "Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)," Document A133, February 2009.
- [5] COST207, "Digital land mobile radio communications (final report)," Commission of the European Communities, Commission of the European Communities, Directorate General Telecommunications, Information Industries and Innovation, Tech. Rep., 1989.