

# Linealización de un Enlace RoF mediante la Transformada Wavelet Estacionaria

Carlos Mateo, Pedro L. Carro, Paloma García-Dúcar, Jesús de Mingo

Grupo de Comunicaciones Móviles (GCM)  
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)  
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.  
Tel. +34-976762707, e-mail: [cmperez@unizar.es](mailto:cmperez@unizar.es)

## Abstract

Se presenta una nueva técnica de modelado del DPD para mejorar la linealización de enlaces de radio sobre fibra (RoF). Dicha técnica consiste en la descomposición de la señal original en niveles multirresolución mediante la SWT. Se utilizarán señales del estándar LTE y se evaluarán los resultados comparando el método propuesto con el modelo polinomial clásico en base al ACPR, NMSE y el EVM.

## Introducción

En los sistemas de comunicaciones actuales se utiliza el concepto de *Cloud Radio Access Network* (C-RAN), basado en la concentración del procesamiento de señal de los diferentes estándares y tecnologías en la misma *Baseband Unit* (BBU). Los enlaces entre la BBU y las diferentes *Remote Radio Heads* (RRH) están compuestos por segmentos ópticos y eléctricos, ambos susceptibles de distorsiones no lineales [1]. Las señales de los estándares actuales, como por ejemplo LTE o LTE-A, son vulnerables a estas distorsiones debido a su elevado *Peak-to-Average Power Ratio* (PAPR). Se produce un recrecimiento espectral en las bandas adyacentes, un efecto conocido como *Adjacent Channel Interference* (ACI). Para corregir estas no linealidades la predistorsión digital (DPD) es una de las mejores opciones. Los coeficientes del DPD son extraídos con modelos matemáticos basados en las series de Volterra [2]. La técnica propuesta para modelar el DPD consistente en descomponer la señal en varios niveles de resolución.

## Modelo propuesto

El modelo de Multirresolución propuesto consiste en descomponer la señal en varios niveles multirresolución [3] como

$$x(n) = c(n)_J + \sum_{j=1}^J d(n)_j, \quad (1)$$

siendo  $x(n)$  la señal de entrada,  $c(n)_J$  su aproximación y  $d(n)_j$  sus detalles. Cada nivel es obtenido de la descomposición de la aproximación del nivel anterior. El análisis multirresolución (MR) es llevado a cabo por la *Stationary Wavelet Transformation* (SWT), la cual mantiene el número de muestras en cada nivel. El proceso se hará hasta el nivel de descomposición  $J$ , obteniendo la aproximación de nivel  $J$ , los detalles del mismo nivel y del  $J-1$ . Solamente se utilizarán dos niveles de resolución para no aumentar el coste computacional en exceso. Se estudiarán varias wavelets, así como sus órdenes, con el fin de optimizar los resultados.

## Setup de medida

El montaje utilizado (ver Fig. 1) consiste en un generador de señales (Agilent E4438C), el cual alimenta un láser DFB ( $I_{\text{bias}}=60\text{mA}$ ). En el link entre la BBU y la RRH es una fibra SMF de 8km de longitud. En la RRH está situado el fotodetector (PD) y el amplificador de potencia (ZHL-4240). Para capturar las señales se ha utilizado un osciloscopio (Agilent DSO90804A). También es necesario un PC conectado por LAN para cargar las señales en el ESG, capturarlas desde el osciloscopio y posteriormente procesarlas. Las señales utilizadas son señales LTE con un ancho de banda de 5 MHz (5-QPSK) y 10 MHz (10-16QAM), y un PAPR de 10,55 y 13,30 dB respectivamente.

## Resultados

La Tabla I presenta la comparativa entre el método propuesto y el polinomial clásico. El NMSE ofrece una mejora en todos los casos, siendo 5-QPSK el mejor resultado con una mejora de 2,28 dB, alcanzando un valor de -29,57 dB. En cuanto al ACPR, los resultados muestran una mejora con la técnica propuesta, lo que significa que es capaz de reducir mejor el recrecimiento espectral. La mejora alcanza un valor de 1,59 dB para 10-16QAM, con un ACPR de -34,52 dBc. Fig. 2 muestra la NPSD (Normalized Power Spectrum Density) de la señal 5-QPSK medida a la salida del sistema, y

linealizada con ambas técnicas. Se puede ver como ahora cumple la máscara espectral impuesta por el estándar. Se ha evaluado el EVM para medir la calidad de la señal a la salida del sistema. Con el uso de los DPD, el EVM se ha reducido respecto del caso de no linealizar la señal. Además, con la técnica propuesta esta reducción es mayor que con el modelo de pseudoinversión, con una mejora de 5,84 puntos, alcanzando los 2,23% para la señal 5-QPSK y estando dentro de los límites del estándar (17,5% para QPSK y 12,5% para 16QAM). Fig. 3 presenta la constelación con y sin el predistorsionador para ambas señales.

**Tabla I. Resultados obtenidos con predistorsionadores Polinomial (P) y Multirresolución (M).**

Señal	DPD	Wav.	NMSE (dB)	ACPR (dBc)	EVM (%)
5-QPSK	-	-	-	-24,31	8,07
5-QPSK	P-PM	-	-27,29	-31,71	2,46
5-QPSK	M-PM	'db17'	-29,57	-33,23	2,23
10-16QAM	-	-	-	-26,33	7,35
10-16QAM	P-PM	-	-30,36	-32,93	2,80
10-16QAM	M-PM	'db25'	-31,27	-34,52	2,68

### Conclusiones

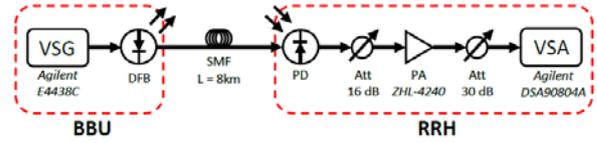
Los resultados experimentales muestran que el NMSE mejora en todos los casos estudiados, alcanzando una mejora de 2,28 dB respecto del modelo cásico. La reducción del recrecimiento espectral es también mejor con el método propuesto, alcanzando -34,52 dBc y cumpliendo los requerimientos de emisión del estándar. El valor del EVM a la salida del sistema muestra que con ambos predistorsionadores su valor se ha reducido, con un EVM de aproximadamente 2,5%, estando dentro de los límites del estándar.

### REFERENCIAS

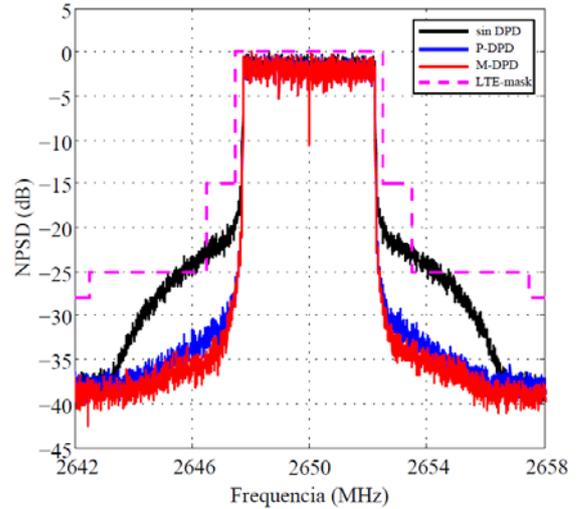
[1]. R. ZHU, B. HRAIMEL, AND X. ZHANG. Analysis of Simultaneous Photonic Frequency Downconversion and Optical Subcarrier Modulation in an Electroabsorption Modulator. *J. Lightwave Technology*, 2012, 30(3), 344-354.

[2]. D. R. MORGAN, Z. MA, J. KIM, M. G. ZIERDT, and J. PASTALAN. A generalized memory polynomial model for digital predistortion of RF power amplifiers. *IEEE Transactions On Signal Processing*, 2006, 54(10), 3852-3860.

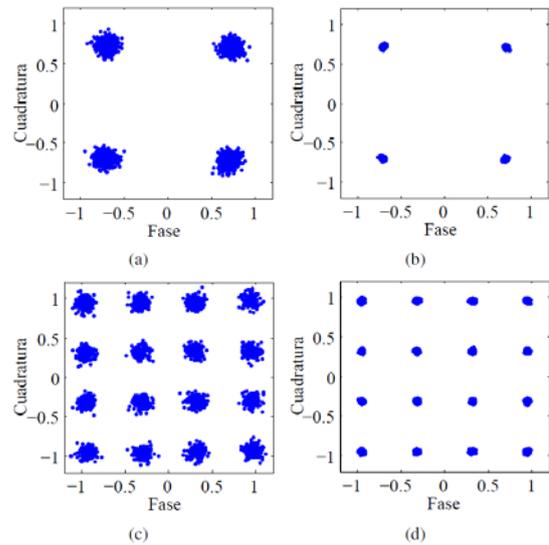
[3]. L. LIU, AND J. JIANG. Using Stationary Wavelet Transformation for Signal Denoising. *Eighth Intern. Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 2011, 2203-2207.



**Fig. 1. Setup experimental del enlace RoF entre la BBU y la RRH.**



**Fig. 2. NPSD de la señal 5-QPSK a la salida del sistema sin DPD (negro), con el DPD basado en pseudoinversión (azul) y basado en multirresolución (rojo).**



**Fig. 3. Constelación medida a la salida del sistema con la señal 5-QPSK (a) sin DPD, (b) con DPD, y con la señal 10-16QAM (c) sin DPD y (d) con DPD.**