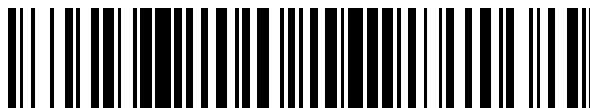


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 556 148**

21 Número de solicitud: 201400556

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04J 11/00 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

22 Fecha de presentación:

09.07.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.01.2016

Fecha de la concesión:

13.04.2016

45 Fecha de publicación de la concesión:

20.04.2016

73 Titular/es:

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ (100.0%)
Plaza de San Diego, s/n
28801 Alcalá de Henares (Madrid) ES

72 Inventor/es:

CRUZ ROLDÁN, Fernando;
PINTO BENEL, Freddy Albert;
BLANCO VELASCO, Manuel;
REYNOSO DÍAZ, Francisco Javier;
HERNÁNDEZ ALONSO, Álvaro y
UREÑA UREÑA, Jesús

54 Título: **Método de recepción (demodulación) de señales multiportadora wavelet-OFDM, correspondientes dispositivos para recibir**

57 Resumen:

Método de recepción (demodulación) de señales multiportadora wavelet-OFDM, correspondientes dispositivos para recibir.

La invención propone un procedimiento de recepción de señales multiportadora moduladas en el transmisor con un sistema wavelet-OFDM basado en un banco de filtros modulado ELT. La invención propone un algoritmo rápido de implementación que efectúa la recepción de señales, y de forma opcional, una etapa de igualación de canal con un único coeficiente o función sistema por subportadora. Con los esquemas de modulación utilizados para obtener el sistema, la invención propuesta, comparándola con OFDM, puede: a) permitir separar con mayor eficiencia espectral la información en cada una de las subportadoras; b) aumentar la robustez del sistema; c) incrementar la inmunidad del sistema frente a interferencias de banda estrecha.

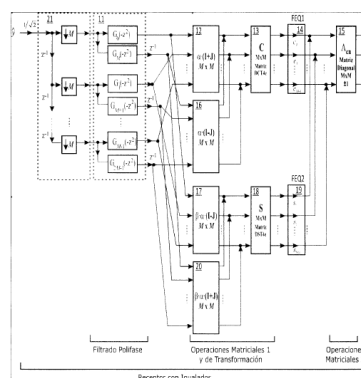


Figura 7

ES 2 556 148 B2

DESCRIPCIÓN

**MÉTODO DE RECEPCIÓN (DEMODULACIÓN) DE SEÑALES MULTIPORTADORA
WAVELET-OFDM, CORRESPONDIENTES DISPOSITIVOS PARA RECIBIR**

SECTOR DE LA TÉCNICA

- 5 La invención se encuentra enmarcada en el sector de las telecomunicaciones. Ejemplos ilustrativos no limitativos de utilidad de la invención pueden ser: comunicaciones a través de la red eléctrica convencional con wavelet-OFDM (Power Line Communications), comunicaciones de banda ancha (xDSL (Digital Subscriber Line), Wi-Fi (Wireless Fidelity), WiMax (Wireless Interoperability for Microwave Access)) y ultra-ancha (Ultra-
10 Wide Band), redes mesh, radiodifusión digital de audio (DAB) y de Video (DVB) - radiodifusión de televisión digital terrestre-, comunicaciones móviles, sistemas Software-Defined Radio, sistemas Cognitive Radio, etc. En definitiva, todas aquellas técnicas que empleen modulación multiportadora basada en wavelet-OFDM con modulación coseno o seno en el transmisor.

15

ESTADO DE LA TÉCNICA

- Las técnicas de acceso al medio basadas en la modulación multiportadora (MCM), entre las que se encuentran OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - múltiplex por
20 división en frecuencia ortogonal) para sistemas inalámbricos, y DMT (Discrete Multitone Modulation - modulación multitono discreta) para tecnologías xDSL (Digital Subscriber Line - línea de abonado digital), van a aumentar su implantación en las futuras generaciones de sistemas de comunicación de banda ancha.
- 25 MCM ha sido recomendada en numerosos estándares para transmisión de datos en sistemas de comunicación de banda ancha. A modo de ejemplo, es la modulación que se recomienda en el estándar IEEE1901 para transmisión de datos por la red eléctrica convencional [IEE10]. La figura 1 muestra la estructura del transmisor y del receptor que habitualmente se utiliza en modulación multiportadora. En su etapa transmisora, consta de
30 un bloque que efectúa una transformada discreta de Fourier inversa (IDFT) de M puntos - donde M es el número de subcanales o subportadoras-, habitualmente implementada a través de algoritmos rápidos (Inverse Fast Fourier Transform - IFFT). Así mismo, también hay un convertidor paralelo serie para conformar una señal y , que puede ser transmitida o procesada a través de otros sistemas. La etapa de recepción, por su parte, está conformada
35 por un convertidor serie/paralelo, y posteriormente un bloque que efectúa la transformada discreta de Fourier (DFT), también implementada habitualmente a través de algoritmos

rápidos (FFT) que conllevan un ahorro en el número de operaciones que hay que realizar para obtener la señal de salida resultante.

- Es bien conocido que la DFT se puede interpretar desde la teoría de bancos de filtros: es un banco de filtros modulado exponencialmente, en el que el filtro prototipo es una ventana rectangular de longitud M [Vai93, Mit01]. Esta relación justifica fácilmente algunas de las desventajas de este tipo de sistemas, por ejemplo: el comportamiento en entornos ruidosos, especialmente frente a las interferencias de banda estrecha, como las de radio frecuencia (RFI) que ocasionan las emisoras de radio o los radioaficionados; la escasa discriminación de los filtros también justifica la existencia de una elevada paradiafonía o diafonía de entorno cercano (NEXT) en DSL, entre otras degradaciones en el funcionamiento de los sistemas de comunicación [Gov99, Mar98, San95]. En definitiva, el comportamiento en entornos ruidosos de los sistemas OFDM/DMT basados en la DFT, no es en absoluto robusto ni fiable. Para solventar estos últimos problemas, se han propuesto diversas técnicas alternativas, principalmente basadas en el uso de bancos de filtros distintos del DFT con una configuración de transmultiplexor (por ejemplo [Gov99, Mar98, San95, Che02, Sio02, Far03, Mir03, Vio04, Lin07, Cru10a, Cru10b, Cru11, Cru12]). La figura 2 muestra un ejemplo ilustrativo no limitativo de transmultiplexor basado en un banco de filtros de diezmado máximo con estructura en paralelo. La notación, y representación de los elementos que se emplean en estas figuras es idéntica a la que se utiliza en [Vai93], tanto para los elementos de retardo como para los bloques de diezmado y de interpolación. El orden de las operaciones, tal y como se muestra en la figura 2, sería el siguiente. En transmisión a) interpolar (upsampling) cada señal subportadora, b) filtrar a través de los filtros de transmisión o de síntesis $F_i(z), 0 \leq i \leq (M-1)$, y c) conformar la señal y como la suma de las salidas obtenidas de cada filtro: $y = y_0 + y_1 + \dots + y_{M-1}$. En recepción: a) filtrar la señal de entrada con los filtros de recepción o de análisis $H_i(z), 0 \leq i \leq (M-1)$, y b) diezmar (downsampling) a continuación cada una de las salidas.
- Algunos de estos bancos de filtros se pueden realizar de forma más eficiente, de manera que se vea reducida considerablemente la carga computacional. En la figura 3 se muestra un ejemplo de banco de recepción o análisis, implementado mediante algoritmos rápidos [Mal92]. En dicha figura, los bloques D_i describen una implementación en

mariposa (para más detalle, ver [Mal92]), y C es un bloque que lleva a cabo una transformada discreta del coseno tipo IV par.

En la figura 4 se muestra otro ejemplo de transmisor [Vio04]. En dicha figura, los sistemas
 5 $G_\ell(-z^2)$, $0 \leq \ell \leq (2M-1)$, son los filtros polifase cuyos coeficientes se obtienen a partir de un filtro prototipo, y C es un bloque que lleva a cabo una transformada discreta del coseno tipo IV. Además, en determinadas ocasiones, los pares $G_\ell(z)$ y $G_{\ell+M}(z)$ se pueden implementar con una estructura en celosía conjunta, similar a cualquiera de las tres que se muestran en la figura 5 [Vai86]. Los coeficientes de dichas celosías se
 10 obtienen de los coeficientes de los filtros polifase correspondientes.

Se pueden encontrar un número considerable de bancos de filtros modulados que pueden ser implementados mediante algoritmos rápidos en [Mal92, Koi92, Vai93, Vio04, Cru04]. Uno de estos bancos de filtros son los conocidos como Extended Lapped
 15 Transform (ELT), que se obtienen aplicando una modulación de tipo coseno a una función prototipo (filtro prototipo), que puede ser la misma función para análisis y para síntesis, o diferente (dos filtros prototipo). Estos filtros prototipo se pueden diseñar de distintas formas [Mal92, Mir03, Cru08, Cru09, IEE10]. El esquema de modulación es el siguiente:

$$20 \quad f_i[n] = k_1 \cdot p_1[n] \cdot \cos\left((2i+1)\frac{\pi}{2M}\left(n + \frac{M+1}{2}\right)\right)$$

$$h_i[n] = k_2 \cdot p_2[n] \cdot \cos\left((2i+1)\frac{\pi}{2M}\left(N-1-n + \frac{M+1}{2}\right)\right)$$

donde $0 \leq i \leq (M-1)$, M es el número de canales (subportadoras) del transmultiplexador, $f_i[n]$ son los filtros que conforman el banco de síntesis o de transmisión ($F_i(z)$), $h_i[n]$ son los filtros que conforman el banco de análisis o de
 25 recepción ($H_i(z)$), $p_1[n]$ y $p_2[n]$ son los filtros prototipo, N es la longitud del filtro prototipo, y finalmente k_1 y k_2 son constantes, habitualmente de valor $\sqrt{2/M}$.

En la figura 6 se muestra un diagrama de bloques general para un receptor o banco de filtros de análisis obtenido mediante modulación de un prototipo e implementado

mediante algoritmos rápidos. Dicho diagrama de bloques es genérico, y sirve para describir un gran número de receptores basados en transmultiplexores con bancos de filtros modulados. En esta figura, el orden de las operaciones suele ser: a) Convertidor serie/paralelo, equivalente a elementos de retardo y bloques de diezmado; b) filtrado polifase con formas directas, transpuestas o estructuras en celosía, o estructuras en mariposa; c) Operaciones matriciales y de transformación. Las etapas "b" y "c" presentes en recepción pueden alterar el orden, y la "b" también puede encontrarse embebida en la "c".

- 10 En todo este documento se emplean indistintamente los términos banco de análisis, receptor, demodulador o etapa de demodulación.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- 15 Figura 1. Diagrama de bloques de las etapas de (a) transmisión y de (b) recepción para la modulación multiportadora.
- Figura 2. Diagrama de bloques de un transmultiplexador basado en un banco de filtros de diezmado máximo.
- Figura 3. Diagrama de bloques de un receptor o banco de síntesis empleando algoritmos rápidos con etapas en mariposa.
- 20 Figura 4. Diagrama de bloques de un transmisor empleando algoritmos rápidos mediante operaciones matriciales y de transformación.
- Figura 5. Tres formas diferentes de implementar las componentes polifase con estructuras en celosía.
- 25 Figura 6. Diagrama de bloques general de un transmisor con bancos de filtros empleando algoritmos rápidos.
- Figura 7. Diagrama de bloques general del receptor propuesto en la invención.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

- 30 Esta invención proporciona dispositivos de desmodulación, y más generalmente de recepción de señales. La invención concierne igualmente al procedimiento de demodulación de señales según se describe a continuación. Por supuesto, la invención también concierne a los dispositivos de recepción de señales llevando a cabo dicho procedimiento.
- 35

El procedimiento de la invención es un receptor o banco de análisis que proviene de un esquema de modulación similar al banco de filtros (en configuración transmultiplexador) denominado ELT (Extended Lapped Transform), detallado en [Ma192].

- 5 El receptor propuesto en la invención (figura 7) comprende un sistema de retardo de la señal de entrada y decimado (downsampling) de las señales retardadas (bloque 21). Tras este bloque, diversas ramas pueden ser sumadas unas con otras, mediante un procedimiento de solapamiento y suma. Así mismo, comprende un procesamiento de las señales resultantes a través de un algoritmo rápido mediante operaciones matriciales
- 10 (bloques 12, 16, 17, 20, 15), de transformación del tipo transformada discreta del seno y/o coseno (bloques 13, 18), y filtrado polifase (bloque 11), cuyos filtros se pueden implementar con estructuras directas, o transpuestas, o en celosías.

- En la invención, dicho esquema de modulación puede incluir los ángulos de fase (*phase angle* [rad.]- bloque 15), como los detallados en la tabla 14.10-*carrier frequencies* que está incluida y se puede consultar en el estándar [IEE10]. Además, otra novedad de la invención es que el receptor incluye una etapa adicional obtenida mediante modulación en seno del filtro prototipo, con el objetivo de facilitar el proceso de igualación del canal en el dominio de la frecuencia.

- 20 El procedimiento propuesto en la invención aprovecha las características que proporcionan los transmultiplexadores basados en bancos de filtros modulados ELT como, por ejemplo, una mayor separación espectral entre las subportadoras, lo que conlleva más inmunidad frente al ruido, incluidas las interferencias de banda estrecha de
- 25 carácter impulsivo.

El banco de filtros de análisis o de recepción se obtiene mediante el esquema de modulación siguiente:

$$h_i[n] = k_2 \cdot p_2[n] \cdot \cos\left((2i+1)\frac{\pi}{2M}\left(N-1-n+\frac{M+1}{2}\right) + \theta_i\right)$$

- 30 donde θ_i son factores de fase, que normalmente son nulos, pero que en el caso de la modulación ELT propuesta en [IEE10] para la capa física *wavelet-OFDM* toma valores de 0 y π (ver la tabla 14.10 incluida en el estándar [IEE10]). El resto de parámetros y funciones de la anterior expresión han sido definidos previamente.

Además, el receptor de la invención contiene también un sistema paralelo (misma señal de entrada, y sumando las salidas), consistente en un banco de filtros con modulación seno, obtenido como

$$h_i^s[n] = k_2 \cdot p_2[n] \cdot \text{sen} \left((2i+1) \frac{\pi}{2M} \left(N-1-n + \frac{M+1}{2} \right) + \theta_i \right)$$

- 5 donde $h_i^s[n]$ son los filtros que conforman el banco adicional de análisis o de recepción $(H_i^s(z))$, y el resto de funciones y parámetros son similares a los definidos anteriormente. La invención muestra un algoritmo rápido de implementación de todo el receptor en su conjunto.

- 10 El receptor de la invención también comprende dos etapas de igualación de canal en el dominio de la frecuencia FEQ-1 y FEQ-2 (bloques 14 y 19). En las mismas se procesan las señales subportadoras obtenidas con las transformadas discretas del seno y/o coseno (bloques 18 y 13) empleando un coeficiente constante o una función sistema que filtra cada señal.

15

MODO DE REALIZACIÓN

- Las expresiones incluidas en la descripción de la invención permiten implementar el sistema mediante un algoritmo rápido y eficiente, como el de la figura 7. Este procedimiento comprende varias etapas, que incluyen elementos de retardo, sistemas de diezmo (downsampling) (bloque 21), filtrado polifase (bloque 11), operaciones matriciales y de transformación (bloques 12, 13, 15, 16, 17, 18, 20), y dos etapas de igualación de canal en el dominio de la frecuencia FEQ-1 y FEQ-2 (bloques 14 y 19). La longitud del filtro prototipo condiciona las etapas de operaciones matriciales y de transformación. El algoritmo rápido que se considera aquí es para el caso de una longitud del filtro prototipo igual a $N=2KM$, siendo K un número entero.

- El bloque 11 de filtrado polifase de la figura 7 consiste en una serie de filtros en paralelo, y sus coeficientes se obtienen a partir del filtro prototipo. A modo de ejemplo ilustrativo no limitativo, si $P_2(z)$ es la función del sistema del filtro prototipo, la descomposición en M filtros polifase tipo 1 $G_i(z^M)$ sería

$$P_2(z) = \sum_{\ell=0}^{M-1} z^{-\ell} \cdot G_\ell(z^M),$$

$$G_\ell(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g_\ell[n] \cdot z^{-n} \quad \text{y} \quad g_\ell[n] = p_2[n \cdot M + \ell] \quad \text{para } 0 \leq \ell \leq M-1.$$

Además, estos filtros polifase $G_\ell(-z^2)$ pueden ser implementados mediante sus formas directas, transpuestas, o estructuras en celosía (aisladas o en parejas de dos filtros).

5

En la figura 7, los bloques de operaciones matriciales y de transformación del receptor viene dado por dos etapas. La primera se puede expresar matemáticamente como

$$\mathbf{C}_{rx} = \mathbf{\Lambda}_{cn} \mathbf{C} \begin{bmatrix} \alpha \cdot (\mathbf{I} + \mathbf{J}) & \alpha \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{J}) \end{bmatrix}.$$

La notación es similar a [Koi92, Vai93, Cru04]), y significa

10 $\mathbf{C}$: transformada discreta del coseno, tipo IV par, realizada mediante algoritmos eficientes (bloque 13).

$\mathbf{\Lambda}_{cn}$: matriz diagonal $M \times M$ que implica multiplicar cada rama por un valor constante (bloque 15). Dicho valor se puede obtener de diversas maneras. A modo de ejemplo ilustrativo no limitativo, como las siguientes:

$$15 \quad [\mathbf{\Lambda}_{cn}]_{k,k} = \sqrt{2} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \left(k + \frac{1}{2}\right)\right)$$

o como

$$[\mathbf{\Lambda}_{cn}]_{k,k} = \sqrt{2} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \left(k + \frac{1}{2}\right)\right) \cdot \cos(\theta_k)$$

donde θ_k son los ángulos de fase (*phase angle* [rad.]), que pueden ser los detallados en la tabla 14.10-*carrier frequencies* del estándar [IEE10], u otros de valores similares.

20

α : parámetro constante que puede tomar el valor 1 ó -1 (bloques 12, 16, 17 y 20).

$\mathbf{I}$: matriz identidad $M \times M$ (bloques 12, 16, 17 y 20).

$\mathbf{J}$: matriz antidiagonal $M \times M$ (bloques 12, 16, 17 y 20), definida como

25

$$\mathbf{J} = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & 0 & 1 \\ 0 & \cdots & 1 & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 1 & \cdots & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

La etapa en paralelo del bloque de operaciones matriciales y de transformación proviene de la implementación de $h_i^s[n]$. Esta parte se puede expresar matemáticamente como

$$\mathbf{C}_{rx}^s = \mathbf{\Lambda}_{cn} \mathbf{S} \begin{bmatrix} \beta \cdot \alpha \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{J}) & \beta \cdot \alpha \cdot (\mathbf{I} + \mathbf{J}) \end{bmatrix},$$

donde

5 $\mathbf{S}$: transformada discreta del seno, tipo IV par, realizada mediante algoritmos eficientes (bloque 18).

β : parámetro constante que puede tomar el valor 1 ó 0 (bloques 17 y 20).

El resto de valores es el mismo descrito anteriormente.

10 Los bloques FEQ1 y FEQ 2 de la figura 7 incluyen:

c_i : coeficientes o función sistema para corregir los efectos del canal en el bloque FEQ1 (frequency-domain equalizer). Hay un coeficiente (multiplicación) o función (filtrado) por cada subportadora, $0 \leq i \leq (M-1)$ (bloque 14).

15 s_i : coeficientes o función sistema para corregir los efectos del canal en el bloque FEQ2 (frequency-domain equalizer). Hay un coeficiente (multiplicación) o función (filtrado) por cada subportadora, $0 \leq i \leq (M-1)$ (bloque 19).

En la figura 7, como la matriz diagonal $\mathbf{\Lambda}_{cn}$ (bloque 15) es común en las dos etapas en paralelo, se puede implementar después de los bloques 14 y 19, FEQ1 y FEQ 2. De este modo, las señales de salida $\hat{X}_i$, $0 \leq i \leq (M-1)$, se obtienen como la suma de las salidas del FEQ1 y el FEQ2, y una posterior multiplicación por una constante en cada subportadora, determinada esta última por el correspondiente valor de la matriz diagonal $\mathbf{\Lambda}_{cn}$.

25 **Bibliografía Completa**

- [Che02] G. Cherubini, E. Eleftheriou, and S. Olcer, "Filtered multitone modulation for very high-speed digital subscriber lines," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 20, no. 5, pp. 1016-1028, June 2002.
- [Cru04] F. Cruz-Roldán, M. Monteagudo, "Efficient implementation of nearly-perfect reconstruction cosine-modulated filterbanks", *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 52, No. 9, pp. 2661-2664, Sept. 2004.

- [Cru08] F. Cruz-Roldán, C. Heneghan, J. Saez-Landete, M. Blanco-Velasco, and P. Amo-López, "Multi-objective optimisation technique to design digital filters for modulated multi-rate systems", *Electronics Letters*, Vol. 44, No. 13, pp. 828-829, June 2008.
- 5 [Cru09] F. Cruz-Roldán, P. Martín, J. Saez-Landete, M. Blanco-Velasco, and T. Saramäki, "A fast windowing-based technique exploiting spline functions for designing modulated filter banks", *IEEE Trans. on Circuits and Systems I*, vol. 56, no. 1, pp. 168-178, Jan. 2009.
- 10 [Cru10a] Fernando Cruz Roldán, Manuel Blanco Velasco, Pedro Amo López, José B. Sáez Landete, Procedimiento de transmisión (modulación) y recepción (demodulación) de señales en sistemas de comunicación con modulación multiportadora DFT y transmultiplexadores basados en bancos de filtros modulados en seno y/o coseno, dispositivos para transmitir y recibir, Patent P200801683, Jun. 15, 2010.
- 15 [Cru10b] Fernando Cruz Roldán, Manuel Blanco Velasco, José B. Sáez Landete, Pedro Amo López, Procedimiento de transmisión (modulación) y recepción (demodulación) de señales en sistemas de comunicación con modulación multiportadora DFT y transmultiplexadores basados en bancos de filtros modulados exponencialmente, dispositivos para transmitir y recibir, Patent P200801684, Jun. 15, 2010.
- 20 [Cru11] F. Cruz-Roldán and M. Blanco-Velasco, "Joint use of DFT filter banks and modulated transmultiplexers for multicarrier communications," *Signal Processing*, vol. 91, no. 7, pp. 1622-1635, July 2011.
- 25 [Cru12] F. Cruz-Roldán, M. Blanco-Velasco, and J. I. Godino-Llorente, "Zero-padding or cyclic prefix for MDFT-based multicarrier communications," *Signal Processing*, vol. 92, no. 7, pp. 1646–1657, July 2012.
- [Far03] B. Farhang-Boroujeny and L. Lin, "Analysis of post-combiner equalizers in cosine-modulated filterbank-based transmultiplexer system," *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 51, No. 12, pp. 3249-3262, December 2003.
- 30 [Gov99] S. Govardhanagiri, T. Karp, P. Heller, and T. Nguyen, "Performance analysis of multicarrier modulation systems using cosine modulated filter banks," in *Proc. of IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol. 3, pp. 1405-1408, March 1999.
- 35 [IEE10] IEEE Std 1901TM-2010, "IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications," Dec. 2010.

- [Koi92] R. D. Koilpillai, P. P. Vaidyanathan, "Cosine-Modulated FIR Filter Banks Satisfying Perfect Reconstruction," *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 40, No. 4, pp. 770-783, April 1992.
- 5 [Lin07] Y.-P. Lin, L. Chien-Chang, and S.-M. Phoong, "A filterbank approach to window designs for multicarrier systems", *IEEE Circuits and Systems Magazine*, Vol. 7, no. 1, pp. 19-30, First Quarter 2007.
- [Mal92] H. Malvar, *Signal Processing with Lapped Transforms*. Artech House, 1992.
- [Mar98] K. W. Martin, "Small side-lobe filter design for multitone data-communication applications", *IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Analog and Digital*
10 *Signal Processing*, Vol. 45, NO. 8, pp. 1155-1161, August 1998.
- [Mir03] S. Mirabbasi and K. Martin, "Overlapped complex-modulated transmultiplexer filter with simplified design and superior stopband," *IEEE Transactions on Circuits and Systems-II: Analog and Digital Signal Processing*, Vol. 50, No. 8, pp. 456-465, August 2003.
- 15 [Mit01] S. K. Mitra, *Digital Signal Processing. A Computer Based Approach*. McGraw-Hill, 2001.
- [San95] S. D. Sandberg, M. A. Tzannes, "Overlapped discrete multitone modulation for high speed copper wire communications". *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 13, NO. 9, pp. 1571-1585, December 1995.
- 20 [Sio02] P. Siohan, C. Siclet, and N. Lacaille, "Analysis and design of OFDM/OQAM systems based on filterbank theory," *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 50, No. 5, pp. 1170-1183, May 2002.
- [Vai86] P. P. Vaidyanathan, "Passive Cascaded-Lattice Structures for Low-Sensitivity FIR Filter Design, with Applications to Filter Banks," *IEEE Transactions on*
25 *Circuits and Systems*, vol. CASS-33, No. 11, pp. 1045-1064, November 1986.
- [Vai93] P. P. Vaidyanathan, *Multirate Systems and Filter Banks*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1993.
- [Vio04] Ari Viholainen, *Modulated filter bank design for communications signal processing*. Ph. D. Dissertation, Tampere University of Technology, Tampere
30 (Finland), September 2004.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento de recepción de una señal multiportadora, que comprende la generación de las secuencias que se reciben a través de una serie de subsistemas y/o un canal o medio de transmisión, estando este canal determinado por el enlace desde un equipo transmisor hasta el receptor; se caracteriza porque comprende:
- Retardar la señal de entrada y decimar (downsampling) dicha señal de entrada y las señales retardadas (21).
 - Procesar las señales resultantes a través de un algoritmo rápido que comprende operaciones matriciales (12, 16, 17, 20, 15) y de transformación del tipo transformada discreta del seno y/o coseno (13, 18), y filtrado polifase (11) con estructuras directas, o transpuestas, o en celosías
- donde el algoritmo rápido de análisis es fruto de una modulación seno y/o coseno practicada a la función prototipo para obtener los medios de filtración.
- 2.- Procedimiento de recepción de una señal multiportadora según la reivindicación 1, porque además comprende:
- procesar las señales subportadoras con un coeficiente o función sistema en cada entrada o salida correspondiente a las transformadas discretas del seno y/o coseno (14, 19).
- 3.- Procedimiento de recepción según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado porque además de los bloques incluidos en dichas reivindicaciones, emplea un bloque de selección de las muestras válidas de la señal recibida, descartando las no válidas.
- 4.- Procedimiento de recepción según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque además de los bloques incluidos en dichas reivindicaciones, emplea un bloque de solapamiento y suma, o procedimiento equivalente, en las muestras de la señal recibida.
- 5.- Procedimiento de recepción según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la señal multiportadora es una señal multiportadora multiplexada por división en frecuencia asociada a portadoras moduladas de forma síncrona y/o asíncrona.

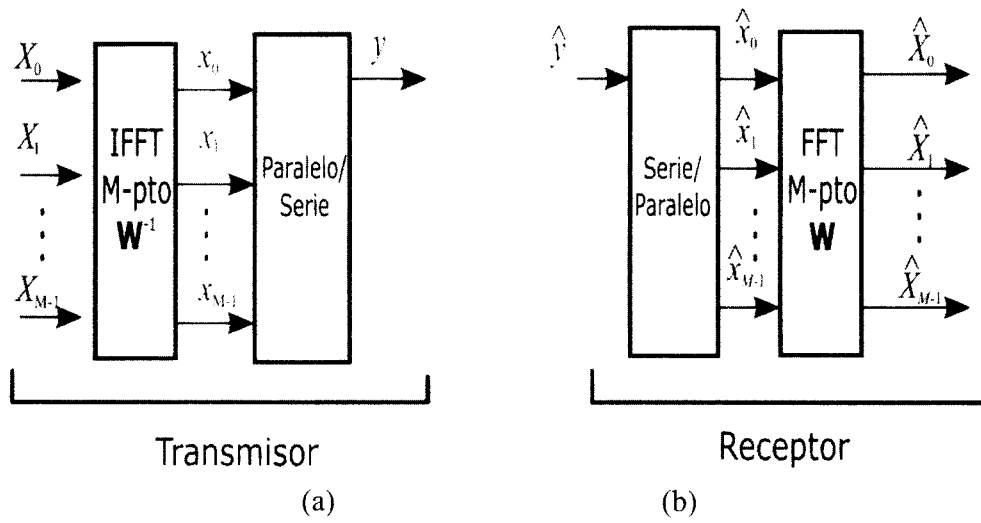


Figura 1 (Prior art)

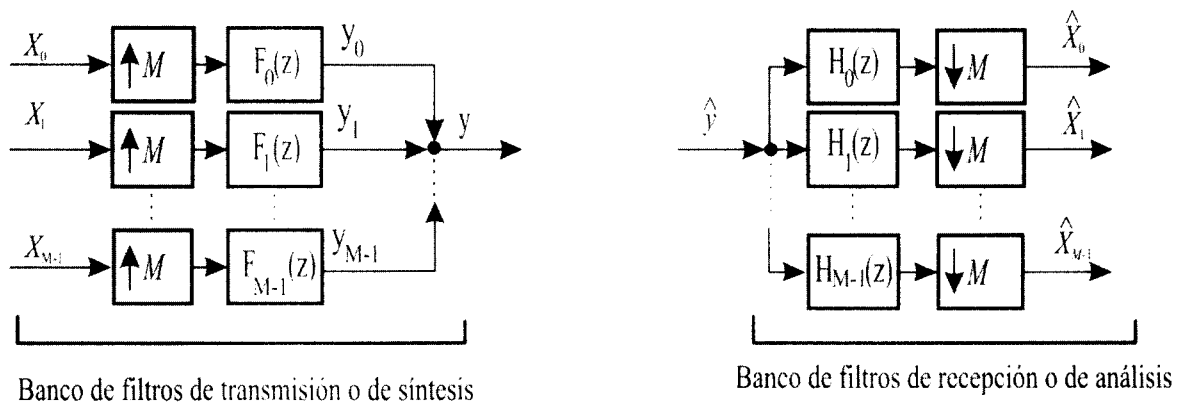


Figura 2 (Prior art)

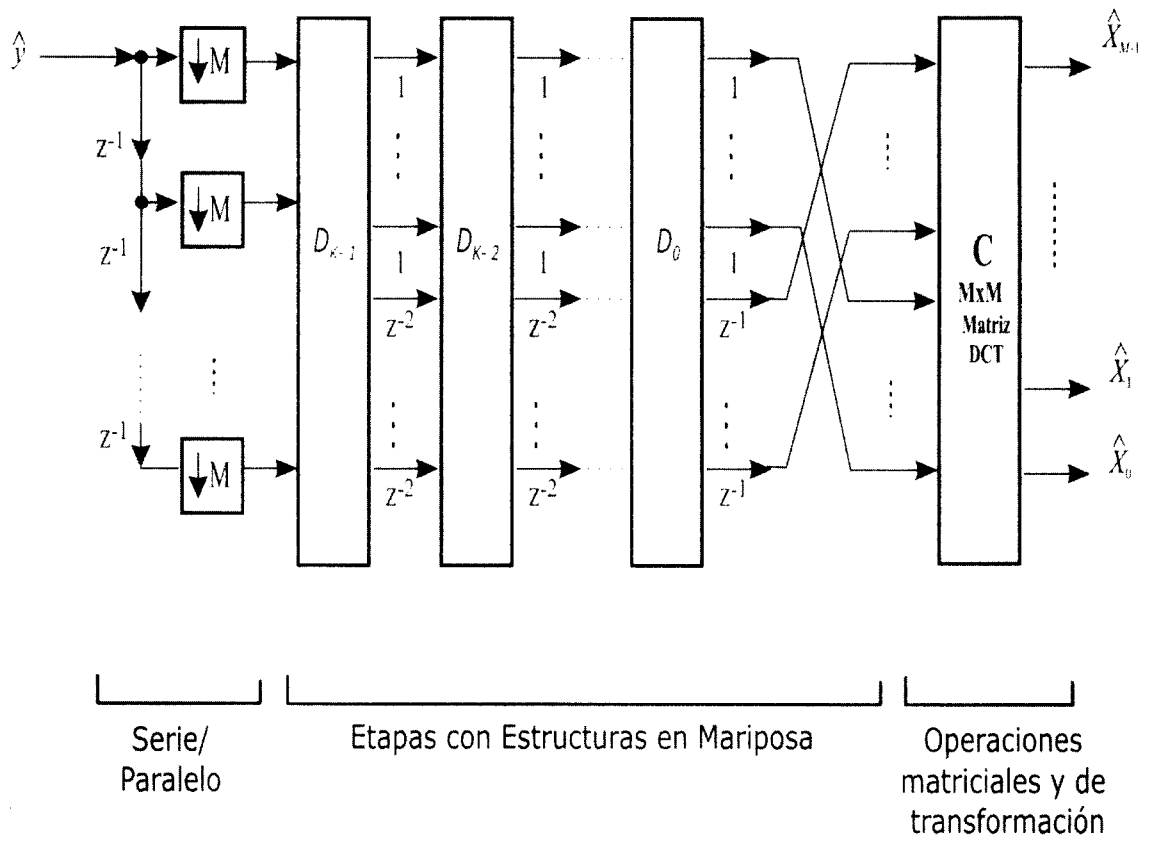


Figura 3 (Prior art)

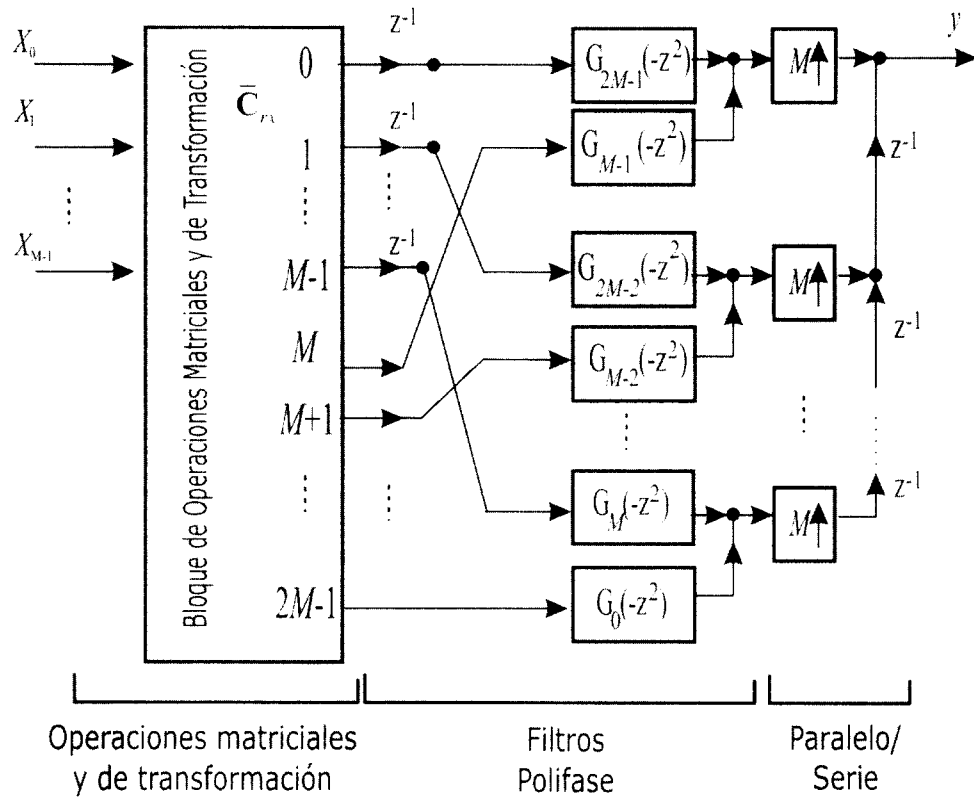


Figura 4 (Prior art)

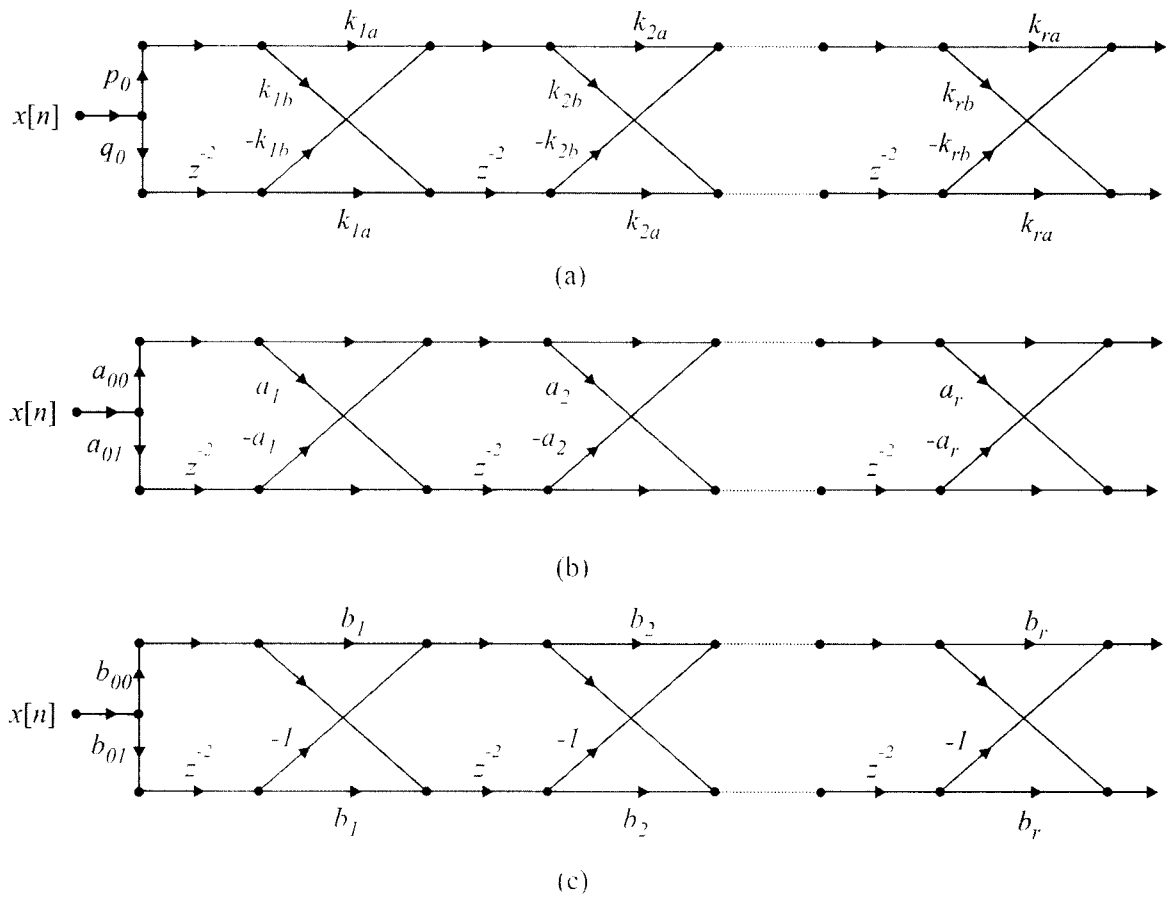


Figura 5 (Prior art)

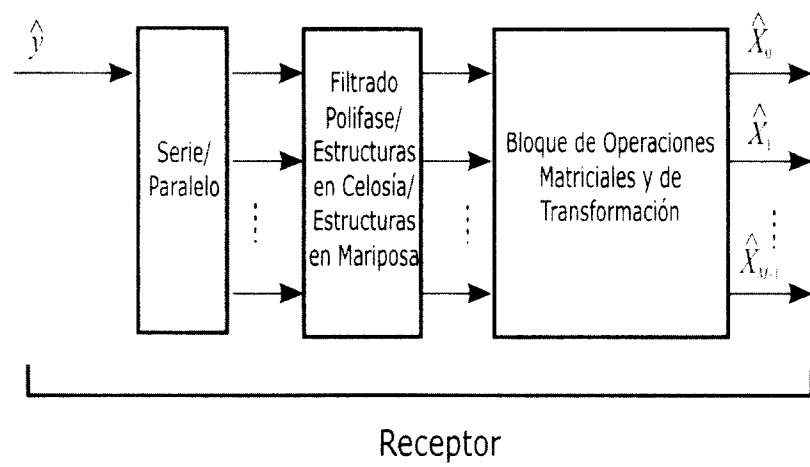


Figura 6 (Prior art)

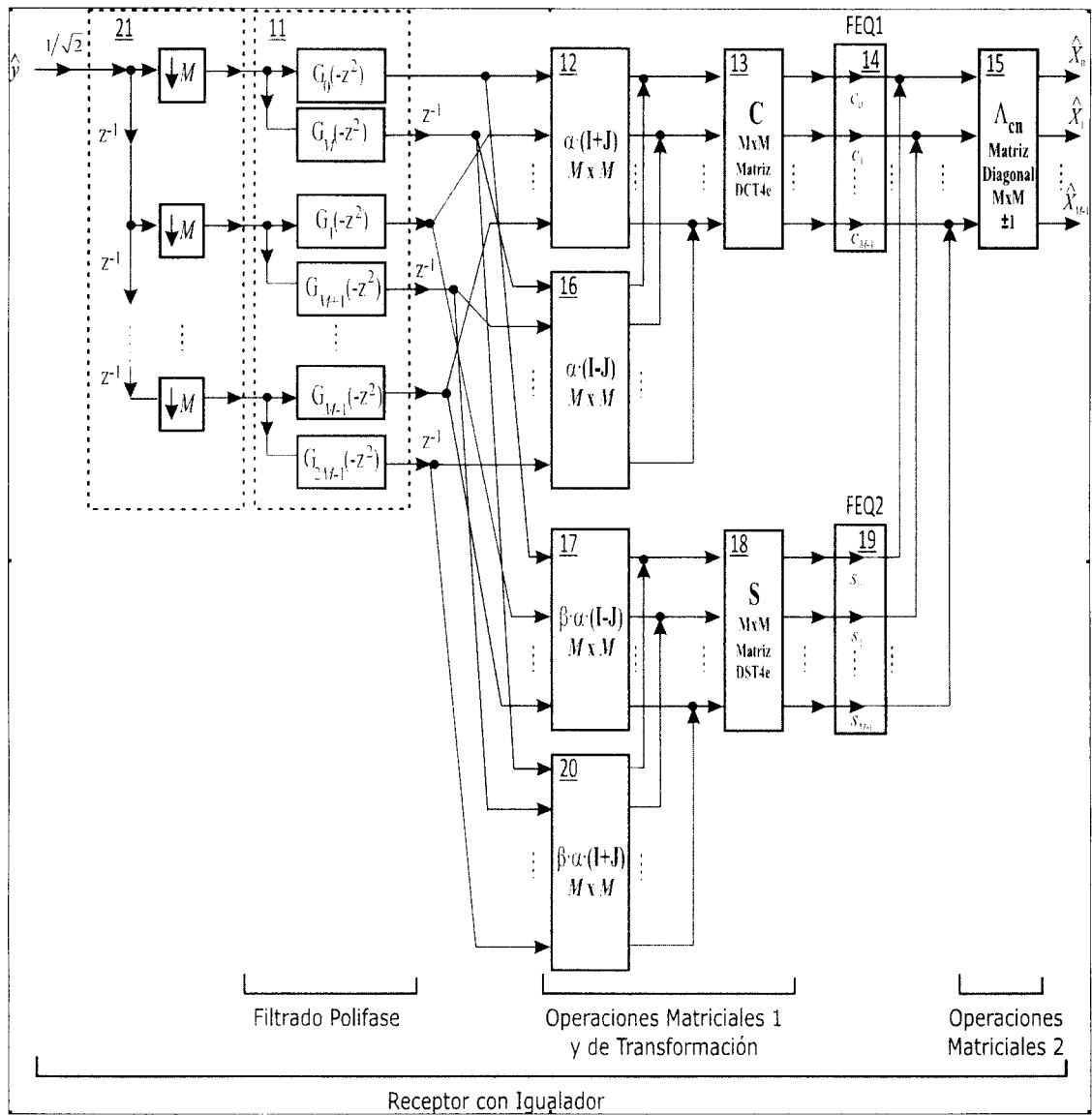


Figura 7



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

- ②① N.º solicitud: 201400556
②② Fecha de presentación de la solicitud: 09.07.2014
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **H04L27/26** (2006.01)
H04J11/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	GAO X-Q et al.. "The theory and implementation of arbitrary-length linear-phase cosine-modulated filter bank". Signal Processing, 20000501 Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, NL 01.05.2000 vol: 80 nº: 5 págs: 889-896 XP027347336 ISSN 0165-1684.	1-5
A	FERNANDO CRUZ-ROLDÁN et al.. "Joint use of DFT filter banks and modulated transmultiplexers for multicarrier communications". Signal Processing 20110108 Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, NL 08.01.2011 vol: 91 nº: 7 págs: 1622-1635 XP028154612 ISSN 0165-1684.	1-5

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
13.03.2015

Examinador
J. Botella Maldonado

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04J, H04L

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 13.03.2015

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	GAO X-Q et al.. "The theory and implementation of arbitrary-length linear-phase cosine-modulated filter bank". Signal Processing, 20000501 Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, NL 01.05.2000 vol: 80 nº: 5 págs: 889-896 XP027347336 ISSN 0165-1684.	01.05.2000
D02	FERNANDO CRUZ-ROLDÁN et al.. "Joint use of DFT filter banks and modulated transmultiplexers for multicarrier communications". Signal Processing, 20110108 Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam, NL 08.01.2011 vol: 91 nº: 7 págs: 1622-1635 XP028154612 ISSN 0165-1684.	08.01.2011

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 presenta un banco de filtros modulados en coseno de longitud arbitraria con un diseño más eficiente en el que el filtrado polifase se realiza en paralelo mediante un banco de celosías 2 x 2 y la parte moduladora se realiza a través de algoritmos rápidos DCT y DST.

El documento D02 presenta dos procedimientos de modulación multiportadora utilizando IFFT/FFT integrada en un banco de filtros con una configuración de multiplexor.

Consideramos que ninguno de estos documentos anticipa la invención tal como se reivindica en las reivindicaciones de la 1ª a la 5ª, ni hay en ellos sugerencias que dirijan al experto en la materia hacia el objeto reivindicado en las citadas reivindicaciones.

Por lo tanto las reivindicaciones de la 1ª a la 5ª poseen novedad y actividad inventiva.