



No. 11-164320- -00000-0000

Fecha: 2011-11-29 17:04:27 Dep. 2020 DIR.NUEVASCH  
Tra. 2 PATENTES Eje: 1 REGDEPOSITO  
Act. 411 PRESENTACION Folios: 20



# Industria y Comercio

## SUPERINTENDENCIA

### DELEGATURA DE PROPIEDAD INDUSTRIAL DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

#### SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION

TITULO: TRANSFORMACIÓN RÁPIDA DE SEÑALES ENTRE LOS DOMINIOS  
DE TIEMPO Y FRECUENCIA ADAPTABLE A LAS CONDICIONES QUE  
IMPONEN LOS SISTEMAS REALES

SOLICITANTE: UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

DIRECCIÓN: Ciudad Universitaria, Carrera 27- Calle9, Bucaramanga  
Colombia

APODERADO: CARLOS R. OLARTE

BOGOTÁ 29 de Noviembre de 2011

# OLARTEMOURE

OLARTE MOURE & A'

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-164320-00000-0000

Fecha: 2011-11-29 17:04:27 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR  
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO  
Act. 411 PRESENTACION Folios: 20

## FORMULARIO ÚNICO DE SOLICITUD DE PATENTE

P2010/000156

### SOLICITUD DE:

1

☒

Patente de Invención.

☐

Patente de Modelo de Utilidad.

2

**SOLICITANTE**  
(71)

**Nombre:** UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**Dirección:** Ciudad Universitaria, Carrera 27-  
Calle 9, Bucaramanga, Colombia

**Nacionalidad o Domicilio:** COLOMBIANA

**Lugar de Constitución:** COLOMBIA

### IDENTIFICACIÓN

C.C.

☐

NIT

☒

C.E.

☐

Otro

☐

Cual

Número 890.201.213-4

**Teléfono:**

**Fax:**

**E-mail:**

3

**REPRESENTANTE**  
**O APODERADO**

**Nombre:** CARLOS R. OLARTE

**Dirección:** Carrera 5 No. 34-03

**Teléfono:** 601-7700 **Fax:** 601-7799

**E-mail:** office@olartemoure.com

### IDENTIFICACIÓN

C.C.

☒

NIT

☐

C.E.

☐

Otro

☐

Cual

Número 79.782.747 Btá  
TP 74.295

4

**INVENTOR (ES)**  
(72)

**Nombre:** (1) Homero Ortega Boada; (2) Édgar Fernando Maldonado Orduz;

**Dirección:** Carrera 27- Calle 9, Bucaramanga, Colombia

**Nacionalidad o Domicilio:** (1) y (2) Colombiana.

5

**Título (54)** TRANSFORMACIÓN RÁPIDA DE SEÑALES ENTRE LOS DOMINIOS DE TIEMPO Y FRECUENCIA ADAPTABLE A LAS CONDICIONES QUE IMPONEN LOS SISTEMAS REALES.

6

**Clasificación Internacional (51)**

7

**Prioridad**

SI

☐

NO

☒

(33) País de Origen

(32) Fecha

(31) Número de Solicitud

8

**Para publicar a partir de la fecha de la presente solicitud a los:**

6 meses

☐

12 meses

☐

18 meses

☒

otro

☐

cual

9

**Comprobante de pago No.**

**Fecha**

10

## ANEXOS

☒

Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.

☐

Comprobante de pago de la tasa por concepto de excedente de 10 reivindicaciones.

☐

Comprobante de pago por reivindicación de prioridad.

☐

Documento que acredita la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica.

☐

Poderes, si fuere el caso.

☐

Certificado de la fecha de presentación de la solicitud prioridad expedida por la autoridad correspondiente y una copia certificada de la primera solicitud, si se reivindica prioridad.

☐

Traducción simple de la primera solicitud, si se reivindica prioridad.

☐

Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.

☒

Resumen.

☒

Descripción de la invención.

☒

Una o más reivindicaciones.

☒

Dibujos y/o planos necesarios.

☐

De ser el caso, copia del contrato de acceso.

☐

De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas.

☐

De ser el caso, certificado de depósito del material biológico.

☒

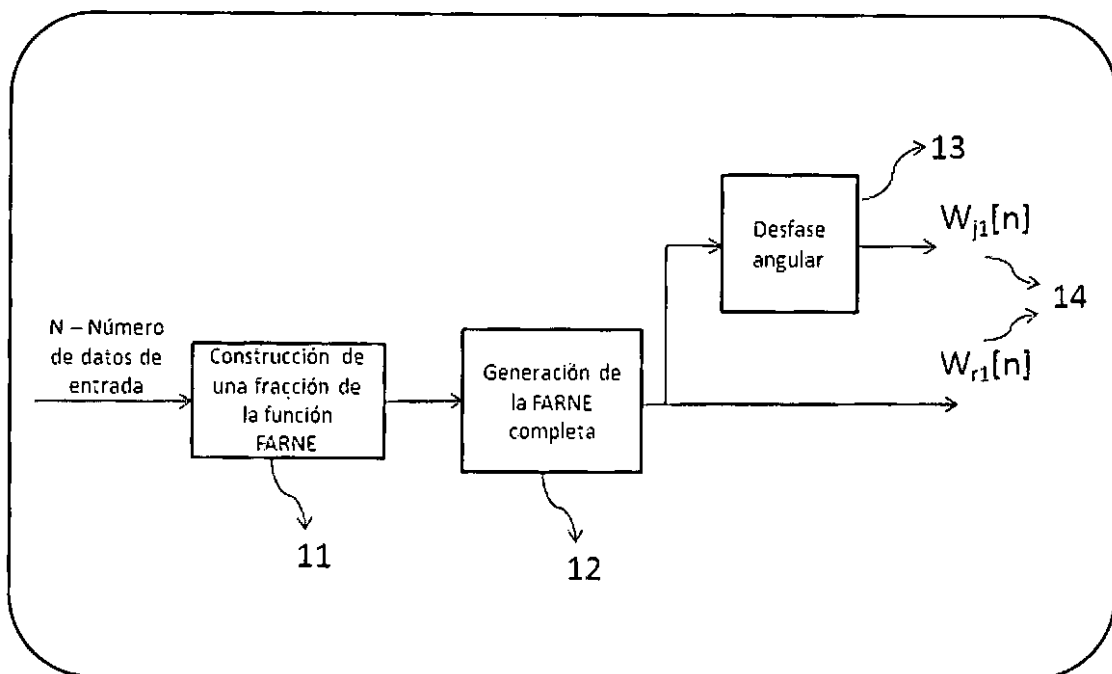
Arte final 12 x 12.

☐

De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionadas parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.

11

## FIGURA CARACTERÍSTICA:



12

Solicito la concesión de la patente,

NOMBRE: CARLOS R. OLARTE

FIRMA:

C.C. 79.782.747 Btá T.P. 74.295

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO  
NIT : 800.176.089-2  
- / -

Industria y Comercio  
SUPERINTENDENCIA

RECIBO DE CAJA

No. 11 - 115964

Bogotá D.C., Noviembre 29 de 2011 - 14:41:51

RECIBIDO DE : UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

NI 890.201.213

\*\*\* Soporte del Pago \*\*\*

| TIPO PAGO    | BANCO           | CUENTA    | No. PAGO | FECHA PAGO | VR. PAGO   |
|--------------|-----------------|-----------|----------|------------|------------|
| TRANSFERENCI | BANCO DE BOGOTA | 062754387 | 22112011 | 22/11/2011 | 571.000.00 |

\*\*\* Conceptos Pagados \*\*\*

| CANT. | RENTISTICO              | CONCEPTO                                   | Vr.UNDITARIO | Vr.CONCEPTO  |
|-------|-------------------------|--------------------------------------------|--------------|--------------|
| 1     | 50005-01-01 SOLICITUDES | 1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN | 571.000.00   | 571.000.00   |
|       |                         |                                            |              | \$571.000.00 |

SON: \*\*QUINIENTOS SETENTA Y UN MIL PESOS MONEDA CORRIENTE\*\*

Responsable:

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-164320- -00000-0000

Fecha: 2011-11-29 17:04:27 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR  
Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO  
Act. 411 PRESENTACION Folios: 20

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: [www.sic.gov.co](http://www.sic.gov.co) e-mail: [info@sic.gov.co](mailto:info@sic.gov.co) Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Noviembre 29 de 2011 - 14:41:51

4

# TRANSFORMACIÓN RÁPIDA DE SEÑALES ENTRE LOS DOMINIOS DE TIEMPO Y FRECUENCIA ADAPTABLE A LAS CONDICIONES QUE IMPONEN LOS SISTEMAS REALES

5

## 1. Campo de la invención

La presente invención está relacionada con la implementación de métodos de procesamiento digital de señales para elevar el desempeño de diversos sistemas de procesamiento de señales que se apoyan en transformaciones de las señales entre los dominios del tiempo y de las frecuencias, principalmente sistemas de comunicaciones digitales.

## 2. Descripción del estado del arte

15

Un sistema de comunicación consta de tres elementos esenciales, a saber: (i) el transmisor, (ii) el canal y (iii) el receptor. Tradicionalmente, cuando se requiere transmitir varias señales a la vez, se ha usado un sistema de comunicación por cada señal cuidando que, en el dominio de las frecuencias, cada una de estas señales resulten separadas para evitar interferencias entre ellas, como se aprecia en (1) de la Figura 1. Con el desarrollo de la electrónica digital comenzó a tomar sentido una nueva posibilidad: que un solo sistema de comunicaciones lleve varias señales en forma de una sola señal, que es lo que se conoce como multiplexación. El esquema que se muestra en la Figura 1 como (4) representa la multiplexación por división ortogonal de frecuencias (OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing), en donde  $m_0(t)$ ,  $m_1(t)$ ,  $m_2(t)$ , ...,  $m_{N-1}(t)$  son las señales a transmitir,  $c_0(t)$ ,  $c_1(t)$ ,  $c_2(t)$ , ...,  $c_{N-1}(t)$  son las señales portadoras,  $f_0, f_1, f_2, \dots, f_{N-1}$  las frecuencias de las portadoras y  $s(t)$  la señal resultante a transmitir. Lo relevante de este esquema consiste en que las mencionadas señales portadoras son ortogonales entre sí, con lo cual se logra que el espectro de la señal resultante tenga un ancho de banda notablemente menor (2) que sin el uso de la multiplexación (1). Una desventaja del esquema presentado en (4) consiste en la necesidad de usar una gran cantidad de multiplicadores de señales de entrada por portadoras. Sin embargo, este problema desaparece con dos notables descubrimientos: la aparición en 1964 del algoritmo FFT (Fast Fourier Transform, por sus siglas en inglés) y su versión inversa, la IFFT (Inverse Fast Fourier Transform, por sus siglas en inglés). El algoritmo FFT se trata de un método computacional veloz para implementar la Transformada Discreta de Fourier (DFT), es decir para convertir una señal del dominio del tiempo al dominio de las frecuencias, mientras la IFFT hace lo inverso, implementando la Transformada Discreta Inversa de Fourier (IDFT).

35

El siguiente descubrimiento es más reciente y consiste en que si  $N$  señales  $m_0(t)$ ,  $m_1(t)$ ,  $m_2(t)$ , ...,  $m_{N-1}(t)$  se muestrean previamente, y la  $k$ -ésima muestra de cada una de ellas se aplica a la entrada IFFT (5), se obtienen como salida  $N$  muestras  $s[0]$ ,  $s[1]$ ,  $s[2]$ , ...,  $s[N-1]$  de la señal OFDM  $s(t)$ . Repitiendo lo mismo para la siguiente muestra de las señales de entrada, se obtienen las  $N$  siguientes muestras de la señal de salida  $s(t)$  y así sucesivamente, para toda la señal  $s(t)$ . Lo importante aquí es que un simple chip electrónico con la programación adecuada para obtener la IFFT, permite reemplazar la enorme infraestructura, que de otra manera, se necesitaría para obtener una señal OFDM. Debe entenderse que en el punto receptor se debe aplicar un método inverso, de demultiplexación, que se basa en la FFT.

OFDM permite usar el espectro de manera eficiente y por tal razón, es esencial en las comunicaciones móviles de Cuarta Generación (4G), que también se conocen como IMT (International Mobile Telecommunication, por sus siglas en inglés), en la Radio Cognitiva, la televisión digital terrestre (TDT), entre muchas otros sistemas de comunicación. Las IMT buscan lograr que los usuarios móviles puedan disfrutar, con bajos costos, de tasas de bits que hasta el momento se pueden tener solo en soluciones costosas sobre redes cableadas de datos. La Radio Cognitiva busca lograr que un sistema de comunicación aproveche los llamados “espacios blancos del espectro”, es decir, los espacios de las bandas de frecuencia que por momento liberan otros sistemas, para lograr la máxima eficiencia posible del espectro radioeléctrico.

La FFT es un algoritmo fundamental usado en una gran variedad de sistemas de comunicaciones y de procesamiento digital de señales, no solo los basados en OFDM, sino incluso en radares basados en Efecto Doppler y otros sistemas que usan procesamiento de señales en el dominio de las frecuencias. La FFT toma especial importancia ante el auge de las comunicaciones basadas en la Radio Definida por Software (SDR-Software Defined Radio), la cual abre grandes oportunidades para que las comunicaciones digitales sean impulsadas abiertamente, incluso por países sin tradición en investigación y desarrollo de radio. La DFT, que se realiza mediante el algoritmo de la FFT, se caracteriza por usar una base de  $N$  funciones exponenciales complejas, de tipo  $c_k(t) = e^{-j2\pi k f_0 t} = \cos(2\pi k f_0 t) - j\sin(2\pi k f_0 t)$ , en donde  $k=0, 1, 2, \dots, N-1$ ,  $f_0$  es la frecuencia fundamental. La DFT se utiliza para realizar diversos tipos de operaciones, a saber: codificación de información, multiplexación de portadoras, extracción de características para identificar patrones, etc. La FFT usa unos coeficientes conocidos como “Pesos Complejos” o “*Twiddle factors*”, definidos como  $W_k = e^{-j2\pi k/N}$ , en los cuales se encuentra toda la información de la base

de N funciones. En otras palabras, definir los pesos complejos en la FFT o la IFFT equivale a definir toda la base de N funciones.

La comparación de la eficiencia de distintos algoritmos que implementan la FFT generalmente se hace basándose en el número de multiplicaciones que incluye el algoritmo al momento de realizar el procesamiento de la señal. En el ámbito del desarrollo de circuitos integrados VLSI (Very Large Scale Integration) se conoce que, entre todas las operaciones aritméticas, la multiplicación es la que más consume tiempo y potencia, lo cual se traduce en dispositivos de mayor tamaño y costo. La implementación de la FFT implica multiplicadores complejos (con parte real e imaginaria), interfaces de memoria, esquemas de control, etc., que convierten al bloque de cálculo de la FFT en uno de los más grandes y complicados del sistema que lo usa, sobre todo cuando debe funcionar en tiempo real. Por ejemplo, en un sistema WLAN (Wireless Local Area Network), el procesador dedicado a la FFT constituye alrededor del 30% de todo el llamado “hardware complejo”. En diseños de FFT de gran tamaño los registros pueden llegar a ocupar más del 70% de área del chip.

Como es bien sabido, las multiplicaciones entre números con varias cifras decimales consumen mucho más recursos de procesamiento que entre números enteros. Precisamente, los pesos complejos usados en la FFT son de naturaleza decimal y por esta razón se han desarrollado técnicas de aproximación para obtener pesos complejos en forma de números enteros. La FFT con pesos complejos de números enteros ha recibido el nombre de Transformada Rápida de Fourier de Números Enteros IntFFT (Integer Fast Fourier Transform)<sup>1</sup>. La IntFFT busca una aproximación de las señales sinusoidales, obteniendo funciones aproximadas que producen modificaciones a los pesos complejos, pero no con la intención de corregir efectos del canal. Esas modificaciones producen efectos indeseados en la señal, induciendo errores en la lectura posterior de la señal.

Las investigaciones encaminadas a la mejora de los diseños de la FFT se centran principalmente en la reducción del área del chip donde se implementa el algoritmo, la disminución del consumo de potencia y el aumento de la velocidad de operación. La patente WO2009/014291 divulga una mejora de la FFT para un sistema MIMO-OFDM (Multiple Input Multiple Output - OFDM) 4x4, el cual requiere cuatro bloques de procesamiento para la FFT. Esto se traduce simplemente en una mayor velocidad de procesamiento para obtener 4 resultados en paralelo en vez de uno, sin embargo el orden de paralelismo está limitado por las capacidades de las tecnologías. La estructura multicanal de la patente WO2009/014291 presenta un método de Conmutación de Retraso de

---

<sup>1</sup> S. Orianara, Y. J. Chen y T. Nguyen, “Integer Fast Fourier Transform”, IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 50 No. 3, pp. 607-618, 2002.

Múltiples Caminos (MDC- Multi-path Delayed Commutator) que permite al sistema la transmisión de información por múltiples canales utilizando un solo procesador, reduciendo notablemente la complejidad del hardware con respecto a un sistema tradicional. Esta patente modifica la forma como se calcula la FFT para obtener los resultados de una manera más rápida, pero los valores de los Pesos Complejos, siguen siendo los mismos de la FFT tradicional, lo cual equivale a usar la base tradicional de funciones de la DFT.

La patente WO2007/127938 se basa en la selección conveniente entre una FFT Radix-2 y una FFT Radix-4, métodos que buscan una partición del algoritmo de la FFT en bloques más pequeños para así optimizar el rendimiento del sistema. Un algoritmo Radix-2 es eficiente para un sistema SISO-OFDM (Single Input Single Output - OFDM), pero ineficiente para un sistema MIMO-OFDM, mientras un algoritmo Radix-4 utiliza una gran cantidad de multiplicadores no triviales que incrementan la complejidad del hardware. Nuevamente se hace uso de una mejora en la manera de procesar el algoritmo, pero no cambia la esencia del mismo, pues se conservan los mismos pesos complejos.

Estas anterioridades representan mejoras al algoritmo de la FFT sin modificar su resultado, es decir, logran el mismo efecto de la FFT tradicional con mayores prestaciones por ejemplo en velocidad de procesamiento o en reducción de la complejidad del hardware. Dicho de otra manera, y haciendo referencia a la Figura 2, el principal esfuerzo en el estado del arte busca mejorar la FFT conservando la definición tradicional de los pesos complejos que forman parte del algoritmo del bloque FFT (7).

### 3. Descripción de las figuras

La Figura 1 muestra un esquema general de multiplexación.

La Figura 2 es un diagrama general de la invención aplicada a un transmisor OFDM.

La Figura 3 muestra un ejemplo del efecto que un canal real puede ejercer sobre una señal sinusoidal.

La Figura 4 muestra el principio para obtener los valores enteros de una FARNE.

La Figura 5 muestra una forma en que se obtienen los pesos complejos de números enteros  $W[n]$ .

### 4. Breve descripción del invento

La Teoría de Fourier, en que se basa la FFT, considera que cualquier señal está compuesta de un espectro de sinusoidales de diferente frecuencia, amplitud y fase. En la práctica, una señal, en su paso por diferentes elementos de un sistema de comunicaciones, sufre

deformaciones o achatamientos, debidas, por ejemplo, a no linealidades presentes en estos elementos. De acuerdo a la teoría de Fourier el achatamiento de una señal hace que su espectro se modifique agregando un mayor número de sinusoidales de diferente frecuencia, amplitud y fase.

5

La presente invención replantea ese paradigma al afirmar que el achatamiento de una señal solo hace que la señal quede conformada de las mismas sinusoides pero achatadas. Esto conlleva a la necesidad de cambiar la base de funciones usadas en la FFT. El invento propone usar una nueva base de funciones que modifican los pesos complejos de las señales de manera adaptativa a las no linealidades de la señal para ofrecer un mejor desempeño en el tratamiento de la señal, el cual comienza por determinar la transformación que una sinusoidal pura sufre al pasar por el canal o cualquier otro bloque que pueda influir indescadadamente sobre la forma de la señal. Dichas funciones son designadas en este documento como Funciones Armónicas Propias (FAP). La presente invención no toma las sinusoidales ideales como parámetro de cálculo de los pesos complejos, sino por el contrario, se toman como funciones sinusoidales achatadas.

La FAP se usa como patrón para construir la base de sinusoidales deformadas que ha de reemplazar al sistema tradicionalmente usado de sinusoidales ideales. Las FAP son las funciones características de la señal deformada y están basadas en funciones que modifican los pesos complejos que definen los algoritmos FFT o IFFT. Estas funciones en las que se basa las FAP, son lo que en este documento se denomina como Funciones Armónicamente Relacionadas (FAR), las cuales pueden ser de Números Enteros (FARNE). Específicamente, las FARNE reemplazan las multiplicaciones con comas flotantes por simples sumas y restas para elevar la velocidad de procesamiento. Al usar funciones de números enteros, es decir FARNE, se logra elevar en alrededor de 40% la velocidad de procesamiento en un sistema de comunicación basado en OFDM, pero adicionalmente permite mejorar el desempeño del sistema ante no linealidades.

En conclusión, la presente invención consiste en la implementación de un método para elevar el desempeño de sistemas que requieren transformar señales desde el dominio del tiempo al dominio de las frecuencias o viceversa introduciendo un elemento de adaptabilidad en los algoritmos FFT y/o IFFT para lograr compensar el efecto de las deformaciones que una señal sufre en su paso por diferentes componentes de un sistema de procesamiento de señales, y más específicamente en sistemas de comunicación.

A diferencia del estado del arte, y haciendo referencia a la Figura 2, la presente invención modifica los pesos complejos (9) y resulta importante advertir que la solución propuesta

puede usarse en cualquier desarrollo que realice mejoras al bloque FFT (7), pues todas ellas conservan el concepto de los pesos complejos. En otras palabras, la presente invención se adapta a cualquier mejora que pueda ser realizada al algoritmo de la FFT, porque la innovación propuesta se realiza en una etapa previa al procesamiento que realiza el algoritmo.

## 5. Descripción detallada de la invención

### Glosario

**Modulación:** Es el método usado para lograr que una onda pueda servir de portadora para la transmisión de un mensaje acomodándose a las condiciones que impone un canal, como es la frecuencia, las interferencias, las no linealidades, etc.

**Señal portadora:** Es una onda usada para conducir una señal mensaje. Debe coincidir con la frecuencia central de la banda de frecuencias destinada a una comunicación específica.

**Modulación banda base:** Los fines de la modulación se logran sin tener en cuenta la frecuencia. Por lo tanto, la frecuencia de la portadora se iguala a 0 Hertz. Resulta útil para dividir el proceso de modulación en dos partes: la modulación banda base y la conversión para que la señal se ubique en la banda de frecuencias destinadas para la transmisión.

**Ortogonalidad de las señales:** Dos señales  $x(t)$  e  $y(t)$  se dice que son ortogonales en un intervalo  $[t_1, t_2]$  si:  $\int_{t_1}^{t_2} x(t)y(t)dt = 0$ .

**(TF) Transformada de Fourier:** se trata de una teoría matemática que permite transformar una señal dada en el tiempo a una dada en frecuencias y viceversa. La teoría de Fourier asegura que toda señal está formada de sinusoidales de diversas frecuencias, amplitudes y fases.

**(DFT) Transformada Discreta de Fourier:** Permite hallar la TF de una señal con métodos numéricos, para lo cual recurre al muestreo de la señal.

**(FFT) Fast Fourier Transform:** Se trata de un algoritmo rápido para el cálculo de la DFT

**(IntFFT) Integer FFT:** es la FFT usando siempre valores enteros.

**Base de Funciones:** Es un conjunto de señales que usadas como parte de la Transformada de Fourier (TF).

**(FAR) Funciones armónicamente relacionadas:** Son todo un conjunto de señales relacionadas entre sí, de manera que la frecuencia de cualquiera de ellas es igual a una frecuencia llamada fundamental multiplicada por un número entero. Es decir  $f = kf_0$ , donde,  $f_0$  es la frecuencia fundamental,  $k$  – es un número entero,  $f$  – es la frecuencia de una de las funciones del conjunto.

**(FARNE) Funciones armónicamente relacionadas de números enteros:** Se trata de FAR discretas, donde los valores discretos son números enteros.

**(FAP) Funciones armónicas propias:** se refiere a la base de funciones características de la señal deformada que, usadas como parte de la teoría de Fourier, ofrecen mejor desempeño para procesar señales.

**Pesos complejos o Twiddle Factors:** Son valores complejos usados por los algoritmos FFT/IFFT, los cuales tienen toda la información de la base de funciones.

### Descripción detallada.

Haciendo referencia a la Figura 2, y con el fin de lograr una mejor comprensión, se describe el presente invento aplicado a un sistema de comunicación OFDM, aunque realmente se puede aplicar a cualquier sistema que involucre FFT o IFFT. El tratamiento de la señal  $m(t)$  pasa por distintas etapas: (i) la primera es la entrada de la señal  $m(t)$  a un sistema de pre-procesamiento, donde usualmente se emplea una modulación banda base que permite conducir el mayor número de bits por segundo en función de las condiciones del canal; (ii) en la segunda etapa, se aplica un algoritmo que permite obtener la señal multiplexada mediante un chip que incorpora la IFFT, pero con pesos complejos que surgen de las FARNE y que, por lo tanto, introducen una modificación al comportamiento tradicional de la IFFT.

El método de la presente invención inicia con la entrada de la señal al sistema:

#### **a) Entrada de la señal al sistema transmisor**

La señal a transmitir  $m(t)$  que puede ser continua o discreta pasa por un sistema de Modulación Banda Base que entrega  $N$  señales complejas discretas (6)  $X_0[k], X_1[k], \dots, X_{N-1}[k]$  del tipo  $a + ib$  que sirven de entrada en paralelo al multiplexor que está basado en procesador de IFFT (7).

#### **b) Aplicación de la transformación**

Actualmente, en el tratamiento de señales se utiliza la IFFT (Transformada Inversa de Fourier tradicional). El bloque IFFT (7) del procesador mediante la Ecuación 1, entrega como resultado la señal discreta (8)  $s[0], s[1], \dots, s[N-1]$ . Ésta es precisamente la que se conoce como señal OFDM, ya que las  $N$  señales complejas (6) son convertidas a una única señal  $s[n]$ , que tiene como resultado un espectro solapado (10).

Ecuación 1:

$$s[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] W_N^{-kn}, \text{ donde } W_N = e^{-j2\pi/N}, 0 \leq n < N \text{ y } 0 \leq k < N.$$

El diseño en hardware del algoritmo IFFT se puede usar para la FFT y viceversa si se tiene en cuenta que  $s[n] = IFFT\{X[k]\} = \frac{1}{N} (FFT\{X^*[k]\})^*$ , donde  $*$  significa conjugado complejo, es decir, si  $x=a+jb$ ,  $x^*=a-jb$ .

- 5 Una forma de expresar la ecuación matemática de una manera más conveniente para entender el papel de los pesos complejos en la presente invención, de acuerdo al funcionamiento de un sistema OFDM, es la Ecuación 2:

Ecuación 2:

10 
$$s[n] = \sum_{k=0}^{N-1} X_k W_{-kn}, \text{ donde el peso complejo } W_k = e^{-j2\pi k/N}.$$

La presente invención utiliza precisamente los pesos complejos (9) definidos por  $W_k = (\alpha_k, \beta_k)$ , donde  $\alpha_k$  corresponde a la parte real y  $\beta_k$  a la parte imaginaria de  $W_k$ .

- En los algoritmos es usual encontrar la siguiente representación para los pesos complejos  
15  $W_N[k] = \alpha[k] + j\beta[k] = (\alpha[k], \beta[k])$ . Estos pesos complejos (9) se usan para adaptar el algoritmo de la IFFT a las necesidades del sistema, obteniéndose de la manera en que se explica a continuación.

#### Obtención de los pesos complejos:

20

La presente invención permite que el sistema sea configurado de la manera más conveniente para un determinado entorno de uso. Si se tiene un sistema de procesamiento en donde el canal modifica la señal de manera estática, es decir que la variación de la señal varía de manera insignificante a lo largo del tiempo, se utiliza la opción 1, la cual consiste  
25 en mantener constantes los coeficientes de los pesos complejos (9) a lo largo del funcionamiento del sistema. Si la modificación que sufre la señal en el sistema de procesamiento varía de manera significativa en el tiempo, se puede optar por la segunda opción, que implica una actualización de los coeficientes de los pesos complejos (9) cada cierto tiempo. Por último, se puede tomar la opción 3, donde a partir de diferentes  
30 funciones FAR o FARNE predeterminadas se puede elegir la que mejor se adapta al efecto que propicia el canal.

#### Opción 1. Adaptabilidad estática:

- Los coeficientes de los pesos complejos (9) se obtienen como un paso previo a la puesta en  
35 funcionamiento del sistema de procesamiento. Los pasos son los siguientes:

- Identificación inicial de las deformaciones que produce el sistema de procesamiento.  
Como se muestra en la Figura 3, se aplica a la entrada de un sistema de comunicación

una señal sinusoidal patrón (15) y en la sección del receptor, después de la medición se obtiene una señal FAP (17) con las deformaciones de la señal a la salida del sistema.

- Siguiendo la Figura 4, la FAP (17) obtenida en la Figura 3, se muestrea solo en  $\frac{1}{4}$  de su periodo, como aparece en la Figura 4, y se identifican los valores de las muestras para el primer cuarto de periodo de la señal (18). Si se quisiera aumentar la velocidad y adaptabilidad de la señal a las deformaciones que ocasiona el sistema de procesamiento, se utilizaría las FARNE en este paso (que más adelante se explicará cómo se obtienen), realizando un muestreo aproximado de valores enteros de la FAP. De esta manera se obtiene la serie de valores  $Q[k] = Q_0, Q_1, \dots, Q_{N/4}$  (19).

- A continuación se obtienen los pesos complejos utilizando la Ecuación 3.

Ecuación 3:

$$\alpha[k] = Q_{N/4} - Q_{|N/4-k|}$$

$$\beta[k] = \operatorname{sgn}\left(\frac{N}{4} - k\right) (Q_{N/4} - Q_{N/4-|N/4-k|})$$

Donde,  $0 \leq k < N/2$  y

$$W_N[m] = \alpha[m] + j\beta[m]$$

- 15 Donde  $\operatorname{sgn}$  es la función signo de (x), definida así:

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & \text{si } x > 0 \\ 0, & \text{si } x = 0 \\ -1, & \text{si } x < 0 \end{cases}$$

### Opción 2. Adaptabilidad dinámica:

Los coeficientes de los pesos complejos (9) se adaptan constantemente a las deformaciones que produce el sistema haciéndose un seguimiento constante a la señal que se obtiene a la salida del sistema, lo cual resulta especialmente útil en los sistemas de comunicaciones móviles, donde el canal presenta un comportamiento impredecible en el tiempo. El procedimiento es igual al anterior, el proceso de cálculo de los pesos se realiza con las mismas ecuaciones, pero cada vez que resulte conveniente la adaptación a nuevas condiciones del canal.

### Opción 3. Adaptabilidad teórica:

Con esta opción, los coeficientes de los pesos complejos pueden ser elegidos a partir de la elección de funciones FAR o FARNE previamente calculadas que mejor se ajustan a las deformaciones presentes en el sistema. Para ello, resulta útil contar con método para obtener diferentes FAR o FARNE:

### Método para obtener funciones FAR o FARNE:

Las FAR o FARNE permiten realizar una representación de señales más acorde a la forma real de la señal (ver definición en glosario), tomando en cuenta el hecho de que en la práctica no existen señales sinusoidales puras. De acuerdo al grado y tipo de distorsión que presente el canal y a las particularidades que presenta el procesamiento de señales de cada sistema, es posible encontrar las FAR que mejor modelan la señal de interés deformada, es decir la FAP.

Las funciones base ortogonales que se generan con las FAR no son completamente ortogonales como las creadas con funciones sinusoidales puras, pero en la práctica, las funciones base sinusoidales puras se distorsionan y también pierden la ortogonalidad. Al comparar el desempeño de las bases utilizadas, por ejemplo, en un sistema de modulación OFDM de comunicaciones, se encuentra que las FAR se comportan mejor a la hora de afrontar no linealidades comparado con las funciones que toman las señales como sinusoidales puras, lo cual está representado en el sistema de procesamiento con una menor Rata de Bits Perdidos (BER-Bit Error Ratio).

La Ecuación 3 en la práctica representa la definición de FAR (o FARNE para el caso de números enteros) para medio periodo, de manera que la obtención de una FAR o FARNE completa se resume en la Figura 5 de la siguiente manera:

- Dada la simetría que presentan las FAR o FARNE es posible construirlas completamente partiendo de su definición en solo un cuarto de su periodo. Primero se construye la parte real en un cuarto del periodo, es decir en una duración de  $N/4$  muestras (11).
- Se construye la parte real para medio periodo de señal real (12) mediante la Ecuación 3.
- Desfasando la señal en determinado ángulo (generalmente de 90 grados) se obtiene la parte imaginaria (13).
- Se obtienen los pesos complejos de la forma  $W_N[m] = (\alpha[m], \beta[m])$  (14).

Lucgo de calcular las FAR o FARNE y los pesos complejos respectivos (9), estos se entregan al bloque procesador FTT (7) a cambio de los pesos ideales. Es decir, se usan los nuevos pesos a cambio de los tradicionalmente usados en FFT/IFFT.

## 6. Algunas funciones FARNE útiles.

A continuación se proponen algunas FARNE que se han obtenido con el método anterior, que han demostrado ser útiles en sistemas de comunicaciones.

### Funciones Triangulares Discretas (FTD)

Para sintetizar o crear funciones triangulares se puede utilizar la función  $f(x) = x$ ,  $x \in [0,1]$ . Los pesos complejos están definidos por:

Ecuación 4

$$\alpha_T[k] = |k - N/2| - N/4$$

$$\beta_T[k] = |k - N/4| - N/4$$

5

Donde  $k \in [0, N - 1]$ .

### Funciones Potenciales Discretas (FPD)

De la misma manera que con las FTD, si se emplea la sucesión  $Q_k = k^2$ ,  $k = [0, N - 1]$ , se logran sintetizar las FPD. Los pesos complejos de las FPD están definidos en función de los pesos complejos de las FTD de la siguiente forma:

10

Ecuación 5

$$\alpha_P[k] = \alpha_T[k] \cdot (N/2 - |\alpha_T[k]|)$$

$$\beta_P[k] = \beta_T[k] \cdot (N/2 - |\beta_T[k]|)$$

Donde  $k \in [0, N - 1]$ .

15

### Funciones Binomiales Discretas (FBD)

Para sintetizar las FBD se emplea la sucesión  $Q_k = C_{k+1}^2$ ,  $k = [0, N/4]$ , donde  $C_n^2$  es un coeficiente binomial dado por  $C_n^2 = n(n+1)/2$ . Los pesos complejos de las FBD están definidos en función de los pesos complejos de las FTD de la siguiente forma:

20

Ecuación 6

$$\alpha_B[k] = \alpha_T[k] \cdot (N/2 + 1 - |\alpha_T[k]|)/2$$

$$\beta_B[k] = \beta_T[k] \cdot (N/2 + 1 - |\beta_T[k]|)/2$$

Donde  $k \in [0, N - 1]$ .

25

Las anteriores funciones presentan ventajas en distintos entornos. Cabe aclarar que aplicando el método expuesto en la presente invención es posible obtener más tipos de funciones FAR o FARNE.

### 7. Modalidades preferidas de la invención

30

Las modalidades preferidas para la presente invención incluyen los sistemas de comunicaciones basados en OFDM y los sistemas de Radares Doppler de Impulso. Las pruebas de rendimiento realizadas en sistemas de comunicaciones demuestran que es

posible mejorar la relación señal a ruido en la entrada del receptor cuando el canal de transmisión presenta variaciones en la señal o no linealidades. Esto puede representar una contribución para los sistemas de comunicaciones alrededor del mundo, en especial los inalámbricos y puede impactar su precio y calidad.

5

### **Sistemas de comunicación basados en OFDM**

Un bloque destinado a realizar la transformada rápida de Fourier FFT es fundamental en todo sistema OFDM. La implementación de un sistema OFDM está compuesta por una etapa de transmisión y otra de recepción.

10

En el proceso de transmisión los datos binarios de entrada pasan a través de un bloque que los codifica. Después a estos bits codificados se puede aplicar cualquier otro método de procesamiento conocido para mejorar el desempeño del sistema con respecto a los errores que induce el canal. Luego, los valores binarios se mapean por medio de un modulador banda base (que puede estar basado en cualquier esquema de constelaciones conocido). Lo que se logra con esto es preparar las señales que han de ser transmitidas, de acuerdo a los protocolos de comunicación definidos particularmente para el sistema de comunicación. Los valores obtenidos se pasan a través de un convertidor serie/paralelo para así formar grupos de números complejos que ingresan al sistema de transformación, representados por (6) en la Figura 2. El bloque (7) realiza la transformación inversa (IFFT), donde el resultado (8) se hace pasar por un convertidor paralelo/serie para luego agregarse un prefijo cíclico que elimina la interferencia entre símbolos ISI (Inter Symbol Interference), obteniéndose así un símbolo OFDM. Esta señal en bandabase se pasa a través de un modulador paso bandas y es luego enviada a un amplificador que dirige la señal hacia el transmisor y la antena.

25

En la etapa de recepción se aplica el proceso inverso al realizado en la transmisión (usando FFT), estimando además algunos parámetros como corrimiento en frecuencia, tiempo de duración del símbolo, sincronización del símbolo, función de transferencia del canal (en caso de que el canal sea selectivo en frecuencia) y corrimiento de fase. Para la determinación de estos parámetros se emplean los campos de preámbulo que se añaden al comienzo de cada trama de datos y las señales pilotos que se envían en algunas subportadoras, conocidas de antemano tanto por el transmisor como por el receptor.

30

### **Sistemas de radar doppler de impulso**

Una señal sinusoidal es emitida en la dirección donde posiblemente se encuentra un objetivo móvil. La señal reflejada se recibe y se analiza para identificar en el dominio de la frecuencia la información de velocidad del objetivo. La FFT funcionando en tiempo real es

esencial en este tipo de soluciones, donde normalmente se tiene presencia de no linealidades del transmisor y/o del canal.

#### **Otros**

- 5 Los analizadores de espectros modernos se basan en el cálculo de FFT. También lo pueden hacer los medidores de frecuencias de tiempo real. Estos y todos los sistemas que hagan uso de FFT, pueden encontrar útil esta invención.

- 10 Los anteriores ejemplos pretenden ilustrar algunas modalidades y posibles aplicaciones del método inventivo, pero de ninguna manera pretenden ser limitativos del mismo. El alcance real de la protección se encuentra únicamente limitado por el alcance de las reivindicaciones que aparecen a continuación.

## REIVINDICACIONES

1. Método para mejorar el desempeño de sistemas de procesamiento de señales que hacen uso de los algoritmos FFT (Fast Fourier Transform) o IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) para modificar el comportamiento de dichos algoritmos y adaptarse a las no linealidades del canal caracterizado por los siguientes pasos:

- a- identificar la deformación que produce el sistema de procesamiento;
- b- obtener la Función Armónica Propia (FAP) a partir de las deformaciones de la señal;
- c- hallar los pesos complejos representando las deformaciones de la señal mediante Funciones Armónicamente Relacionadas (FAR); y
- d- usar los pesos complejos para adaptar las no linealidades del canal al sistema de procesamiento de la señal.

2. El método de la Reivindicación 1, en donde la FAP representa la deformación característica del canal.

3. El método de la Reivindicación 1, en donde las FAR se obtienen mediante los siguientes pasos:

- a- tomar un segmento de duración  $T/4$  de la FAP, muestreándola a razón de  $N/T$  muestras, donde  $T$  es el periodo de la señal senoidal y  $N$  es el orden de la FFT, obteniendo así los valores discretos  $Q_1, Q_2, \dots, Q_{N/4}$ ;
- b- obtener la parte real de los pesos complejos para  $0 \leq k < N/2$ , mediante la siguiente ecuación:

$$\alpha[k] = Q_{N/4} - Q_{|N/4-k|};$$

- c- obtener la parte imaginaria de los pesos complejos mediante la siguiente ecuación:

$$\beta[k] = \operatorname{sgn}\left(\frac{N}{4} - k\right) (Q_{N/4} - Q_{N/4-|N/4-k|});$$

donde,  $0 \leq k < N/2$ ; y donde

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & \text{si } x > 0; \\ 0, & \text{si } x = 0; \text{ y} \\ -1, & \text{si } x < 0; \end{cases}$$

- d- obtener los pesos complejos usando su parte real y su parte imaginaria, mediante la siguiente ecuación:

$$W_N[k] = \alpha[m] + j\beta[m];$$

donde,  $0 \leq k < N/2$ ;

- e- aplicar los pesos complejos  $W_N[k] = \alpha[k] + j\beta[k]$ , al algoritmo de FFT y/o IFFT.

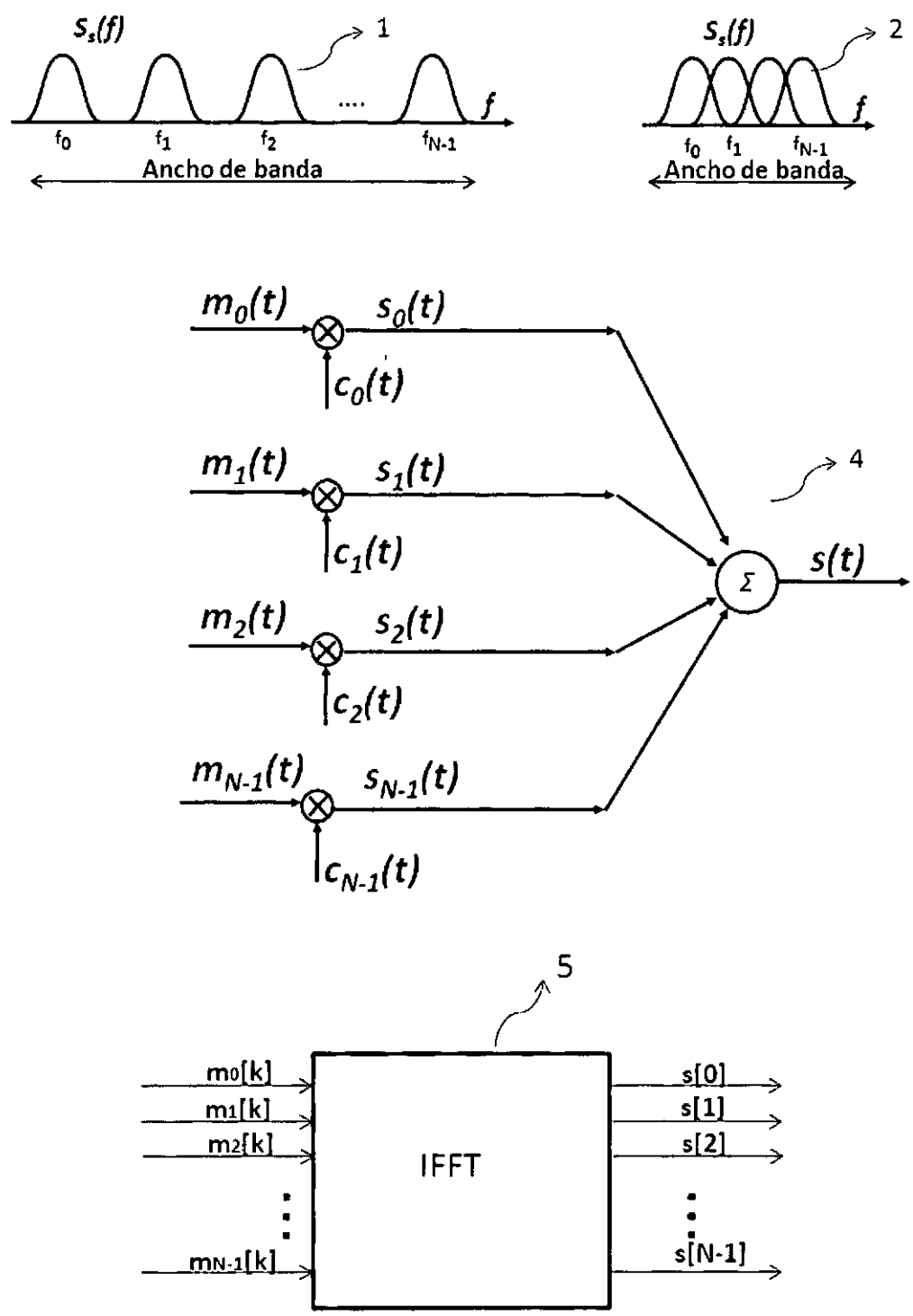
4. El método de la Reivindicación 3, en donde los valores discretos  $Q_1, Q_2, \dots, Q_{N/4}$  son valores enteros.
5. El método de la Reivindicación 3, en donde las funciones FAR se recalculan dinámicamente en el tiempo en función de los cambios de deformaciones que sufre la señal.
6. El método de la Reivindicación 3, en donde las componentes reales  $\alpha[k]$  y complejas  $\beta[k]$  de las funciones FAR, están definidas preferiblemente por la siguiente función:
  - Funciones Potenciales Discretas, dadas por los pesos complejos:
 
$$\alpha_p[k] = \alpha_T[k] \cdot (N/2 - |\alpha_T[k]|);$$

$$\beta_p[k] = \beta_T[k] \cdot (N/2 - |\beta_T[k]|);$$
7. El método de la Reivindicación 3, en donde las componentes reales  $\alpha[k]$  y complejas  $\beta[k]$  de las funciones FAR, están definidas preferiblemente por la siguiente función:
  - Funciones Binomiales discretas, dadas por los pesos complejos:
 
$$\alpha_B[k] = \alpha_T[k] \cdot (N/2 + 1 - |\alpha_T[k]|)/2;$$

$$\beta_B[k] = \beta_T[k] \cdot (N/2 + 1 - |\beta_T[k]|)/2;$$
8. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde las componentes reales  $\alpha[k]$  y complejas  $\beta[k]$  de las funciones FAR, están definidas preferiblemente por la siguiente función:
  - Funciones Triangulares Discretas, dadas por los pesos complejos:
 
$$\alpha_T[k] = |k - N/2| - N/4;$$

$$\beta_T[k] = |k - N/4| - N/4;$$
9. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método puede ser aplicado en cualquier sistema que utilice algoritmos de procesamiento FFT o IFFT.
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método puede ser aplicado en sistemas OFDM o en radares de Doppler de Impulso.

FIGURA 1



ESTADO DE LA TÉCNICA

FIGURA 2

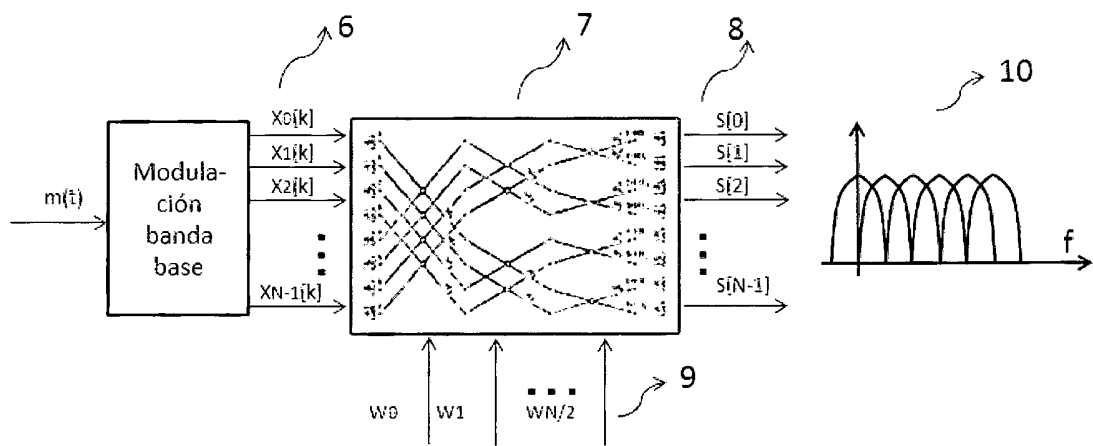


FIGURA 3

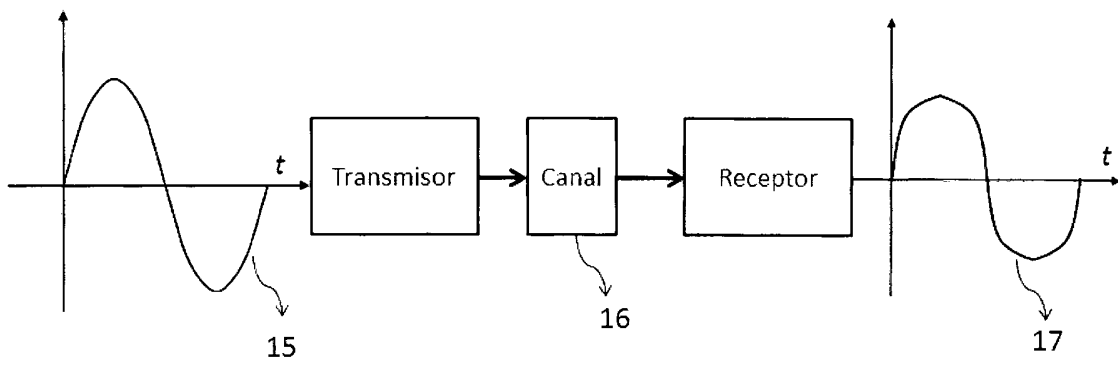
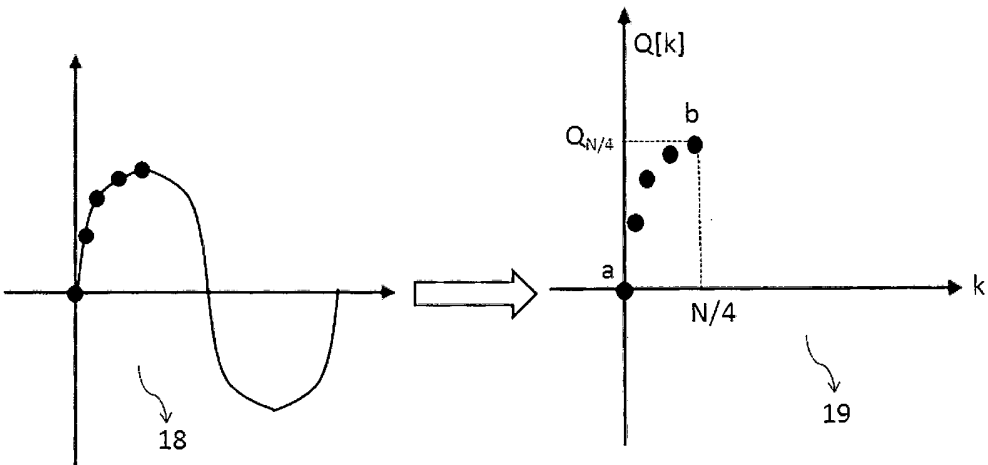
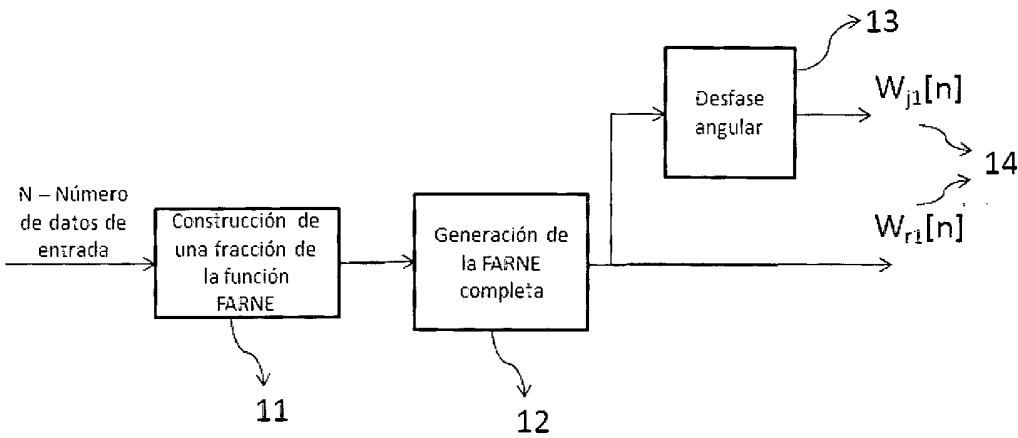


FIGURA 4



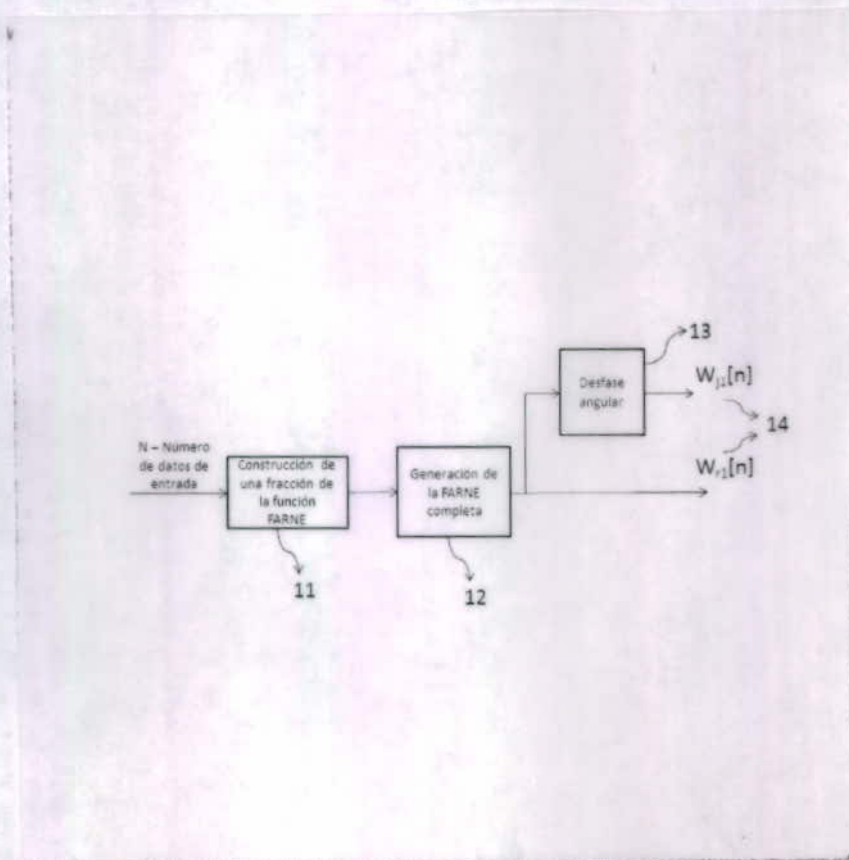
13

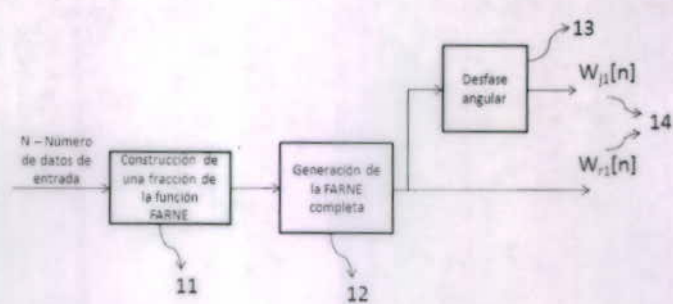
FIGURA 5

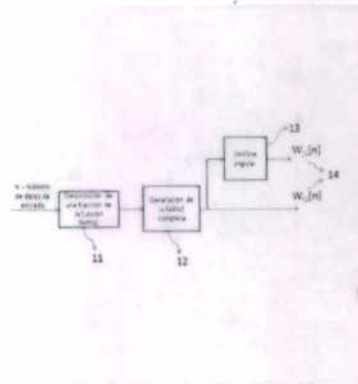


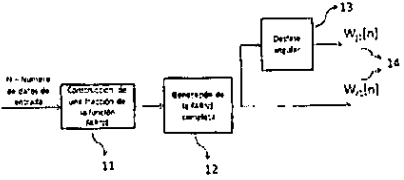
**Resumen:**

La presente invención consiste en la implementación de un método para elevar el desempeño de sistemas que requieren transformar señales desde el dominio del tiempo al dominio de las frecuencias o viceversa introduciendo un elemento de adaptabilidad en los algoritmos FFT y/o IFFT para lograr compensar el efecto de las deformaciones que una señal sufre en su paso por diferentes componentes de un sistema de procesamiento de señales, y más específicamente en sistemas de comunicación.







|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |                                                                                                                                                |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <div><b>Industria y Comercio</b></div> <div>SUPERINTENDENCIA</div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  | <div><b>SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO</b></div> <div><b>DIVISION DE NUEVAS CREACIONES</b></div> <div>TARJETA ARCHIVO TEMATICO</div> |  |
| PATENTE DE INVENCION <input checked="" type="checkbox"/> PCT <input type="checkbox"/> MODELO DE UTILIDAD <input type="checkbox"/> DISEÑO INDUSTRIAL <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |                                                                                                                                                |  |
| (21) N° de solicitud: (22) Fecha de solicitud: 29/11/2011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                                                             |  |
| (51) Clasificación Internacional :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |  |                                                                                                                                                |  |
| (71) Solicitante(s) UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                                                                                                                                                |  |
| (72) Inventor(es) HOMERO ORTEGA BOADA; ÉDGAR FERNANDO MALDONADO ORDUZ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                |  |
| (74) Apoderado: CARLOS R. OLARTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |                                                                                                                                                |  |
| (30) Prioridad (31) No. Prioridad (32) Fecha (33) País                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |                                                                                                                                                |  |
| (85) Fecha límite inicio fase nacional:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | (87) Publicación internacional:                                                                                                                |  |
| (86) Datos relativos a la presentación de la solíc. PCT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  | Fecha:                                                                                                                                         |  |
| Fecha de presentación de la solicitud:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  | No. Publicación : WO                                                                                                                           |  |
| No. de solicitud PCT/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |                                                                                                                                                |  |
| (54) Título: TRANSFORMACIÓN RÁPIDA DE SEÑALES ENTRE LOS DOMINIOS DE TIEMPO Y FRECUENCIA ADAPTABLE A LAS CONDICIONES QUE IMPONEN LOS SISTEMAS REALES.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |                                                                                                                                                |  |
| (67) Resumen: La presente invención consiste en la implementación de un método para elevar el desempeño de sistemas que requieren transformar señales desde el dominio del tiempo al dominio de las frecuencias o viceversa introduciendo un elemento de adaptabilidad en los algoritmos FFT y/o IFFT para lograr compensar el efecto de las deformaciones que una señal sufre en su paso por diferentes componentes de un sistema de procesamiento de señales, y más específicamente en sistemas de comunicación. |  |                                                                                                                                                |  |



(21) N° de solicitud: (22) Fecha de solicitud: 29/11/2011

(51) Clasificación Internacional:

(71) Solicitante(s) UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

(72) Inventor(es) HOMERO ORTEGA BOADA; ÉDGAR FERNANDO MALDONADO ORDUZ

(74) Apoderado: CARLOS R. OLARTE

(30) Prioridad (31) No. Prioridad (32) Fecha (33) País

(85) Fecha límite inicio fase nacional:

(86) Datos relativos a la presentación de la solíc. PCT

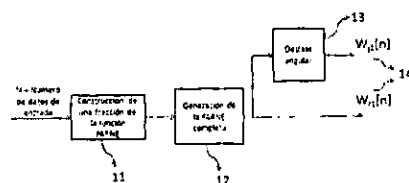
Fecha de presentación de la solicitud:

No. de solicitud PCT/

(87) Publicación internacional:

Fecha:

No. Publicación : WO



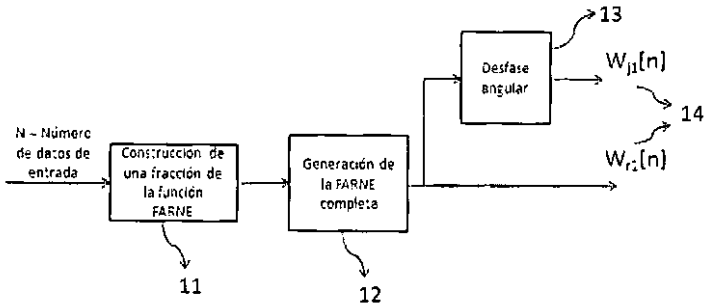
(54) Título: TRANSFORMACIÓN RÁPIDA DE SEÑALES ENTRE LOS DOMINIOS DE TIEMPO Y FRECUENCIA ADAPTABLE A LAS CONDICIONES QUE IMPONEN LOS SISTEMAS REALES.

Resumen: La presente invención consiste en la implementación de un método para elevar el desempeño de sistemas que requieren transformar señales desde el dominio del tiempo al dominio de las frecuencias o viceversa introduciendo un elemento de adaptabilidad en los algoritmos FFT y/o IFFT para lograr compensar el efecto de las deformaciones que una señal sufre en su paso por diferentes componentes de un sistema de procesamiento de señales, y más específicamente en sistemas de comunicación.

|                                                                                                                                                             |                    |                                                                                                                                                           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <div><b>Industria y Comercio</b><br/>SUPERINTENDENCIA</div>                |                    | <b>SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO</b><br><b>DIVISION DE NUEVAS CREACIONES</b><br>EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN<br>SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION |           |
| (21) N° de solicitud:                                                                                                                                       |                    | (51) Int Cl:                                                                                                                                              |           |
| 22) Fecha de solicitud:                                                                                                                                     |                    | (71) Solicitante(s) <b>UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER</b>                                                                                            |           |
| (30) Prioridad                                                                                                                                              | (31) No. Prioridad | 32) Fecha                                                                                                                                                 | (33) País |
|                                                                                                                                                             |                    | (72) Inventor(es) <b>HOMERO ORTEGA BOADA;<br/>ÉDGAR FERNANDO MALDONADO ORDUZ</b>                                                                          |           |
|                                                                                                                                                             |                    | (74) Apoderado: <b>CARLOS R. OLARTE</b>                                                                                                                   |           |
| (54) Título: <b>TRANSFORMACIÓN RÁPIDA DE SEÑALES ENTRE LOS DOMINIOS DE TIEMPO Y FRECUENCIA ADAPTABLE A LAS CONDICIONES QUE IMPONEN LOS SISTEMAS REALES.</b> |                    |                                                                                                                                                           |           |

Reivindicación(es):

La presente invención consiste en la implementación de un método para elevar el desempeño de sistemas que requieren transformar señales desde el dominio del tiempo al dominio de las frecuencias o viceversa introduciendo un elemento de adaptabilidad en los algoritmos FFT y/o IFFT para lograr compensar el efecto de las deformaciones que una señal sufre en su paso por diferentes componentes de un sistema de procesamiento de señales, y más específicamente en sistemas de comunicación.





No. 11-164320-00000-0000

Fecha: 2011-11-29 17:04:27  
Tra. 2 PATENTES  
Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR  
Eve: 1 REGDEPOSITO  
Folios: 20

PATENTE DE INVENCION ☒

MODELO DE UTILIDAD ☐

Art 33 Decisión 486/00

|                                     |                                                                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Indicación que se solicita una patente.                                             |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Descripción de la invención                                                         |
| <input type="checkbox"/>            | Dibujos de ser estos pertinentes                                                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento) |
| Completa                            | <input checked="" type="checkbox"/>                                                 |
| Incompleta                          | <input type="checkbox"/>                                                            |

PATENTE DE INVENCION PCT ☐

MODELO DE UTILIDAD PCT ☐

Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

|                          |                                                                                                                         |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Indicación que se solicita una PCT                                                                                      |
| <input type="checkbox"/> | Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen) |
| <input type="checkbox"/> | Dibujos de ser estos pertinentes                                                                                        |
| <input type="checkbox"/> | Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)                                     |
| Completa                 | <input type="checkbox"/>                                                                                                |
| Incompleta               | <input type="checkbox"/>                                                                                                |

DISEÑO INDUSTRIAL ☐

(Art. 119 Decisión 486/00)

|                          |                                                                                                           |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Indicación que se solicita Diseño industrial                                                              |
| <input type="checkbox"/> | Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud                         |
| <input type="checkbox"/> | Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño |
| <input type="checkbox"/> | Comprobante de pago de las tasas establecidas                                                             |
| Completa                 | <input type="checkbox"/>                                                                                  |
| Incompleta               | <input type="checkbox"/>                                                                                  |

ESQUEMA DE TRAZADO ☐

(Art. 92 Decisión 486/00)

|                          |                                                                                   |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Indicación que se solicita un esquema de trazado                                  |
| <input type="checkbox"/> | Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud |
| <input type="checkbox"/> | Representación gráfica de un esquema de trazado                                   |
| <input type="checkbox"/> | Comprobante de pago de las tasas establecidas                                     |
| Completa                 | <input type="checkbox"/>                                                          |
| Incompleta               | <input type="checkbox"/>                                                          |