

Señores

**Superintendencia de Industria y Comercio**

Dirección de Nuevas Creaciones

E. S. D.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

**No. 13-154108- -00008-0000**Fecha: 2014-10-22 16:24:40 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR  
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI  
Act. 523 RESPUESTA Folios: 41**Ref: Expediente No. 13-154108**

**Solicitud de registro de patente de invención denominada  
"SISTEMA Y MÉTODO DE COMUNICACIONES POR  
LÍNEAS ELÉCTRICAS SINCRÓNICAS A LA RED  
ELÉCTRICA"**

**Solicitante: ACLARA POWER-LINE SYSTEMS INC..**

**Luz Helena Adarve Gómez**, identificada como aparece al pie de mi firma, y obrando en mi condición de apoderada de **ACLARA POWER-LINE SYSTEMS INC.**, solicitante de la patente en referencia, a continuación doy respuesta al Oficio **No. 6903** que fue notificado por fijación en lista el 17 de Junio de 2014.

**1. Respecto a la descripción y los dibujos.**

Se han añadido los números de referencia a los elementos revelados en la descripción de la solicitud, y se modificó la figura 5 de la solicitud para darle mayor claridad a la misma.

**2. Respecto a las Objeciones a la Claridad y Concisión de las reivindicaciones (Art. 30 D486 y Art 22 PCT).**

En el numeral 4 del oficio No. 6903, se presentan las siguientes objeciones a la claridad de las reivindicaciones:

- *Las reivindicaciones 3 y 11 no están caracterizadas por sus características esenciales sino por resultados a alcanzar y/o funcionalidades definidos por los términos: "... sincronizado con el PLL para crear instantáneas sustancialmente de un ciclo completo y una memoria intermedia que almacena las instantáneas de un ciclo completo..." y "...en donde el ensanchador aplica un código de ensanchado a la señal de comunicaciones...". Es así que estos términos no definen características estructurales esenciales, puesto que la reivindicación incluiría no sólo la solución propuesta por el solicitante, sino todas las alternativas presentes o*

futuras que lleguen a esos resultados. Se sugiere reemplazarlos por las características esenciales estructurales que contribuyen a la obtención de esos efectos. Es oportuno aclarar que, las funcionalidades pueden estar presente en la reivindicación pero no le pueden dar novedad y/o nivel inventivo a un producto, dado que, que cuando se reivindica un producto, las funcionalidades sirven para entender la relación que hay entre los diferentes elementos estructurales de un producto, pero son solo los elementos estructurales los que definen a dicho producto haciendo a las funcionalidades opcionales.

- Las reivindicaciones 1, 2, 4, 5, 10, 12 y 13 tienen funcionalidades definidas por los términos: "...que recibe la señal saliente que incluye un mensaje saliente y convierte la señal recibida en una señal digitalizada 'correspondiente...'", "...que desensancha el espectro de la señal digitalizada recibida y demodula digitalmente la señal desensanchada recibida para proporcionar el mensaje saliente....", "... para multiplicar y sumar las instantáneas por una matriz de los coeficientes de ensanchado...", "...que proporciona una señal de comunicaciones  $s(t)$  que incluye un mensaje modulado sobre una señal portadora...", "...que recibe la señal de comunicaciones y transmite una señal del mensaje saliente correspondiente a través del sistema de distribución de energía eléctrica...", "...vinculado a la señal del mensaje saliente para enganchar la fase de las respectivas señales del mensaje saliente a la señal de la red eléctrica,...", "...para ensanchar el espectro de la señal de comunicaciones antes de transmitir la señal del mensaje saliente de manera que la señal del mensaje saliente sea ortogonal a una fuente de interferencia en el sistema de distribución de energía eléctrica....", "...que portadora;...", "...que recibe la señal de comunicaciones y transmite una señal del mensaje saliente correspondiente a través del sistema de distribución de energía eléctrica...para enganchar la fase de las respectivas señales del mensaje saliente a la señal de la red eléctrica...", "...para desensanchar el espectro de la señal de comunicaciones antes de transmitir la señal del mensaje saliente de manera que la señal del mensaje saliente sea sustancialmente ortogonal a una fuente de interferencia en el sistema de distribución de energía eléctrica...", "...para segmentar la señal de comunicaciones en secciones correspondientes a un ciclo de la red eléctrica...", "...para multiplicar cada sección de la señal de comunicaciones segmentada por la serie de coeficientes de ensanchado...", "...que recibe la señal saliente que incluye un mensaje saliente y convierte la señal recibida en una señal digitalizada

*correspondiente;...” y “...que desensancha el espectro de la señal digitalizada recibida y demodula digitalmente la señal desensanchada recibida para proporcionar el mensaje saliente...”. Esta funcionalidades pueden estar presente en las reivindicaciones pero, se aclara que, no le pueden dar novedad y/o nivel inventivo a un producto, dado que, que cuando se reivindica un producto, las funcionalidades sirven para entender la relación que hay entre los diferentes elementos estructurales de un producto, pero son solo los elementos estructurales los que definen a dicho producto haciendo a las funcionalidades opcionales.*

- *La reivindicación 14 no es clara porque se está caracterizando un método en un sistema. Se le indica al solicitante que los sistemas no se pueden caracterizar por realizar un método ni los métodos por ser utilizados en un sistema. Adicionalmente se le indica al solicitante que la redacción de la reivindicación 14 hace confuso si el objeto que se está reivindicando es un método o sistema.*

Con el fin de superar las objeciones presentadas con respecto a la claridad y concisión de las reivindicaciones, **es deseo del solicitante presentar un nuevo capítulo reivindicatorio compuesto por 16 reivindicaciones**, que encuentran su debido sustento en las reivindicaciones y la descripción originalmente presentadas, sin que ello conlleve ampliación de la invención.

A continuación se explicará cómo este nuevo capítulo reivindicatorio busca superar cada una de las objeciones de claridad expuestas previamente:

- Con respecto a las reivindicaciones 3 y 11, que no están caracterizadas por sus características esenciales sino por resultados a alcanzar, se le indica amablemente al Examinador que ambas reivindicaciones tienen componentes físicos (convertor A/d 502, PLL 504 y desensanchador 205), los cuales poseen características tangibles y son implementados como circuitos integrados. Adicionalmente se modificaron las reivindicaciones para aclarar que no se pretende reclamar resultados a alcanzar.
- En relación a las reivindicaciones 1, 2, 4, 5, 10, 12 y 13, que tienen funcionalidades definidas por diferentes términos, se le aclara amablemente

al Examinador que éstas reivindicaciones mencionan hardware que tiene un único propósito, y aquellos términos catalogados como funcionalidades son limitantes necesarios de la invención.

- De acuerdo a la reivindicación 14, que no es clara porque se está caracterizando un método en un sistema, se aclaró la reivindicación de modo que ahora se caracteriza a un método por medio de pasos.

**3. Con respecto a la Determinación del Estado de la Técnica y al Examen de Patentabilidad**

En los numerales 5, 6 y 7 del oficio citado, ese Despacho concluye que las reivindicaciones de la presente solicitud de patente carecen de novedad y nivel inventivo frente a las enseñanzas de los documentos **US 6,356,555 (D1)**, y **WO 90/13950 (D2)**.

**Nivel Inventivo.**

El señor Examinador considera que la novedad de la presente invención, en la reivindicación 1, está afectada debido a que D1 y D2 revelan algunas o todas las características esenciales de la invención. En este sentido, el Examinador presenta la siguiente comparación:

| Características esenciales                                                              | D1                                                       | D2                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico. | No menciona.                                             | Aparato para comunicaciones en sistemas de potencia (Resumen). |
| Un convertidor analógico-digital (A/D).                                                 | Convertidor analógico-digital (Col. 67, líneas 12 a 15). | No menciona.                                                   |
| Un procesador digital.                                                                  | Microcontrolador (Col. 39, líneas 33 a 36)               | No menciona.                                                   |

Aunque el Examinador haya citado a los documentos **US 6,356,555 (D1)**, y **WO 90/13950 (D2)**, para objetar la altura inventiva de la presente invención, es posible

afirmar que este no enseña las características esenciales de la invención, como será demostrado posteriormente.

El señor Examinador considera que la novedad de la presente invención, en la reivindicación 6, está afectada debido a que D1 y D2 revelan algunas o todas las características esenciales de la invención. En este sentido, el Examinador presenta la siguiente comparación:

| Características esenciales                                                                    | D1                                                                                     | D2                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| En un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico.    | No menciona.                                                                           | Aparato para comunicaciones en sistemas de potencia (Resumen). |
| Recibir una señal saliente analógica que incluye un mensaje saliente.                         | Señal analógica recibida (Col. 67, líneas 12 a 15).                                    | No menciona.                                                   |
| Convertir la señal recibida a una señal digitalizada correspondiente                          | Señal digital resultado de la conversión analógico- digital (Col. 67, líneas 12 a 15). | No menciona.                                                   |
| Desensanchar el espectro de la señal digitalizada recibida.                                   | Circuitería que desensancha y demodula (Col. 55, líneas 1 a 3).                        | No menciona.                                                   |
| Demodular digitalmente la señal desensanchada recibida para proporcionar el mensaje saliente. |                                                                                        | No menciona.                                                   |

Aunque el Examinador haya citado a los documentos US 6,356,555 (D1), y WO 90/13950 (D2), para objetar la altura inventiva de la presente invención, es posible afirmar que este no enseña las características esenciales de la invención, como será demostrado posteriormente.

El señor Examinador considera que la novedad de la presente invención, en la reivindicación 10, está afectada debido a que D1 y D2 revelan algunas o todas las características esenciales de la invención. En este sentido, el Examinador presenta la siguiente comparación:

| Características esenciales                                   | D1                                            | D2                                                             |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Sistema de distribución de energía eléctrica.                | No menciona.                                  | Aparato para comunicaciones en sistemas de potencia (Resumen). |
| Un modulador de señal.                                       | Modulador/Transmisor (Col. 14, líneas 3 a 17) | No menciona.                                                   |
| Un transmisor.                                               |                                               | No menciona.                                                   |
| Dicho transmisor incluye un bucle de enganche de fase (PLL). | Un PLL (Col. 67 líneas 11 a 40).              | No menciona.                                                   |
| Dicho transmisor incluye un ensanchador.                     | Transmisor que ensancha la señal (Col.        | No menciona.                                                   |

Aunque el Examinador haya citado a los documentos US 6,356,555 (D1), y WO 90/13950 (D2), para objetar la altura inventiva de la presente invención, es posible afirmar que este no enseña las características esenciales de la invención, como será demostrado posteriormente.

El señor Examinador considera que la novedad de la presente invención, en la reivindicación 14, está afectada debido a que D1 y D2 revelan algunas o todas las características esenciales de la invención. En este sentido, el Examinador presenta la siguiente comparación:

| Características esenciales                                                                                                            | D1                                                  | D2                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Proporcionar una señal de comunicaciones que incluye un mensaje modulado sobre una señal portadora.                                   | Señal portadora modulada (Col. 14, líneas 62 a 67). | Señal portadora para transmisión y recepción de información (Pág. 3, líneas 33 a 38). |
| Transmitir una señal de mensaje saliente correspondiente a la señal de comunicaciones a través del sistema de distribución de energía | No menciona.                                        | Aparato para comunicaciones en sistemas de potencia (Resumen).                        |
| Enganchar la fase de la señal del mensaje saliente a la señal de la red eléctrica.                                                    | Enganchamiento de la fase (Col. 67 líneas 11 a 40). | No menciona.                                                                          |

|                                                                                                                                                                  |                                                                                                      |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Ensachar el espectro de la señal de comunicaciones antes de transmitir la señal del mensaje saliente de manera que la señal del mensaje saliente sea ortogonal a | Ensachamiento de la señal y transmisión ortogonal (Col. 7, líneas 16 a 41; Col. 15, líneas 36 a 40). | No menciona. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|

Aunque el Examinador haya citado a los documentos US 6,356,555 (D1), y WO 90/13950 (D2), para objetar la altura inventiva de la presente invención, es posible afirmar que este no enseña las características esenciales de la invención, como será demostrado a continuación.

El documento D1 divulga un método y aparato para las comunicaciones de datos digitales sobre medios de transmisión compartidos (Resumen), y el documento D2 divulga un aparato para la comunicación en sistemas de potencia (Resumen).

Aunque el Examinador compara el procesador 503 con el procesador presentado en D1, el procesador 503 tiene una configuración, función y opera en una manera diferente, y adicionalmente provee un resultado diferente al planteado por D1.

Con respecto a las reivindicaciones 1 y 6, D2 falla al revelar un PLL. Similarmente D2 no enseña un PLL y un repetidor como lo hacen las reivindicaciones modificadas; De manera combinada, D1 y D2 no sugieren la combinación de un PLL 504, un analizador 511 y un procesador 503 que contiene un desensanchador como lo recitan las reivindicaciones independientes 1 y 6 modificadas.

En relación a las reivindicaciones 10 y 14, D2 falla al revelar un PLL y un repetidor. Dado que D1 no enseña un repetidor, y D2 no revela un PLL y un repetidor, las enseñanzas combinadas de D1 y D2 no sugieren un PLL 204, repetidor 202 y un ensanchador 205 combinados, ni relacionados como es mencionado en las reivindicaciones 10 y 14.

Todas las relaciones de partes anteriores aplican también a los pasos de los métodos de las reivindicaciones independientes, ya que si los documentos D1 y D2 no mencionan una conexión entre los elementos presentados, tampoco sugieren la utilización de los mismos en una serie de pasos semejantes a las conexiones de los elementos.

Por todo lo anterior se concluye que las reivindicaciones independientes poseen características que no se dan a conocer de manera obvia para una persona versada en la materia por los documentos D1 y D2, por ende la presente invención

debe ser considerada como novedosa y con nivel inventivo sobre el estado de la técnica presentado por el Examinador.

#### **4. Conclusión**

Las modificaciones realizadas a las reivindicaciones de la presente solicitud de patente y las aclaraciones presentadas a lo largo del presente escrito, permiten superar completamente las objeciones realizadas a la claridad de las reivindicaciones, por lo cual, la presente solicitud cumple a cabalidad las exigencias establecidas por el artículo 30 de la Decisión 486 y el artículo 22 del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes PCT, según los requerimientos del Examinador.

De otra parte, los argumentos expuestos en el numeral 3 del presente escrito, ponen de manifiesto de una manera clara y contundente, que lo revelado en las nuevas reivindicaciones de la presente solicitud, resulta completamente NOVEDOSO E INVENTIVO sobre las enseñanzas del estado del arte más cercano representado por los documentos D1 y D2, toda vez que nada dentro de dichos documentos revela en forma directa o al menos llega a sugerir un sistema y método de comunicaciones por líneas eléctricas sincrónicas a la red eléctrica. Por consiguiente, no se puede derivar la inexistencia de los requisitos de ley para la concesión del privilegio de patentabilidad.

En consecuencia, me permito solicitar a ese Despacho, proceder con la revisión de las modificaciones y de los argumentos aquí presentados, para conceder el privilegio de patente solicitado para la materia objeto de las 16 reivindicaciones ahora presentadas en el capítulo reivindicatorio modificado, y que de subsistir alguna duda o inquietud con respecto a la patentabilidad de la presente invención, a pesar de las modificaciones y argumentos técnicos ahora presentados, sin apartarse del espíritu inventivo originalmente revelado en la solicitud internacional, se le brinde la oportunidad al solicitante de aclararla o de limitar aún más la invención, mediante la emisión de un segundo examen de fondo, teniendo en cuenta el nuevo capítulo reivindicatorio que se somete a revisión, antes de que se emita una decisión definitiva por parte de ese Despacho, de conformidad con lo dispuesto en 1.2.2.5.1 del artículo primero de la Resolución 54093 de 2012.

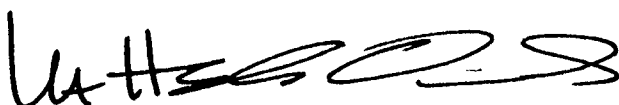
## 5. Anexos

- Capítulo reivindicatorio modificado, en donde se han llevado a cabo las modificaciones mencionadas anteriormente.
- Descripción de la solicitud modificada, en donde se han llevado a cabo las modificaciones mencionadas anteriormente.
- Figura 5 modificada, en donde se han llevado a cabo las modificaciones mencionadas anteriormente.
- Recibo No. 14-111880 por concepto de las seis (6) reivindicaciones adicionales.

## 6. Petición

Solicito al Despacho que proceda a emitir un segundo examen de fondo sobre el nuevo capítulo reivindicatorio, en el evento en que el Examinador considere que pese a las modificaciones presentadas, aún persisten las objeciones planteadas.

Atentamente,



**LUZ HELENA ADARVE GÓMEZ.**

C.C 41.575.435 de Bogotá.

T.P. 14.884 C.S.J.

---

ABM

P-710

## SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -



**Industria y Comercio**  
SUPERINTENDENCIA

## RECIBO DE CAJA

No. 14 - 111880

Bogotá D.C., Octubre 22 de 2014 - 09:57:57

RECIBIDO DE : CARDENAS &amp; CARDENAS ABOGADOS PI LTDA

NI 830.083.491

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

| TIPO PAGO    | BANCO           | CUENTA    | No. PAGO  | FECHA PAGO | VR. PAGO   |
|--------------|-----------------|-----------|-----------|------------|------------|
| CONSIGNACION | BANCO DE BOGOTA | 062754387 | 705416666 | 22/10/2014 | 403.000.00 |

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

| CANT | RENTISTICO  | CONCEPTO                                                        | Vr. UNIDITARIO | Vr. CONCEPTO |
|------|-------------|-----------------------------------------------------------------|----------------|--------------|
| 6    | 50005-01-01 | SOLICITUDES                                                     | 31.000.00      | 186.000.00   |
|      |             | 1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA<br>ADICIONAL A LAS 10 INIC |                | \$186.000.00 |
|      |             |                                                                 | =====          | =====        |

SON: \*\*CIENTO OCHENTA Y SEIS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE\*\*\*

Responsable: \_\_\_\_\_

\*\*\*\*\*

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. \_\_\_\_\_

13154108

**CARDENAS & CARDENAS**  
**ABOGADOS**

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-154108- -00008-0000

Fecha: 2014-10-22 16:24:40 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR  
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI  
Act. 523 RESPUESTA Folios: 41

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

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

, Octubre 22 de 2014 - 09:57:57

## NUEVO CAPÍTULO REIVINDICATORIO CON MARCAS DE CORRECCIÓN

1. En un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico en donde el sistema envía mensajes salientes (m) y recibe mensajes entrantes a través del sistema de distribución (212) de energía eléctrica de la empresa que suministra una señal de la red eléctrica, un receptor (500) para detectar los mensajes salientes, dicho el receptor comprende:

un convertidor analógico-digital (A/D) (502) que recibe la señal saliente r(t) que incluye un mensaje saliente (m) y convierte la señal recibida r(t) en una señal digitalizada correspondiente r[k]; y dicho receptor (500) caracterizado por

un procesador digital (503) conectado al convertidor A/D (502) que recibe la señal digitalizada r[k]; donde el procesador digital (503) comprende:

un bucle de enlace de fase PLL (504) conectado a una fuente de la señal principal y asegurado a la señal principal, y

un analizador sintáctico, Parser, (511) conectado al PLL 504 y sincronizado al PLL 504 para analizar de manera sintáctica la señal recibida r(t), en un disparo instantáneo de ciclo completo (505).

dicho procesador digital (503) conectado al analizador (511), dicho procesador (503) recibe el disparo instantáneo de ciclo completo (505) y provee una señal desenchada (509), y demodula digitalmente la ~~que señal desensanchada~~ (509) el espectro de la señal digitalizada recibida y demodula digitalmente la señal desensanchada recibida para ~~proporcionar~~ proporcionando así el mensaje saliente.

2. El receptor (500) de la reivindicación 1 en donde el procesador digital demodula cada uno de los disparos instantáneos desenchados (505). comprende:

~~un bucle de enganche de fase (PLL) enganchado a la señal de la red eléctrica;~~

~~un analizador sincronizado con el PLL para analizar la señal recibida en instantáneas de un ciclo completo;~~

~~un desensanchador para desensanchar las instantáneas; y~~

~~un demodulador para demodular la señal desensanchada.~~

3. El receptor de la reivindicación 2—1 en donde el analizador (511) comprende ~~un~~ el convertidor analógico-digital (A/D) (502) sincronizado con el PLL (504) para crear instantáneas (disparos instantáneos) sustancialmente de un ciclo completo (505) y una memoria intermedia (506) que almacena las instantáneas de un ciclo completo (505).

4. El receptor de la reivindicación 2 en donde el desensanchador (508) comprende un filtro de respuesta finita al impulso (508) para multiplicar y sumar las instantáneas (505) por una matriz de los coeficientes de ensanchado  $a_n(n=0,1,\dots,N-1)$ .

5. El receptor de la reivindicación 1 ~~que comprende además: en combinación con:~~

un modulador de señal (201) que proporciona una señal de comunicaciones  $s(t)$  que incluye un mensaje (m) modulado sobre una señal portadora; y

un transmisor (200) que recibe la señal de comunicaciones  $s(t)$  y transmite una señal del mensaje saliente  $s(t)$  correspondiente a través del sistema de distribución de energía eléctrica (212); en donde dicho transmisor (200) incluye:

~~dicho transmisor incluye~~ un bucle de enganche de fase (PLL) (204) vinculado a la señal del mensaje saliente  $r(t)$  para enganchar la fase de las respectivas señales del mensaje saliente  $r(t)$  a la señal principal.

un repetidor (202) vinculado a y sensible a el PLL (204), segmentando así la señal de comunicaciones  $s(t)$  en secciones, cada sección corresponde a un ciclo principal,

un ensanchador (205) de la red eléctrica, y dicho transmisor incluye un ensanchador para ensanchar el espectro de la señal de comunicaciones antes de transmitir la señal del mensaje saliente  $r(t)$  de manera que la señal del mensaje saliente  $r(t)$  sea es ortogonal a una fuente de interferencia en sobre el sistema de distribución de energía eléctrica (212).

6. ~~En~~ Un método para detectar el mensaje saliente (m) en un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico en donde el sistema envía mensajes salientes (m) y recibe mensajes entrantes a través del sistema de distribución de energía eléctrica (212) de la empresa que suministra una señal de la red eléctrica, un método de detección de los mensajes salientes que comprende:

recibir una señal saliente analógica  $r(t)$  que incluye un mensaje saliente (m);

convertir la señal recibida  $r(t)$  a una señal digitalizada correspondiente  $r[k]$ ;

dicho método caracterizado por:

analizar de manera sintáctica sincronizado con la señal principal la señal digitalizada en un ciclo completo de disparos instantáneos (instantáneas) (505).

desensanchar el espectro de la señal digitalizada recibida un ciclo completo de instantáneas (505), proveyendo así una señal desanchada (509); y

demodular digitalmente la señal desensanchada recibida (509), para proporcionar proporcionando así el mensaje saliente (m).

7. El método de la reivindicación 6 en donde el procesador digital comprende:

~~en donde convertir comprende analizar de manera sincronizada con la señal de la red eléctrica la señal recibida en las instantáneas de un ciclo completo;~~

~~— en donde desensanchar comprende desensanchar las instantáneas; y~~

~~— en donde demodular comprende demodular cada una de las instantáneas desensanchadas (505).~~

8. El método de la reivindicación 7 en donde el análisis comprende convertir en sincronización con la señal de la red eléctrica la señal recibida  $r(t)$  para proporcionar una señal digital  $t[k]$  correspondiente para crear instantáneas de un ciclo completo (505) y una memoria intermedia que almacena las instantáneas de un ciclo completo (505).

9. El método de la reivindicación 7 en donde el desensanchado comprende multiplicar y sumar (508) las instantáneas (505) por una matriz de los coeficientes de ensanchado  $a_n(n=0,1,\dots,N-1)$ .

10. En un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico en donde el sistema envía mensajes salientes (m) y recibe mensajes entrantes a través del sistema de distribución de energía eléctrica (212) de la empresa que suministra de una señal de la red eléctrica, un aparato que comprende:

un modulador de señal (201) que proporciona una señal de comunicaciones s(t) que incluye un mensaje m modulado sobre una señal portadora; y

un transmisor (200) que recibe la señal de comunicaciones s(t) y transmite una señal del mensaje saliente correspondiente r(t) a través del sistema de distribución de energía eléctrica (212); en donde

dicho transmisor (200) incluye:

un bucle de enganche de fase (PLL) (204) vinculado a la señal del mensaje saliente r(t), ~~para enganche~~ enganchando así la fase de las respectivas señales del mensaje saliente r(t) a la señal de la red eléctrica,

un repetidor (202) vinculado y sensible a el PLL (204), segmentando así la señal de comunicación s(t) en secciones, donde cada sección corresponde a un ciclo principal,

~~y dicho transmisor incluye un ensanchador (205) para que ensanchar el espectro de la señal de comunicaciones segmentada antes de transmitir la señal del mensaje saliente r(t) de manera que la señal del mensaje saliente r(t) sea es~~ sustancialmente ortogonal a una fuente de interferencia en el sistema de distribución de energía eléctrica 212.

11. El aparato de la reivindicación 10 en donde el ensanchador (205) aplica un código a de ensanchado a la señal de comunicaciones s(t).

12. El aparato de la reivindicación 11:

~~en donde el transmisor comprende además un repetidor sensible al PLL para segmentar la señal de comunicaciones en secciones correspondientes a un ciclo de la red eléctrica; y~~

en donde el ensanchador comprende una fuente de una serie de coeficientes de ensanchado  $a$  y un multiplicador (206) para multiplicar cada sección de la señal de comunicaciones segmentada por la serie de coeficientes de ensanchado  $a$ .

13. El aparato de la reivindicación 10 que comprende además un receptor que comprende:

un convertidor analógico-digital (A/D) (502) que recibe la señal saliente  $r(t)$  que incluye un mensaje saliente  $m$  y convierte la señal recibida  $r(t)$  en una señal digitalizada correspondiente; y

un procesador digital que desensancha el espectro de la señal digitalizada recibida y demodula digitalmente la señal desensanchada recibida para proporcionar el mensaje saliente.

14. Un método de generación de mensajes salientes ~~En un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico en donde el sistema envía mensajes salientes y recibe mensajes entrantes a través del sistema de distribución de energía eléctrica de la empresa que suministra una señal de la red eléctrica, un método de generación de los mensajes salientes que comprende:~~ dicho método caracterizado por:

proporcionar una señal de comunicaciones  $s(t)$  que incluye un mensaje modulado  $m$  sobre una señal portadora; y

transmitir una señal de mensaje saliente  $r(t)$  correspondiente a la señal de comunicaciones  $s(t)$  a través del sistema de distribución de energía eléctrica, en donde dicha transmisión comprende:

enganchar la fase de la señal del mensaje saliente  $s(t)$  a la señal de la red eléctrica,

ser sensible a la fase de la señal principal, segmentando las señales de comunicación  $s(t)$  en secciones, cada sección correspondiendo a un ciclo principal; y

ensanchar el espectro de la señal de comunicaciones segmentada antes de transmitir la señal del mensaje saliente  $s(t)$  ~~de manera tal~~ que la señal del mensaje saliente  $r(t)$  sea es ortogonal a una fuente de interferencia en el sistema de distribución de energía eléctrica (212).

15. El método de la reivindicación 14 en donde el ensanchado comprende la aplicación de un código a de ensanchado a la señal de comunicaciones  $s(t)$ .

16. El método de la reivindicación 15 en donde el ensanchado comprende además:

~~— sensible a la fase de la señal de la red eléctrica, segmentar la señal de comunicaciones  $s(t)$  en secciones, cada una correspondiente a un ciclo de la red eléctrica; y~~

multiplicar (206) cada sección de la señal de comunicaciones  $s(t)$  segmentada por la serie de coeficientes de ensanchado a.

## NUEVO CAPÍTULO REIVINDICATORIO

1. En un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico en donde el sistema envía mensajes salientes ( $m$ ) y recibe mensajes entrantes a través del sistema de distribución (212) de energía eléctrica de la empresa que suministra una señal de la red eléctrica, un receptor (500) para detectar los mensajes salientes, dicho receptor comprende:

un convertidor analógico-digital (A/D) (502) que recibe la señal saliente  $r(t)$  que incluye un mensaje saliente ( $m$ ) y convierte la señal recibida  $r(t)$  en una señal digitalizada correspondiente  $r[k]$ ; dicho receptor (500) caracterizado por

un procesador digital (503) conectado al convertidor A/D (502) que recibe la señal digitalizada  $r[k]$ ; donde el procesador digital (503) comprende:

un bucle de enlace de fase PLL (504) conectado a una fuente de la señal principal y asegurado a la señal principal, y

un analizador sintáctico, Parser, (511) conectado al PLL 504 y sincronizado al PLL 504 para analizar de manera sintáctica la señal recibida  $r(t)$ , en un disparo instantáneo de ciclo completo (505).

dicho procesador digital (503) conectado al analizador (511), dicho procesador (503) recibe el disparo instantáneo de ciclo completo (505) y provee una señal desenchada (509), y demodula digitalmente la señal desenchada (509), proporcionando así el mensaje saliente.

2. El receptor (500) de la reivindicación 1 en donde el procesador digital demodula cada uno de los disparos instantáneos desenchados (505).
3. El receptor de la reivindicación 1 en donde el analizador (511) comprende el convertidor analógico-digital (A/D) (502) sincronizado con el PLL (504) para crear instantáneas (disparos instantáneos) sustancialmente de un ciclo completo (505) y una memoria intermedia (506) que almacena las instantáneas de un ciclo completo (505).
4. El receptor de la reivindicación 2 en donde el desenchador (508) comprende un filtro de respuesta finita al impulso (508) para multiplicar y sumar las instantáneas (505) por una matriz de los coeficientes de ensanchado  $a_n(n=0,1,\dots,N-1)$ .
5. El receptor de la reivindicación 1 en combinación con:

un modulador de señal (201) que proporciona una señal de comunicaciones  $s(t)$  que incluye un mensaje (m) modulado sobre una señal portadora; y

un transmisor (200) que recibe la señal de comunicaciones  $s(t)$  y transmite una señal del mensaje saliente  $s(t)$  correspondiente a través del sistema de distribución de energía eléctrica (212); en donde dicho transmisor (200) incluye:

un bucle de enganche de fase (PLL) (204) vinculado a la señal del mensaje saliente  $r(t)$  para enganchar la fase de las respectivas señales del mensaje saliente  $r(t)$  a la señal principal,

un repetidor (202) vinculado a y sensible a el PLL (204), segmentando así la señal de comunicaciones  $s(t)$  en secciones, cada sección corresponde a un ciclo principal,

un ensanchador (205) ensancha el espectro de la señal de comunicaciones antes de transmitir la señal del mensaje saliente  $r(t)$  de manera que la señal del mensaje saliente  $r(t)$  es ortogonal a una fuente de interferencia sobre el sistema de distribución de energía eléctrica (212).

6. Un método para detectar el mensaje saliente (m) en un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico en donde el sistema envía mensajes salientes (m) y recibe mensajes entrantes a través del sistema de distribución de energía eléctrica (212) de la empresa que suministra una señal de la red eléctrica, comprende:

recibir una señal saliente analógica  $r(t)$  que incluye un mensaje saliente (m);

convertir la señal recibida  $r(t)$  a una señal digitalizada correspondiente,  $r[k]$ ;

dicho método caracterizado por:

analizar de manera sintáctica sincronizado con la señal principal la señal digitalizada en un ciclo completo de disparos instantáneos (insantáneas) (505).

desensanchar el espectro de un ciclo completo de instantáneas (505), proveyendo así una señal desanchada (509); y

demodular digitalmente la señal desensanchada (509), proporcionando así el mensaje saliente (m).

7. El método de la reivindicación 6 en donde el procesador digital demodula cada una de las instantáneas desensanchadas (505).
8. El método de la reivindicación 7 en donde el análisis comprende convertir en sincronización con la señal de la red eléctrica la señal recibida  $r(t)$  para proporcionar una señal digital  $t[k]$  correspondiente para crear instantáneas de un ciclo completo (505) y una memoria intermedia que almacena las instantáneas de un ciclo completo (505).
9. El método de la reivindicación 7 en donde el desensanchado comprende multiplicar y sumar (508) las instantáneas (505) por una matriz de los coeficientes de ensanchado  $a_n(n=0,1,\dots,N-1)$ .
10. En un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico en donde el sistema envía mensajes salientes (m) y recibe mensajes entrantes a través del sistema de distribución de energía eléctrica (212) de la empresa que suministra de una señal de la red eléctrica, un aparato que comprende:
  - un modulador de señal (201) que proporciona una señal de comunicaciones  $s(t)$  que incluye un mensaje m modulado sobre una señal portadora; y
  - un transmisor (200) que recibe la señal de comunicaciones  $s(t)$  y transmite una señal del mensaje saliente correspondiente  $r(t)$  a través del sistema de distribución de energía eléctrica (212); en donde
    - dicho transmisor (200) incluye:
      - un bucle de enganche de fase (PLL) (204) vinculado a la señal del mensaje saliente  $r(t)$ , enganchando así la fase de las respectivas señales del mensaje saliente  $r(t)$  a la señal de la red eléctrica,
      - un repetidor (202) vinculado y sensible a el PLL (204), segmentando así la señal de comunicación  $s(t)$  en secciones, donde cada sección corresponde a un ciclo principal,

un ensanchador (205) que ensancha el espectro de la señal de comunicaciones segmentada antes de transmitir la señal del mensaje saliente  $r(t)$  de manera que la señal del mensaje saliente  $r(t)$  es sustancialmente ortogonal a una fuente de interferencia en el sistema de distribución de energía eléctrica 212.

11. El aparato de la reivindicación 10 en donde el ensanchador (205) aplica un código  $a$  de ensanchado a la señal de comunicaciones  $s(t)$ .

12. El aparato de la reivindicación 11:

en donde el ensanchador comprende una fuente de una serie de coeficientes de ensanchado  $a$  y un multiplicador (206) para multiplicar cada sección de la señal de comunicaciones segmentada por la serie de coeficientes de ensanchado  $a$ .

13. El aparato de la reivindicación 10 que comprende además un receptor que comprende:

un convertidor analógico-digital (A/D) (502) que recibe la señal saliente  $r(t)$  que incluye un mensaje saliente  $m$  y convierte la señal recibida  $r(t)$  en una señal digitalizada correspondiente; y

un procesador digital que desensancha el espectro de la señal digitalizada recibida y demodula digitalmente la señal desensanchada recibida para proporcionar el mensaje saliente.

14. Un método de generación de mensajes salientes en un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico en donde el sistema envía mensajes salientes y recibe mensajes entrantes a través del sistema de distribución de energía eléctrica de la empresa que suministra una señal de la red eléctrica, dicho método caracterizado por:

proporcionar una señal de comunicaciones  $s(t)$  que incluye un mensaje modulado  $m$  sobre una señal portadora; y

transmitir una señal de mensaje saliente  $r(t)$  correspondiente a la señal de comunicaciones  $s(t)$  a través del sistema de distribución de energía eléctrica, en donde dicha transmisión comprende:

enganchar la fase de la señal del mensaje saliente  $s(t)$  a la señal de la red eléctrica,

ser sensible a la fase de la señal principal, segmentando las señales de comunicación  $s(t)$  en secciones, cada sección correspondiendo a un ciclo principal; y

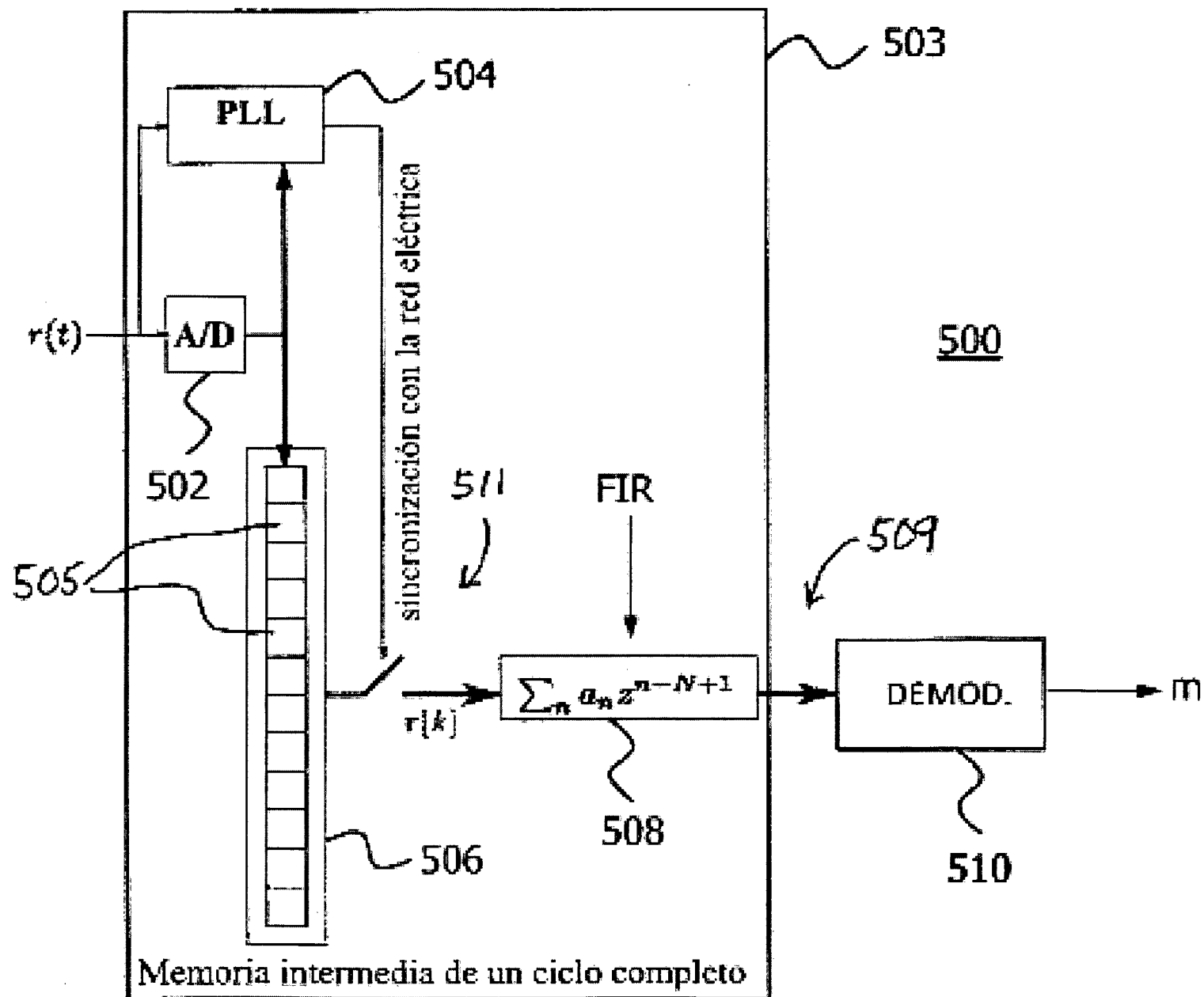
ensanchar el espectro de la señal de comunicaciones segmentada antes de transmitir la señal del mensaje saliente  $s(t)$  tal que la señal del mensaje saliente  $r(t)$  es ortogonal a una fuente de interferencia en el sistema de distribución de energía eléctrica (212).

15. El método de la reivindicación 14 en donde el ensanchado comprende la aplicación de un código  $a$  de ensanchado a la señal de comunicaciones  $s(t)$ .

16. El método de la reivindicación 15 en donde el ensanchado comprende:

multiplicar (206) cada sección de la señal de comunicaciones  $s(t)$  segmentada por la serie de coeficientes de ensanchado  $a$ .

IG. 5



## **SISTEMA Y MÉTODO DE COMUNICACIONES POR LÍNEAS ELÉCTRICAS SINCRÓNICAS A LA RED ELÉCTRICA**

### **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

La lectura automática de medidores (AMR) y la infraestructura de medición avanzada (AMI) son tecnologías que se usan para el monitoreo y control inalámbrico de los sistemas remotos. Usadas por varias empresas de servicios públicos, estas tecnologías permiten a los usuarios monitorear y controlar centralmente el flujo de recursos para reducir los riesgos ambientales y tener una gestión eficiente de las operaciones.

Las comunicaciones por líneas eléctricas (PLC) de muy baja frecuencia (VLF) se usan ampliamente en la actualidad en los despliegues AMR/AMI y pueden ser útiles además para las aplicaciones de redes inteligentes, en gran medida debido a sus excelentes propiedades propagativas. Sin embargo, el ruido dentro de la banda VLF es más energético que a frecuencias más altas y sin una mitigación efectiva del ruido se degrada la capacidad del canal, posiblemente hasta el punto de hacer la banda poco práctica.

Las líneas de transmisión apareadas y otros dispositivos de la red no son favorables para las señales portadoras de alta frecuencia. Las señales dentro de la banda VLF (y aquellas por debajo de ésta) tienen la ventaja de propagarse a largas distancias. El sistema de comunicación TWACS, se encuentra dentro de la banda de frecuencia extremadamente baja (ELF) y tiene muy poca, o ninguna, atenuación de la señal en distancias de hasta 100 millas, por ejemplo. Aunque los enlaces exitosos de la banda de baja frecuencia (LF) en distancias de 2 a 6 km, como tienen enlaces de banda ancha en distancias de 1 km, en muchos despliegues no se puede establecer un enlace completo de subestación a medidor en estas bandas sin introducir amplificadores o repetidores de la señal.

Una desventaja de usar la banda VLF es la reducción de la velocidad de transmisión de datos debido a la disminución de ancho de banda disponible. Otra objeción para el VLF PLC es que el ruido aumenta con la disminución de la frecuencia. Así, aunque las propiedades propagativas deseables del medio pueden producir altas energías de la señal, el efecto se puede contrarrestar con un aumento desproporcionado de la potencia del ruido.

## SUMARIO DE LA INVENCION

En una modalidad, la invención comprende un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico en donde el sistema envía mensajes salientes y recibe los mensajes entrantes a través del sistema de distribución de energía eléctrica de la empresa que suministra una señal de la red eléctrica.

En un aspecto, un modulador de señal proporciona una señal de comunicaciones que incluye un mensaje modulado sobre una señal portadora. Un transmisor recibe la señal de comunicaciones y transmite una señal del mensaje saliente correspondiente a través del sistema de distribución de energía eléctrica. El transmisor incluye un bucle de enganche de fase vinculado a la señal del mensaje saliente para enganchar la fase de las respectivas señales del mensaje saliente a la señal de la red eléctrica. El transmisor incluye además un ensanchador para ensanchar el espectro de la señal de comunicaciones antes de transmitir la señal del mensaje saliente. La señal del mensaje saliente es ortogonal a una fuente de interferencia en el sistema de distribución de energía eléctrica.

En otro aspecto, un receptor incluye un convertidor analógico-digital que recibe la señal saliente que incluye un mensaje saliente y convierte la señal recibida en una señal digitalizada correspondiente. Un procesador digital desensancha el espectro de la señal digitalizada recibida y demodula digitalmente la señal desensanchada recibida para proporcionar el mensaje saliente.

En otro aspecto, la combinación del transmisor y el receptor comprende un sistema de acuerdo con una modalidad de la invención. Se contempla además que el transmisor se puede usar con otros receptores para comprender un sistema de acuerdo con una modalidad de la invención. Se contempla además que otros transmisores en combinación con el receptor pueden comprender un sistema de acuerdo con una modalidad de la invención.

En otro aspecto, los métodos de la operación del transmisor, el receptor y el sistema comprenden las modalidades de la invención.

Otros objetivos y características serán en parte evidentes y en parte se indicarán de aquí en adelante.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Fig. 1 ilustra un ejemplo de una densidad espectral de energía del ruido de la línea eléctrica con armónicos de 60 Hz marcados a lo largo del eje horizontal x.

La Fig. 2 es un diagrama de bloques de una modalidad de un transmisor para generar señales para la comunicación por líneas eléctricas sincrónicas a la red eléctrica por medio de una secuencia de ensanchado.

La Fig. 3 ilustra la relación entre la señal transmitida y la red eléctrica en donde la comunicación sincrónica a la red eléctrica tiene una longitud de ensanchado de  $N = 2$ .

La Fig. 4 ilustra gráficamente el espectro de un ejemplo de una señal no modificada y la señal después de que se ha modificado (ensanchado) de acuerdo con una modalidad de la invención.

La Fig. 5 es un diagrama de bloques de una modalidad de un preprocesador y demodulador del receptor de la invención.

Los caracteres de referencia correspondientes indican las partes correspondientes en todos los dibujos.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

El sistema y el método se pueden usar para enviar cualquier mensaje a través de una línea eléctrica. Muchos sistemas de comunicaciones por líneas eléctricas van de medidor a medidor, en lugar de subestación a medidor, por ejemplo. A pesar de que el ruido se puede modelar como un proceso aleatorio cicloestacionario, el modelo cicloestacionario para ruido real de la línea eléctrica es innecesariamente restrictivo de manera que la invención se basa en el modelado del canal de VLF PLC como teniendo una componente periódica no trivial de detección amplia.

El sistema y método de la invención compensan el ruido de PLC en la banda de baja frecuencia (LF) y por debajo de la misma. Particularmente, el sistema y método de la invención se dirigen a la preponderancia de ruido periódico en estas bandas. Esto tiene implicaciones importantes para las configuraciones del receptor y, cuando se emplea, la invención aumenta la SNR post-procesada, haciendo a VLF PLC una perspectiva más atractiva para las comunicaciones de redes inteligentes. Los receptores y las formas de onda transmitidas de la invención penetran el ruido periódico dejando sólo el ruido más débil, cicloestacionario con el cual lidiar.

La Fig. 1 ilustra un ejemplo de una densidad espectral de energía de una forma de onda típica del voltaje de la línea eléctrica trazada entre 5 KHz y 5.5 KHz. La Fig. 1 usa los datos obtenidos mediante el muestreo de la salida de una toma eléctrica de pared de 120V a 20 KHz durante 87 segundos. Se usó un periodograma de Welch con una longitud de ventana de 1 segundo y un tamaño de FFT de 32768. La Fig. 1 ilustra la presencia de armónicos en enteros múltiplos de 60 Hz. La naturaleza armónica del ruido es indicativa de una periodicidad temporal en el ruido. Esto es consistente con el hecho de que la señal dominante presente en una línea eléctrica es la red eléctrica de 60 Hz. El ruido de fondo se encuentra aproximadamente en -75 dB, pero hay fuentes de banda estrecha en múltiplos de 60 Hz de hasta 25 dB por encima del ruido de fondo. Esto sugiere un modelo en el que el ruido comprende dos fuentes, al menos sobre esta banda. Una de las fuentes se puede modelar como ruido blanco simplemente (nominalmente AWGN). En este ejemplo, sería la componente aproximadamente en -75 dB. La segunda fuente se puede llamar interferencia de la línea eléctrica (PLI), y representa la componente periódica. Unas mediciones similares en otros sitios pueden dar un resultado diferente al ilustrado en la Fig. 1, aunque los armónicos estarán presentes.

El sistema y método de la invención y, particularmente, los algoritmos usados por el sistema y método de la invención estiman el ruido directamente de acuerdo con los armónicos en la Fig. 1, los cuales se esperan si el ruido varía lentamente de ciclo a ciclo. Debido a que la periodicidad sincrónica a la red eléctrica se modela en el receptor y en el método de la invención, entonces la fidelidad del receptor es mayor que la de los receptores y métodos que no tienen en cuenta tales armónicos. Para ilustrar esto, considere una

longitud de símbolo inferior a un ciclo de la red eléctrica. Si el ruido sobre ese símbolo se examina sin tener en cuenta el ruido fuera del intervalo del símbolo, los armónicos ilustrados en la Fig.1 no serán evidentes. De hecho, los armónicos se ensancharán sobre bandas proporcionales al inverso de la longitud de símbolo, y por lo tanto se confundirán.

- 5 En este ejemplo, el ruido podría aparecer como ruido blanco, aunque con una potencia de -50 dB o más.

De acuerdo con una modalidad del sistema y método de la invención, se generan señales de PLC de manera que sean ortogonales a la PLI en una versión modificada del espectro ensanchado por secuencia directa (DS-SS). Las señales se pueden generar usando cualquier  
10 método de modulación, ya sea OFDM, BPSK (manipulación por desviación de fase binaria), TWACS (sistema de comunicación automática de dos vías) u otros. Sin embargo, antes de la transmisión, la señal se modifica con un código de ensanchado. Esta operación se engancha en fase a la señal de la red eléctrica para asegurar la ortogonalidad aproximada a la PLI. En el receptor, la señal se desensancha, y es en esta operación de desensanchado  
15 que se cancela esencialmente la PLI, o al menos se mitiga considerablemente.

Las ventajas de este enfoque de PLC consisten en que se puede aplicar a una amplia variedad de tecnologías de PLC, y que minimiza la necesidad de algoritmos de estimación de PLI sofisticados y complejos computacionalmente.

Es interesante observar que tanto TWACS como el transmisor resonante son sistemas de  
20 este tipo sincrónicos a la red eléctrica, a pesar de que es posible que no se hayan considerado previamente.

## TRANSMISOR

La Fig. 2 es un diagrama de bloques de una modalidad de un transmisor 200 para generar  
25 señales para la comunicación por líneas eléctricas sincrónicas a la red eléctrica por medio de una secuencia de ensanchado. Una señal de comunicación,  $s(t)$ , se proporciona desde un modulador de señal 201. Ésta puede ser cualquier tipo de señal de comunicaciones, siempre que se pueda truncar en bloques. Un repetidor 202 descompone la señal de comunicaciones en longitudes iguales a un ciclo de la red eléctrica o menos con la ayuda de un bucle de

enganche de fase (PLL) 204 que se engancha en fase a la red eléctrica para sincronizar el repetidor 202. Cada bloque puede ser un número entero de símbolos, tramas, o palabras codificadas. Los bloques no tienen que corresponder a un número particular de símbolos. Por ejemplo, en una modalidad, la señal de comunicación  $s(t)$  se subdivide por el repetidor 204 en sub-señales con una duración igual o menor que cada ciclo de la red eléctrica. Los coeficientes  $a_n$  ( $n = 0, 1, \dots, N-1$ ) son coeficientes de ensanchado. Cada bloque de señal de longitud de un ciclo desde el repetidor 204 se transmite entonces  $N$  veces. Un modulador 206 modula cada  $n$ -ésimo bloque de longitud de un ciclo por el escalar de valor real  $a_n$ . Tenga en cuenta que el baudio se reduce por un factor de  $N$ . Los bloques modulados se convierten de una señal digital a una señal de la red eléctrica analógica mediante el convertidor D/A 208. La señal analógica se acopla a las líneas eléctricas del sistema de distribución de energía eléctrica PDS 212 que suministra la señal de la red eléctrica. La señal analógica se transmite por las líneas eléctricas a través de un transformador u otro circuito de acoplamiento ilustrado como el acoplador 210 unido a las líneas eléctricas para proporcionar la señal de salida transmitida transportada en el sistema de distribución de energía eléctrica PDS que suministra la señal de la red eléctrica.

La señal de salida transmitida se acopla al PLL 204 que, como se observó anteriormente, se sincroniza con la señal de la red eléctrica del sistema de distribución de energía eléctrica PDS. Este acoplamiento sólo se produce en la medida que tanto el acoplador como la red eléctrica estén conectados a la red eléctrica. En algunas configuraciones, la presencia de la señal transmitida podría degradar potencialmente el rendimiento del PLL. En tales configuraciones, puede ser necesario algún tipo de procesamiento de mitigación de la señal en el PLL 204.

Así, la Fig. 2 ilustra una modalidad de la invención para un transmisor 200 para su uso en un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico para enviar mensajes salientes sobre el sistema de distribución de energía eléctrica PDS de la empresa que suministra una señal de la red eléctrica. El transmisor 200 es para uso con el modulador de señal 201 que proporciona una señal de comunicaciones  $s(t)$  que incluye un mensaje  $m$  modulado sobre una señal portadora. El transmisor 200 transmite una señal del mensaje saliente  $r(t)$  por las líneas eléctricas del sistema de distribución de energía eléctrica

PDS. Como se observó anteriormente, el transmisor incluye el bucle de enganche de fase (PLL) 204 vinculado a la señal del mensaje saliente  $r(t)$  para enganchar la fase de las respectivas señales del mensaje saliente a la señal de la red eléctrica. El transmisor incluye el repetidor 202 sensible al PLL 204 para segmentar la señal de comunicaciones  $s(t)$  en secciones correspondientes a un ciclo de la red eléctrica. Adicionalmente, el transmisor 200 incluye un ensanchador 205 para ensanchar el espectro de la señal de comunicaciones segmentada antes de transmitir la señal del mensaje saliente  $r(t)$  mediante la aplicación de un código de ensanchado a la señal de comunicaciones segmentada.

Como se ilustra en la Fig. 2, en una modalidad, el ensanchador 205 incluye una fuente de una serie de coeficientes de ensanchado y un multiplicador para multiplicar cada sección de la señal de comunicaciones por la serie de coeficientes de ensanchado  $a_n$  ( $n = 0, 1, \dots, N-1$ ). Como se observa posteriormente, los coeficientes se pueden determinar mediante la sustracción de manera que la suma de los coeficientes sea igual a cero. Como resultado, la señal del mensaje saliente  $r(t)$  es ortogonal a una fuente de interferencia en el sistema de distribución de energía eléctrica PDS. Este aspecto ortogonal se ilustrará en más detalle posteriormente.

En una modalidad, la invención es un método de generación de los mensajes salientes que comprende:

- proporcionar una señal de comunicaciones  $s(t)$ , que incluye un mensaje  $m$  modulado sobre una señal portadora; y
- transmitir una señal del mensaje saliente  $r(t)$  correspondiente a la señal de comunicaciones  $s(t)$  a través de las líneas eléctricas del sistema de distribución de energía eléctrica (PDS) que suministra una señal de la red eléctrica, en donde dicha transmisión incluye:
  - enganchar la fase de la señal del mensaje saliente  $r(t)$  a la señal de la red eléctrica, y
  - ensanchar el espectro de la señal de comunicaciones  $s(t)$  antes de transmitir la señal del mensaje saliente  $r(t)$ , que resulta en que la señal del mensaje

saliente es ortogonal a una fuente de interferencia en el sistema de distribución de energía eléctrica.

La relación entre la señal de salida transmitida y la red eléctrica se demuestra en la Fig. 3.

En este ejemplo, la longitud de ensanchado es  $N = 2$ , y se transmiten dos bloques sucesivos.

- 5 La fase relativa entre la red eléctrica y la señal de salida transmitida no es importante, sólo que están enganchadas en fase. Es decir, cada bloque de señal debe comenzar en el mismo punto en cada ciclo de la red eléctrica. La señal de alto voltaje de la red eléctrica puede inducir involuntariamente una ganancia variable en el tiempo en la señal de salida transmitida. Esto se manifestará como una modulación de la señal de salida transmitida con una componente fuerte de la red eléctrica. Usando este enfoque, esto aparecerá como
- 10 ventanas de cada bloque transmitido. Relación ortogonal entre la señal de salida transmitida y la PLI (interferencia de la línea eléctrica)

Para una señal  $s(t)$  repetida  $N$  veces con periodo  $T$  y coeficientes de ensanchado  $a_n$ , la señal transmitida es:

$$15 \quad z(t) = s(t) * \sum_{n=0}^{N-1} a_n \delta(t - nT) \quad (\text{III.1})$$

donde  $\delta(t)$  es la función delta de Dirac. La transformada de Fourier de la señal de transmisión es por lo tanto:

$$Z(f) = S(f)H(f) \quad (\text{III.2})$$

donde  $S(f)$  es la transformada de Fourier de  $s(t)$  y  $H(f)$  es:

$$20 \quad \begin{aligned} H(f) &= \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{N-1} a_n \delta(t - nT) e^{j2\pi f t} dt \\ &= \sum_{n=0}^{N-1} a_n e^{j2\pi f nT} \\ &= A_d(2\pi f T). \end{aligned} \quad (\text{III.3})$$

$A_d(\lambda)$  es la transformada discreta de Fourier de la secuencia  $[a_0 \dots a_{N-1}]$ . El espectro de la señal:

$$Z(f) = S(f)A_d(2\pi fT) \quad (\text{III.4})$$

- 5 "por lo tanto se puede hacer igual a cero en los armónicos de la red eléctrica seleccionando  $a_n$  de manera que  $A_d(2\pi fT) = 0$  en  $f = n/T$  para todo entero  $n$ . Es decir,  $A_d(2\pi n) = 0$ . El único requisito para ello es que:

$$\sum_{n=0}^{N-1} a_n = 0. \quad (\text{III.5})$$

- 10 La ecuación (III.4) bajo la condición especificada por la ecuación (III.5), que la suma de los coeficientes sea igual a cero, se demuestra gráficamente en la Fig. 4. La forma de onda superior de la Fig. 4 ilustra gráficamente el espectro de un ejemplo de una señal no modificada y la forma de onda inferior es la señal modificada (ensanchada) de acuerdo con una modalidad de la invención. El espectro resultante (es decir, la forma de onda inferior) se modifica de manera que no hay ninguna energía coincidente con los armónicos de la red eléctrica. La transmisión de la señal de esta manera da como resultado una señal que es
- 15 sustancialmente ortogonal a la fuente dominante de interferencia en la línea eléctrica.

- Las señales de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) tendrán necesariamente una separación del subcanal de  $1/T$  o más, donde  $T$  es el tiempo de símbolo. En la práctica, será  $1/T$  más el intervalo de guarda. La separación del subcanal será así muy próxima a  $1/T$ . La energía de la señal en cualquier canal es, al menos, la
- 20 energía en un subcanal  $1/T$ . Para mostrar que no hay pérdida de energía en cualquier subcanal considere el intervalo de frecuencia  $[f, f + 1/T]$ . Por la aplicación del teorema de Parseval:

$$\int_f^{f+1/T} \|Z(f)\|^2 df = \sum_{n=0}^{N-1} \|a_n\|^2 \int_f^{f+1/T} \|S(f)\|^2 df. \quad (\text{III.6})$$

Así, la señal en cualquier subcanal es la potencia total transmitida en esa banda. De hecho, la repetición de la señal  $N$  veces, aunque con un código de ensanchado, aumenta la potencia de la señal por un factor de  $N$ , siempre que  $a_n$  sean raíces de la unidad.

### EJEMPLO DE OFDM

- 5 Considere un sistema OFDM que operan entre 1 kHz y 9 KHz y un código de ensanchado de longitud  $N = 4$ , donde

$$a_0 = 1, a_1 = -1, a_2 = 1 \text{ y } a_3 = -1.$$

La Tabla 1 resume los parámetros del sistema OFDM.

| <b>N</b>                         | <b>4</b>  |
|----------------------------------|-----------|
| ancho de banda                   | 8 KHz     |
| $T_g$                            | 0.1 ms    |
| subportadoras                    | 132       |
| separación de la subportadora    | 60.36 Hz  |
| $R_b$ (eficiencia espectral = 1) | 1.98 kbps |

- 10 Tabla 1: Ejemplo de los parámetros del sistema OFDM

El intervalo de guarda,  $T_g$ , se ajusta para compensar la longitud del canal. Asumiendo  $100 \times 10^{-6}$  segundos, por ninguna razón particular. Para una red eléctrica de 60 Hz, la velocidad de símbolos,  $T_s$ , debe ser tal que:

$$T_s + T_g = 1/60$$

- 15  $T_s = 16.57 \text{ ms}$ .

Esto corresponde a una separación de subportadora de 60.36 Hz. Por lo tanto el número de subportadoras entre 1 y 9 KHz es 132.

Asumiendo una eficiencia espectral de 1, la velocidad de de transmisión de datos es:

$$R_b = 132 \text{ bits/símbolo} \times 15 \text{ símbolos/seg} = 1.98 \text{ kbps}.$$

Sólo hay 15 únicos símbolos por segundo debido al ensanchado de longitud-4. Por la ecuación (III.6) hay una ganancia de 6 dB en la energía transmitida. La velocidad de transmisión de datos depende de la modulación usada (por ejemplo, QPSK (manipulación por desviación de fase en cuadratura), BPSK, BPSK diferencial) y velocidad de códigos.

- 5 Esto, a su vez, depende de la SNR, que será mayor debido a la ganancia de codificación.

## RECEPTOR

- Las modalidades de los sistemas y métodos de la invención se pueden usar con cualquier método de modulación que produzca señales  $s(t)$  con una duración no mayor que un ciclo de la red eléctrica. El método de ensanchado y el sistema descrito anteriormente se puede insertar después de que la señal se genera y antes de que se transmite. De la misma manera, en el receptor, el método de desensanchado se lleva a cabo antes de la demodulación.

La señal recibida, analizada con la ayuda de bucle de enganche de fase, se puede expresar como:

$$r = a \otimes s + 1_N \otimes n. \quad (IV.1)$$

- 15 La señal transmitida,  $s$ , se puede recuperar a partir de  $r$  como lo demuestra:

$$\begin{aligned} (a \otimes I)^T r &= (a \otimes I)^T (a \otimes s) + (a \otimes I)^T (1_N \otimes n) \\ &= a^T a \otimes I^T s + a^T 1_N \otimes I^T n. \end{aligned} \quad (IV.2)$$

Aplicando la condición en (III.5) que  $a^T 1_N = 0$  se obtiene:

$$(a \otimes I)^T r = (a^T a) s. \quad (IV.3)$$

- Dado que  $a^T a$  es un escalar positivo, el resultado es una copia escalada de la señal, que se alimenta al procesador de señal.

## RELACIÓN ENTRE LA SEÑAL ENSANCHADA Y PLI

En resumen, el sistema y método de la invención minimizan una fuente dominante de interferencia en las comunicaciones por líneas eléctricas (PLC). Debido a que la fuente es periódica y tiene el mismo período que la red eléctrica, el sistema y método modifican las señales PLC transmitidas de manera que el resultado es ortogonal a este ruido. El sistema y método trabajan con una variedad de técnicas de modulación PLC para mejorar la relación señal-ruido (SNR) en el receptor.

Una modalidad de un pre-procesador del receptor para implementar la invención se ilustra en la Fig. 5. La señal recibida,  $r(t)$ , se digitaliza mediante un convertidor analógico-digital (A/D) 502 controlado por un bucle de enganche de fase digital (PLL) 504 enganchado a la señal de la red eléctrica de manera que la señal recibida se analiza en las instantáneas de un ciclo completo [505] almacenadas en una memoria intermedia de ciclo completo 506. Alternativamente, se puede usar un PLL analógico como se indica por la línea discontinua.

En una modalidad, el receptor se implementa mediante un procesador digital 503. El PLL 504 puede ser analógico o digital, siempre que tenga una salida digital. Como se ilustra en la Fig. 5 en una modalidad, el convertidor A/D 502, el PLL 504 y/o la memoria intermedia 506 pueden ser parte del procesador digital 503.

La multiplicación de matrices en la ecuación (IV.3) es equivalente a:

$$(\mathbf{a} \otimes \mathbf{I})^T \mathbf{r} \rightarrow \left( \sum_{n=0}^{N-1} a_n z^n \right) \mathbf{r}(z). \quad (\text{IV.4})$$

Esta multiplicación se puede obtener en una modalidad de un receptor mediante una operación sobre las instantáneas de un ciclo completo [505]  $r[k]$  usando un filtro de respuesta finita al impulso (FIR) 508 con los coeficientes de ensanchado  $a_n$  ( $n = 0, 1, \dots, N-1$ ):

$$H(z) = \sum_{n=0}^{N-1} a_n z^{n-N+1} \quad (IV.5)$$

La salida del filtro FIR 508 se proporciona a un demodulador 510 para detectar los mensajes m. Aunque no se ilustra en la Fig. 5, se contempla que el demodulador 510 puede ser parte del procesador digital 503. Generalmente, el análisis y el ensanchado de una señal de salida ensanchada recibida correspondiente r(t) tiende a resultar en la eliminación de las componentes armónicas determinísticas del ruido en una señal de salida, aunque el receptor 500 puede tener que lidiar con las componentes de ruido residuales, no periódicas.

Así, la Fig. 5 ilustra una modalidad de la invención para un receptor 500 para su uso en un sistema de comunicaciones de dos vías usado por un servicio de suministro eléctrico en el que se envían mensajes salientes de la empresa para recibir mensajes entrantes a través del sistema de distribución de energía eléctrica PDS de la empresa que suministra una señal de la red eléctrica. El receptor 500 detecta los mensajes salientes correspondientes m transmitidos en las líneas eléctricas. El convertidor A/D 502 recibe la señal saliente que incluye un mensaje saliente m y convierte la señal recibida a una señal digitalizada correspondiente. El procesador digital desensancha el espectro de la señal digitalizada recibida y demodula digitalmente la señal desensanchada [509] recibida para proporcionar el mensaje saliente.

Como se ilustra en la Fig. 5, el procesador digital 503 implementa el bucle de enganche de fase (PLL) 504 enganchado a la señal de la red eléctrica. Adicionalmente, el procesador digital 503 implementa un analizador sincronizado [511] con el PLL 504 para analizar la señal recibida en instantáneas de un ciclo completo [505] e implementar un desensanchador para desensanchar las instantáneas. El analizador como se muestra en la Fig. 5 comprende el convertidor A/D 502 sincronizado con el PLL 504 para crear instantáneas de un ciclo completo almacenadas en la memoria intermedia 506. En una modalidad, el desensanchador comprende el filtro FIR 508 (ilustrado en notación z) para multiplicar y sumar la instantáneas por una matriz de los coeficientes de ensanchado  $a_n$  ( $n = 0, 1, \dots, N-1$ ) usados por el transmisor 200.

En una modalidad, la invención es un método de detección de los mensajes salientes que comprende:

- recibir una señal saliente analógica  $r(t)$  que incluye un mensaje saliente  $m$ ;
- convertir la señal recibida a una señal digitalizada correspondiente  $r[k]$ ;
- 5   • desensanchar el espectro de la señal digitalizada recibida, tal como mediante el filtro FIR 508;
- demodular digitalmente la señal desensanchada [509] recibida, tal como mediante el demodulador 510, para proporcionar el mensaje saliente  $m$ .

#### ACCESO MULTIUSUARIO DEL SISTEMA

- 10   La combinación del transmisor 200 de la Fig. 2 y del preprocesador del receptor 500 y el demodulador de la Fig. 5 comprende un sistema de acuerdo con una modalidad de la invención. Se contempla además que el transmisor 200 de la Fig. 2 se puede usar con otros receptores para comprender un sistema de acuerdo con una modalidad de la invención. Se contempla además que otros transmisores en combinación con el preprocesador del
- 15   receptor 500 y el demodulador de la Fig. 5 pueden comprender un sistema de acuerdo con una modalidad de la invención.

Usando los códigos de ensanchado ortogonales, es posible incrementar el rendimiento de los datos del sistema en un factor de  $N-1$ . Para ilustrar esto, considere dos códigos de ensanchado  $a_1$  y  $a_2$  que, además de satisfacer la restricción en (III.5) también son

20   ortogonales:

$$a_1^T a_2 = 0. \quad (V.1)$$

Si dos transmisores emiten las señales  $s_1$  y  $s_2$ , respectivamente, con estos códigos de ensanchado y sincronizan los símbolos de manera apropiada, la señal recibida, de nuevo en forma de matriz, es:

$$r = a_1 \otimes s_1 + a_2 \otimes s_2 + I_N \otimes n. \quad (V.2)$$

25

Para recibir la primera transmisión el receptor usa la multiplicación de matrices:

$$\begin{aligned}
 (\mathbf{a}_1 \otimes \mathbf{I})^T \mathbf{r} &= (\mathbf{a}_1 \otimes \mathbf{I})^T (\mathbf{a}_1 \otimes \mathbf{s}_1) + (\mathbf{a}_1 \otimes \mathbf{I})^T (\mathbf{a}_2 \otimes \mathbf{s}_2) + (\mathbf{a}_1 \otimes \mathbf{I})^T (\mathbf{1}_N \otimes \mathbf{u}) \\
 &= \mathbf{a}_1^T \mathbf{a}_1 \mathbf{s}_1 + \mathbf{a}_1^T \mathbf{a}_2 \mathbf{s}_2 + \mathbf{a}_1^T \mathbf{1}_N \mathbf{u} \\
 &= \mathbf{a}_1^T \mathbf{a}_1 \mathbf{s}_1
 \end{aligned} \tag{V.3}$$

- 5 donde la última igualdad se sigue por (V.1) y (III.5). Así la señal proveniente de los transmisores opuestos se cancela por el receptor sin ninguna modificación. Una solución consiste en encontrar un conjunto ortogonal de códigos que satisfagan además la restricción en (III.5). La matriz de Hadamard se puede usar para este fin. Considere los códigos de longitud  $N = 4$  derivados de la matriz de Hadamard correspondiente:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \tag{V.4}$$

- 10 Las filas son ortogonales entre sí, lo que satisface la condición en (V.1). La ortogonalidad a las primera fila garantiza que (III.5) también se satisfaga, aunque la fila 1 no sea en sí misma un código válido. Con el uso de estos códigos, tres (3) transmisores pueden funcionar a la vez, siempre y cuando los códigos de ensanchado estén sincronizados en los tres transmisores. Tenga en cuenta que la sincronización no debería ser difícil, ya que la red
- 15 eléctrica proporciona la temporización necesaria.

En el ejemplo proporcionado anteriormente, donde la velocidad de transmisión de datos fue de 1.98 kbps, el rendimiento total del sistema (asumiendo una eficiencia espectral de 1) es:

$$Q_b = 1.98 \text{ kbps} \times 3 = 5.94 \text{ kbps.}$$

Generalmente, el rendimiento será:

$$20 \quad Q_b = (N - 1)R_b. \tag{V.5}$$

En resumen, las ventajas de este enfoque sobre un enfoque convencional incluyen métodos y sistemas simples y eficientes computacionalmente de manera que se pueda mitigar la PLI aumentando así la velocidad de transmisión de datos alcanzable, aunque el baudio se reduce por un factor de  $N$  y la SNR aumenta (por un factor de  $N$  asumiendo una cancelación perfecta de la PLI), y la eficiencia espectral aumentará en menos de  $N$  de manera que la velocidad de transmisión de datos de un único usuario se verá afectada.

Otra ventaja es que el sistema y método proporcionan un mecanismo para el acceso de múltiples usuarios, aumentando así el rendimiento del sistema.

Para fines de ilustración, los programas y otros componentes de programa ejecutables, tales como el sistema operativo, se ilustran en la presente como bloques discretos. Se reconoce, sin embargo, que dichos programas y componentes residen en diferentes momentos en diferentes componentes de almacenamiento de la computadora, y se ejecutan por el(los) procesador(es) de datos de la computadora.

Aunque se ha descrito en relación con un ambiente de sistema de computación ilustrativo, las modalidades de la invención son operacionales con otras numerosas configuraciones o ambientes de sistema de computación de propósito general o de propósito especial. El ambiente de sistema de computación no pretende sugerir ninguna limitación en cuanto al alcance del uso o funcionalidad de cualquier aspecto de la invención. Además, el ambiente de sistema de computación no se debe interpretar como que tiene cualquier dependencia o requisito en relación con cualquiera o una combinación de componentes ilustrados en el ambiente operativo ilustrativo. Los ejemplos de sistemas, ambiente y/o configuraciones de computación bien conocidos que pueden ser adecuados para su uso con los aspectos de la invención incluyen, pero sin limitarse a, computadoras personales, computadoras servidores, dispositivos portátiles o computadoras portátiles, sistemas de multiprocesador, sistemas basados en microprocesador, cajas decodificadoras, dispositivos electrónicos programables para el consumidor, teléfonos móviles, computadoras en red, microcomputadoras, computadoras centrales, ambientes de computación distribuidos que incluyen cualquiera de los sistemas o dispositivos anteriores, y similares.

Las modalidades de la invención se pueden describir en el contexto general de los componentes, datos y/o instrucciones ejecutables por computadora, tales como módulos de programa, almacenados en uno o más medios de almacenamiento para computadora no transitorios tangibles y ejecutados por una o más computadoras u otros dispositivos.

- 5 Generalmente, los módulos de programa incluyen, pero no sin limitarse a, rutinas, programas, objetos, componentes, y estructuras de datos que realizan tareas particulares o implementan tipos particulares de datos abstractos. Los aspectos de la invención también se pueden llevar a la práctica en ambientes de computación distribuidos donde las tareas se llevan a cabo mediante dispositivos de procesamiento remoto que se unen a través de una
- 10 red de comunicaciones de datos. En un ambiente de computación distribuido, los módulos de programa se pueden localizar tanto en un medio de almacenamiento para computadora remoto como local incluyendo un medio de almacenamiento de memoria.

- Durante el funcionamiento, las computadoras y/o servidores pueden ejecutar las instrucciones ejecutables por computadora, tales como las ilustradas en la presente para
- 15 implementar los aspectos de la invención.

- El orden de ejecución o rendimiento de las operaciones en las modalidades de la invención ilustradas y descritas en la presente no es esencial, a menos que se especifique de cualquier otra forma. Es decir, las operaciones se pueden realizar en cualquier orden, a menos que se especifique de cualquier otra manera, y las modalidades de la invención pueden incluir
- 20 algunas operaciones u operaciones adicionales a las que se describen en la presente. Por ejemplo, se contempla que la ejecución o realización de una operación particular antes de, simultáneamente con, o después de otra operación está dentro del alcance de los aspectos de la invención.

- Las modalidades de la invención se pueden implementar mediante instrucciones ejecutables por computadora. Las instrucciones ejecutables por computadora se pueden organizar en
- 25 uno o más componentes o módulos ejecutables por computadora en un medio de almacenamiento tangible legible por computadora. Los aspectos de la invención se pueden implementar con cualquier número y organización de tales componentes o módulos. Por ejemplo, los aspectos de la invención no se limitan a las instrucciones específicas

ejecutables por computadora o a los componentes específicos o módulos ilustrados en las figuras y descritos en la presente. Otras modalidades de la invención pueden incluir diferentes instrucciones ejecutables por computadora o componentes que tienen más o menos funcionalidad que la ilustrada y descrita en la presente.

- 5 Cuando se introducen elementos o aspectos de la invención o las modalidades de la misma, los artículos "un", "una", "el", "la", "dicho" y "dicha" se entiende que significan que hay uno o más de los elementos. Los términos "que comprende", "que incluye" y "que tiene" se entiende que están incluidos y que significan que pueden existir elementos adicionales además de los elementos listados.
- 10 En vista de lo anterior, se verá que varias ventajas de la invención se logran y se alcanzan otros resultados ventajosos.

- Puede ser que no se requieran todos los componentes representados ilustrados o descritos. Adicionalmente, algunas implementaciones y modalidades pueden incluir componentes adicionales. Las variaciones en la disposición y el tipo de los componentes se pueden hacer
- 15 sin apartarse del espíritu o alcance de las reivindicaciones que se exponen en la presente. Se pueden proporcionar algunos componentes, adicionales o diferentes y los componentes se pueden combinar. Alternativamente o adicionalmente, un componente se puede implementar mediante varios componentes.

- Habiendo descrito en detalle los aspectos de la invención, resultarán evidentes que las
- 20 modificaciones y variaciones son posibles sin apartarse del alcance de los aspectos de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. Ya que podrían hacerse varios cambios en las construcciones, productos y métodos anteriores, sin apartarse del alcance de los aspectos de la invención, se entiende que toda la materia contenida en la descripción anterior y que se muestra en los dibujos acompañantes se debe interpretar como
- 25 ilustrativa y no en un sentido limitante.

## RESUMEN

Un transmisor transmite una señal del mensaje saliente a través del sistema de distribución de energía eléctrica. El transmisor incluye un ensanchador para ensanchar el espectro de la señal de comunicaciones antes de transmitir la señal del mensaje saliente. Un receptor desensancha el espectro de la señal digitalizada recibida y demodula digitalmente la señal desensanchada recibida para generar el mensaje. La señal transmitida es ortogonal a una fuente de interferencia en el sistema de distribución de energía eléctrica.