



No. 13-154108- 00000-0000

Fecha: 2013-06-28 15:53:38 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 34



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

DELEGATURA PROPIEDAD INDUSTRIAL

PATENTE DE INVENCION
PCT

EXPEDIENTE No _____

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

CLASIFICACION INTERNACIONAL _____

SOLICITANTE: ACLARA POWER-LINE SYSTEMS

DOMICILIO: MISSOURI, ESTADOS UNIDOS DE
AMERICA

APODERADO LUZ HELENA ADARVE GOMEZ

BOGOTA D.C. _____



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-154108- -00000-0000

Fecha: 2013-06-28 15:53:38
Tra: 11 PATENTEIYII
Act. 411 PRESENTACION

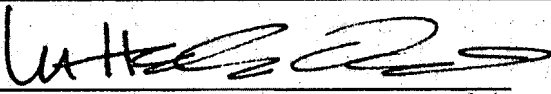
Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 378 FASENACIONALI
Folios: 74

licación

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES
SOLICITUD FASE NACIONAL -PCT

1	(12) TIPO DE SOLICITUD	X X	Patente de invención Capitulo I	Patente de Modelo de Utilidad Capitulo II	
2	DATOS SOLICITUD INTERNACIONAL PCT (86)				
Solicitud Internacional No.		PCT/US2011/062510		Fecha	30.11.2011
Publicación Internacional No.		WO 2012/075063 A1		Fecha	07.06.2012
3	(54) TÍTULO DE LA INVENCIÓN (200 caracteres o espacios máximos)				
SISTEMA Y MÉTODO DE COMUNICACIONES POR LÍNEAS ELÉCTRICAS SINCRÓNICAS A LA RED ELÉCTRICA					
4	CLASIFICACIÓN INTERNACIONAL (51) CIP				
5	(71) SOLICITANTE (S) ☐ Esta persona también es inventor. Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria				
APELLIDOS O RAZÓN SOCIAL		NOMBRE		IDENTIFICACIÓN	
1. ACLARA POWER-LINE SYSTEMS INC					
6	DATOS DEL SOLICITANTE				
DIRECCIÓN		945 Hornet Drive, 63042-2309		No. TELÉFONO 313 7800	
CIUDAD		Hazelwood		E-MAIL infopi@cardenasycardenas.com	
DEPARTAMENTO/ESTADO		Missouri		NACIONALIDAD O LUGAR DE CONSTITUCIÓN	
PAÍS DE RESIDENCIA		Estados Unidos de América		Estados Unidos de América	
7	(72) INVENTOR (ES) Para datos adicionales utilizar hoja de información complementaria				
APELLIDOS		NOMBRE		NACIONALIDAD	
RIEKEN		David, W.		Estadounidense	
DIRECCIÓN DE CORREO ELECTRÓNICO:					
8	DATOS INVENTOR (ES)				
PAÍS RESIDENCIA		DEPARTAMENTO		CIUDAD	
Estados Unidos de América		Missouri		Hazelwood	
				945 Hornet Drive, 63042-2309	
OTRO(S) SOLICITANTE(S) Y/O (OTRO(S)) INVENTOR(ES)					
Los demás solicitantes y/o (demás) inventores se indican en una hoja a continuación.					
9	(74)	REPRESENTANTE	X	APODERADO	
APELLIDOS		NOMBRES		IDENTIFICACIÓN	
ADARVE GOMEZ		LUZ HELENA		C.C. 41575435 BTA T.P. 14884 CSJ	
DIRECCIÓN		Carrera 7 No 71-52 Torre B Piso 9		No. TELÉFONO 313 7800	
CIUDAD		BOGOTA		E-MAIL infopi@cardenasycardenas.com	
				No. DE PROTOCOLO EN LA OFICINA	
PAÍS		COLOMBIA			

2

10	(30)	DECLARACIONES DE PRIORIDAD	x	SI		NO
(33) PAÍS DE ORIGEN		CÓDIGO PAÍS	(31) NÚMERO		(32) FECHA (AAAA/MM/DD)	
1.Estados Unidos de América		US	61/419,091		02.12.2010	
2. Estados Unidos de América		US	61/442,956		15.02.2011	
3.						
11	DECLARACIÓN SOBRE USO DE RECURSOS GENÉTICOS O BIOLÓGICOS					
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de recursos genéticos o biológicos de los que cualquiera de los países miembros de la Comunidad Andina es país de origen.						
☐ SI ☒ NO						
Nota: En caso afirmativo deberá anexar copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, o certificado o número de registro, expedido por la Autoridad competente.						
12	DECLARACIÓN SOBRE USO DE CONOCIMIENTOS TRADICIONALES					
Declaro que el objeto de la presente solicitud de patente fue obtenido a partir de conocimientos tradicionales de comunidades indígenas, afroamericanas o locales de países miembros de la Comunidad Andina.						
☐ SI ☒ NO						
Nota: En caso afirmativo deberá anexar la licencia o autorización de uso de conocimiento tradicional, o certificado, o número de registro expedido por la Autoridad competente.						
13	REDUCCIÓN DE TASAS					
Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.						
☐ SI ☒ NO						
Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.						
Micro, pequeñas y medianas empresas		Universidades públicas o privadas		Entidades sin ánimo de lucro		
☐ Copia simple de la declaración de renta del año inmediatamente anterior, o en su defecto prueba documental idónea.		☐ Copia acto de reconocimiento institucional emitido por el Ministerio de Educación. Acreditación Colciencias.		☐ Copia de registro vigente en Cámara de comercio.		
☐ Documento de constancia de cumplimiento con lo establecido en la ley 905 de 2004.				☐ Hoja de información complementaria.		
				☐ Otros, especificar		
14	AUTORIZACIÓN DE NOTIFICACIÓN EN LÍNEA		SI	x	NO	
Manifiesto que he leído y entendido perfectamente los términos y condiciones de uso de medios electrónicos para las notificaciones en línea a través de Internet de los actos administrativos proferidos por la Superintendencia de Industria y Comercio que deben ser notificados personalmente y, en consecuencia, autorizo el servicio de notificación a través de internet.						
14	COMPROBANTE DE PAGO O PAGO ELECTRÓNICO		N° 13-0063319		Fecha 27.06.2013	
15	FIRMA DEL SOLICITANTE, DEL APODERADO O DEL REPRESENTANTE LEGAL					
Junto a cada firma, indicar el nombre del firmante y su calidad (si tal calidad no es obvia al leer el petitorio)						
 LUZ HELENA ADARVE GOMEZ NPV						
16	ORDEN Y RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE ACOMPAÑAN LA SOLICITUD					
Documentación Técnica			Documentación Jurídica			
Solicitud Internacional en castellano						
1.	☒	Descripción	N° de folios: 15	9.	☐	Poderes, si fuera el caso.
2.	☒	Reivindicaciones.....	N° Reivindicaciones 16	10.	☒	Documento que legalmente pruebe la cesión del inventor al solicitante o a su causante
3.	☒	Dibujos y/o figuras	N° folios: 5	11.	☐	Copia del contrato de acceso de recursos genéticos o productos derivados, certificado o número de registro, si fuera el caso.
4.	☒	Resumen.		12.	☐	Copia de la licencia o autorización de Conocimientos Tradicionales, certificado o número de registro, si fuera el caso.
5.	☐	Certificado de depósito de material biológico si fuera el caso		13.	☐	Documento que acredita la existencia y representación legal, cuando el solicitante es persona jurídica.
6.	☐	Listado de secuencias de nucleótidos y/o aminoácidos en forma digital si fuera el caso		14.	☒	Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.
7.	☒	Arte final 12 x 12.		15.	☐	Comprobante de pago por reivindicación de prioridad.
8.	☐	Anexo formato digital.		16.	☐	Comprobante de pago de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación.
				17.	☒	Comprobante de pago por reivindicación adicional a 10.

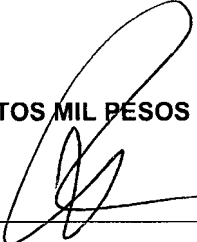
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 13 - 0063319
		Bogotá D.C., Junio 27 de 2013 - 09:45:36

RECIBIDO DE : CARDENAS & 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	189797252	27/06/2013	7.629.000.00

*** Conceptos Pagados ***				
CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN	500.000.00	500.000.00
				<u>\$500.000.00</u>
			=====	

SON: **QUINIENTOS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: 
**
Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 13-154108- -00000-0000
Fecha: 2013-06-28 15:53:38 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve. 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 79

CARDENAS & CARDENAS
ABOGADOS

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -


Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

RECIBO DE CAJA

No. 13 - 0063318

Bogotá D.C., Junio 27 de 2013 - 09:45:36

RECIBIDO DE : CARDENAS & CARDENAS ABOGADOS PI LTDA

NI 830.083.491

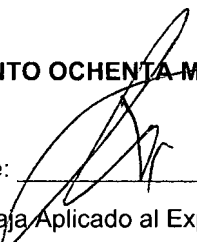
*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	189797252	27/06/2013	7.629.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
6	50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INIC	30.000.00	180.000.00
				\$180.000.00

SON: **CIENTO OCHENTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: 

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-154108- -00000-0000

Fecha: 2013-06-28 15:53:38
Tra. 11 PATENTEIYII
Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Eve: 378 FASENACIONALI
Folios: 79

CARDENAS & CARDENAS
ABOGADOS

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

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

Junio 27 de 2013 - 09:45:39

☐

Patente de Invención

☐

Patente modelo de utilidad

☒

PCT

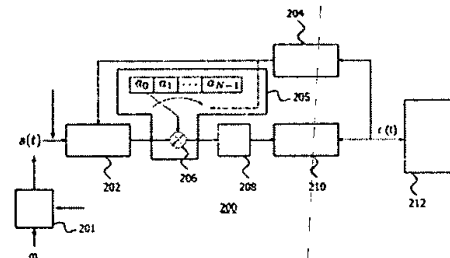
(21) No De solicitud	(51) int. Cl:
(22) Fecha de solicitud	(71) Solicitante (s) ACLARA POWER-LINE SYSTEMS INC.
(30) Prioridad	(72) Inventor(es) David, W. Rieken
(31) No Prioridad 61/419,091 - 61/442,956	
(32) Fecha 02.12.2010 – 15.02.2011	
(33) País US - US	(74) Apoderado (s) LUZ HELENA ADARVE GOMEZ
(54) Título SISTEMA Y MÉTODO DE COMUNICACIONES POR LÍNEAS ELÉCTRICAS SINCRÓNICAS A LA RED ELÉCTRICA	
Las casillas identificadas con 85, 86 y 87 sólo aplican para PCT	
(85) Fecha límite de inicio Fase Nacional 02.07.2013	
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT Fecha de presentación de la solicitud 30.11.2011 No de Solicitud PCT PCT/US2011/062510	(87) Publicación internacional Fecha 07.06.2012 No Publicación WO 2012/075063 A1

Resumen reivindicación (es):
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.

5

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO									
	DIVISION DE NUEVAS CREACIONES									
	TARJETA DE ARCHIVO PROPIETARIOS									
	PATENTE DE INVENCION			PCT	X	MODELO DE UTILIDAD		DISEÑO INDUSTRIAL		
(21) No de solicitud:				(22) Fecha de solicitud:						
(51) Clasificación Internacional:										
(71)Solicitante(s) ACLARA POWER-LINE SYSTEMS INC.										
(72) Inventor(es) David, W. Rieken										
(74) Apoderado: LUZ HELENA ADARVE GOMEZ										
(30) Prioridad		(31) No Prioridad		(32) Fecha		(33) País				
		61/419,091 - 61/442,956		02.12.2010 – 15.02.2011		US -US				
(85) Fecha inicio fase nacional: 02.07.2013										
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT										
Fecha de presentación de la solicitud: 30.11.2011										
No de solicitud: PCT/US2011/062510										
(54) Título SISTEMA Y MÉTODO DE COMUNICACIONES POR LÍNEAS ELÉCTRICAS SINCRÓNICAS A LA RED ELÉCTRICA										

(21) No de solicitud:		(22) Fecha de solicitud:	
(71) Solicitante(s) ACLARA POWER-LINE SYSTEMS INC.			
(72) Inventor (es) David, W. Rieken			
(74) Apoderado: LUZ HELENA ADARVE GOMEZ			
(30) Prioridad	(31) No Prioridad	(32) Fecha	(33) País
	61/419,091	02.12.2010	US
	61/442,956	15.02.2011	US
(85) Fecha límite inicio fase nacional: 02.07.2013		(87) Publicación internacional:	
(86) Datos relativos a la presentación de la solíc. PCT		Fecha: 07.06.2012	
Fecha de presentación de la solicitud: 30.11.2011		No Publicación	
No de Solicitud PCT/US2011/062510		WO 2012/075063 A1	



(54) Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE COMUNICACIONES POR LÍNEAS ELÉCTRICAS SINCRÓNICAS A LA RED ELÉCTRICA**

(57) 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.



PODER

USPM 4/8/2011 8:15:45 AM PÁGINA 2/004 Servidor de Fax
 PARA: SENNIGER POWERS LLP COMPAÑÍA: 100 NORTH BROADWAY



OFICINA DE MARCAS Y PATENTES DE LOS ESTADOS UNIDOS

DE CONFORMIDAD CON LA SECRETARÍA DE COMERCIO PARA PROPIEDAD INTELECTUAL Y
 DIRECTOR DE LA OFICINA DE MARCAS Y PATENTES DE LOS ESTADOS UNIDOS

MARZO 28, 2011

PTAS

SENNIGER POWERS LLP
 100 NORTH BROADWAY
 17TH FLOOR
 ST. LOUIS, MO 6310

501476304

OFICINA DE MARCAS Y PATENTES DE LOS ESTADOS UNIDOS
 AVISO DE REGISTRO DE DOCUMENTO DE CESIÓN

EL DOCUMENTO ADJUNTO SE HA REGISTRADO POR LA DIVISIÓN DE INSCRIPCIÓN DE CESIÓN DE LA OFICINA DE MARCAS Y PATENTES DE LOS ESTADOS UNIDOS. UNA COPIA DE MICROFILM COMPLETA ESTÁ DISPONIBLE EN LA SALA DE BÚSQUEDA DE CESIONES EN EL NÚMERO DE CUADRO Y CARRETE REFERENCIADO ADELANTE.

POR FAVOR REVISE TODA LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE AVISO. LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE AVISO DE INSCRIPCIÓN REFLEJA LOS DATOS PRESENTADOS EN EL SISTEMA DE CESIÓN DE MARCAS Y PATENTES. SI USTED ENCUENTRA ALGÚN ERROR O TIENE PREGUNTAS QUE SE RELACIONEN CON ESTE AVISO, PUEDE CONTACTAR AL EMPLEADO CUYO NOMBRE APARECE EN ESTE AVISO AL 571-272-3350. POR FAVOR ENVÍE PETICIÓN PARA CORRECCIÓN A: OFICINA DE MARCAS Y PATENTES DE LOS ESTADOS UNIDOS, PARADA DE CORREO: DIVISIÓN DE SERVICIOS DE CESIÓN, P.O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA 22313.

FECHA DE INSCRIPCIÓN: 03/23/2011 CARRETE/CUADRO: 026003/0374

NÚMERO DE PAGINAS: 4

RESUMEN: CESIÓN DE INTERÉS DE CEDENTES (VER DOCUMENTOS PARA DETALLES).

NÚMERO DE EXPEDIENTE: ESCO 6769/6770

CEDENTE

RIEKEN, DAVID W

FECHA DOC.: 03/08/2011

CESIONARIO:

ACLARA POWER-LINE SYSTEMS INC.

945 HORNET DRIVE

HAZELWOOD, MISSOURI 63042-2309

NÚMERO DE SOLICITUD: 61419091 FECHA DE PRESENTACIÓN: 12/02/2010

NÚMERO DE PATENTE: FECHA DE EMISIÓN:

TÍTULO: SISTEMA Y MÉTODO DE COMUNICACIONES SÍNCRONAS MEDIANTE
CABLE ELÉCTRICO-REDES

NÚMERO DE SOLICITUD: 61442956 FECHA DE PRESENTACIÓN: 12/15/2011

NÚMERO DE PATENTE: FECHA DE EMISIÓN:

TÍTULO: SISTEMA Y MÉTODO DE COMUNICACIONES SÍNCRONAS MEDIANTE
CABLE ELÉCTRICO-REDES

OCRUSER, EXAMINADOR

DIVISIÓN DE SERVICIOS DE CESIÓN

DIVISIÓN DE REGISTROS PÚBLICOS

P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 - www.USPTO.GOV

CESIÓN DE PATENTE

Versión Electrónica v1.1 03/23/2011
 Versión de Hoja de Estilo v1.1 501476304

TIPO DE PRESENTACIÓN:	NUEVA CESIÓN
NATURALEZA DE LA TRANSMISIÓN	CESIÓN
DATOS DE LAS PARTES QUE TRANSMITEN	
Nombre	Fecha de legalización
David W Rieken	03/08/2011
DATOS DE LAS PARTES QUE RECIBEN	
Nombre:	Aclara Power-Line Systems Inc.
Dirección:	945 Hornet Drive
Ciudad:	Hazelwood
Estado/País	MISSOURI
Código Postal:	63042-2309
NÚMERO TOTAL DE PROPIEDAD: 2	
Tipo de Propiedad	Número
Número de Solicitud:	61419091
Número de Solicitud:	61442956
DATOS DE CORRESPONDENCIA	
Número de Fax	(314)231-4342
<i>Se enviará correspondencia a través del correo EE.UU. cuando no sea exitoso el intento de envío por fax</i>	
Teléfono	314- 345-7000
Correo electrónico:	uspatents@senniger.com
Nombre del Corresponsal:	SENNIGER POWERS LLP
Dirección Línea 1:	100 North Broadway
Dirección Línea 2:	17th Floor
Dirección Línea 4:	St. Louis, MISSOURI 63102
NÚMERO DE EXPEDIENTE DE ABOGADO	ESCO 6769/6770
NOMBRE DEL REMITENTE	Jodi A. Gallop
Total de anexos: 3 source=01446922#page1 .tif source=01446922#page2.tif source=01446922#page3.tif	

CESIÓN

CONSIDERANDO QUE, Yo, David W. Rieken of St. Peters, Missouri, he inventado una mejora en SISTEMA Y MÉTODO DE COMUNICACIONES SÍNCRONAS MEDIANTE CABLE ELÉCTRICO-REDES (ESCO 6769 y 6770) descrita en las solicitudes de patente provisionales Estadounidenses cedidas No. de Serie 61/419,091 presentada el 2 de diciembre, 2010 y No. de Serie 61/442,956 presentada el 15 de febrero, 2011;

CONSIDERANDO QUE, Aclara Power-Line Systems Inc. de Hazelwood, Missouri, una sociedad del Estado de Missouri (en adelante denominada como el "CESIONARIO") en virtud del mismo tiene el interés de adquirir ciertos derechos;

EN VIRTUD DE LO ANTERIOR, por un dólar y a título oneroso, cuyo recibo se reconoce por este medio, he acordado y por la presente vendo, cedo y transfiero a dicho CESIONARIO, el derecho, título y participación, que incluye el derecho a reclamar la prioridad, en y en todos los Estados Unidos de América (que incluye sus territorios y dependencias) y todos los países diferentes a los Estados Unidos en y para dicha invención, dicha solicitud de los Estados Unidos, cualesquier otras solicitudes de los Estados Unidos (que incluyen solicitudes provisionales, no provisionales, divisionales, de continuación o reemisión) con base en todo o en parte en dicha solicitud de los Estados Unidos o en todo o en parte en dicha invención, cualesquier solicitudes extranjeras con base en todo o en parte sobre cualquiera de las solicitudes de los Estados Unidos mencionadas anteriormente, o en todo o en parte en dicha invención, y todas y cualesquier patentes (que incluyen extensiones de la misma) de cualquier país que hayan sido o puedan ser otorgadas en cualquiera de las solicitudes mencionadas anteriormente o en dicha invención o cualquier parte de las mismas;

PARA SER POSEÍDA Y DISFRUTADA por dicho CESIONARIO, sus sucesores y cesionarios, tan plena y completamente como si la

misma hubiera sido poseída y disfrutada por mí si no se hubiera realizado la venta y cesión de dicha participación;

Y por la presente autorizo y solicito al Director de la Oficina de Marcas y Patentes de los Estados Unidos de los Estados Unidos de América a emitir todas y cualesquier patentes de los Estados Unidos que puedan ser otorgadas sobre dichas solicitudes de los Estados Unidos o cualquiera de ellas, o sobre dicha invención o cualquier parte de la misma, a dicho CESIONARIO;

Y por la presente me comprometo en mi nombre, y en el de mis sucesores, ejecutores y administradores, a legalizar sin contraprestación adicional cualesquier documentos legales adicionales y garantías adicionales, y cualesquier solicitudes provisionales, no provisionales, divisionales, de continuación, reemisión u otras solicitudes de patentes de cualquier país, que se puedan considerar necesarias por dicho CESIONARIO para asegurar completamente a dicho CESIONARIO su participación como se mencionó anteriormente en y para dicha invención o cualquier parte de la misma, y en y para dichas varias patentes o cualquiera de ellas;

Y por la presente pacto en mi nombre y en el de mis representantes legales, y me comprometo con dicho CESIONARIO, sus sucesores y cesionarios, que no he otorgado derecho ni licencia para hacer uso o vender dicha invención, a nadie excepto a dicho CESIONARIO, que antes de la legalización de este instrumento no ha sido gravado de ninguna forma mi derecho, título y participación y que no he legalizado y ni legalizaré ningún instrumento en conflicto que se oponga.

EN FE DE LO CUAL, he colocado mi firma.

3/8/11

Fecha

(aparece firma)

David W. Rieken

ESTADO DE MISSOURI)

)
CONDADO DE ST LOUIS)

El día 9 de marzo, 2011, ante mí, un Notario Público, compareció personalmente David W. Rieken a quien conozco por ser la persona descrita en y quien legaliza la anterior cesión y reconozco que él legaliza la misma como un acto de su libre voluntad.

EN TESTIMONIO DE LO CUAL, he colocado mi firma y sello el día y año escrito anteriormente.

DANNY RAY HEIPLE
Notario Público – Sello de Notario
Estado de Missouri
Comisionado para el Condado de St. Louis
Mi Comisión Expira: 28 de marzo, 2014
Número de Comisión: 10397780

Aparece firma
Notario Público

Mi Comisión Expira:
03/28/2014



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNDER SECRETARY OF COMMERCE FOR INTELLECTUAL PROPERTY AND
DIRECTOR OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

MARCH 28, 2011

PTAS

SENNIGER POWERS LLP
100 NORTH BROADWAY
17TH FLOOR
ST. LOUIS, MO 63102


501476304

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
NOTICE OF RECORDATION OF ASSIGNMENT DOCUMENT

THE ENCLOSED DOCUMENT HAS BEEN RECORDED BY THE ASSIGNMENT DIVISION OF THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE. A COMPLETE MICROFILM COPY IS AVAILABLE AT THE ASSIGNMENT SEARCH ROOM ON THE REEL AND FRAME NUMBER REFERENCED BELOW.

PLEASE REVIEW ALL INFORMATION CONTAINED ON THIS NOTICE. THE INFORMATION CONTAINED ON THIS RECORDATION NOTICE REFLECTS THE DATA PRESENT IN THE PATENT AND TRADEMARK ASSIGNMENT SYSTEM. IF YOU SHOULD FIND ANY ERRORS OR HAVE QUESTIONS CONCERNING THIS NOTICE, YOU MAY CONTACT THE EMPLOYEE WHOSE NAME APPEARS ON THIS NOTICE AT 571-272-3350. PLEASE SEND REQUEST FOR CORRECTION TO: U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE, MAIL STOP: ASSIGNMENT SERVICES BRANCH, P.O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA 22313.

RECORDATION DATE: 03/23/2011 ✓

REEL/FRAME: 026003/0374 ✓
NUMBER OF PAGES: 4

BRIEF: ASSIGNMENT OF ASSIGNOR'S INTEREST (SEE DOCUMENT FOR DETAILS).
DOCKET NUMBER: ESCO 6769/6770 ✓

ASSIGNOR:

RIEKEN, DAVID W. ✓

DOC DATE: 03/08/2011 ✓

ASSIGNEE:

ACLARA POWER-LINE SYSTEMS INC. ✓
945 HORNET DRIVE
HAZELWOOD, MISSOURI 63042-2309

12/11

026003/0374 PAGE 2

APPLICATION NUMBER: 61419091 ✓ FILING DATE: 12/02/2010 ✓
PATENT NUMBER: ISSUE DATE:
TITLE: MAINS-SYNCHRONOUS POWER-LINE COMMUNICATIONS SYSTEM AND ✓
METHOD

APPLICATION NUMBER: 61442956 ✓ FILING DATE: 02/15/2011 ✓
PATENT NUMBER: ISSUE DATE:
TITLE: MAINS-SYNCHRONOUS POWER-LINE COMMUNICATIONS SYSTEM AND ✓
METHOD

OCRUSER, EXAMINER
ASSIGNMENT SERVICES BRANCH
PUBLIC RECORDS DIVISION

PATENT ASSIGNMENT

Electronic Version v1.1
Stylesheet Version v1.1

03/23/2011
501476304

SUBMISSION TYPE:	NEW ASSIGNMENT										
NATURE OF CONVEYANCE:	ASSIGNMENT										
CONVEYING PARTY DATA											
<table border="1"><tr><td>Name</td><td>Execution Date</td></tr><tr><td>David W. Rieken</td><td>03/08/2011</td></tr></table>		Name	Execution Date	David W. Rieken	03/08/2011						
Name	Execution Date										
David W. Rieken	03/08/2011										
RECEIVING PARTY DATA											
<table border="1"><tr><td>Name:</td><td>Aclara Power-Line Systems Inc.</td></tr><tr><td>Street Address:</td><td>945 Hornet Drive</td></tr><tr><td>City:</td><td>Hazelwood</td></tr><tr><td>State/Country:</td><td>MISSOURI</td></tr><tr><td>Postal Code:</td><td>63042-2309</td></tr></table>		Name:	Aclara Power-Line Systems Inc.	Street Address:	945 Hornet Drive	City:	Hazelwood	State/Country:	MISSOURI	Postal Code:	63042-2309
Name:	Aclara Power-Line Systems Inc.										
Street Address:	945 Hornet Drive										
City:	Hazelwood										
State/Country:	MISSOURI										
Postal Code:	63042-2309										
PROPERTY NUMBERS Total: 2											
<table border="1"><tr><td>Property Type</td><td>Number</td></tr><tr><td>Application Number:</td><td>61419091</td></tr><tr><td>Application Number:</td><td>61442956</td></tr></table>		Property Type	Number	Application Number:	61419091	Application Number:	61442956				
Property Type	Number										
Application Number:	61419091										
Application Number:	61442956										
CORRESPONDENCE DATA											
Fax Number: (314)231-4342 <i>Correspondence will be sent via US Mail when the fax attempt is unsuccessful.</i> Phone: 314-345-7000 Email: uspatents@senniger.com Correspondent Name: SENNIGER POWERS LLP Address Line 1: 100 North Broadway Address Line 2: 17th Floor Address Line 4: St. Louis, MISSOURI 63102											
ATTORNEY DOCKET NUMBER:	ESCO 6769/6770										
NAME OF SUBMITTER:	Jodi A. Gallop										
Total Attachments: 3 source=01446922#page1.tif source=01446922#page2.tif source=01446922#page3.tif											

OP \$80.00 61419091

12

ASSIGNMENT

WHEREAS, I, David W. Rieken of St. Peters, Missouri have invented an improvement in MAINS-SYNCHRONOUS POWER-LINE COMMUNICATIONS SYSTEM AND METHOD (ESCO 6769 and 6770) described in U.S. provisional patent applications assigned Serial No. 61/419,091 filed December 2, 2010 and Serial No. 61/442,956 filed February 15, 2011;

AND, WHEREAS, Aclara Power-Line Systems Inc. of Hazelwood, Missouri, a corporation of the State of Missouri (hereinafter referred to as "ASSIGNEE") is desirous of acquiring certain rights thereunder;

NOW, THEREFORE, for one dollar and other good and valuable consideration, receipt of all of which is hereby acknowledged, I have agreed to and do hereby sell, assign and transfer unto said ASSIGNEE the entire right, title and interest, including the right to claim priority, in and throughout the United States of America (including its territories and dependencies) and all countries foreign thereto in and to said invention, said United States application, any other United States applications (including provisional, non-provisional, divisional, continuing, or reissue applications) based in whole or in part on said United States application or in whole or in part on said invention, any foreign applications based in whole or in part on any of the aforesaid United States applications or in whole or in part on said invention, and any and all patents (including extensions thereof) of any country which have been or may be

granted on any of the aforesaid applications or on said invention or any part thereof;

TO BE HELD AND ENJOYED by said ASSIGNEE, its successors and assigns, as fully and entirely as the same would have been held and enjoyed by me had no sale and assignment of said interest been made;

AND I hereby authorize and request the Director of the United States Patent and Trademark Office of the United States of America to issue any and all United States patents which may be granted upon said United States applications or any of them, or upon said invention or any part thereof, to said ASSIGNEE;

AND I hereby agree for myself and for my heirs, executors and administrators, to execute without further consideration any further lawful documents and any further assurances, and any provisional, non-provisional, divisional, continuing, reissue, or other applications for patents of any country, that may be deemed necessary by said ASSIGNEE fully to secure to said ASSIGNEE its interest as aforesaid in and to said invention or any part thereof, and in and to said several patents or any of them;

AND I hereby covenant for myself and my legal representatives, and agree with said ASSIGNEE, its successors and assigns, that I have granted no right or license to make, use or sell said invention, to anyone except said ASSIGNEE, that prior to the execution of this deed my right, title and interest in said invention had not been otherwise encumbered, and that I

have not executed and will not execute any instrument in conflict herewith.

IN WITNESS WHEREOF, I have hereunto set my hand.

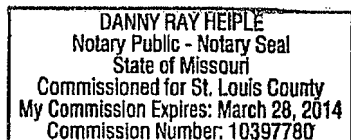
3/8/11
Date

David W. Rieken
David W. Rieken

STATE OF MISSOURI)
COUNTY OF ST. LOUIS)

On this 9th day of March, 2011, before me, a Notary Public, personally appeared David W. Rieken to me known to be the person described in and who executed the foregoing assignment and acknowledged that he executed same as his free act and deed.

IN TESTIMONY WHEREOF, I have hereunto set my hand and seal the date and year last above written.



Danny Ray Heiple
Notary Public

My Commission Expires:

03/28/2014



ESPAÑOL
DESCRIPCIÓN

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.
- 10 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.
- 15 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.
- 20 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

- 25 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.
- 30 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. 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 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 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 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 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
 5 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
 10 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
 15 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
- 20 • 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
 - 25 ○ 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.

30 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. 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
 35 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 ventanas de cada bloque transmitido. Relación ortogonal entre la señal de salida transmitida y la PLI (interferencia de la línea eléctrica)

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

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

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

10 $Z(f) = S(f)H(f) \tag{III.2}$

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

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

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

15 $Z(f) = S(f)A_d(2\pi fT) \tag{III.4}$

"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:

$$\sum_{n=0}^{N-1} a_n = 0. \tag{III.5}$$

- 20 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 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 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:

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

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

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

$a_0 = 1, a_1 = -1, a_2 = 1$ y $a_3 = -1$.

La Tabla 1 resume los parámetros del sistema OFDM.

	N	4
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

Tabla 1: Ejemplo de los parámetros del sistema OFDM

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

$T_s + T_g = 1/60$

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

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:

$$5 \quad R_b = 132 \text{ bits/símbolo} \times 15 \text{ símbolos/seg} = 1.98 \text{ kbps.}$$

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.

10 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:

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

20 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:

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

25 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 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:

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

Esta multiplicación se puede obtener en una modalidad de un receptor mediante una operación sobre las instantáneas de un ciclo completo $r[k]$ 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 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 con el PLL 504 para analizar la señal recibida en instantáneas de un ciclo completo 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 $r[k]$;
- desensanchar el espectro de la señal digitalizada recibida, tal como mediante el filtro FIR 508;
- demodular digitalmente la señal desensanchada recibida, tal como mediante el demodulador 510, para proporcionar el mensaje saliente m.

ACCESO MULTIUSUARIO DEL SISTEMA

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

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 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:

$$r = a_1 \otimes s_1 + a_2 \otimes s_2 + 1_N \otimes n. \quad (V.2)$$

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

$$\begin{aligned} (a_1 \otimes I)^T r &= (a_1 \otimes I)^T (a_1 \otimes s_1) + (a_1 \otimes I)^T (a_2 \otimes s_2) + (a_1 \otimes I)^T (1_N \otimes n) \\ &= a_1^T a_1 s_1 + a_1^T a_2 s_2 + a_1^T 1_N n \\ &= a_1^T a_1 s_1 \end{aligned} \quad (V.3)$$

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:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (V.4)$$

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 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:

5 $Q_b = (N - 1)R_b.$ (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 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
- 25 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.
- 30

- Cuando se introducen elementos o aspectos de la invención o las modalidades de la misma,
- 35 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.

En vista de lo anterior, se verá que varias ventajas de la invención se logran y se alcanzan otros resultados ventajosos.

- 5 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 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
- 10 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 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
- 15 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 ilustrativa y no en un sentido limitante.

ESPAÑOL
REIVINDICACIONES

REIVINDICACIONES:

1. 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 aparato comprende:

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

un transmisor que recibe la señal de comunicaciones y que transmite una señal de mensaje saliente correspondiente a través del sistema de distribución de energía eléctrica, en donde

dicho transmisor incluye un bucle de enganche de fase (PLL) 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, y

dicho transmisor incluye un ensanchador 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 sustancialmente ortogonal a una fuente de interferencia en el sistema de distribución de energía eléctrica.

2. El aparato de la reivindicación 1 en donde el ensanchador aplica un código de ensanchado a la señal de comunicaciones.

3. El aparato de la reivindicación 2:

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 y un multiplicador para multiplicar cada sección de la señal de

comunicaciones segmentada por la serie de coeficientes de ensanchado.

4. El aparato de la reivindicación 1 que comprende además un receptor que comprende:

un convertidor analógico-digital (A/D) que recibe la señal saliente que incluye un mensaje saliente y convierte la señal recibida 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.

5. 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:

proporcionar una señal de comunicaciones que incluye un mensaje modulado sobre una señal portadora; y

transmitir una señal de mensaje saliente correspondiente a la señal de comunicaciones a través del sistema de distribución de energía eléctrica, en donde dicha transmisión comprende:

enganchar la fase de la señal del mensaje saliente a la señal de la red eléctrica, y

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.

6. El método de la reivindicación 5 en donde el ensanchado comprende la aplicación de un código de ensanchado a la señal de comunicaciones $s(t)$.

7. El método de la reivindicación 6 en donde el ensanchado comprende: 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 cada sección de la señal de comunicaciones segmentada por la serie de coeficientes de ensanchado.
8. 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 receptor para detectar los mensajes salientes, dicho el receptor comprende: un convertidor analógico-digital (A/D) que recibe la señal saliente que incluye un mensaje saliente y convierte la señal recibida 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.
9. El receptor de la reivindicación 8 en donde el procesador digital 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.
10. El receptor de la reivindicación 9 en donde el analizador comprende un convertidor analógico-digital (A/D) sincronizado con el PLL para crear instantáneas sustancialmente de un ciclo completo y una memoria intermedia que almacena las instantáneas de un ciclo completo.

11. El receptor de la reivindicación 9 en donde el desensanchador comprende un filtro de respuesta finita al impulso para multiplicar y sumar las instantáneas por una matriz de coeficientes de ensanchado.
12. El receptor de la reivindicación 8 que comprende además: un modulador de señal que proporciona una señal de comunicaciones $s(t)$ que incluye un mensaje modulado sobre una señal portadora; y un transmisor que recibe la señal de comunicaciones y transmite una señal del mensaje saliente correspondiente a través del sistema de distribución de energía eléctrica; en donde dicho transmisor incluye un bucle de enganche de fase (PLL) 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, y dicho transmisor incluye un ensanchador 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.
13. 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 detección de los mensajes salientes que comprende: recibir una señal saliente analógica que incluye un mensaje saliente; convertir la señal recibida a una señal digitalizada correspondiente; desensanchar el espectro de la señal digitalizada recibida; y demodular digitalmente la señal desensanchada recibida para proporcionar el mensaje saliente.

- 32
14. El método de la reivindicación 13 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 las instantáneas desensanchadas.
15. El método de la reivindicación 14 en donde el análisis comprende convertir en sincronización con la señal de la red eléctrica la señal recibida para proporcionar una señal digital correspondiente para crear instantáneas de un ciclo completo y una memoria intermedia que almacena las instantáneas de un ciclo completo.
16. El método de la reivindicación 14 en donde el desensanchado comprende multiplicar y sumar las instantáneas por una matriz de los coeficientes de ensanchado.

ESPAÑOL
RESUMEN

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.

FIG. 1

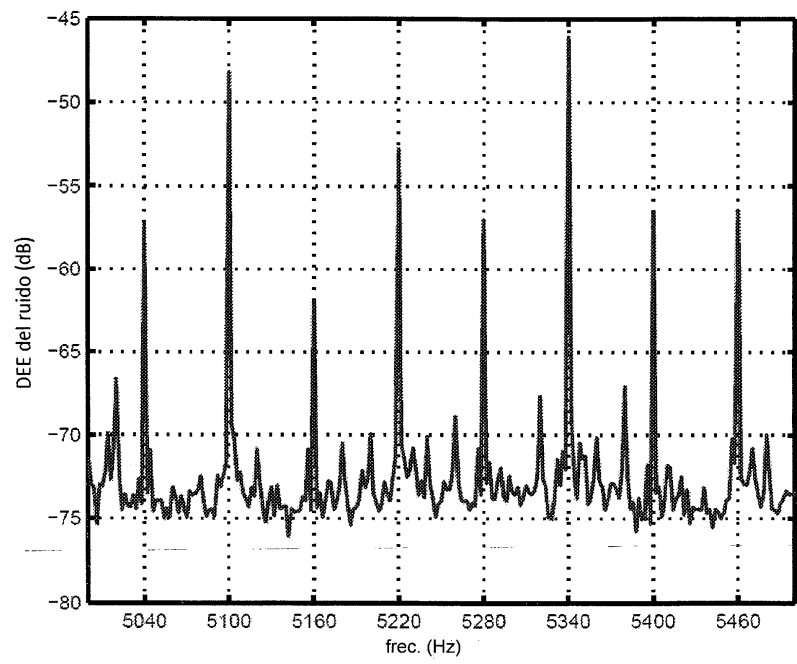


FIG. 2

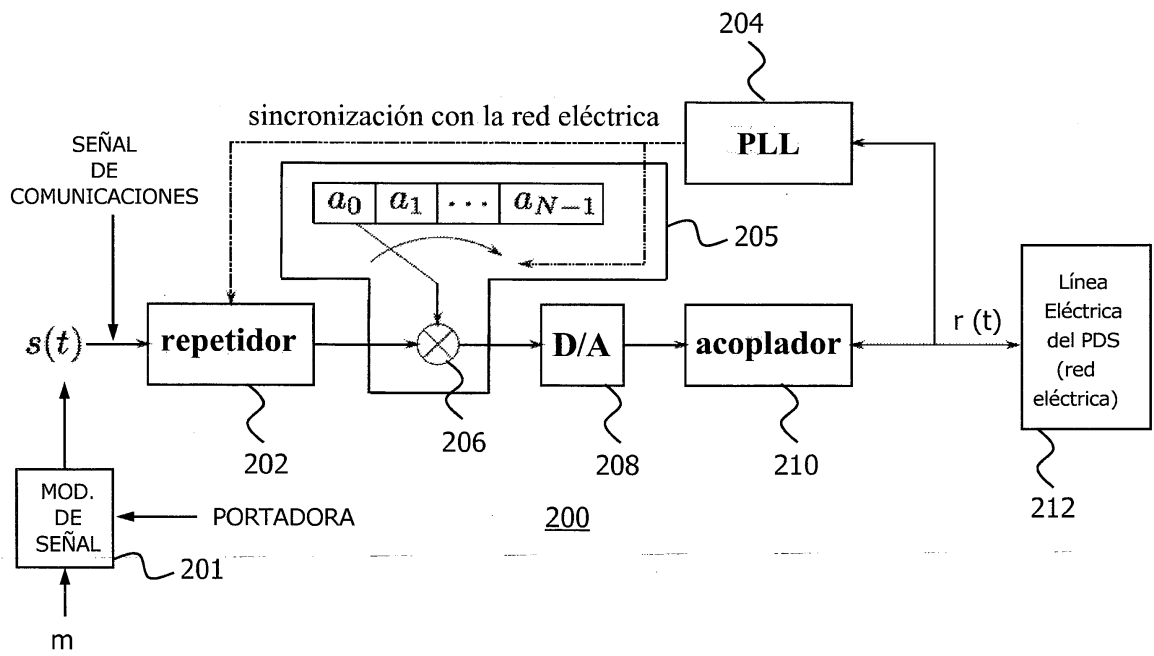


FIG. 3

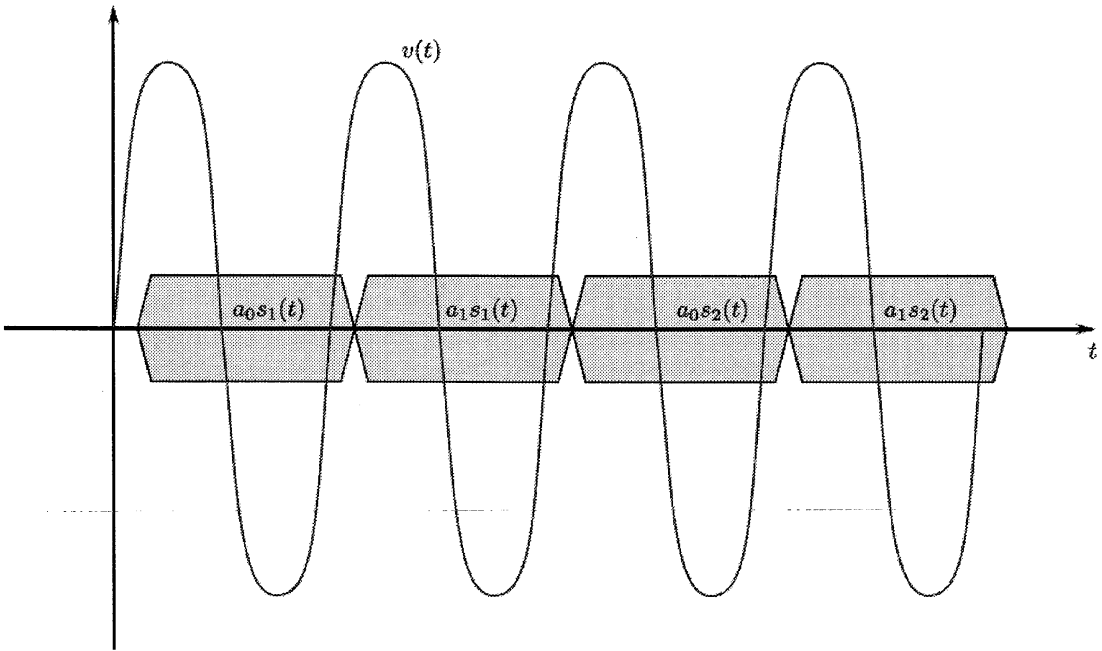


FIG. 4

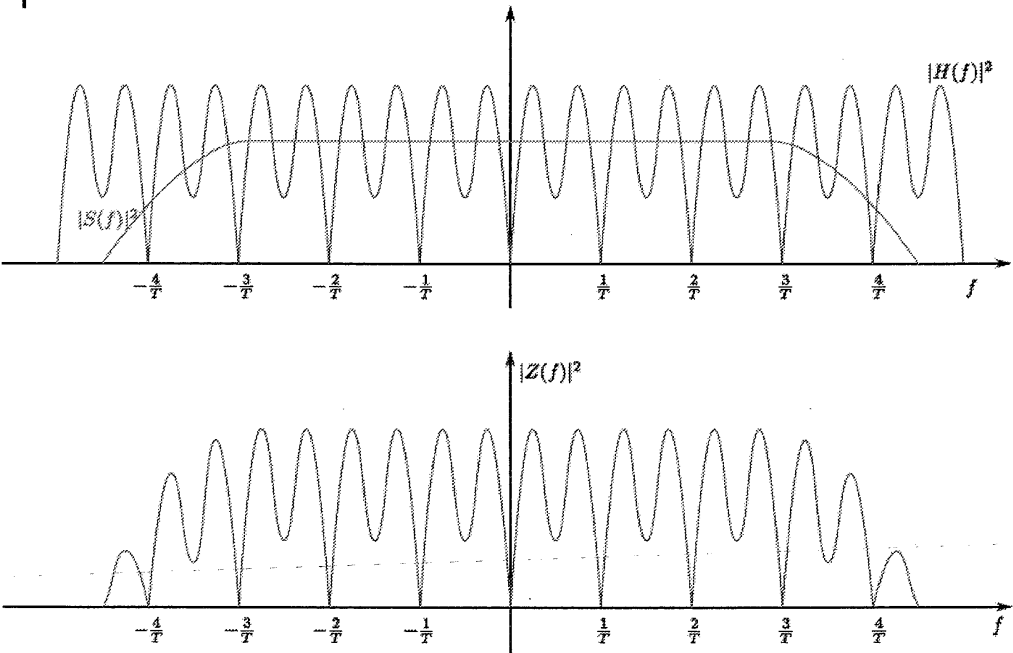
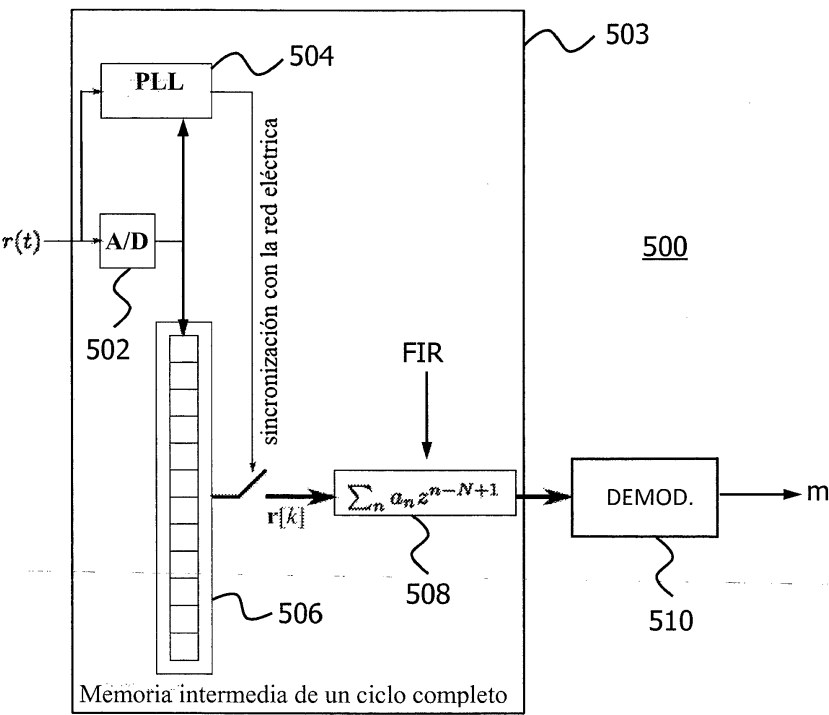


FIG. 5





INGLES
DESCRIPCIÓN

Mains-Synchronous Power-Line Communications System and Method

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0001] Automated meter reading (AMR) and advanced metering infrastructure (AMI) are technologies used for the wireless monitoring and control of remote systems. Used by various utilities, these technologies allow users to centrally monitor and control the flow of resources to reduce environmental risks and efficiently manage operations.

[0002] Very low frequency (VLF) power line communications (PLC) presently has widespread use in AMR/AMI deployments and may also be useful for smart grid applications, largely due to its excellent propagative properties. However, noise within the VLF band is more energetic than at higher frequencies and without effective noise mitigation degrades channel capacity, possibly to the point of making the band impractical.

[0003] Paired transmission lines and other devices on the grid are not conducive to high frequency carrier signals. Signals within the VLF band (and those below it) have the advantage of propagating over very long distances. The TWACS communication system, resides within the extremely low frequency band (ELF) and has very little, if any, signal attenuation over distances up to 100 miles, for example. While successful low frequency band (LF) links have been demonstrated over distances of 2 to 6 km as have broadband links over distances of 1 km, in many deployments a complete substation-to-meter link cannot be established in these bands without introducing signal boosters or repeaters.

[0004] One disadvantage to using the VLF band is reduced data rate due to decreased available bandwidth. Another objection to VLF PLC is that the noise increases with decreasing frequency. Thus, while desirable propagative properties of the medium may yield high signal energies, the effect may be offset by a disproportionate increase in noise power.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0005] In one embodiment, the invention comprises a two-way communications system used by an electrical utility wherein the

2

system sends outbound messages and receives inbound messages over the utility's power distribution system supplying a mains signal.

[0006] In one aspect, a signal modulator provides a communications signal including a message modulated on a carrier signal. A transmitter receives the communications signal and transmits a corresponding outbound message signal via the power distribution system. The transmitter includes a phase-locked loop linked to the outbound message signal for locking the phase of the respective outbound message signals to the mains signal. The transmitter also includes a spreader for spreading the spectrum of the communications signal before transmitting the outbound message signal. The outbound message signal is orthogonal to a source of interference on the power distribution system.

[0007] In another aspect, a receiver includes an analog-to-digital converter receiving the outbound signal including an outbound message and converting the received signal to a corresponding digitized signal. A digital processor despreads the spectrum of the received digitized signal and digitally demodulates the received despread signal to provide the outbound message.

[0008] In another aspect, the combination of the transmitter and the receiver comprise a system according to one embodiment of the invention. It is also contemplated that the transmitter may be used with other receivers to comprise a system according to one embodiment of the invention. It is also contemplated that other transmitters in combination with the receiver may comprise a system according to one embodiment of the invention.

[0009] In another aspect, methods of the operation of the transmitter, receiver and system comprise embodiments of the invention.

[0010] Other objects and features will be in part apparent and in part pointed out hereinafter.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0011] FIG. 1 illustrates one example of a power spectral density of power-line noise with 60 Hz harmonics labeled along the horizontal x-axis.

[0012] FIG. 2 is a block diagram of one embodiment of a transmitter for generating signals for mains-synchronous power-line communication by means of a spreading sequence.

[0013] FIG. 3 illustrates the relationship of the transmitted signal to the mains wherein the mains-synchronous communication has a spreading length $N = 2$.

[0014] FIG. 4 illustrates graphically the spectrum of one example of an unmodified signal and the signal after it has been modified (spread) according to one embodiment of the invention.

[0015] FIG. 5 is block diagram of one embodiment of a receiver preprocessor and demodulator of the invention.

[0016] Corresponding reference characters indicate corresponding parts throughout the drawings.

DETAILED DESCRIPTION

[0017] The system and method can be used to send any message over a power line. Many power line communications systems go from meter to meter, rather than substation to meter, for example. Although the noise may be modeled as a cyclostationary random process, the cyclostationary model for actual power line noise is unnecessarily restrictive so that the invention is based on modeling the VLF PLC channel as having a non-trivial wide-sense periodic component.

[0018] The system and method of the invention compensates for PLC noise in the low frequency band (LF) and below. In particular, the system and method of the invention addresses the preponderance of periodic noise in these bands. This has important ramifications for receiver configurations and, when employed, the invention increases the post-processed SNR, making VLF PLC a more attractive prospect for smart grid communications. Receivers and transmitted waveforms of the invention penetrate the periodic noise leaving only the weaker, cyclostationary noise with which to contend.

[0019] Fig. 1 illustrates one example of a power spectral density of a typical power-line voltage waveform plotted between 5 KHz and 5.5 KHz. Fig. 1 uses data obtained by sampling the output of a 120V wall outlet at 20 KHz for 87 seconds. A Welch periodogram was used with a window length of 1 second and an FFT size of 32768.

Fig. 1 illustrates the presence of harmonics at integer multiples of 60 Hz. The harmonic nature of the noise is indicative of a temporal periodicity in the noise. This is consistent with the fact that the dominant signal present on a power line is the 60 Hz mains. The noise floor is at barely over -75 dB but there are narrowband sources at multiples of 60 Hz as much as 25 dB above the noise floor. This suggests a model in which noise comprises two sources, at least over this band. One source may be modeled as simply white noise (nominally AWGN). In this example, that would be the component at roughly -75 dB. The second source may be called power line interference (PLI), and represents the periodic component. Similar measurements at other sites may give a different result than illustrated in Fig. 1, although the harmonics will be present.

[0020] The system and method of the invention and, in particular, the algorithms used by the system and method of the invention estimate the noise directly according to the harmonics in Fig. 1, which are expected if the noise varies slowly from cycle to cycle. Since the mains-synchronous periodicity is modeled in the receiver and method of the invention, then the receiver fidelity is higher than receivers and methods which do not account for such harmonics. To illustrate this, consider a symbol length less than one mains cycle. If the noise over that symbol is examined without regard for noise outside the symbol interval, the harmonics illustrated in Fig. 1 will not be apparent. In fact, the harmonics will be spread out over bands proportional to the inverse of the symbol length, and thus blur together. In this example the noise could appear as white noise, although with a power of -50 dB or more.

[0021] According to an embodiment of the system and method of the invention, PLC signals are generated so that they are orthogonal to the PLI in a modified version of direct sequence spread spectrum (DS-SS). Signals may be generated using any modulation method, be it OFDM, BPSK (binary phase-shift keying), TWACS (two way automatic communications system) or others. However, before transmission the signal is operated on by a spreading code. This operation is phase-locked to the mains signal to ensure near

orthogonality to the PLI. At the receiver the signal is despread, and it is in this desreading operation that PLI is essentially canceled, or at least sharply mitigated.

[0022] Advantages of this approach to PLC are that it may be applied to a wide range of PLC technologies, and it minimizes the need for sophisticated and computationally complex PLI estimation algorithms.

[0023] It is interesting to note that TWACS and the resonating transmitter are both mains synchronous systems of this sort, although they may not have previously been considered so.

TRANSMITTER

[0024] FIG. 2 is a block diagram of one embodiment of a transmitter 200 for generating signals for mains-synchronous power-line communication by means of a spreading sequence. A communication signal, $s(t)$, is provided from a signal modulator 201. This can be any kind of communications signal, so long as it can be truncated into blocks. A repeater 202 breaks the communications signal into lengths equal to one mains cycle or less with the aid of a phase-locked loop (PLL) 204 that is phase-locked to the mains to synchronize the repeater 202. Each block can be an integer number of symbols, frames, or code words. Blocks do not have to correspond to a particular number of symbols. For example, in one embodiment, the communication signal $s(t)$ is subdivided by the repeater 204 into sub-signals with duration equal to or less than each mains cycle. Coefficients a_n ($n = 0, 1, \dots, N-1$) are spreading coefficients. Each cycle-length signal block from the repeater 204 is then transmitted N times. A modulator 206 modulates each n th cycle-length block by the real-valued scalar a_n . Note that the baud is reduced by a factor of N . The modulated blocks are converted from a digital signal to an analog mains signal by D/A converter 208. The analog signal is coupled to power lines of the power distribution system PDS 212 supplying the mains signal. The analog signal is transmitted over the power lines via a transformer or other coupling circuit illustrated as coupler 210 attached to the power lines to provide the transmitted output signal carried on the power distribution system PDS supplying the mains signal.

[0025] The transmitted output signal is coupled to the PLL 204 which, as noted above, synchronizes to the mains signal on the power distribution system PDS. This coupling occurs only insofar as both the coupler and the mains are connected to the mains. In some configurations, the presence of the transmitted signal could potentially degrade the PLL performance. In such configurations, some mitigative signal processing may be necessary in the PLL 204.

[0026] Thus, Fig. 2 illustrates one embodiment of the invention for a transmitter 200 for use in a two-way communications system used by an electrical utility to send outbound messages over the utility's power distribution system PDS supplying a mains signal. The transmitter 200 is for use with the signal modulator 201 providing a communications signal $s(t)$ including a message m modulated on a carrier signal. The transmitter 200 transmits an outbound message signal $r(t)$ via the power lines of the power distribution system PDS. As noted above, the transmitter includes the phase-locked loop (PLL) 204 linked to the outbound message signal $r(t)$ for locking the phase of the respective outbound message signals to the mains signal. The transmitter includes the repeater 202 responsive to the PLL 204 for segmenting the communications signal $s(t)$ into sections corresponding to one mains cycle. In addition, the transmitter 200 includes a spreader 205 for spreading the spectrum of the segmented communications signal before transmitting the outbound message signal $r(t)$ by applying a spreading code to the segmented communications signal.

[0027] As illustrated in Fig. 2, in one embodiment, the spreader 205 includes a source of a series of spreading coefficients and a multiplier for multiplying each section of the communications signal by the series of spreading coefficients a_n ($n = 0, 1, \dots, N-1$). As noted below, the coefficients may be determined by subtraction so that the coefficients sum equals zero. As a result, the outbound message signal $r(t)$ is orthogonal to a source of interference on the power distribution system PDS. This orthogonal aspect will be illustrated in more detail below.

[0028] In one embodiment, the invention is a method of generating the outbound messages comprising:

- providing a communications signal $s(t)$ including a message m modulated on a carrier signal; and
- transmitting an outbound message signal $r(t)$ corresponding to the communications signal $s(t)$ via power lines of the power distribution system (PDS) supplying a mains signal, wherein said transmitting includes:
 - o locking the phase of the outbound message signal $r(t)$ to the mains signal, and
 - o spreading the spectrum of the communications signal $s(t)$ before transmitting the outbound message signal $r(t)$ resulting in the outbound message signal being orthogonal to a source of interference on the power distribution system.

[0029] The relationship of the transmitted output signal to the mains is demonstrated in Fig. 3. In this example, the spreading length is $N = 2$, and two successive blocks are transmitted. The relative phase between the mains and transmitted output signal is not important, only that they are phase-locked. That is, each signal block must begin at the same point in every mains cycle. The high-voltage mains signal may inadvertently induce a time-varying gain on the transmitted output signal. This will manifest itself as a modulation of the transmitted output signal with a strong mains component. Using this approach this will appear as windowing of each transmitted block.

Orthogonal Relationship of Transmitted Output Signal to PLI (Power Line Interference)

[0030] For a signal $s(t)$ repeated N times with period T and spreading coefficients a_n , the transmitted signal is:

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

where $\delta(t)$ is the delta-Dirac function. The Fourier transform of the transmittal signal is thus:

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

where $S(f)$ is the Fourier transform of $s(t)$ and $H(f)$ is:

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

$A_d(\lambda)$ is the discrete Fourier transform of the sequence $[a_0 \ a_1 \ \dots \ a_{N-1}]$. The signal spectrum:

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

can therefore be made to be zero at mains harmonics by selecting a_n so that $A_d(2\pi f T) = 0$ at $f = n/T$ for all integer n . That is, $A_d(2\pi n) = 0$. The only requirement for this is that:

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

[0031] Equation (III.4) under the condition specified by equation (III.5), that the sum of the coefficients equal zero, is demonstrated graphically in Fig. 4. The upper waveform of FIG. 4 illustrates graphically the spectrum of one example of an unmodified signal and the lower waveform is the signal modified

(spread) according to one embodiment of the invention. The resulting spectrum (i.e., the lower waveform) is modified so that there is no energy coincident with the mains harmonics. Transmission of the signal in this way results in a signal that is substantially orthogonal to the dominant source of interference on the power line.

[0032] Orthogonal frequency-division multiplexing (OFDM) signals will necessarily have a sub-channel spacing of $1/T$ or more, where T is the symbol time. In practice it will be $1/T$ plus the guard interval. Sub-channel spacing will thus be very close to $1/T$. The signal energy in any one channel is at least the energy in one $1/T$ sub-channel. To show that there is no energy loss in any one sub-channel consider the frequency interval $[f, f + 1/T]$. By application of Parseval's theorem:

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

Thus, the signal in any one sub-channel is the total power transmitted in that band. In fact, repeating the signal N times, although with a spreading code, increases the signal energy by a factor of N , provided a_n are roots of unity.

OFDM EXAMPLE

[0033] Consider an OFDM system operating between 1 KHz and 9 KHz and a spreading code of length $N = 4$ where:

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

[0034] Table 1 summarizes the OFDM system parameters.

N	4
bandwidth	8 KHz
T_g	0.1 ms
sub-carriers	132
sub-carrier spacing	60.36 Hz
R_b (spectral efficiency = 1)	1.98 kbps

Table 1: Example OFDM system parameters

The guard interval, T_g , is set to compensate for channel length. Let us assume 100×10^{-6} seconds, for no particular reason. For a 60 Hz mains, the symbol rate, T_s , must be such that:

$$T_s + T_g = 1/60$$
$$T_s = 16.57 \text{ ms.}$$

This corresponds to a sub-carrier spacing of 60.36 Hz. The number of subcarriers between 1 and 9 KHz is therefore 132. Assuming a spectral efficiency of 1, the data rate is:

$$R_b = 132 \text{ bits/symbol} \times 15 \text{ symbols/sec} = 1.98 \text{ kbps.}$$

[0035] There are only 15 unique symbols per second because of the length-4 spreading. By equation (III.6) there is a 6 dB gain in transmitted energy. The data rate depends on modulation used (e.g. QPSK (quadrature phase-shift keying), BPSK, differential BPSK) and code rate. This, in turn, depends on the SNR, which will be larger because of the coding gain.

RECEIVER

[0036] Embodiments of systems and methods of the invention may be used with any modulation method that produces signals $s(t)$ with duration no longer than a mains cycle. The spreading method and system described above may be inserted after the signal is generated and before it is transmitted. Likewise, at the receiver, the despreading method is performed prior to demodulation.

[0037] The received signal, parsed with the aid of phase-locked loop, can be expressed as:

$$r = a \otimes s + l_N \otimes n. \quad (\text{IV.1})$$

[0038] The transmitted signal, s , can be retrieved from r as demonstrated:

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

[0039] Applying the condition in (III.5) that $a^T l_N = 0$ yields:

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

[0040] Since $a^T a$ is a positive scalar, the result is a scaled copy of the signal, which is fed to the signal processor.

RELATIONSHIP OF SPREAD SIGNAL TO PLI

[0041] In summary, the system and method of the invention minimize a dominant source of interference in power-line communications (PLC). Since the source is periodic and has the same period as the mains, the system and method modify the transmitted PLC signals so that the result is orthogonal to this noise. The system and method work with a variety of PLC modulation techniques to improve the signal-to-noise (SNR) ratio at the receiver.

[0042] One embodiment of a receiver pre-processor for implementing the invention is illustrated in Fig. 5. The received signal, $r(t)$, is digitized by an analog to digital (A/D) converter

502 controlled by a digital phase-locked loop (PLL) 504 locked to the mains signal so that the received signal is parsed into full-cycle snapshots stored in a full cycle buffer 506. Alternatively, an analog PLL may be used as indicated by the dashed line.

[0043] In one embodiment, the receiver is implemented by a digital processor 503. The PLL 504 may be analog or digital as long as it has a digital output. As illustrated in Fig. 5 in one embodiment, the A/D converter 502, the PLL 504 and/or the buffer 506 may be part of the digital processor 503.

[0044] The matrix multiplication in equation (IV.3) is equivalent to:

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

[0045] This multiplication can be obtained in one embodiment of a receiver by operating on the full-cycle snapshots $r[k]$ using a finite impulse response (FIR) filter 508 using the spreading coefficients a_n ($n = 0, 1, \dots, N-1$):

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

[0046] The output of the FIR filter 508 is provided to a demodulator 510 for detecting the messages m . Although not illustrated in Fig. 5, it is contemplated that the demodulator 510 may be part of the digital processor 503. In general, parsing and despreading of a corresponding received spread output signal $r(t)$ tends to result in eliminating deterministic harmonic components of the noise in an output signal, although the receiver 500 may have to deal with residual, non-periodic noise components.

[0047] Thus, Fig. 5 illustrates one embodiment of the invention for a receiver 500 for use in a two-way communications system used by an electrical utility in which outbound messages are sent from the utility to send receive inbound messages over the utility's power distribution system PDS supplying a mains signal.

The receiver 500 detects the corresponding outbound messages m transmitted on the power lines. The A/D converter 502 receives the outbound signal including an outbound message m and converts the received signal to a corresponding digitized signal. The digital processor despreads the spectrum of the received digitized signal and digitally demodulating the received despread signal to provide the outbound message.

[0048] As illustrated in Fig. 5, the digital processor 503 implements the phase-locked loop (PLL) 504 locked to the mains signal. In addition, the digital processor 503 implements a parser synchronized to the PLL 504 for parsing the received signal into full-cycle snapshots and implements a despreader for despreads the snapshots. The parser as shown in Fig. 5 comprises the A/D converter 502 synchronized to the PLL 504 to create full-cycle snapshots stored in the buffer 506. In one embodiment, the despreader comprises the FIR filter 508 (illustrated in z notation) for multiplying and summing the snapshots by a matrix of the spreading coefficients a_n ($n = 0, 1, \dots, N-1$) used by the transmitter 200.

[0049] In one embodiment, the invention is a method for detecting the outbound messages comprising:

- receiving an analog outbound signal $r(t)$ including an outbound message m ;
- converting the received signal to a corresponding digitized signal $r[k]$;
- despreads the spectrum of the received digitized signal, such as by FIR filter 508;
- digitally demodulating the received despread signal, such as by demodulator 510, to provide the outbound message m .

SYSTEM MULTIUSER ACCESS

[0050] The combination of the transmitter 200 of Fig. 2 and the receiver preprocessor 500 and demodulator of Fig. 5 comprises a system according to one embodiment of the invention. It is also contemplated that the transmitter 200 of Fig. 2 may be used with other receivers to comprise a system according to one embodiment of the invention. It is also contemplated that other transmitters in

combination with the receiver preprocessor 500 and demodulator of Fig. 5 may comprise a system according to one embodiment of the invention.

[0051] Using orthogonal spreading codes, it is possible to increase the system data throughput by a factor of $N-1$. To illustrate this, consider two spreading codes a_1 and a_2 that, in addition to satisfying the constraint in (III.5) are also orthogonal:

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

If two transmitters broadcast signals s_1 and s_2 , respectively, with these spreading codes and synchronize the symbols appropriately, the received signal, again in matrix form, is:

$$r = a_1 \otimes s_1 + a_2 \otimes s_2 + 1_N \otimes n. \quad (V.2)$$

[0052] To receive the first transmission the receiver uses the matrix multiplication:

$$\begin{aligned} (a_1 \otimes I)^T r &= (a_1 \otimes I)^T (a_1 \otimes s_1) + (a_1 \otimes I)^T (a_2 \otimes s_2) + (a_1 \otimes I)^T (1_N \otimes n) \\ &= a_1^T a_1 s_1 + a_1^T a_2 s_2 + a_1^T 1_N n \\ &= a_1^T a_1 s_1 \end{aligned} \quad (V.3)$$

where the last equality follows by (V.1) and (III.5). Thus the signal from competing transmitters is canceled out by the receiver without any modification. One solution lies in finding an orthogonal set of codes that also satisfy the constraint in (III.5). The Hadamard matrix can be used to this end. Consider codes of length $N = 4$ derived from the corresponding Hadamard matrix:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}. \quad (V.4)$$

[0053] The rows are orthogonal to one another, which satisfies the condition in (V.1). Orthogonality to the first row guarantees that (III.5) is also satisfied, although row 1 is itself not a valid code. Using these codes three (3) transmitters may operate simultaneously, provided the spreading codes are synchronized in all three transmitters. Note that synchronization should not be difficult, since the mains provides the necessary timing.

[0054] In the example provided above where the data rate was 1.98 kbps, the total system throughput (assuming a spectral efficiency of 1) is:

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

[0055] In general, the throughput will be:

$$Q_b = (N - 1)R_b. \quad (V.5)$$

[0056] In summary, advantages of this approach over a conventional approach include computationally simple and efficient methods and systems whereby PLI may be mitigated thus increasing the achievable data rate, although baud is reduced by a factor of N and SNR increases (by a factor of N assuming perfect PLI cancelation), and spectral efficiency will increase by less than N so that the single-user data rate will suffer.

[0057] Another advantage is that the system and method provide a mechanism for multiple-user access, thus increasing the system throughput.

[0058] For purposes of illustration, programs and other executable program components, such as the operating system, are illustrated herein as discrete blocks. It is recognized, however, that such programs and components reside at various times in different storage components of the computer, and are executed by the data processor(s) of the computer.

[0059] Although described in connection with an exemplary computing system environment, embodiments of the invention are operational with numerous other general purpose or special purpose

computing system environments or configurations. The computing system environment is not intended to suggest any limitation as to the scope of use or functionality of any aspect of the invention. Moreover, the computing system environment should not be interpreted as having any dependency or requirement relating to any one or combination of components illustrated in the exemplary operating environment. Examples of well known computing systems, environments, and/or configurations that may be suitable for use with aspects of the invention include, but are not limited to, personal computers, server computers, hand-held or laptop devices, multiprocessor systems, microprocessor-based systems, set top boxes, programmable consumer electronics, mobile telephones, network PCs, minicomputers, mainframe computers, distributed computing environments that include any of the above systems or devices, and the like.

[0060] Embodiments of the invention may be described in the general context of components, data and/or computer-executable instructions, such as program modules, stored on one or more tangible non-transitory computer storage media and executed by one or more computers or other devices. Generally, program modules include, but are not limited to, routines, programs, objects, components, and data structures that perform particular tasks or implement particular abstract data types. Aspects of the invention may also be practiced in distributed computing environments where tasks are performed by remote processing devices that are linked through a communications network. In a distributed computing environment, program modules may be located in both local and remote computer storage media including memory storage devices.

[0061] In operation, computers and/or servers may execute the computer-executable instructions such as those illustrated herein to implement aspects of the invention.

[0062] The order of execution or performance of the operations in embodiments of the invention illustrated and described herein is not essential, unless otherwise specified. That is, the operations may be performed in any order, unless otherwise specified, and embodiments of the invention may include additional or fewer operations than those disclosed herein. For

example, it is contemplated that executing or performing a particular operation before, contemporaneously with, or after another operation is within the scope of aspects of the invention.

[0063] Embodiments of the invention may be implemented with computer-executable instructions. The computer-executable instructions may be organized into one or more computer-executable components or modules on a tangible computer readable storage medium. Aspects of the invention may be implemented with any number and organization of such components or modules. For example, aspects of the invention are not limited to the specific computer-executable instructions or the specific components or modules illustrated in the figures and described herein. Other embodiments of the invention may include different computer-executable instructions or components having more or less functionality than illustrated and described herein.

[0064] When introducing elements of aspects of the invention or the embodiments thereof, the articles "a," "an," "the," and "said" are intended to mean that there are one or more of the elements. The terms "comprising," "including," and "having" are intended to be inclusive and mean that there may be additional elements other than the listed elements.

[0065] In view of the above, it will be seen that several advantages of the invention are achieved and other advantageous results attained.

[0066] Not all of the depicted components illustrated or described may be required. In addition, some implementations and embodiments may include additional components. Variations in the arrangement and type of the components may be made without departing from the spirit or scope of the claims as set forth herein. Additional, different or fewer components may be provided and components may be combined. Alternatively or in addition, a component may be implemented by several components.

[0067] Having described aspects of the invention in detail, it will be apparent that modifications and variations are possible without departing from the scope of aspects of the invention as defined in the appended claims. As various changes could be made in the above constructions, products, and methods without departing

from the scope of aspects of the invention, it is intended that all matter contained in the above description and shown in the accompanying drawings shall be interpreted as illustrative and not in a limiting sense.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. In a two-way communications system used by an electrical utility wherein the system sends outbound messages and receives inbound messages over the utility's power distribution system supplying a mains signal, an apparatus comprising:

5 a signal modulator providing a communications signal $s(t)$ including a message modulated on a carrier signal; and

a transmitter receiving the communications signal and transmitting a corresponding outbound message signal via the power distribution system, wherein

10 said transmitter includes a phase-locked loop (PLL) linked to the outbound message signal for locking the phase of the respective outbound message signals to the mains signal, and

15 said transmitter includes a spreader for spreading the spectrum of the communications signal before transmitting the outbound message signal whereby the outbound message signal is substantially orthogonal to a source of interference on the power distribution system.

2. The apparatus of claim 1 wherein the spreader applies a spreading code to the communications signal.

3. The apparatus of claim 2:

wherein the transmitter further comprises a repeater responsive to the PLL for segmenting the communications signal into sections corresponding to one mains cycle; and

5 wherein the spreader comprises a source of a series of spreading coefficients and a multiplier for multiplying each section of the segmented communications signal by the series of spreading coefficients.

4. The apparatus of claim 1 further comprising a receiver comprising:

an analog-to-digital (A/D) converter receiving the outbound signal including an outbound message and converting the received

5 signal to a corresponding digitized signal; and

a digital processor despreding the spectrum of the received digitized signal and digitally demodulating the received despread signal to provide the outbound message.

5. In a two-way communications system used by an electrical utility wherein the system sends outbound messages and receives inbound messages over the utility's power distribution system supplying a mains signal, a method of generating the outbound

5 messages comprising:

providing a communications signal including a message modulated on a carrier signal; and

transmitting an outbound message signal corresponding to the communications signal via the power distribution system,

0 wherein said transmitting comprises:

locking the phase of the outbound message signal to the mains signal, and

spreading the spectrum of the communications signal before transmitting the outbound message signal whereby the outbound

5 message signal is orthogonal to a source of interference on the power distribution system.

6. The method of claim 5 wherein the spreading comprises applying a spreading code to the communications signal $s(t)$.

23

7. The method of claim 6 wherein the spreading comprises:

responsive to the phase of the mains signal, segmenting the communications signal $s(t)$ into sections, each corresponding to one mains cycle; and

5 multiplying each section of the segmented communications signal by the series of spreading coefficients.

8. In a two-way communications system used by an electrical utility wherein the system sends outbound messages and receives inbound messages over the utility's power distribution system supplying a mains signal, a receiver for detecting the outbound
5 messages, said receiver comprising:

an analog-to-digital (A/D) converter receiving the outbound signal including an outbound message and converting the received signal to a corresponding digitized signal; and

10 a digital processor despreding the spectrum of the received digitized signal and digitally demodulating the received despread signal to provide the outbound message.

9. The receiver of claim 8 wherein the digital processor comprises:

a phase-locked loop (PLL) locked to the mains signal;

5 a parser synchronized to the PLL for parsing the received signal into full-cycle snapshots;

a despreader for despreding the snapshots; and

a demodulator for demodulating the despread signal.

10. The receiver of claim 9 wherein the parser comprises an analog to digital (A/D) converter synchronized to the PLL to create substantially full-cycle snapshots and a buffer storing the full-cycle snapshots.

11. The receiver of claim 9 wherein the despreader comprises a finite impulse response filter for multiplying and summing the snapshots by a matrix of spreading coefficients.

12. The receiver of claim 8 further comprising:

a signal modulator providing a communications signal $s(t)$ including a message modulated on a carrier signal; and

5 a transmitter receiving the communications signal and transmitting a corresponding outbound message signal via the power distribution system, wherein

said transmitter includes a phase-locked loop (PLL) linked to the outbound message signal for locking the phase of the respective outbound message signals to the mains signal, and

10 said transmitter includes a spreader for spreading the spectrum of the communications signal before transmitting the outbound message signal whereby the outbound message signal is orthogonal to a source of interference on the power distribution system.

13. In a two-way communications system used by an electrical utility wherein the system sends outbound messages and receives inbound messages over the utility's power distribution system supplying a mains signal, a method for detecting the outbound
5 messages comprising:

receiving the analog outbound signal including an outbound message;

converting the received signal to a corresponding digitized signal;

10 despreding the spectrum of the received digitized signal; and

digitally demodulating the received despread signal to provide the outbound message.

25

14. The method of claim 13 wherein the digital processor comprises:

wherein converting comprises parsing synchronized with the mains signal the received signal into full-cycle snapshots;

5 wherein despreading comprises despreading the snapshots;
and

wherein demodulating comprises demodulating the despread snapshots.

15. The method of claim 14 wherein the parsing comprises converting in synchronization to the mains signal the received signal to provide a corresponding digital signal to create full-cycle snapshots and a buffer storing the full-cycle snapshots.

16. The method of claim 14 wherein the despreading comprises multiplying and summing the snapshots by a matrix of spreading coefficients.

INGLES
RESUMEN

ABSTRACT

A transmitter transmits an outbound message signal via the power distribution system. The transmitter includes a spreader for spreading the spectrum of the communications signal before transmitting the outbound message signal. A receiver despreads
5 the spectrum of the received digitized signal and digitally demodulates the received despread signal to generate the message. The transmitted signal is orthogonal to a source of interference on the power distribution system.

INGLES
DIBUJOS

FIG. 1

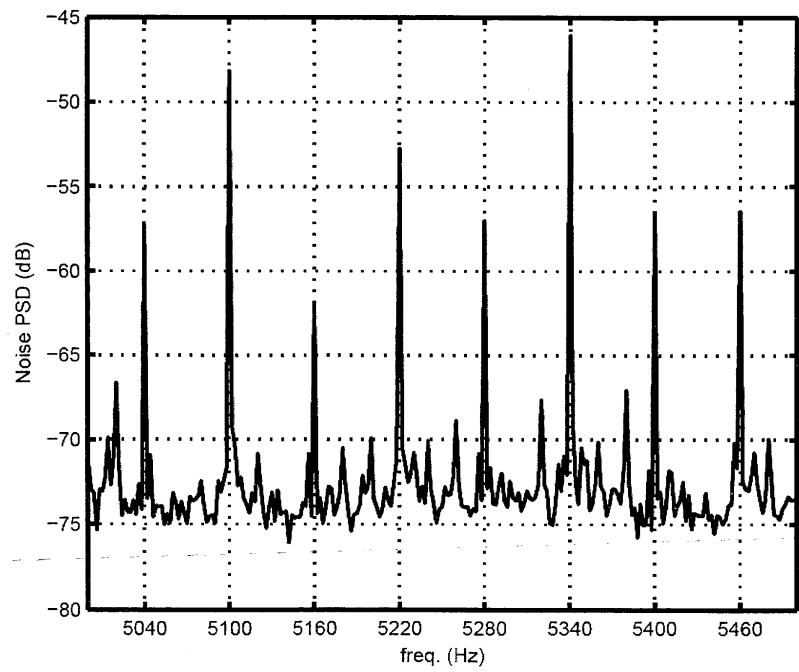


FIG. 2

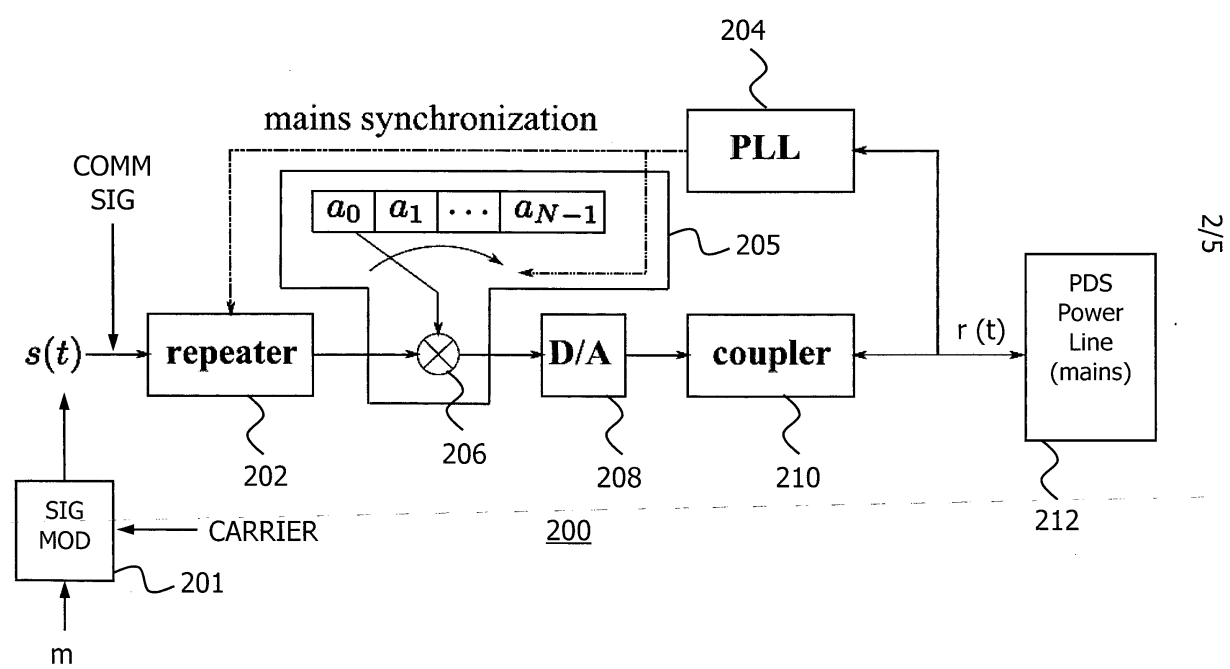


FIG. 3

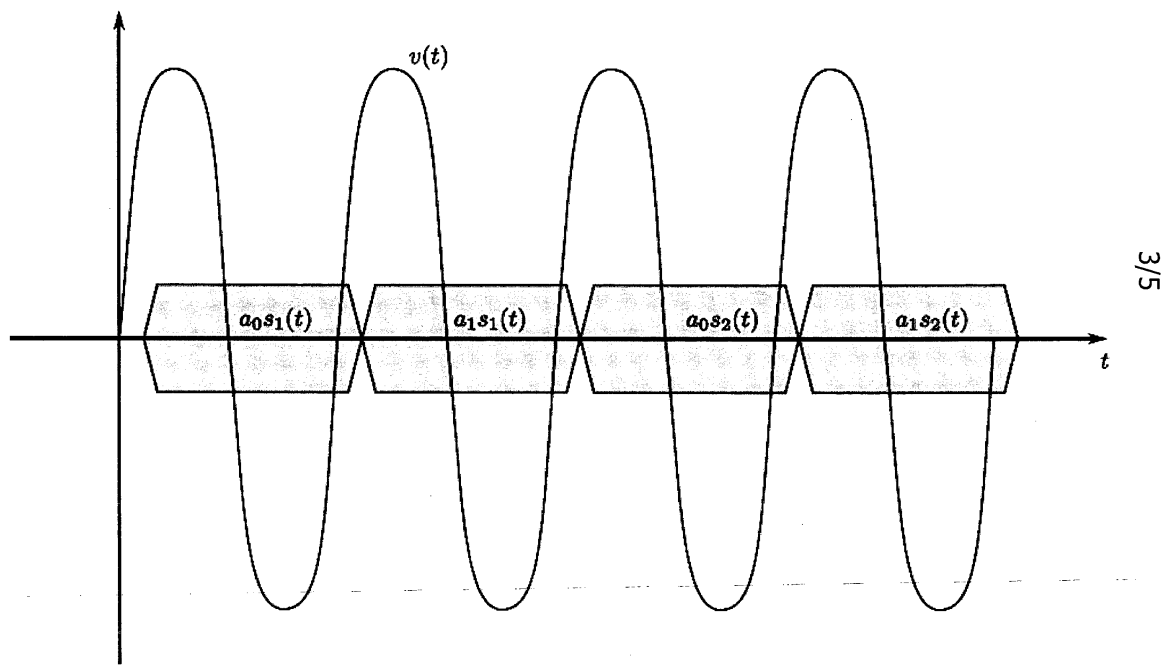


FIG. 4

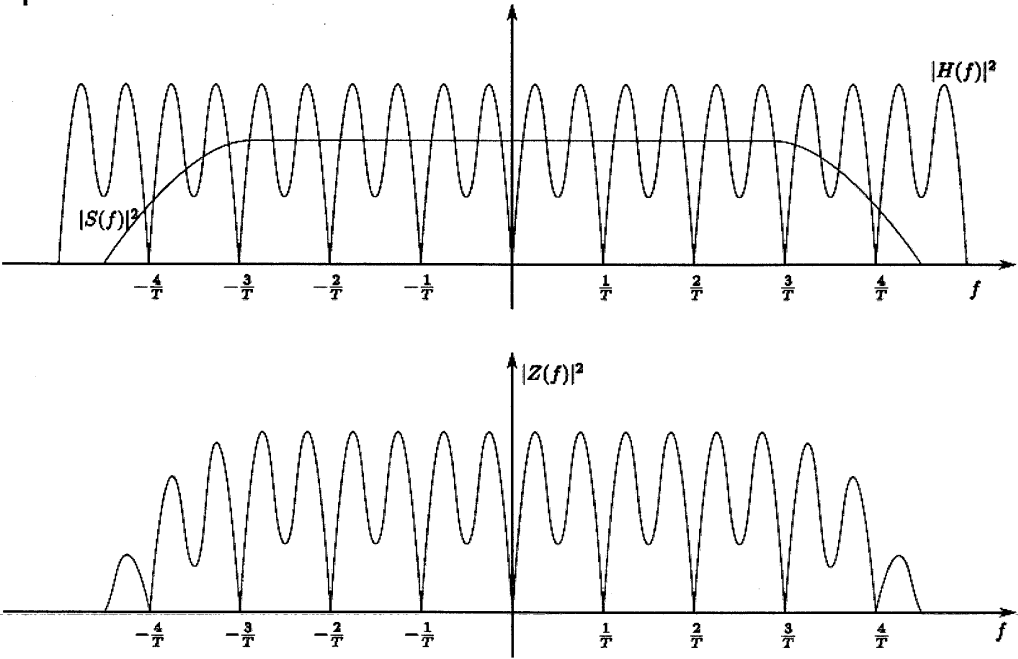
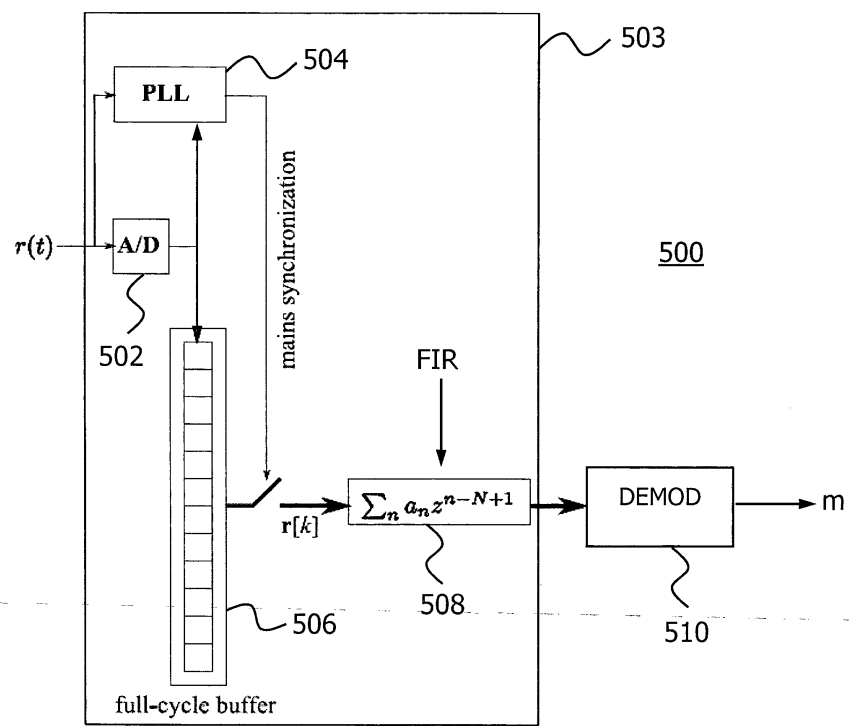


FIG. 5



(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
7 June 2012 (07.06.2012)



(10) International Publication Number
WO 2012/075063 A1

(51) International Patent Classification:
H04B 7/212 (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/US2011/062510

(22) International Filing Date:
30 November 2011 (30.11.2011)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
61/419,091 2 December 2010 (02.12.2010) US
61/442,956 15 February 2011 (15.02.2011) US

(71) Applicant (for all designated States except US):
ACLARA POWER-LINE SYSTEMS INC. [US/US];
945 Hornet Drive, Hazelwood, Missouri 63042-2309 (US).

(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (for US only): **RIEKEN, David, W.**
[US/US]; 945 Hornet Drive, Hazelwood, Missouri 63042-2309 (US).

(74) Agents: **AGOVINO, Frank, R.** et al.; Senniger Powers
LLP, 100 North Broadway, 17th Floor, St. Louis, Missouri
63102 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report (Art. 21(3))

(54) Title: MAINS-SYNCHRONOUS POWER-LINE COMMUNICATIONS SYSTEM AND METHOD

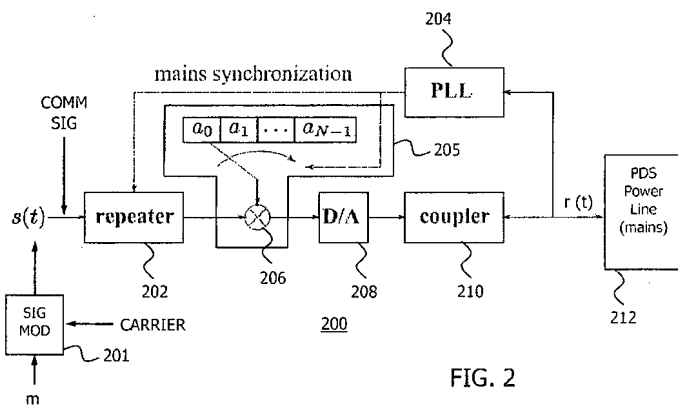


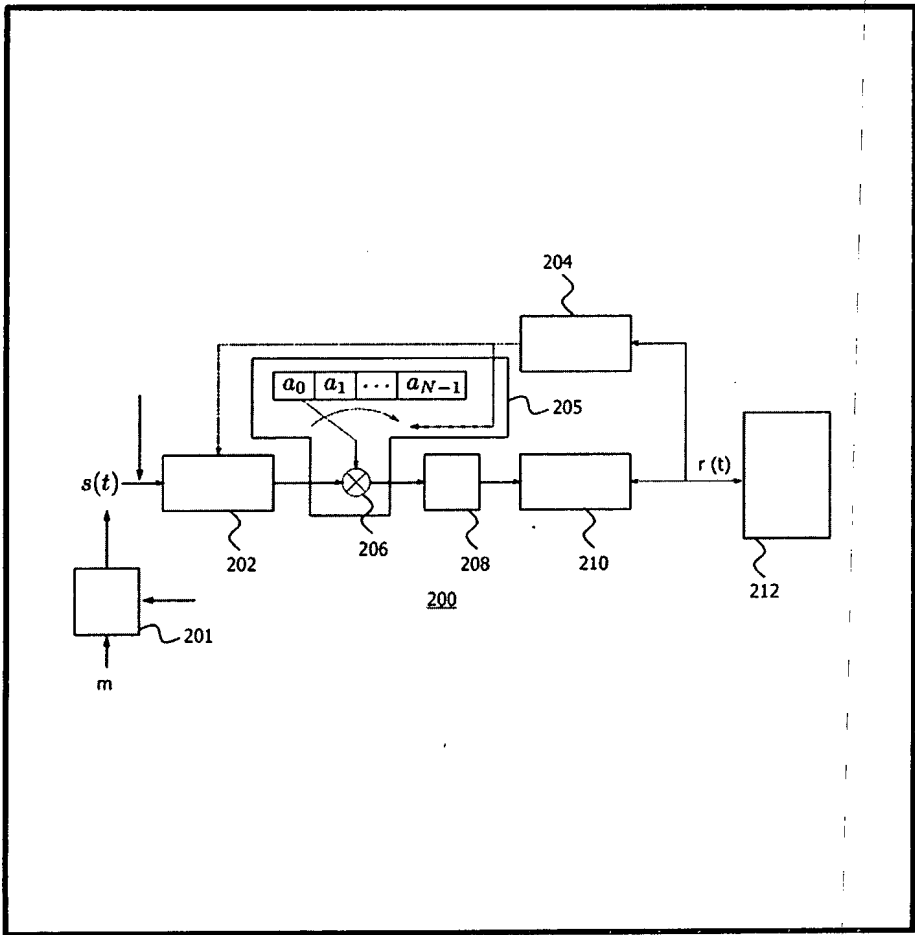
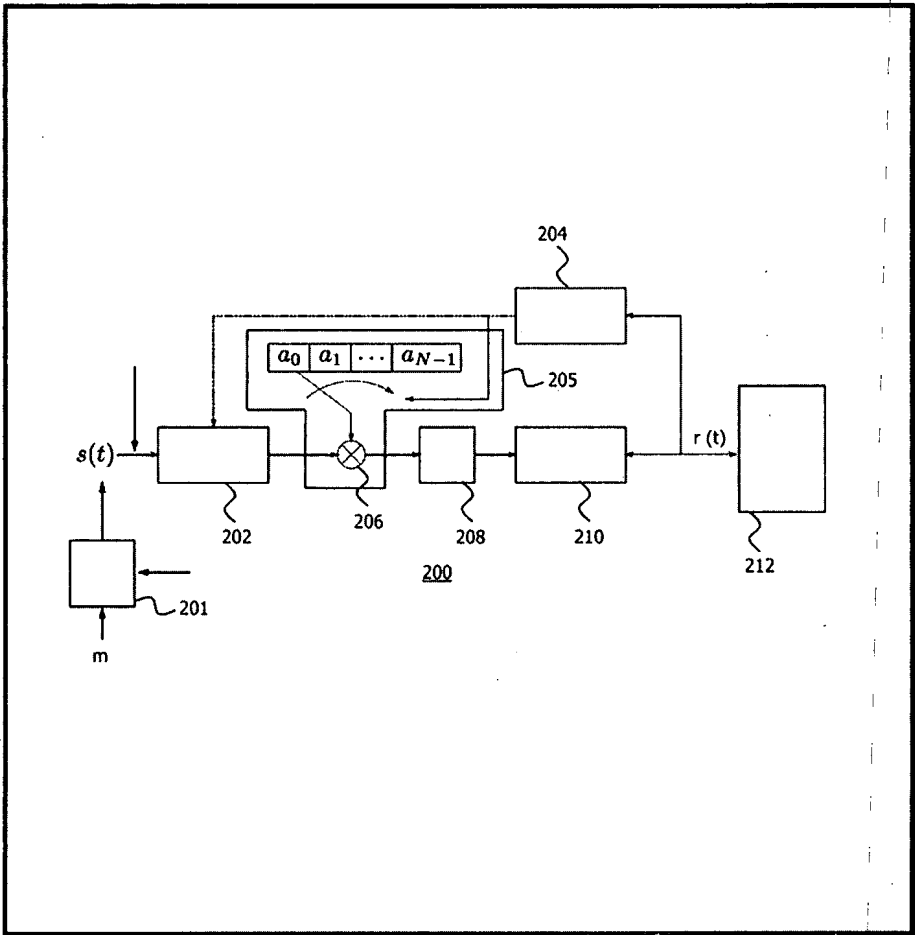
FIG. 2

(57) Abstract: A transmitter transmits an outbound message signal via the power distribution system. The transmitter includes a spreader for spreading the spectrum of the communications signal before transmitting the outbound message signal. A receiver de-spreads the spectrum of the received digitized signal and digitally demodulates the received despread signal to generate the message. The transmitted signal is orthogonal to a source of interference on the power distribution system.



ARTES 12 X 12

74



PATENTE DE INVENCION ☐

MODELO DE UTILIDAD ☐

Art 33 Decisión 486/00

☐	Indicación que se solicita una patente.
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Descripción de la invención
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☒ MODELO DE UTILIDAD PCT ☐ Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

☒	Indicación que se solicita una PCT
☒	Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☒	Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
Completa ☒	Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐

(Art. 119 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita Diseño industrial
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐

(Art. 92 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita un esquema de trazado
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica de un esquema de trazado
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-154108- -00000-0000

Fecha: 2013-06-28 15:53:38 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYI Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 24

PI02-F08 (2009-11-18)