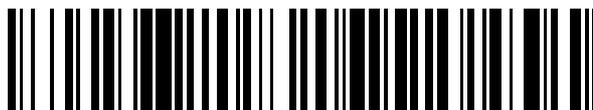


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 566 180**

51 Int. Cl.:

H04B 3/46 (2006.01)

H04L 25/03 (2006.01)

H04L 1/00 (2006.01)

H03F 3/217 (2006.01)

H04B 3/54 (2006.01)

H04L 1/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2012 E 12774108 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.01.2016 EP 2700175**

54 Título: **Control de amplitud en un entorno de carga variable**

30 Prioridad:

21.04.2011 US 201113091409

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

11.04.2016

73 Titular/es:

**LANDIS+GYR TECHNOLOGIES, LLC (100.0%)
6436 County Road 11
Pequot Lakes, Minnesota 56472, US**

72 Inventor/es:

**JOHNSON, BRYCE y
VIRDEN, PAUL**

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 566 180 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Control de amplitud en un entorno de carga variable

5 Documento de patente relacionado

Este documento de patente reivindica prioridad de la solicitud de patente estadounidense nº 13/091,409 presentada el 21 de abril de 2011.

10 Antecedentes

Esta memoria se refiere a comunicaciones de datos.

15 Los proveedores de servicios utilizan redes distribuidas para proporcionar servicios a clientes en grandes áreas geográficas. Por ejemplo, las compañías de comunicaciones utilizan una red de comunicaciones distribuida para proporcionar servicios de comunicación a los clientes. Similarmente, las compañías de suministro de energía eléctrica utilizan una red de líneas de potencia, contadores y otros elementos de red para proporcionar energía eléctrica a clientes situados en una región geográfica y para recibir datos acerca del uso de esa energía.

20 Estos proveedores de servicios dependen del funcionamiento adecuado de sus respectivas redes para suministrar servicios a los clientes y recibir datos relativos a los servicios proporcionados. Por ejemplo, el proveedor de servicios puede desear acceso a informes de uso diario para facturar eficientemente a sus clientes por los recursos consumidos o utilizados por los clientes. Los proveedores de servicios también pueden transmitir datos tales como comandos de software, actualizaciones de firmware, y otra información a los elementos de la red para facilitar el
25 funcionamiento adecuado de los elementos de la red. Por tanto, es importante que los datos que se transmiten a través de la red sean recibidos de manera fiable por los elementos de red.

30 En redes de comunicación por línea de potencia (PLC, Power Line Communications), una subestación de potencia puede incluir un aparato de control de punto extremo que envía datos a puntos extremos (por ejemplo, contadores, interruptores de control de carga, interruptores de servicio remotos, y otros puntos extremos) de la red. Por ejemplo, el aparato de control de punto extremo puede transmitir datos que especifican asignaciones de canal de comunicaciones actualizadas, datos de sincronización, y/o firmware actualizado a los puntos extremos en la red PLC. Si la amplitud según la cual se transmiten los datos es demasiado baja, los puntos extremos pueden no recibir los datos transmitidos por el aparato de control de punto extremo. Sin embargo, si la amplitud a la que se transmiten
35 los datos es demasiado alta, los datos pueden ser recibidos por puntos extremos vecinos que se asignan a otro aparato de control de punto extremo, que puede interferir con el funcionamiento adecuado de los puntos extremos vecinos.

40 Los siguientes documentos describen técnica anterior de interés.

El documento WO02/080401 A2 describe un procedimiento y aparato para un control de potencia que habilita servicios de punto-a-multipunto en una infraestructura existente de un sistema de telefonía celular inalámbrica. Para permitir los servicios de comunicación punto-a-multipunto en una infraestructura de sistema de comunicación celular existente, cada estación de suscriptor afiliada, es decir, una estación de suscriptor que participa en tal servicio,
45 recibe un canal compartido de enlace directo, y en ciertos modos de realización adicionalmente un canal dedicado de enlace directo. Como la transmisión en los canales de enlace directo desde sectores vecinos presenta interferencia a la transmisión desde el sector que sirve a la estación de suscriptor, es deseable controlar la potencia de transmisión del canal de enlace directo para que sea la potencia mínima aceptable. Adicionalmente, una transmisión desde cada estación de suscriptor afiliada a través de un canal de enlace inverso (108) presenta interferencia con otras estaciones de suscriptor. Por tanto, es deseable controlar la transmisión del canal de enlace inverso para que tenga el mínimo nivel de señal.

50 El artículo "Pulse-density modulation for RF applications: the radio-frequency power amplifier (RF PA) as a power converter" de Slauth, J.T. et al (Power Electronics Specialists Conference, 2008, PESC 2008, páginas 3563-3568), esboza la implementación de un amplificador de potencia de clase D para aplicaciones RF en bandas de frecuencia a bajos GHz. Se describen los motivos para usar modulación por densidad de pulsos (PDM, Pulse Density Modulation) para conseguir una modulación de amplitud lineal de un amplificador de potencia de conmutación nominalmente no lineal. El amplificador descrito en este documento consigue una linealidad adecuada para estándares inalámbricos de banda ancha, con una eficiencia de pico del 43,5% a 1,95 GHz y hasta 20 dBm de potencia de salida. El sistema descrito genera formas de onda de amplitud modulada con una anchura de banda de
60 involucramiento de hasta 20 MHz, demostrando la validez de este procedimiento para estándares de comunicación modernos.

65 El artículo "Class-D power amplifier with RF pulse-width modulation" de RAAB, F.H. (Microwave Symposium Digest (MMT), 2010 IEEE MTT-S International, páginas 924-927) describe amplificadores de potencia (PAs) de extremo único (monopolar) y push-pull (bipolar) basados en PAs de clase-D complementarios. En el artículo, la forma de

onda de frecuencia de onda con modulación por anchura de pulsos (RFPWM, Radio Frequency Pulse Width Modulation) descrita se produce mediante software y se descarga en un generador de formas de onda programable. Los PAs operan a 500 kHz y producen salidas pico de 100 W (monopolar) y 187 W (bipolar) con una eficiencia de 85 por ciento. Estos amplificadores presentan una gran linealidad; los productos IM para AM de tono único y señales de dos tonos están unos 40 dB por debajo de las bandas laterales deseadas. Se mantiene una alta eficiencia a lo largo de un rango dinámico de 13 hasta 15 dB. Esto da como resultado unas eficiencias medias del 84 por ciento par señales con relaciones pico-a-media de hasta 6 dB y 80 por ciento para relaciones de pico-a-media de 10 dB. RFPWM también produce un espectro de salida limpio en el que los productos espurios se eliminan de la señal deseada.

Resumen

La presente invención proporciona un sistema según se establece en la reivindicación 1, y un procedimiento llevado a cabo por un aparato de procesamiento de datos según se establece en cada una de las reivindicaciones 8 y 14. Las reivindicaciones dependientes establecen características opcionales.

Breve descripción de las figuras

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un ejemplo de entorno de red en el que un aparato de control de punto extremo se comunica con puntos extremos.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un aparato de control de punto extremo e ilustra un ajuste de amplitud de símbolo.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo de un ejemplo de proceso para variar la amplitud de símbolo.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de otro ejemplo de proceso para variar la amplitud de símbolo.

La FIG. 5 es un diagrama de bloques de un ejemplo de sistema que puede utilizarse para facilitar la variación de la amplitud de símbolo

Números de referencia y designaciones similares en los diferentes dibujos indican elementos similares.

Descripción detallada

A continuación se describe un sistema que incluye un generador de símbolos que incluye un generador de formas de onda configurado para emitir formas de onda a una pluralidad de frecuencias fundamentales seleccionables y de acuerdo con un ciclo de trabajo seleccionable. El generador de símbolos también puede incluir un filtro paso banda que tiene una banda de paso que corresponde a un canal de comunicaciones de una red de comunicación. El sistema también puede incluir un aparato de procesamiento de datos operable para interactuar con el generador de símbolos y operable además para determinar que al menos un número umbral de puntos extremos que reciben símbolos del generador de símbolos están experimentando un mismo tipo de error de transmisión. En respuesta a la determinación, el aparato de procesamiento de datos puede provocar que el generador de formas de onda ajuste al menos uno de entre la frecuencia fundamental o un ciclo de trabajo de las formas de onda. La frecuencia fundamental puede ajustarse a una frecuencia que tiene un armónico que está dentro de la banda de paso. Otros modos de realización de este aspecto incluyen procedimientos, aparatos y programas de ordenador correspondientes, configurados para llevar a cabo las acciones de los procedimientos codificados en dispositivos de almacenamiento de ordenador.

El aparato de procesamiento de datos puede ser además operable para llevar a cabo operaciones que incluyen: recibir datos de calidad de transmisión que especifican una tasa de error de bit para símbolos que fueron generados por el generador de símbolos y recibidos por los puntos extremos. Determinar que al menos un número umbral de puntos extremos está experimentando un mismo tipo de error de transmisión puede incluir determinar que al menos el número umbral de puntos extremos está detectando una tasa de error de bit que supera un umbral de tasa de error de bit.

El aparato de procesamiento de datos puede ser operable para ajustar al menos uno de entre la frecuencia fundamental o un ciclo de trabajo mediante su configuración para hacer que el generador de formas de onda aumente la frecuencia fundamental en respuesta a la determinación de que al menos el número umbral de puntos extremos está detectando la tasa de error de bit que supera el umbral de tasa de error de bit. El aparato de procesamiento de datos puede ser operable para hacer que el generador de formas de onda ajuste al menos uno de entre la frecuencia fundamental o un ciclo de trabajo mediante su configuración para hacer que el generador de formas de onda aumente tanto la frecuencia fundamental como el ciclo de trabajo en respuesta a la determinación de que al menos el número umbral de puntos extremos está detectando la tasa de error de bit que supera el umbral de tasa de error de bit.

El aparato de procesamiento de datos puede ser operable para hacer que el generador de formas de onda ajuste al menos uno de entre la frecuencia fundamental o el ciclo de trabajo mediante su configuración para hacer que el generador de ondas aumente el ciclo de trabajo en respuesta a la determinación de que al menos el número umbral de puntos extremos está detectando la tasa de error de bit que supera el umbral de tasa de error de bit.

5 El aparato de procesamiento de datos puede además ser operable para llevar a cabo operaciones que incluyen la recepción de datos de calidad de transmisión que especifican que un número de puntos extremos vecinos con los que una subestación vecina se está comunicando ha disminuido con relación a un número de puntos extremos vecinos con los que la subestación vecina debe comunicarse. Determinar que al menos un número umbral de puntos
10 extremos están experimentando un mismo tipo de error de transmisión puede incluir determinar que al menos el número umbral de puntos extremos vecinos con los que los puntos extremos vecinos se están comunicando ha disminuido más que una cantidad umbral.

15 El aparato de procesamiento de datos puede ser operable para hacer que el generador de formas de onda ajuste al menos uno de entre la frecuencia fundamental o un ciclo de trabajo mediante su configuración para hacer que el generador de formas de onda disminuya la frecuencia fundamental en respuesta a la determinación de que al menos el número umbral de puntos extremos con los que se están comunicando los puntos extremos vecinos ha disminuido más que una cantidad umbral. El aparato de procesamiento de datos puede ser operable para hacer que el generador de formas de onda ajuste al menos uno de entre la frecuencia fundamental o un ciclo de trabajo mediante
20 su configuración para hacer que el generador de formas de onda disminuya tanto la frecuencia fundamental como el ciclo de trabajo en respuesta a la determinación de que al menos el número umbral de puntos extremos vecinos con los que se están comunicando los puntos extremos vecinos ha disminuido más que una cantidad umbral.

25 El aparato de procesamiento de datos puede ser operable para hacer que el generador de formas de onda ajuste al menos uno de entre la frecuencia fundamental o un ciclo de trabajo mediante su configuración para hacer que el generador de formas de onda disminuya el ciclo de trabajo en respuesta a la determinación de que al menos el número umbral de puntos extremos vecinos con los que los puntos extremos vecinos se están comunicando ha disminuido más que una cantidad umbral.

30 Se describen otros procedimientos que incluyen las acciones de seleccionar una primera frecuencia fundamental para símbolos que se transmiten a puntos extremos en un sistema de comunicaciones, seleccionándose la primera frecuencia fundamental de modo que un armónico de línea de base de la primera frecuencia fundamental está dentro de un canal aguas abajo a través del cual se transfieren datos desde una subestación a los puntos extremos, siendo el armónico de línea de base al menos un segundo armónico de la primera frecuencia fundamental; recibir
35 datos de estado de los puntos extremos, especificando los datos de estado para cada punto extremo un número de errores de bit que han sido detectados por el punto extremo; determinar que los datos de estado de al menos un número umbral de puntos extremos especifica un número de errores de bit que supera un número umbral de errores de bit; y ajustar la primera frecuencia fundamental a una segunda frecuencia fundamental que es mayor que la primera frecuencia fundamental, siendo la segunda frecuencia fundamental una frecuencia a la que un armónico más bajo que el armónico de línea de base está dentro del canal aguas abajo. También se describen sistemas, aparatos, y programas de ordenador correspondientes, configurados para llevar a cabo las acciones de los procedimientos, codificados en dispositivos de almacenamiento de ordenador.

45 Recibir datos de estado puede además incluir recibir, desde cada uno de los puntos extremos, datos de estado que son indicativos de la identidad del punto extremo. Determinar que los datos de estado de al menos un número umbral de los puntos extremos especifican un número de errores de bit que supera un número umbral de errores de bit puede incluir identificar, basándose en los datos de estado, los puntos extremos con los que la subestación tiene asignado comunicarse; y determinar que los datos de extremo para al menos el número umbral de los puntos extremos identificados especifican un número de errores de bit que supera el número umbral de errores de bit.
50 Identificar los puntos extremos con los que la subestación tiene asignado comunicarse puede incluir identificar los puntos extremos que tienen identificadores únicos que están incluidos en un conjunto de identificadores de red para los puntos extremos con los que la subestación tiene asignado comunicarse.

55 Los procedimientos pueden además incluir las acciones de determinar que los datos de estado se están recibiendo desde al menos un número umbral de puntos extremos vecinos, siendo cada punto extremo vecino un punto extremo con el que la subestación no tiene asignado comunicarse; y ajustar la primera frecuencia fundamental a una tercera frecuencia fundamental, siendo la tercera frecuencia fundamental una frecuencia a la que un armónico superior al armónico de línea de base está dentro del canal aguas abajo.

60 Determinar que los datos de estado se están recibiendo desde al menos el número umbral de puntos extremos vecinos puede incluir recibir datos indicando que un número de puntos extremos con los que una subestación vecina se está comunicando ha disminuido con relación a un número de puntos extremos con los que la subestación vecina tiene asignado comunicarse; y determinar que el número de puntos extremos con los que la subestación vecina se está comunicando ha disminuido más de una cantidad umbral.
65

Los procedimientos pueden incluir además las acciones de transmitir los símbolos a los puntos extremos, teniendo

5 los símbolos una frecuencia fundamental inicial que está dentro del canal aguas abajo y siendo transmitidos según un primer factor de amplificación; y determinar que al menos un número umbral de puntos extremos vecinos está recibiendo los símbolos, siendo cada punto extremo vecino un punto extremo con el que la subestación no tiene asignado comunicarse. Seleccionar la primera frecuencia fundamental puede incluir reducir la frecuencia fundamental inicial a una frecuencia reducida a la que un armónico de la frecuencia fundamental está dentro del canal aguas abajo; determinar que los símbolos se están recibiendo desde un número menor que el número umbral de puntos extremos vecinos; y seleccionar la frecuencia reducida para que sea la primera frecuencia fundamental.

10 Los procedimientos también pueden incluir las acciones de transmitir los símbolos a los puntos extremos según el primer factor de amplificación, generándose los símbolos a la primera frecuencia fundamental. Los procedimientos también pueden incluir las acciones de, después del ajuste de la primera frecuencia fundamental, ajustar un ciclo de trabajo de la segunda frecuencia fundamental hasta que una amplitud del símbolo está dentro de un rango de amplitud objetivo.

15 También se describen en este documento procedimientos que incluyen las acciones de transmitir símbolos desde una subestación a puntos extremos en una red de comunicaciones, transmitiéndose los símbolos según una primera frecuencia y amplificándose según un factor de amplificación, siendo la primera frecuencia un armónico de una frecuencia fundamental para los símbolos, estando el armónico en un canal aguas abajo a través del cual la subestación se comunica con los puntos extremos; recibir datos de calidad de transmisión que especifican una medida de la calidad de la transmisión para los símbolos; determinar que al menos un número umbral de puntos extremos de la red de comunicación está experimentando un mismo tipo de error de transmisión; ajustar la frecuencia fundamental basándose en el tipo de error de transmisión, ajustándose la frecuencia fundamental de manera que un armónico diferente de la frecuencia fundamental ajustada está dentro del canal aguas abajo; y transmitir los símbolos a través del canal aguas abajo, generándose los símbolos a la frecuencia fundamental y amplificándose según el factor de amplificación. También se describen sistemas, aparatos, y programas de ordenador correspondientes, configurados para llevar a cabo las acciones de los procedimientos, codificados en dispositivos de almacenamiento de ordenador.

30 También se describen procedimientos que incluyen las acciones de generar un primer símbolo a una primera frecuencia fundamental; filtrar el primer símbolo con un filtro que tiene una banda de paso que incluye una frecuencia armónica de la primera frecuencia fundamental; amplificar el primer símbolo filtrado según un factor de amplificación; determinar que al menos un número umbral de errores de comunicación se están produciendo en puntos extremos a los que se están transmitiendo los primeros símbolos filtrados; generar un segundo símbolo a una segunda frecuencia fundamental que es diferente de la primera frecuencia fundamental, teniendo la segunda frecuencia fundamental un armónico que está dentro de la banda de paso; filtrar el segundo símbolo con el filtro; y amplificar el segundo símbolo filtrado según el factor de amplificación. También se describen sistemas, aparatos, y programas de ordenador correspondientes, configurados para llevar a cabo las acciones de los procedimientos, codificados en dispositivos de almacenamiento de ordenador.

40 Pueden implementarse modos de realización particulares de la materia descrita en esta memoria para conseguir una o más de las siguientes ventajas. La amplitud a la que se transmiten los datos a través de una red puede ajustarse de manera remota sin ajustar la amplitud de salida del transmisor que está transmitiendo los datos. La fiabilidad de las comunicaciones de datos a través de una red que tiene una carga variable puede incrementarse (con relación a transmisiones de amplitud constante) mediante el ajuste de la amplitud a la que se transmiten los datos en respuesta a cambios en la carga. La fiabilidad de las comunicaciones de datos a través de una red que tiene una carga variable puede incrementarse (con relación a transmisiones de amplitud constante) mediante el ajuste de la amplitud según la cual se transmiten los datos en respuesta a la detección de un umbral de pérdida de paquetes. Los detalles de uno o más de los modos de realización de la materia descrita en esta memoria se describen en los siguientes dibujos y la descripción posterior. Otras características, aspectos, y ventajas de la materia serán evidentes a partir de la descripción, las figuras y las reivindicaciones.

55 Las redes de comunicaciones por línea de potencia (PLC), así como muchas otras redes de comunicaciones cambian a lo largo del tiempo ya que pueden añadirse y/o quitarse elementos de red de la red a lo largo del tiempo. Por ejemplo, en una red PLC, pueden añadirse o quitarse de la red a lo largo del tiempo puntos extremos adicionales (por ejemplo, contadores de potencia), puntos de servicio (por ejemplo, casas o negocios), interruptores y/o bancos de condensadores. Estos cambios en la red hacen que la carga de la red cambie a lo largo del tiempo, lo que dificulta la comunicación a través de la red. Por ejemplo, a medida que la carga de la red cambia, puede ser necesario ajustar la amplitud de las señales de comunicaciones que se están transmitiendo a través de la red. Sin embargo, muchos amplificadores que se utilizan para transmitir datos a través de las redes de comunicaciones, tales como una red PLC, pueden tener parámetros de amplificación seleccionables manualmente (por ejemplo, factores de amplificación), y estos amplificadores pueden estar situados en áreas remotas, de modo que la modo de realización de ajustes en los parámetros de amplificación requiere de tiempo y es potencialmente costosa.

65 Como se describe con mayor detalle a continuación, los datos que se transmiten a través de una red de comunicaciones pueden transmitirse a través de uno o más canales de comunicación, y las formas de onda que representan los datos pueden filtrarse para eliminar componentes espectrales que están fuera del canal de

comunicaciones. Como se filtran los componentes espectrales que están “fuera-del-canal”, la forma de onda que se utiliza para representar los datos puede no requerir tener una frecuencia fundamental que pasa a través del filtro, siempre que la forma de onda tenga componentes armónicos que se hacen pasar a través del filtro.

5 A ciertos ciclos de trabajo (por ejemplo, ciclo de trabajo 50%), la amplitud de los componentes espectrales armónicos es inversamente proporcional al “orden” del armónico. Por ejemplo, cuando la frecuencia fundamental se transmite según un ciclo de trabajo del 50%, un armónico de tercer orden (es decir, el tercer armónico) de la frecuencia fundamental tendrá una amplitud mayor que el armónico de quinto orden (es decir, el quinto armónico) de la misma frecuencia fundamental. Por tanto, la frecuencia fundamental de una señal de comunicaciones puede
10 variar para modificar el armónico de la frecuencia fundamental que pasa a través del filtro que, a su vez, ajustará la amplitud del símbolo que se transmite a través de la red de comunicaciones. Los elementos de la red de comunicaciones que generan formas de onda que representan datos pueden generalmente ajustarse remotamente, de modo que se puede especificar de manera remota la frecuencia fundamental a la que estos elementos generan formas de onda. Por tanto, la amplitud de las formas de onda que se transmiten a través de la red puede controlarse
15 de manera remota mediante el ajuste de la frecuencia fundamental a la que estos elementos generan formas de onda.

La siguiente descripción describe el ajuste de las amplitudes de señales que se están transmitiendo a través de una red PLC. Sin embargo, los aparatos y procedimientos que se describen a continuación pueden implementarse en
20 otras redes de comunicaciones y otros entornos de computación.

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un ejemplo de entorno de red en el que un aparato de control de punto extremo 105 se comunica con los puntos extremos 102a-102f (a los que se hace referencia colectivamente como “puntos extremos 102”). El entorno de red 100 incluye una red de servicio 101 en la que los puntos extremos 102
25 están acoplados (por ejemplo, acoplados en comunicación) a las subestaciones 104a, 104b (a las que se hace referencia colectivamente como “subestaciones 104”). Las subestaciones 104 son sistemas que facilitan la distribución de potencia a los puntos extremos 102. Las subestaciones 104 pueden incluir cada una un aparato de control de punto extremo 105a, 105b (a los que se hace referencia colectivamente como “aparatos de control de punto extremo 105”) que transmite datos a los puntos extremos 102, como se describe con mayor detalle más
30 adelante.

La red 101 incluye un aparato de gestión de red 112. En algunas implementaciones, el aparato de gestión de red 112 es un aparato de procesamiento de datos que procesa comunicaciones recibidas de subestaciones 104 y/o controla aspectos de la red de servicio 101 basándose, al menos en parte, en información extraída de los símbolos
35 106 que se recibieron de las subestaciones 104.

Por ejemplo, en una red PLC, el aparato de gestión de red 112 puede recibir datos de las subestaciones 104 que indican que el uso de potencia es significativamente mayor en una porción particular de una red de potencia que en otras porciones de la red de potencia. Basándose en estos datos, el aparato de gestión de red 112 puede asignar recursos adicionales a esa porción particular de la red (es decir, balance de carga) o proporcionar datos especificando que hay un aumento del uso de potencia en la porción particular de la red de potencia.
40

En algunas implementaciones, el aparato de gestión de red 112 proporciona datos a los dispositivos de usuario 118 a los que puede acceder, por ejemplo, el operador de red, personal de mantenimiento y/o clientes. Por ejemplo, pueden proporcionarse datos que identifican el aumento de uso de potencia descrito anteriormente a un dispositivo de usuario 118 accesible por el operador de la red que puede, a su vez, determinar una acción apropiada con relación al aumento de uso. Adicionalmente, también se pueden proporcionar datos que identifican una medida de tiempo-de-uso y/o una medida de demanda pico al dispositivo de usuario 118. Similarmente, si se ha producido un corte de potencia, el aparato de gestión de red 112 puede proporcionar datos a los dispositivos de usuario 118 que son accesibles por los clientes para proporcionar información relativa a la existencia del corte y potencialmente proporcionar información acerca de la duración estimada del corte.
45
50

La red de datos 110 puede ser un área de área amplia (WAN, Wide Area Network), una red de área local (LAN, Local Area Network), internet, o cualquier otra red de comunicación. La red de datos 110 puede implementarse con una red cableada o inalámbrica. Las redes cableadas pueden incluir cualquier red limitada a un medio, incluyendo, sin limitación, redes implementadas utilizando conductores de cable metálico, materiales de fibra óptica, o guías de onda. Las redes inalámbricas incluyen todas las redes de propagación libre por el espacio, incluyendo, sin limitación, redes implementadas usando ondas de radio y redes ópticas por el espacio libre. Aunque solo se muestran dos subestaciones 104a, 104b y un aparato de gestión de red 112, la red de servicio 101 puede incluir muchas subestaciones 104 diferentes que pueden comunicarse cada una con miles de puntos extremos 102 y muchos aparatos de gestión de red 112 diferentes que pueden comunicarse cada uno con múltiples subestaciones 104.
55
60

Los puntos extremos 102 pueden ser cualquier dispositivo capaz de transmitir y/o recibir datos en el entorno de red 100. Por ejemplo, los puntos extremos 102 pueden ser contadores con puntos extremos en una red de servicios, dispositivos de computación, terminales de televisión o teléfonos que transmiten datos en la red de servicio 101. La descripción que sigue se refiere a los puntos extremos 102 como contadores de potencia en una red de distribución.
65

Sin embargo, la descripción que sigue es aplicable a otros tipos de puntos extremos 102 en redes de servicios y otras redes. Por ejemplo, la descripción que sigue es aplicable a contadores de gas y contadores de agua que están respectivamente instalados en redes de distribución de gas y agua.

5 Los puntos extremos 102 pueden implementarse para monitorizar y reportar varias características operativas de la red de servicio 101. Por ejemplo, en una red de distribución de energía eléctrica, los contadores pueden monitorizar características relativas al uso de la energía eléctrica en la red. Ejemplos de características relativas al uso de la energía eléctrica en la red incluyen el consumo de energía total o medio, subidas de potencia, caídas de potencia y cambios de carga, entre otras características. En redes de distribución de gas y agua, los contadores pueden medir características similares relativas al uso de gas y agua (por ejemplo, el flujo total o la presión).

10 Cada una de las subestaciones incluye un aparato de control de punto extremo 105 (ECA, Endpoint Control Apparatus). El aparato de control de punto extremo 105 es un aparato de procesamiento de datos que transmite datos aguas abajo de los puntos extremos 102. El aparato de control de punto extremo 105 puede incluir, por ejemplo, un generador de ondas que puede generar varios tipos de ondas (por ejemplo, ondas cuadradas, ondas senoidales, y/o formas de onda con otras formas) a un rango de frecuencias fundamentales (por ejemplo, 50 Hz – 10000 Hz). El aparato de control de punto extremo 105 puede también incluir un amplificador de salida que puede amplificar formas de onda a una o más amplitudes de salida seleccionables (por ejemplo, 0,10 – 1,0 V). El aparato de control de punto extremo 105 recibe datos que se van a transmitir a los puntos extremos 102, y puede generar una forma de onda que representa los datos y/o codifica los datos para la transmisión a los puntos extremos 102.

15 Las subestaciones 104 y los puntos extremos 102 se comunican unos con otros a través de canales de comunicación. Los canales de comunicación son porciones de espectro a través de los que se transmiten los datos. La frecuencia central y el ancho de banda de cada canal de comunicaciones pueden depender del sistema de comunicación en el que se implementan. En algunas implementaciones, los canales de comunicaciones para contadores de servicios (por ejemplo, contadores de energía eléctrica, gas y/o agua) pueden implementarse en redes de comunicación por línea de potencia (PLC) que asignan dinámicamente ancho de banda disponible de acuerdo con una técnica de asignación de espectro de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA, Orthogonal Frequency Division Multiple Access) u otra técnica de asignación de canal (por ejemplo, Acceso Múltiple por División de Tiempo, Acceso Múltiple por División de Código, y otras técnicas de Acceso Múltiple por División de Frecuencia).

20 En algunas implementaciones, los puntos extremos 102 pueden configurarse para recibir datos desde los ECAs 105 de las subestaciones 104 a través de uno o más canales “aguas abajo”, mientras que la transmisión de datos a las subestaciones 104 se lleva a cabo a través de un canal “aguas arriba” diferente. Por ejemplo, cada uno de los puntos extremos 102 puede estar configurado para recibir “mensajes de emisión” (es decir, datos que están pensados para ser recibidos por todos los puntos extremos 102, o un subconjunto adecuado de los mismos) a través de un mismo canal “aguas abajo” como los otros puntos extremos, mientras que cada punto extremo individual (por ejemplo, 102a) puede asignarse a un canal “aguas arriba” diferente (por ejemplo, 104a). Según se utiliza en este documento, un canal “aguas abajo” es un canal a través del cual se transfieren datos desde una subestación (u otro elemento de red) hasta un punto extremo, mientras que un canal “aguas arriba” es un canal a través del cual se transfieren datos desde un punto extremo hasta una subestación (u otro elemento de red).

25 Los datos transmitidos desde las subestaciones 104 a los puntos extremos 102 (es decir, datos aguas abajo) pueden incluir, por ejemplo, datos que especifican ajustes de configuración para los puntos extremos 102, asignaciones de canal para comunicaciones “aguas arriba” o “aguas abajo”, datos de sincronización (por ejemplo, información de sincronización de temporización), y/o actualizaciones de firmware.

30 Los datos transmitidos desde los puntos extremos 102 hasta las subestaciones 104 (es decir, datos aguas arriba) pueden incluir, por ejemplo, datos de reporte que especifican, por ejemplo, medidas de consumo de potencia total, consumo de potencia a lo largo de un período de tiempo especificado, consumo de potencia pico, tensión instantánea, tensión de pico, tensión mínima y otras medidas relacionadas con el consumo de potencia y la gestión de la potencia (por ejemplo, información de carga). Cada punto extremo (por ejemplo, 102a) puede también transmitir datos de estado que especifican un estado del punto extremo (por ejemplo, operando en un modo de operación normal, un modo de error, un modo de potencia de emergencia, u otro estado tal como un estado de recuperación subsiguiente a un corte de potencia).

35 Los datos de estado transmitidos por un punto extremo (por ejemplo, 102a) también pueden especificar un identificador de punto extremo para el punto extremo y/o un número (o tasa) de errores de símbolo (o errores de bit) que el punto extremo ha detectado en datos recibidos desde la subestación 104. En algunas implementaciones, el identificador de punto extremo se infiere basándose en el canal a través del cual se reciben los datos de estado (por ejemplo, cuando cada punto extremo tiene asignado comunicarse a través de un canal único). Los datos de estado también pueden especificar una medida de señal a ruido para símbolos que están siendo recibidos por el punto 102 de extremo, u otras medidas de la calidad de la transmisión.

40 En algunas implementaciones, los datos transmitidos a través de la red 101 son formateados como símbolos 106 (es

decir, formas de onda que representan uno o más bits y que persisten en un canal de comunicaciones durante un período de tiempo fijo). En algunas implementaciones, los símbolos 106 son transmitidos de manera continua o intermitente a lo largo de un intervalo unidad especificado. Un intervalo unidad es un período de tiempo a través del cual se transmite un símbolo particular. Un intervalo unidad para cada símbolo puede ser menor que o igual que el intervalo de tiempo (es decir, $1/\text{tasa de actualización}$) según el cual se requiere el envío de datos actualizados.

Por ejemplo, supongamos que se requiere que el punto extremo 102a transmita datos de estado actualizados a la subestación 104a cada 20 minutos (es decir, la tasa de actualización especificada para el punto extremo). En este ejemplo, el punto extremo 102a puede transmitir un símbolo que representa un primer conjunto de datos de estado actualizados durante veinte minutos, y luego transmitir otro símbolo que representa un conjunto siguiente de datos de estado actualizados durante unos veinte minutos subsiguientes. La tasa de actualización y/o intervalo unidad para un punto extremo puede ser especificada por un administrador de red basándose, por ejemplo, en los tipos y cantidad de datos que se reciben desde el punto extremo, preferencias de un cliente (por ejemplo, una empresa de suministro de energía eléctrica) al que se proporcionan los datos, y/o características de canal del canal a través del cual se están transmitiendo los datos. A modo de ejemplo, se utiliza una tasa de actualización de 20 minutos, aunque pueden utilizarse otras tasas de actualización (por ejemplo, 1 minuto, 5 minutos, 10 minutos, 1 hora o 1 día).

Los datos que las subestaciones 104 transmiten aguas abajo hacia los puntos extremos 102 también pueden transmitirse utilizando símbolos que se transmiten a través de intervalos unidad de un modo similar al modo en que los puntos extremos transmiten datos a las subestaciones 104. El intervalo unidad a través del cual una subestación (por ejemplo, 104a) transmite un símbolo a los puntos extremos (por ejemplo, 102a-102c) puede basarse, por ejemplo, en una amplitud con la cual el símbolo es transmitido a los puntos extremos. Por ejemplo, a medida que aumenta la amplitud de un símbolo (por ejemplo, con relación al ruido de fondo del canal a través del cual se está transmitiendo el símbolo), el tiempo a lo largo del cual debe acumularse energía del símbolo para recuperar el símbolo (por ejemplo, con menos de un número umbral de errores de bits o menos de un umbral de tasa de error de bit) generalmente disminuye. Por tanto, símbolos que se transmiten a mayores amplitudes pueden transmitirse generalmente a través de intervalos unidad más cortos que símbolos que se transmiten a amplitudes más bajas. Las tasas de error de bit para los símbolos que se transmiten a amplitudes mayores (por ejemplo, con relación al ruido de fondo) también son generalmente más bajas que las tasas de error de bit para símbolos que se transmiten a amplitudes más bajas. Por tanto, la fiabilidad según la cual son recuperados los símbolos por los puntos extremos 102 generalmente aumenta a medida que aumenta la amplitud con la cual los símbolos son transmitidos por la subestación 104 (es decir, con relación al ruido de fondo).

Aunque la fiabilidad según la cual los símbolos son recuperados por los puntos extremos 102 puede aumentarse mediante el aumento de la amplitud con la que se transmiten los símbolos, símbolos que son transmitidos a mayores amplitudes tienen más probabilidad de interferir con el funcionamiento adecuado de los puntos extremos vecinos (es decir, puntos extremos que están configurados para comunicarse con una subestación diferente). Por ejemplo, supongamos que la red 101 está configurada de modo que la subestación 104a es responsable de la comunicación con los puntos extremos 102a-102c, mientras que la subestación 104b es una subestación vecina (es decir, con relación a la subestación 104a) que es responsable de la comunicación con los puntos extremos 102d-102f vecinos. En este ejemplo, es posible que a medida que aumenta la amplitud de las transmisiones desde la subestación 104a, que estas transmisiones sean recuperadas por uno o más de los puntos extremos 102d-102f vecinos, de modo que estos puntos extremos comiencen a comunicarse con la subestación 104a en lugar de con la estación 104b. Por tanto, la amplitud con la cual los símbolos son transmitidos por una subestación (por ejemplo, 104a) se selecciona en general de modo que los símbolos son recuperados de manera fiable por los puntos extremos (por ejemplo, 102a-102c) con los que la subestación (por ejemplo, 104a) tiene asignado comunicarse, a la vez que se limita la probabilidad de que las transmisiones sean recuperadas por puntos extremos vecinos.

La potencia con la que una subestación (por ejemplo, 104a) transmite símbolos a los puntos extremos (por ejemplo, 104a-104c) puede necesitar ajustarse en respuesta a cambios en la carga (por ejemplo, la impedancia total de los elementos de la red) en la red de servicio a lo largo del tiempo, ya que estos cambios pueden provocar que cambien las amplitudes de los símbolos que se van a recibir en los puntos extremos. Por ejemplo, cuando se añaden puntos extremos adicionales a la red 101, la carga de la red 101 puede aumentar, y provocar que las amplitudes de los símbolos recibidos por los puntos extremos 102 se reduzcan. Esta reducción de amplitud puede provocar unas tasas de error de bit más altas para los puntos extremos 102, de modo que la fiabilidad con la que se recuperan los símbolos transmitidos por la subestación 104a disminuye. Por tanto, puede ser necesario aumentar la potencia de salida del ECA 105a que está transmitiendo los símbolos a los puntos extremos 102a-102c para disminuir las tasas de error de bit y aumentar la fiabilidad con la que los símbolos son recuperados por los puntos extremos 102a-102c.

En otro ejemplo, si uno o más de los puntos extremos (u otros elementos de la red) se quitan de la red, la carga de la red 101 puede reducirse. Esta reducción de carga puede provocar que las amplitudes de los símbolos transmitidos por la subestación 104a sean recuperadas por los puntos extremos vecinos 102d-102f, de modo que los puntos extremos 102d-102f vecinos pueden comenzar la comunicación con la subestación 104a en lugar de la subestación 104b. En este ejemplo, puede ser necesario reducir la potencia con la que la subestación 104a transmite símbolos (o aumentar la potencia con la que la subestación 104b transmite símbolos) de modo que los puntos extremos 102d-102f vecinos retomen las comunicaciones con la subestación 104b.

5 Como se ha descrito anteriormente, los ECAs 105 pueden configurarse para tener un amplificador de salida variable que es capaz de transmitir las frecuencias fundamentales a varias amplitudes. Sin embargo, ajustes en la amplitud de salida del ECA 105a (o ECA 105b) pueden requerir que un técnico viaje a la subestación 104a (104b), y ajuste manualmente la amplitud de salida del ECA 105a. Por tanto, el ajuste de la amplitud de salida del ECA 105a puede requerir tiempo y/o ser intensivo en recursos.

10 El entorno 100 incluye un aparato de regulación de amplitud 120 que facilita la variación remota de las amplitudes con las que los símbolos son transmitidos a través de la red 101. En algunas implementaciones, el aparato de regulación de amplitud 120 ajusta la amplitud con la que los símbolos son transmitidos a través de la red 101 en respuesta a la recepción de datos que son indicativos de un cambio de carga en la red 101.

15 Por ejemplo, el aparato de gestión de red 112 puede recibir de la subestación 104a datos de tasa de error de bit que especifican una medida de la tasa de error de bit (por ejemplo, una media (u otra medida de tendencia central) de la tasa de error de bit para un conjunto de puntos extremos o tasas de error de bit individual) que están experimentando los puntos extremos 102a-102b, y proporcionar estos datos de tasa de error al aparato de regulación de amplitud 120. El aparato de regulación de amplitud 120 determina si la tasa de error de bit medida supera un umbral de tasa de error de bit (por ejemplo, una tasa de error de bit máxima aceptable especificada por el administrador de la red). Si la tasa de error de bit supera el umbral de tasa de error de bit, entonces el aparato de regulación de amplitud 120 puede proporcionar instrucciones a la subestación 104a que hacen que aumente la amplitud de los símbolos que se transmiten a los puntos extremos 102a-102c. Como se describe con referencia a la FIG. 2, la amplitud de los símbolos puede ajustarse sin ajustar un factor de amplificación del ECA 105. En lugar de ello, en un modo de realización de la presente invención, la amplitud de los símbolos se modifica ajustando la frecuencia fundamental a la que el ECA 105 transmite los símbolos y, opcionalmente, también el ciclo de trabajo de las formas de onda que se utilizan para generar los símbolos.

20 En algunas implementaciones, en lugar (o además) de proporcionar las instrucciones descritas anteriormente a la subestación 104a, el aparato de regulación de amplitud 120 puede proporcionar datos de alerta que provocan la presentación de una indicación de que las amplitudes de los símbolos necesitan ajustes. Por ejemplo, los datos de alerta pueden proporcionarse a un dispositivo de usuario 118 que es accesible por el administrador de la red 101. A su vez, el aparato de regulación de amplitud 120 puede esperar realimentación del dispositivo de usuario solicitando el ajuste de las amplitudes de los símbolos. Una vez se recibe la realimentación, el aparato de regulación de amplitud 120 puede proporcionar a la subestación 104a instrucciones que provocan el ajuste de la amplitud de los símbolos sin ajustar la amplitud de la frecuencia fundamental que está siendo emitida por el ECA 105.

25 El aparato de regulación de amplitud 120 se muestra en la FIG. 1 en comunicación con el aparato de gestión de red 112. Sin embargo, el aparato de regulación de amplitud 120 también puede implementarse como un elemento del aparato de gestión de red 112 o como un elemento de una subestación (por ejemplo, 104a). El aparato de regulación de amplitud 120 también puede implementarse para estar en comunicación directa con una o más subestaciones 104.

30 La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un ejemplo de ECA 105 e ilustra un ajuste de amplitud de símbolo. En algunas implementaciones, el ECA 105 incluye un generador de formas de onda 202, un filtro 204, y un amplificador de salida 206. La configuración del generador de formas de onda 202, el filtro 204, y el amplificador 206 se proporciona a modo de ilustración, y el ECA 105 puede implementarse de acuerdo con diferentes configuraciones. Por ejemplo, las posiciones del filtro 204 y el amplificador 206 pueden cambiar de modo que la salida del generador de formas de onda 202 se emita al amplificador 206, y la salida del amplificador se filtre entonces usando el filtro 204.

35 Como se ha descrito anteriormente, el generador de formas de onda 202 puede configurarse para generar una variedad de diferentes formas de onda en un rango de frecuencias fundamentales. Por ejemplo, el generador de formas de onda 202 puede configurarse para generar una onda cuadrada que tiene frecuencias fundamentales de entre 50 Hz y 10000 Hz. El generador de formas de onda 202 puede también configurarse para generar formas de onda que tengan diferentes ciclos de trabajo (por ejemplo, formas de onda con ciclos de trabajo que oscilan desde 10% hasta 90%).

40 Las formas de onda emitidas por el generador 202 de ondas son formas de onda en las que se codifican datos 208 de símbolo. Los datos 208 de símbolo pueden ser datos tales como asignaciones de canal de comunicaciones actualizadas, datos de sincronización, y/o firmware actualizado que se proporciona a los puntos extremos a los que está asignado el ECA 105.

45 Como se ilustra en la FIG. 2, las formas de onda que se utilizan para representar los datos 208 de símbolo pueden ser un conjunto de ondas cuadradas 210. Si el conjunto de ondas cuadradas 210 tiene un ciclo de trabajo del 50%, entonces el conjunto de ondas cuadradas 210 tendrá un espectro armónico que incluye componentes espectrales diferentes de cero para la frecuencia fundamental del conjunto de ondas cuadradas y armónicos impares de la frecuencia fundamental, como se ilustra en el gráfico espectral 212. Por ejemplo, de acuerdo con el gráfico espectral

212, la frecuencia fundamental 214 es el componente espectral que tiene la máxima potencia, mientras que el tercer armónico 216 es un componente espectral de menor potencia que la frecuencia fundamental 214, y el quinto armónico 218 es un componente espectral de menor potencia que el tercer armónico. Mientras tanto, el segundo armónico 220 y el cuarto armónico 222 (así como otros armónicos pares) serán componentes espectrales de amplitud cero.

El ECA 105 incluye un filtro 204 que restringe los componentes espectrales transmitidos a los puntos extremos. En modos de realización de la presente invención, el filtro es un filtro paso banda que restringe los componentes espectrales transmitidos a los puntos extremos a aquellos componentes espectrales incluidos en la "banda de paso" del filtro (por ejemplo, definida por una frecuencia superior de corte ("fu") y una frecuencia inferior de corte ("fi")). Como se ilustra mediante el gráfico 224 de respuesta de filtro, cuando se implementa el filtro 204 en un filtro paso banda, la frecuencia central ("cf") 226 de la banda de paso (por ejemplo, con relación a las frecuencias superior e inferior de corte) puede estar dentro de un umbral de distancia espectral de la frecuencia central del canal a través del cual el ECA 105 se comunica con los puntos extremos.

Por ejemplo, si los puntos extremos están configurados para comunicarse con el ECA 105 a través de un canal que está centrado en 400 Hz, entonces el filtro 204 puede configurarse para que tenga una frecuencia central 226 de 400 Hz. Suponiendo, en este ejemplo, que la banda de paso del filtro es 30 Hz, la frecuencia superior de corte será de 415 Hz y la frecuencia inferior de corte será de 385 Hz, de modo que componentes espectrales mayores de 415 Hz o menores de 385 Hz serán sustancialmente filtrados, evitándose su transmisión a los puntos extremos. Por tanto, si la frecuencia fundamental 214 está entre 385 Hz y 415 Hz, entonces la frecuencia fundamental 214 se transferirá al amplificador con sustancialmente la misma potencia con la que fue emitida del generador de formas de onda 202. Sin embargo, en este ejemplo, los armónicos de orden alto (por ejemplo, los armónicos 2º, 3º, 4º y 5º) de la frecuencia fundamental 214 serán sustancialmente atenuados (por ejemplo, tendrán una amplitud sustancialmente de cero) en la salida del filtro 204.

El amplificador 206 recibe las formas de onda filtradas del filtro 204, y amplifica las formas de onda filtradas para generar un símbolo de salida 228 que es transmitido a través de la red a los puntos extremos. El amplificador 206 puede ajustarse para variar la amplitud de los símbolos de salida. Sin embargo, el amplificador 206 puede estar configurado de modo que el ajuste de amplitud remoto sea difícil. Por ejemplo, el amplificador puede tener un interruptor mecánico que se debe accionar para seleccionar un factor de amplificación del amplificador. En otro ejemplo, puede que sea difícil transmitir las instrucciones necesarias para ajustar de manera remota el factor de amplificación del amplificador a un amplificador situado en una subestación de potencia. Por tanto, el ajuste del factor de amplificación para el amplificador 206 puede requerir la visita de un técnico a la subestación en la que está instalado el amplificador 206.

Como se ha descrito anteriormente, el generador de formas de onda 202 puede ser capaz de transmitir formas de onda dentro de un rango de diferentes frecuencias fundamentales y que tienen un rango de ciclos de trabajo seleccionable. Como cada una de estas formas de onda tiene componentes espectrales armónicos conocidos, que tienen cada uno amplitudes conocidas (es decir, con relación a la amplitud de la frecuencia fundamental), es posible ajustar la amplitud de los símbolos de salida 226 mediante el ajuste de la frecuencia fundamental 214 y/o ciclo de trabajo de la formas de onda emitidas por el generador de formas de onda 202.

Por ejemplo, supongamos que el filtro 204 tiene una banda de paso de 385 Hz-415 Hz y que el generador de formas de onda 202 inicialmente emite una onda cuadrada que tiene un ciclo de trabajo del 50% y una frecuencia fundamental de 400 Hz. Como se ha descrito anteriormente, la frecuencia fundamental de 400 Hz pasará a través del filtro 204, y será amplificada por el amplificador 206 para generar unos símbolos de salida 226. Supongamos ahora que se reduce la carga de la red, de modo que la amplitud de los símbolos de salida 226 deba ser reducida para evitar la interferencia con puntos extremos vecinos. En este ejemplo, puede reducirse la frecuencia fundamental emitida por el generador de formas de onda 202 para reducir la amplitud de los símbolos de salida 226 (suponiendo que el amplificador 206 no esté ajustado).

En un ejemplo particular, si la frecuencia fundamental 214 emitida por el generador 202 de ondas está ajustada a 133,33 Hz, la frecuencia fundamental 214 no pasará ya a través del filtro 204 porque 133,33 Hz no está dentro de la banda de paso del filtro 204. Sin embargo, el tercer armónico 216 de la frecuencia fundamental 214 (por ejemplo, ~400 Hz) pasará ahora a través del filtro 204, como se ilustra mediante el gráfico espectral 230, mientras que todos los armónicos superiores (por ejemplo, los armónicos 5º, 7º y 9º) serán eliminados por el filtro 204. Por tanto, la amplitud de la forma de onda filtrada será la amplitud del 3º armónico, que en este ejemplo será aproximadamente 1/3 de la amplitud de la frecuencia fundamental. Por tanto, si se mantiene constante el factor de amplificación del amplificador 206, la amplitud del símbolo de salida 226 se reducirá ~66% mediante el ajuste de la frecuencia fundamental 214 para que el 3º armónico pase a través del filtro 204. Se puede conseguir una mayor reducción de amplitud mediante el ajuste de la frecuencia fundamental 214 de modo que los armónicos superiores (es decir, los armónicos superiores al 3º armónico) pasen a través del filtro 204.

En lugar de (o además de) cambiar la frecuencia fundamental, puede ajustarse la amplitud de los símbolos de salida 226 mediante el ajuste del ciclo de trabajo de las formas de onda emitidas por el generador de formas de onda 202.

Por ejemplo, suponiendo que la frecuencia fundamental permanece igual, puede reducirse la amplitud de los símbolos de salida 226 aproximadamente un 30% mediante el ajuste del ciclo de trabajo de las formas de onda del 50% al 25%. Similarmente, cambiar el ciclo de trabajo de la frecuencia fundamental del 50% al 17% dará como resultado una reducción de amplitud de aproximadamente el 50%.

5 A medida que se ajusta el ciclo de trabajo de las formas de onda, las amplitudes de los armónicos también varían, de modo que pueden utilizarse cambios tanto en el ciclo de trabajo como en la frecuencia fundamental para modificar la amplitud de los símbolos de salida 226. Por ejemplo, la amplitud de los símbolos de salida 226 puede reducirse aproximadamente un 50% mediante el ajuste del ciclo de trabajo desde el 50% hasta el 25% y el ajuste de la frecuencia fundamental de modo que solo el segundo armónico pase a través del filtro 204.

10 Los sistemas de comunicaciones por línea de potencia son entornos de comunicaciones trifásicos. En algunas implementaciones, la selección de la frecuencia fundamental y/o la selección del ciclo de trabajo puede realizarse según la fase, por ejemplo, basándose en el rendimiento de las comunicaciones que se observa en cada fase. Por ejemplo, si solo se están produciendo errores en las comunicaciones en una única fase de la red, la frecuencia fundamental utilizada para la comunicación en esa fase puede ajustarse mientras que no se ajustan las frecuencias fundamentales utilizadas para la comunicación en las otras fases.

15 Adicionalmente, como las redes PLC son entornos trifásicos, puede ser necesario ajustar la diferencia de fase entre las formas de onda que representan los símbolos cuando se ajustan las frecuencias fundamentales. Por ejemplo, cuando la misma frecuencia fundamental pasa a través del filtro 204 en cada fase de la red, la diferencia de fase entre las formas de onda generadas por el generador de formas de onda 202 generalmente será de 120 grados. Supongamos que la frecuencia fundamental de cada fase se ajusta de modo que el tercer armónico de la frecuencia fundamental pasa a través del filtro y se transmite a los puntos extremos. En este ejemplo, la diferencia de fase entre las formas de onda generadas por el generador de formas de onda 202 debería ser de 40 grados, porque la diferencia de fase entre los terceros armónicos transmitidos a los puntos extremos será de 120 grados.

20 En algunas implementaciones, el ECA 105 también puede generar componentes espectrales adicionales según desplazamientos espectrales conocidos ("componentes espectrales desplazados"). Por ejemplo, en una red PLC típica, el ECA 105 puede también generar un componente espectral desplazado que está alejado 120 Hz de la frecuencia fundamental. En un ejemplo particular, si el generador de formas de onda 202 está emitiendo una onda cuadrada de 300 Hz con un ciclo de trabajo del 50%, el componente espectral desplazado estará situado en 420 Hz. El componente espectral desplazado puede tener características de amplitud conocidas con relación a la amplitud de la frecuencia fundamental, de modo que este componente espectral desplazado pueda utilizarse para modificar la amplitud del símbolo de un modo similar a aquel según el cual se utilizan los componentes espectrales armónicos.

25 La FIG. 3 es un diagrama de flujo de un proceso 300 de ejemplo para variar la amplitud de símbolo. El proceso 300 es un proceso mediante el cual se selecciona una primera frecuencia fundamental para símbolos que se transmiten a puntos extremos en una red de comunicación. Los datos de estado son recibidos desde los puntos extremos, y se realiza una determinación basada en los datos de estado acerca de si el número de errores de bit detectado por los puntos extremos supera un umbral del número de errores de bit. En respuesta a la determinación de que el número de errores de bit supera el número umbral de errores de bit, se ajusta la primera frecuencia fundamental, y se generan los símbolos a la frecuencia ajustada.

30 El proceso 300 puede implementarse, por ejemplo, mediante el aparato de regulación de amplitud 120, las subestaciones 104, y/o el aparato 112 de gestión de la red de la FIG. 1. En algunas implementaciones, un aparato de procesamiento de datos incluye uno o más procesadores que están configurados para llevar a cabo acciones del proceso 300. En otras implementaciones, un medio legible por ordenador puede incluir instrucciones que, cuando son ejecutadas por un ordenador, provocan que el ordenador lleve a cabo las acciones del proceso 300.

35 Se selecciona una primera frecuencia fundamental para símbolos transmitidos a los puntos extremos en un sistema de comunicaciones (302). Se selecciona la primera frecuencia fundamental de modo que un armónico de línea de base de la primera frecuencia fundamental esté dentro de un canal aguas abajo a través del cual se transfieren datos desde una subestación a los puntos extremos. En algunas implementaciones, la primera frecuencia fundamental se selecciona de manera que el armónico de línea de base sea un segundo armónico (o un armónico de un orden superior) de la frecuencia fundamental.

40 Por ejemplo, supongamos que el canal aguas abajo tiene una frecuencia central de 400 Hz. En este ejemplo, puede seleccionarse la primera frecuencia fundamental de 133,33 Hz de modo que el tercer armónico de la primera frecuencia fundamental (es decir, $3 * 133,33$ Hz) sea sustancialmente igual a la frecuencia central del canal aguas abajo. Como se ha descrito con referencia a la FIG. 2, si se utiliza un filtro paso banda para restringir los componentes espectrales que se transmiten a los puntos extremos, este filtro paso banda puede tener una banda de paso que incluye el espectro que define el canal aguas abajo. Continuando con el ejemplo anterior, si el canal aguas abajo tiene un ancho de banda del canal de 30 Hz, entonces el filtro paso banda podrá tener una banda de paso de 30 Hz centrada en 400 Hz. En este ejemplo, solo el tercer armónico de la primera frecuencia fundamental pasará a través del filtro paso banda para su transmisión a los puntos extremos.

5 En algunas implementaciones, puede seleccionarse la primera frecuencia fundamental para que sea la frecuencia fundamental más alta a la que un número menor que un número umbral de puntos extremos vecinos recibe los símbolos, y a la que un armónico de la frecuencia fundamental está dentro del canal aguas abajo. Por ejemplo, los símbolos pueden generarse inicialmente a una frecuencia fundamental inicial que está dentro del canal aguas abajo. Estos símbolos pueden amplificarse según un primer factor de amplificación (por ejemplo, utilizando un multiplicador de amplitud máxima), y ser transmitidos a los puntos extremos.

10 Cuando los símbolos tienen una frecuencia fundamental inicial que está dentro del canal aguas abajo y son transmitidos a la máxima potencia, es probable que cada uno de los nodos con los que un punto extremo tiene asignado comunicarse reciba los símbolos con precisión. Sin embargo, también es posible que los puntos extremos vecinos (es decir, los puntos extremos con los que la subestación no tiene asignado comunicarse) reciban los símbolos, lo que puede interferir con las comunicaciones adecuadas entre los puntos extremos vecinos y una subestación vecina con la que los puntos extremos vecinos deberían comunicarse.

15 En algunas implementaciones, se reciben datos indicativos del número de nodos vecinos que están recibiendo los símbolos. Los datos pueden especificar que el número de puntos extremos vecinos con los que una subestación vecina se está comunicando ha disminuido con relación a un número total de puntos extremos vecinos con los que la subestación vecina tiene asignado comunicarse. Si el número de puntos extremos vecinos que están en comunicación con la subestación vecina ha disminuido más que una cantidad umbral (por ejemplo, un número absoluto de puntos extremos vecinos o un porcentaje de los puntos extremos vecinos totales), puede determinarse que se debería reducir la amplitud con la que se están transmitiendo los símbolos.

20 Por ejemplo, si los datos especifican que el número de puntos extremos vecinos con los que la subestación vecina se está comunicando ha disminuido desde 45 a 30, puede suponerse que 15 puntos extremos vecinos están recibiendo los símbolos. Supongamos en este ejemplo que la amplitud de los símbolos se debería reducir si se determina que más de 5 nodos vecinos están recibiendo los símbolos. Por tanto, en este ejemplo, la amplitud de los símbolos debería reducirse.

25 En respuesta a la determinación de que la amplitud a la que se están transmitiendo los símbolos debería reducirse, puede reducirse la frecuencia fundamental hasta una frecuencia fundamental a la que un armónico (por ejemplo, el armónico de orden segundo o superior) de la frecuencia reducida está dentro del canal aguas abajo. Suponiendo que no todos los armónicos (por ejemplo, solo un armónico) de la frecuencia reducida están dentro del canal aguas abajo (y/o una banda de paso de un filtro tal como el filtro 204 de la FIG. 2), la amplitud del símbolo que se está transmitiendo a través del canal aguas abajo se reducirá con relación a la amplitud del símbolo cuya frecuencia fundamental estaba dentro del canal aguas abajo. Por tanto, el símbolo será recibido por un número menor de puntos extremos vecinos.

30 Puede recibirse de nuevo datos indicativos del número de nodos vecinos que están recibiendo los símbolos, y el número de puntos extremos vecinos que se están comunicando con la subestación vecina puede analizarse de nuevo para determinar si el número de nodos vecinos que están recibiendo los símbolos está dentro de un rango aceptable (por ejemplo, menos que un número umbral de nodos vecinos). Si el número de nodos vecinos que están recibiendo los símbolos no está dentro del rango aceptable, puede reducirse aún más la frecuencia reducida, según se ha descrito anteriormente. Si el número de nodos vecinos que están recibiendo los símbolos está dentro del rango aceptable, puede seleccionarse la frecuencia reducida como la primera frecuencia fundamental que se utilizará para generar los símbolos. Los símbolos generados a la primera frecuencia fundamental pueden ser filtrados, como se ha descrito con relación a la FIG. 2, y amplificados utilizando el primer factor de amplificación antes de su transmisión a los puntos extremos. Los símbolos filtrados y amplificados generados a la primera frecuencia fundamental tendrán una amplitud menor que los símbolos que se generaron a la frecuencia fundamental inicial, como se describió con referencia a la FIG. 2. Por tanto, los símbolos serán recibidos por un número menor de puntos extremos.

35 Se reciben datos de estado de los puntos extremos (304). En algunas implementaciones, los datos de estado para cada punto extremo especifican un número de errores de bit detectados por el punto extremo. Por ejemplo, cada punto extremo puede estar configurado para calcular una tasa de error de bit (o una tasa de error de símbolo) para los símbolos que utilizan, por ejemplo, técnicas de corrección de error adelantado u otras técnicas de verificación de datos. Los puntos extremos pueden transmitir estos datos de vuelta a la subestación desde la cual se recibió el símbolo para proporcionar a la subestación una indicación de la calidad de la transmisión.

40 En algunas implementaciones, la identidad de un punto extremo desde el que se reciben datos de estado se determina basándose en un canal a través del cual se recibieron los datos de estado. Por ejemplo, puede asignarse a cada punto extremo un canal aguas arriba separado a través del cual el punto extremo debe transmitir datos a la subestación. La subestación puede mantener un índice de canales aguas arriba y un identificador para el punto extremo que tiene asignado comunicarse con la subestación a través de cada uno de los canales aguas arriba. De este modo, cuando la subestación recibe datos de estado a través de un canal particular, la subestación puede determinar, basándose en el índice, la identidad del punto extremo que ha transmitido los datos de estado.

En algunas implementaciones, los datos de estado incluyen datos indicativos de la identidad de un punto extremo. Por ejemplo, los datos de estado pueden incluir datos que especifican un único identificador (por ejemplo, un número de serie u otro identificador único) mediante el cual puede determinarse la identidad del punto extremo. Puede compararse el identificador único con un conjunto de identificadores únicos para los puntos extremos con los que la subestación tiene asignado comunicarse. A su vez, puede determinarse que los datos de estado que especifican identificadores únicos incluidos en el conjunto de identificadores únicos han sido recibidos desde los puntos extremos con los que la subestación tiene asignado comunicarse. Puede determinarse que los datos de estado que especifican identificadores únicos que no están incluidos en el conjunto de identificadores únicos para la subestación son de puntos extremos vecinos.

Se realiza una determinación acerca de si los datos de estado recibidos desde al menos un número umbral de los puntos extremos especifican un número de errores de bit (por ejemplo, un número absoluto de errores de bit o una tasa de error de bit) que supera un número umbral de errores de bit (306). El número umbral de errores de bit puede ser especificado, por ejemplo, por un administrador de la red basándose en el número máximo de errores de bit que pueden producirse a la vez que se recuperan los símbolos con al menos un nivel especificado de confianza. El número umbral de puntos extremos puede ser especificado de manera similar por el administrador de la red basándose, por ejemplo, en un análisis histórico de los datos de error de bit. Por ejemplo, el administrador de la red puede determinar, basándose en datos históricos, que la amplitud de símbolo no contribuye significativamente a los errores de bit a no ser que al menos el 20% de los puntos extremos estén reportando tasas de error de bit que superan un umbral de tasa de error de bit. En este ejemplo, el administrador de la red puede establecer el número umbral de puntos extremos en el 20% de los puntos extremos.

En algunas implementaciones, puede especificarse el número umbral de puntos extremos como un número de todos los puntos extremos desde los cuales se reciben datos de estado. Alternativamente, el número umbral de puntos extremos puede especificarse como un número de solo aquellos puntos extremos que han sido identificados (por ejemplo, basándose en los datos de estado o asignaciones de canal) como puntos extremos con los que la subestación tiene asignado comunicarse.

En respuesta a la determinación de que al menos el número umbral de puntos extremos está reportando una tasa de error de bit que supera el umbral de tasa de error de bit, la primera frecuencia fundamental se ajusta a una segunda frecuencia fundamental que es mayor que la primera frecuencia fundamental (308). En algunas implementaciones, la segunda frecuencia fundamental es una frecuencia a la que un armónico de orden inferior con relación a los armónicos de línea de base está dentro del canal aguas abajo. Como se ha descrito con referencia a la FIG. 2, la amplitud del armónico de orden inferior será mayor que la amplitud del armónico de línea de base. Por tanto, la amplitud del símbolo puede aumentarse mediante la generación de símbolos a la segunda frecuencia fundamental (310), y la transmisión del armónico de orden inferior en lugar de en el armónico de línea de base.

En algunas implementaciones, la amplitud del símbolo también puede aumentarse mediante el ajuste del ciclo de trabajo de las formas de onda que se utilizan para representar los símbolos (312). Por ejemplo, supongamos que se está utilizando una onda cuadrada a la primera frecuencia fundamental para representar los símbolos y que la onda cuadrada tiene un ciclo de trabajo del 25%. En este ejemplo, si se aumenta el ciclo de trabajo de la onda cuadrada hasta el 50%, se puede aumentar la amplitud de los símbolos en aproximadamente un 30%. Por tanto, cuando al menos el número umbral de los puntos extremos está reportando una tasa de error de bit que supera el umbral de tasa de error de bit, puede aumentarse el ciclo de trabajo, y se pueden generar los símbolos utilizando el ciclo de trabajo aumentado (314).

Como se ha descrito anteriormente, el ajuste bien de la primera frecuencia fundamental o del ciclo de trabajo puede provocar cambios en la amplitud de símbolo. En algunas implementaciones, tanto la primera frecuencia fundamental como el ciclo de trabajo se ajustan para conseguir varias amplitudes de símbolo entre el 100% de la amplitud de la primera frecuencia fundamental, y el 0% de la primera frecuencia fundamental. Por ejemplo, la Tabla 1 proporciona ejemplos de amplitudes de símbolo que se pueden conseguir mediante el ajuste de la primera frecuencia fundamental y/o del ciclo de trabajo de una onda cuadrada que se utiliza para representar los símbolos.

Ciclo de trabajo	Componente espectral que está dentro del canal aguas abajo	Amplitud de símbolo (con relación a la amplitud de la frecuencia fundamental)
50%	Frecuencia fundamental	~100%
25%	Frecuencia fundamental	~70%
17%	Frecuencia fundamental	~50%
25%	Segundo armónico	~50%
50%	Segundo armónico	~0%
50%	Tercer armónico	~33%

Tabla 1

Se pueden utilizar otras combinaciones de ciclo de trabajo y frecuencia fundamental para conseguir otras amplitudes de símbolo. Por ejemplo, se puede conseguir una amplitud de símbolo de ~30% de la frecuencia fundamental ajustando primero la frecuencia fundamental a la que un segundo armónico de la frecuencia fundamental está dentro del canal aguas abajo, y disminuyendo el ciclo de trabajo hasta que la amplitud de símbolo es aproximadamente el 30% de la amplitud de la frecuencia fundamental (por ejemplo, aproximadamente el 40% del ciclo de trabajo).

La carga de una red de comunicaciones por línea de potencia (u otra red de comunicaciones) puede cambiar a lo largo del tiempo. Por tanto, la amplitud a la que se transmiten los símbolos puede tener que ajustarse a lo largo del tiempo para asegurar que los símbolos son recuperados con precisión por los puntos extremos a los que están dirigidos los símbolos, al mismo tiempo que no interfieren con el funcionamiento de los puntos extremos vecinos. Por ejemplo, la carga puede continuar aumentando de modo que se determine que un número umbral de los puntos extremos vuelve a experimentar tasas de error de bit que superan un umbral de la tasa de error de bit (306). En respuesta a esta determinación, puede ajustarse de nuevo la frecuencia fundamental (312), como se ha descrito anteriormente, para aumentar la amplitud con la que los símbolos se transmiten a través de la red.

La carga de la red también puede disminuir, lo que puede aumentar la probabilidad de que nodos vecinos comiencen a recibir los símbolos (suponiendo una amplitud de símbolo constante), de modo que los símbolos puedan interferir con el funcionamiento adecuado de los nodos vecinos. Por tanto, puede ser necesario disminuir la amplitud según la cual se transmiten los símbolos a través de la red. Volviendo de nuevo al paso 306, si se determina que un número menor que el número umbral de puntos extremos está reportando una tasa de error de bit que supera el umbral de la tasa de error de bit, se puede determinar si un número umbral de puntos extremos vecinos están recibiendo los símbolos (316), como se ha descrito anteriormente. Por ejemplo, la determinación puede basarse en una determinación acerca de si se están recibiendo datos de estado desde al menos el número umbral de puntos extremos, o recibiendo datos indicativos de un número de puntos extremos vecinos que están recibiendo los símbolos.

Si se determina que el número umbral de puntos extremos vecinos no está recibiendo los símbolos, puede seguir generándose símbolos a la primera frecuencia fundamental (318), y se puede continuar recibiendo los datos de estado de los puntos extremos (304). Sin embargo, si se determina que el número umbral de puntos extremos vecinos está recibiendo los símbolos, puede reducirse la amplitud de los símbolos que se transmiten mediante el ajuste de la primera frecuencia fundamental a una frecuencia inferior y/o ajustando el ciclo de trabajo de las formas de onda que representan los símbolos de un modo similar al descrito anteriormente. En algunas implementaciones, la frecuencia fundamental y/o el ciclo de trabajo puede ajustarse hasta que la amplitud de símbolo está dentro de un objetivo de rango de amplitud (por ejemplo, 27%-30%) con relación a la amplitud de la frecuencia fundamental.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de otro ejemplo de proceso 400 para variar la amplitud de símbolo. El proceso 400 es un proceso mediante el cual un primer símbolo que tiene la primera frecuencia fundamental se hace pasar a través de un filtro que tiene una banda de paso que incluye una frecuencia armónica de la primera frecuencia fundamental. La señal filtrada es amplificada según un factor de amplificación, y se realiza una determinación acerca de si se está produciendo al menos un número umbral de errores de comunicación en los puntos extremos a los que se están transmitiendo los símbolos filtrados. En respuesta a esta determinación, se genera un segundo símbolo que tiene una segunda frecuencia fundamental, se hace pasar a través del filtro, y se amplifica según el factor de amplificación.

El proceso 400 puede implementarse, por ejemplo, mediante el aparato de regulación de amplitud 120, las subestaciones 104, y/o el aparato de gestión de red 112 de la FIG. 1. En algunas implementaciones, un aparato de procesamiento de datos incluye uno o más procesadores que están configurados para llevar a cabo las acciones del proceso 400. En otras implementaciones, un medio legible por ordenador puede incluir instrucciones que, cuando se ejecutan en un ordenador, provocan que el ordenador lleve a cabo las acciones del proceso 400.

Se genera un primer símbolo a una primera frecuencia fundamental (402). En algunas implementaciones, el primer símbolo se genera utilizando una onda cuadrada que tiene la primera frecuencia fundamental, como se describió anteriormente. El primer símbolo puede ser generado, por ejemplo, por el generador de formas de onda 202 de la FIG. 2.

El primer símbolo es filtrado con un filtro que tiene una banda de paso que incluye una frecuencia armónica de la primera frecuencia fundamental (404). Por ejemplo, suponiendo que la primera frecuencia fundamental se selecciona de un modo similar al descrito con referencia a la FIG. 3, el filtro puede tener una banda de paso que incluye el canal aguas abajo a través del cual una subestación se comunica con los puntos extremos, de modo que un armónico de la frecuencia fundamental pasa a través del filtro, y se transmite a los puntos extremos.

El símbolo filtrado es amplificado según un factor de amplificación (406). Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, el símbolo filtrado puede hacerse pasar a través de un amplificador, tal como el amplificador 206, de la FIG. 2. El amplificador puede ajustarse para amplificar el símbolo según un factor de amplificación particular (por ejemplo, un factor de amplificador máximo para el amplificador), de modo que la amplitud del símbolo que se emite

desde el amplificador es mayor que la amplitud del símbolo que se introduce en el amplificador.

El símbolo amplificado es transmitido a través del canal aguas abajo a los puntos extremos, y se realiza una determinación de que al menos un número umbral de errores de comunicación se está produciendo en los puntos extremos a los que se están transmitiendo los símbolos (408). Las comunicaciones pueden incluir, por ejemplo, errores de bit que están experimentando los puntos extremos, así como una recepción de los símbolos por parte de puntos extremos vecinos, como se ha descrito anteriormente.

En respuesta a la determinación de que se está produciendo el número umbral de errores de comunicación, se genera un segundo símbolo a una segunda frecuencia fundamental (410). El segundo símbolo puede incluir los mismos (o diferentes) datos con relación al primer símbolo. Sin embargo, la segunda frecuencia fundamental diferirá de la primera frecuencia fundamental. Como se ha descrito anteriormente, la segunda frecuencia fundamental será una frecuencia para la cual un armónico de la segunda frecuencia fundamental está dentro de la banda de paso del filtro.

El segundo símbolo es filtrado con el filtro (412) y amplificado según sustancialmente el mismo factor de amplificación que el primer símbolo (414).

La FIG. 5 es un diagrama de bloques de un sistema 500 de ejemplo que puede utilizarse para facilitar la variación de amplitud de símbolo, como se ha descrito anteriormente. El sistema 500 incluye un procesador 510, una memoria 520, un dispositivo de almacenamiento 530, y un dispositivo de entrada/salida 540. Cada uno de los componentes 510, 520, 530, y 540 puede interconectarse, por ejemplo, utilizando un bus 550 de sistema. El procesador 510 es capaz de procesar instrucciones para su ejecución en el sistema 500. En una implementación, el procesador 410 es un procesador de hilo único. En otra implementación, el procesador 510 es un procesador multi-hilo. El procesador 510 es capaz de procesar instrucciones almacenadas en la memoria 520 o en el dispositivo de almacenamiento 530.

La memoria 520 almacena información en el sistema 500. En una implementación, la memoria 520 es un medio legible por ordenador. En una implementación, la memoria 520 es una unidad de memoria volátil. En otra implementación, la memoria 520 es una unidad de memoria no volátil.

El dispositivo de almacenamiento 530 es capaz de proporcionar almacenamiento masivo para el sistema 500. En una implementación, el dispositivo de almacenamiento 530 es un medio legible por ordenador. En varias implementaciones diferentes, el dispositivo de almacenamiento 530 puede incluir, por ejemplo, un dispositivo de disco duro, un dispositivo de disco óptico, u otro dispositivo de almacenamiento de gran capacidad.

El dispositivo de entrada/salida 540 proporciona operaciones de entrada/salida para el sistema 500. En una implementación, el dispositivo de entrada/salida 540 puede incluir uno o más dispositivos de interfaz de red, por ejemplo, una tarjeta Ethernet, un dispositivo de comunicación serie, por ejemplo, y un puerto RS-232, y/o un dispositivo de interfaz inalámbrico, por ejemplo una tarjeta 802.11. En otra implementación, el dispositivo de entrada/salida puede incluir dispositivos de controlador configurados para recibir datos de entrada y enviar datos de salida a otros dispositivos de entrada/salida, por ejemplo teclado, impresora y pantalla 560. Se pueden utilizar, sin embargo, otras implementaciones, tales como dispositivos móviles de cálculo, dispositivos móviles de comunicación, dispositivos de cliente de decodificador de televisión, etc.

Aunque en la FIG. 5 se ha descrito un ejemplo de sistema de procesamiento, las implementaciones de la materia y las operaciones funcionales descritas en esta memoria pueden implementarse en otros tipos de circuitería electrónica digital, o bien en software, firmware o hardware de ordenador, incluyendo las estructuras descritas en esta memoria y sus equivalentes estructurales, o en combinaciones de una o más de ellas.

Los modos de realización de la materia y las operaciones descritas en esta memoria pueden implementarse a través de circuitería electrónica digital, o bien mediante software, firmware, o hardware de ordenador, incluyendo las estructuras descritas en esta memoria y sus equivalentes estructurales, o en combinaciones de una o más de ellas. Los modos de realización de la materia descrita en esta memoria se pueden implementar como uno o más programas de ordenador, es decir, uno o más módulos de instrucciones de programa de ordenador, codificados en un medio de almacenamiento de ordenador para su ejecución por, o para controlar el funcionamiento de, un aparato de procesamiento de datos. Alternativamente, o además, las instrucciones de programa pueden codificarse en una señal propagada generada de manera artificial, por ejemplo, una señal de tipo eléctrico, óptico o electromagnético generada por una máquina, que se genera para codificar información para su transmisión a un aparato receptor adecuado para su ejecución por un aparato de procesamiento de datos. Un medio de almacenamiento de ordenador puede ser, o puede incluirse en, un dispositivo de almacenamiento legible por ordenador, un sustrato de almacenamiento legible por ordenador, un dispositivo o matriz de memoria de acceso serie o aleatorio, o una combinación de uno o más de los mismos. Además, aunque un medio de almacenamiento de ordenador no es una señal propagada, un medio de almacenamiento de ordenador puede ser un origen o destino de unas instrucciones de programa de ordenador codificadas en una señal propagada generada de manera artificial. El medio de almacenamiento de ordenador también puede ser, o puede incluirse en, uno o más componentes o medios físicos separados (por ejemplo, varios CDs, discos, u otros dispositivos de almacenamiento).

Las operaciones descritas en esta memoria pueden implementarse como operaciones llevadas a cabo por un aparato de procesamiento de datos sobre datos almacenados en uno o más dispositivos de almacenamiento legibles por ordenador o recibidos desde una o más fuentes.

5 El término “aparato de procesamiento de datos” abarca todos los tipos de aparatos, dispositivos y máquinas para procesar datos, incluyendo a modo de ejemplo un procesador programable, un ordenador, un sistema en un chip, o varios, o combinaciones, de los anteriores. El aparato puede incluir circuitería lógica de propósito específico, por ejemplo, una FPGA (Matriz de Puertas de Campo Programable, Field Programmable Gate Array) o un ASIC (Circuito Integrado de Aplicación Específica, Application-Specific Integrated Circuit). El aparato también puede incluir, además de hardware, código que crea un entorno de ejecución para el programa de ordenador en cuestión, por ejemplo, código que constituye firmware de procesador, una pila de protocolos, un sistema de gestión de bases de datos, un sistema operativo, un entorno de ejecución multi-plataforma, una máquina virtual, o una combinación de uno o más de los mismos. El aparato y el entorno de ejecución pueden llevar a cabo diferentes modelos de infraestructura de computación, tales como servicios web, computación distribuida e infraestructuras de computación en red.

20 Un programa de ordenador (también conocido como programa, software, aplicación de software, script o código) puede estar escrito en cualquier forma de lenguaje de programación, incluyendo lenguajes compilados o interpretados, lenguajes declarativos o de procedimiento, y puede estar dispuesto de cualquier forma, incluyendo un programa autónomo o como un módulo, componente, subrutina, objeto u otra unidad para su uso en un entorno de computación. Un programa de ordenador puede, aunque no necesariamente, corresponder a un archivo en un sistema. Un programa puede almacenarse en una porción de un archivo que almacena otros programas o datos (por ejemplo, uno o más scripts almacenados en un programa de lenguaje de marcas), en un único archivo dedicado al programa en cuestión, o en múltiples archivos coordinados (por ejemplo, archivos que almacenan uno o más módulos, sub-programas o porciones de código). Un programa de ordenador puede estar dispuesto de modo que se ejecute en un ordenador o en múltiples ordenadores que estén dispuestos en un lugar o distribuidos en varios lugares e interconectados por una red de comunicación.

30 Los procesos y flujos lógicos que se describen en esta memoria pueden llevarse a cabo mediante uno o más procesadores programables que ejecutan uno o más programas de ordenador para llevar a cabo las acciones operando sobre unos datos de entrada y generando unos datos de salida. Los procesos y flujos lógicos pueden llevarse a cabo también mediante, y los aparatos también pueden implementarse como, circuitería lógica de propósito especial, por ejemplo, una FPGA (Matriz de Puertas de Campo Programable, Field Programmable Gate Array) o un ASIC (Circuito Integrado de Aplicación Específica, Application-Specific Integrated Circuit).

35 Procesadores adecuados para la ejecución de un programa de ordenador incluyen, a modo de ejemplo, microprocesadores tanto de propósito general como especial, y cualquiera de uno o más procesadores de cualquier tipo de ordenador digital. Generalmente, un procesador recibirá instrucciones y datos de una memoria de solo lectura o una memoria de acceso aleatorio o ambas. Los elementos esenciales de un ordenador son un procesador para llevar a cabo acciones de acuerdo con unas instrucciones y uno o más dispositivos de memoria para almacenar las instrucciones y datos. En general, un ordenador también incluirá, o estará operativamente acoplado para recibir datos de, o transferir datos a, o ambos, uno o más dispositivos de almacenamiento masivo para almacenar datos, por ejemplo, discos magnéticos o magnético-ópticos, o discos ópticos. Sin embargo, no es imprescindible que un ordenador tenga tales dispositivos.

45 Dispositivos adecuados para almacenar instrucciones de programa de ordenador y datos incluyen todas las formas de memoria no volátil, medios y dispositivos de memoria, incluyendo a modo de ejemplo dispositivos de memoria de semiconductor, por ejemplo, dispositivos EPROM, EEPROM, y de memoria flash; discos magnéticos, por ejemplo, discos duros internos o discos extraíbles; discos magnético-ópticos; y discos CD-ROM y DVD-ROM. El procesador y la memoria pueden estar suplementados por, o incorporados en, circuitería lógica de propósito especial.

50 Para permitir la interacción con el usuario, los modos de realización de la materia descrita en esta memoria pueden implementarse en un ordenador que tiene un dispositivo de visualización, por ejemplo, un monitor CRT (Tubo de Rayos Catódicos, Cathode Ray Tube) o LCD (Pantalla de Cristal Líquido, Liquid Crystal Display), para mostrar información al usuario y un teclado y un dispositivo puntero, por ejemplo, un ratón o una bola de seguimiento, mediante los cuales el usuario puede introducir entradas en el ordenador. Se pueden utilizar otros tipos de dispositivos para permitir también la interacción con un usuario; por ejemplo, la realimentación proporcionada al usuario puede adoptar cualquier forma de realimentación sensible, por ejemplo, realimentación visual, realimentación auditiva, o realimentación táctil; y las entradas del usuario pueden recibirse de cualquier forma, incluyendo entradas acústicas, de voz, o táctiles. Además, un ordenador puede interactuar con un usuario mediante el envío de documentos a, y la recepción de documentos de, un dispositivo utilizado por el usuario; por ejemplo, enviando páginas web a un navegador web en un dispositivo cliente del usuario en respuesta a solicitudes recibidas del navegador web.

65 Aunque esta memoria contiene múltiples detalles específicos de implementación, éstos no deben interpretarse como limitaciones sobre el ámbito de cualquier invención o de lo que se reivindica, sino más bien como descripciones de

- 5 características específicas a modos de realización particulares de invenciones particulares. Ciertas características que se describen en esta memoria en el contexto de modos de realización separados también pueden implementarse en combinación en un único modo de realización. Inversamente, varias características que se describen en el contexto de un único modo de realización también pueden implementarse de manera separada en múltiples modos de realización o en cualquier sub-combinación adecuada. Además, aunque anteriormente pueden describirse características que actúan en ciertas combinaciones e incluso que inicialmente se reivindican como tales, una o más características de una combinación reivindicada puede en algunos casos ser extraída de la combinación, y la combinación reivindicada puede dirigirse a una sub-combinación o variación de una sub-combinación.
- 10 Similarmente, aunque las operaciones se muestran en las figuras de acuerdo con un orden particular, esto no debe interpretarse como un requisito de que tales operaciones se realicen en el orden particular mostrado o en orden secuencial, o de que se realicen todas las operaciones ilustradas, para conseguir los resultados deseados. En ciertas circunstancias, puede ser ventajoso el procesamiento multitarea o en paralelo. Además, la separación de
- 15 varios componentes del sistema en los modos de realización descritos anteriormente no debe interpretarse como un requisito de dicha separación en todos los modos de realización, y se debería interpretar que los sistemas y componentes de programa descritos pueden generalmente integrarse juntos en un único producto de software o empaquetarse en múltiples productos de software.
- 20 Por tanto, se han descrito modos de realización particulares de la materia. Otros modos de realización están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones. En algunos casos, las acciones descritas en las reivindicaciones pueden llevarse a cabo en un orden diferente e igualmente conseguir resultados deseables. Además, los procesos mostrados en las figuras adjuntas no requieren necesariamente el orden particular mostrado, o un orden secuencial, para conseguir resultados deseables. En ciertas implementaciones, puede ser ventajoso el procesamiento multitarea y en paralelo.
- 25

REIVINDICACIONES

1. Un sistema, que comprende:
 un generador de símbolos (105) que incluye:
 5 un generador de formas de onda (202) configurado para emitir formas de onda a una pluralidad de frecuencias fundamentales (214) seleccionables y con un ciclo de trabajo seleccionable;
 y
 un filtro paso banda (204) que tiene una banda de paso que está dentro de un canal de comunicaciones de una red de comunicaciones de líneas de potencia (101);
 10 un aparato de procesamiento de datos operable para interactuar con el generador de símbolos y para llevar a cabo operaciones que comprenden:
 determinar que al menos un número umbral de puntos extremos (102) que reciben símbolos del generador de símbolos (105) están experimentando el mismo tipo de error de transmisión; y
 en respuesta a la determinación, hacer que el generador de formas de onda (202) ajuste la frecuencia fundamental donde la frecuencia fundamental se ajusta a una frecuencia que no está dentro de la banda de paso y que tiene un armónico que está dentro de la banda de paso.

2. El sistema de la reivindicación 1, donde el aparato de procesamiento de datos es además operable para llevar a cabo operaciones que incluyen:
 20 recibir datos de calidad de transmisión que especifican una tasa de error de bit para los símbolos que fueron generados por el generador de símbolos (105) y recibidos por los puntos extremos (102), donde determinar que al menos un número umbral de puntos extremos están experimentando un mismo tipo de error de transmisión comprende determinar que al menos el número umbral de puntos extremos están detectando una tasa de error de bit que supera un umbral de tasa de error de bit.

3. El sistema de la reivindicación 2, donde el aparato de procesamiento de datos es operable para ajustar la frecuencia fundamental (214) mediante su configuración para provocar que el generador de formas de onda (202) aumente la frecuencia fundamental (214) en respuesta a la determinación de que al menos el número umbral de puntos extremos están detectando la tasa de error de bit que supera el umbral de tasa de error de bit.

4. El sistema de la reivindicación 1, donde el aparato de procesamiento de datos es además operable para llevar a cabo operaciones que incluyen:
 recibir datos de calidad de transmisión que especifican que un número de puntos extremos (102) vecinos con los que una subestación (104) vecina se está comunicando ha disminuido con relación a un número de puntos extremos vecinos con los que la subestación vecina tiene asignado comunicarse, donde
 35 determinar que al menos un número umbral de puntos extremos están experimentando un mismo tipo de error de transmisión comprende determinar que al menos el número umbral de puntos extremos vecinos con los que los puntos extremos vecinos se están comunicando ha disminuido más que una cantidad umbral.

5. El sistema de la reivindicación 4, donde el aparato de procesamiento de datos es operable para provocar que el generador de formas de onda (202) ajuste la frecuencia fundamental (214) mediante su configuración para hacer que el generador de formas de onda (202) disminuya la frecuencia fundamental (214) en respuesta a la determinación de que al menos el número umbral de puntos extremos (102) vecinos con los que se están comunicando los puntos extremos vecinos ha disminuido más que una cantidad umbral.

6. El sistema de la reivindicación 5, donde el aparato de procesamiento de datos es operable para provocar que el generador de formas de onda (202) ajuste la frecuencia fundamental (214) mediante su configuración para hacer que el generador de formas de onda (202) disminuya tanto la frecuencia fundamental (214) como un ciclo de trabajo en respuesta a la determinación de que al menos el número umbral de puntos extremos (102) vecinos con los que los puntos extremos vecinos se están comunicando ha disminuido más que una cantidad umbral.

7. El sistema de la reivindicación 2, donde el aparato de procesamiento de datos es operable para provocar que el generador de formas de onda (202) ajuste un ciclo de trabajo mediante su configuración para hacer que el generador de formas de onda (202) disminuya el ciclo de trabajo en respuesta a la determinación de que al menos el número umbral de puntos extremos (102) vecinos con los que los puntos extremos vecinos se están comunicando ha disminuido más que una cantidad umbral.

8. Un procedimiento llevado a cabo por un aparato de procesamiento de datos para comunicar datos a través de una red de líneas de potencia, comprendiendo el procedimiento:
 60 seleccionar una primera frecuencia fundamental (214) para símbolos transmitidos a puntos extremos (102) en un sistema de comunicaciones para comunicar datos a través de la red de líneas de potencia, seleccionándose la primera frecuencia fundamental (214) de modo que un armónico de línea de base (216) de la primera frecuencia fundamental (214) está dentro de un canal aguas abajo a través del cual se transfieren datos desde una subestación (104) a los puntos extremos (102), siendo el armónico de línea de base (216) al menos un segundo armónico de la primera frecuencia fundamental;
 65 recibir datos de estado de los puntos extremos (102), especificando los datos de estado para cada punto

- extremo un número de errores de bit detectados por el punto extremo;
 determinar que los datos de estado de al menos un número umbral de los puntos extremos especifican un número de errores de bit que supera un número umbral de errores de bit; y
 ajustar la primera frecuencia fundamental (214) a una segunda frecuencia fundamental que es mayor que la primera frecuencia fundamental (214) siendo la segunda frecuencia fundamental una frecuencia que no está dentro del canal aguas abajo y a la cual un armónico inferior al armónico de línea de base (216) está dentro del canal aguas abajo.
- 5
9. El procedimiento de la reivindicación 8, donde:
 recibir datos de estado comprende además recibir, de cada uno de los puntos extremos (102), datos de estado que son indicativos de la identidad del punto extremo; y
 determinar que los datos de estado de al menos un número umbral de los puntos extremos especifican un número de errores de bit que supera un número umbral de errores de bit comprende:
 identificar, basándose en los datos de estado, los puntos extremos (102) con los que la subestación tiene asignado comunicarse mediante el uso de identificadores asignados de manera única a los correspondientes puntos extremos; y
 determinar que los datos de estado para al menos el número umbral de los puntos extremos identificados especifican un número de errores de bit que supera el número umbral de errores de bit.
- 10
10. El procedimiento de la reivindicación 8 o reivindicación 9, que además comprende:
 determinar que se están recibiendo datos de estado de al menos un número umbral de puntos extremos (102) vecinos, siendo cada punto extremo vecino un punto extremo con el que la subestación (104) no tiene asignado comunicarse; y
 ajustar la primera frecuencia fundamental (214) a una tercera frecuencia fundamental, siendo la tercera frecuencia fundamental una frecuencia a la que un armónico superior al armónico de línea de base (216) está dentro del canal aguas abajo.
- 15
11. El procedimiento de la reivindicación 10, donde determinar que se están recibiendo datos de estado de al menos el número umbral de puntos extremos vecinos comprende:
 recibir datos que indican que un número de puntos extremos (102) con los que una subestación (104) vecina se está comunicando ha disminuido con relación a un número de puntos extremos con los que la subestación vecina tiene asignado comunicarse; y
 determinar que el número de puntos extremos con los que la subestación vecina se está comunicando ha disminuido más que una cantidad umbral.
- 20
12. El procedimiento de la reivindicación 8, que además comprende:
 transmitir los símbolos a los puntos extremos (102), teniendo los símbolos una frecuencia fundamental (214) inicial que está dentro del canal aguas abajo y siendo transmitidos según un primer factor de amplificación;
 determinar que al menos un número umbral de puntos extremos (102) vecinos están recibiendo los símbolos, siendo cada punto extremo vecino un punto extremo con el que la subestación (104) no tiene asignado comunicarse, donde
 seleccionar la primera frecuencia fundamental comprende:
 reducir la frecuencia fundamental (214) inicial a una frecuencia reducida a la que un armónico de la frecuencia reducida está dentro del canal aguas abajo;
 determinar que los símbolos se están recibiendo de un número menor que el número umbral de puntos extremos vecinos; y
 seleccionar la frecuencia reducida para que sea la primera frecuencia fundamental; y
 transmitir los símbolos a los puntos extremos según el primer factor de amplificación, generándose los símbolos a la primera frecuencia fundamental.
- 25
13. El procedimiento de la reivindicación 8, que además comprende, después del ajuste de la primera frecuencia fundamental (214), ajustar un ciclo de trabajo de la segunda frecuencia fundamental hasta que una amplitud del símbolo esté dentro de un rango de amplitud objetivo.
- 30
14. Un procedimiento llevado a cabo por un aparato de procesamiento de datos, comprendiendo el procedimiento:
 transmitir símbolos desde una subestación (104) a unos puntos extremos (102) en una red de comunicaciones de líneas de potencia (101), siendo los símbolos transmitidos a una primera frecuencia (216) y amplificados según un factor de amplificación, siendo la primera frecuencia un armónico de una frecuencia fundamental (214) para los símbolos, estando el armónico dentro de un canal aguas abajo a través del cual la subestación (104) se comunica con los puntos extremos (102);
 recibir datos de calidad de transmisión que especifican una medida de la calidad de transmisión para los símbolos;
 determinar que al menos un número umbral de puntos extremos (102) en la red (101) de comunicaciones están experimentando un mismo tipo de error de transmisión;
 ajustar la frecuencia fundamental (214) basándose en el tipo de error de transmisión, ajustándose la
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

frecuencia fundamental (214) a una frecuencia que no está dentro del canal aguas abajo y de modo que un armónico diferente de la frecuencia fundamental ajustada está dentro del canal aguas abajo; y transmitir los símbolos a través del canal aguas abajo, siendo los símbolos generados a la frecuencia fundamental y amplificadas según el factor de amplificación.

5

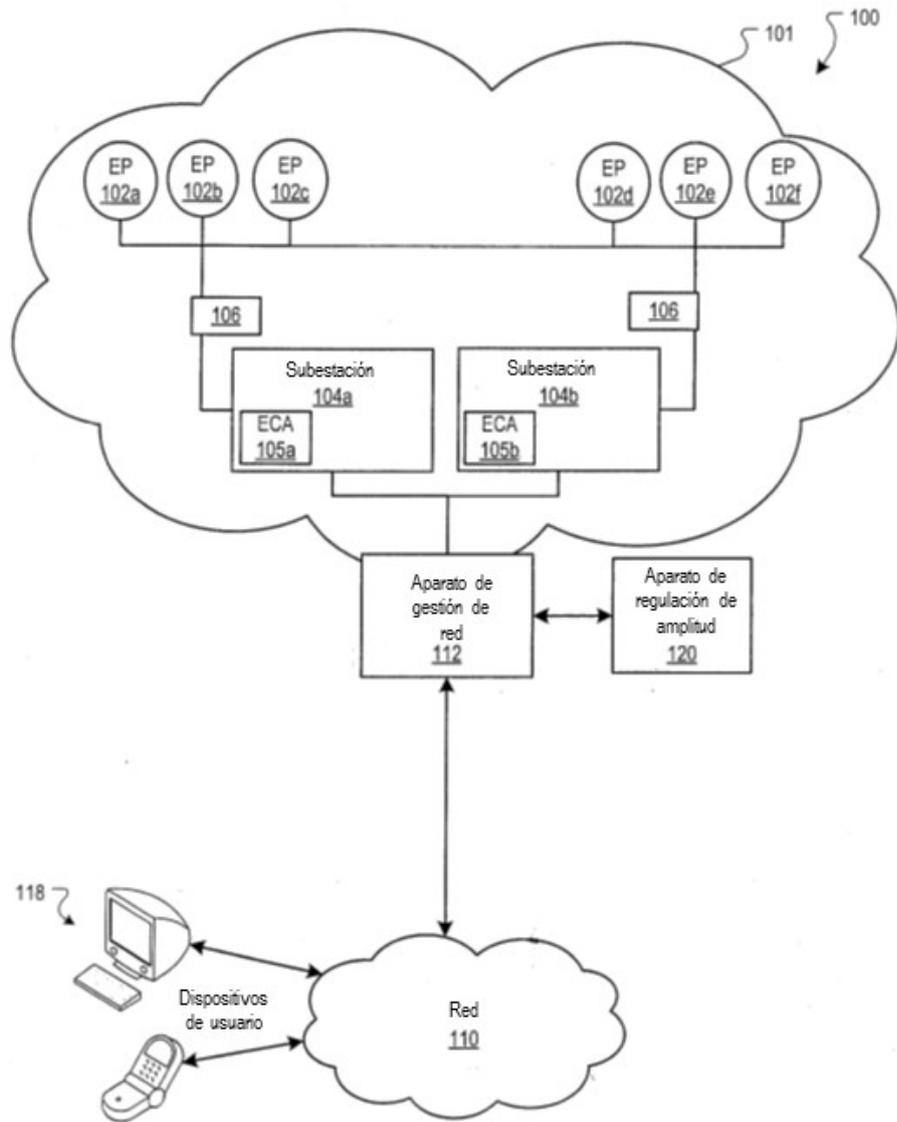


FIG. 1

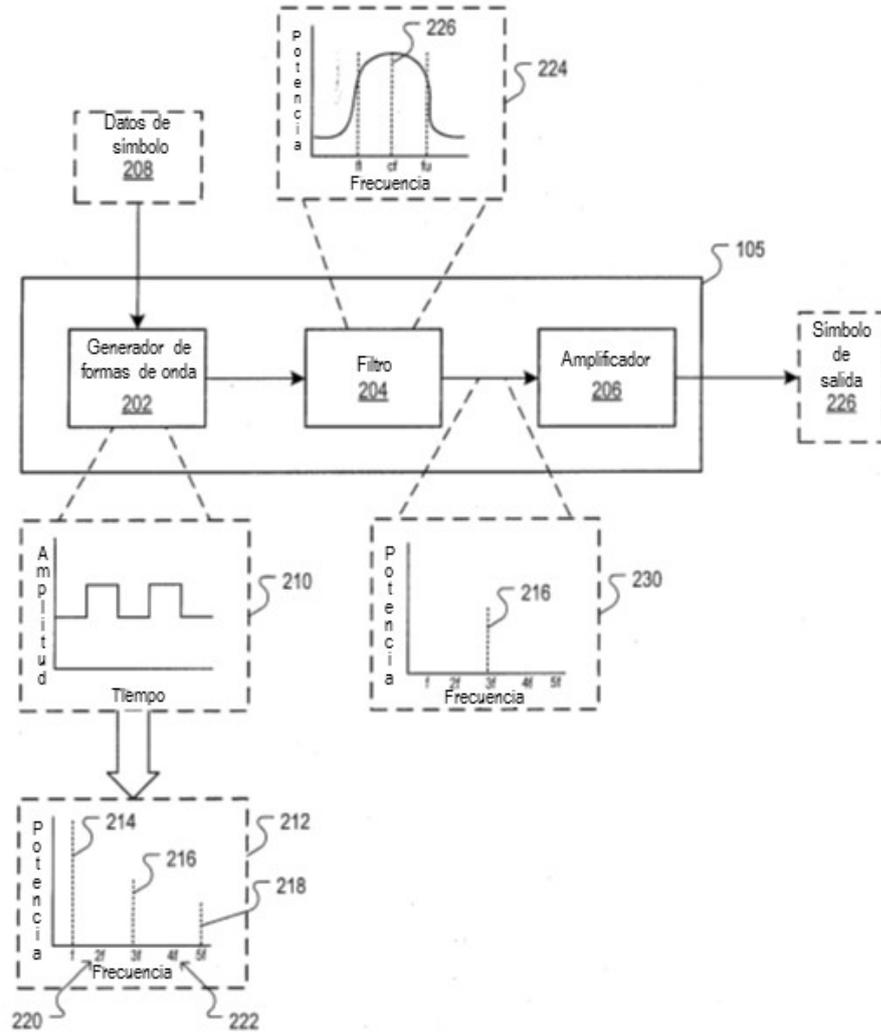


FIG. 2

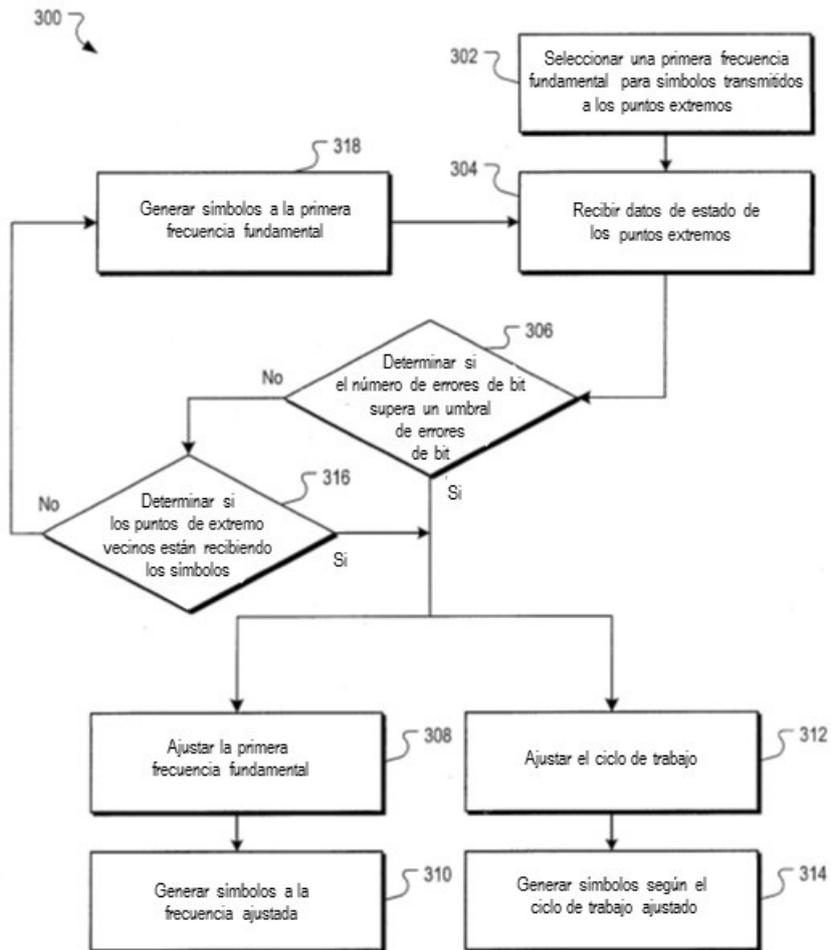


FIG. 3

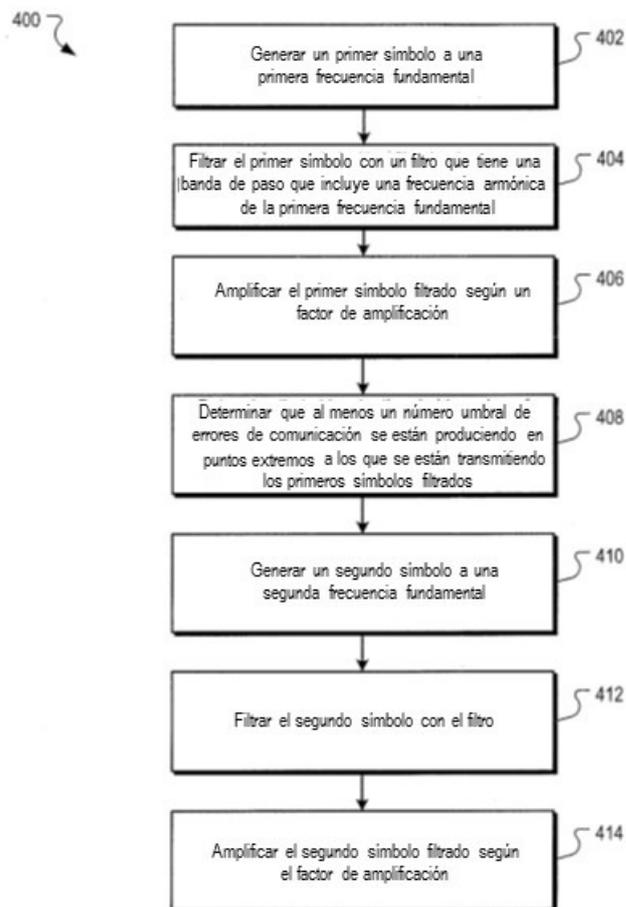


FIG. 4

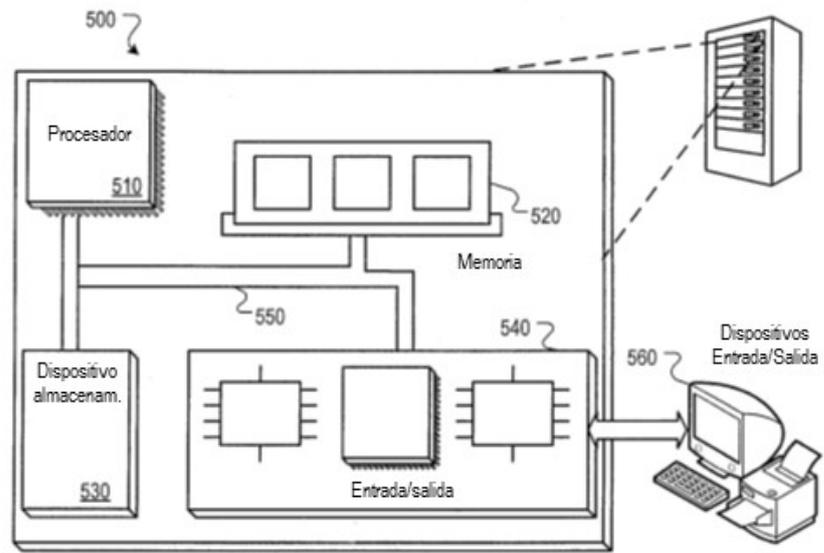


FIG. 5