

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 560**

51 Int. Cl.:

H04B 3/54

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2014 PCT/EP2014/053430**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.09.2014 WO14139775**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2014 E 14709208 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018 EP 2974053**

54 Título: **Método, aparato y programa informático para transmitir y/o recibir señales a través de una red eléctrica**

30 Prioridad:

15.03.2013 GB 201304828
16.04.2013 GB 201306894

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

10.04.2019

73 Titular/es:

REACTIVE TECHNOLOGIES LIMITED (100.0%)
9400 Garsington Road Oxford Business Park
Oxford, Oxfordshire OX4 2HN, GB

72 Inventor/es:

HUOMO, HEIKKI

74 Agente/Representante:

CAMPELLO ESTEBARANZ, Reyes

ES 2 708 560 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

Método, aparato y programa informático para transmitir y/o recibir señales a través de una red eléctrica

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a métodos, aparatos y programas informáticos para transmitir y/o recibir señales dentro de una red eléctrica.

10 Antecedentes

Se conocen sistemas de comunicación para transmitir y/o recibir datos a través de una red eléctrica. La transmisión de datos a través de una red eléctrica es ventajosa porque utiliza la infraestructura existente como medio de transmisión. Dado que la mayoría de las instalaciones que necesitan un enlace de comunicaciones ya están
 15 conectadas a la red eléctrica, un usuario puede conectarse al enlace de comunicaciones sin que sea necesaria ninguna infraestructura adicional. Además, la cantidad de usuarios que ya están conectados a la red eléctrica, y la cantidad de puntos en los que se puede conectar a la red eléctrica, es grande y, por lo tanto, la infraestructura de la red eléctrica proporciona una red flexible a través de la cual la comunicación puede establecerse.

20 Típicamente, en tal sistema de comunicación de este tipo, una señal de datos que comprende una onda portadora modulada se superpone a una señal de potencia de CA. Típicamente, la señal de datos superpuesta se modula a una frecuencia muy superior a la frecuencia de red de la red eléctrica. Por ejemplo, una señal de datos en el rango de frecuencia de kHz a MHz puede superponerse a una señal de red con una frecuencia de red de nominalmente 50 o 60 Hz.

25 El documento de patente WO2009/149461 describe un sistema en el que un modulador, conectado entre un generador de potencia y un dispositivo del consumidor, incrusta una firma en una señal de potencia suministrada al dispositivo del consumidor. La firma y la señal de potencia se pueden separar en el dispositivo del consumidor.

30 El documento de patente WO 2006/133152 describe un sistema en el que una señal de mensaje se modula en una portadora y se transmite a través de una línea eléctrica que transporta la potencia de red dentro de un edificio. La frecuencia de las señales moduladas es mucho mayor que la frecuencia de red, y se detecta después de filtrarse por un condensador que bloquea la frecuencia de red.

35 Dichos métodos para transmitir y/o recibir datos dentro de una red eléctrica a menudo tienen un alcance limitado debido a que las líneas eléctricas convencionales que transportan la señal de potencia de CA y, por lo tanto, llevan la señal de datos, están diseñadas para ser eficientes a las frecuencias de red y tienden a atenuar frecuencias superiores a la frecuencia de red. Además, otros componentes en la infraestructura de la red eléctrica, tales como los transformadores, también están diseñados para funcionar a las frecuencias de red y, por consiguiente, no
 40 transmiten eficientemente las señales de las frecuencias más altas. Por lo tanto, normalmente es necesario proporcionar una ruta alrededor de dichos componentes de la red eléctrica para evitar la pérdida en la intensidad de la señal y/o la reducción de la calidad de las señales de datos. Esto aumenta el coste y la complejidad de un sistema de comunicaciones que está destinado a aprovechar la infraestructura existente.

45 También se conocen sistemas que causan variaciones en la frecuencia fundamental del suministro, que pueden detectarse. Dichos sistemas típicamente controlan la velocidad de rotación de las turbinas que suministran potencia a la red para provocar un cambio en la frecuencia nominal. Debido a la inercia de la llamada "generación de giro", los cambios a una frecuencia nominal de la red son relativamente lentos (en el orden de decenas de segundos). Además, las variaciones de frecuencia deben distinguirse fácilmente de las variaciones de fondo de la frecuencia de
 50 red nominal que son típicas en las redes de energía eléctrica (denominadas en lo sucesivo en el presente documento como ruido), que típicamente requieren que la frecuencia fundamental se varíe en 100 mHz o más. Esto reduce el número de estados de frecuencia disponibles debido a que los operadores de red están obligados a controlar la frecuencia dentro de los límites especificados (típicamente dentro de un pequeño porcentaje de la frecuencia de red nominal) y los estados que están fuera de esos límites activarán una respuesta de estabilización
 55 de frecuencia, tal como el desbordamiento de carga o la conexión de reservas de generación.

"Broadcast Communication by System Frequency Modulation", SMART GRID COMMUNICATIONS (SMARTGRIDCOMM), 2012 IEEE THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 5 de noviembre de 2012, páginas 199-204, XP032347458, DOI:10.1109, SMARTGRIDCOMM.2012.6485983, ISBN:978-1-4673-0910-3

describe un sistema en el que el operador del sistema puede comunicar un estado del sistema a recursos de energía de distribución sensibles a la frecuencia (FS-DER) cambiando los puntos de ajuste de frecuencia aplicados a un generador para cambiar la frecuencia del sistema a un valor no nominal. Los FS-DER muestrean la frecuencia del sistema y determinan el estado del sistema comparando la frecuencia muestreada con un punto de ajuste de frecuencia previamente acordado.

Es un objeto de la presente invención mitigar al menos algunos de los problemas de la técnica anterior.

Resumen

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para decodificar, en un dispositivo de recepción, información codificada en una modulación de frecuencia de una frecuencia de red de electricidad que fluye en un área síncrona de una red eléctrica, comprendiendo el método:

medir, en el dispositivo de recepción, una característica relacionada con la frecuencia de red para obtener una señal de frecuencia de red que comprende la modulación de frecuencia; acceder a datos indicativos de uno o más patrones de código predeterminados; realizar un proceso de correlación, en el dispositivo de recepción, para determinar una correlación entre al menos una porción de la señal de frecuencia de red y al menos uno del uno o más patrones de código predeterminados; y decodificar la información codificada en base a la correlación determinada.

En algunas formas de realización, el dispositivo de recepción comprende un almacén de datos que almacena el uno o más patrones de código predeterminados, y el método comprende acceder al almacén de datos para acceder al uno o más patrones de código predeterminados.

En algunas formas de realización, el dispositivo de recepción comprende un almacén de datos que almacena uno o más identificadores, y dicha modulación de frecuencia incluye un identificador de un dispositivo de recepción o grupo de dispositivos de recepción, y el método comprende: determinar si el identificador incluido en la modulación de frecuencia corresponde al uno o más del uno o más identificadores almacenados en el almacén de datos; y procesar la señal recibida basándose en la determinación.

En algunas formas de realización, la decodificación comprende extraer datos de la señal en respuesta a la determinación de que el identificador incluido en la señal corresponde a uno o más del uno o más identificadores almacenados en el almacén de datos.

En algunas formas de realización, el dispositivo de recepción comprende un almacén de datos que comprende datos que indican una o más acciones predefinidas, y el método comprende realizar dicha una o más acciones predefinidas en respuesta a una determinación de que el identificador incluido en la modulación de frecuencia corresponde a la una o más del uno o más identificadores almacenados en el almacén de datos.

En algunas formas de realización, la una o más acciones predefinidas incluyen una o más de: alterar una configuración del dispositivo de recepción; alterar una configuración de un dispositivo de potencia asociado con el dispositivo de recepción; ejecutar un programa en el dispositivo de recepción; detener un programa en el dispositivo de recepción; y almacenar datos en un almacén de datos del dispositivo de recepción.

En algunas formas de realización, la modulación de frecuencia comprende información de tiempo e información adicional, diferente de la información de tiempo, y el método comprende procesar la información adicional sobre la base de la información de tiempo. La modulación de frecuencia puede comprender una modulación de desplazamiento de fase, y el método puede comprender extraer la información de tiempo de la modulación de frecuencia basándose en la modulación de desplazamiento de fase.

En algunas formas de realización, el método comprende controlar, en el dispositivo de recepción, una serie de ciclos del flujo de energía eléctrica en la red que han transcurrido desde un punto de inicio dado; y determinar la información de tiempo para el proceso de correlación sobre la base de dicho control.

En algunas formas de realización, el método comprende realizar el proceso de correlación de acuerdo con una programación predeterminada, identificando la programación una sincronización para el rendimiento del proceso de correlación sobre la base de una serie de ciclos del flujo de energía eléctrica que han transcurrido desde un punto de

inicio dado.

En algunas formas de realización, la modulación de frecuencia comprende información que indica varios ciclos de dicho flujo de energía eléctrica que han transcurrido desde un punto de inicio dado.

5

En algunas formas de realización, el proceso de correlación comprende un proceso de filtrado.

En algunas formas de realización, el proceso de correlación comprende correlacionar una base de tiempo de la modulación de frecuencia con una base de tiempo del uno o más patrones de código predeterminados.

10

En algunas formas de realización, el proceso de correlación comprende una correlación de un patrón de bits de la modulación de frecuencia con un patrón de bits del uno o más patrones de código predeterminados.

En algunas formas de realización, el proceso de correlación comprende extraer datos transmitidos por una pluralidad de dispositivos de transmisión y determinar a partir de cuál de la pluralidad de dispositivos de transmisión se transmitieron los datos extraídos.

15

En algunas formas de realización, los datos transmitidos por diferentes dispositivos de la pluralidad de dispositivos de transmisión se reciben en el dispositivo de recepción en diferentes momentos.

20

En algunas formas de realización, el método comprende mantener una base de datos que almacena identificadores de la pluralidad de dispositivos de transmisión y comparar los datos de identificación extraídos de la modulación de frecuencia con dichos identificadores almacenados de la pluralidad de dispositivos de transmisión.

25 En algunas formas de realización, el método comprende:

determinar que los datos se reciben de dos o más de la pluralidad de dispositivos de transmisión dentro de un marco de tiempo predefinido; y

transmitir una solicitud a cada uno de dichos dos o más dispositivos de transmisión para retransmitir dichos datos en respuesta a la determinación de que se han recibido datos de dichos dos o más dispositivos de recepción dentro de dicho marco de tiempo.

30

En algunas formas de realización, el método comprende transmitir un acuse de recibo a uno determinado de la pluralidad de dispositivos de transmisión en respuesta a la determinación de que se han recibido datos de ese dispositivo de transmisión.

35

En algunas formas de realización, el dispositivo de recepción comprende una interfaz de comunicaciones para recibir comunicaciones a través de un medio de comunicaciones adicional, diferente de la red eléctrica, y el método comprende iniciar comunicaciones con un dispositivo adicional a través del medio de comunicaciones adicional en respuesta a la decodificación de dicha información.

40

En algunas formas de realización, el dispositivo de recepción comprende una interfaz de comunicaciones para comunicaciones a través de un medio de comunicaciones adicional, diferente de la red eléctrica, y el método comprende:

45

enviar un mensaje de solicitud a un dispositivo adicional a través de las comunicaciones para iniciar comunicaciones con el mismo, por lo que dicho dispositivo adicional inicia dicha modulación de frecuencia para codificar dicha información para la decodificación por el dispositivo de recepción; y

comunicándose el dispositivo de recepción con el dispositivo adicional a través del medio de comunicaciones en base a la información descodificada.

50

En algunas formas de realización, la modulación de frecuencia comprende datos de autenticación para autenticar el dispositivo de recepción en el dispositivo adicional para iniciar comunicaciones a través del medio de comunicaciones adicional.

55

En algunas formas de realización, el método comprende transmitir los datos de autenticación desde el dispositivo de recepción al dispositivo adicional para iniciar las comunicaciones a través del medio de comunicaciones adicional.

En algunas formas de realización, la modulación de frecuencia comprende datos de configuración para configurar el

dispositivo de recepción para recibir datos desde el dispositivo adicional a través del medio de comunicaciones adicional.

En algunas formas de realización, el medio de comunicaciones adicional es un medio de comunicaciones basado en el Protocolo de Internet (IP).

En algunas formas de realización, la frecuencia de red está sujeta a fluctuaciones de ruido aleatorias de modo que la frecuencia de red varía con el tiempo dentro de un rango de frecuencia y la modulación de frecuencia tiene una variación de frecuencia con respecto a la frecuencia de red que es menor que dicho rango de frecuencia.

10

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo de recepción para decodificar información codificada en una modulación de frecuencia de una frecuencia de red de electricidad que fluye en un área síncrona de una red eléctrica, comprendiendo el receptor:

15

un medio de medición dispuesto para medir una característica relacionada con la frecuencia de red para obtener una señal de frecuencia de red que comprende la modulación de frecuencia; acceso a un almacén de datos dispuesto para almacenar datos indicativos de uno o más patrones de código predeterminados; y

20

un medio de procesamiento dispuesto para realizar un proceso de correlación para determinar una correlación entre al menos una porción de la señal de frecuencia de red y al menos uno del uno o más patrones de código predeterminados, y para decodificar la información codificada sobre la base de correlación determinada.

El dispositivo de recepción del segundo aspecto puede adaptarse para proporcionar características correspondientes a cualquiera de las del primer aspecto.

La recepción de información a través de la modulación de una frecuencia de red permite que la información se transmita fácilmente dentro de un área síncrona de la red eléctrica. Por ejemplo, la información puede ser transmitida a través de uno más transformadores.

30

Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de las formas de realización preferidas de la invención, dadas solo a modo de ejemplo, que se hace con referencia a los dibujos adjuntos.

35 **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra una red eléctrica síncrona en la que se puede implementar la invención;

40

la Figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra un transmisor de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

la Figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra un receptor de acuerdo con una forma de realización de la presente invención;

la Figura 4a es un gráfico que muestra la relación entre la generación de potencia/equilibrio de consumo y la frecuencia de red en una red eléctrica;

45

la Figura 4b es un gráfico que muestra la relación entre la generación de potencia modulada/equilibrio de consumo y la modulación de frecuencia de red resultante en una red eléctrica;

la Figura 5 es un gráfico que muestra cómo se puede modular el flujo de energía hacia/desde un dispositivo de potencia;

la Figura 6 es un diagrama esquemático que ilustra un controlador;

50

la Figura 7 es un diagrama de flujo que muestra un método ejemplar para sincronizar un receptor y recibir datos;

la Figura 8 muestra una señal piloto de sincronización ejemplar;

la Figura 9 muestra un marco de datos ejemplar; y

la Figura 10 ilustra la propagación de bits ejemplar para la transmisión de información.

55

Descripción detallada

La Figura 1 muestra una red eléctrica ejemplar 100 en la que se puede implementar una forma de realización de la presente invención. La red eléctrica 100 comprende una red de transmisión 102 y una red de distribución 104.

La red de transmisión 102 está conectada a los generadores de potencia 106, que pueden ser centrales nucleares o centrales de gas, por ejemplo, desde las cuales transmite grandes cantidades de energía eléctrica a tensiones muy altas (típicamente del orden de cientos de kV), a través de líneas eléctricas tales como líneas eléctricas aéreas, a la red de distribución 104.

La red de transmisión 102 está conectada a la red de distribución 104 a través de un transformador 108, que convierte el suministro eléctrico a una tensión más baja (típicamente del orden de 50 kV) para su distribución en la red de distribución 104.

La red de distribución 104 está conectada a través de subestaciones 110 que comprenden transformadores adicionales para la conversión a tensiones aún más bajas a redes locales que proporcionan energía eléctrica a dispositivos que consumen energía conectados a la red eléctrica 100. Las redes locales pueden incluir redes de consumidores domésticos, tal como una red de la ciudad 112, que suministran energía a electrodomésticos dentro de residencias privadas 113 que consumen una cantidad relativamente pequeña de potencia en el orden de unos pocos kW. Las redes locales también pueden incluir instalaciones industriales tal como una fábrica 114, en las que los aparatos más grandes que operan en las instalaciones industriales consumen mayores cantidades de potencia en el orden de varios kW a MW. Las redes locales también pueden incluir redes de generadores de energía más pequeños, tal como parques eólicos 116, que proporcionan potencia a la red eléctrica.

Aunque, para fines de concisión, en la Figura 1 solamente se muestran una red de transmisión 102 y una red de distribución 104, en la práctica una red de transmisión típica 102 suministra potencia a múltiples redes de distribución 104 y una red de transmisión 102 también puede estar interconectada a una o más redes de transmisión diferentes 102.

La energía eléctrica fluye en la red eléctrica 100 como corriente alterna (CA), que fluye a una frecuencia del sistema, que puede denominarse frecuencia de red (típicamente, la frecuencia de red es nominalmente de 50 o 60 Hz, dependiendo del país). La red eléctrica 100 funciona a una frecuencia sincronizada de manera que la frecuencia sea sustancialmente la misma en cada punto de la red.

La frecuencia de red varía típicamente con respecto a la frecuencia de red nominal a lo largo del tiempo debido a las variaciones normales en el equilibrio entre el suministro y el consumo de potencia en la red (es decir, la variación que no se debe a aumentos repentinos inesperados en la demanda o pérdida de capacidad de generación). La variación normal de la frecuencia de red aparece como ruido con respecto a la frecuencia de red nominal cuando la frecuencia de red se observa durante un periodo de tiempo. La cantidad de variación normal (en lo sucesivo en el presente documento denominada ruido) en una red síncrona dada es un rango de frecuencias que depende de la energía potencial almacenada en esa red síncrona (es decir, la inercia de los dispositivos de potencia conectados a la red); esto se puede determinar para una cuadrícula síncrona dada, por ejemplo, haciendo una serie de mediciones de la frecuencia de red durante un periodo de tiempo. Las redes que tienen mayor inercia (es decir, cantidades relativamente mayores de generación de giro) tienden a ser más estables y, por lo tanto, menos ruidosas, mientras que las rejillas que tienen menor inercia (es decir, cantidades relativamente pequeñas de generación de giro) tienden a ser menos estables y, por lo tanto, más ruidosas. Para la mayoría de las redes eléctricas, el nivel de ruido típicamente se encuentra en el intervalo de 10 y 200 mHz.

La red eléctrica 100 puede incluir una o más interconexiones de corriente continua (CC) 117 que proporcionan una conexión de CC entre la red eléctrica 100 y otras redes eléctricas. Típicamente, las interconexiones de corriente continua 117 se conectan a la red de transmisión 102 de la red eléctrica 100. Las interconexiones de CC 117 proporcionan un enlace de CC entre las diversas redes eléctricas, de manera que la red eléctrica 100 define un área que opera en una frecuencia de red sincronizada dada que no se ve afectada por cambios en la frecuencia de red de otras redes eléctricas. Por ejemplo, la red de transmisión del Reino Unido está conectada a la red síncrona de Europa continental a través de interconexiones de CC.

La red eléctrica 100 también incluye uno o más dispositivos para su uso en la transmisión de información (denominados en el presente documento "transmisores" 118). La transmisión de información, en lo sucesivo en el presente documento denominada transmisión de datos, puede ser una transmisión de datos digitales o analógicos y/u otros tipos de información. Cada transmisor 118 está asociado con un dispositivo de potencia 119 (que puede consumir energía de o proporcionar energía a la red eléctrica 100) o un grupo de dispositivos de potencia y se encuentra en una conexión entre el dispositivo de potencia 119 (o grupo de dispositivos 119) y la red eléctrica 100. Cada transmisor 118 está dispuesto para modular un flujo de potencia entre el dispositivo de potencia 119 (o grupo

de dispositivos de potencia 119) y la red eléctrica 100. Los transmisores 118 pueden proporcionarse por separado, y/o instalados en los dispositivos de potencia 119. Los dispositivos de potencia 119 pueden incluir generadores de potencia 106, electrodomésticos en instalaciones residenciales 113 o instalaciones industriales 114 y/o generadores de potencia a pequeña escala, tales como turbinas eólicas 116 o paneles solares.

5

El uno o más transmisores 118 pueden estar ubicados en los dispositivos de potencia 119 en la red de distribución 104 o en la red de transmisión 102, o en cualquier otra ubicación de la red eléctrica 100. Los transmisores 118 operan con los dispositivos de potencia 119 para transmitir datos dentro de la red eléctrica 100. Aunque, por simplicidad, solo se muestran siete transmisores 118 en la Figura 1, se entenderá que, en la práctica, la red eléctrica

10

100 puede comprender cientos o miles de tales dispositivos, dependiendo de la capacidad de los dispositivos de potencia 119 con los que están asociados los transmisores 118.

Cuando los transmisores 118 están asociados con dispositivos de potencia de gran capacidad 119 (tal como un dispositivo de potencia en una instalación industrial), solo puede haber un pequeño número de transmisores 118. En algunas formas de realización, solo puede haber un transmisor 118.

15

Los transmisores 118 pueden distribuirse entre un número relativamente grande de dispositivos de potencia de menor capacidad 119 (proporcionando cada uno unos pocos de W a decenas de kW, de manera que la contribución a la transmisión de cada dispositivo de potencia 119 es menor pero de modo que la señal de transmisión combinada tenga la misma potencia. La distribución de los transmisores 118 tiene la ventaja de que la conmutación de cargas más pequeñas se puede realizar sin la necesidad de un costoso aparato de conmutación de potencia (en su lugar, la conmutación se puede realizar con conmutadores basados en semiconductores, por ejemplo), y la conmutación de cargas más pequeñas solamente introduce una cantidad relativamente pequeña de ruido de tensión en el entorno de la red local, por ejemplo, dentro de los límites acordados en los que los operadores de red están obligados a mantener la tensión de suministro en la red de distribución 104.

20

25

Típicamente, la carga modulada total requerida para transmitir datos a través de la red eléctrica 100 depende del esquema de codificación particular utilizado para transmitir información como se describe a continuación. Los diferentes esquemas de codificación dan como resultado diferentes cantidades de ganancia en los receptores 120 y, por lo tanto, la potencia requerida para la modulación puede variar de W a MW.

30

Los transmisores 118 en las conexiones modulan el flujo de potencia entre los respectivos dispositivos de potencia asociados 119 y la red de eléctrica 100 de acuerdo con un patrón definido por la información que se va a transmitir. Cada uno del uno o más transmisores 118 está sincronizado con cada uno de los otros transmisores 118 y se dispone para modular el flujo de potencia de acuerdo con un patrón de control de tal forma que los transmisores 118 causan una modulación colectiva del flujo de potencia en la red eléctrica 100. Es decir, los transmisores 118 causan colectivamente un cambio modulado en el equilibrio de potencia en la red eléctrica 100, siendo el cambio en el equilibrio de potencia el efecto combinado del flujo de potencia modulado hacia/desde cada uno de los dispositivos de potencia 119 que tienen un transmisor asociado 118.

35

40

La potencia de modulación que fluye entre los dispositivos de potencia 119 y la red eléctrica 100 en la conexión, en lugar de variar la salida de potencia o variar directamente la frecuencia de, por ejemplo, una turbina que tiene una alta inercia, permite que el flujo de potencia sea modulado a una tasa mucho mayor. Esto permite superponer un patrón de modulación en la frecuencia de red, como se describe a continuación con referencia a las Figuras 4a y 4b, a una mayor tasa de modulación, que a su vez permite una mayor velocidad de transmisión de datos.

45

Los transmisores 118 pueden estar dispuestos para modular un flujo de potencia reactiva hacia y/o desde sus dispositivos de potencia asociados 119. Por ejemplo, los transmisores 118 pueden incluir inversores para modificar una contribución de potencia reactiva de sus dispositivos de potencia asociados 119. La modulación de la contribución de potencia reactiva de los dispositivos de potencia provoca una modulación local de la eficiencia de la red eléctrica 100 con una modulación correspondiente de la potencia real disponible. A su vez, esto provoca una modulación del equilibrio de red que, como se ha descrito anteriormente, provoca una modulación de la frecuencia de red.

50

En ciertas formas de realización, los transmisores 118 pueden estar dispuestos para modular solo potencia real, solo potencia reactiva, o tanto potencia real como reactiva.

55

La Figura 2 muestra una disposición ejemplar de un transmisor 118 para transmitir datos dentro de una red eléctrica 100. El transmisor 118 opera con uno o más dispositivos de potencia 119 para transmitir datos dentro de la red

eléctrica 100 y comprende un reloj 202, un almacén de datos 204, una interfaz de red 206, un procesador 208 y un modulador 210.

5 El transmisor 118 está dispuesto para recibir datos de un controlador 122. El controlador puede no estar conectado directamente a la red eléctrica 100, sino que los datos pueden recibirse a través de la interfaz de red 206. La interfaz de red 206 está dispuesta para recibir información a través de una red de comunicaciones fija o inalámbrica, que puede incluir uno o más de un Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM), Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universales (UMTS), Evolución a Largo Plazo (LTE), acceso inalámbrico fijo (tal como IEEE 802.16 WiMax), y redes inalámbricas (tal como IEEE 802.11 WiFi).

10 La información recibida a través de la interfaz de red 206 puede almacenarse en el almacén de datos 204. La información almacenada en el almacén de datos 204 puede incluir representaciones de datos que deben ser transmitidos por el transmisor 118 (denominado en el presente documento como "códigos"). Los códigos pueden representar señales de control para controlar el modulador 210 de acuerdo con un patrón de control predefinido.

15 El procesador 208 está dispuesto para recuperar datos que van a transmitirse desde el almacén de datos 204 y generar señales de control para controlar el modulador 210. El procesador 208 accede al almacén de datos 204, recupera un código y, basándose en el código, genera señales de control y envía estas señales de control al modulador 210 para controlar el flujo de energía hacia/desde un dispositivo de potencia 119. Las señales de control pueden estar en forma de un patrón de bits de datos que se transmitirán en la red eléctrica 100. El código típicamente define un patrón de señales de control variable en el tiempo proporcionado con referencia al reloj 202. El reloj 202 puede sincronizarse con los relojes de otros transmisores 118 para que cada uno del transmisor 118 conectado a la red eléctrica 100 esté sincronizado entre sí con cada otro transmisor 118. Esto permite que las transmisiones de datos se inicien en cada transmisor al mismo tiempo. La sincronización del reloj 204 puede realizarse sobre la base de una señal de sincronización recibida a través de la interfaz de red 206 como se describe a continuación con referencia a las Figuras 8 y 9.

30 Cada uno de los transmisores 118 puede incluir un contador, que puede ser implementado por el procesador 208, para contar los ciclos de la corriente alterna que fluyen en la red eléctrica 100. Los ciclos pueden identificarse por los números de ciclo que se definen con referencia a un evento o punto en el tiempo definido. Por ejemplo, el número de ciclo puede corresponder con el número de ciclos de corriente alterna que han transcurrido desde el evento o punto en el tiempo definido. La transmisión de datos por el transmisor 118 se puede realizar a números de ciclo predeterminados que son conocidos por los transmisores 118 y los receptores 120, a fin de que los transmisores 118 puedan transmitir datos a los que los números de ciclo en los que los receptores 120, que operan de acuerdo con la misma base de tiempo, esperan recibir datos; es decir, los transmisores 118 y los receptores 120 están sincronizados.

40 El modulador 210 está dispuesto para modular el flujo de potencia entre un dispositivo de potencia 119 y la red eléctrica 100 en respuesta a las señales de control generadas por el procesador 208. El modulador 210 puede comprender un conmutador para conectar/desconectar el dispositivo de potencia 119 hacia/desde la red eléctrica 100 y/o cualquier medio eléctrico o electrónico que permita modular el flujo de potencia hacia/desde el dispositivo de potencia 119. Por ejemplo, el dispositivo de potencia 119 puede no necesariamente estar completamente apagado durante la modulación, sino que puede estar modulado entre los puntos de ajuste del consumo y/o provisión de potencia. El modulador 210 puede ser un atenuador o algún otro medio para alterar el consumo/provisión de potencia por el dispositivo de potencia 119 (por ejemplo, cargadores basados en inversor para vehículos eléctricos y/u otros dispositivos eléctricos, inversores de conexión a la red para generadores fotovoltaicos, combinados generadores de combinación de calor y potencia (CHP), o generadores eólicos.

50 En la modulación de la potencia que fluye entre un dispositivo de potencia 119 y la red eléctrica 100 de acuerdo con el patrón de señales de control almacenado en el almacén de datos 204, el modulador 210 es capaz de codificar un patrón de modulación y superponer ese patrón de modulación en la frecuencia de la red para transmisiones a través de la red eléctrica 100. La frecuencia de la red actúa, así como una señal portadora para la información codificada en la misma y definida por el patrón de modulación.

55 El modulador 210 está típicamente dispuesto para modular el flujo de potencia hacia/desde el dispositivo de potencia 119 a una frecuencia típicamente de hasta 10 Hz (aunque, de nuevo, esto depende de la naturaleza de cada red eléctrica). En algunas formas de realización, el flujo de potencia hacia y/o desde un dispositivo de potencia 119 se modula a una frecuencia inferior a la mitad de la frecuencia de red predefinida. En algunas formas de realización, el flujo de potencia se modula a una frecuencia inferior a un cuarto de la frecuencia de red predefinida. En algunas

formas de realización, el flujo de potencia se modula a una frecuencia inferior a una décima parte de la frecuencia de red predefinida. Por ejemplo, un modulador 210 puede estar dispuesto para modular el flujo de potencia a una velocidad de aproximadamente 1 Hz.

5 En este rango de frecuencia, es posible la conmutación de cargas moderadamente altas. Debido a que el modulador 210 modula el flujo de potencia hacia/desde el dispositivo de potencia 119 a una frecuencia menor que la frecuencia de red, la señal modulada no se inhibe por la infraestructura de la red eléctrica 100, como tampoco lo estaría una energía eléctrica de CA no modulada. Esto elimina la necesidad de proporcionar una ruta adicional en torno a dispositivos tales como los transformadores 108, 110.

10 Aunque el transmisor 118 se muestra en la Figura 2 como separado del dispositivo de potencia 119, se entenderá que, en algunas formas de realización, el transmisor 118 puede ser integral al dispositivo de potencia 119.

Debe observarse que, aunque los códigos se han descrito anteriormente como almacenados en el almacén de datos 15 204 del transmisor 118, en algunas formas de realización pueden almacenarse de forma remota (por ejemplo, en el controlador 122) y se puede acceder a ellos por el transmisor 118 cuando sea necesario. Por ejemplo, los códigos pueden transmitirse al transmisor 118, en cuyo caso no pueden almacenarse en el transmisor 118, o almacenarse solo en un almacén de datos temporal.

20 Como se explica a continuación con referencia a las Figuras 4a y 4b, un flujo de potencia modulado provoca una modulación correspondiente de la frecuencia de la red, que es la misma en toda una red eléctrica síncrona dada 100. Típicamente, esta modulación de la frecuencia de red es muy pequeña con respecto a la variación que típicamente tiene lugar en la red eléctrica 100 durante su funcionamiento (es decir, la magnitud de la modulación es menor que la magnitud del ruido de red), cuya escala se ha descrito anteriormente; por ejemplo, la modulación de la 25 frecuencia de red puede estar en el rango de μHz hasta varios mHz . En algunas formas de realización, la modulación de la frecuencia de red puede ser inferior a 10 mHz ; inferior a 1 mHz ; inferior a 500 μHz ; o inferior a 100 μHz .

Dado que la frecuencia de la red es la misma en toda la red eléctrica 100, la frecuencia modulada también es la 30 misma en toda la red eléctrica 100 y, por lo tanto, un dispositivo de recepción (en lo sucesivo en el presente documento, un receptor 120) capaz de detectar la frecuencia de red modulada, puede recibir la señal de datos en cualquier punto en el que se pueda conectar a la red 100.

La Figura 3 es un diagrama que ilustra un receptor ejemplar 120 configurado para decodificar información codificada 35 en una señal portadora y transmitida dentro de una red eléctrica 100. El receptor 120 comprende un detector 302, un almacén de datos 304, un procesador 306, una interfaz de entrada-salida (E/S) 308, y un reloj 310.

El detector 302 puede ser cualquier dispositivo capaz de detectar o medir una característica relacionada con la 40 frecuencia de red con suficiente precisión.

En algunas formas de realización, un periodo de tiempo relacionado con la frecuencia de red se utiliza como una medida característica de la frecuencia de red. Por ejemplo, una medición del semiciclo, que es el periodo entre los 45 tiempos en que la tensión cruza 0 V, puede usarse como una característica relacionada con la frecuencia de red.

En algunas formas de realización, puede determinarse la frecuencia de red instantánea real, correspondiente a la 50 inversa del tiempo que lleva completar un semiciclo (o un ciclo completo). Los datos de frecuencia pueden ecualizarse y filtrarse digitalmente para eliminar componentes de frecuencia fuera de un rango conocido y deseado de frecuencias de señal. Por ejemplo, los componentes de frecuencia correspondientes a la frecuencia de red y/o los componentes de frecuencia relacionados con el ruido pueden eliminarse.

El detector 302 puede comprender un detector de tensión dispuesto para muestrear la tensión a una frecuencia más 55 alta que la frecuencia de red y un convertidor analógico a digital dispuesto para convertir la tensión muestreada en una señal de tensión digital. Por ejemplo, el detector de tensión puede estar dispuesto para muestrear la tensión 1000 veces por ciclo. La señal de tensión digital puede luego procesarse para determinar con un alto grado de precisión (dentro del rango de μs a ms) los tiempos en que la tensión cruza 0 V.

El detector 302 puede comprender un detector de corriente dispuesto para muestrear la corriente a una frecuencia mayor que la frecuencia de red, y un convertidor analógico a digital dispuesto para convertir la corriente muestreada en una señal de corriente digital, que después puede procesarse para determinar, con un alto grado de precisión

(dentro del rango de μs a ms), los tiempos en que la corriente cruza 0 V.

El detector 302 puede comprender tanto un detector de tensión como un detector de corriente. La medición de los tiempos en los que tanto la tensión como la corriente cruzan 0 V permite al receptor 120 determinar un cambio en la fase relativa de la tensión y la corriente, permitiendo de este modo que el receptor 120 compense los cambios en la potencia reactiva en la red. Esto a su vez permite una medición más precisa de la frecuencia (o una característica relacionada con la frecuencia).

Un método ejemplar para determinar la frecuencia comprende muestrear la tensión alterna a una velocidad alta (por ejemplo, a una velocidad de 40 kHz). Se elige un nivel de accionamiento en cuyo nivel la forma de onda de la tensión sinusoidal es aproximadamente lineal. Esta suele ser mayor de 0 V y puede estar, por ejemplo, entre 5 V y 50 V. El tiempo entre dos ciclos sinusoidales consecutivos se determina sobre la base de la diferencia entre los tiempos consecutivos en que la tensión alterna alcanza el nivel de activación. Esto se repite varias veces (varios miles de veces, por ejemplo) y luego se determina un tiempo promedio. El valor de tiempo promedio se invierte para determinar la frecuencia.

El almacén de datos 304 puede almacenar datos indicativos de uno o más patrones de código predeterminados que se relacionan con patrones de modulación que es probable que el receptor reciba. El procesador 306 puede usar el formato de patrón de datos almacenado para facilitar la extracción, o decodificación, de la información de la característica de frecuencia medida.

Por ejemplo, el procesador puede estar dispuesto para realizar un proceso de correlación para determinar una correlación entre una porción del patrón de modulación (superpuesto en la frecuencia de red) y uno de los patrones de código predeterminados almacenados. Como alternativa, el receptor 120 puede incluir un correlacionador dedicado dispuesto para realizar el proceso de correlación. El proceso de correlación puede, por ejemplo, comprender determinar una probabilidad de que la característica de frecuencia medida contenga un patrón de modulación correspondiente a un patrón de código predeterminado almacenado. La información codificada en la señal de frecuencia medida puede luego decodificarse sobre la base de la correlación determinada. Esto permite que la información se decodifique incluso cuando la magnitud de la modulación (que, como se ha descrito anteriormente, podría estar en el rango de μHz hasta varios mHz) es menor que el nivel de ruido en la frecuencia de red medida (que típicamente está en el rango de 10 a 200 mHz , aunque estos valores típicos varían significativamente de una red síncrona a otra y en una red síncrona dada en el tiempo). Además, la frecuencia de modulación en un grado tan pequeño con respecto al ruido en la red (es decir, la variación normal de la frecuencia de red), y los límites acordados por los operadores de red, ofrece la posibilidad de utilizar un gran número de estados distinguibles a los que la frecuencia se puede modular sin activar una respuesta de estabilización de frecuencia y/o interrumpir el funcionamiento normal de la red.

Aunque los patrones de código predeterminados se han descrito anteriormente como almacenados en el almacén de datos 304 del receptor 120, en algunas formas de realización pueden almacenarse de forma remota (por ejemplo, en el controlador 122) y el receptor 120 puede acceder a ellos cuando sea necesario. Por ejemplo, los patrones de código predeterminados pueden transmitirse al receptor 120, en cuyo caso no pueden almacenarse en el receptor 120, o pueden almacenarse solo en un almacén de datos temporal.

El almacén de datos 304 se puede usar para almacenar información descodificada que se ha transmitido dentro de la red eléctrica 100. Además, el almacén de datos 304 puede almacenar un identificador que identifica al receptor 120 o se puede usar para dirigir el receptor 120. El identificador también puede incluirse en el patrón de modulación por los transmisores 118. El procesador 306 puede determinar a partir de la información en una transmisión recibida si la transmisión se relaciona con el receptor 120 comparando el identificador almacenado en el almacén de datos 304 con la información de identificación incluida en el patrón de modulación. Si el procesador 306 determina que los datos recibidos son para el receptor 120, el procesador 306 puede continuar entonces procesando y almacenando la información decodificada.

El almacén de datos 304 puede almacenar uno o más identificadores que identifican grupos a los que se asigna un receptor 120. Las transmisiones destinadas a ser recibidas por grupos particulares pueden incluir los identificadores asociados con estos grupos para permitir que los receptores 120 en los grupos determinen si están destinados a recibir la transmisión. Esto se puede lograr determinando una correspondencia entre un identificador transmitido y uno o más identificadores almacenados en el almacén de datos 304 del receptor 120.

En algunas formas de realización, los grupos pueden definirse para diferentes áreas geográficas. Cada grupo

correspondiente a un área geográfica puede dividirse en subgrupos relacionados con áreas más pequeñas dentro de un área geográfica determinada. Por ejemplo, un grupo puede definirse para todos los receptores en un país en particular, y los subgrupos pueden definirse para cada región en ese país. Los receptores 120 en una región particular del país pueden almacenar identificadores relacionados con el grupo y el subgrupo correspondiente a su
5 ubicación particular (es decir, su país y región) para que los datos puedan dirigirse a todos los receptores 120 en un país o región en particular.

Los receptores 120 pueden asignarse a grupos y subgrupos en base a otras propiedades o criterios; por ejemplo, los receptores 120 pueden asignarse a grupos y subgrupos en función de las características de los dispositivos de
10 potencia 119 a los que están asociados. Estas características, por ejemplo, podrían basarse en, pero sin limitación, si el dispositivo de potencia 119 es un dispositivo que consume energía o que produce energía, el proveedor de energía que suministra energía a ese dispositivo de potencia 119, el operador de la red eléctrica a cuya red de distribución 104 está conectado el dispositivo de potencia 104, y el fabricante original del dispositivo de potencia 119.

15 Los grupos se pueden dividir en múltiples niveles de subgrupos, de manera que cada subgrupo se divide en subgrupos adicionales. Los receptores 120 pueden asignarse a uno o más subgrupos en cada nivel de subdivisión.

Cada uno de los identificadores asociados con los grupos y subgrupos a los que se asigna un receptor 120 puede
20 cambiarse dinámicamente para reflejar cambios en la idoneidad del receptor 120 para la pertenencia a los grupos y subgrupos; tales cambios pueden ser determinados por el controlador 122 descrito a continuación, por ejemplo. Las actualizaciones de los identificadores pueden ser transmitidas al receptor 120 por el transmisor 118.

El almacén de datos 304 puede almacenar datos que indican una o más acciones predefinidas que el receptor 120
25 va a realizar. Por ejemplo, una o más acciones predefinidas pueden incluir una o más de: alterar una configuración del receptor 120; alterar una configuración de un dispositivo de potencia asociado con el dispositivo de recepción (por ejemplo, encender o apagar el dispositivo de potencia asociado o reducir o aumentar su consumo o generación de potencia); ejecutar un programa en el dispositivo de recepción; detener un programa en el dispositivo de recepción; y almacenar datos en un registro del dispositivo de recepción.

30 Se puede pedir al receptor 120 que inicie una modulación del flujo de potencia hacia y/o desde el dispositivo de potencia 119 con el fin de generar una señal modulada en la red eléctrica 100, que puede detectarse y/o medirse por el controlador 122, o una entidad en algún otro lugar en la red eléctrica 100. La señal puede detectarse (o medirse) como un flujo de potencia, o como una modulación de frecuencia como se describe en el presente documento.

35 La señal iniciada por el receptor 120 puede modularse de acuerdo con los códigos conocidos asignados al receptor 120 y almacenarse en el almacén de datos 304. Los códigos también pueden almacenarse en la entidad en la red eléctrica 100 dispuesta para recibir la señal; esta entidad puede correlacionar la señal modulada con sus códigos almacenados para identificar el receptor 120 o un dispositivo de potencia asociado 119.

40 El procesador 306 puede ser cualquier procesador capaz de procesar datos recibidos. El procesador puede incluir, pero sin limitación, uno o más de un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una matriz de compuertas de campo programable (FPGA), un procesador de señal digital (DSP), y un procesador programable de propósito general.

45 El procesador 306 puede estar dispuesto para realizar funciones de detección y corrección de errores en los datos que se reciben a través de la red eléctrica 100. El procesador 306 puede estar dispuesto para descifrar los datos recibidos cuando esos datos se han cifrado.

50 Una vez que el receptor 120 ha recibido y procesado los datos, estos pueden enviarse a un destinatario deseado de los datos a través de la interfaz E/S 308. La interfaz E/S 308 puede disponerse para mostrar información, por ejemplo, en una pantalla de un ordenador o del propio receptor 120.

El receptor 120 también puede incluir, o puede conectarse a, una interfaz de comunicaciones, tal como una interfaz
55 de red como se ha descrito anteriormente con referencia al transmisor 118, que utiliza para comunicarse con otro dispositivo a través de un medio de comunicaciones diferente a la red eléctrica 100, tal como una red de comunicaciones fija o inalámbrica. La red de comunicaciones puede incluir uno o más de un Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM), Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universales (UMTS), Evolución a Largo Plazo (LTE), acceso inalámbrico fijo (tal como IEEE 802.16 WiMax), y redes inalámbricas (tales como IEEE 802.11

WiFi e IEEE 802.15 ZigBee).

El receptor 120 puede usar la interfaz de comunicaciones para enviar y/o recibir datos hacia/desde un dispositivo remoto. Por ejemplo, el receptor 120 puede enviar y/o recibir datos a/desde un servidor remoto a través de Internet.

- 5 Las comunicaciones pueden estar basadas en el Protocolo de Internet. El receptor 120 puede extraer datos de un servidor remoto o puede recibir datos enviados desde un servidor remoto.

El receptor 120 puede usar los datos recibidos a través de la red eléctrica 100 para iniciar las comunicaciones con el dispositivo remoto. De esta manera, las comunicaciones a través de la red eléctrica pueden proporcionar un canal lateral para una red de comunicaciones adicional a través de un medio de comunicaciones, tal como una o más de las redes de comunicaciones descritas anteriormente. En este caso, la señal portadora puede codificarse con datos de autenticación que el receptor 120 transmite al dispositivo remoto a través de la red de comunicaciones adicional para autenticarse en el dispositivo remoto e iniciar las comunicaciones. El receptor 120 puede ser, por ejemplo, un dispositivo inteligente, tal como un televisor inteligente o un decodificador de televisión, que funciona con la red eléctrica 100 y está conectado a Internet a través de un teléfono o línea de abonado digital. El dispositivo inteligente puede estar dispuesto para transmitir los datos de autenticación, que recibe a través de la red eléctrica 100, al servidor remoto para autenticarse en el servidor remoto. El servidor remoto puede estar dispuesto para transmitir los datos al receptor 120 solo una vez que el receptor 120 haya sido autenticado.

- 20 Como alternativa, o adicionalmente, la señal modulada puede comprender datos de configuración que el receptor 120 utiliza para recibir datos enviados desde el dispositivo remoto. Por ejemplo, los datos de configuración pueden incluir una clave para descifrar los datos recibidos a través del medio de comunicaciones adicional, o pueden ser datos que especifican una ventana de tiempo durante la cual se autorizan las comunicaciones desde el dispositivo remoto a través de la otra red de comunicaciones. El receptor 120 puede ser, por ejemplo, un dispositivo inteligente que está dispuesto para recibir señales de comando y/o actualizaciones de software enviadas, desde un servidor remoto, y puede hacer esto solo una vez que los datos de configuración han sido recibidos a través de la red eléctrica 100.

El uso de las comunicaciones a través de la red eléctrica 100 como un canal lateral para un sistema de comunicación adicional permite al receptor 120 autenticar las fuentes de los datos recibidos a través de estos sistemas. De esta manera, el receptor 120 solo recibe datos a través del sistema de comunicación adicional de fuentes seguras o fiables sin la carga de procesamiento adicional de usar los propios protocolos de autenticación.

- 35 Los datos recibidos se pueden almacenar o almacenar en la memoria intermedia en el almacén de datos 304 para usarlos más tarde. Por ejemplo, los datos se pueden actuar solo en un momento predeterminado indicado por un indicador de tiempo que se transmite con los datos o en una transmisión separada.

El receptor 120 mantiene su sincronización contando los ciclos de corriente alterna que fluyen en la red eléctrica 100; por ejemplo, el receptor 120 puede incluir un contador, que puede ser implementado por el procesador 306. Cuando el receptor 120 no puede contar temporalmente los ciclos de corriente alterna (por ejemplo, durante breves cortes de energía), el reloj 310 puede mantener la sincronización del receptor 120 para permitir que el procesador 306 permanezca sincronizado durante al menos unos pocos ciclos. Esto permite que el receptor 120 continúe recibiendo y procesando datos durante periodos en los que no puede contar temporalmente los ciclos de corriente alterna.

- 45 El detector 302 puede estar dispuesto para detectar la frecuencia de red indirectamente detectando el llamado ruido de red de los aparatos eléctricos conectados a la red eléctrica 100. Por ejemplo, el receptor 120 puede ser un dispositivo de comunicación inalámbrica adecuadamente programado para detectar señales electromagnéticas o de audio (correspondientes a la variación de frecuencia) emitidas por los aparatos eléctricos conectados a la red eléctrica 100, y procesar estas señales para determinar la frecuencia de red como se ha descrito anteriormente. En ciertas formas de realización, el receptor puede ser un asistente digital personal (PDA), un teléfono inteligente o un ordenador portátil que ejecuta un programa informático (tal como una aplicación) programado para recibir y procesar datos transmitidos por los transmisores 118.

- 55 La frecuencia de la red varía con la relación de la potencia generada total proporcionada a la red eléctrica 100 con respecto a la cantidad total de potencia consumida de la red eléctrica 100, denominado aquí como un equilibrio de potencia de red. Los cambios en la frecuencia de la red se deben a factores que incluyen la frecuencia operativa de las turbinas en los generadores de potencia 106 y el estado de los transformadores ajustables en la red eléctrica 100, entre otros.

La Figura 4a es un gráfico que muestra la relación entre el equilibrio de potencia de red y la frecuencia de red en una red eléctrica típica. La Figura 4a muestra que existe una relación monotónica entre el equilibrio de potencia de red y la frecuencia de red en el rango de equilibrio de potencia en el que típicamente opera la red eléctrica. Si la demanda de potencia total es mayor que la generación de potencia total, entonces la frecuencia de red cae por debajo de la frecuencia nominal acordada del sistema, mientras que, si la generación de potencia total excede la demanda de potencia total, la frecuencia de red aumenta por encima de la frecuencia nominal del sistema. Por ejemplo, en el Reino Unido, un cambio en el equilibrio de red de aproximadamente 8 GW típicamente genera un cambio en la frecuencia de red de aproximadamente 1 Hz; En Europa, un cambio en el equilibrio de red de aproximadamente 30 GW típicamente da lugar a un cambio en la frecuencia de red de aproximadamente 1 Hz.

Típicamente, cuanto mayor sea el flujo de potencia total en la red eléctrica 100, mayor será la cantidad de potencia requerida para proporcionar un cambio dado en la frecuencia de red. Por lo tanto, las redes eléctricas más grandes típicamente son más estables, y requieren la modulación de los dispositivos de potencia 119 que tienen una carga general mayor para proporcionar el mismo grado de modulación de frecuencia que las redes eléctricas más pequeñas.

Típicamente, los operadores de red están obligados a controlar la frecuencia de red dentro de los límites acordados. Por ejemplo, en el Reino Unido, el operador de red típicamente controla la frecuencia de red dentro del 0,4% de la frecuencia nominal del sistema y, en Europa, los operadores de red generalmente controlan la frecuencia de la red dentro del 0,2% de la frecuencia nominal del sistema, aunque pueden usarse otros límites. Para mantener la frecuencia de red dentro de los límites acordados, los operadores de red deben asegurarse de que haya suficiente generación controlable y/o demanda controlable mantenida en la reserva en disposición de ser usada para contrarrestar los cambios en el equilibrio de la red eléctrica 100 que podrían dar como resultado variaciones de frecuencia.

En las formas de realización de la presente invención, se puede usar una relación entre el equilibrio de potencia de red y la frecuencia de red en una red eléctrica para transmitir información. En particular, como se muestra en la Figura 4b, el inventor de la presente invención ha apreciado que la modulación del equilibrio de potencia de red induce una modulación en la frecuencia de red que en una red eléctrica síncrona es la misma en toda la red eléctrica.

Por ejemplo, considerando la Figura 4b, en el punto A, la red eléctrica 100 está equilibrada (es decir, la demanda total de potencia eléctrica es aproximadamente igual a la cantidad total de potencia generada o proporcionada a la red eléctrica 100) y la frecuencia de red es estable, por ejemplo, a 50 Hz. En el punto B, el equilibrio de potencia de red se desplaza de tal manera que hay un consumo excesivo del punto B al punto C. Esto da como resultado una caída correspondiente en la frecuencia de red en el punto B, que se mantiene hasta el punto C. En el punto C, la red el equilibrio de potencia se desplaza de tal manera que hay un exceso de generación en el punto D, que se mantiene hasta el punto E. Esto da como resultado un aumento correspondiente en la frecuencia de red entre los puntos C y D, que se mantiene desde el punto D hasta el punto E.

Típicamente, el mantenimiento de la frecuencia de red aumentada entre, por ejemplo, los puntos D y E depende de la frecuencia a la que se modula el flujo de potencia. En particular, el aumento de la frecuencia de la red se puede mantener cuando el periodo de modulación (el inverso de la frecuencia de modulación) es menor que el tiempo de reacción para la corrección automática y/o para que el operador de red reaccione a los cambios en el equilibrio de potencia de red. En formas de realización en las que el flujo de potencia se modula relativamente rápido, los mecanismos de compensación de equilibrio de potencia empleados automáticamente y/o por el operador de red no pueden reaccionar lo suficientemente rápido para contrarrestar la modulación, mientras que cuando el flujo de potencia se modula de forma relativamente lenta, los mecanismos de compensación del equilibrio de potencia pueden comenzar a degradar el efecto de la modulación contrarrestando el equilibrio de potencia de red desplazado.

Como se ha explicado anteriormente, típicamente, la magnitud de la modulación de la frecuencia de red está en el rango de μHz hasta varios mHz , menor que la cantidad de variación de la frecuencia de red (es decir, dentro del nivel de ruido de la frecuencia de red medida), y, por lo tanto, no excede los límites acordados dentro de los cuales los operadores de la red deben mantener la frecuencia de la red (la frecuencia nominal del sistema) y no hace que el operador de red inicie ninguna medida manual o automática de compensación de la red en respuesta a la transmisión.

La Figura 5 es un diagrama que ilustra cómo se puede modular el flujo de potencia hacia y/o desde un dispositivo de

potencia 119. La Figura 5 muestra la corriente que fluye hacia/desde un dispositivo de potencia 119 en función del tiempo y la potencia RMS que fluye hacia/desde el dispositivo de potencia 119 en función del tiempo.

En el ejemplo mostrado en la Figura 5, en el tiempo t_1 , se permite que la corriente fluya hacia/desde un dispositivo de potencia 119 hasta el tiempo t_2 . Desde t_2 , se evita que la corriente fluya hacia/desde el dispositivo de potencia 119 hasta el tiempo t_3 , momento en el que la corriente hacia/desde el dispositivo de potencia 119 se reanuda hasta el tiempo t_4 . El efecto sobre la potencia RMS que fluye hacia/desde el dispositivo de potencia 119 también se muestra en la Figura 5. Desde t_1 a t_2 y desde t_3 a t_4 , la potencia RMS que fluye hacia/desde el dispositivo de potencia 119 está en un estado alto (representado por "activo") y de t_2 a t_3 , la potencia RMS que fluye hacia/desde el dispositivo de potencia 119 está en un estado bajo (representado por "inactivo"). Haciendo referencia de nuevo a la Figura 4b, los estados de flujo de potencia RMS alto y bajo tienen un estado alto y bajo correspondiente en la característica de frecuencia de la red eléctrica 100.

Como se muestra en la Figura 5, típicamente el tiempo que la potencia RMS está en el estado activo es típicamente 2 o más ciclos del flujo de AC y típicamente durante un número entero de semiciclos.

En ciertas formas de realización, con fines de simplicidad, el tiempo que la potencia RMS está en el estado inactivo es el mismo que el tiempo que está en el estado activo. En el ejemplo que se muestra en la Figura 3, donde se permite que la corriente fluya durante los 3 ciclos, la potencia RMS está en el estado activo durante 60 ms y en el estado inactivo durante 60 ms cuando la frecuencia de red es de 50 Hz. Sin embargo, el tiempo que la potencia RMS está en el estado inactivo puede ser diferente al tiempo que está en el estado activo. Los códigos transmitidos pueden incluir estados activos e inactivos que tienen múltiples longitudes de modulación diferentes; es decir, la cantidad de tiempo (o la cantidad de ciclos) que la potencia RMS está en el estado activo o inactivo varía dentro del código. Por ejemplo, el código puede comprender estados activo e inactivo con longitudes de 3, 5 y 8 ciclos.

Al controlar el tiempo durante el cual la potencia RMS está en los estados activo e inactivo, la frecuencia a la que se produce la modulación se puede ajustar para evitar frecuencias en las que hay grandes cantidades de ruido de banda estrecha en la red eléctrica 100 y/o puede proporcionar diversidad de frecuencia, de manera que las señales se transmiten a través de varios canales de frecuencia, o una banda de frecuencia que es más ancha que el ruido de banda estrecha. Esto proporciona un método más robusto para transmitir señales en presencia de ruido de banda estrecha.

Con referencia de nuevo a la Figura 1, en algunas formas de realización, los transmisores 118 actúan en respuesta a las instrucciones recibidas de un controlador 122 que está dispuesto para transmitir datos a los transmisores 118. El controlador 122 puede conectarse a los transmisores 118 a través de una conexión por cable o inalámbrica, tal como a través de un nodo de acceso inalámbrico 124. Como se muestra en la Figura 1, el controlador 122 puede transmitir datos a los transmisores 118 a través de una red de comunicaciones de datos tal como Internet 126. Como se ha explicado anteriormente, el controlador 122 puede no tener ninguna conexión eléctrica directa a la red eléctrica 100.

La Figura 6 es un diagrama que ilustra un controlador ejemplar 122 para controlar las transmisiones de datos en la red eléctrica 100. El controlador 122 maneja transmisiones que deben ser transmitidas por los transmisores 118. El controlador 122 puede incluir uno o más servidores ubicados en un centro de control. El controlador 122 puede estar dispuesto para recibir solicitudes de usuarios que desean transmitir datos a través de la red eléctrica 100 y, en respuesta a la recepción de dichas solicitudes, puede configurar paquetes de datos a transmitir.

El controlador 122 comprende un procesador 602, un almacén de datos 604, una interfaz de usuario 606, un reloj 608 y una interfaz de red 610.

El almacén de datos 604 se puede usar para almacenar datos que van a transmitirse dentro de la red eléctrica 100.

El almacén de datos 604 también puede incluir una base de datos que contiene registros de los receptores desplegados 120. Los registros pueden incluir información que incluye identificadores de los receptores 120 (que pueden usarse para abordar receptores particulares 120), capacidades del dispositivo, información sobre las configuraciones de los receptores 120 (tal como una versión de software actual que funciona en el receptor 120 o una programación de difusión actual almacenada en el receptor 120), información sobre la ubicación de los receptores 120 e información sobre otros dispositivos conectados a los receptores 120 (tales como los dispositivos de potencia 119) y las capacidades de estos otros dispositivos conectados.

El almacén de datos 604 puede incluir información sobre la agrupación de los receptores 120, y puede almacenar identificadores que pueden ser utilizados por el controlador 122 para gestionar grupos de receptores 120, y para enviar datos a un grupo dirigido de receptores 120; por ejemplo, los datos de control pueden enviarse a un grupo dirigido de receptores para hacer que cada uno actúe de la misma manera.

5

Los usuarios (por ejemplo, los propietarios) de un receptor 120 pueden registrar su receptor 120 en el almacén de datos 604 a través de la interfaz de usuario 606. Los usuarios también pueden cargar mensajes que deben transmitirse a través de la interfaz de usuario 606. Por ejemplo, la interfaz de usuario 606 puede ser una interfaz cliente a la que los usuarios pueden acceder a través de Internet 126. La información relacionada con los mensajes que se van a transmitir, tal como la fecha y la hora en que se va a transmitir el mensaje, y los destinatarios del mensaje también se pueden introducir y almacenar en el almacén de datos 604 a través de la interfaz de usuario 606.

10

Cada receptor registrado 120 puede asignarse a un grupo más de receptores 120. Cada grupo al que se asigna un receptor dado 120 puede tener un identificador correspondiente que se almacena en un registro asociado con el receptor dado 120. Como se ha descrito anteriormente con referencia a la Figura 3, el uno o más identificadores también pueden almacenarse en el almacén de datos 304 del receptor respectivo 120, y pueden usarse para determinar si los datos recibidos están destinados a recibirse en ese receptor 120.

15

El procesador 602 está dispuesto para recuperar datos del almacén de datos 604 y formar mensajes que luego se transmiten a los transmisores 118. El controlador 122 puede conectarse a los transmisores 118 a través de una conexión por cable o inalámbrica. Por ejemplo, el controlador puede conectarse a través de la interfaz de red 610 a un nodo de acceso inalámbrico 124 usando uno o más de una serie de tecnologías de acceso por radio, incluyendo un Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM), Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universales (UMTS), Evolución a Largo Plazo (LTE), acceso inalámbrico fijo (tal como IEEE 802.16 WiMax), y redes inalámbricas (tales como IEEE 802.11 WiFi e IEEE 802.15 ZigBee). Como se ha descrito anteriormente, el controlador 122 puede transmitir datos a los transmisores 118 a través de una red de comunicaciones de datos tal como Internet 126.

20

Los datos pueden comunicarse a los transmisores 118 utilizando cualquier protocolo de transmisión de datos apropiado, tal como, por ejemplo, pero sin limitación, el protocolo de control de transmisión (TCP), el protocolo de datagrama de usuario (UDP) o el protocolo 6LoWPAN.

30

En el momento requerido (o antes del momento requerido), el controlador 122 puede transmitir mensajes que incluyen los datos que deben transmitirse a uno o más transmisores 118 en la red eléctrica 100. El uno o más transmisores 118 pueden entonces recibir cada uno los datos que se van a transmitir y, en el momento adecuado, comenzar a transmitir los datos dentro de la red eléctrica 100.

35

Los transmisores 118 pueden conectarse y sondear el controlador 122 para verificar si el controlador 122 tiene algún dato nuevo que deba ser transmitido. Esto proporciona seguridad adicional a la transmisión porque los datos solo son recibidos por el transmisor 118 cuando éste busca activamente datos de fuentes fiables.

40

Al transmitir datos desde el controlador 122 a los transmisores 118 y después transmitir los datos dentro de la red eléctrica 100, los datos pueden transmitirse a través de una amplia área a muchos receptores 120 mientras que solo se necesita establecer un canal de datos convencional con un pequeño número de transmisores 118.

45

Para que cada uno de los transmisores 118 esté sincronizado con cada uno de los otros transmisores 118, el controlador 122 también puede transmitir señales de sincronización a los transmisores 118. Sin embargo, los transmisores 118 pueden sincronizarse de acuerdo con alguna otra señal; por ejemplo, los transmisores 118 se pueden sincronizar utilizando una o más de una señal de GPS, una hora de la red de Internet, o una señal de reloj de radio de baja frecuencia basada en una hora de un reloj atómico tal como, por ejemplo, la señal de tiempo por radio "MSF" del National Physical Laboratory en Reino Unido. Por lo tanto, los transmisores 118 pueden compartir una base de tiempo común, que se utiliza cuando se transmiten señales a los receptores 120.

50

En algunas formas de realización, la transmisión de datos se realiza de acuerdo con una programación de difusión. Se pueden transmitir diferentes tipos de datos a diferentes horas acordadas previamente acordadas con la programación de difusión. El transmisor 118 y/o el receptor 120 pueden estar preprogramados o cableados con la programación de difusión para que puedan recibir tipos particulares de datos en los momentos relevantes una vez que estén sincronizados. La programación de difusión puede proporcionarse al transmisor 118 y/o al receptor 120. El transmisor 118 podría proporcionar la programación de difusión al receptor 120.

55

La Figura 7 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo del comportamiento de un receptor 120 después de comenzar en primer lugar a medir una característica relacionada con la frecuencia de la red.

5 En la etapa 700, el receptor 120 comienza a medir una característica relacionada con la frecuencia de red. La etapa 700 puede iniciarse cuando el receptor 120 se conecta primero a la red eléctrica 100, por ejemplo. El receptor 120 puede entonces comenzar a contar los ciclos de corriente alterna que fluyen en la red eléctrica 100.

10 En la etapa 702, el receptor 120 espera para detectar una señal piloto de sincronización inicial que permitirá al receptor 120 identificar un punto fijo en el tiempo para proporcionar una sincronización relativa con la base de tiempo común utilizada por los transmisores 119. Proporcionar una señal piloto de sincronización permite al receptor 120 sincronizar su funcionamiento mientras utiliza una cantidad relativamente baja de recursos de procesamiento. Esto permite que una mayor parte de la capacidad de procesamiento del receptor 120 se dedique a recibir datos, lo que permite que el receptor 120 reciba datos a una tasa de bits más alta. El uno o más transmisores 118 pueden 15 transmitir periódicamente la señal piloto de sincronización para su recepción en cada receptor 120, es decir, medir una característica relacionada con la frecuencia de la red. La señal piloto de sincronización puede basarse, por ejemplo, en una modulación de desplazamiento de fase o puede ser cualquier otro tipo de señal con una característica que permita la sincronización.

20 La transmisión de la señal piloto de sincronización y de los datos puede estar dispuesta para que se produzca en un intervalo predeterminado. El intervalo predeterminado puede ser acordado previamente (es decir, puede ser estándar para todos los transmisores 118 y receptores 120). Por ejemplo, la señal piloto de sincronización se puede transmitir una vez cada 20.000 ciclos. Por ejemplo, el intervalo predeterminado se puede alterar reprogramando los transmisores 118; dicha reprogramación puede realizarse transmitiendo datos desde el controlador 122 a los 25 transmisores 118. A continuación, se describe una señal piloto de sincronización ejemplar con referencia a la Figura 8.

30 En la etapa 704, el receptor 120 determina si ha recibido una señal piloto de sincronización. Cuando el receptor 120 no ha recibido una señal piloto de sincronización, el receptor 120 vuelve a la etapa 702 y continúa esperando una señal piloto de sincronización. Cuando el receptor 120 ha recibido una señal piloto de sincronización y tiene un punto de referencia de tiempo fijo, avanza a la etapa 706.

35 En la etapa 706, el receptor 120 decodifica una marca de tiempo, que identifica el punto de referencia de tiempo determinado en la etapa 704. Por ejemplo, el punto de referencia determinado en la etapa 704 puede identificarse mediante un número de ciclo. El número de ciclo puede ser, por ejemplo, el número de ciclos de corriente alterna que han transcurrido desde un punto fijo en el tiempo, tal como el comienzo de un día en particular. Por ejemplo, la marca de tiempo puede identificar el punto de referencia identificado en la etapa 704 como el número de ciclo 10.000 si ha habido 10.000 ciclos desde el punto fijo en el tiempo.

40 La marca de tiempo se puede recibir en un número predeterminado de ciclos después del punto de referencia determinado a partir de la señal piloto de sincronización en la etapa 704. Por ejemplo, la marca de tiempo se puede transmitir 300 ciclos después del punto de referencia (es decir, en el número de ciclo 10.300).

45 En la etapa 708, el receptor sincronizado 120 continúa contando los ciclos de corriente alterna en la red eléctrica 100 y espera un número predeterminado de ciclos desde el punto de referencia determinado en la etapa 704 para la llegada de los datos programados. El número de ciclo en el cual los datos están programados para ser transmitidos puede preprogramarse o cablearse en el receptor 120 para que el receptor 120 pueda estar listo para comenzar a recibir datos en ese número de ciclo.

50 En la etapa 710, que puede tener lugar en paralelo a las etapas 708, 712, 714 y 716 descritas a continuación, el receptor sincronizado 120 también espera un número predeterminado de ciclos desde el punto de referencia determinado en la etapa 704 para la llegada de la siguiente señal piloto de sincronización. El número de ciclo en el que la señal piloto de sincronización se programa a continuación para transmitirse puede preprogramarse o cablearse en el receptor 120 para que el receptor 120 pueda estar listo para comenzar a recibir la señal piloto de 55 sincronización en ese número de ciclo.

En la etapa 712, en el número de ciclo programado, el receptor 120 comienza a recibir y decodificar datos a través de canales físicos y/o lógicos. Los datos pueden ser recibidos en tramas. Los primeros bytes de datos en la trama pueden contener una indicación de uno o más del tipo de datos que se van a recibir, la longitud de las tramas que se

van a recibir y/o la estructura de la trama. A continuación, se describe un marco de datos ejemplar con referencia a la Figura 9.

La etapa 712 puede incluir determinar a partir de un identificador en los datos recibidos si los datos están destinados a ser recibidos por el receptor 120 respectivo. El identificador puede compararse con uno o más identificadores almacenados en el receptor 120 para determinar si los datos están destinados al receptor 120 y, si el identificador corresponde a uno o más identificadores almacenados en el receptor 120, el receptor 120 puede procesar los datos en consecuencia.

10 Se puede recibir un nuevo identificador para reemplazar un identificador almacenado. Esto permite a un operador del controlador 122 asignar un nuevo identificador a un receptor 120 dado para administrar la membresía de grupos de receptores 120 y difundir datos a grupos particulares de receptores 120 para que los miembros de un grupo dado de receptores 120 puedan actuar de la misma manera.

15 En la etapa 714, el receptor 120 realiza una acción basándose en los datos recibidos. Las acciones que pueden realizarse sobre la base de los datos recibidos pueden incluir una o más de actualización de los registros de salida, inicio de cambios en una configuración del receptor 120, restablecimiento del receptor 120 a una configuración anterior, inicio de un proceso, detención de un proceso, y carga o almacenamiento de información actualizada, tal como los datos de carga útil recibidos como parte de los datos programados, que pueden incluir una programación actualizada, un identificador actualizado, o ajustes de configuración actualizados, por ejemplo.

En la etapa 716, el receptor 120 continúa contando los ciclos de corriente alterna en la red eléctrica 100 y espera a que se reciban más datos programados.

25 El receptor 120 puede determinar que no se requieren acciones sobre la base de los datos que se descodifican en la etapa 712, y puede avanzar a la etapa 716 sin realizar ninguna acción particular.

Se entenderá que las etapas descritas anteriormente con referencia a las etapas 708, 712, 714 y 716 pueden realizarse en paralelo. Por ejemplo, los datos que se han recibido previamente se pueden decodificar y/o actuar al mismo tiempo que el receptor 120 espera y/o recibe datos adicionales.

Aunque no se muestra, el proceso puede finalizar, cuando, por ejemplo, el receptor 120 se desconecta del sistema (por ejemplo, el receptor 120 puede estar físicamente desconectado de la red eléctrica 100).

35 En algunos casos, después de recibir una transmisión particular, el proceso puede regresar a la etapa 708 para esperar nuevos datos programados. En otros casos, el proceso puede regresar a la etapa 702 y el receptor 120 espera la siguiente señal piloto de sincronización.

La Figura 8 muestra una señal piloto de sincronización ejemplar que comprende secuencias repetitivas de longitud variable de pares de estados base alto (α) y bajo (β), separados por modulaciones de desplazamiento de fase (PSK), formando cada par de estados alto-bajo un periodo ($\alpha\beta$ o $\beta\alpha$). En la PSK, la fase de la señal se desplaza en 180° , y este desplazamiento de fase es detectable por los receptores 120. Se observará que la señal piloto de sincronización que se muestra en la Figura 8 es solo un ejemplo de una señal piloto, y pueden usarse otras formas de señal.

45 Cada fase de la señal piloto de sincronización tiene una longitud definida por el número de periodos que dependen de una separación en el tiempo desde una PSK de punto especular. La PSK de punto especular actúa como un punto de referencia en el tiempo que los receptores 120 buscan para sincronizar su operación para recibir los datos correctamente. En particular, la longitud de una fase dada de la señal piloto de sincronización se define por el número de estados en una unidad base (en este caso, un par de estados) elevado a la potencia del número de PSK entre la fase respectiva y la PSK de punto especular. En otras palabras, la duración de la fase se puede formalizar como x^n , donde x es el número de estados en la unidad base y n es el número de PSK entre la fase respectiva y la PSK de punto especular.

55 En el ejemplo que se muestra en la Figura 8, la primera fase adyacente a la PSK de punto especular tiene una longitud de 2^0 (que es igual a 1 periodo) porque hay dos estados en la unidad base (alto, α y bajo, β) y no hay ninguna PSK entre la primera fase y la PSK de punto especular. La siguiente fase tiene una duración de dos periodos (2^1) ya que hay dos estados en la unidad base (1 periodo) y hay una PSK entre el periodo respectivo y la PSK de punto especular. Para el $n^{\text{ésimo}}$ periodo, la duración del periodo es 2^n ya que hay dos estados en la unidad

base (1 periodo) y hay n PSK entre el $n^{\text{ésimo}}$ periodo y la PSK de punto especular.

Al detectar la aparición de las PSK en una señal piloto de sincronización recibida, y al detectar la duración de una fase determinada (es decir, el tiempo entre una PSK y una PSK posterior), los receptores 120 pueden extrapolar el tiempo de la PSK de punto especular y, por lo tanto, determinar un punto conocido en el tiempo que esté sincronizado con la base de tiempo utilizada por los transmisores 118. Una vez que los receptores 120 están sincronizados, pueden recibir datos transmitidos dentro de la red eléctrica 100 por los transmisores 118.

En algunas formas de realización, cuando un receptor 120 se conecta primero a la red eléctrica 100, puede comenzar a escuchar una señal piloto de sincronización, y cuando se recibe una señal piloto de sincronización, el procesador 306 sincroniza el receptor 120 con la PSK de punto especular. Una vez que el receptor 120 está sincronizado, entonces puede comenzar a escuchar los datos transmitidos como se ha descrito anteriormente con referencia a la Figura 7, por ejemplo.

La Figura 9 muestra una trama de datos ejemplar 900 adecuada para transmitir datos dentro de la red eléctrica 100. La trama 900 comprende una porción de inicio 902, una porción de carga útil 904 y una porción de verificación de redundancia cíclica (CRC) 906.

La porción de inicio 902 puede contener un patrón conocido de bits que el receptor puede usar para confirmar la sincronización del receptor 120 y/o confirmar que los datos están a punto de ser recibidos. Un receptor 120 puede volver a sincronizarse utilizando la porción de inicio 902 en el caso de que la sincronización se haya perdido desde que el receptor 120 recibió una señal piloto de sincronización. Por ejemplo, si un dispositivo en la red eléctrica 100 (tal como un dispositivo de compensación de potencia reactiva de un transformador) se enciende/apaga, puede haber un espacio en el suministro de energía que sea más largo que el tiempo que el reloj 310 puede mantener la sincronización del receptor 120. En tales casos, la sincronización del receptor 120 puede desviarse con respecto a la sincronización de la señal de sincronización piloto.

La porción de carga útil 904 comprende una cadena de bits que representan los datos que se van a transmitir dentro de la red eléctrica 100. La porción de carga útil 904 puede ser de cualquier longitud adecuada para contener suficientes datos de carga útil. Típicamente, la porción de carga útil 904 tiene típicamente una longitud predeterminada. Por ejemplo, la porción de carga útil puede comprender 8 bytes, cada uno de los cuales comprende 8 bits (o chips). Al tener una longitud predeterminada, la porción de carga útil 904 puede estar protegida por la porción de CRC 906.

Los datos de carga útil pueden ser cualquier información que deba transmitirse dentro de la red eléctrica 100. Por ejemplo, los datos de carga útil pueden incluir información de control relativa a un dispositivo de potencia 119 asociado con un receptor dado 120. Por ejemplo, el dispositivo de potencia 119 puede ser un controlador para un sistema de calefacción y los datos transmitidos a su receptor 120 asociado pueden incluir instrucciones de control para encender o apagar el sistema de calefacción en momentos definidos o pueden incluir instrucciones para establecer una temperatura; tales datos pueden basarse, por ejemplo, en un pronóstico del tiempo para un área geográfica determinada en un intervalo de tiempo futuro, mejorando de este modo la experiencia del usuario final. En otro ejemplo, las características de potencia de una pluralidad de dispositivos de potencia 119 podrían ajustarse para cumplir con los requisitos para la prestación de servicios auxiliares a un operador de red de transmisión y/o un operador de red de distribución con el fin de estabilizar la frecuencia de la red o equilibrar la generación renovable intermitente, tal como dispositivos fotovoltaicos y/o aerogeneradores.

En un ejemplo, la porción de carga útil 904 incluye un código de software para actualizar o reemplazar el código utilizado para controlar el receptor 120, tal como el software o el firmware que usa el receptor 120 para procesar los datos recibidos o, cuando el receptor 120 se integra electrónicamente a su dispositivo de potencia principal 119, la porción de carga útil 904 también puede actualizar, reconfigurar o cambiar las configuraciones existentes del dispositivo de potencia principal 119.

La porción de CRC 906 es una porción de comprobación de errores. La porción de CRC 906 puede comprender, por ejemplo, bits de suma de comprobación que el receptor puede usar para determinar si los datos de carga útil se han recibido correctamente. El procesador 306 del receptor 120 puede utilizar los bits de suma de comprobación para detectar y/o corregir los bits de datos corruptos en la porción de carga útil 904. La longitud de la porción de CRC 906 puede seleccionarse para equilibrar la eficiencia de la trama 900 (en términos de rendimiento de datos o ancho de banda) y la fiabilidad de los datos.

Las tramas 900 se pueden combinar en una denominada supertrama para aumentar aún más la fiabilidad de los datos transmitidos. Cada supertrama puede incluir un número predefinido de tramas; por ejemplo, cada supertrama puede comprender 32 tramas. La información sobre la estructura de la supertrama se puede incluir en la primera trama (o en las primeras tramas) de la supertrama. Los datos en las tramas se repiten en la supertrama para añadir redundancia a la información transmitida y permitir la corrección de errores hacia adelante. Por ejemplo, entre el 50% y el 100% de los datos que deben transmitirse pueden duplicarse. El aumento de la redundancia de la información en la supertrama permite que la transmisión sea más fuerte y menos susceptible al ruido o a los picos en el espectro de ruido que pueden producirse al cambiar la red eléctrica 100, por ejemplo.

10 Los estados alto y bajo descritos anteriormente con referencia a la Figura 8 pueden usarse como bits de datos para la transmisión de datos. Como alternativa, o adicionalmente, un par u otras combinaciones de estados alto y bajo pueden usarse como un bit, denominado chip; por ejemplo, el par "αβ" puede definir el chip "1" y el par "βα" puede definir el chip "0".

15 Como se ha explicado anteriormente, los transmisores 118 típicamente modulan pequeñas cantidades de potencia, de modo que la modulación correspondiente de la frecuencia es baja (dentro de los límites acordados dentro de los cuales el operador de la red debe controlar la frecuencia de la red). Por lo tanto, puede ser deseable disminuir la susceptibilidad de la señal de difusión al ruido. En algunas formas de realización, el efecto del ruido en los datos transmitidos se reduce al propagar la codificación de bits.

20

La Figura 10 muestra un método ejemplar de propagación de códigos de bits. En el ejemplo que se muestra en la Figura 10, un solo bit es un pulso de código de repetición denominado en el presente documento como un chip 1002. El chip 1002 se define por una secuencia de estados alto y bajo con una longitud definida. El chip 1002 define un estado alto ("1") y se define por la secuencia αββααββα. El chip de estado bajo ("0") correspondiente 1004 se define por una secuencia invertida de bits, concretamente, βααββααβ. Al propagar la codificación de bits en los chips 1002, 1004 como se muestra en la Figura 10, la cantidad total de energía que contribuye a los chips 1002, 1004 se puede aumentar sin necesidad de aumentar el grado de modulación de frecuencia y el aumento correspondiente en la modulación de amplitud de potencia. Es decir, el chip de propagación de bits 1002, 1004 permite una ganancia de detección. Se entenderá que, aunque los chips 1002, 1004 que se muestran en la Figura 10 comprenden cuatro pares de bits alto-bajo, podrían usarse chips con mayor longitud con un aumento correspondiente en la ganancia de detección y la facilidad de recepción.

Los chips de propagación de bits altos ("1") y bajos ("0") 1002, 1004 de la Figura 10 tienen cada uno la misma longitud, y están formados por pares alto-bajo que tienen la misma longitud. Los chips 1002, 1004, por lo tanto, tendrán una sola frecuencia asociada. Sin embargo, los chips pueden estar compuestos de combinaciones más complejas de estados altos y bajos. Por ejemplo, los chips pueden comprender múltiples estados altos, o múltiples estados bajos, en una fila; esto permite la propagación de la energía de los chips a diferentes frecuencias, aumentando aún más la resistencia de los datos transmitidos al ruido.

40 En algunas formas de realización, se pueden implementar múltiples sistemas de transmisión en la misma red eléctrica 100 y se pueden disponer para operar en paralelo. Para que la actividad con respecto a un sistema de transmisión no interfiera con la actividad con respecto a otro sistema de transmisión, a los sistemas de transmisión se les pueden asignar recursos que tienen propiedades mutuamente ortogonales o cuasi-ortogonales. Se entenderá que múltiples sistemas de transmisión pueden operar en la misma red eléctrica 100, y la capacidad de la red eléctrica 100 puede incrementarse, utilizando recursos con propiedades que no sean completamente ortogonales. Los recursos pueden ser ortogonales o cuasi ortogonales en frecuencia, tiempo, código o una combinación de los mismos. Esto puede conducir al uso de la separación de frecuencia, separación por división en el tiempo o separación por división en el código de los sistemas de transmisión, o una combinación de los mismos. Por consiguiente, los receptores 120 pueden sintonizarse, sincronizarse, emparejarse, correlacionarse, etc., para identificar la transmisión desde el sistema de transmisión (o sistemas) a los que pertenecen.

El receptor 120 puede aplicar una ponderación estadística o probabilística a cada bit o chip recibido; por ejemplo, cada bit puede tener un valor de confianza asociado que indica la probabilidad de que ese bit se haya recibido correctamente. La probabilidad puede determinarse en función de las características de calidad del canal de comunicaciones, tal como la intensidad de la señal, el nivel de ruido, etc. Por ejemplo, un bit o chip con un valor 1 que se recibe en un canal de buena calidad puede representarse como 1(0,9), lo que significa que el receptor 120 tiene un 90% de confianza de que el bit o chip recibido tenga el valor 1. Como alternativa, el valor de probabilidad y el valor del bit se pueden combinar en un solo valor.

Los datos transmitidos por un sistema de transmisión que opera en la red eléctrica 100 pueden distinguirse de los datos transmitidos por otros sistemas de transmisión que funcionan en la misma red eléctrica 100 utilizando multiplexación por división de código. Es decir, un código respectivo asociado con un sistema de transmisión dado es ortogonal o casi ortogonal a códigos asociados con otros sistemas de transmisión, de modo que un código asociado con un sistema de transmisión dado no se correlaciona con códigos asociados con otros sistemas de transmisión, o es solo se correlaciona muy débilmente con los mismos. Esto permite que los diversos sistemas de transmisión que funcionan en la red eléctrica 100 transmitan datos al mismo tiempo.

En una forma de realización ejemplar, múltiples sistemas de transmisión que funcionan en la misma red eléctrica 100 pueden separarse en el espacio de código asignando a cada sistema de transmisión un esquema de codificación que tenga una unidad base de diferente longitud. Por ejemplo, a un primer sistema de transmisión se le puede asignar el esquema de codificación descrito anteriormente con referencia a la Figura 8, en el que hay dos estados en la unidad base, y a un segundo sistema de transmisión se le puede asignar un esquema de codificación en el que hay tres estados en la unidad base.

Los sistemas de transmisión solo pueden tener asignados esquemas de codificación que tienen unidades base con un número primo de estados. Por ejemplo, a un tercer sistema de transmisión se le puede asignar un esquema de codificación en el que hay cinco estados en la unidad base. La asignación de esquemas de codificación con unidades base que tienen un número primo de estados aumenta el número de bits que se pueden transmitir sin que los diferentes esquemas de codificación se superpongan, lo que facilita la separación en el receptor central de datos de diferentes transmisiones. Los sistemas de transmisión que funcionan en la red eléctrica 100 pueden programarse para transmitir datos en ciertos momentos que son diferentes a los tiempos en que otros sistemas de transmisión están programados para transmitir datos. La programación puede coordinarse por el controlador 122. Un receptor 120 dado puede ser parte de múltiples sistemas de transmisión que operan en la red eléctrica 100 y puede recibir transmisiones de transmisores 118 en cada uno de esos sistemas de transmisión.

Las formas de realización anteriores deben entenderse como ejemplos ilustrativos de la invención. Se contemplan formas de realización adicionales de la invención. Por ejemplo, aunque los transmisores y receptores se describen anteriormente como entidades separadas, los transmisores y receptores pueden combinarse en una sola unidad transceptora capaz de transmitir y recibir datos.

En algunas formas de realización, los datos pueden transmitirse por un transmisor 118 (o transceptor) a un receptor 120 (o transceptor) de manera punto a punto. La señal de datos puede ser observada por todos los receptores 120 conectados a la red eléctrica 100, pero el receptor específico 120 puede actuar sobre ella. Las transmisiones desde el transmisor 118 al receptor 120 pueden recibir recursos asignados que tienen propiedades mutuamente ortogonales, o casi ortogonales con respecto a otras transmisiones, como se describió anteriormente con referencia a múltiples sistemas de transmisión.

Con el fin de que la señal modulada sea detectable, los datos pueden transmitirse utilizando la propagación de código de bits como se describe anteriormente con referencia a la Figura 10.

En formas de realización que transmiten datos punto a punto, los datos pueden ser transmitidos por el transmisor 118 en una base *ad hoc*, en lugar de en tiempos programados, lo que permite que los datos se transmitan con un mayor grado de flexibilidad. Los receptores 120 pueden configurarse para recibir datos transmitidos por los transmisores 120 de forma asíncrona; por ejemplo, los transmisores 118 pueden incluir información en los datos transmitidos para indicar a un receptor 120 que los datos se están transmitiendo, como se describe a continuación.

El transmisor 118 y el receptor 120 pueden compartir un código común que se transmite con los datos transmitidos. El receptor 120 puede detectar el código común para identificar señales que contienen datos que el receptor 120 está destinado a recibir. El código común puede seleccionarse de una lista de códigos disponibles públicamente; por ejemplo, el código puede seleccionarse de un directorio que enumera los códigos asociados con cada receptor 120 en el sistema de transmisión. Esto permite que varios transmisores 118 dirijan datos a un receptor dado 120.

El transmisor 118 puede incluir una dirección de un receptor específico 120 en los datos transmitidos, de modo que solo el receptor específico 120 decodifica los datos en respuesta a la determinación de que la dirección corresponde a su dirección.

El transmisor 118 y el receptor 120 pueden compartir un código secreto que se incluye en las transmisiones desde el transmisor 118 al receptor 120. En tales formas de realización, solo el receptor específico 120 para el cual se

pretende la transmisión de datos es capaz de decodificar señales que contienen los datos que se van a transmitir al receptor 120, y otros receptores 120 que no tienen acceso al código secreto no pueden decodificar los datos; los datos transmitidos pueden aparecer en todos los demás receptores como ruido o datos sin sentido. Esto permite que los datos se transmitan de forma segura a través de la red eléctrica 100. El código secreto compartido puede ser una clave simétrica que el transmisor 118 y el receptor 120 utilizan para cifrar y descifrar las transmisiones para mejorar la seguridad de los datos transmitidos.

En algunas formas de realización, las transmisiones se cifran utilizando encriptación de clave pública asimétrica. En tales sistemas, cada uno de los transmisores 118 y los receptores 120 tienen una clave pública y una clave privada, donde la clave utilizada para cifrar los datos no es la misma que la clave utilizada para descifrar esos datos. Por ejemplo, un transmisor 118 puede usar la clave pública de un receptor 120 para cifrar los datos que se van a transmitir al receptor 120, y el receptor 120 usa su clave privada para descifrar esos datos. El uso de claves asimétricas para cifrar datos permite autenticar las transmisiones y verificar su integridad, y permite que el contenido de las transmisiones permanezca privado. En particular, el uso de claves asimétricas evita el secuestro de un receptor 120 y evita el uso no autorizado de una clave interceptada, por ejemplo. Las claves públicas pueden ser verificadas por una autoridad de certificación como pertenecientes a un usuario o entidad en particular y, como tal, pueden tener un certificado digital.

El receptor 120 puede sincronizar su funcionamiento en base a la información contenida dentro de los datos transmitidos. Por ejemplo, los datos transmitidos pueden contener información de sincronización que el receptor 120 puede detectar y usar para sincronizar su operación en preparación para recibir datos. La capacidad de datos de carga útil, y por lo tanto la velocidad de bits de transmisión, se puede sacrificar para compensar la sobrecarga de datos adicional utilizada para la información de sincronización.

Los datos transmitidos al receptor 120 pueden formatearse con una estructura de trama conocida. Cada trama puede incluir bits de inicio que el receptor 120 puede detectar en cualquier momento y que pueden definir límites de bits dentro de la trama. En respuesta a la detección de los bits de inicio, el receptor 120 puede determinar cuándo se van a recibir los datos. El número de bits de inicio puede ser mayor que el descrito anteriormente con referencia a la Figura 9 para compensar la falta de conocimiento *a priori* de cuándo se van a transmitir los datos que proporciona una programación. La trama también puede incluir una porción de carga útil y una porción de CRC, como se describió anteriormente con referencia a la Figura 9. En algunas formas de realización, más parte de la trama puede estar dedicada a los bits de inicio que a los datos que deben transmitirse. La trama también puede incluir bits de parada, que indican cuándo terminará la transmisión de datos. En algunas formas de realización, el receptor 120 puede incluir una capacidad de memoria mayor para almacenar los datos adicionales requeridos para recibir datos de manera punto a punto.

Cuando el transmisor 118 y el receptor 120 son cada uno transceptores, se puede establecer un canal de comunicación de dos vías entre los transceptores. Por ejemplo, se puede establecer un canal directo y un canal inverso.

Las transmisiones punto a punto pueden hacerse desde un transmisor 118, o grupo de transmisores 118, a uno o más receptores 120 en base a los datos de identificación que incluyen una pluralidad de tipos de identificadores. Los tipos de identificadores pueden relacionarse con una propiedad o característica diferente de uno o más receptores 120; por ejemplo, los tipos de identificadores pueden relacionarse con uno o más de una ubicación geográfica (tal como una dirección postal o código postal), una característica operativa del dispositivo, un grupo de propiedad, una dirección de red, un rango de direcciones de red, un número de teléfono y un código de área telefónica. Los diferentes tipos de identificadores pueden representar cada uno un grupo semántico al que pertenecen uno o más receptores 120. Los receptores 120 que pertenecen a uno o más de los grupos semánticos representados por los tipos de identificadores en los datos de identificación pueden recibir datos. Los datos de identificación también pueden incluir expresiones lógicas mediante las cuales la pluralidad de tipos de identificadores están vinculados con operadores lógicos, tales como los operadores AND, OR y NOT y combinaciones de estos operadores. Cada uno de los receptores 120 puede extraer los datos de identificación y probar las condiciones en la expresión lógica para determinar si la expresión es verdadera para ese receptor 120; es decir, si el receptor 120 tiene todas las propiedades identificadas en los datos de identificación y está destinado a recibir los datos transmitidos. Por ejemplo, los receptores 120 pueden hacer una determinación sobre su pertenencia al grupo semántico identificado primero en los datos de identificación y, si un receptor 120 determinado determina que es un miembro de ese grupo semántico, ese receptor 120 puede entonces hacer una determinación acerca de su pertenencia al siguiente grupo semántico identificado. El receptor 120 puede iterar a través de cada uno de los grupos semánticos identificados en los datos de identificación. Cada receptor 120 que determina que todas las expresiones lógicas son verdaderas

puede recibir los datos.

El direccionamiento de los receptores 120 utilizando grupos semánticos proporciona una manera eficiente de transmitir datos a un gran número de receptores 120, que tienen las mismas o similares propiedades, al permitir que esos receptores 120 sean dirigidos sin la necesidad de determinar los identificadores individuales de cada uno de los receptores 120 a los que debe dirigirse, o transmitir cada uno de esos identificadores individuales con la señal transmitida.

Cada uno de los grupos semánticos puede tener múltiples niveles que representan diferentes niveles de generalidad y los receptores 120 pueden organizarse para identificar que pertenecen a un grupo semántico con un mayor nivel de generalidad al reconocer que poseen un identificador que pertenece a ese grupo semántico, pero teniendo un menor nivel de generalidad. Por ejemplo, los identificadores que representan ubicaciones geográficas pueden incluir datos que representan uno o más de un país, una región, un condado, una ciudad, un pueblo, una calle, un código postal y coordenadas o referencia de cuadrícula; un receptor 120 puede determinar que debe recibir las transmisiones dirigidas a los receptores 120 dentro de una ciudad determinada reconociendo que, por ejemplo, su código postal es un código postal dentro de esa ciudad.

En algunas formas de realización, las transmisiones punto a punto se pueden realizar entre múltiples transmisores individuales 118 (o transceptores) y un único receptor 120, en lo sucesivo en el presente documento denominado receptor central, y los múltiples transmisores distribuidos 118 pueden cada uno transmitir datos al receptor central. El receptor central puede tener acceso a códigos (tal como direcciones o identificadores) asociados con cada uno de los transmisores 118, y cada transmisor 118 puede incluir información relacionada con su código respectivo en las transmisiones al receptor central.

Los datos transmitidos desde cada uno de los múltiples transmisores 118 se pueden separar (para que sean ortogonales o casi ortogonales en el tiempo) en función de una diferencia de tiempo. Cada uno de los transmisores múltiples 118 puede comenzar a transmitir datos al receptor central en un tiempo de inicio aleatorio. Por ejemplo, se puede solicitar a cada uno de los transmisores 118 que transmita información al receptor central en un momento particular o dentro de un marco de tiempo particular. Para evitar que cada uno de los transmisores 118 transmita al receptor central al mismo tiempo, el sistema de transmisión puede disponerse de tal manera que los transmisores distribuidos 118 tengan cada uno tiempos de inicio de transmisión suficientemente diferentes a cada uno de los demás transmisores 118. Por ejemplo, los transmisores 118 pueden disponerse para añadir un retardo de tiempo aleatorio al momento en que reciben una solicitud para transmitir datos al receptor central. Esto aumenta la probabilidad de que los datos transmitidos por cada uno de los transmisores 118 se reciban en el receptor central en tiempos suficientemente separados (es decir, tiempos separados en más de la duración de la transmisión) para que el receptor central pueda distinguir entre las transmisiones de diferentes transmisores 118.

Cada transmisor 118 puede determinar el retardo de tiempo aleatorio en base a la información que es única para ese receptor. Por ejemplo, el retardo de tiempo aleatorio puede determinarse basándose en un número de serie del transmisor 118. Esto reduce la probabilidad de que dos o más transmisores 118 utilicen el mismo retardo de tiempo, y por lo tanto, facilita la separación en el receptor 120 de datos de diferentes transmisiones.

El receptor central puede estar dispuesto para determinar que los datos transmitidos por dos o más transmisores 118 se reciben al mismo tiempo o dentro del marco de tiempo de la transmisión de datos (es decir, dentro de la duración de tiempo que se transmite una trama de datos determinada). Por ejemplo, el receptor central puede estar dispuesto para identificar que una señal recibida contiene dos o más patrones de datos desplazados en un tiempo menor que el tiempo de la transmisión. En respuesta a la determinación de que una señal recibida contiene datos transmitidos por dos o más receptores, el receptor central puede determinar que la señal no debe procesarse para extraer los datos.

El receptor central puede entonces solicitar que los datos que no se extraen de una señal recibida se vuelvan a enviar desde cada uno de los transmisores cuyos datos no se pudieron extraer. Por ejemplo, los datos transmitidos por cada transmisor 118 pueden incluir información relacionada con su dirección o identificador, e información relacionada con el estado del transmisor 118 o un dispositivo asociado con el transmisor 118. Después de recibir datos de cada transmisor 118, el receptor central puede tomar nota de las identidades de los transmisores 118 de los cuales los datos se han recibido con éxito y luego puede interrogar a los transmisores individuales 118 de los que no se han recibido con éxito, y solicitar que estos transmisores 118 retransmitan sus datos. El receptor central puede especificar las propiedades de un recurso, tal como un retardo de tiempo o un nuevo código, para que el transmisor 118 lo utilice para administrar los receptores de modo que se mantenga la separación en el receptor 120 de los

datos de diferentes transmisiones.

Los transmisores 118 pueden retransmitir todas o una proporción de las transmisiones, incluso en ausencia de una solicitud del receptor central para hacerlo. Esto reduce la probabilidad de que las transmisiones que el receptor central no ha recibido con éxito no se retransmitan debido a que la solicitud de retransmisión tampoco es recibida por el transmisor 118.

El receptor central puede transmitir un mensaje de acuse de recibo a los transmisores 118 desde los cuales los datos se reciben con éxito. En el caso de que, después de transmitir datos al receptor central, el transmisor 118 no reciba un acuse de recibo, el transmisor 118 puede retransmitir los datos. Por ejemplo, el transmisor 118 puede esperar un tiempo predeterminado para recibir un acuse de recibo de que sus datos transmitidos se recibieron con éxito y, en ausencia de tal acuse de recibo, el transmisor 118 puede retransmitir los datos. Para evitar que los datos de los mismos dos o más transmisores 118 lleguen al receptor central al mismo tiempo después de la retransmisión, el tiempo predeterminado que cada transmisor 118 espera antes de retransmitir los datos puede ser diferente de los tiempos predeterminados esperados por otros transmisores 118. Cada receptor 120 puede esperar una cantidad de tiempo aleatoria antes de retransmitir los datos.

El receptor central puede transmitir solicitudes para que los datos sean reenviados, o puede dirigir solicitudes a transmisores individuales 118, utilizando la red eléctrica 100. El receptor central puede enviar tales solicitudes para enviar datos y/o acuses de recibo de que se han recibido datos con éxito a través de un canal inverso separado.

En algunas formas de realización, el receptor central puede formar grupos de transmisores 118 que deben transmitir datos al receptor central dentro de un marco de tiempo dado, y puede reformular los grupos en respuesta a transmisiones fallidas causadas por transmisiones de dos o más transmisores 118 recibidas en el receptor central al mismo tiempo y/o usando el mismo código.

Aunque los ejemplos específicos de cómo se sincronizan los receptores 120 se han descrito anteriormente, debe entenderse que los receptores 120 pueden sincronizarse usando diferentes técnicas de sincronización.

Aunque en la descripción anterior, los datos transmitidos se describen en términos de estados alto y bajo, debe entenderse que en algunas formas de realización se pueden usar estructuras de datos con múltiples estados de datos. Por ejemplo, así como los estados alto y bajo, puede haber uno o más estados intermedios.

Debe entenderse que la funcionalidad de los receptores, los transmisores y el controlador descritos anteriormente se puede implementar en un software que se ejecuta en un procesador. El software puede preprogramarse en los dispositivos respectivos en el momento de la fabricación o la instalación, o puede proporcionarse por separado e instalarse en los dispositivos respectivos.

Debe entenderse que cualquier característica descrita en relación con una forma de realización cualquiera puede usarse en solitario, o junto con otras características descritas, y también puede usarse junto con una o más características de cualquier otra de las formas de realización, o cualquier combinación de cualquier otra de las formas de realización. Además, los equivalentes y las modificaciones no descritas anteriormente también pueden emplearse sin apartarse del alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para decodificar, en un dispositivo de recepción (120), información codificada en una modulación de frecuencia de una frecuencia de red de electricidad que fluye en un área síncrona de una red eléctrica (100), comprendiendo el método:
- 5
- medir, en el dispositivo de recepción (120), una característica relacionada con la frecuencia de red para obtener una señal de frecuencia de red que comprende la modulación de frecuencia;
- 10 acceder a datos indicativos de uno o más patrones de código predeterminados;
- realizar un proceso de correlación, en el dispositivo de recepción (120), para determinar una correlación entre al menos una porción de la señal de frecuencia de red y al menos uno del uno o más patrones de código predeterminados; y
- decodificar la información codificada en base a la correlación determinada.
- 15 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de recepción (120) comprende un almacén de datos (304) que almacena el uno o más patrones de código predeterminados, y el método comprende acceder al almacén de datos (304) para acceder al uno o más patrones de código predeterminados.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 y la reivindicación 2, en el que el dispositivo de recepción (120) comprende un almacén de datos (304) que almacena uno o más identificadores, y dicha modulación de frecuencia incluye un identificador de un dispositivo de recepción (120) o grupo de dispositivos de recepción (120), comprendiendo el método:
- 20
- determinar si el identificador incluido en la modulación de frecuencia corresponde a uno o más del uno o más identificadores almacenados en el almacén de datos (304); y
- 25 extraer datos de la señal en respuesta a la determinación de que el identificador incluido en la señal corresponde a uno o más del uno o más identificadores almacenados en el almacén de datos (304).
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho dispositivo de recepción (120) comprende un almacén de datos (304) que comprende datos que indican una o más acciones predefinidas, y el método comprende realizar dicha una o más acciones predefinidas en respuesta a una determinación de que el identificador incluido en la modulación de frecuencia corresponde al uno o más del uno o más identificadores almacenados en el almacén de datos (304), en el que la una o más acciones predefinidas incluyen uno o más de:
- 30
- alterar una configuración del dispositivo de recepción (120); alterar una configuración de un dispositivo de potencia (119) asociado con el dispositivo de recepción (120); ejecutar un programa en el dispositivo de recepción (120); detener un programa en el dispositivo de recepción (120); y almacenar datos en un almacén de datos (304) del dispositivo de recepción (120).
- 35
5. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la modulación de frecuencia comprende información de tiempo e información adicional, diferente de la información de tiempo, y el método comprende procesar la información adicional sobre la base de la información de tiempo.
- 40
6. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende:
- 45
- controlar, en el dispositivo de recepción (120), varios ciclos de flujo de energía eléctrica en la red (100) que han transcurrido desde un punto de inicio dado; y
- realizando el proceso de correlación de acuerdo con una programación predeterminada, identificando dicha programación una sincronización para el rendimiento del proceso de correlación sobre la base de una serie de ciclos del flujo de energía eléctrica que han transcurrido desde el punto de inicio dado.
- 50
7. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el proceso de correlación comprende un proceso de filtrado.
7. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el proceso de correlación
- 55 comprende:
- extraer datos transmitidos por una pluralidad de dispositivos de transmisión (118);
- mantener una base de datos que almacena identificadores de la pluralidad de dispositivos de transmisión; y
- comparar los datos de identificación extraídos de la modulación de frecuencia con dichos identificadores

almacenados de la pluralidad de dispositivos de transmisión (118) para determinar a partir de cuál de la pluralidad de dispositivos de transmisión (118) se transmitieron los datos extraídos.

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende:
5
determinar que los datos se reciben de dos o más de la pluralidad de dispositivos de transmisión (118) dentro de un marco de tiempo predefinido; y
transmitir una solicitud a cada uno de dichos dos o más dispositivos de transmisión (118) para retransmitir dichos datos en respuesta a la determinación de que se han recibido datos de dichos dos o más
10 dispositivos de recepción (118) dentro de dicho marco de tiempo.
10. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo de recepción (120) comprende una interfaz de comunicaciones para recibir comunicaciones a través de un medio de comunicaciones adicional, diferente de la red eléctrica (100), y el método comprende iniciar comunicaciones con un
15 dispositivo adicional a través del medio de comunicaciones adicional en respuesta a la decodificación de dicha información.
11. Un método de acuerdo con cualquiera de la reivindicación 1 a la reivindicación 9, en el que el dispositivo de recepción (120) comprende una interfaz de comunicaciones para comunicaciones a través de un
20 medio de comunicaciones adicional, diferente de la red eléctrica (100), y el método comprende:
enviar un mensaje de solicitud a un dispositivo adicional a través de la interfaz de comunicaciones para iniciar comunicaciones con el mismo, por lo que dicho dispositivo adicional inicia dicha modulación de frecuencia para codificar dicha información para la decodificación por el dispositivo de recepción (120),
25 comprendiendo la modulación de frecuencia datos de autenticación para autenticar el dispositivo de recepción (120) en el dispositivo adicional para iniciar comunicaciones a través del medio de comunicaciones adicional; y
comunicándose el dispositivo de recepción (120) con el dispositivo adicional a través del medio de comunicaciones en base a la información descodificada.
- 30 12. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende transmitir los datos de autenticación desde el dispositivo de recepción (120) al dispositivo adicional para iniciar las comunicaciones a través del medio de comunicaciones adicional.
- 35 13. Un método de acuerdo con cualquiera de la reivindicación 10 a la reivindicación 12, en el que la modulación de frecuencia comprende datos de configuración para configurar el dispositivo de recepción (120) para recibir datos desde el dispositivo adicional a través del medio de comunicaciones adicional.
14. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la frecuencia de red está sujeta a fluctuaciones de ruido aleatorias de modo que la frecuencia de red varía con el tiempo dentro de un rango de frecuencia y la modulación de frecuencia tiene una variación de frecuencia con respecto a la frecuencia de red que es menor que dicho rango de frecuencia.
15. Un dispositivo de recepción (120) para decodificar información codificada en una modulación de
45 frecuencia de una frecuencia de red de electricidad que fluye en un área síncrona de una red eléctrica (100), comprendiendo el receptor (120):
un medio de medición (302) dispuesto para medir una característica relacionada con la frecuencia de red para obtener una señal de frecuencia de red que comprende la modulación de frecuencia;
50 acceso a un almacén de datos (304) dispuesto para almacenar datos indicativos de uno o más patrones de código predeterminados;
un medio de procesamiento (306) dispuesto para realizar un proceso de correlación para determinar una correlación entre al menos una porción de la señal de frecuencia de red y al menos uno del uno o más patrones de código predeterminados, y para decodificar la información codificada sobre la base de
55 correlación determinada.
16. Un programa informático que comprende instrucciones para realizar, en un dispositivo informático, un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

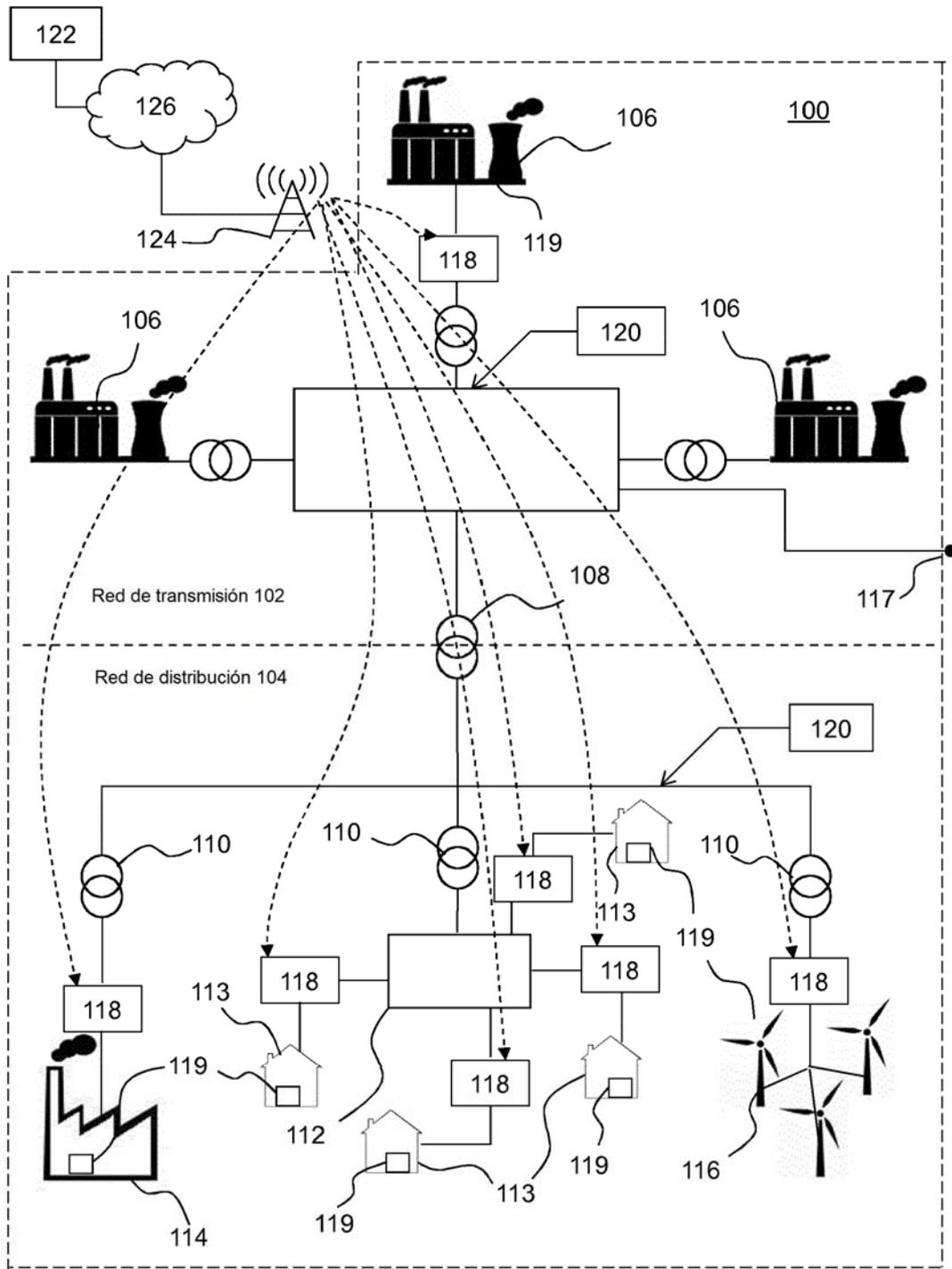


Figura 1

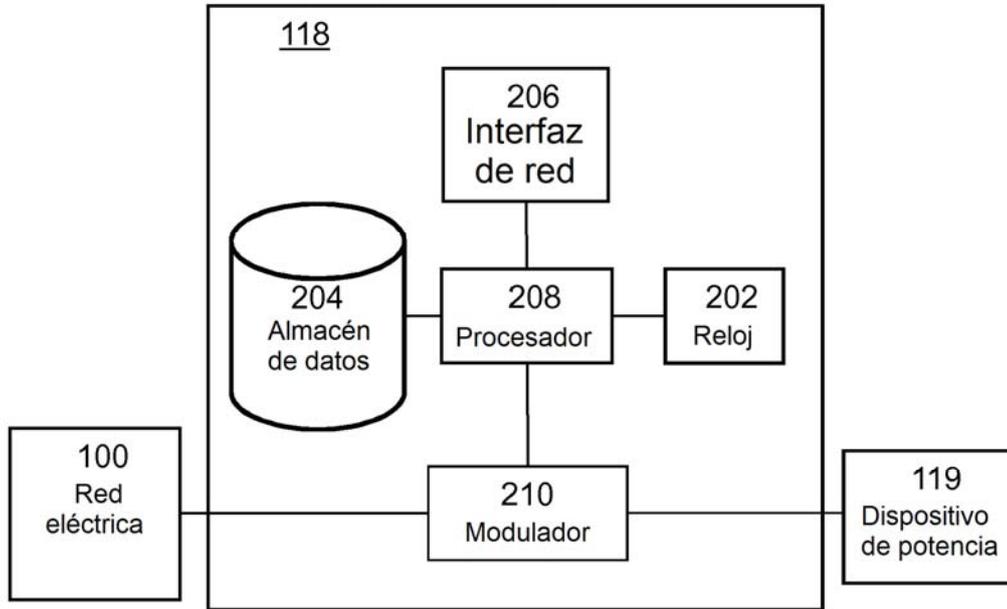


Figura 2

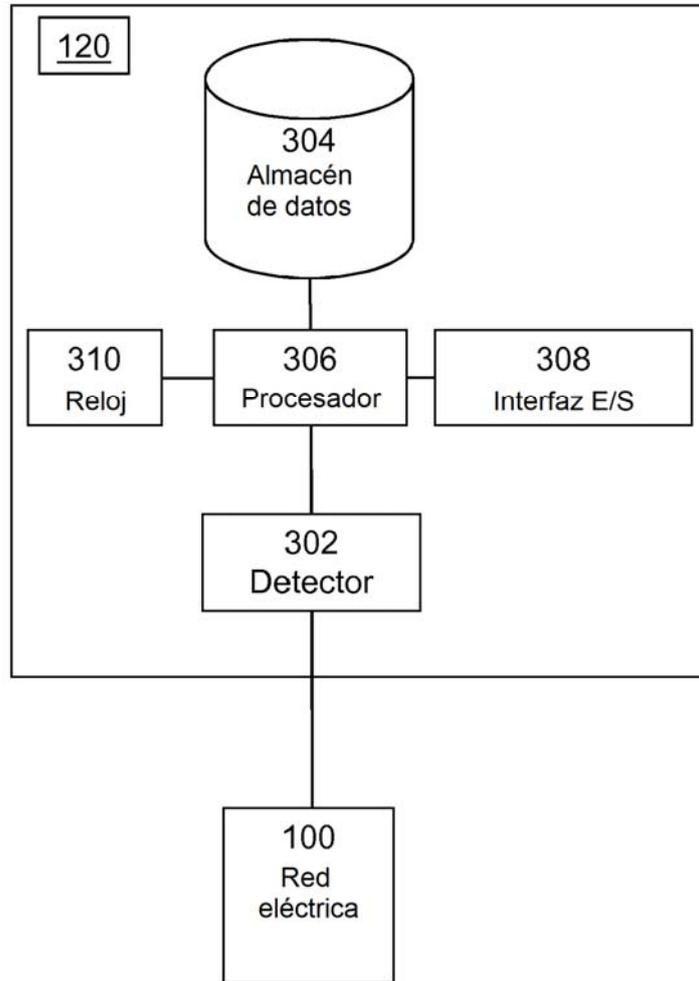


Figura 3

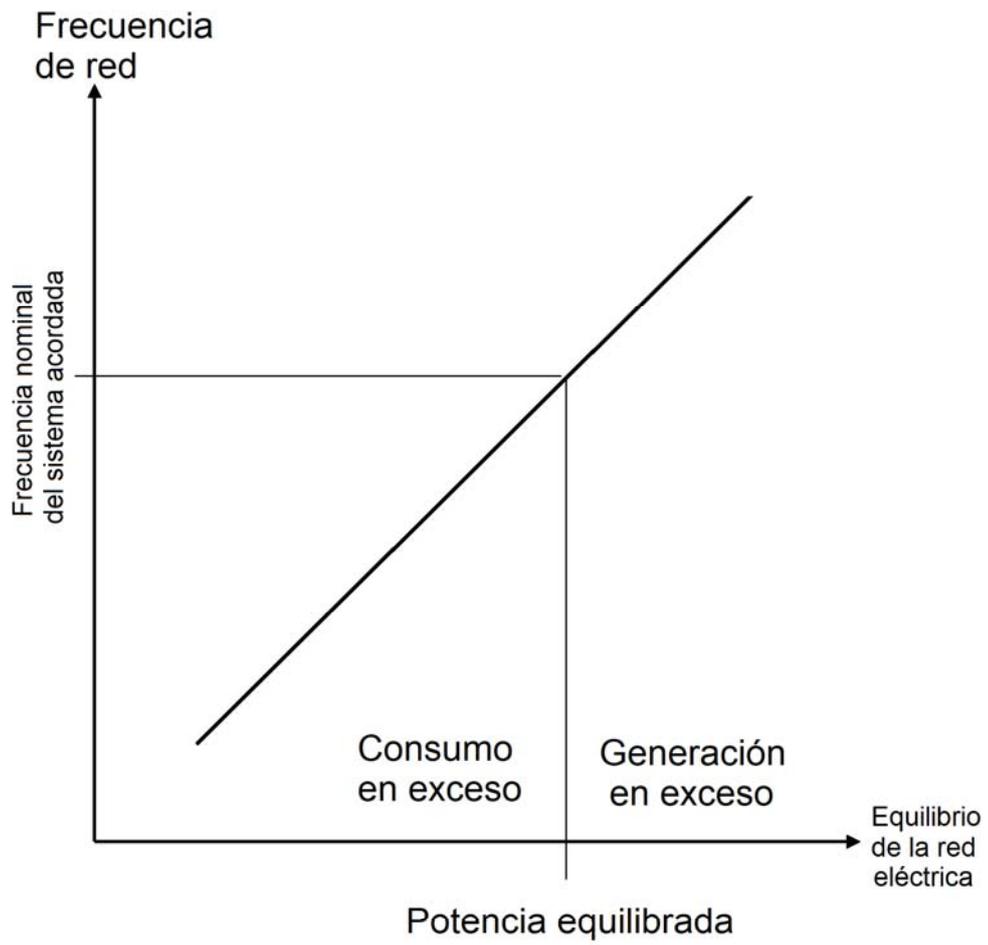


Figura 4a

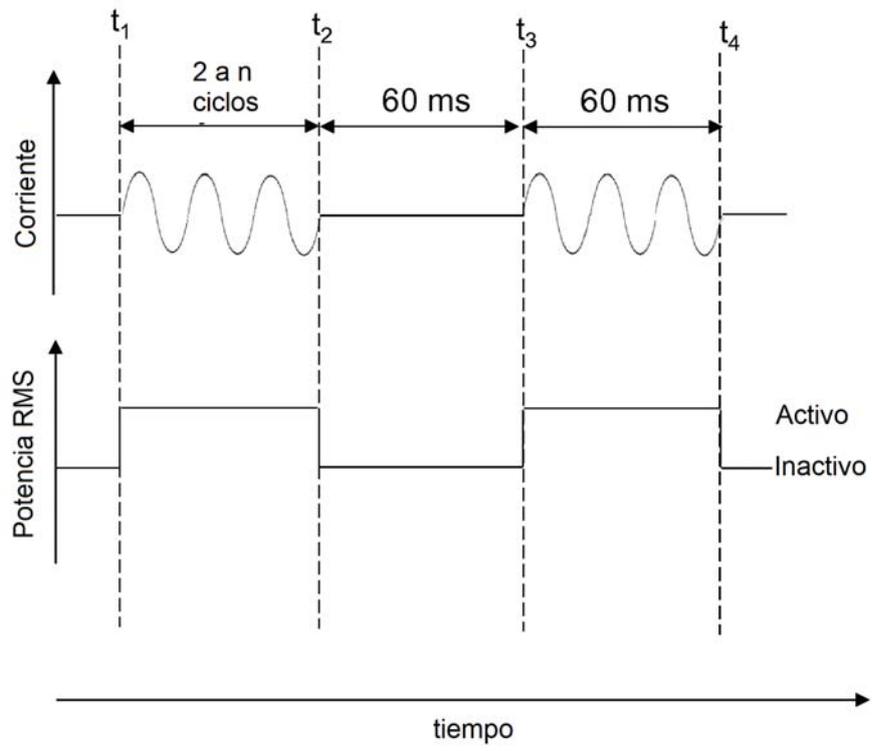


Figura 5

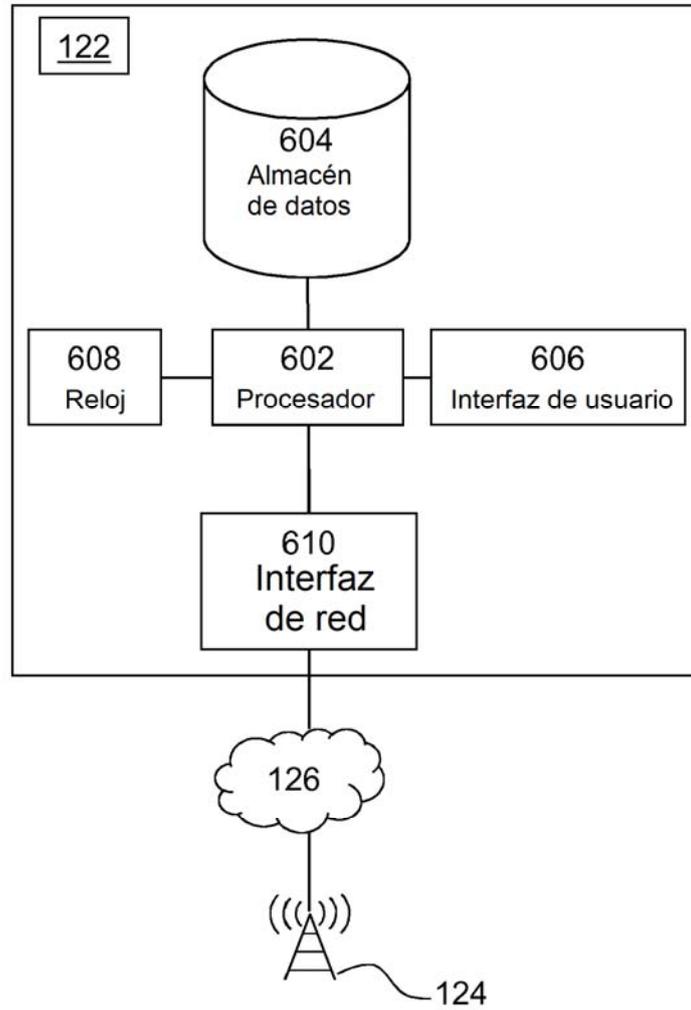


Figura 6

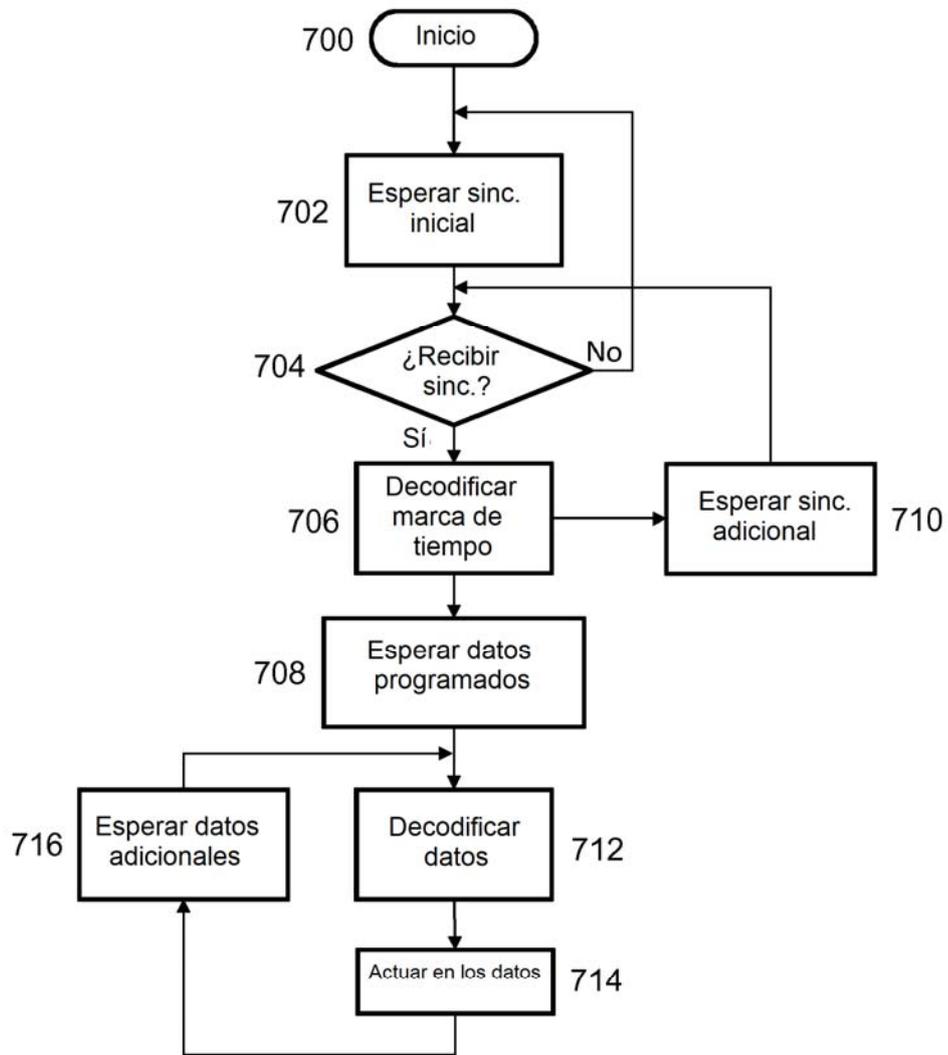


Figura 7

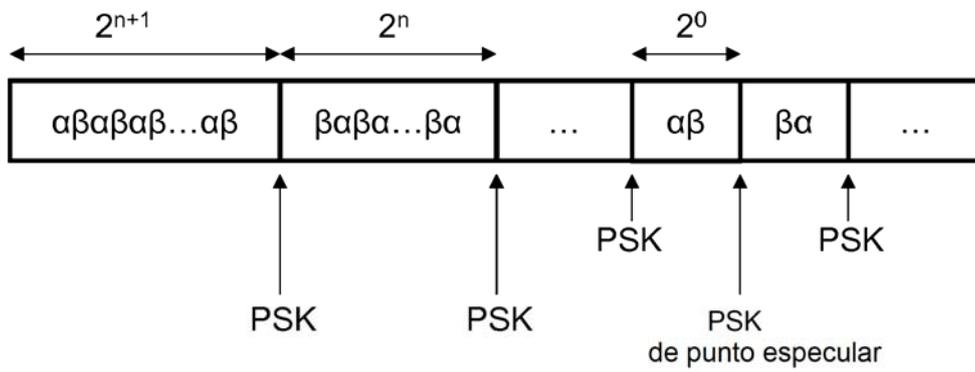


Figura 8

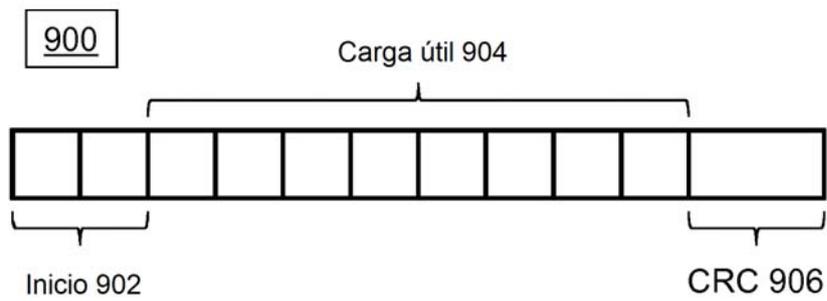


Figura 9

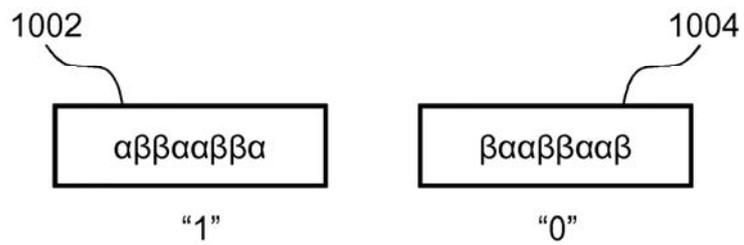


Figura 10