

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 829**

21 Número de solicitud: 201590030

51 Int. Cl.:

G06F 1/14 (2006.01)

H03K 3/01 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

18.10.2013

30 Prioridad:

19.10.2012 US 61/716,310

18.10.2013 US 14/057,803

43 Fecha de publicación de la solicitud:

02.12.2015

71 Solicitantes:

**SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES,
INC. (100.0%)**

**2350 NE Hopkins Court
99163 Pullmann WA Washington US**

72 Inventor/es:

**WHITEHEAD, David, E.;
ACHANTA, Shankar, V. y
LOEHNER, Henry**

74 Agente/Representante:

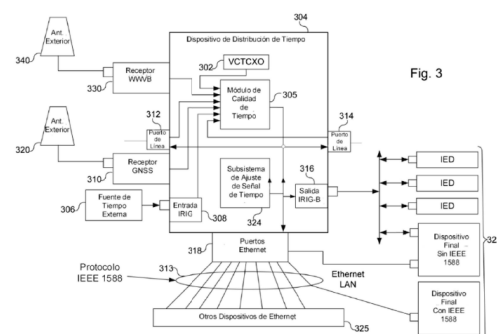
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **Conmutador de distribución de tiempo**

57 Resumen:

Conmutador de distribución de tiempo.

Se divulgan sistemas y procedimientos para detectar el fallo de una fuente de tiempo de precisión usando una fuente de tiempo independiente. Adicionalmente, se divulga la detección del fallo de una fuente de tiempo de precisión basada en GNSS basándose en una localización calculada de un receptor GNSS. Además, el sistema puede estar adicionalmente configurado para distribuir un tiempo, derivado de la fuente de tiempo de precisión, como referencia de tiempo de precisión para dispositivos dependientes del tiempo. En el caso de un fallo de la fuente de tiempo de precisión, el sistema puede estar configurado para distribuir un tiempo, derivado de una segunda fuente de tiempo de precisión, como señal de tiempo de precisión durante un periodo de aplazamiento.



DESCRIPCIÓN

Conmutador de distribución de tiempo

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a la detección del fallo de una fuente de tiempo de precisión usando una fuente de tiempo independiente. Particularmente, la presente divulgación se refiere a la detección del fallo de una fuente de tiempo de precisión en un sistema de transmisión o distribución de energía eléctrica.

Breve descripción de los dibujos

Se describen realizaciones no limitativas y no exhaustivas de la divulgación, incluyendo varias realizaciones de la divulgación con referencia a las figuras, en las cuales:

La Fig. 1 es un diagrama unifilar de un sistema de suministro de energía eléctrica.

La Fig. 2 ilustra un sistema de distribución de tiempo que incluye IED de comunicaciones configurados para distribuir una referencia de tiempo de precisión a diversos IED.

La Fig. 3 ilustra una realización de un dispositivo de distribución de tiempo configurado para recibir, distribuir y/o determinar una referencia de tiempo de precisión.

La Fig. 4 ilustra una realización para determinar si una fuente de tiempo principal, o la mejor disponible, ha fallado.

La Fig. 5 ilustra otra realización para determinar si una fuente de tiempo principal, o la mejor disponible, ha fallado.

La Fig. 6 ilustra una realización para determinar si ha fallado una fuente de tiempo principal, o la mejor disponible, en base a localización GNSS.

La Fig. 7 ilustra una realización para determinar una mejor fuente de tiempo disponible.

La Fig. 8 ilustra un diagrama de ejemplo que representa la variación de la duración entre señales de tiempo consecutivas.

En la siguiente descripción se proporcionan numerosos detalles específicos para comprender en profundidad las diversas realizaciones divulgadas en el presente documento.

No obstante, los expertos en la técnica reconocerán que los sistemas y procedimientos divulgados en el presente documento pueden ser puestos en práctica sin uno o más de los detalles específicos, o con otros procedimientos, componentes, materiales, etc. Además, en algunos casos, puede que no se muestren o describan en detalle estructuras, materiales u operaciones bien conocidas para no oscurecer los aspectos de la divulgación.

Adicionalmente, los rasgos, estructuras o características descritos pueden ser combinados de cualquier manera adecuada en una o mas realizaciones alternativas.

Descripción detallada

5

Los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica pueden utilizar información de tiempo de precisión para efectuar diversas tareas de monitorización, protección y comunicación. En relación con ciertas aplicaciones, dispositivos electrónicos inteligentes (IED) y dispositivos de comunicación en red pueden utilizar información de tiempo con una
10 precisión superior al orden del milisegundo. Los IED de un sistema de energía pueden estar configurados para efectuar funciones de medida, control y protección que requieren un cierto nivel de precisión entre uno o más IED. Por ejemplo, los IED pueden estar configurados para calcular y comunicar fasores sincronizados en el tiempo (sincrofasores), lo cual puede requerir que los IED y los dispositivos de red estén sincronizados dentro de nanosegundos
15 entre sí. Muchos algoritmos de protección, medición, control y automatización usados en los sistemas de energía pueden beneficiarse de, o requerir, la recepción de información de tiempo de precisión.

Pueden usarse diversos sistemas para la distribución de información de tiempo de precisión. De acuerdo con las diversas realizaciones divulgadas en el presente documento, un sistema
20 de energía puede incluir componentes conectados mediante una red óptica sincronizada (SONET). En tales realizaciones puede distribuirse la información de tiempo de precisión usando un protocolo de transporte síncrono y módulos de transporte síncrono (STM). De acuerdo con una realización, puede transmitirse una referencia de tiempo de precisión dentro de una trama de una transmisión SONET. En otra realización puede incorporarse una
25 referencia de tiempo de precisión en una cabecera o porción delantera de una trama de un STM de una SONET. Similarmente, el sistema de potencia puede incluir componentes conectados mediante protocolo de Jerarquía Digital Síncrona (SDH). Aunque varias realizaciones del presente documento están descritas en términos de SONET, deberá reconocerse que puede usarse el protocolo SDH en lugar de SONET a no ser que se
30 especifique lo contrario.

Los IED, dispositivos de red, y otros dispositivos de un sistema de energía pueden incluir osciladores locales u otras fuentes de tiempo y pueden generar una señal de tiempo local. En ciertas circunstancias, sin embargo, las señales de tiempo externas, proporcionadas por un dispositivo de distribución de tiempo, pueden ser más precisas y por lo tanto pueden ser
35 preferibles a las señales de tiempo locales. Un sistema de energía puede incluir una red de comunicaciones de datos que transmite una referencia de tiempo de precisión desde el

dispositivo de distribución de tiempo a los dispositivos dependientes del tiempo conectados a la red de comunicaciones de datos. En algunas realizaciones, la red de comunicaciones puede incluir una o mas redes de área local (LANs) y una o mas redes de área amplia (WANs). En un sistema con múltiples LANs, múltiples dispositivos de distribución de tiempo (uno o más para cada LAN) pueden estar conectados a la red de comunicaciones de datos y cada dispositivo de distribución de tiempo puede proporcionar a través de la WAN una referencia de tiempo de precisión a otros dispositivos de distribución de tiempo. En cada dispositivo de distribución de tiempo, la referencia de tiempo de precisión puede ser recibida o derivada a partir de una señal externa de tiempo de precisión.

De acuerdo con diversas realizaciones, cada dispositivo de distribución de tiempo recibe múltiples señales de tiempo de precisión desde diversas fuentes de tiempo y está configurado para proporcionar la mejor señal disponible de tiempo de precisión como referencia de tiempo de precisión. Las señales de tiempo de precisión pueden recibirse usando un protocolo de Grupo de Instrumentación Inter-Rango (IRIG), un sistema global de navegación por satélite (GNSS, tal como, por ejemplo, el sistema de posicionamiento global (GPS), el GLONASS, o similares), una emisión de radio tal como una emisión del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología (NIST) (por ejemplo, emisoras de radio WWV, WWVB y WWVH), el protocolo IEEE 1588, un protocolo de tiempo de red (NTP) codificado en RFC 1305, un protocolo de tiempo de red simple (SNTP) en RFC 2030, y/u otro protocolo o sistema de transmisión de tiempo.

Aunque las señales de tiempo de precisión anteriormente listadas pueden proporcionar un tiempo exacto a un dispositivo de distribución de tiempo, su calidad varía. Por ejemplo, la precisión de NTP y SNTP está limitada al orden del milisegundo, haciéndolos pues inapropiados para aplicaciones de distribución de tiempo inferiores al milisegundo.

Adicionalmente, ambos protocolos carecen de seguridad y son susceptibles a ataques maliciosos a la red. La norma IEEE 1588 incluye sellos de tiempo por hardware, lo que permite una exactitud de tiempo del orden del nanosegundo. Esta precisión puede ser suficiente para aplicaciones más exigentes (por ejemplo, el muestreo de las intensidades y tensiones senoidales en las líneas de energía para calcular “sincrofasores”). Es adecuada para la distribución de tiempo en la periferia de la red de comunicaciones, o entre dispositivos individuales dentro de la red. Las señales de tiempo GNSS proporcionan una medición de tiempo muy exacta y robusta, aunque las señales GNSS son susceptibles a la suplantación. Por lo tanto, sería beneficioso proporcionar un sistema y un procedimiento para detectar fallos en cualquiera de las señales de tiempo de precisión recibidas para poder proporcionar a los dispositivos dependientes del tiempo la mejor referencia de tiempo de precisión disponible.

En ciertas realizaciones, cuando el dispositivo de distribución de tiempo determina que la mejor fuente de tiempo disponible ha fallado, puede seleccionarse una nueva mejor fuente de tiempo disponible de entre las restantes fuentes de tiempo disponibles. Además de aprovechar una referencia de tiempo de precisión procedente del dispositivo de distribución de tiempo, cuando esté disponible, los diversos dispositivos dependientes del tiempo pueden estar configurados para entrar en un periodo de aplazamiento cuando la referencia de tiempo de precisión no esté disponible. En algunas realizaciones, un dispositivo puede estar configurado para monitorizar la desviación de una fuente de tiempo local con respecto a la referencia de tiempo de precisión y retener la información relativa a la desviación. Durante el periodo de aplazamiento, un IED o dispositivo de red puede depender de una señal de tiempo local.

La referencia a lo largo de esta memoria descriptiva a “una realización” indica que un rasgo, estructura o característica descritos en relación con la realización están incluidos en al menos una realización. Así pues, la aparición de la frase “en una realización” en diversos sitios a lo largo de esta memoria descriptiva no necesariamente se refiere a la misma realización. En particular, una “realización” puede ser un sistema, un artículo fabricado (tal como un medio de almacenamiento legible por ordenador), un procedimiento y un producto de un proceso.

Las frases “conectado a”, “conectado en red” y “en comunicación con” se refieren a cualquier forma de interacción entre dos o mas entidades, incluyendo interacción mecánica, eléctrica, magnética y eletromagnética. Dos componentes pueden estar conectados entre sí aunque no estén en contacto físico directo entre sí, y aunque pueda haber dispositivos intermedios entre los dos componentes.

Parte de la infraestructura que puede usarse con las realizaciones descritas en la presente memoria está ya disponible, tal como : ordenadores de propósito general, herramientas y técnicas de programación de ordenadores, medios de almacenamiento digitales y redes ópticas. Un ordenador puede incluir un procesador tal como un microprocesador, microcontrolador, circuitería lógica, o similares. El procesador puede incluir un dispositivo de procesamiento especial tal como ASIC, PAL, PLA, PLD, Matriz de Puertas Programable por campo, u otro dispositivo personalizado o programable. El ordenador puede incluir también un dispositivo de almacenamiento legible por ordenador tal como una memoria no volátil, RAM estática, RAM dinámica, ROM, CD-ROM, disco, cinta, magnético, óptico, memoria flash, u otro medio de almacenamiento legible por ordenador.

Tal como se usa en el presente documento, el término IED puede referirse a cualquier dispositivo basado en microprocesador que monitorice, controle, automatice y/o proteja equipos monitorizados dentro del sistema. Tales dispositivos pueden incluir, por ejemplo,

unidades terminales remotas, relés diferenciales, relés de distancia, relés direccionales, relés alimentadores, relés de sobreintensidad, controles reguladores de tensión, relés de tensión, relés de fallo de disyuntores, relés de generador, relés de motor, controladores de automatización, controladores de subestación, medidores, controles de reposición, procesadores de comunicaciones, plataformas de computación, controladores lógicos programables (PLCs), controladores de automatización programables, módulos de entradas y salidas, y similares. Los IED pueden estar conectados a una red, y la comunicación por la red puede estar facilitada por dispositivos de red que incluyen, pero sin limitarse a estos, multiplexores, enrutadores, centros de comunicación, pasarelas, cortafuegos y conmutadores. Adicionalmente, los dispositivos de conexión en red y de comunicación pueden estar incorporados en un IED o estar en comunicación con un IED. El término IED puede ser usado indistintamente para describir un IED individual o un sistema que comprenda múltiples IED.

Los IED, los dispositivos de red y los dispositivos de distribución de tiempo pueden ser dispositivos físicamente independientes, pueden ser dispositivos compuestos, o pueden estar configurados de una variedad de modos para efectuar funciones solapadas. Los IED, los dispositivos de red y los dispositivos de distribución de tiempo pueden comprender un hardware multifunción (por ejemplo, procesadores, medios de almacenamiento legibles por ordenador, interfaces de comunicaciones, etc.) que puede ser utilizado para efectuar una variedad de tareas, incluyendo las tareas típicamente asociadas con un IED, un dispositivo de red y/o un dispositivo de distribución de tiempo. Por ejemplo, un dispositivo de red, tal como un multiplexor, también puede estar configurado para enviar instrucciones de control a un elemento de un equipo monitorizado. En otro ejemplo, un IED puede estar configurado para funcionar como cortafuegos. El IED puede usar una interfaz de red, un procesador y unas instrucciones de software apropiadas, almacenadas en un medio de almacenamiento legible por ordenador, para funcionar simultáneamente como cortafuegos y como IED. En otro ejemplo, un IED puede incluir el hardware y las instrucciones de software necesarios para funcionar como dispositivo de distribución de tiempo para otros IED en una LAN o una WAN. Con el fin de simplificar la descripción, varias realizaciones divulgadas en el presente documento están ilustradas en relación con dispositivos de distribución de tiempo; no obstante, un experto en la técnica reconocerá que las enseñanzas de la presente divulgación, incluyendo aquellas enseñanzas ilustradas únicamente en relación con dispositivos de distribución de tiempo, son también aplicables a IED y dispositivos de red.

Hay aspectos de ciertas realizaciones descritas en el presente documento que pueden ser implementados como módulos o componentes de software. Tal como se usa en el presente documento, un módulo o componente de software puede incluir cualquier tipo de instrucción

de ordenador o de código ejecutable por ordenador localizados dentro de un medio de almacenamiento legible por ordenador. Un módulo de software puede comprender, por ejemplo, uno o más bloque físicos o lógicos de instrucciones de ordenador, que pueden estar organizados como una rutina, programa, objeto, componente, estructura de datos, etc.,
 5 que efectúe una o más tareas o implemente tipos particulares de datos abstractos.

En ciertas realizaciones, un módulo particular de software puede comprender instrucciones dispares almacenadas en diferentes localizaciones de un medio de almacenamiento legible por ordenador que, juntas, implementen la funcionalidad del módulo descrita. De hecho, un módulo puede comprender una única instrucción o muchas instrucciones, y pueden estar
 10 distribuidas sobre varios segmentos de código diferentes, entre programas diferentes, y a través de varios medios de almacenamiento legibles por ordenador. Algunas realizaciones pueden ponerse en práctica en un entorno informático distribuido, en el que las tareas son efectuadas por un dispositivo de procesamiento remoto enlazado a través de una red de comunicaciones. En un entorno informático distribuido, los módulos de software pueden
 15 estar localizados en medios de almacenamiento legibles por ordenador locales o remotos. Además, los datos que estén unidos o relacionados entre sí en un registro de base de datos pueden ser residentes en el mismo medio de almacenamiento legible por ordenador, o en varios medios de almacenamiento legibles por ordenador, y pueden ser enlazados entre sí en campos de un registro de una base de datos a través de una red.

Los módulos de software descritos en el presente documento incluyen tangiblemente un programa, funciones y/o instrucciones que son ejecutables por ordenador/es para efectuar tareas como las descritas en el presente documento. El software adecuado, según sea aplicable, podrá ser fácilmente proporcionado por los expertos en la/s técnica/s pertinente/s usando las enseñanzas presentadas en el presente documento y lenguajes y herramientas
 25 de programación, tales como XML, Java, Pascal, C++, C, lenguajes de bases de datos, API, SDK, ensamblador, firmware, microcódigo, y/u otros lenguajes y herramientas.

Una referencia de tiempo de precisión se refiere a una señal de tiempo o fuente de tiempo, de la que depende una pluralidad de dispositivos y está distribuida por un dispositivo de distribución de tiempo, y que se supone ser más precisa que una fuente de tiempo local. La
 30 determinación de la exactitud puede hacerse en base a una variedad de factores. Una referencia de tiempo de precisión permite describir momentos específicos en el tiempo y compararlos temporalmente entre sí.

Una fuente de tiempo es cualquier dispositivo que sea capaz de rastrear el paso del tiempo. Se contempla una variedad de tipos de fuentes de tiempo, incluyendo un oscilador de cristal
 35 compensado por temperatura y controlado por tensión (VCTCXO), un oscilador con bucle de enganche de fase, un oscilador con bucle de enganche de tiempo, un oscilador de rubidio,

un oscilador de cesio, un oscilador entrenado, un dispositivo microelectromecánico (MEM), y/u otro dispositivo capaz de rastrear el paso del tiempo.

Una señal de tiempo es una representación del tiempo indicado por una fuente de tiempo.

Una señal de tiempo puede constituir cualquier forma de comunicación para comunicar información de tiempo. Se contempla una amplia variedad de tipos de señales de tiempo, incluyendo un protocolo de Grupo de Instrumentación Inter-Rango (IRIG), un sistema global de navegación por satélite (GNSS, tal como, por ejemplo, el sistema de posicionamiento global (GPS), el GLONASS, o similares), una emisión de radio tal como una emisión del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología (NIST) (por ejemplo, emisoras de radio WWV, WWVB y WWVH), el protocolo IEEE 1588, un protocolo de tiempo de red (NTP) codificado en RFC 1305, un protocolo de tiempo de red simple (SNTP) en RFC 2030, y/u otro protocolo o sistema de transmisión de tiempo. En el presente documento puede usarse indistintamente fuente de tiempo y señal de tiempo.

El fallo de una fuente de tiempo de precisión y/o una señal de tiempo de precisión, tal como se usa en el presente documento, incluye suplantación y/o interferencia de la señal, fallos mecánicos o de software, paradas generales del sistema, etc.

Adicionalmente, los rasgos, operaciones o características descritos pueden ser combinados de cualquier manera adecuada en una o más realizaciones. También se entenderá fácilmente que el orden de las etapas o acciones de los procedimientos descritos en relación con las realizaciones descritas en el presente documento pueden cambiarse, como será aparente para los expertos en la técnica. Así pues, cualquier orden en los dibujos o en la descripción detallada es sólo con propósitos ilustrativos y no significa que implique un orden requerido, a menos que se especifique la necesidad de un orden.

La Figura 1 ilustra un diagrama unifilar de un sistema de suministro de energía eléctrica 10.

El sistema de suministro 10 incluye unos dispositivos electrónicos inteligentes (IED) 102, 104 y 106 que utilizan una referencia de tiempo de precisión para monitorizar, proteger y/o controlar componentes del sistema. El sistema de suministro de energía eléctrica 10 ilustrado en la Figura 1 incluye tres subestaciones 16, 22 y 35 geográficamente separadas. Las subestaciones 16 y 35 incluyen unos generadores 12a, 12b y 12c. Los generadores 12a, 12b y 12c generan energía eléctrica a una tensión relativamente baja, tal como 12 kV. Las subestaciones incluyen unos transformadores elevadores 14a, 14b y 14c para elevar la tensión a un nivel apropiado para la transmisión. Las subestaciones incluyen varios disyuntores 18 y unas barras 19, 23 y 25 para la adecuada transmisión y distribución de la energía eléctrica. La energía eléctrica puede transmitirse a largas distancias usando unas líneas de transmisión 20a, 20b y 20c.

Las subestaciones 22 y 35 incluyen unos transformadores reductores 24a, 24b y 24c para

reducir la energía eléctrica a un nivel adecuado para su distribución a varias cargas 30, 32 y 34 usando unas líneas de distribución 26, 28 y 29.

En las subestaciones 16, 22 y 35 hay ilustrados unos IED 102, 104 y 106 configurados para proteger, controlar, medir y/o automatizar ciertos equipos o dispositivos del sistema de energía. De acuerdo con varias realizaciones, en cada subestación se usan numerosos IED; sin embargo, por claridad sólo se ilustra un IED en cada subestación. Los IED 102, 104 y 106 pueden estar configurados para efectuar diversas tareas dependientes del tiempo que incluyen, sin limitarse a las mismas, monitorizar y/o proteger una línea de transmisión, una línea de distribución y/o un generador. Otros IED incluidos en la subestación pueden estar configurados como relés de protección de barras, relés de distancia, procesadores de comunicaciones, controladores de automatización, relés de protección de transformadores, y similares. Como cada IED o grupo de IED puede ser configurado para comunicarse por una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), cada IED o grupo de IED puede ser considerado un nodo de una red de comunicaciones.

Como se indicó anteriormente, un IED puede ser configurado para calcular y comunicar sincrofasores con otros IED. Para comparar exactamente los sincrofasores obtenidos por IED geográficamente separados, es preciso sincronizar cada IED con una referencia de tiempo de precisión con exactitud mayor de un milisegundo para permitir comparaciones alineadas en el tiempo. De acuerdo con diversas realizaciones, una sincronización de tiempo con una exactitud del orden del microsegundo o nanosegundo puede permitir a los IED efectuar comparaciones exactas de sincrofasores.

La Figura 2 ilustra un sistema 200 configurado para ser un sistema altamente fiable, redundante y distribuido de unos dispositivos de distribución de tiempo 204, 206 y 208 capaces de proporcionar una referencia de tiempo de precisión a diversos IED dependientes del tiempo 212, 214 y 216. Cada dispositivo de distribución de tiempo 204, 206 y 208 puede estar configurado para recibir y comunicar señales de tiempo a través de múltiples protocolos y procedimientos. Aunque el sistema 200 se describe como capaz de efectuar numerosos procedimientos y funciones, deberá entenderse que diversos sistemas pueden tener más o menos capacidades. Específicamente, un sistema 200 puede funcionar como se desee usando un sólo protocolo, o teniendo menos entradas de señales de tiempo externas o locales.

Según se ilustra en la Figura 2, tres dispositivos de distribución de tiempo 204, 206 y 208 tienen capacidades WAN y están comunicativamente conectados a una WAN 218, que puede comprender una o mas conexiones físicas y protocolos. Cada dispositivo de distribución de tiempo 204, 206 y 208 puede estar también conectado a uno o más IED dentro de una red local. Por ejemplo, el dispositivo de distribución de tiempo 204 está

conectado al IED 212, el dispositivo de distribución de tiempo 206 está conectado a los IED 214, y el dispositivo de distribución de tiempo 208 está conectado a los IED 216. Un dispositivo de distribución de tiempo puede estar situado, por ejemplo, en una central de generación de energía eléctrica, un centro de distribución, una subestación, un centro de carga, u otra localización en donde se encuentren uno o más IED. En diversas realizaciones un IED puede incluir un puerto WAN, y tal IED puede ser conectado directamente a la WAN 218. Los IED pueden conectarse a través de la WAN 218 o de la conexión 210. La conexión 210 puede ser, por ejemplo, una red de área local (LAN) o un enlace dedicado de comunicación de tiempo, tal como un enlace de comunicación supeditado Grupo de Instrumentación Inter-Rango (IRIG). En diversas realizaciones, la conexión 210 puede incluir múltiples conexiones, por ejemplo, tanto una conexión LAN como una IRIG. Los dispositivos de distribución de tiempo 204, 206 y 208 pueden establecer y mantener una referencia de tiempo de precisión entre diversos componentes del sistema. Cada dispositivo de distribución de tiempo 204, 206 y 208 puede estar configurado para comunicar información de tiempo con los IED conectados por la conexión 210 a través de uno o más protocolos de distribución de tiempo, tales como IEEE 1588.

Cada dispositivo de distribución de tiempo 204, 206 y 208 está configurado para recibir señales de tiempo desde una variedad de fuentes de tiempo. Por ejemplo, según se ilustra, el dispositivo de distribución de tiempo 204 incluye una antena 220 y está configurado para recibir una señal GNSS desde un repetidor o satélite GNSS 202. El dispositivo de distribución de tiempo 204 también está configurado para recibir una segunda señal de tiempo 221 desde una fuente de tiempo externa 201. La fuente de tiempo externa puede comprender uno o más VCTCXOs, osciladores con bucle de enganche de fase, osciladores con bucle de enganche de tiempo, osciladores de rubidio, osciladores de cesio, emisiones NIST (por ejemplo, WWV y WWVB) y/u otros dispositivos capaces de generar señales de tiempo preciso. En la realización ilustrada, el dispositivo de distribución de tiempo 208 incluye una antena 220 y está configurado para recibir una señal GNSS desde un repetidor o satélite GNSS 202. Según se ilustra, el dispositivo de distribución de tiempo 206 no recibe directamente una señal de tiempo externa, aunque, de acuerdo con realizaciones alternativas, puede disponerse de cualquier número y variedad de señales de tiempo externas para cualquiera de los dispositivos de distribución de tiempo.

De acuerdo con una realización, la WAN 218 comprende una SONET configurada para incluir una referencia de tiempo de precisión en un cabecero o porción delantera de una trama SONET durante la transmisión. Alternativamente, puede transportarse una referencia de tiempo de precisión usando cualquier número de procedimientos de comunicación, incluyendo protocolos IRIG, NTP, SNTP, protocolos de transporte síncrono STP), y/o

protocolos IEEE 1588. De acuerdo con diversas realizaciones que incluyen transmisión via SONET, una referencia de tiempo de precisión puede ser separada y protegida del resto del trafico de la red WAN, creándose así una infraestructura de distribución de tiempo segura. Los protocolos usados para la sincronización de tiempo entre IED pueden tener propietario,
 5 o estar basados en un estándar, tal como el Protocolo de Tiempo de Precisión (PTP) IEEE 1588.

De acuerdo con diversas realizaciones, los dispositivos de distribución de tiempo 204, 206 y 208 están configurados para efectuar al menos uno de los procedimientos de detección del fallo de una fuente de tiempo descritos en el presente documento. El sistema 200 puede
 10 utilizar un sólo procedimiento o una combinación de procedimientos, según se describe en el presente documento.

Debe puntualizarse que incluso las señales de tiempo más precisas pueden presentar pequeñas discrepancias. Por ejemplo, dependiendo de la longitud y la ruta del cable de antena GNSS, diversos relojes pueden presentar diferencias de tiempo a nivel de
 15 microsegundos. Algunas de estas diferencias pueden ser compensadas por el usuario introduciendo ajustes de compensación, o puede que sea necesario estimarlas por medio de la red de sincronización de tiempo. Puede efectuarse una estimación durante largos periodos de operación “tranquila” (es decir, periodos sin faltas), almacenando localmente los resultados de la fuente individual en un registro de almacenamiento no volátil.

La Figura 3 ilustra un dispositivo de distribución de tiempo 304 de acuerdo con una
 20 realización. Un dispositivo de distribución de tiempo 304 puede incluir más o menos funcionalidad que la ilustración. En ciertas realizaciones, un dispositivo de distribución de tiempo 304 puede incluir una interfaz para monitorizar equipos en un sistema de suministro de energía eléctrica. En consecuencia, en ciertas realizaciones un dispositivo de distribución
 25 de tiempo 304 puede implementarse ya sea como IED o como dispositivo de red. Según se ilustra, el dispositivo de distribución de tiempo 304 incluye una fuente de tiempo local 302 que proporciona una señal de tiempo local y un módulo de calidad de tiempo 305 para establecer una referencia de tiempo de precisión. El dispositivo de distribución de tiempo 304 incluye adicionalmente un par de puertos de línea 312 y 314 para las comunicaciones
 30 con WAN o LAN. La información de tiempo puede ser compartida en una red y también introducida en el módulo de calidad de tiempo 305. Adicionalmente, el dispositivo de distribución de tiempo 304 incluye un receptor GNSS 310 para recibir una señal de tiempo de precisión, tal como el tiempo desde un GNSS a través de una antena GNSS 320. El dispositivo de distribución de tiempo 304 también incluye un receptor WWVB 330 para
 35 recibir una emisión NIST, que puede usarse como señal de tiempo de precisión, a través de una antena externa 340. La señal de tiempo de precisión recibida desde cualquier fuente es

comunicada al módulo de calidad de tiempo 305 para que la use en determinar y distribuir la referencia de tiempo de precisión.

Otra fuente de tiempo que puede alimentar al módulo de calidad de tiempo 305 incluye una fuente de tiempo externa 306 que puede ser conforme a un protocolo de distribución de tiempo, tal como IRIG. La fuente de tiempo externa 306 puede comunicar con otro puerto de tiempo tal como una entrada IRIG 308.

La diversa información de tiempo procedente de la WAN (por los puertos 312 y/o 314), del receptor GNSS 310, del receptor WWVB 330 y de la entrada IRIG 308 se introduce en el módulo de calidad de tiempo 305. En una realización, las entradas pueden llegar a un multiplexor (no representado) antes de ser introducidas en el módulo de calidad de tiempo 305. El módulo de calidad de tiempo 305 sirve para determinar una referencia de tiempo de precisión para su uso por los diversos dispositivos conectados al dispositivo de distribución de tiempo 304. Después se comunica la referencia de tiempo de precisión desde el módulo de calidad de tiempo 305 a los diversos dispositivos 322 usando protocolo IRIG (a través de la salida IRIG-B 316) o a los diversos dispositivos 325 usando otro protocolo 313, tal como IEEE 1588, a través de los puertos ethernet 318. Los puertos ethernet 318 pueden incluir también comunicaciones en red a los diversos dispositivos conectados al dispositivo de distribución de tiempo 304. El dispositivo de distribución de tiempo 304 puede incluir adicionalmente conexiones a SONET y transmitir la referencia de tiempo de precisión en un cabecero o porción delantera de tramas SONET.

Los dispositivos de distribución de tiempo 304 pueden comprender también un subsistema de ajuste de señal de tiempo 324. El subsistema de ajuste de señal de tiempo 324 puede estar configurado para rastrear las tasas de desviación asociadas a diversas fuentes de tiempo externas con respecto a la fuente de tiempo local 302. El subsistema de ajuste de señal de tiempo 324 también puede comunicar señales de tiempo de acuerdo con una variedad de protocolos. Tales protocolos pueden incluir protocolos Grupo de Instrumentación Inter-Rango, IEEE 1588, Protocolo de Tiempo en Red, Protocolo de Tiempo en Red Simple, protocolo de transporte síncrono, y similares. En diversas realizaciones, el subsistema de ajuste de señal de tiempo 324 puede implementarse usando un procesador en comunicación con un medio de almacenamiento legible por ordenador que contenga instrucciones ejecutables por máquina. En otras realizaciones, el subsistema de ajuste de señal de tiempo 324 puede estar realizado como hardware, tal como un circuito integrado de aplicación específica o una combinación de hardware y software.

De acuerdo con diversas realizaciones, el módulo de calidad de tiempo 305 determina si una fuente de tiempo principal, o “la mejor disponible”, es fiable, es decir, no ha fallado, y distribuye la señal de tiempo desde la mejor fuente de tiempo disponible hasta los

dispositivos dependientes del tiempo del sistema, como referencia de tiempo de precisión. Si la mejor fuente de tiempo disponible ha fallado, el módulo de calidad de tiempo 305 proporciona una alerta de error a un usuario y, en algunas realizaciones, introduce un periodo de aplazamiento en el cual se usa una señal de tiempo alternativa para la referencia de tiempo de precisión. En algunas realizaciones, la señal de tiempo alternativa es determinada por el módulo de calidad de tiempo y es elegida entre las fuentes de tiempo disponibles. En otra realización, el módulo de calidad de tiempo calcula un tiempo común a partir de las señales de tiempo disponibles y distribuye el tiempo común a los dispositivos dependientes del tiempo.

Estas técnicas permiten usar de un modo robusto la mejor fuente de tiempo disponible como referencia de tiempo de precisión, que se proporciona a los dispositivos dependientes del tiempo, por lo que existe una alta probabilidad de que la referencia de tiempo preciso sea exacta. Además, en ciertas realizaciones, depender de una fuente de tiempo secundaria, suministrada al módulo de calidad de tiempo 305 como referencia de tiempo de precisión durante un periodo de aplazamiento, cuando ha fallado la referencia de tiempo principal, puede proporcionar una información de tiempo más exacta que la situación de aplazamiento descrita anteriormente, en la que se usa durante el aplazamiento un oscilador local en cada dispositivo dependiente del tiempo.

La Figura 4 ilustra una realización para determinar si ha fallado una fuente de tiempo principal o la mejor disponible. Aunque las señales de tiempo en el ejemplo de la Figura 4 se describen como señales específicas, pueden usarse otras señales con resultados similares. En 402 el dispositivo de distribución de tiempo recibe una primera señal de tiempo de una primera fuente de tiempo, o mejor fuente de tiempo disponible, y proporciona la señal de tiempo al módulo de calidad de tiempo. En una realización, la primera fuente de tiempo es una señal de tiempo recibida desde un sistema GNSS. El tiempo GNSS tiene las ventajas de utilizar procedimientos extremadamente exactos para proporcionar la señal de tiempo a receptores GNSS, estar fácilmente disponible en todo el mundo (particularmente en localizaciones remotas) 24 horas al día, y supuestamente permanecer durante muchas décadas venideras. Los receptores GNSS pueden mantener un tiempo interno, basado en la señal GNSS que tiene una exactitud mejor que nanosegundos, y la salida de tiempo en el puerto de tiempo dedicado de 1 PPS es típicamente mejor que 1 microsegundo.

En 404 el dispositivo de distribución de tiempo recibe una segunda señal de tiempo de una segunda fuente de tiempo. En una realización, la segunda fuente de tiempo es una emisión NIST tal como una WWVB. Aunque no tan exacta como una referencia de tiempo derivada de una señal GNSS, una referencia de tiempo derivada de una emisión WWVB sigue siendo muy exacta. Aunque el ejemplo de la Figura 4 usa específicamente una emisión WWVB

como segunda fuente de tiempo, un experto en la técnica reconocerá que pueden usarse otras fuentes de tiempo, como las descritas anteriormente, en lugar de la emisión WWVB.

En 406 el módulo de calidad de tiempo compara la primera señal de tiempo con la segunda señal de tiempo. Cada una de las señales de tiempo recibidas por el módulo de calidad de tiempo tiene un límite de error inherente relacionado con la exactitud de la señal de tiempo.

En una realización, el módulo de calidad de tiempo compara las señales de tiempo con relación a sus respectivos límites de error para determinar si la primera fuente de tiempo ha fallado. Por ejemplo, dado el relativamente menor límite de error hallado en el tiempo derivado de una señal GNSS en comparación con el hallado en un tiempo derivado de una emisión WWVB, el tiempo basado en la señal GNSS debería caer dentro del límite de error del tiempo basado en la emisión WWVB. Sin embargo, si la señal de tiempo basada en GNSS cae fuera del límite de error de la señal de tiempo basada en WWVB, el módulo de calidad de tiempo detecta, en 408, que hay un error con la señal de tiempo basada en GNSS.

Si, en 408, el módulo de calidad de tiempo determina que la primera fuente de tiempo no ha fallado, el módulo de calidad de tiempo distribuye el tiempo procedente de la primera señal de tiempo como referencia de tiempo de precisión en 410. Si, en 408, el módulo de calidad de tiempo determina que la primera fuente de tiempo ha fallado, en 412 el módulo de calidad de tiempo alerta a un usuario de que la mejor fuente de tiempo disponible ha fallado y de que el tiempo puede no ser exacto. Además de alertar del fallo a un usuario, el módulo de calidad de tiempo puede determinar en 414 una mejor fuente de tiempo disponible y en 416 distribuir la mejor fuente de tiempo disponible como referencia de tiempo de precisión. El proceso para determinar la mejor fuente de tiempo disponible se describe en mayor detalle más adelante con referencia a la Figura 7.

Aunque el ejemplo de la Figura 4 está limitado a una primera y una segunda señales de tiempo, el módulo de calidad de tiempo puede seguir comparando señales de tiempo por orden de límites de error relativos más allá de una primera y una segunda señales de tiempo. Por ejemplo, puede compararse el tiempo basado en WWVB con el tiempo de un oscilador local (teniendo en cuenta la tasa de desviación del oscilador) para determinar si la fuente WWVB ha fallado, etc.

La Figura 5 ilustra una segunda realización para determinar si ha fallado una fuente principal o la mejor disponible. Aunque las señales de tiempo en el ejemplo de la Figura 5 se describen como señales específicas, pueden usarse otras señales con resultados similares. En 502 el dispositivo de distribución de tiempo recibe una primera señal de tiempo de una primera fuente de tiempo, o mejor fuente de tiempo disponible, y proporciona la señal de tiempo al módulo de calidad de tiempo. En una realización, la primera fuente de tiempo es

una señal de tiempo recibida desde un sistema GNSS.

En 504 el dispositivo de distribución de tiempo usa una primera señal de tiempo para entrenar un oscilador no enganchado para que rastree el tiempo proporcionado por la primera señal de tiempo. Aunque el oscilador está entrenado para rastrear el tiempo de la primera fuente de tiempo, dado que el oscilador no está enganchado, el tiempo proporcionado por el oscilador entrenado se desviará del de la primera señal de tiempo. No obstante, la tasa de desviación es baja y el dispositivo de distribución de tiempo mantiene la relación de entrenamiento entre la primera señal y el oscilador, por lo que se corrige la desviación.

En 506 el módulo de calidad de tiempo compara la primera señal de tiempo con el oscilador entrenado (teniendo en cuenta, una vez más, la tasa de desviación). En una realización, un contador rastrea el número de oscilaciones del oscilador entre cada PPS recibido desde la primera señal de tiempo. Puesto que el oscilador está entrenado por la primera señal de tiempo, cualquier variación de la cuenta de oscilaciones entre PPS y PPS debería ser baja.

Si se produce un gran salto de variación en la cuenta de oscilaciones, el módulo de calidad de tiempo, en 508, detecta un fallo de la primera fuente de tiempo. El umbral para determinar si el módulo de calidad de tiempo detecta un fallo de la fuente de tiempo depende de las características del oscilador usado. Por ejemplo, un oscilador de cristal compensado por temperatura (TCXO) puede tener una tasa de desviación del orden de partes por millón, mientras que los osciladores de cristal controlados por horno y los osciladores basados en cesio pueden tener una tasa de desviación de partes por mil millones. Así pues, el umbral para el oscilador más exacto puede ser más alto. Si la variación de la cuenta de oscilaciones excede el umbral, el módulo de calidad de tiempo puede indicar un fallo de la primera fuente de tiempo.

En otra realización, puede usarse el oscilador para validar las medidas de calidad de tiempo transmitidas como parte de la fuente de tiempo. Por ejemplo, una señal IRIG incluye una indicación de Calidad de Tiempo y Calidad de Tiempo Continua. El módulo de calidad de tiempo puede usar el oscilador para validar la señal de calidad de tiempo recibida como parte de la fuente de tiempo.

Sí en 508 el módulo de calidad de tiempo determina que la primera fuente de tiempo no ha fallado, el módulo de calidad de tiempo distribuye el tiempo procedente de la primera señal de tiempo como referencia de tiempo de precisión en 510. Si, en 508, el módulo de calidad de tiempo determina que la primera fuente de tiempo ha fallado, en 512 el módulo de calidad de tiempo alerta a un usuario de que la mejor fuente de tiempo disponible ha fallado y de que el tiempo puede no ser exacto. Además de alertar del fallo a un usuario, el módulo de calidad de tiempo puede determinar en 514 una mejor fuente de tiempo disponible y en 516

distribuir la mejor fuente de tiempo disponible como referencia de tiempo de precisión. El proceso para determinar la mejor fuente de tiempo disponible se describe en mayor detalle más adelante con referencia a la Figura 7.

Las anteriores realizaciones de ejemplo proporcionan un sistema robusto para proporcionar
 5 una referencia de tiempo de precisión a dispositivos dependientes del tiempo, mediante la comparación de varias señales de tiempo, para determinar si ha fallado la mejor fuente de tiempo disponible. La Figura 6 ilustra una realización para determinar si ha fallado una fuente de tiempo principal, o la mejor disponible, en base a localización por GNSS. En realizaciones en las que el GNSS sea la mejor fuente de tiempo disponible, la localización
 10 derivada de la señal GNSS puede ser usada como comprobación del fallo de la fuente de tiempo GNSS. Este procedimiento es particularmente útil en realizaciones en las que el dispositivo de distribución de tiempo se encuentre en una localización fija y conocida. En una realización, la localización conocida del dispositivo de distribución de tiempo puede ser introducida por un usuario en el momento de la configuración y puede ser modificada según
 15 sea necesario. En otra realización, la localización conocida del dispositivo de distribución de tiempo puede ser calculada usando señales GNSS.

En 602 el dispositivo de distribución de tiempo recibe la señal GNSS. Aunque el ejemplo de la Figura 6 se ha descrito en términos de una sola señal GNSS por claridad, un experto en la técnica reconocerá que típicamente se usan múltiples señales procedentes de diversos
 20 satélites GNSS para determinar la localización de un receptor GNSS, y que pueden usarse para calcular más exactamente la localización del receptor GNSS. En 604 el receptor GNSS calcula la localización del dispositivo de distribución de tiempo en base a la señal GNSS recibida. El módulo de calidad de tiempo compara en 606 la localización calculada del dispositivo de distribución de tiempo con la localización conocida del dispositivo de
 25 distribución de tiempo y determina si la localización calculada cae dentro de un umbral de distancia hasta la localización conocida. Puesto que el cálculo de localización por GNSS varía en base a las técnicas empleadas por el receptor GNSS, la distancia umbral puede variar de un dispositivo a otro.

Si, en 608, el módulo de calidad de tiempo determina que la localización por GNSS cae
 30 dentro del umbral, el módulo de calidad de tiempo distribuye el tiempo GNSS como referencia de tiempo de precisión en 610. Si, en 608, el módulo de calidad de tiempo determina que la localización por GNSS cae fuera del umbral y por lo tanto la fuente de tiempo GNSS ha fallado, en 612 el módulo de calidad de tiempo alerta a un usuario de que la mejor fuente de tiempo disponible ha fallado y de que el tiempo puede no ser exacto.
 35 Además de alertar del fallo a un usuario, el módulo de calidad de tiempo puede determinar en 614 una mejor fuente de tiempo disponible y en 616 distribuir la mejor fuente de tiempo

disponible como referencia de tiempo de precisión. El proceso para determinar la mejor fuente de tiempo disponible se describe en mayor detalle más adelante con referencia a la Figura 7.

En otra realización, el módulo de calidad de tiempo puede calcular una tasa de desviación de localización usando la señal GNSS y comparar la tasa de desviación de localización con un umbral definido. Si la tasa de desviación de localización excede el umbral definido, el módulo de calidad de tiempo puede determinar, en 608, que la fuente de tiempo GNSS ha fallado.

En una realización, el módulo de calidad de tiempo monitoriza la fuerza instantánea y media de la señal GNSS. Si la fuerza instantánea de la señal es mayor que un umbral ajustado para un número de señales ajustado, entonces el módulo de calidad de tiempo puede determinar que la fuente de tiempo GNSS ha fallado. En un caso así, el módulo de calidad de tiempo puede alertar a un usuario y/o pasar a depender de una señal de tiempo secundaria.

En otra realización puede monitorizarse una constelación de satélites. La constelación de satélites se repite cada 24 horas. El módulo de calidad de tiempo puede determinar que la fuente de tiempo GNSS ha fallado detectando un cambio en la constelación de satélites. En un caso así, el módulo de calidad de tiempo puede alertar a un usuario y/o pasar a depender de una señal de tiempo secundaria.

La Figura 7 ilustra una realización para determinar/calcular la mejor fuente de tiempo disponible. En 702 el dispositivo de distribución de tiempo recibe dos o más señales de tiempo consecutivas desde cada una de una pluralidad de fuentes de tiempo. En diversas realizaciones, las fuentes de tiempo pueden incluir las anteriormente descritas. En una realización, una señal de tiempo puede ser, por ejemplo, una señal de pulso por segundo (PPS).

En 704, un módulo de calidad de tiempo del dispositivo de distribución de tiempo puede determinar una duración entre cada dos o más señales de tiempo consecutivas para cada una de la pluralidad de fuentes de tiempo. En una realización, la duración entre las dos o más señales de tiempo consecutivas se determina en base a los ciclos de un oscilador interno. En diversas realizaciones, el oscilador interno puede ser un oscilador de gran exactitud tal como un oscilador de cristal controlado por horno (OCXO), un oscilador de cristal compensado por temperatura (TCXO), un oscilador de cristal controlado por tensión (VCXO), un oscilador de rubidio, un oscilador atómico, o similares.

En 706, el módulo de calidad de tiempo puede comparar la duración entre las dos o más señales de tiempo consecutivas, para cada fuente de señal, para determinar una fuente de tiempo con la menor variación en la duración entre dos o más señales de tiempo

consecutivas. Por ejemplo, una primera fuente de tiempo y una segunda fuente de tiempo proporcionan un PPS al dispositivo de distribución de tiempo. El módulo de calidad de tiempo calcula la duración entre pulsos PPS consecutivos para cada una de la primera y la segunda fuentes de tiempo. El módulo de calidad de tiempo puede determinar entonces la
5 duración entre pulsos PPS consecutivos.

En 708, el módulo de calidad de tiempo puede seleccionar la fuente de tiempo con la menor variación de duración entre señales de tiempo consecutivas como mejor fuente de tiempo disponible y en 710 distribuir una señal de tiempo basada en la mejor fuente de tiempo disponible a uno o más dispositivos consumidores (por ejemplo, un IED).

10 En 712, el módulo de calidad de tiempo puede monitorizar la mejor fuente de tiempo disponible para determinar un fallo de la mejor fuente de tiempo disponible. El módulo de calidad de tiempo puede determinar el fallo a través de procedimientos tales como los anteriormente descritos con referencia a las Figuras 4-6.

En 714, si el módulo de calidad de tiempo determina que la mejor fuente de tiempo disponible ha fallado, el módulo de calidad de tiempo puede determinar una fuente de
15 tiempo de respaldo retornando a 706 para determinar la mejor fuente de tiempo disponible. En algunas realizaciones, cuando el módulo de calidad de tiempo determina una fuente de tiempo de respaldo, la mejor fuente de tiempo disponible original es incluida de nuevo en el proceso en 706 y, en algunas realizaciones, la mejor fuente de tiempo disponible original
20 puede ser excluida.

La Figura 8 ilustra un diagrama de ejemplo que representa la variación de la duración entre dos o más señales de tiempo consecutivas para una fuente de tiempo particular. El ejemplo de la Figura 8 muestra un eje de tiempo 802 y un eje de cuenta continua 802. La cuenta continua puede provenir de un oscilador interno según se ha descrito anteriormente. La
25 cuenta continua sobre el periodo desde t_0 a t_9 está representada por la línea de trazos 806. El ejemplo también incluye una variación máxima 808 y una variación mínima 812 desde la cuenta continua media 810.

La anterior descripción proporciona numerosos detalles específicos para una comprensión total de las realizaciones descritas en el presente documento. No obstante, los expertos en
30 la técnica reconocerán que uno o más detalles específicos pueden ser omitidos, o que pueden usarse otros procedimientos, componentes o materiales. En algunos casos, las operaciones no se muestran o describen en detalle.

Aunque se han ilustrado y descrito realizaciones y aplicaciones específicas de la divulgación, debe entenderse que la divulgación no está limitada a la configuración y los
35 componentes precisos descritos en el presente documento. Pueden hacerse diversas modificaciones, cambios y variaciones, aparentes para los expertos en la técnica, en la

disposición, operación y detalles de los procedimientos y sistemas de la divulgación sin apartarse del espíritu y el ámbito de la divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento que comprende:
recibir, en un dispositivo de distribución de tiempo, dos o más señales de tiempo
5 consecutivas desde cada una de una pluralidad de fuentes de tiempo;
determinar, para cada fuente de tiempo, una duración entre cada dos o más señales de tiempo consecutivas, en el cual la duración está basada en un oscilador interno;
comparar la duración entre las dos o más señales de tiempo consecutivas, para cada fuente de tiempo, para determinar una fuente de tiempo con la menor variación de la duración entre
10 las dos o más señales de tiempo consecutivas;
seleccionar la fuente de tiempo con la menor variación como mejor fuente de tiempo disponible; y
distribuir la mejor fuente de tiempo disponible a uno o más dispositivos consumidores.
- 15 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual el oscilador interno comprende un oscilador de alta exactitud.
3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el cual el oscilador de alta exactitud comprende uno de entre: un oscilador de cristal controlado por horno (OCXO); un oscilador de cristal
20 compensado por temperatura (TCXO); un oscilador de cristal controlado por tensión (VCXO); un oscilador de rubidio; o un oscilador atómico.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual la pluralidad de fuentes de tiempo incluye una o más de entre: protocolo Grupo de Instrumentación Inter-Rangos (IRIG), un
25 sistema global de navegación por satélite (GNSS), una emisión del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología (NIST), un protocolo del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 1588, un protocolo de tiempo de red (NTP), un protocolo de tiempo de red simple (SNTP), o un protocolo de tiempo de precisión.
- 30 5. Un dispositivo de distribución de tiempo que comprende:
una pluralidad de receptores configurados para recibir señales de tiempo consecutivas desde cada una de una pluralidad de correspondientes fuentes de tiempo de precisión;
una salida configurada para proporcionar una señal de tiempo de precisión a un dispositivo electrónico inteligente (IED), en el cual la señal de tiempo de precisión se determina a partir
35 de una mejor fuente de tiempo disponible de entre la pluralidad de correspondientes fuentes de tiempo de precisión; y

un módulo de calidad de tiempo configurado para :

determinar, para cada una de la pluralidad de fuentes de tiempo de precisión, una duración entre dos o más señales de tiempo consecutivas, en el que la duración está basada en un oscilador interno;

5 comparar la duración entre las dos o más señales de tiempo consecutivas, para cada fuente de tiempo, para determinar una fuente de tiempo con la menor variación de la duración entre las dos o más señales de tiempo consecutivas; y
seleccionar la fuente de tiempo de precisión con la menor variación como mejor fuente de tiempo disponible.

10

6. El dispositivo de distribución de tiempo de la reivindicación 5, en el cual el oscilador interno comprende un oscilador de alta exactitud.

7. El dispositivo de distribución de tiempo de la reivindicación 6, en el cual el oscilador de
15 alta exactitud comprende uno de entre: un oscilador de cristal controlado por horno (OCXO); un oscilador de cristal compensado por temperatura (TCXO); un oscilador de cristal controlado por tensión (VCXO); un oscilador de rubidio; o un oscilador atómico.

8. El dispositivo de distribución de tiempo de la reivindicación 5, en el cual la pluralidad de
20 fuentes de tiempo de precisión incluye una o más de entre: protocolo Grupo de Instrumentación Inter-Rangos (IRIG), un sistema global de navegación por satélite (GNSS), una emisión del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología (NIST), un protocolo del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 1588, un protocolo de tiempo de red (NTP), un protocolo de tiempo de red simple (SNTP), o un protocolo de tiempo de precisión.

25

9. El dispositivo de distribución de tiempo de la reivindicación 5, en el cual el módulo de calidad de tiempo está adicionalmente configurado para:

detectar un fallo de la fuente de tiempo de precisión seleccionada; y

determinar una fuente de tiempo de precisión de respaldo para usar como mejor fuente de
30 tiempo disponible, en el cual el proceso para determinar la mejor fuente de tiempo disponible se repite para determinar la fuente de tiempo de respaldo.

10. El dispositivo de distribución de tiempo de la reivindicación 9, en el cual, para detectar un
fallo de la fuente de tiempo de precisión seleccionada, el módulo de calidad de tiempo está
35 configurado para:

entrenar un oscilador no enganchado, con una señal de tiempo procedente de la mejor

fuente de tiempo disponible;

comparar la señal de tiempo procedente de la mejor fuente de tiempo disponible con una tasa de desviación del oscilador no enganchado; y

detectar un fallo de la mejor fuente de tiempo disponible en respuesta a la comparación que

5 muestra que la señal de tiempo procedente de la mejor fuente de tiempo disponible varía con respecto a la tasa de desviación del oscilador no enganchado, en un margen definido.

11. El dispositivo de distribución de tiempo de la reivindicación 9, en el cual el módulo de calidad de tiempo está adicionalmente configurado para indicar una condición de error en

10 respuesta a la detección de un fallo de la mejor fuente de tiempo disponible.

12. El dispositivo de distribución de tiempo de la reivindicación 9, en el cual, para detectar un fallo de la fuente de tiempo de precisión seleccionada, el módulo de calidad de tiempo está configurado para:

15 recibir una localización basada en señales del Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS) recibidas en el dispositivo de distribución de tiempo;

comparar la localización recibida con una localización conocida del dispositivo de distribución de tiempo; y

detectar un fallo de la mejor fuente de tiempo disponible en respuesta a que la localización

20 recibida y la localización conocida difieren en un margen definido.

13. El dispositivo de distribución de tiempo de la reivindicación 12, en el cual la localización conocida se calcula usando la pluralidad de señales GNSS.

25 14. El dispositivo de distribución de tiempo de la reivindicación 12, en el cual la localización conocida es introducida en el dispositivo de distribución de tiempo durante la configuración.

15. Un medio de almacenamiento legible por ordenador, no transitorio, que tiene almacenadas unas instrucciones que, al ser ejecutadas por un procesador, provocan que el

30 procesador efectúe un procedimiento para determinar una mejor fuente de tiempo disponible, comprendiendo el procedimiento:

recibir, en un dispositivo de distribución de tiempo, dos o más señales de tiempo consecutivas para cada una de una pluralidad de fuentes de tiempo;

determinar, para cada fuente de tiempo, una duración entre cada una de las dos o más

35 señales de tiempo consecutivas, en el que la duración está basada en un oscilador interno;

comparar la duración entre las dos o más señales de tiempo consecutivas, para cada fuente

de tiempo, para determinar una fuente de tiempo con la menor variación de la duración entre las dos o más señales de tiempo consecutivas ; y
seleccionar la fuente de tiempo con la menor variación como mejor fuente de tiempo disponible.

5

16. El medio de almacenamiento legible por ordenador, no transitorio, de la reivindicación 15, en el cual el oscilador interno comprende un oscilador de alta exactitud.

17. El medio de almacenamiento legible por ordenador, no transitorio, de la reivindicación 10 16, en el cual el oscilador de alta exactitud comprende uno de entre: un oscilador de cristal controlado por horno (OCXO); un oscilador de cristal compensado por temperatura (TCXO); un oscilador de cristal controlado por tensión (VCXO); un oscilador de rubidio; o un oscilador atómico.

15 18. El medio de almacenamiento legible por ordenador, no transitorio, de la reivindicación 15, en el cual la pluralidad de fuentes de tiempo de precisión incluye una o más de entre: protocolo Grupo de Instrumentación Inter-Rangos (IRIG), un sistema global de navegación por satélite (GNSS), una emisión del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología (NIST), un protocolo del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 1588, un protocolo de 20 tiempo de red (NTP), un protocolo de tiempo de red simple (SNTP), o un protocolo de tiempo de precisión.

19. El medio de almacenamiento legible por ordenador, no transitorio, de la reivindicación 15, en el cual el procedimiento comprende adicionalmente distribuir la mejor fuente de 25 tiempo disponible a uno o más dispositivos consumidores.

20. El medio de almacenamiento legible por ordenador, no transitorio, de la reivindicación 15, en el cual el procedimiento comprende adicionalmente:
detectar un fallo de la fuente de tiempo seleccionada; y
30 determinar una fuente de tiempo de respaldo para usar como mejor fuente de tiempo disponible, en el cual el procedimiento para determinar la mejor fuente de tiempo disponible se repite para determinar la fuente de tiempo de respaldo.

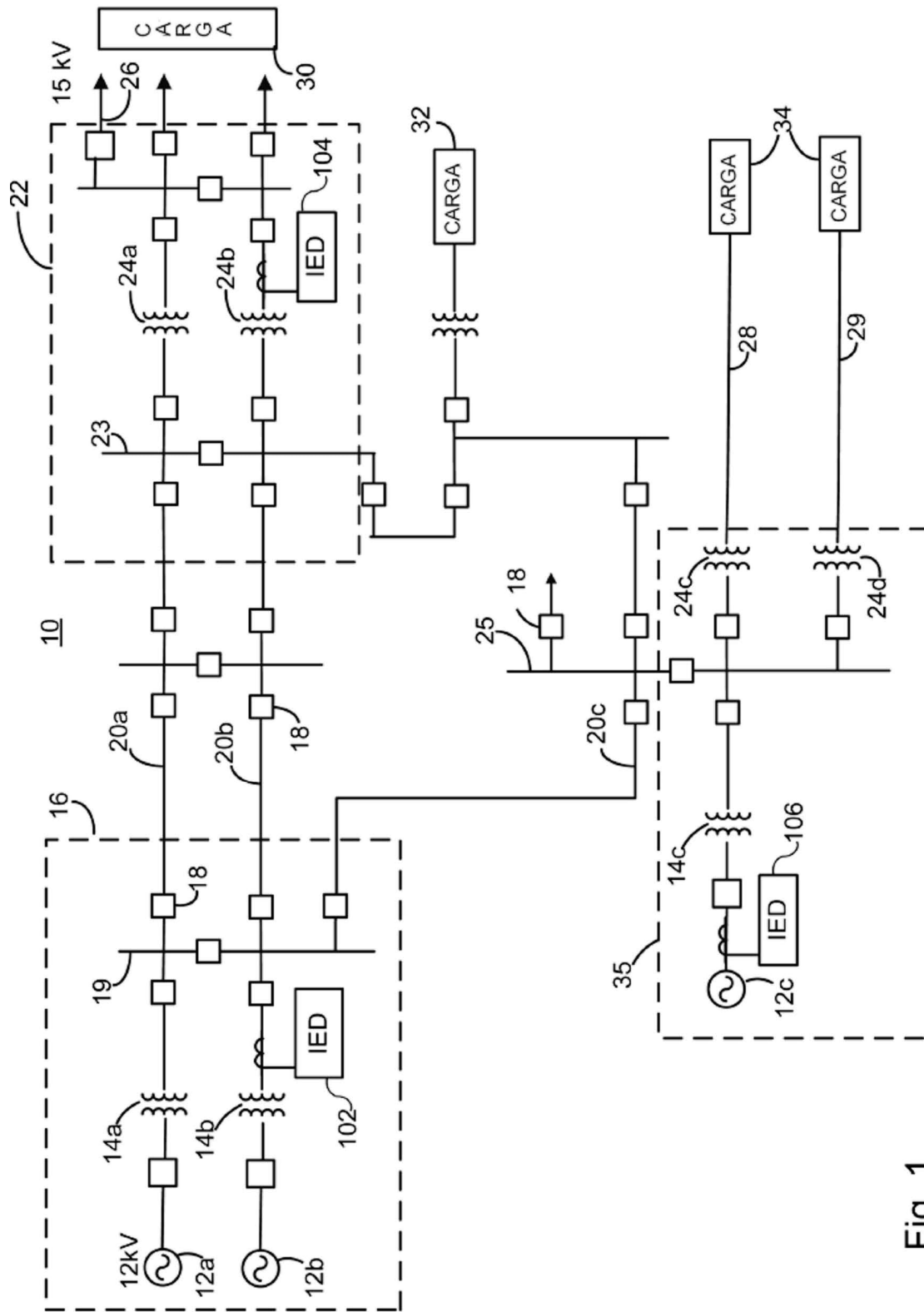


Fig. 1

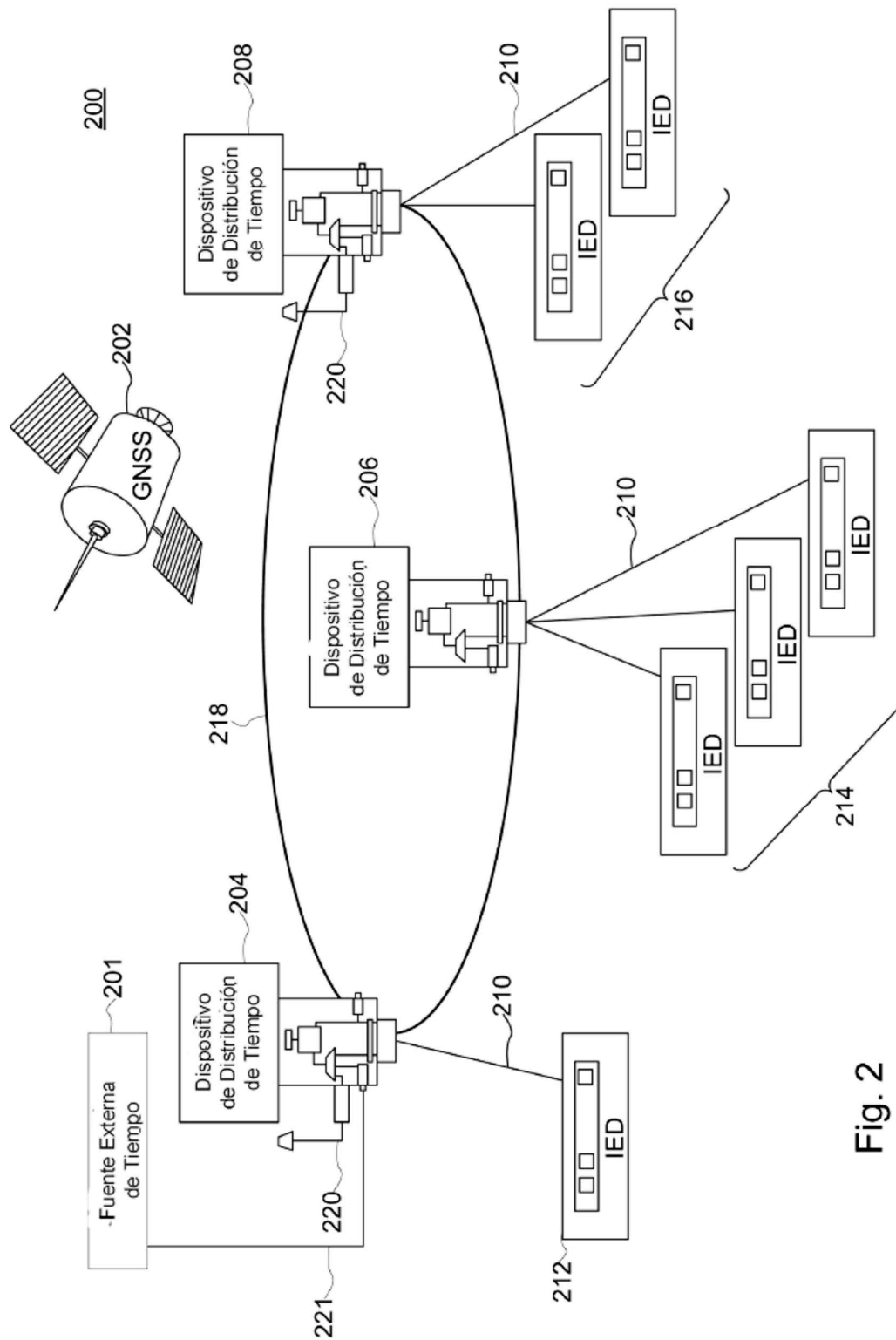
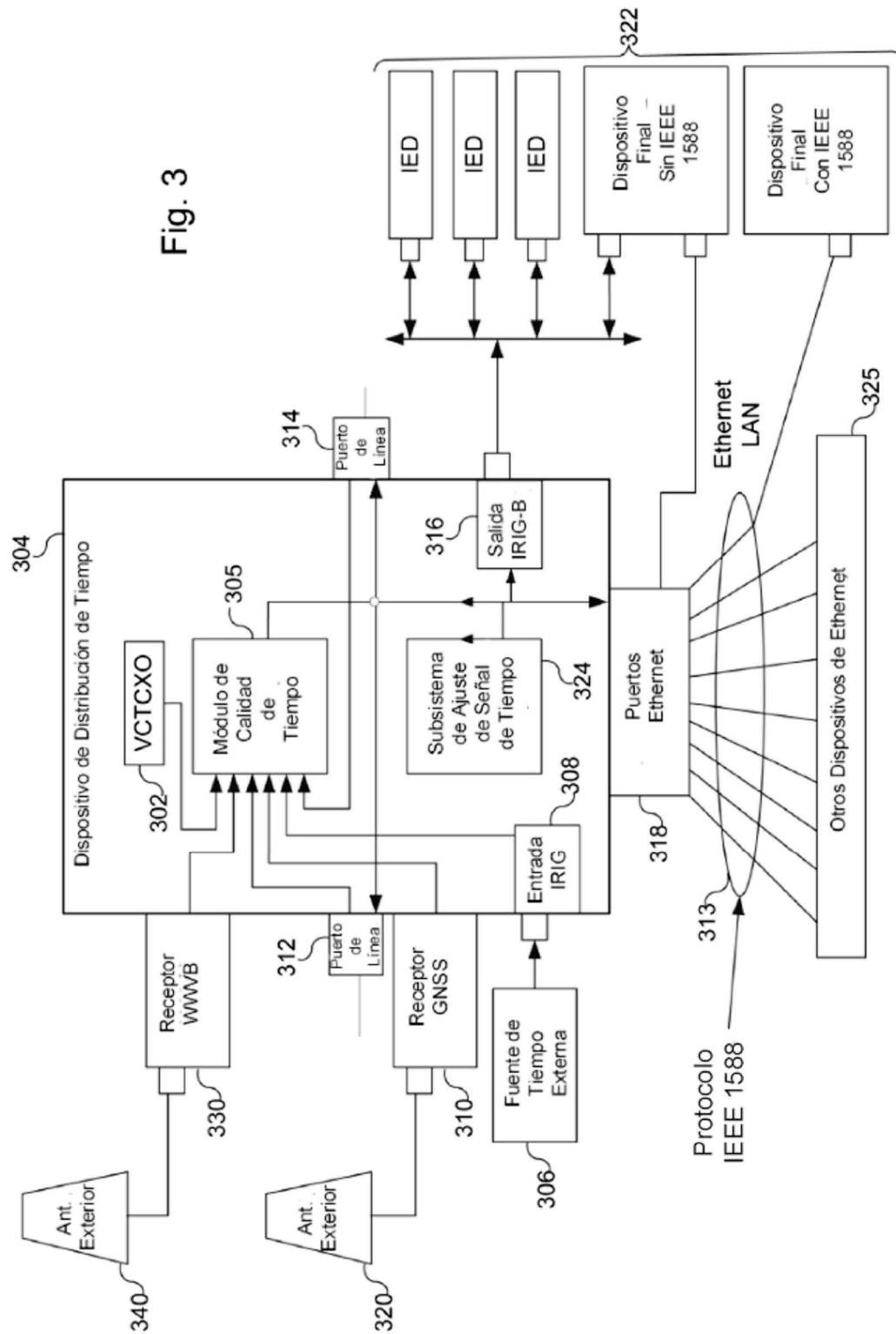


Fig. 2



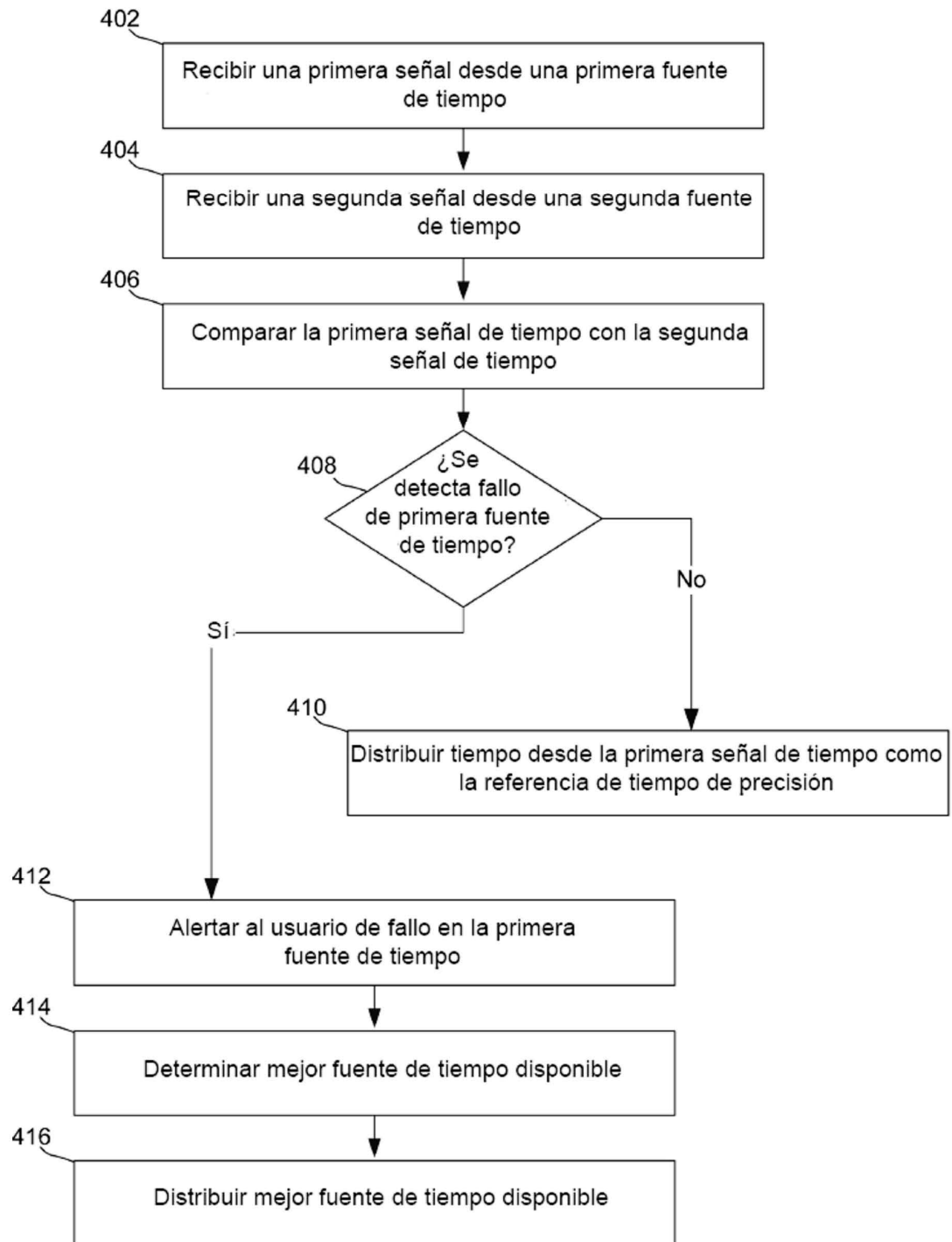


Fig. 4

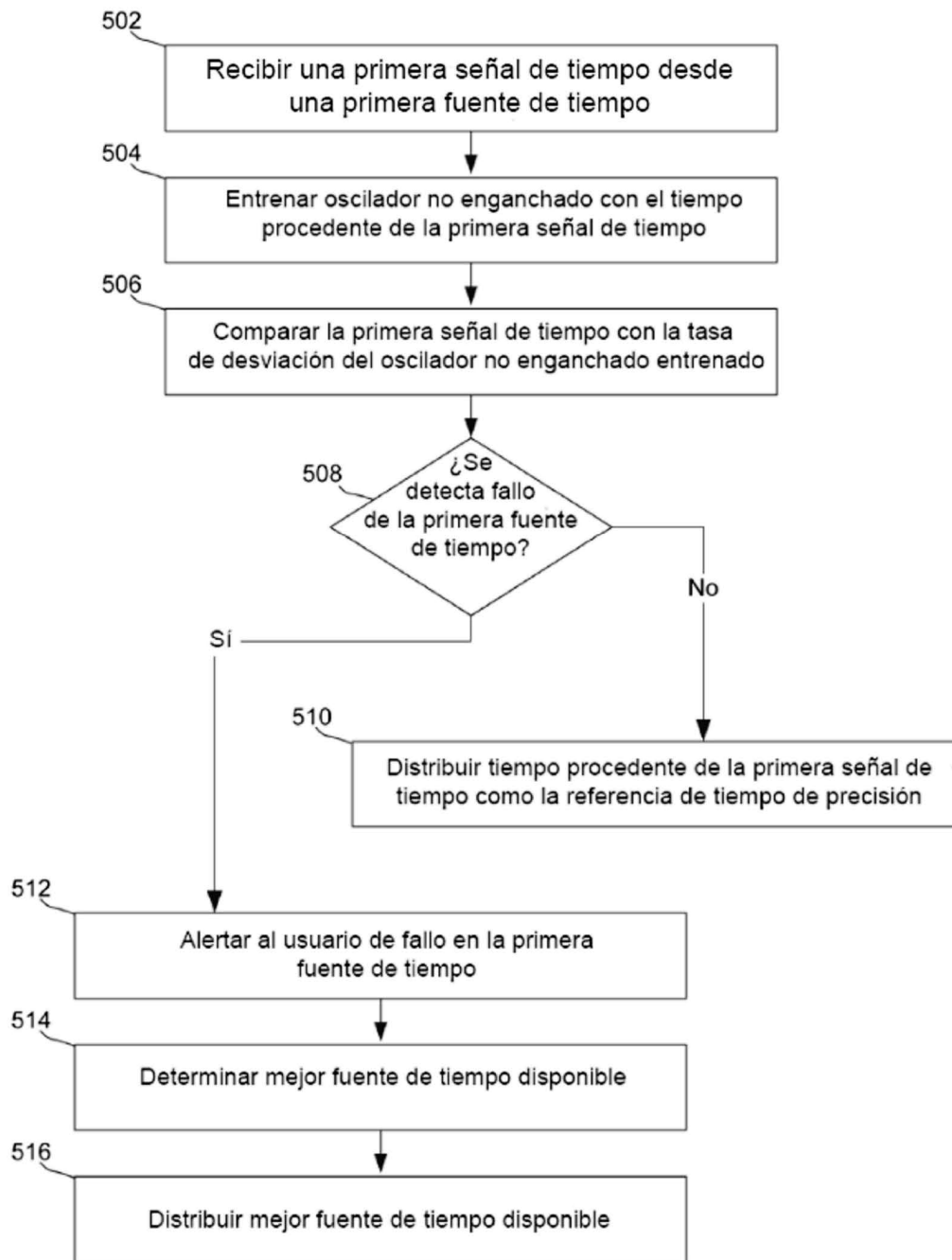


Fig. 5

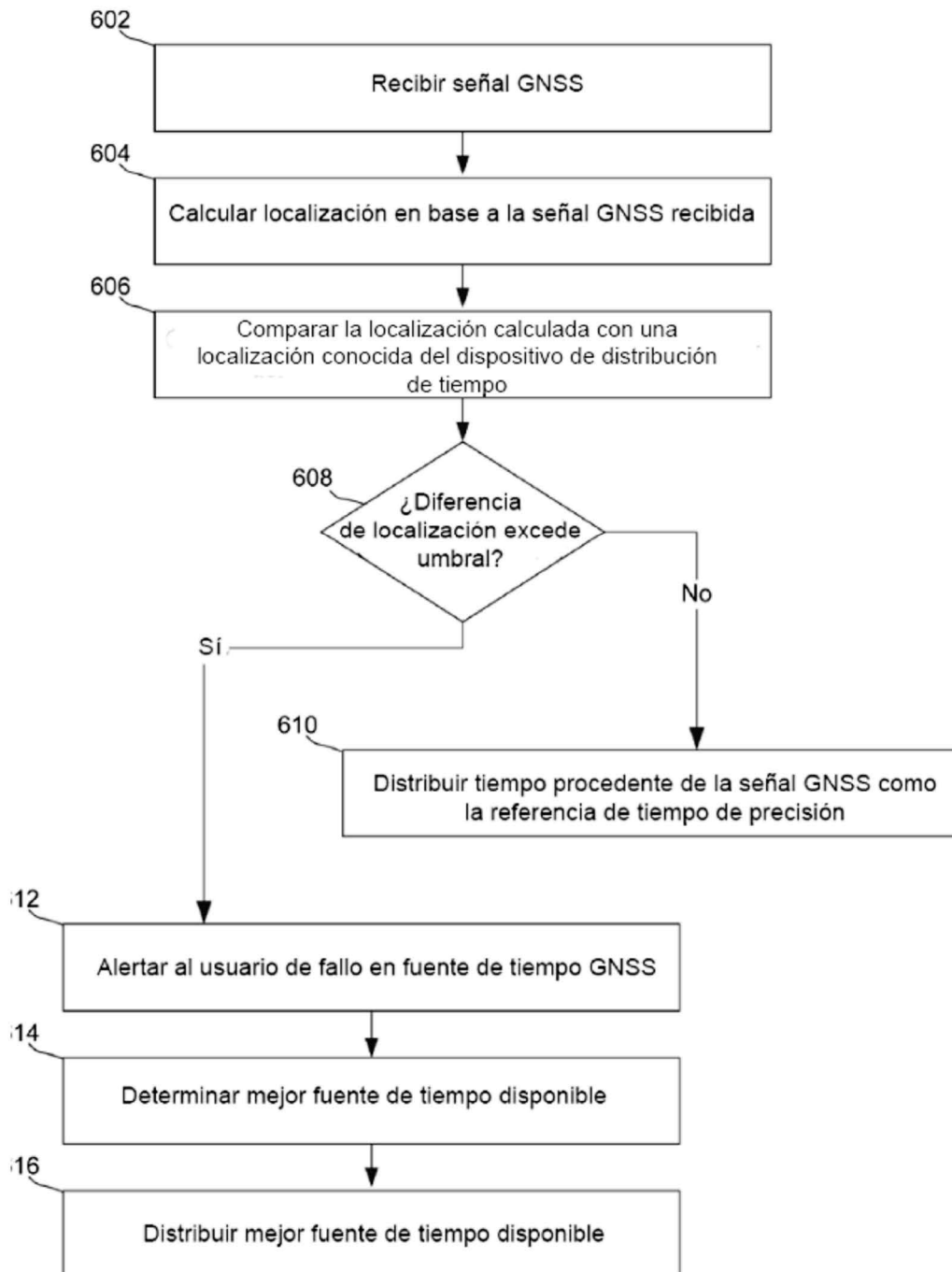


Fig. 6

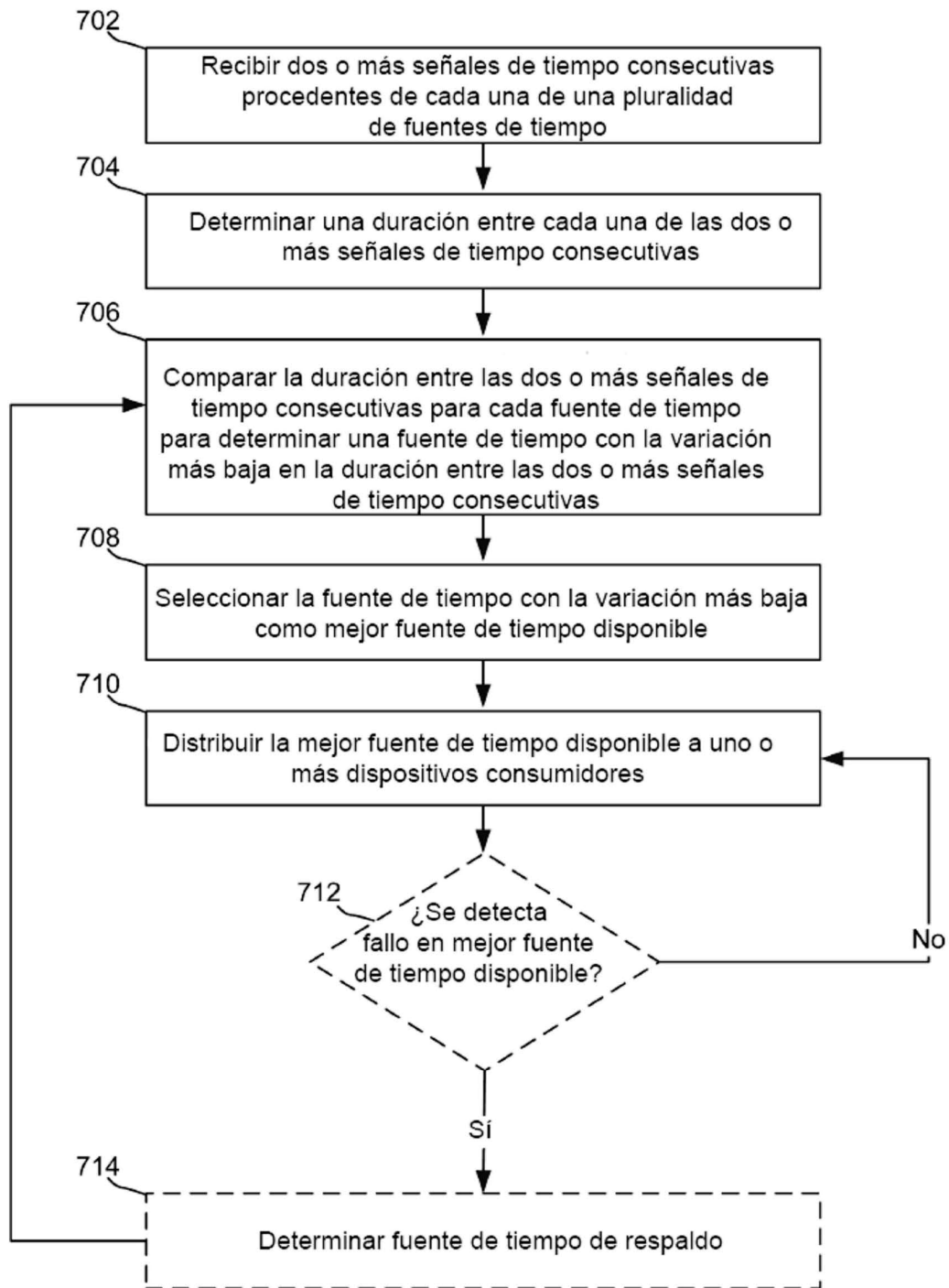


Fig. 7

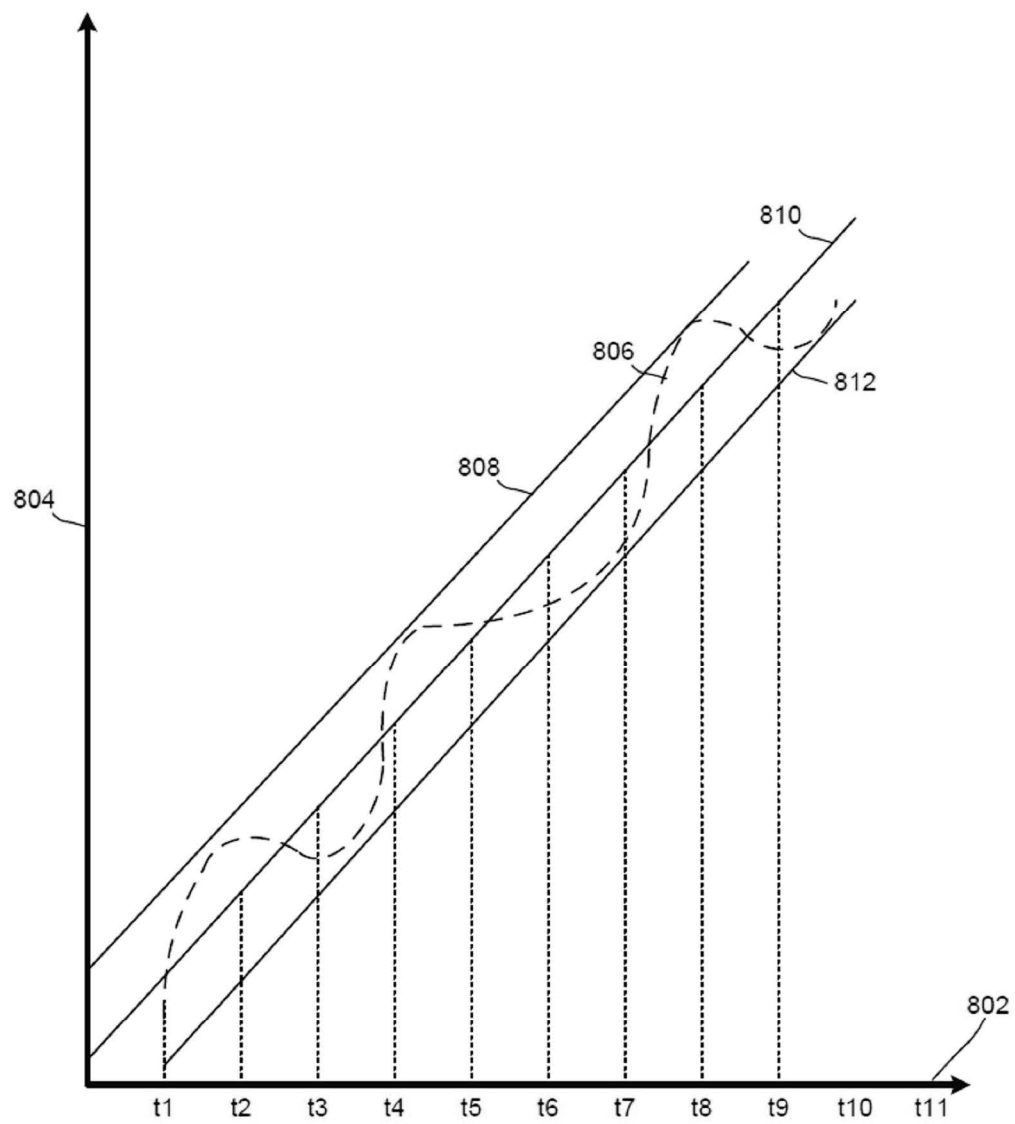


Fig. 8