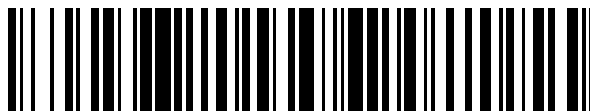


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 555 883**

21 Número de solicitud: 201590013

51 Int. Cl.:

H04H 20/12 (2008.01)

H04H 20/16 (2008.01)

H04H 40/18 (2008.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

04.09.2013

30 Prioridad:

06.09.2012 US 13/605,679

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.01.2016

71 Solicitantes:

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

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

72 Inventor/es:

**SWARTZENDRUBER, Ryan W. y
FEIGHT, Laurence V.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **Indicador de fallos en un circuito para su uso en una red de monitorización de energía y procedimiento asociado**

57 Resumen:

Indicador de fallos en un circuito para su uso en una red de monitorización de energía, y procedimiento asociado, los cuales se encuentran englobados dentro del sector de la gestión de energía en una red de dispositivos de control, automatización, monitorización y protección alimentados con una batería estacionaria.

Un indicador de fallos en un circuito se une periódicamente a una red para comunicar información y recibir comandos. El indicador de fallos en un circuito optimiza la potencia de transmisión usada para unirse a la red, de manera que se obtiene un tiempo aceptable de adquisición de red y/o un enrutamiento robusto a través de múltiples nodos.

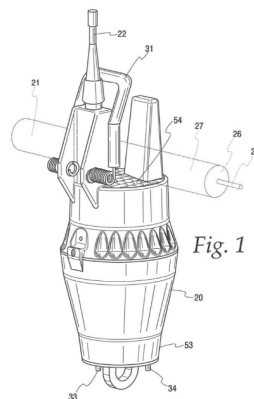


Fig. 1

DESCRIPCIÓN

Indicador de fallos en un circuito para su uso en una red de monitorización de energía, y procedimiento asociado, los cuales se encuentran englobados dentro del sector de la gestión de la energía, o potencia, en una red de dispositivos de control, automatización, monitorización y protección alimentados con una batería estacionaria.

Solicitud relacionada

La presente solicitud reivindica la prioridad bajo 35 U.S.C. § 119(e) de la solicitud de patente US Nº 13/605.679, presentada el 6 de septiembre de 2012, y titulada " Gestión de energía en una red de dispositivos de control, automatización, monitorización y protección alimentados con una batería estacionaria", que se incorpora al presente documento por referencia en su totalidad.

Campo de la invención

La presente divulgación se refiere a la conservación de energía mediante dispositivos de red inalámbricos, y más particularmente a la conservación de energía mediante dispositivos de red inalámbricos alimentados por una batería estacionaria utilizados para monitorizar un sistema de distribución de energía eléctrica, tales como, por ejemplo, indicadores de fallos en un circuito, aclarando que un indicador de fallos es un dispositivo que proporciona una información visual o remota de un fallo en un sistema de energía eléctrica, con el objeto de reducir el tiempo de interrupción de suministro de energía eléctrica. Cabe destacar que a lo largo de la presente memoria, se identifica el término energía con el término de potencia, el cual se puede definir como la energía transferida por unidad de tiempo.

Breve descripción de los dibujos

Aunque los rasgos característicos de la presente invención se indican en particular en las reivindicaciones, la propia invención y la manera en la que puede ser realizada y utilizada, se puede entender mejor haciendo referencia a la siguiente descripción tomada en conexión con los dibujos adjuntos, que forman una parte de la misma, en la que los números de referencia similares se refieren a partes similares en las diversas vistas, y en los que:

La figura 1 es una vista en perspectiva de un indicador insertado de fallos en un circuito,

adaptado para comunicarse de forma inalámbrica con una red de otros dispositivos estacionarios de control, automatización, monitorización y protección;

La figura 2 es una vista superior del indicador de fallos en un circuito de la figura 1;

5

La figura 3 es una vista inferior del indicador de fallos en un circuito de la figura 1;

La figura 4 es una vista en sección transversal invertida del indicador de fallos en un circuito de las figuras 1 a 3;

10

La figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra los circuitos electrónicos para la operación del indicador de fallos en un circuito de las figuras 1 a 3;

Las figuras 6a y 6b son diagramas de red que ilustran una red simple de dos nodos que comprende un nodo de subestación siempre encendido acoplado a una red de monitorización de energía de área amplia y un único nodo de red estacionario;

15

La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento por el cual un nodo de red estacionario puede unirse a una red de monitorización de energía con una potencia de transmisión mínima necesaria;

20

La figura 8 es un diagrama de red que ilustra una red de malla más complicada que comprende múltiples nodos repetidores siempre encendidos y unos nodos de red estacionarios alimentados de forma discontinua;

25

Las figuras 9a y 9b son diagramas de red que ilustran el alcance en que un nodo de red estacionario alimentado de forma discontinua se puede comunicar usando diferentes potencias transmitidas, y el efecto subsiguiente en el número de nodos con los que puede comunicarse el nodo de red estacionario alimentado de forma discontinua;

30

Las figuras 10a y 10b ilustran un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento mediante el cual un nodo de red estacionario puede unirse a una red de monitorización de energía con un nivel de potencia de transmisión optimizado para el tiempo de adquisición de la red y el número de nodos de comunicación;

35

La figura 11 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento mediante el cual un nodo

de red alimentado por una batería de forma estacionaria puede determinar la configuración de potencia para enviar un mensaje, y

La figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento mediante el cual un nodo de red estacionario puede determinar el estado de la potencia existente en dicho nodo para así poder enviar un mensaje basado en la potencia disponible en un instante en concreto.

Descripción detallada

Volviendo a las figuras, y a la figura 1 en particular, un indicador insertado de fallos en un circuito 20 está construido de acuerdo con la divulgación. El indicador de fallos en un circuito 20 indica las corrientes de fallo en un alimentador eléctrico o cable de distribución 21. El cable 21 puede ser parte de un sistema de distribución aéreo o de un sistema de distribución subterráneo, tal como donde el cable sale del suelo en un transformador de tipo pedestal.

De acuerdo con la práctica convencional, el indicador de fallos en un circuito 20 está unido a la superficie exterior del cable 21, que puede incluir un conductor central 25, una capa aislante concéntrica 26, y una funda exterior 27 de caucho eléctricamente conectada a tierra.

El indicador de fallos en un circuito 20 incluye una carcasa 30 (figura 2) que contiene circuitos electrónicos para detectar y responder a las corrientes de fallo en el cable 21. Un transformador de corriente está situado dentro de la carcasa 30 en una orientación que es generalmente perpendicular a la cara posterior de la carcasa 30. La parte exterior de la masa polar 37a puede estar recubierta con un material aislante o puede tener un material aislante dispuesto sobre la misma. Un conjunto de abrazadera 31 conecta el módulo a un conductor monitorizado, tal como un cable 21, y sujeta el cable 21 en estrecha proximidad a la masa polar 37a del transformador de corriente. El conjunto de abrazadera 31 está diseñado para alojar un conjunto de cables 21 que tienen diferentes diámetros. El transformador de corriente 37 detecta la corriente de carga en el conductor 21 y proporciona una señal representativa de la corriente de carga a los circuitos electrónicos 100, como se describe a continuación. Un sensor electrostático está dispuesto entre el transformador de corriente 37 y la pared posterior de la carcasa 30. El sensor detecta el campo electromagnético alrededor del conductor 21 y también proporciona una señal representativa del campo electromagnético a los circuitos electrónicos 100. Como se describe también en este documento, la parte superior del indicador de fallos en un circuito 20 puede estar cubierta con células solares 54 o, alternativamente, puede estar formada de un plástico duro

transparente o sólido o de otro material dependiendo de la aplicación particular para el indicador de fallos en un circuito 20.

5 Volviendo a la figura 3, puede proporcionarse un ojal 36 en una tapa de extremo 53 de la carcasa para permitir el uso de una pértiga convencional durante la instalación o retirada del indicador de fallos en un circuito 20 sobre el cable 21. Cuando se instala en un cable aéreo, el indicador de fallos en un circuito 20 normalmente cuelga hacia abajo, de tal manera que una cara 40 que contiene los indicadores de estado, tal como unos LEDs 33-34, es fácilmente visible desde el suelo por parte del personal de servicio o similares. Los LEDs 33-10 34 se pueden montar en un plástico transparente duro o sólido, u otro material, para permitir una fácil visualización por parte del personal de línea.

La carcasa 30 y la tapa de extremo 53 pueden estar formados de cualquier material adecuado, tal como plástico. La tapa de extremo 53 forma parte de la carcasa 30, y puede soldarse mediante ultrasonidos a la carcasa 30 para sellar el interior del indicador de fallo 2015 contra la contaminación. Los circuitos electrónicos 100 también incluyen indicadores de estado, por ejemplo, dos LEDs 33-34, para indicar si se ha producido un fallo en el cable 21. En operación, durante el flujo normal de corriente a través del conductor 21, los LEDs 33-34 están normalmente apagados y no iluminados. Tras la aparición de un fallo en un conductor20 monitorizado, los LEDs 33 y 34 se iluminan mediante los circuitos electrónicos 100 para indicar que se ha producido un fallo. Para una mejor visualización desde diferentes ángulos, los LEDs 33-34 pueden estar casi a ras con la superficie exterior de la tapa de extremo 53. Si se desea, los LEDs 33-34 pueden sobresalir ligeramente por encima de la cara 40 de la tapa de extremo 53, o la tapa de extremo 53 puede estar provista de lentes convexas (no25 mostradas) para proporcionar iluminación en aproximadamente un campo de visión de 180 grados para una mejor visualización por el personal de servicio. Los LEDs 33-34 pueden seleccionarse de cualquier color disponible comercialmente. Por ejemplo, los LEDs 33 y 34 pueden ser de color rojo para indicar un fallo permanente. Si uno o ambos de los LEDs 33 ó34 se utilizan para indicar un fallo temporal, puede seleccionarse un color diferente al rojo,30 tal como el amarillo. La tapa de extremo 53 es preferiblemente de un color que contraste con los LEDs 33-34, tal como azul oscuro, para una mejor visibilidad de los LEDs.

Con referencia a la figura 4, una placa de circuito 49 está dispuesta en la carcasa 30 cerca de su cara de extremo. La placa de circuito 49 contiene la mayoría de los circuitos35 electrónicos 100 que se utilizan para operar el indicador de fallos en un circuito 20, y se describe en mayor detalle a continuación. La placa de circuito 49 también alimenta y opera

los LEDs 33-34, un conmutador de reposición magnético 120, y varios otros componentes.

Una antena 22 proporciona conectividad con una red inalámbrica. Debe tenerse en cuenta que aunque se representa una antena de extrusión para mayor claridad, los dispositivos de
 5 producción pueden tener la antena integrada en la placa de circuito 49. Alternativamente, la antena 22 puede ser ventajosamente una antena direccional o una disposición de antenas direccionales, que pueden dirigirse hacia el vecino(s) más cercano del indicador de fallos en un circuito 20.

10 Volviendo a la figura 5, se representa una realización ejemplar del circuito 100 descrito anteriormente. Un circuito de detección de corriente 102 adquiere una representación analógica de la corriente del circuito que fluye a través del conductor 21. El circuito de detección de corriente incluye un transformador de corriente 103 que genera una señal de
 15 tensión proporcional al campo magnético generado por la corriente que fluye a través del conductor 21. El sensor 102 también puede incluir un dispositivo de limitación de picos 104 para mantener la salida máxima de tensión mediante el transformador de corriente en un nivel seguro. La salida del sensor 102 se acopla a un rectificador de onda completa 106, que puede ser un rectificador de puente de diodos de onda completa. El rectificador de puente de onda completa 106 transforma la señal de corriente alterna adquirida por el
 20 transformador de corriente 103 en una representación de corriente continua. La salida del puente de diodos de onda completa 106 está acoplada al microcontrolador 122 a través del amplificador 112, así como a la fuente de alimentación 108.

La fuente de alimentación 108 suministra energía operativa al indicador de fallos en un
 25 circuito en general, y a los circuitos 100 en particular. Generalmente, la fuente de alimentación 108 opera de acuerdo con los principios de la solicitud de patente presentada anteriormente US N° 12/497.820, titulada "Gestión de energía para un dispositivo electrónico", presentada el 6 de julio de 2009 a nombre de los inventores Laurence V. Feight, y Ryan W. Swartzendruber, ambos de Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. de
 30 Pullman, Washington. La solicitud anteriormente referenciada se incorpora aquí por referencia en su totalidad. En pocas palabras, la fuente de alimentación 108 favorecerá la producción de energía a partir de fuentes de energía intermitentes, tal como las células solares 109. Sin embargo, cuando una energía suficiente no está disponible a partir de fuentes de energía intermitentes, se utilizan fuentes de energía parasitarias, tales como la
 35 energía acoplada inductivamente conducida por el sensor 102 y extraída por el rectificador de onda completa 106. Cuando ni las fuentes de energía intermitentes ni las fuentes de

energía parasitarias están disponibles, como por ejemplo durante un fallo durante la noche o bajo condiciones de poca luz, se utilizarán fuentes de energía recargables, tales como condensadores de alto rendimiento y/o células recargables 110, hasta su agotamiento, y en ese momento, se utilizará una fuente de alimentación continua, tal como la batería 111.

5 Como se explica con más detalle en "Gestión de energía para un dispositivo electrónico", esta estrategia de gestión de energía extiende de manera efectiva la vida útil de una fuente de alimentación continua, pero agotable, tal como una batería, de forma indefinida, dependiendo de las condiciones de operación.

10 La salida del rectificador de onda completa 106 está también acoplada a un amplificador 112. La salida del amplificador 112 se acopla a la entrada positiva del comparador 113. La entrada negativa del comparador 113 está acoplada a una referencia programable 114. La salida del comparador 113, que es indicativa de un fallo en el conductor monitorizado, está acoplada a una entrada digital del microcontrolador 122. El microcontrolador 122 controla el
15 nivel de fallo de corriente mediante la programación de la salida de referencia programable 114. Este nivel puede fijarse en la fábrica sobre la base de las especificaciones del cliente, o puede ser programable por el cliente a través de la interfaz de radio que se describe aquí.

Además, el microcontrolador 122 también controla fallos de visualización de los LEDs 33,34
20 para mostrar fallos permanentes y/o temporales, cuando se detectan. Además, el microcontrolador 122 está acoplado a un conmutador de reposición magnético 120, que es operado a través de un imán externo para restablecer el indicador de fallos en un circuito en una condición de fallo.

25 El microcontrolador 122 también está acoplado a un procesador de comunicación 124, que se comunica a través de la antena 126. El procesador de comunicación 124 puede comunicar, por ejemplo, información de fallos, información de estado, tal como la corriente monitorizada, y la información de configuración, tal como nivel de disparo. Además, el microcontrolador 122 opera el procesador de comunicación 124 como se describe en el
30 presente documento para reducir ventajosamente potencia disponible para la transmisión de información de fallos.

Las figuras 6a y 6b son diagramas de red de una topología de red simple que comprende dos nodos de red estacionaria. El primer nodo de red estacionario 202 se denominará en lo
35 sucesivo como nodo de subestación, ya que generalmente está situado dentro de una subestación eléctrica, o en comunicación con otros equipos de red dispuestos dentro de una

subestación eléctrica. El nodo de subestación 202 se supone que está siempre encendido y disponible para comunicación. El segundo nodo de red estacionario 204 puede ser un dispositivo de monitorización del sistema de distribución de energía, tal como un indicador de fallos en un circuito. Generalmente, el segundo nodo de red estacionario 204 proporciona energía a su sistema de circuitos de red según sea necesario, y está normalmente en el estado apagado, como se muestra en la figura 6a. Como se explica adicionalmente en este documento, el segundo nodo de red estacionario 204 ajusta su potencia de transmisión a lo largo del tiempo para optimizar su tiempo de adquisición de la red. El tiempo de adquisición de red es el tiempo que se requiere para que un nodo de red potencial se una a una red particular. Generalmente, el procedimiento de adquisición de red implica la asignación de una dirección de red al nodo de red potencial, así como la actualización de la información de enrutamiento para los nuevos vecinos del nodo de red potencial, y la transmisión de la información de enrutamiento al nodo de red potencial. La figura 6b muestra el segundo nodo de red estacionario 204 después de que se haya unido a la red de monitorización de energía, completando el procedimiento de adquisición de la red con el nodo de subestación 202. Después de que el nodo de la red secundaria de 204 complete el procedimiento de adquisición de la red, transmitirá los datos que ha puesto en cola, recibirá cualquier dato que se dirija al mismo y después de procesar los datos recibidos, apaga su sistema de circuitos de red para ahorrar energía.

La figura 7 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento mediante el cual un nodo de red potencial estacionario puede unirse a una red inalámbrica y lograr una combinación optimizada del tiempo de adquisición de la red y la potencia necesaria de transmisión. El procedimiento detallado busca un mínimo de gasto de la potencia de transmisión para un tiempo de adquisición de la red aceptable. En general, la potencia de transmisión adicional se reserva para un mayor rango de transmisión. Fuera del rango de energía para una transmisión en particular, los paquetes de datos todavía pueden ser enviados con éxito, pero es más probable que se produzcan errores. Por consiguiente, la potencia de transmisión deseada es la mínima que permite la transmisión de paquetes sin errores.

En una etapa 302, el nodo de red potencial estacionario proporciona energía a su sistema de circuitos de red, inicializa las variables internas, y realiza otras tareas asociadas con el inicio del procedimiento de adquisición de la red. Como parte del inicio del procedimiento de adquisición de la red, el nodo de red potencial inicializa su potencia de transmisión. El procedimiento mediante el cual se inicia la potencia de transmisión es genérico. Por

ejemplo, puede incluir el uso de una potencia de transmisión más baja posible, o el uso de una potencia de transmisión almacenada. En una etapa 304, el nodo de red potencial estacionaria difunde un paquete de "solicitud de unión a la red". Un paquete de solicitud de unión a la red es un denominador genérico para cualquier paquete que indica un nodo de red potencial que pretende unirse a una red particular.

El nodo de red potencial estacionario espera entonces una respuesta de un nodo de red en la etapa 305. En la etapa 306 se realiza una comprobación para determinar si un paquete de confirmación de unión a la red ha sido recibido. Un paquete de confirmación de unión a la red es cualquier paquete que indica la aceptación del nodo de red potencial en una red. El paquete de confirmación de unión a la red puede proporcionar al nodo de red potencial la información de enrutamiento necesaria para comunicarse con sus vecinos más cercanos, o esta información puede proporcionarse en un paquete separado. Si no se recibe un paquete de confirmación de unión a la red, entonces el nodo determina si el tiempo máximo de espera ha caducado en la etapa 308. Si no se ha superado el tiempo de espera máximo, entonces el nodo vuelve a determinar si el paquete de confirmación de unión a la red se recibió en la etapa 306. Si el tiempo de espera máximo se ha superado antes de recibir un paquete de confirmación de unión a la red, la ejecución pasa a la etapa 312, donde se realiza una comprobación para determinar si la última transmisión se hizo a la máxima potencia de transmisión. Si es así, el procedimiento de adquisición de la red falla, y la ejecución pasa a la etapa 314. Para indicar un fallo, el nodo de red puede encender y/o hacer parpadear uno de los LEDs 33, 34. El LED se puede apagar después de algún período de tiempo, tal como, por ejemplo, 5 minutos, para conservar la energía, o puede operar de forma continua hasta que la situación es corregida por el personal de mantenimiento.

Sin embargo, si la última transmisión no se hizo a la máxima energía, la ejecución pasa desde la etapa 312 a la etapa 310, donde se incrementa la potencia de transmisión. El algoritmo utilizado para aumentar la potencia de transmisión es genérico, ya que puede abarcar cualquier algoritmo aplicable utilizado para aumentar de forma inteligente la potencia de transmisión; por ejemplo, la potencia de transmisión se puede aumentar de manera uniforme en una unidad, o puede aumentarse en un incremento mayor si no se recibieron datos en respuesta al paquete de solicitud de unión a la red, tales como 10 unidades. La ejecución a continuación pasa a la etapa 304, donde continúa la ejecución como se describió anteriormente.

Volviendo a la etapa 306, si se reciben paquetes de confirmación de unión a la red, la ejecución pasa a la etapa 316, donde el nodo de red realiza las tareas necesarias para reflejar su estado como parte de la red. Estas tareas pueden incluir, por ejemplo, la creación o actualización de la información de enrutamiento con sus vecinos más cercanos en base a los datos recibidos durante el procedimiento de adquisición de la red.

La figura 8 representa una topografía más complicada de la red inalámbrica, conocida como una red de malla inalámbrica. En particular, se representa una serie de nodos de red estacionarios siempre encendidos 202a-e, en lo sucesivo, llamados repetidores. Además, también se representan una serie de nodos secundarios estacionarios 204a-k. Como se ha explicado respecto a la figura 5, estos nodos no están "siempre encendidos"; sino que alimentan sus circuitos de red según sea necesario para enviar y recibir datos ocasionalmente. Con respecto a la figura 8, debe suponerse que en el nodo de potencia de transmisión máxima 204k se puede comunicar con los repetidores 202d y 202e, mientras que en un nodo de potencia de transmisión mucho menor 204k sólo puede comunicarse con un repetidor 202e. El siguiente procedimiento de adquisición de red se expande en el procedimiento descrito anteriormente, por lo que representa no sólo por el tiempo de adquisición de la red frente a la potencia de transmisión, sino también el número de repetidores con los que un nodo puede comunicarse con respecto a la potencia de transmisión. Esta referencia de potencia entre nodos se hace más importante cuando deben comunicarse datos "urgentes", tal como una condición de fallo. En particular, cuando se comunica con múltiples repetidores, puede elegirse el repetidor que ofrece la comunicación más rápida para el nodo de destino.

La figura 9a ilustra la cobertura de comunicación de un nodo de red en un entorno de red poblado, tal como el de la figura 8, utilizando el procedimiento de la figura 7 o un procedimiento similar para comunicarse con la energía de red mínima requerida para comunicarse con un repetidor vecino. Como se muestra, un nodo de red estacionario alimentado de forma discontinua 204 utiliza la potencia de transmisión mínima para comunicarse con el nodo de red siempre encendido 202a (que puede ser el nodo físicamente más cercano, el nodo con la menor interferencia entre los mismos, o similares). La potencia de transmisión mínima produce un radio 205. Sin embargo, como se representa, tres nodos de red siempre encendidos adicionales se colocan justo fuera del radio 205, de modo que una potencia de transmisión ligeramente superior capturaría esos nodos. Usando un procedimiento tal como el representado en la figura 6, el nodo de red 204 no tendrá la información necesaria para saber que con una potencia de transmisión ligeramente superior

se puede lograr una comunicación mucho más robusta.

La figura 9b muestra una situación que corresponde al modo de red estacionario alimentado de forma discontinua 204 que utiliza una configuración de energía superior determinada utilizando un procedimiento de adquisición de red diferente para permitir la comunicación con tres repetidores adicionales 202b-d. Como se ilustra, mediante el uso de una configuración de energía más alta, el nodo de red 204 puede comunicarse con todos los nodos dentro de un radio 206.

Las figuras 10a y 10b comprenden un diagrama de flujo que representa un procedimiento mediante el cual un nodo de red potencial estacionario puede unirse a una red inalámbrica y lograr una combinación optimizada del tiempo de adquisición de red frente a la potencia de transmisión, así como la optimización del número de nodos repetidores que se pueden comunicar con respecto a la potencia de transmisión. En la etapa 402, el nodo de red potencial estacionario comienza el procedimiento de adquisición de la red. En una etapa 404, el nodo de red potencial estacionario difunde un paquete de solicitud de unión a la red. El nodo de red potencial espera una respuesta al paquete de solicitud de unión a la red en la etapa 406 y determina si el paquete de confirmación de unión a la red se recibe en la etapa 407. Si no se recibe un paquete de confirmación de unión a la red, el nodo determina si ha transcurrido el tiempo máximo de espera en la etapa 408. Si no se ha superado el tiempo de espera máximo, entonces el nodo vuelve a determinar si el paquete de confirmación de unión a la red se recibió en la etapa 407. Si ha transcurrido el período de espera máximo, la ejecución pasa a la etapa 410, donde se realiza una comprobación para determinar si la última transmisión se hizo a la máxima potencia de transmisión. Si es así, la ejecución pasa a la etapa 411, donde se realiza una comprobación para determinar si un paquete de confirmación de unión a la red se ha recibido. Esta etapa es necesaria para hacer frente a situaciones en las que se recibe un paquete de confirmación de unión a la red, pero no se logró un tiempo de adquisición de la red aceptable y/o la potencia de transmisión máxima no permite la comunicación con un número suficiente de nodos de enrutamiento robustos. En este caso, si ha transcurrido el tiempo de espera máximo, no se recibió un paquete de confirmación de unión a la red, y la ejecución pasa a la etapa 414, se refleja la incapacidad de unión a la red. Sin embargo, si un paquete de confirmación de unión a la red se había recibido previamente, la ejecución pasa a la etapa 420, donde se restaura una configuración de potencia de transmisión reservada previamente. A partir de ahí, la ejecución pasa a la etapa 416, donde la red se une mediante una configuración de energía funcional, si no óptima. El procedimiento de unión a la red avanza como se describió anteriormente con

respecto al procedimiento de la figura 7. Volviendo a la etapa 410, si la última transmisión no se hizo a la máxima potencia, la ejecución pasa a la etapa 412, donde se incrementa la potencia de transmisión.

5 Cuando un paquete de confirmación de unión a la red se recibe con éxito en la etapa 406, la ejecución pasa a la etapa 409, donde se realiza una comprobación para determinar si la potencia de transmisión utilizada para transmitir el paquete de solicitud de unión a la red era la potencia de transmisión más baja utilizada para obtener un tiempo de adquisición de una red similar. Debe tenerse en cuenta que el tiempo de adquisición de una red similar cubre
10 diferentes, y arbitrarios, grados de granularidad. En algunas aplicaciones, el tiempo de adquisición de la red se puede definir en los límites de milisegundos. En otras aplicaciones, límites de cinco segundos, o incluso 30 segundos, serían más apropiados. Si la potencia de transmisión fue la más baja que obtiene un tiempo de adquisición de red similar, la ejecución pasa a la etapa 413, donde se reserva la configuración de energía, y desde allí la ejecución
15 pasa a la etapa 415. Del mismo modo, en la etapa 409, si la potencia de transmisión utilizada para transmitir el anterior paquete de solicitud de unión a la red no fue enviada con la potencia de transmisión más baja para un tiempo de adquisición de red similar, la ejecución pasa directamente a la etapa 415, donde se hace una comparación entre el tiempo de adquisición de la red y una referencia predefinida de la potencia requerida para
20 determinar si el tiempo de adquisición de la red se considera aceptable. Esta comprobación puede implicar una comparación con un número absoluto; es decir, un período de tiempo menor de 50 segundos se considera aceptable. Alternativamente, esta verificación podría incluir una comparación de los valores de tiempo/milivatios almacenados; es decir, si un valor anterior obtuvo un tiempo de adquisición de la red de 60 segundos con una potencia
25 de transmisión de 250 milivatios, y un intento posterior obtiene un tiempo de adquisición de la red de 50 segundos con una potencia de transmisión de 300 milivatios, el ahorro de diez segundos pueden o no pueden ser considerados un beneficio aceptable para el coste de 50 milivatios de potencia de transmisión en función de la configuración individual del nodo de red potencial estacionario. Si el tiempo de adquisición de la red no se considera aceptable,
30 la ejecución pasa a la etapa 410, donde se realiza la ejecución como se describió anteriormente.

Sin embargo, si en la etapa 415 el tiempo de adquisición de la red se considera aceptable, la ejecución pasa a la etapa 417. En la etapa 417 se realiza una comprobación para
35 determinar si la potencia de transmisión utilizada para transmitir el anterior paquete de solicitud de unión a la red era la potencia de transmisión más baja utilizada para obtener el

mismo número de nodos de comunicación. Si es así, la ejecución pasa a la etapa 418, donde se reserva la configuración de energía. La ejecución entonces pasa a la etapa 419.

5 Del mismo modo, si en la etapa 417 la configuración de energía utilizada para transmitir el anterior paquete de solicitud de unión a la red no era la configuración de energía más baja que obtuvo el mismo número de nodos de comunicación, la ejecución pasa a la etapa 419. En la etapa 419, se hace una comparación entre el número de nodos de comunicación y una referencia predefinida de potencia para determinar si la comunicación se ha logrado con el número de nodos que se consideren necesarios para un enrutamiento robusto. Esta
10 comprobación puede implicar, por ejemplo, una comparación entre el número de nodos de comunicación y un nivel absoluto. Del mismo modo, la comprobación puede implicar una comparación entre un indicador derivado basado en intentos previos de unión a la red. Por ejemplo, un intento previo de unión a la red con una potencia de transmisión de 250 milivatios resultantes en un nodo de comunicación podría ser utilizado para obtener una
15 referencia predefinida de la potencia requerida. Un intento presente de unión a la red con una potencia de transmisión de 300 milivatios resultantes en cuatro nodos de comunicación se compara con la referencia de potencia obtenida, y dependiendo de la importancia relativa de la potencia de transmisión en comparación con la robustez de comunicación adicional conseguida con tres nodos de comunicación adicionales, se tomaría una decisión en cuanto
20 a si se justifica el aumento progresivo de la potencia de transmisión. Si no, la ejecución pasa a la etapa 422, donde se realiza una comprobación para determinar si una configuración de energía anterior proporciona un mejor compromiso entre la potencia de transmisión y el número de nodos de comunicación. Si una configuración de energía anterior proporciona una mejor solución de compromiso, entonces la ejecución pasa a la etapa 420, donde se
25 restaura la configuración de energía anterior. Sin embargo, si no hay un ajuste de la energía anterior que proporcione una mejor solución de compromiso, entonces la ejecución pasa a la etapa 408, donde se realiza una comprobación para determinar si el último ajuste de la energía realmente proporciona algunos nodos de comunicación. Si es así, la ejecución pasa a la etapa 410, donde la ejecución procede como se describe anteriormente.

30

Volviendo a la etapa 419, si la comunicación se ha logrado con un número suficiente de nodos para un enrutamiento robusto, la ejecución pasa a la etapa 416, donde el nodo de la red potencial estacionaria se une a la red, como en el procedimiento descrito anteriormente.

35 Un número de variaciones del procedimiento anterior de adquisición de la red también se contemplan dentro del ámbito de esta descripción. Una variación simple sería para el nodo

de red estacionario potencial, reevaluando sólo sus niveles de potencia de transmisión periódicamente, tal como una vez por hora, día, etc., o según se requiera; es decir, cuando un nivel de potencia de transmisión previamente funcional ya no permite comunicaciones.

Otras mejoras a un sistema de este tipo serían que el nodo de red estacionario potencial reserve múltiples niveles de transmisión de energía; es decir, uno que permita las comunicaciones con un único nodo de red, y uno que permita un enrutamiento robusto a través de múltiples nodos de red. El primer nivel de potencia de transmisión podría ser utilizado para las comunicaciones normales, mientras que el segundo podría ser utilizado para comunicaciones de mayor prioridad o urgentes. En una mejora, el sistema puede reservar los niveles de transmisión de energía; es decir, los niveles que proporcionan comunicaciones con un número aceptable de nodos de red, y utilizan el nivel de transmisión de energía reservado como el primer nivel de transmisión intentado, tal como en las etapas 304 ó 404 de las figuras 7 y 10A.

Además, el nodo de red potencial estacionario reevalúa sólo sus niveles de potencia de transmisión de acuerdo con el tráfico de red existente. En una realización, el nodo de red potencial estacionario puede monitorizar las comunicaciones, y sólo reevaluar sus niveles de potencia de transmisión durante los períodos de no comunicaciones. Las fuentes de energía disponibles son también una consideración en las transmisiones de radio. En otra realización, por lo tanto, el nodo de red potencial estacionario puede incluir múltiples fuentes de energía tales como, por ejemplo, una fuente de alimentación parasitaria y una fuente de alimentación continua (tal como una batería). Debido a que la batería puede tener una vida útil limitada, el nodo de red potencial estacionario puede configurarse para conservar la batería. En consecuencia, el nodo de red potencial puede estar configurado sólo para volver a evaluar sus niveles de potencia de transmisión, cuando hay suficiente energía disponible desde la fuente de alimentación parásita. En otras realizaciones, el nodo de red potencial estacionario puede estar configurado sólo para volver a evaluar sus niveles de potencia de transmisión cuando hay suficiente energía disponible a partir de una fuente de alimentación intermitente y/o cuando hay disponible energía suficiente de una fuente de alimentación recargable.

Por consiguiente, la figura 7 presenta un procedimiento que determina la potencia de transmisión mínima que un nodo requiere para comunicarse con una red, mientras que la figura 10 presenta un procedimiento más flexible que determina un nivel de energía, utilizando una referencia predefinida de la potencia requerida determinada por un usuario, que proporciona una comunicación robusta con una red. Sin embargo, en ciertas

situaciones, el ahorro de energía puede ser secundario al ejercer todos los esfuerzos posibles para transmitir un mensaje. Por ejemplo, cuando un indicador de fallos en un circuito detecta un desplazamiento, necesita comunicar el mensaje tan rápida y fiablemente como sea posible al resto de la red. En tal situación, la potencia de transmisión máxima se puede utilizar para asegurar que el mensaje urgente se comunica tan rápidamente como sea posible.

La figura 11 presenta un procedimiento mediante el cual un nodo de red estacionario alimentado con baterías puede determinar a qué configuración de energía se envía un mensaje. En la etapa 432, el nodo de red estacionario alimentado con baterías comprueba si puede comunicar con su red diana. Si no, el procedimiento sale en la etapa 440. Sin embargo, si el nodo de red estacionario se puede comunicar con la red diana, se determina si el presente mensaje es urgente en la etapa 434. Si no es así, la ejecución pasa a la etapa 436, donde se envía el mensaje con la configuración de energía estándar, lo que puede determinarse utilizando, por ejemplo, los procedimientos de las figuras 7 ó 10. Volviendo a la etapa 434, si el mensaje a enviar es urgente, la ejecución pasa a la etapa 438, donde se envía el mensaje con la máxima potencia de transmisión.

Otra mejora que se puede hacer sería variar la configuración de la energía en función de la fuente de alimentación. Por ejemplo, cuando el nodo de red estacionario es alimentado por una batería, puede utilizarse la configuración de energía estándar, tal como se deriva, por ejemplo, del procedimiento de la figura 7 o del procedimiento de la figura 10. Sin embargo, cuando el nodo de red estacionario está utilizando una fuente de alimentación diferente, tal como una fuente de energía parasitaria, por ejemplo, alimentación de línea, o una fuente de alimentación renovable, por ejemplo, energía solar, se puede utilizar la potencia máxima disponible.

La figura 12 presenta un procedimiento mediante el cual un nodo de red estacionario puede determinar en qué configuración de potencia ha de enviar un mensaje basado en la fuente de alimentación que se está usando en un momento particular. En la etapa 452, el nodo de red estacionario determina si puede comunicarse con la red de destino. Si no, el procedimiento falla y sale en la etapa 460. Sin embargo, si el nodo de red estacionario se puede comunicar con la red diana, la ejecución pasa a la etapa 454, donde el nodo determina si se está comunicando usando energía de la batería. Si es así, la ejecución pasa a la etapa 456, donde se envía el mensaje utilizando la configuración de potencia estándar, tal como se determina mediante, por ejemplo, el procedimiento de la figura 7 o el

procedimiento de la figura 10. Volviendo a la etapa 454, si el nodo de red estacionario no está operando con la energía de la batería, entonces se envía el mensaje utilizando la máxima potencia en la etapa 458.

- 5 La descripción anterior se ha presentado para propósitos de ilustración, y no pretende ser exhaustiva o limitar la cobertura de las reivindicaciones adjuntas a la forma precisa divulgada. La descripción fue ideada para explicar mejor a las personas expertas en la técnica los principios del procedimiento de adquisición de red divulgado cuando se utiliza con nodos de red no estacionarios continuos, tales como indicadores de fallos en un circuito.
- 10 Es la intención que los inventores de esta divulgación reciban toda la amplitud permitida por la ley para las reivindicaciones adjuntas, que no deben ser limitadas por esta descripción.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento que opera dentro de un indicador de fallos en un circuito para su uso con una red de monitorización de energía, comprendiendo el indicador de fallos en un
5 circuito un microcontrolador y un temporizador controlado por el microcontrolador, **caracterizado porque** el procedimiento comprende las etapas de:
- i) inicializar una configuración de la potencia de transmisión;
 - ii) difundir un paquete de solicitud de unión a la red en la configuración de potencia de transmisión hacia una pluralidad de nodos de red;
 - 10 iii) arrancar el temporizador;
 - iv) esperar durante un período de tiempo máximo para la recepción de un paquete de confirmación de unión a la red desde un nodo de red perteneciente a la pluralidad de nodos de red;
 - v) incrementar la configuración de potencia de transmisión cuando transcurre el período de
15 tiempo máximo antes de la recepción del paquete de confirmación del nodo de red perteneciente a la pluralidad de nodos de red; y
 - vi) repetir las etapas ii - v hasta que se reciba el paquete de confirmación de unión a la red por el indicador de fallos del circuito.
- 20 2. El procedimiento de la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además las etapas de:
- vii) evaluar un paquete de mensajes; y
 - viii) cuando el paquete de mensajes no presenta información sobre fallos, enviar el mensaje en la configuración de la potencia de transmisión, y
 - 25 ix) cuando el paquete de mensaje presenta información sobre fallos, enviar el mensaje a una potencia superior a la de la configuración de potencia de transmisión.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además las etapas de:
- 30 vii) determinar el tipo de fuente de alimentación para el indicador de fallos en un circuito; y
 - viii) cuando la fuente de alimentación es una batería, enviar un paquete de mensajes en la configuración de la potencia de transmisión; y
 - ix) cuando la fuente de alimentación no es una batería, enviar un paquete de mensajes a una potencia superior a la de la configuración de potencia de transmisión.
- 35 4. El procedimiento de la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende además la

etapa de almacenar la configuración de potencia de transmisión una vez que se reciba la confirmación de unión a la red.

5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que la etapa de inicializar una configuración de potencia de transmisión, comprende la recuperación de la configuración de potencia de transmisión almacenada.

6. El procedimiento de la reivindicación 1, **caracterizado porque** el procedimiento se realiza solamente cuando la energía está disponible para el indicador de fallos en un circuito de uno seleccionado de un grupo que consiste en: una fuente de alimentación continua, una fuente de alimentación intermitente, una fuente de alimentación recargable, y combinaciones de las mismas.

7. Un indicador de fallos en un circuito para su uso con una red de monitorización de energía, **caracterizado porque** comprende:

- i) una antena;
- ii) un procesador de comunicación acoplado a la antena;
- iii) un microcontrolador acoplado al procesador de comunicación;
- iv) un temporizador controlado por el microcontrolador; y
- v) en el que el microcontrolador está adaptado para (1) inicializar una potencia de transmisión, (2) difundir un paquete de solicitud de unión a la red a una pluralidad de nodos de red, (3) iniciar el temporizador, (4) esperar a la recepción de un paquete de confirmación de uno de los nodos de red perteneciente a la pluralidad de nodos de red, (5) incrementar la potencia de transmisión cuando transcurre el período de tiempo máximo antes de la recepción del paquete de confirmación del nodo de red perteneciente a la pluralidad de nodos de red; , y (6) repetir 2 - 5 hasta que se reciba el paquete de confirmación de unión a la red por el indicador de fallos del circuito.

8. El indicador de fallos en un circuito de la reivindicación 7, **caracterizado porque** el microcontrolador está también adaptado para (7) evaluar un paquete de mensajes, y (8) cuando el paquete de mensajes no presenta información sobre fallos, enviar el paquete de mensajes en la configuración de la potencia de transmisión, y (9) cuando el paquete de mensajes presenta información sobre fallos, enviar el paquete de mensajes a una potencia superior a la de la configuración de potencia de transmisión.

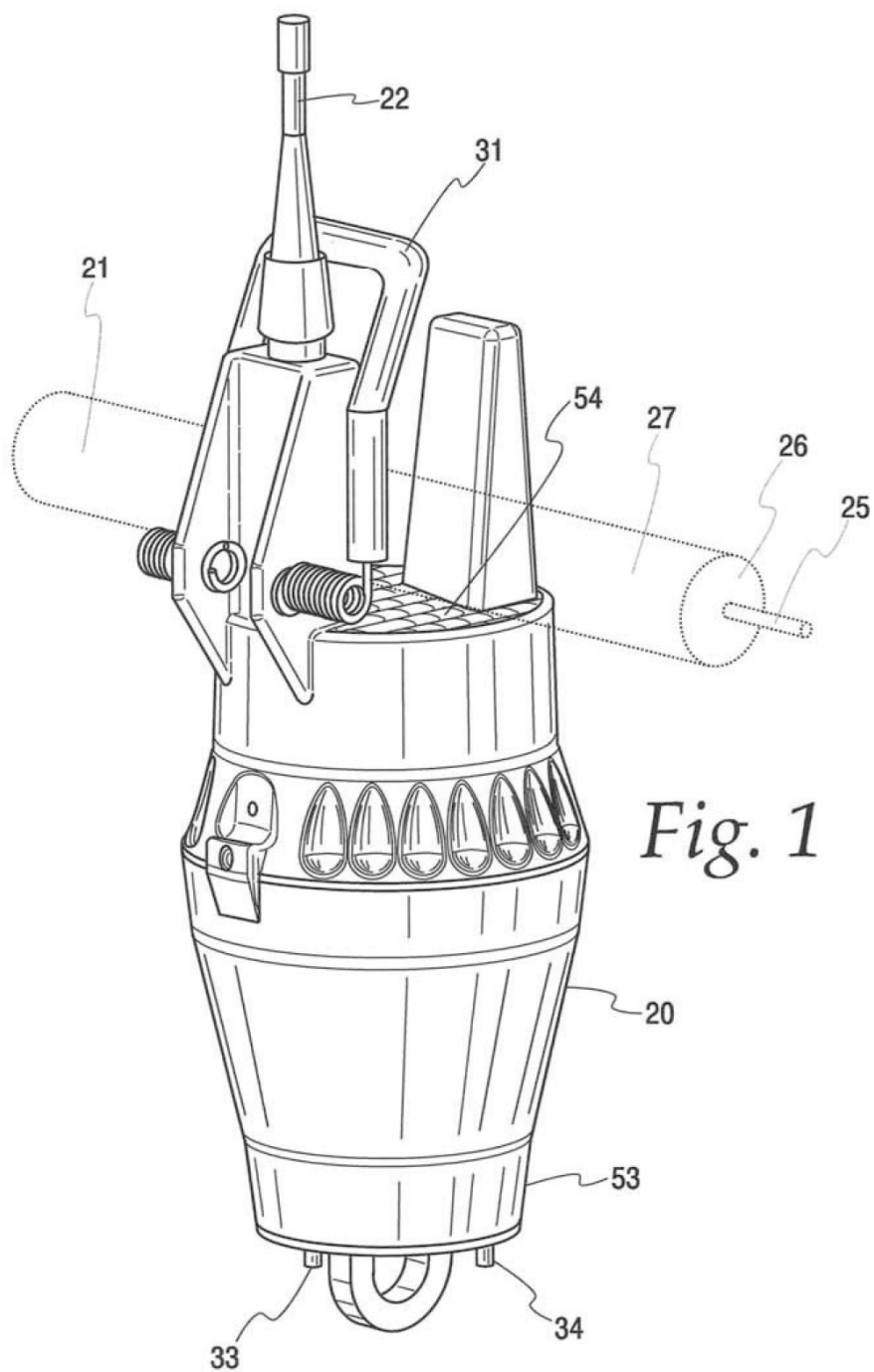
9. El indicador de fallos en un circuito de la reivindicación 7, **caracterizado porque**

comprende además una fuente de alimentación y en el que el microcontrolador está adaptado además para (7) determinar un tipo de fuente de alimentación para el indicador de fallos en un circuito; y (8) cuando el tipo de fuente de alimentación es una batería, enviar un paquete de mensajes en la configuración de la potencia de transmisión, y (9) cuando la
 5 fuente de alimentación no es una batería, enviar un paquete de mensajes a una potencia superior a la de la configuración de potencia de transmisión.

10. El indicador de fallos en un circuito de la reivindicación 7, **caracterizado porque** el microcontrolador está adaptado además para almacenar la configuración de potencia de
 10 transmisión una vez que se recibe la confirmación de unión a la red.

11. El indicador de fallos en un circuito de la reivindicación 7, **caracterizado porque** el microcontrolador está adaptado además para inicializar una configuración de potencia de transmisión que comprende recuperar la configuración de potencia de transmisión
 15 almacenada.

12. El indicador de fallos en un circuito de la reivindicación 7, **caracterizado porque** el microcontrolador está adaptado además para inicializar una configuración de la potencia de transmisión sólo cuando la energía está disponible para el indicador de fallos en un circuito
 20 de uno seleccionado de un grupo que consiste en: una fuente de alimentación continua, una fuente de alimentación intermitente, una fuente de alimentación recargable, y combinaciones de las mismas.



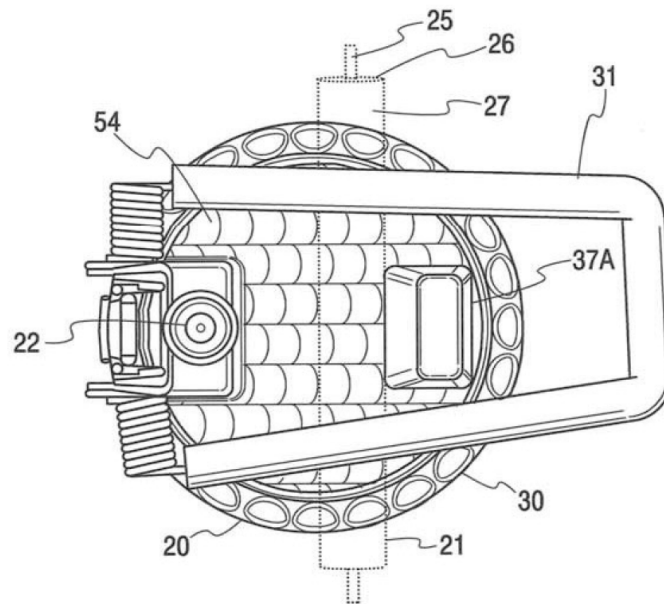


Fig. 2

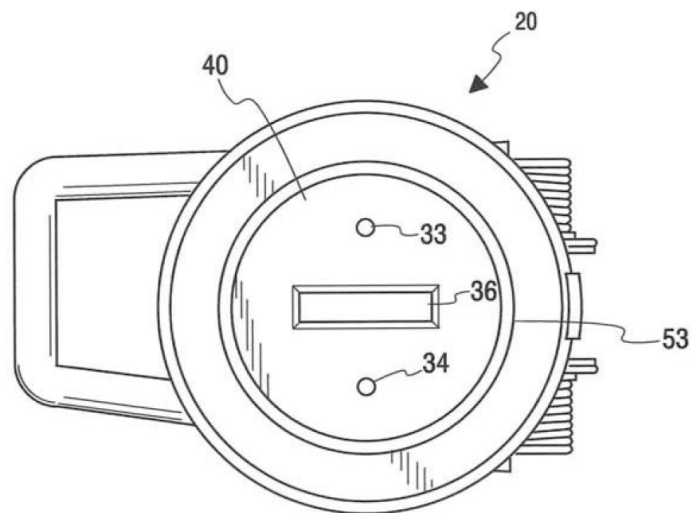


Fig. 3

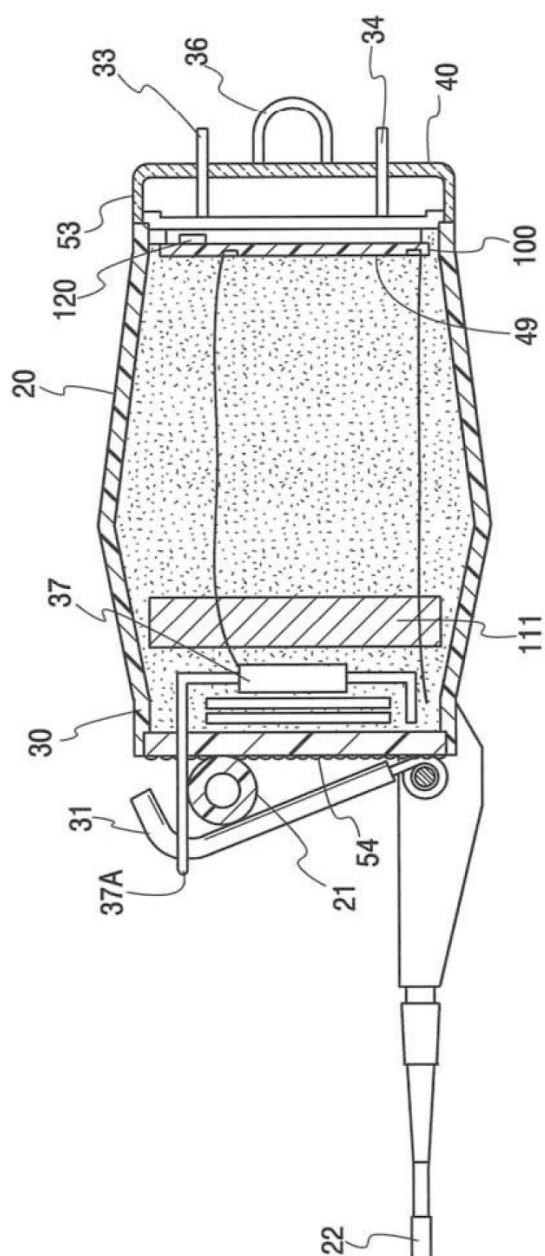
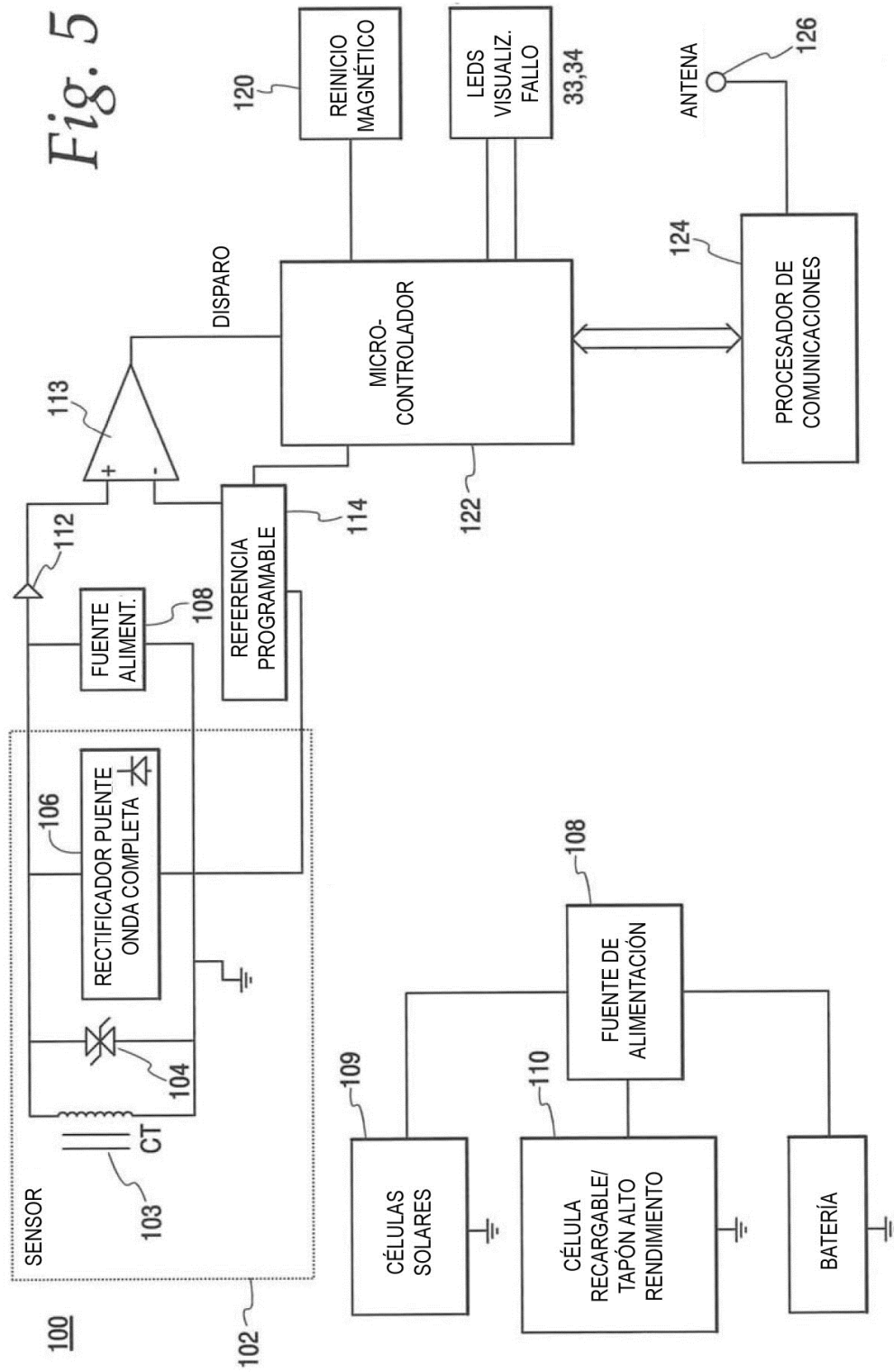
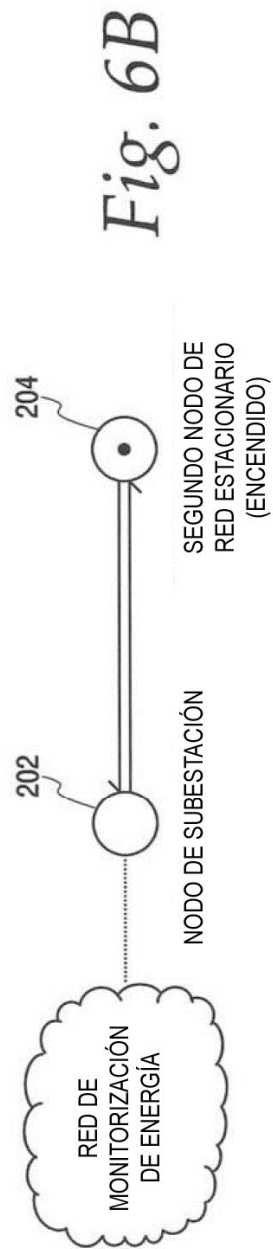
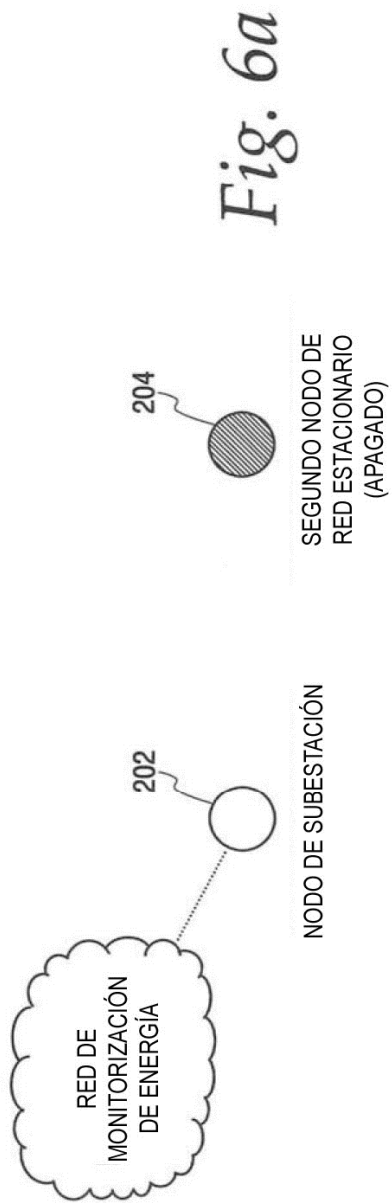


Fig. 4

Fig. 5





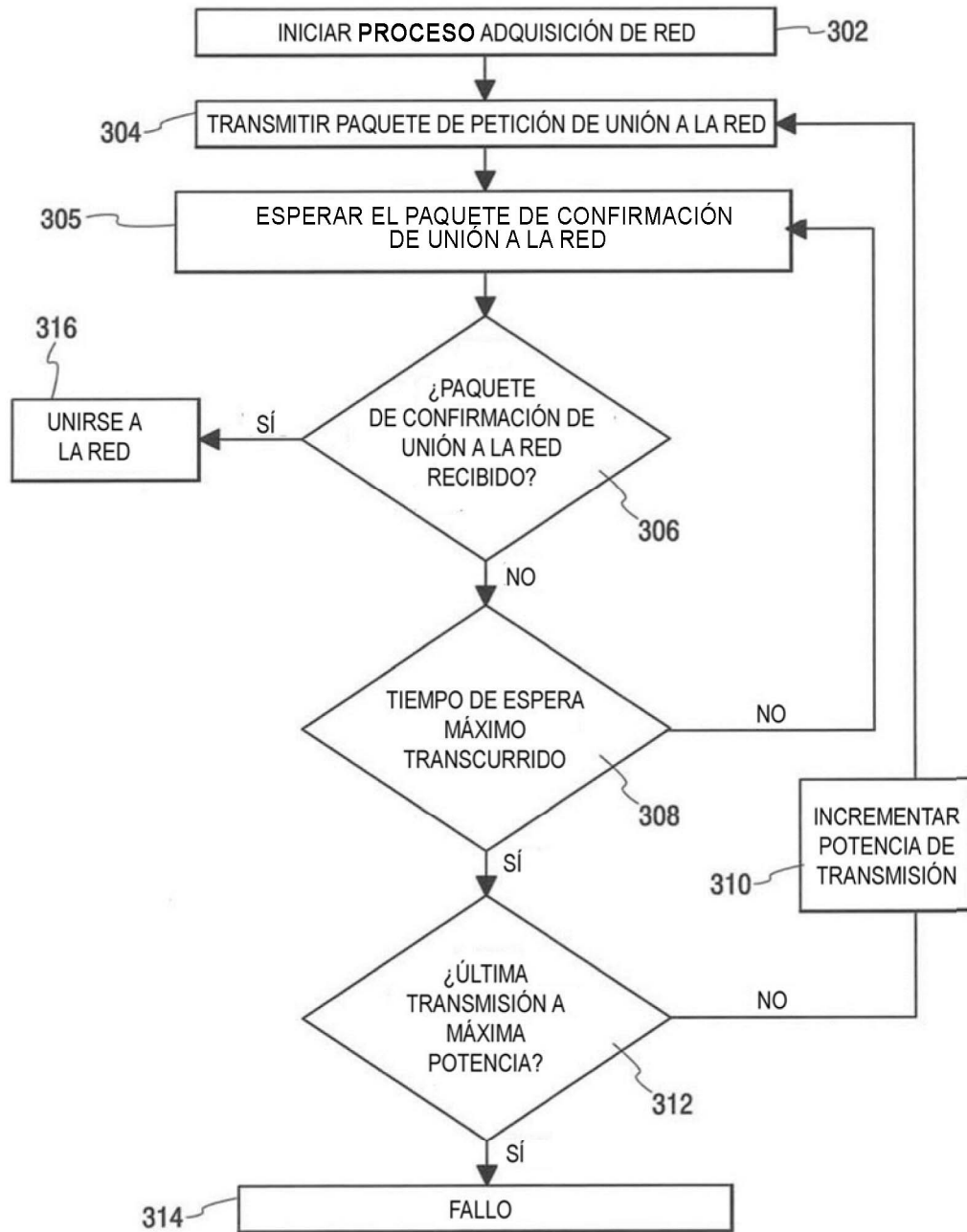


Fig. 7

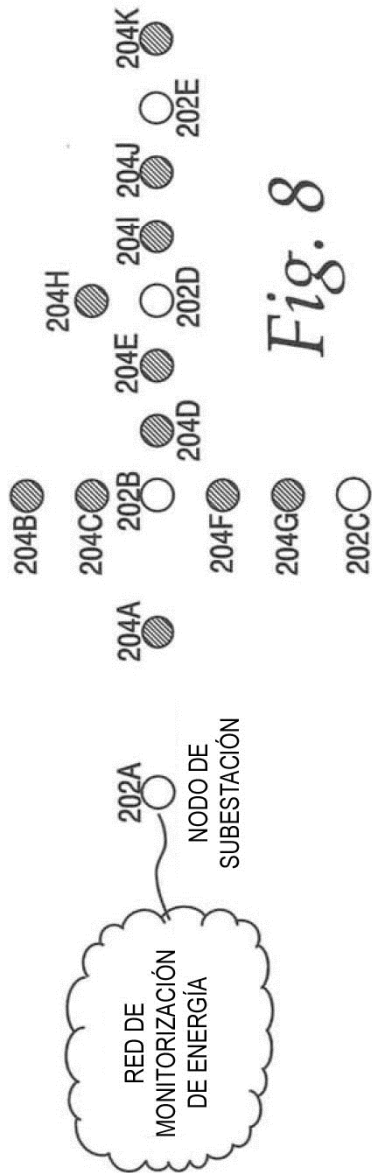


Fig. 8



Fig. 9B

Fig. 9A

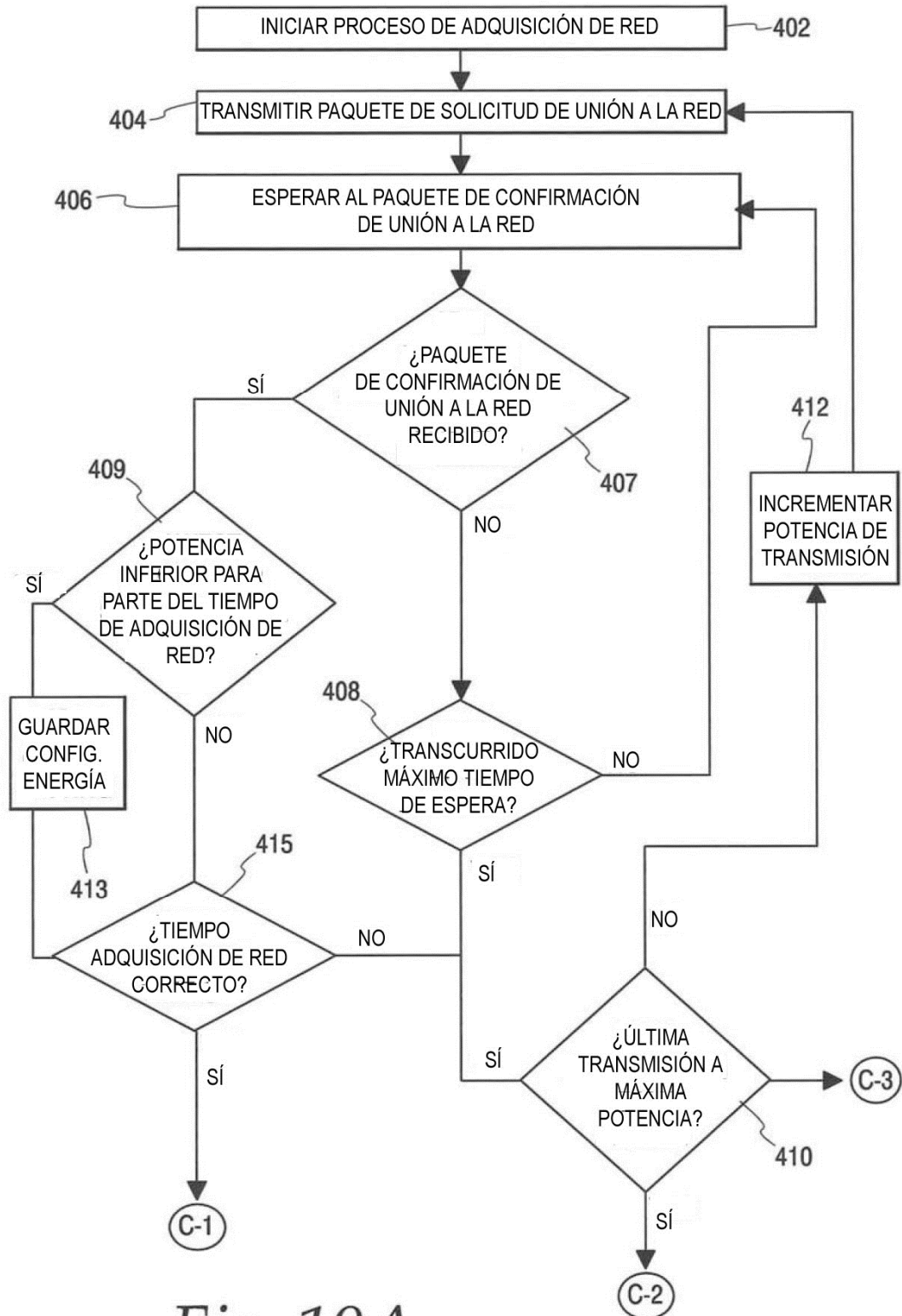


Fig. 10A

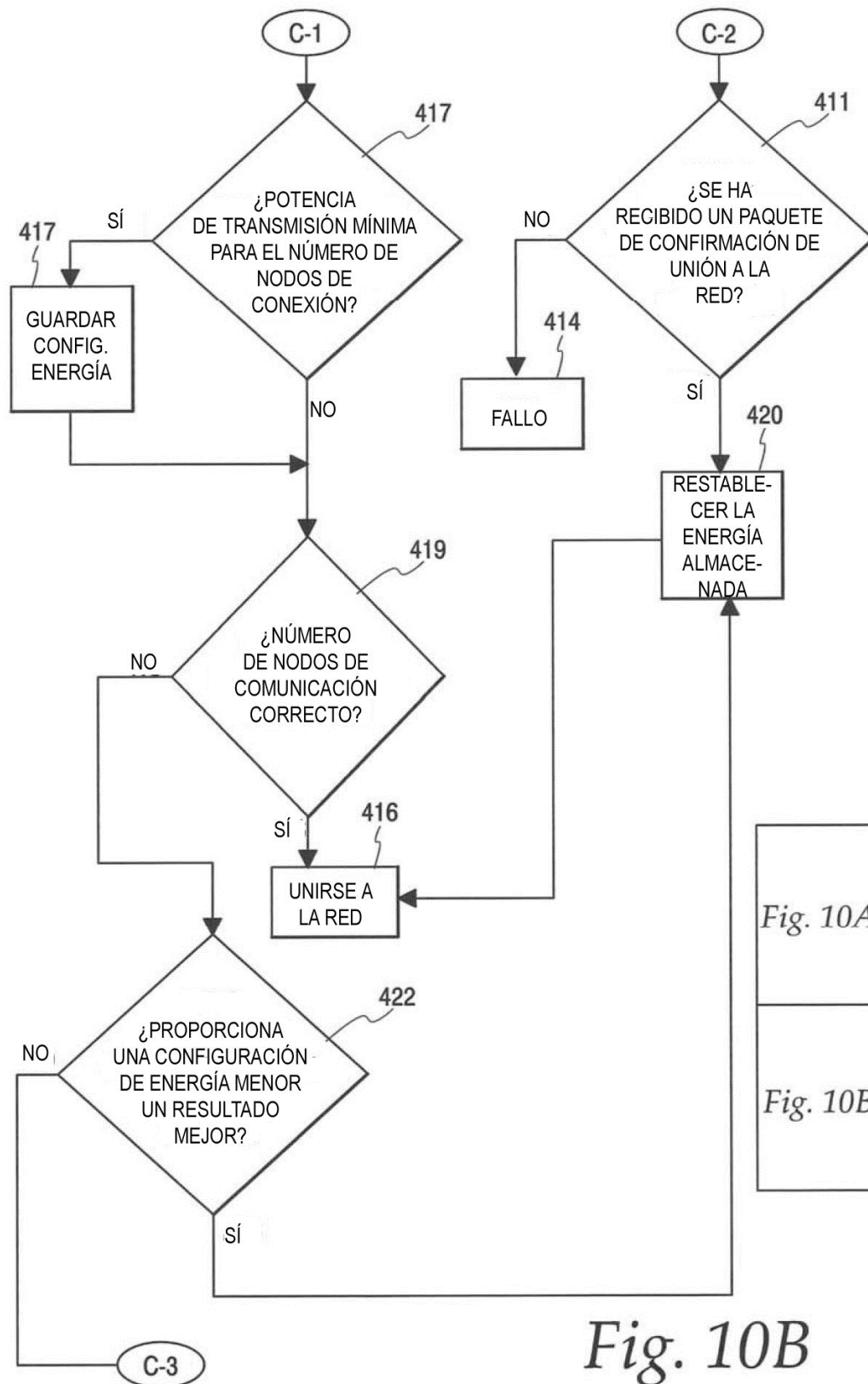


Fig. 10B

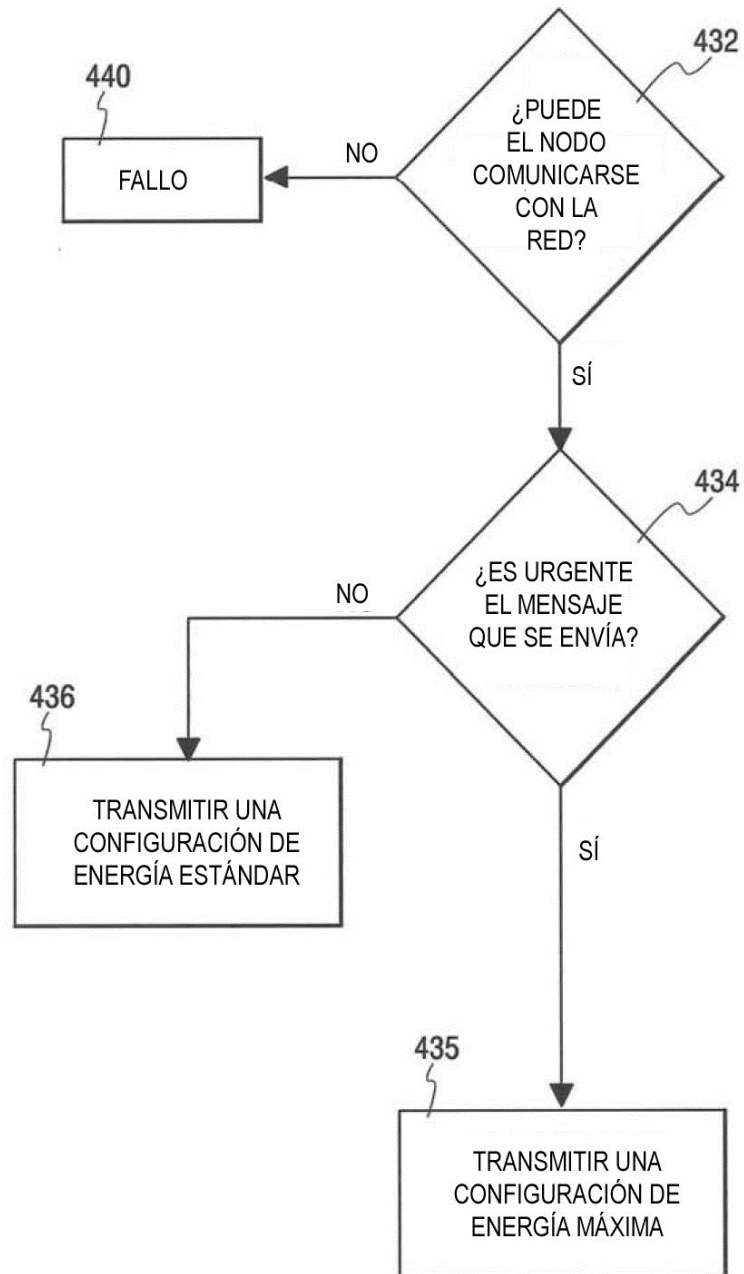


Fig. 11

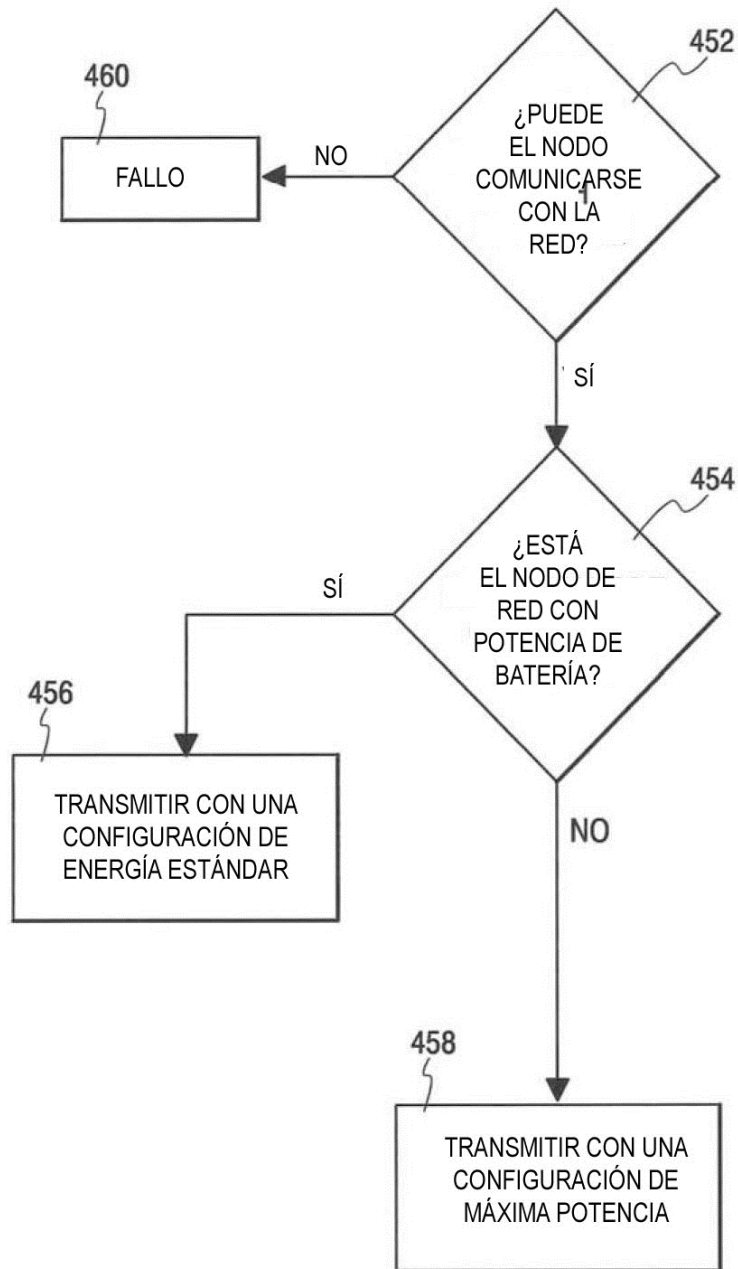


Fig. 12