

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 830**

51 Int. Cl.:

G01D 4/00 (2006.01)

H04L 29/08 (2006.01)

H04W 4/00 (2009.01)

H04L 1/18 (2006.01)

H04W 84/18 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.07.2013 PCT/US2013/051604**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.01.2014 WO14018493**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.07.2013 E 13823080 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017 EP 2877813**

54 Título: **Transmisión de datos dentro de una red de malla**

30 Prioridad:

24.07.2012 US 201213556270

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

17.10.2017

73 Titular/es:

**MUELLER INTERNATIONAL, LLC (100.0%)
1200 Abernathy Road, N.E., Suite 1200
Atlanta, GA 30328, US**

72 Inventor/es:

GRADY, ROBERT HENRY

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 637 830 T3

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

DESCRIPCIÓN

Transmisión de datos dentro de una red de malla

Antecedentes

5 Habitualmente, los contadores de servicios públicos (por ejemplo, contadores de gas, contadores de agua, contadores de electricidad, etc.) son leídos manualmente por lectores de contadores que son empleados o contratistas de los diversos proveedores de servicios públicos. La lectura manual del contador representa un coste importante para un proveedor de servicios públicos habitual. Sin embargo, con la aparición de la tecnología inalámbrica que incluye redes de malla, los proveedores de servicios públicos han buscado métodos y sistemas para la lectura remota de contadores de agua e incluso el control remoto de las válvulas de suministro de agua.

10 La Infraestructura de Medición Avanzada (AMI – Advanced Metering Infrastructure, en inglés) o la Gestión avanzada de mediciones (AMM – Advanced Metering Management, en inglés) incluye sistemas que miden, recogen y analizan datos de servicios públicos utilizando dispositivos avanzados de medición, tales como contadores de agua, contadores de gas y contadores de electricidad avanzados. Además de medir los diversos servicios públicos, los dispositivos de medición avanzados también están configurados con circuitos de comunicación, permitiendo que los dispositivos de medición transmitan y reciban datos a través de una red AMI. En una configuración habitual, un dispositivo de medición avanzado (por ejemplo, un contador de agua avanzado) mide y recoge datos de utilización (por ejemplo, datos de utilización de agua) en la ubicación de un cliente. El dispositivo de medición utiliza, a continuación, una interfaz de comunicación para transmitir datos a un nodo padre en sentido ascendente a través de la jerarquía de la red de malla, a menudo en respuesta a la solicitud de dicha información por parte del nodo padre. Los datos del contador pueden ser transmitidos en última instancia por la red de malla a un colector asociado con el proveedor de servicios públicos. De este modo, los proveedores de servicios públicos pueden "leer" de forma remota los datos de utilización del cliente, con fines de facturación.

25 Los componentes de transmisión y recepción de la red de malla (es decir, proveedor de servicios públicos, nodos, contadores, etc.) pueden comunicarse utilizando la transmisión por radiofrecuencia (RF). No obstante, algunos entornos pueden incluir una gran cantidad de ruido electromagnético o una gran cantidad de tráfico de comunicación, haciendo que las comunicaciones entre dispositivos sean más difíciles. Por lo tanto, existe la necesidad de sistemas más robustos, capaces de funcionar en condiciones menos que perfectas, tal como en entornos de tráfico elevado o entornos ruidosos.

30 El documento US 2010/0232369 A1 describe un nodo de comunicación de datos dentro de una red de malla, en la que el nodo de comunicación de datos comprende un controlador de radiofrecuencia configurado para transmitir señales de radiofrecuencia a través de una antena a un dispositivo remoto, y recibir señales de radiofrecuencia desde el dispositivo remoto a través de la antena, en el que el nodo de comunicación de datos comprende un dispositivo de temporización, en el que el dispositivo de temporización está configurado para generar una serie de señales de temporización para sincronizar el nodo de comunicación de datos con el dispositivo remoto, en el que el nodo de comunicación de datos comprende un dispositivo de memoria configurado para almacenar una tabla de canales de frecuencia, y en el que el nodo de comunicación de datos comprende un módulo de transmisión configurado para reenviar información relativa a un primer paquete de datos al controlador de radiofrecuencia para su transmisión a través de un primer canal de radiofrecuencia de la secuencia predeterminada de canales de frecuencia al dispositivo remoto durante un primer periodo de tiempo de la serie de periodos de tiempo secuenciales.

40 **Compendio**

La presente descripción se refiere, en general, a redes de malla y, más específicamente, a sistemas y métodos para transmitir datos dentro de las redes de malla. Según una implementación, un nodo de comunicación dentro de una red de malla comprende un controlador de radiofrecuencia (RF) configurado para transmitir señales de RF a través de una antena a un dispositivo remoto y recibir señales de RF desde el dispositivo remoto a través de la antena. El nodo comprende, además, un dispositivo de temporización configurado para establecer una serie de periodos de tiempo secuenciales, en los que cada periodo de tiempo tiene una hora de inicio y una hora de finalización en sincronización con periodos de tiempo secuenciales correspondientes del dispositivo remoto. El nodo incluye asimismo un dispositivo de memoria configurado para almacenar una tabla de canales de frecuencia que enumeran una secuencia predeterminada de canales de frecuencia, en el que la tabla de canales de frecuencia también se almacena en el dispositivo remoto. Además, el nodo comprende un módulo de transmisión configurado para reenviar información relativa a un primer paquete de datos al controlador de RF para su transmisión a través de un primer canal de frecuencia de la secuencia predeterminada de canales de frecuencia al dispositivo remoto durante un primer periodo de tiempo de la serie de periodos secuenciales.

55 Diversas implementaciones descritas en la presente descripción pueden incluir sistemas, métodos, características y ventajas adicionales que no necesariamente se pueden expresar expresamente en la presente memoria, pero que serán evidentes para un experto en la técnica tras el examen de la siguiente descripción detallada y los dibujos adjuntos. Se pretende que todos estos sistemas, métodos, características y ventajas estén incluidos dentro de la presente descripción y protegidos por las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Las características y componentes de las siguientes figuras se ilustran para poner de relieve los principios generales de la presente descripción. Las características y componentes correspondientes en las figuras pueden ser designados por caracteres de referencia coincidentes por motivos de coherencia y claridad.

5 La figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra una red de malla AMI según diversas implementaciones de la presente descripción.

La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un nodo incluido en una red de malla según diversas implementaciones de la presente descripción.

10 La figura 3 es un diagrama de tiempos que ilustra un periodo de temporización para la transmisión de paquetes de datos en una red de malla según diversas implementaciones de la presente descripción.

La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un método de una sesión de transmisión de datos global dentro de una red de malla según diversas implementaciones de la presente descripción.

La figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método para transmitir datos dentro de una red de malla según diversas implementaciones de la presente descripción.

15 La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un método para recibir datos dentro de una red de malla según diversas implementaciones de la presente descripción.

Descripción detallada

20 La presente descripción describe sistemas y métodos para comunicar información dentro de una red de malla. Las redes de malla y los dispositivos de la red de malla pueden utilizarse con los sistemas de Infraestructura de medición avanzada (AMI) para medir los datos de los servicios públicos en múltiples ubicaciones y comunicar las lecturas a un proveedor de servicios públicos. En respuesta a la recepción de los datos de los servicios públicos, el proveedor de servicios puede determinar la información de facturación para sus clientes. Las mediciones de los servicios públicos pueden ser realizadas mediante varios tipos de contadores, tales como contadores eléctricos, contadores de agua, contadores de gas, etc. En las redes de malla, los contadores están configurados para transmitir sus lecturas al proveedor de servicios públicos de una manera directa o a través de uno o más nodos. Dado que los contadores pueden estar ampliamente dispersos en una región, a menudo requieren nodos intermedios para enviar la información al proveedor de servicios públicos.

30 Aunque la presente descripción se refiere a las redes en malla, como reconocerán personas no expertas en la técnica, la presente descripción también se puede utilizar en otros tipos de entornos de interconexión. Dentro de una red de malla, los nodos "padre" y "hijo" tienen una relación predefinida basada en la jerarquía. Aunque la presente descripción describe relaciones de un solo padre con múltiples hijos, debe entenderse que pueden existir múltiples padres dentro de la misma red. Además, un hijo puede tener múltiples padres, o un solo padre puede ser emparejado con un solo hijo. Como ejemplo, los nodos hijos pueden representar los contadores de servicios públicos de los clientes individuales, mientras que un nodo padre puede representar un dispositivo de recogida de datos, responsable en primer lugar de recoger datos y enviar datos a cada dispositivo hijo.

35 Tal como se utiliza en la presente memoria, un dispositivo "maestro" es un dispositivo que intenta enviar datos a otro dispositivo. Un dispositivo "esclavo" es un dispositivo de destino al que el maestro está intentando enviar los datos. Un dispositivo maestro puede ser un padre o un hijo. Tal como se utiliza en la presente memoria, los nodos "padre" e "hijo" no deben confundirse con dispositivos "maestros" y "esclavos"

40 Según las implementaciones descritas en la presente memoria, se proporcionan sistemas y métodos para comunicar datos entre nodos de una red de malla. Después de las etapas preliminares para enlazar dos nodos entre sí, tal como despertar dispositivos de varios tipos de modos de desactivación y sincronizar los aspectos de temporización de los dispositivos, los nodos pueden comenzar a comunicar datos entre sí. Un objeto de la presente descripción es ahorrar la batería de los nodos en la red de malla que funcionan con la energía de la batería. Los nodos intentan transmitir datos a través de un número de canales diferentes si es necesario. No obstante, los intentos fallidos en un canal se repiten en otro canal, pero solo hasta cierto límite antes de que se determine que el entorno es demasiado ruidoso.

50 La figura 1 es un diagrama de bloques que muestra una realización de una red de malla 10 (tal como una red de malla AMI) en una configuración jerárquica. La configuración de componentes de la red de malla 10 mostrada en la figura 1 es meramente una realización, y se pueden utilizar dispositivos adicionales o configuraciones alternativas. Aunque la red de malla 10 puede estar habitualmente distribuida a través de una región geográfica, el diagrama de bloques de la figura 1 muestra una jerarquía para poner de relieve las relaciones padre / hijo entre los diversos componentes. Tal como se ilustra, la red de malla 10 incluye un proveedor de servicios 12, un primer nivel de nodos intermedios 14, un segundo nivel de nodos intermedios 16, un nivel más bajo de nodos intermedios 18 y contadores 20. En algunas realizaciones, los nodos intermedios pueden ser los propios contadores o pueden estar integrados o

conectados a contadores. Asimismo, los contadores 20 pueden actuar, además, como nodos intermedios a contadores adicionales. En algunas realizaciones, los nodos intermedios pueden configurarse como dispositivos independientes para ayudar en la transferencia de datos entre el proveedor de servicios públicos 12 y los contadores 20. La red de malla 10 puede incluir cualquier número de niveles X de nodos intermedios entre el proveedor de servicios públicos 12 y los contadores 20. El número de niveles entre los contadores 20 y el proveedor de servicios públicos 12 no es necesariamente el mismo para cada contador 20. Algunos de los nodos 14, 16, 18 pueden configurarse también como contadores y pueden tener capacidad tanto de medir datos de servicios públicos como de comunicarse con nodos y/o contadores de nivel inferior. En algunas realizaciones, los contadores 20 pueden actuar, además, como nodos, o incluso pueden convertirse en un nodo para los contadores hijos, cuando se añaden contadores adicionales a la red.

El proveedor de servicios públicos 12, que actúa como padre, se comunica directamente con los nodos intermedios 1.1, 1.2, 1.3, ... 1.a del primer nivel de nodos intermedios 14, que pueden definirse como nodos hijos con respecto al proveedor de servicios públicos 12. Cualquier número "a" de nodos intermedios 14 puede estar configurado en el primer nivel. Cada uno de los nodos intermedios 14 en el primer nivel puede configurarse como padre para uno o más nodos intermediarios 16 en el segundo nivel y comunicarse directamente con estos nodos intermedios 16. Los nodos intermedios 14 pueden incluir cualquier número "b" de nodos hijos 16. En este ejemplo, el nodo intermedio 1.2 del primer nivel de nodos 14 tiene nodos secundarios 2.1, 2.2, 2.3,... 2.b en el segundo nivel de nodos intermedios 16. Esta disposición continúa descendiendo por la jerarquía hasta el nivel más bajo de nodos intermedios 18, que puede incluir cualquier número "y" de nodos. El nodo X.2, por ejemplo, se ilustra con un número "z" de contadores 20, que están configurados como hijos del nodo X.2. Además, cada nodo hijo puede tener múltiples nodos padres; por ejemplo, el nodo 2.2 puede tener como sus nodos padre 1.1, 1.2 y 1.3.

El proveedor de servicios públicos 12, los nodos intermedios 14, 16, 18 y los contadores 20, según diversas implementaciones, pueden comprender la circuitería y funcionalidad para permitir la comunicación por radiofrecuencia (RF) entre los diversos componentes. Las líneas discontinuas representadas en la figura 1 pueden, por tanto, representar canales de comunicación RF entre los diferentes componentes. La comunicación inalámbrica entre los dispositivos 12, 14, 16, 18 y 20 puede estar activa durante algunos periodos de tiempo (cuando están conectados dos dispositivos respectivos) y puede estar inactiva durante otros periodos de tiempo (cuando los dispositivos no están conectados y/o están en modo inactivo). Alternativamente, cualquiera de los nodos puede conectarse entre sí a través de conexiones cableadas.

El proveedor de servicios públicos 12, o un servidor asociado con el proveedor de servicios públicos 12, pueden estar configurados para gestionar las relaciones entre los diversos nodos intermedios y contadores. En algunos casos, las relaciones padre / hijo pueden cambiarse según sea necesario para distribuir de manera más uniforme los nodos hijos entre los padres. El proveedor de servicios públicos 12 puede mantener una tabla de nodos hijos de cada nodo intermedio y los contadores asociados con los nodos intermedios de nivel más bajo 18 en una relación de hijo. En algunas realizaciones, los propios nodos intermedios pueden configurar y/o reconfigurar automáticamente sus propias relaciones padre / hijo entre sí.

Los despliegues de AMI existentes se basan en y utilizan redes de malla y dispositivos de la red de malla para transmitir y recibir datos entre nodos dentro de la red del proveedor de servicios públicos. Muchos de estos dispositivos emplean tecnología de espectro ensanchado con salto de frecuencia (FHSS, Frequency-Hopping Spread Spectrum, en inglés) en cumplimiento de las reglas y regulaciones de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC, Federal Communications Commission, en inglés), parte 15 (47 C.F.R . § 15). FHSS es un método para transmitir y recibir señales de radio conmutando rápidamente entre muchos canales de frecuencia utilizando una secuencia de canal pseudoaleatoria conocida por los dispositivos de transmisión y recepción. Después de transmitir datos en un canal, los dispositivos saltan al siguiente canal para la transmisión de más datos.

Los nodos intermedios 14, 16 y 18 pueden permanecer en modo inactivo hasta que un padre o un hijo relacionado desee comunicarse con el nodo. En este caso, se considera que el dispositivo que desea establecer comunicación con el nodo intermedio es el dispositivo maestro, y el propio nodo intermedio es el dispositivo esclavo. El dispositivo maestro envía una señal de alarma que, cuando se recibe, hace que el dispositivo esclavo se despierte del modo inactivo. Para sincronizar los dispositivos maestro y esclavo, el dispositivo maestro envía a continuación una señal de ping (comprobación de acceso al sitio) y el esclavo devuelve una señal de pong (respuesta a comprobación de acceso al sitio). Estas señales establecen características de sincronización de tiempo entre los dispositivos. Cuando se sincroniza, el dispositivo maestro puede transmitir datos al dispositivo esclavo.

Los componentes de la red de malla 10 están configurados para almacenar un conjunto de frecuencias del canal "de alerta" pseudoaleatorio predefinidas. En algunas realizaciones, el conjunto de frecuencias del canal de alerta incluye una secuencia de 50 o más canales de frecuencia que se establecen para algunos o todos los componentes de la red de malla 10. Cada dispositivo se sintoniza al canal apropiado del conjunto de frecuencias del canal de alerta basándose en un sistema reloj del sistema. De esta manera, cuando un dispositivo desea alertar a un dispositivo esclavo, ambos dispositivos estarán funcionando en el mismo canal. Además de los canales de alerta, la red de malla 10 incluye asimismo un conjunto de frecuencias del canal de "datos" pseudoaleatorio predefinido. Por ejemplo, el conjunto de frecuencias del canal de datos puede incluir asimismo 50 o más canales de frecuencia que se establecen para algunos o todos los componentes de la red de malla 10. Cuando un dispositivo maestro alerta a un

dispositivo esclavo y se sincroniza con el dispositivo esclavo, el dispositivo maestro puede a continuación transmitir datos sobre el conjunto de frecuencias del canal de datos pseudoaleatorio predefinidas establecidas en un orden predeterminado. Ambos dispositivos se sintonizan a los mismos canales del conjunto de frecuencias del canal de datos al mismo tiempo, para permitir la comunicación de datos.

- 5 Los canales de alerta y los canales de datos se seleccionan entre el ancho de banda industrial, científico y médico (ISM, Industrial, Scientific and Medical, en inglés) de 902 a 928 MHz. Un problema que puede ocurrir al intentar transmitir señales en esta banda de frecuencias es que se trata de una banda de frecuencias sin licencia compartida por otros dispositivos tales como abre puertas de garajes y monitores para bebés. Cuando están situados cerca de los nodos, estos dispositivos pueden causar interferencia a ciertas frecuencias. En una realización, se eligen cien (100) canales con una separación de canal mínima de 100 kHz cada uno. Cincuenta (50) de los canales pueden ser asignados al conjunto de frecuencias del canal de datos pseudoaleatorio y cincuenta (50) canales pueden ser asignados al conjunto de frecuencias del canal de alerta. Según diversas implementaciones, los canales de datos pueden ser diferentes, pueden ser todos iguales o pueden incluir un subconjunto de canales que son los mismos que los canales de alerta. En algunas realizaciones, puede utilizarse una separación diferente de canales, un número diferente de canales totales, un número diferente de canales de alerta, y/o un número diferente de canales de datos. Al enviar y recibir mensajes de datos, los dispositivos saltan a través de la frecuencia del canal de datos establecida para asegurar que, en promedio, todos los canales de datos se usen igualmente, según las reglas de la FCC. Después de que se utilice el último canal de frecuencia (por ejemplo, el canal quincuagésimo), el dispositivo vuelve a saltar al primer canal de frecuencia de la lista y continúa por la lista tantas veces como sea necesario.
- 10
- 15
- 20 Un conjunto no limitativo de 50 canales de datos a modo de ejemplo (que comienza con el canal de datos 0 y continúa hasta el canal de datos 49) incluye las siguientes frecuencias:

Canal	Frecuencia	Canal	Frecuencia	Canal	Frecuencia	Canal	Frecuencia
0	922,94 MHz	1	922,1 MHz	2	923,78 MHz	3	922,46 MHz
4	926,9MHz	5	927,26 MHz	6	922,82 MHz	7	923,3 MHz
8	927,86MHz	9	927,5 MHz	10	923,9 MHz	11	926,42 MHz
12	925,46 MHz	13	927,38 MHz	14	926,3 MHz	15	925,7 MHz
16	925,1 MHz	17	926,18 MHz	18	925,94 MHz	19	924,02 MHz
20	927,98 MHz	21	926,66 MHz	22	924,98 MHz	23	927,62 MHz
24	924,74 MHz	25	925,22 MHz	26	925,34 MHz	27	924,62 MHz
28	924,5 MHz	29	926,54 MHz	30	924,14 MHz	31	923,66 MHz
32	925,58 MHz	33	922,22 MHz	34	924,26 MHz	35	927,02 MHz
36	922,34 MHz	37	926,06 MHz	38	926,78 MHz	39	923,42 MHz
40	927,74 MHz	41	924,86 MHz	42	924,38 MHz	43	922,7 MHz
44	922,58 MHz	45	925,82 MHz	46	923,54 MHz	47	927,14 MHz
48	923,18 MHz	49	923,06 MHz				

- Según diversas implementaciones, el conjunto de frecuencias del canal de datos puede ser único para cada nodo dentro del sistema, o el conjunto de frecuencias del canal de datos puede ser el mismo o contener una parte de los mismos canales de frecuencia para cada nodo. Con respecto a realizaciones en las que no todos los canales de frecuencia de datos son los mismos, cada nodo puede incluir un "IDdenodo" que lo identifica dentro de la red de malla 10. Un dispositivo que desea enviar una comunicación a un dispositivo de destino utiliza el "IDdenodo" del dispositivo objetivo para identificar el conjunto de frecuencias del canal de alerta correcto y la frecuencia del canal de datos configurada para ser utilizada para ese dispositivo de destino concreto. El "IDdenodo" puede ser una cadena alfanumérica asociada con y única para un dispositivo.
- 25
- 30

La figura 2 es un diagrama de bloques que muestra una realización del nodo 30 configurado para comunicar datos dentro de una red de malla. Por ejemplo, el nodo 30 puede representar cualquiera de los nodos 14, 16, 18 o cualquiera de los contadores 20 mostrados en la figura 1. Cada uno de los elementos del nodo 30 se puede configurar en hardware, software y/o firmware, tal como será evidente para un experto en la técnica. En la realización de la figura 2, el nodo 30 incluye una antena 32, un controlador de radiofrecuencia (RF) 34, un módulo de recepción 36, un módulo de transmisión 38, una memoria 40, un módulo de procesamiento de señal de acuse de

35

recibo 42, un módulo de gestión de ID de paquete 44 y un módulo de temporización 46. El nodo 30 puede incluir asimismo un dispositivo de procesamiento (no mostrado) para gestionar los diversos componentes y sus funciones. Concretamente, los diversos componentes pueden tener múltiples funciones, en donde algunas funciones pueden ser aplicables cuando el nodo 30 está configurado como un dispositivo maestro, y donde otras funciones pueden ser aplicables cuando el nodo 30 está configurado como un dispositivo esclavo. Es decir, el nodo 30 puede actuar como un dispositivo maestro en algunas ocasiones y como un dispositivo esclavo en otras ocasiones, dependiendo de la aplicación y/o dirección concreta del flujo de datos.

La memoria 40 está configurada para almacenar datos, que pueden dividirse en paquetes de datos de aproximadamente 100 bytes cada uno. Las transferencias de datos entre nodos pueden incluir desde aproximadamente un paquete de datos hasta aproximadamente 1200 paquetes de datos. Con el fin de almacenar 1200 paquetes de datos, la memoria 40 será capaz de almacenar al menos 120 kilobytes de datos. Además, la memoria 40 está configurada asimismo para almacenar la tabla de canales de frecuencia de recepción y la tabla de canales de frecuencia de datos que incluye la secuencia de canales de frecuencia sobre la que se transfieren las señales de alerta y los datos.

El controlador de RF 34 puede estar configurado como un transceptor para ambas señales de recepción detectadas en la antena 32 y transmitir señales a través de la antena 32. El controlador de RF 34 puede incluir amplificadores u otro circuito de amplificación para amplificar las señales según sea necesario. El controlador de RF 34 envía señales que se reciben en la antena 32, al módulo de recepción 36. Las señales que están destinadas a ser transmitidas son enviadas desde el módulo de transmisión 38 al controlador de RF 34 para su transmisión a través de la antena 32.

Cuando el nodo 30 está inactivo, el dispositivo puede entrar en un modo de reposo y activarse periódicamente (por ejemplo, en un modo de activación parcial de baja potencia) para escuchar una señal de alerta procedente de un dispositivo maestro, que puede ser otro nodo dentro de la red de malla 10. Cuando se detecta una señal de alerta, el nodo 30 se activa completamente en un modo esclavo y escucha las señales de sincronización en el tiempo del dispositivo maestro. Después de que el nodo 30 recibe las señales de sincronización, el nodo 30 (como un dispositivo esclavo) y el dispositivo maestro podrán comunicarse en un modo de transmisión de datos. En el modo de transmisión de datos, el nodo 30 puede ser capaz de recibir paquetes de datos sobre una serie de canales de frecuencia de datos predeterminados durante periodos de temporización predeterminados.

En el modo esclavo, el nodo 30 recibe secuencialmente paquetes de datos, uno cada la vez. Los paquetes recibidos son reenviados al módulo de recepción 36, el cual está configurado para almacenar los paquetes de datos en un dispositivo de memoria (por ejemplo, la memoria 40). El módulo de recepción 36 notifica al módulo de procesamiento de señal de acuse de recibo 42 de que se han recibido datos. El módulo 42 de procesamiento de las señales de acuse de recibo está configurado para preparar una señal de acuse de recibo (por ejemplo, ACK) para ser transmitida de nuevo al dispositivo maestro para indicar que el paquete ha sido recibido. El módulo de recepción 36 está configurado asimismo para extraer un ID de paquete de las señales de datos y enviar el ID de paquete al módulo de procesamiento de la señal de acuse de recibo 42. El módulo de transmisión 38 recibe una indicación desde el módulo de procesamiento de la señal de acuse de recibo 42 de que una señal de acuse de recibo debe ser transmitida al dispositivo maestro, y también recibe el ID de paquete, que puede ser transmitido junto con la señal ACK.

El módulo de gestión del ID de paquete 44 realiza una comprobación, para determinar si el ID de paquete del paquete de datos recién recibido es el mismo ID de paquete que un paquete de datos recibido inmediatamente antes del paquete actual. La razón para realizar esta determinación se explica como sigue. El dispositivo maestro asigna un ID de paquete único a cada paquete de datos. Cuando el dispositivo maestro envía un paquete (junto con el ID de paquete correspondiente) pero no recibe una señal ACK a cambio, el dispositivo maestro envía de nuevo el mismo paquete a través del siguiente canal de frecuencia durante el siguiente periodo de tiempo. Puede haber varias razones por las que el maestro no recibe una señal ACK. El primero es que el dispositivo esclavo no recibió el paquete y, por lo tanto, nunca envió una señal ACK. La segunda razón es que el dispositivo esclavo puede haber recibido el paquete y haber respondido con la señal ACK, pero la señal ACK no fue recibida por el dispositivo maestro. Por lo tanto, en el caso de este segundo escenario en el que el dispositivo esclavo recibe un paquete de datos pero la señal ACK no llega al dispositivo maestro por la razón que sea, el módulo de gestión de ID de paquete 44 puede determinar que el ID de paquete es el mismo que el del paquete anterior. Tal determinación indica que hubo un error (desde el punto de vista del dispositivo maestro) y se intentó volver a transmitir en un canal diferente. Este error también puede ser observado por el dispositivo esclavo tal como se explica a continuación.

Dado que el dispositivo esclavo (es decir, el nodo 30) puede detectar los errores en base a la comparación del ID del paquete, el dispositivo esclavo puede contar cuándo ocurre un número de fallos consecutivos. Después de un número predeterminado de fallos consecutivos (por ejemplo, treinta fallos), el dispositivo maestro considerará que el enlace entre los dispositivos maestro y esclavo está muerto (es decir, la sesión de transmisión no tuvo éxito) y dejará de transmitir. Este escenario puede ocurrir en áreas de tráfico elevado, tales como un entorno urbano denso que tiene muchos dispositivos de interferencia posibles, tal como se mencionó anteriormente. Suponiendo una tasa de saltos de una vez cada 270 ms e intentos fallidos de transmitir un paquete de datos de treinta veces consecutivas sobre treinta frecuencias diferentes, la cantidad de tiempo que se necesitaría para determinar que el enlace está muerto es de unos 8 segundos. Cuando se determina que el enlace está muerto, el dispositivo esclavo también

puede dejar de escuchar las transmisiones y volver al modo de reposo. En algunas realizaciones, el dispositivo maestro puede intentar alertar al dispositivo esclavo en un momento posterior para tratar de transmitir los datos de nuevo.

5 El nodo 30 comprende, además, un módulo de temporización 46 que está configurado para proporcionar señales de reloj a cada uno de los componentes del nodo 30. Tal como se ha mencionado con respecto a la figura 3, el módulo de temporización 46 se sincroniza con un dispositivo similar en el dispositivo maestro correspondiente para asegurar que ambos dispositivos están sincronizados. En algunas realizaciones, el módulo de temporización 46 puede incluir un temporizador de cuenta atrás u otro tipo de temporizador para contar durante un periodo de tiempo predeterminado. El temporizador puede comenzar al principio de un periodo de tiempo y detectar cuándo ha transcurrido un cierto tiempo (es decir, hasta el final del periodo de tiempo). Cuando el periodo de tiempo expira, el nodo 30 salta al siguiente canal de frecuencia. El módulo de temporización 46 establece periodos de tiempo secuenciales, en los que cada periodo de tiempo incluye una longitud de tiempo predeterminada establecida durante la etapa de sincronización antes de que comience una etapa de transmisión de datos. Según un tamaño máximo de paquete, el retraso de transmisión, el tiempo de procesamiento y otros factores, el periodo de tiempo predeterminado puede establecerse entre aproximadamente 200 milisegundos y 400 milisegundos. En algunas realizaciones, el periodo de tiempo puede tener una longitud de 270 milisegundos.

No solo el nodo 30 puede actuar como un dispositivo esclavo, tal como se ha mencionado anteriormente, sino que también puede actuar como un dispositivo maestro. En un modo maestro, el módulo de transmisión 38 recupera de la memoria 40 un paquete de datos cada vez, y lo transmite a través del controlador de RF 34. Si el mensaje de datos que ha de transmitirse no está ya dividido en paquetes individuales transmisibles según algunas realizaciones, entonces la memoria 40 o el módulo de transmisión 38 puede estar configurado para dividir el mensaje de datos en paquetes individuales. Cada paquete, por ejemplo, puede ser de unos 100 bytes de datos. Después de transmitir un paquete de datos, el nodo 30 espera a recibir una señal ACK por el módulo receptor 36. En respuesta a recibir la señal ACK, si se recibe, el módulo receptor 36 informa al módulo de procesamiento 42 de la señal de acuse de recibo, de la recepción de la señal. Asimismo, el ID del paquete enviado junto con la señal ACK puede ser analizado por el módulo 44 de gestión de ID de paquetes para determinar si se ha recibido el paquete apropiado. Si es así, el módulo de gestión de ID de paquetes 44 puede incrementar el ID del paquete para la transmisión del siguiente paquete de datos. Cuando la transmisión de un paquete de datos tiene éxito, el módulo de transmisión 38 recupera un paquete de datos siguiente de la memoria 40 y transmite este paquete al dispositivo esclavo.

30 Si el módulo 42 de procesamiento de la señal de acuse de recibo no detecta una señal ACK, el módulo de transmisión 38 está configurado para retransmitir el mismo paquete de datos que contiene el mismo ID de paquete. Sin embargo, en este intento repetido, el paquete de datos se envía a través de un canal de frecuencia siguiente en la secuencia de canales de frecuencia, en el que la secuencia de canales de frecuencia de datos se almacena en una tabla o se enumeran en algún otro formato en la memoria 40. Esta retransmisión tiene lugar al principio del siguiente periodo de tiempo, controlado por el módulo de temporización 46. El módulo de procesamiento 42 de la señal de acuse de recibo puede configurarse, además, para contar el número de veces consecutivas en que la transmisión no tiene éxito. Si la transmisión no tiene éxito un número predeterminado de veces en una fila, se considera que la sesión de transmisión de datos es un fallo y se ordena al módulo de transmisión 38 que deje de transmitir señales. Si la sesión de transmisión de datos es un fallo, el nodo 30 puede intentar alertar al dispositivo esclavo en un momento posterior para intentar transmitir los datos de nuevo, tal vez cuando haya menos tráfico de comunicación, ruido o interferencia entre los nodos.

Según diversas realizaciones, el nodo de comunicación de datos 30 dentro de la red de malla comprende el controlador de RF 34 configurado para transmitir señales de RF a través de la antena 32 a un dispositivo remoto y recibir señales de RF desde el dispositivo remoto a través de la antena 32. El nodo 30 incluye asimismo el módulo de temporización 46 configurado para establecer una serie de periodos de tiempo secuenciales, teniendo cada periodo de tiempo una hora de inicio y una hora de finalización en sincronización con los correspondientes periodos de tiempo secuenciales del dispositivo remoto. En algunas realizaciones, cada uno de la serie de periodos de tiempo secuenciales puede tener 270 milisegundos de longitud. Los periodos de tiempo pueden ser indicativos de una tasa de salto, que se refiere a la velocidad a la que los dispositivos saltan de una frecuencia a la siguiente en la tabla de canales de frecuencia de datos. El nodo 30 incluye asimismo la memoria 40 configurada para almacenar una tabla de canales de frecuencia que enumera una secuencia predeterminada de canales de frecuencia, en donde la tabla de canales de frecuencia también se almacena en el dispositivo remoto. El nodo 30 incluye asimismo el módulo de transmisión 38 configurado para reenviar información relacionada con un primer paquete de datos al controlador de RF 34 para su transmisión a través de un primer canal de frecuencia de la secuencia predeterminada de canales de frecuencia al dispositivo remoto durante un primer periodo de tiempo de la serie de periodos de tiempo secuenciales.

En algunas realizaciones, el nodo de comunicación de datos 30 puede ser un dispositivo maestro, y el dispositivo remoto es un dispositivo esclavo. La información relacionada con el primer paquete de datos mencionado anteriormente puede ser el propio primer paquete de datos. Si durante el primer periodo de tiempo el controlador de RF 34 no recibe una señal de acuse de recibo del dispositivo esclavo indicando que el primer paquete de datos fue recibido, el módulo de transmisión 38 está configurado, además, para reenviar el primer paquete de datos al controlador de RF 34 para su transmisión sobre un segundo canal de frecuencia al dispositivo esclavo durante un segundo periodo de tiempo. El controlador de RF 34 está configurado, además, para repetir la transmisión del primer

paquete de datos sobre los canales de frecuencia siguientes según la secuencia predeterminada durante los siguientes periodos de tiempo hasta que se recibe la señal de acuse de recibo. Si la señal de acuse de recibo no se recibe después de repetir la transmisión un número predeterminado de veces (por ejemplo, treinta veces), el controlador de RF 34 deja de transmitir el paquete de datos y termina la sesión de transmisión de datos. Si durante el primer intervalo de tiempo, el controlador de RF 34 recibe una señal de confirmación que indica que el primer paquete de datos fue recibido, el módulo de transmisión 38 está configurado, además, para reenviar un segundo paquete de datos al controlador de RF 34 para su transmisión a través de un segundo canal de frecuencia al dispositivo esclavo durante un segundo periodo de tiempo.

En otras realizaciones, el nodo de comunicación de datos 30 puede ser un dispositivo esclavo y el dispositivo remoto es un dispositivo maestro. La información relacionada con el primer paquete de datos, tal como se ha mencionado anteriormente, puede ser una señal de acuse de recibo en este caso, indicando que el primer paquete de datos fue recibido. Si el controlador de RF 34 no recibe un paquete de datos durante el primer periodo de tiempo, el controlador de RF 34 no transmite la señal de acuse de recibo durante el primer periodo de tiempo, sino que está configurado, además, para escuchar, con el fin de recibir el primer paquete de datos sobre un segundo canal de frecuencia durante un segundo periodo de tiempo. El controlador de RF 34 está configurado, además, para escuchar, con el fin de recibir un paquete de datos siguiente sobre un canal de frecuencia siguiente durante un periodo de tiempo siguiente.

El nodo de comunicación de datos 30 puede comprender, además, el módulo de recepción 36 configurado para recibir paquetes de datos (cuando actúa en un estado esclavo) desde un dispositivo maestro y almacenar los paquetes de datos en la memoria 40. El módulo de recepción 36 está configurado adicionalmente para recibir señales de acuse de recibo (cuando actúa en un estado maestro) desde un dispositivo esclavo y reenviar las señales de acuse de recibo al módulo de procesamiento de la señal de acuse de recibo 42. El nodo de comunicación de datos 30 puede comprender, además, el módulo de gestión de ID de paquete 44, en el que el módulo de procesamiento de la señal de acuse de recibo 42 está configurado para dar instrucciones al módulo de gestión de ID de paquete 44 para incrementar (por ejemplo, incrementar en 1) un ID de paquete para ser transmitido con el siguiente paquete de datos.

La figura 3 es un diagrama de temporización que muestra una realización de eventos que tienen lugar durante un periodo de tiempo cuando se transmite un paquete de datos. Según esta realización, un periodo de tiempo de 270 ms, por ejemplo, es establecido y acordado por los dispositivos maestro y esclavo. Al comienzo del periodo de tiempo (por ejemplo, cuando una señal de reloj es generada por el módulo de temporización 46), el dispositivo maestro transmite los datos. Suponiendo un ligero tiempo de retraso debido a la transmisión a través de un medio concreto (por ejemplo, aire), el dispositivo esclavo está configurado para recibir los datos. Tras la recepción del paquete de datos, el dispositivo esclavo guarda el paquete y procesa diversa información en el paquete, tal como un ID de paquete, información de la cabecera, etc. El dispositivo esclavo transmite a continuación una señal ACK que es recibida después de un ligero retraso por el dispositivo maestro. En algunas realizaciones, puede haber un tiempo de inactividad variable antes de que comience un nuevo periodo de tiempo dependiendo de diversos factores. Inmediatamente después de que finaliza el periodo de tiempo, comienza el siguiente periodo de tiempo y se repite el proceso para el siguiente paquete de datos. Alternativamente, si la señal ACK (o la falta de la señal ACK) indica una transmisión sin éxito del primer paquete, el mismo paquete se transmite de nuevo durante el siguiente periodo de tiempo. El proceso puede repetirse hasta que todos los paquetes de datos han sido transmitidos con éxito al dispositivo esclavo.

La figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de una sesión de transmisión general desde un dispositivo maestro a un dispositivo esclavo. Tal como se indica en el bloque 50, el dispositivo maestro transmite una o más señales de alerta con el fin de alertar a un dispositivo esclavo. Por ejemplo, el dispositivo esclavo puede estar en un modo de reposo y puede que tenga que ser activado. Los modos de reposo pueden incluir dispositivos que están completamente apagados, dispositivos que están parcialmente apagados y que solo realizan comprobaciones en ciertos momentos para ver si una señal de alerta está siendo transmitida por otro dispositivo, o incluso un modo de reposo en el que algunos dispositivos están encendidos y algunos están apagados. A continuación, según el bloque 52, el dispositivo maestro envía una señal de ping al dispositivo esclavo. La señal de ping, por ejemplo, puede incluir información de sincronización de tiempo y otros tipos de información para preparar a los dispositivos maestro y esclavo para una sesión de transmisión de datos. Tal como se indica en el bloque 54, el dispositivo maestro recibe una señal de pong del dispositivo esclavo que reconoce y acepta la información de sincronización y otros criterios. Una vez que los dispositivos están sincronizados, el dispositivo maestro comienza a transmitir los datos al dispositivo esclavo, tal como se indica en el bloque 56. Esta etapa final de transmisión de datos se explica con más detalle a continuación con respecto a las figuras 5 y 6, donde la figura 5 define las funciones y/o las etapas del dispositivo maestro, y la figura 6 define las funciones y/o las etapas del dispositivo esclavo.

La figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra una realización de un método de un dispositivo maestro para transmitir datos. Tal como se indica en el bloque 60, el dispositivo maestro espera el inicio de un nuevo periodo de reloj. Utilizando el diagrama de temporización mostrado en la figura 3 como ejemplo, el dispositivo maestro espera el inicio del periodo de 270 ms. Debe observarse que los bloques de las figuras 5 y 6 que se muestran con líneas adicionales en los dos lados indican una función de espera y pueden incluir una detección repetida hasta que se cumple una condición concreta (por ejemplo, esperar o detectar repetidamente hasta que comienza un nuevo

periodo de reloj o escuchar hasta que se recibe una señal). Haciendo referencia de nuevo a la figura 5, el bloque 62 indica que un primer paquete de datos se transmite al dispositivo esclavo sobre un primer canal. Tal como se indica en el bloque 64, el dispositivo maestro espera (no más del periodo de tiempo predeterminado) para recibir una señal ACK del dispositivo esclavo. El bloque de decisión 66 determina si se recibe o no una señal ACK durante el periodo de tiempo actual. Esta determinación puede estar asistida por un temporizador de cuenta atrás u otro dispositivo de temporización para definir el periodo de tiempo. Si se recibe la señal ACK, el método se dirige al bloque 76. De lo contrario, si no se recibe, el procedimiento pasa al bloque 68.

Tal como se indica en el bloque 68, se incrementa un contador (por ejemplo, incrementado en 1). El contador, por ejemplo, puede utilizarse para contar el número de intentos de transmisión consecutivos fallidos. En el bloque de decisión 70, se determina si el contador ha alcanzado un número predeterminado (por ejemplo, treinta en esta realización). En una realización alternativa, en lugar de contar hasta treinta, el contador puede contar hasta un número diferente (por ejemplo, dos), de manera que solo se intenta ese número de canales. Si un paquete de datos no puede transmitirse con éxito sobre dichos canales (por ejemplo, dos canales en la realización alternativa), entonces se considera que el enlace está muerto. Sin embargo, según una realización preferida, tal como se ilustra en la figura 5, el contador cuenta hasta treinta, lo que significa que incluso en ambientes de tráfico elevado y/o ruidosos el sistema intenta enviar un único paquete de datos treinta veces diferentes sobre treinta canales diferentes antes de darse por vencido. Con la capacidad del sistema actual de saltarse tantos canales sin éxito, debe tenerse en cuenta que la transmisión puede realizarse incluso en entornos menos que perfectos. Utilizando los métodos de la presente invención, puede existir una mayor probabilidad de que se puedan encontrar uno o más canales buenos en los que se puedan transmitir los datos. Suponiendo que aproximadamente 1200 paquetes de datos se transmitan utilizando una tasa de salto de 270 ms, los paquetes de datos pueden ser transmitidos en aproximadamente cinco minutos, si pocos canales experimentan un fallo. Sin embargo, si solo aproximadamente el 10% de los canales son lo suficientemente claros como para permitir la transmisión de datos, lo que indica un nivel de tráfico elevado y/o ruido, el proceso tardaría mucho más en completarse (por ejemplo, unos 50 minutos), pero los procesos actuales pueden permitir que los datos sean transmitidos finalmente incluso en condiciones tan desfavorables.

Según la realización preferida, si contador = treinta (etapa 70), el método va al bloque 84 y detiene las transmisiones. Dicho de otra manera, el dispositivo maestro permite hasta treinta transmisiones consecutivas sin éxito antes de abandonar. Si el contador no es igual a treinta, el procedimiento pasa al bloque 72, que indica que el dispositivo maestro espera el inicio del siguiente periodo de reloj (por ejemplo, el siguiente periodo de tiempo de 270 ms). Tal como se indica en el bloque 74, el dispositivo maestro transmite el mismo paquete de datos al dispositivo esclavo en el siguiente canal de frecuencia. Así, si la transmisión no tiene éxito sobre un canal de frecuencia, el dispositivo maestro intenta transmitir el mismo paquete de datos utilizando otro canal. Después de esta etapa, el método vuelve de nuevo al bloque 64.

Si se determina en el bloque de decisión 66 que se recibe la señal ACK, el método pasa al bloque 76, que indica que el contador se reinicia. En este caso, la transmisión tiene éxito y el contador para contar intentos fallidos consecutivos se pone de nuevo a cero. Después de esta transmisión satisfactoria, se determina en el bloque de decisión 78 si se deben transmitir más paquetes de datos. Si el dispositivo maestro ha transmitido el último paquete de datos de un mensaje de datos, el método pasa al bloque 84 y la sesión se detiene. En caso contrario, si se deben enviar más paquetes de datos, el procedimiento pasa al bloque 80. Tal como se indica en el bloque 80, el dispositivo maestro espera el inicio del siguiente periodo de reloj. A continuación, el siguiente paquete de datos se transmite al dispositivo esclavo en el canal siguiente (etapa 82). Después de la transmisión del siguiente paquete de datos, el método vuelve al bloque 64 y el proceso se repite para más paquetes según sea necesario.

Según diversas realizaciones, la presente descripción describe un método para transmitir datos. El método comprende las etapas de transmitir un paquete de datos a un dispositivo esclavo durante un periodo de tiempo predeterminado, en el que el paquete de datos se transmite a través de un canal de frecuencia enumerado en una secuencia predeterminada de canales de frecuencia. El método incluye asimismo determinar si se recibe una señal de acuse de recibo desde el dispositivo esclavo durante el periodo de tiempo predeterminado. Si la señal de acuse de recibo no se recibe durante el periodo de tiempo predeterminado, el método incluye transmitir el mismo paquete de datos al dispositivo esclavo a través de un siguiente canal de frecuencia enumerado a continuación en la secuencia predeterminada de canales de frecuencia durante el siguiente periodo de tiempo. Si la señal de acuse de recibo se recibe durante el periodo de tiempo predeterminado, el método incluye transmitir un paquete de datos siguiente al dispositivo esclavo en el siguiente canal de frecuencia durante el siguiente periodo de tiempo.

En algunas realizaciones, el método puede comprender, además, la etapa de repetir la transmisión del mismo paquete de datos sobre los canales de frecuencia siguientes durante los siguientes periodos de tiempo hasta que se recibe una señal de acuse de recibo. La etapa de repetir la transmisión comprende repetir la etapa de transmitir el mismo paquete de datos hasta un número predeterminado de veces (por ejemplo, siendo el número predeterminado de veces igual a treinta). Si se alcanza el número predeterminado de veces, el método se interrumpe. En algunas realizaciones, cada periodo de tiempo es de 270 milisegundos, aunque pueden preferirse otros periodos de tiempo.

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra una realización de un método que incluye etapas realizadas por un dispositivo esclavo para recibir datos desde un dispositivo maestro. Al principio, el dispositivo esclavo está configurado para esperar el inicio de un nuevo periodo de reloj, tal como se indica en el bloque 90. Los periodos de

reloj de los dispositivos maestro y esclavo están sincronizados para permitir la transmisión y recepción efectivas de señales. El bloque 92 indica que el dispositivo esclavo espera, por lo tanto, recibir un paquete de datos desde el dispositivo maestro sobre un primer canal. Cuando este bloque se repite en iteraciones posteriores, el dispositivo esclavo espera a recibir un paquete de datos sobre un canal siguiente. Los canales primero y siguiente incluyen una secuencia predeterminada de canales que es comprendida y acordada tanto por el dispositivo maestro como por el dispositivo esclavo.

El bloque de decisión 94 determina si se ha recibido o no un paquete de datos durante el periodo de tiempo actual. Si es así, el método pasa al bloque 96. De lo contrario, el método pasa al bloque 104. Cuando se determina que se recibió un paquete de datos, el bloque 96 muestra que el dispositivo esclavo envía una señal ACK al dispositivo maestro. Tal como se indica en el bloque de decisión 98, se determina si el ID de paquete del paquete de datos recibido es el mismo que un ID de paquete de un paquete de datos anterior. Este etapa puede saltarse la primera vez en el proceso, ya que no habrá nada con lo que comparar el ID de paquete. El paquete de datos anterior, por ejemplo, puede ser el paquete de datos que precede inmediatamente al paquete de datos actual. Si el ID de paquete es diferente, indicando que se trata de un nuevo paquete de datos, el procedimiento pasa al bloque 100 y se reinicia un contador. El contador se utiliza en esta realización para contar el número de transmisiones fallidas consecutivas. A este respecto, el bloque 100 está en la rama del método en la que la transmisión tuvo éxito y, por lo tanto, el contador se devuelve a cero. Tal como se indica en el bloque de decisión 102, se determina si hay más paquetes de datos que recibir. Si el resultado es no, el método finaliza. Sin embargo, si se van a recibir más paquetes, el método retorna al bloque 90 para repetir los procesos. Una indicación de que un paquete de datos es el último paquete de datos puede estar incluida específicamente en la información transmitida con el paquete de datos.

Si se determina en el bloque de decisión 94 que no se ha recibido un paquete de datos, o si se determina en el bloque de decisión 98 que un paquete de datos recibido incluye el mismo ID de paquete que un paquete anterior, entonces se considera que la transmisión no ha tenido éxito y el procedimiento pasa al bloque 104. Tal como se indica en el bloque 104, el contador se incrementa. Tal como se indica en el bloque de decisión 106, se determina si el contador ha alcanzado un número predeterminado (por ejemplo, treinta). Tal como se ha mencionado anteriormente con respecto a la figura 5, se describe una realización alternativa en la que el contador solo cuenta hasta dos, permitiendo de este modo solamente dos transmisiones consecutivas fallidas. Según otras realizaciones, los métodos pueden contar hasta cualquier número. Haciendo referencia de nuevo a la realización preferida, si hay treinta transmisiones consecutivas sin éxito y el contador es igual a treinta, el método llega a su fin y el dispositivo esclavo deja de escuchar más transmisiones. En algunas realizaciones, el dispositivo esclavo puede volver a un modo de reposo y escuchar las señales de alerta del dispositivo maestro cuando se desea otro intento de transferir los datos. Si se determina en el bloque 106 que el contador no ha llegado a treinta, el método vuelve al bloque 90 para repetir los procesos para recibir más datos.

Según diversas implementaciones de la presente descripción, se da a conocer un método para recibir datos. El método puede incluir las etapas de esperar a recibir un paquete de datos desde un dispositivo maestro a través de un canal de frecuencia durante un periodo de tiempo predeterminado. El canal de frecuencia puede estar enumerado en una secuencia de canales de frecuencia sincronizados con el dispositivo maestro. Si se recibe un paquete de datos, el método incluye enviar una señal de acuse de recibo al dispositivo maestro indicando que el paquete de datos se ha recibido y espera a recibir un paquete de datos siguiente desde el dispositivo maestro sobre un canal de frecuencia siguiente durante un periodo de tiempo siguiente. Si no se recibe un paquete de datos, el método incluye esperar a recibir el mismo paquete de datos desde el dispositivo maestro sobre el siguiente canal de frecuencia durante el siguiente periodo de tiempo.

Adicionalmente, si se recibe un paquete de datos, el método puede incluir, además, la etapa de verificar una identificación del paquete de datos recibido. La etapa de verificar la identificación del paquete de datos recibido puede comprender comparar la identificación con una identificación de un paquete de datos recibido previamente. El método puede incluir adicionalmente esperar repetidamente a recibir los siguientes paquetes de datos desde el dispositivo maestro sobre canales de frecuencia siguientes durante los siguientes periodos de tiempo.

Cabe señalar que el lenguaje condicional, tal como, entre otros, "puede" o "podría", a menos que se especifique otra cosa o se entienda de otra manera en el contexto utilizado, en general, pretende indicar que ciertas realizaciones incluyen, mientras que otras realizaciones no incluyen, ciertas características, elementos y/o etapas. Por lo tanto, dicho lenguaje condicional no pretende, en general, implicar que las características, elementos y/o etapas son de alguna manera requeridos para una o más realizaciones concretas o que una o más realizaciones concretas incluyen necesariamente la lógica para decidir, con o sin indicación por parte del usuario, si estas características, elementos y/o etapas estén incluidos o se van a realizar en cualquier realización concreta. Debe hacerse hincapié en que las realizaciones descritas anteriormente son meramente ejemplos posibles de implementaciones, simplemente establecidas para una clara comprensión de los principios de la presente descripción. Cualquier descripción de procesos o bloques en diagramas de flujo deben ser entendidos como representando módulos, segmentos o porciones de código que incluyen una o más instrucciones ejecutables para implementar funciones lógicas específicas o etapas en el proceso, y se incluyen implementaciones alternativas en las cuales las funciones no pueden ser incluidas o ejecutadas en absoluto, pueden ser ejecutadas fuera de orden a partir de las mostradas, incluyendo sustancialmente de manera simultánea o en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad implicada, tal como serían entendidos por personas razonablemente expertas en la técnica de la presente descripción. Pueden

5 realizarse muchas variaciones y modificaciones a la realización o realizaciones antes descritas sin apartarse del alcance de la presente descripción. Además, el alcance de la presente descripción pretende cubrir todas y cada una de las combinaciones y sub combinaciones de todos los elementos, características y aspectos explicados anteriormente. Todas estas modificaciones y variaciones están destinadas a ser incluidas aquí dentro del alcance de la presente descripción, y todas las posibles reivindicaciones a aspectos individuales o combinaciones de elementos o etapas están destinadas a ser soportadas por la presente descripción.

REIVINDICACIONES

1. Un nodo de comunicación de datos (30) dentro de una red de malla (10), comprendiendo el nodo de comunicación de datos (30):

5 un controlador de RF (34) de radiofrecuencia, configurado para transmitir señales de RF a través de una antena (32) a un dispositivo remoto y recibir señales de RF del dispositivo remoto a través de la antena (32),

10 un dispositivo de temporización (46), configurado para generar una serie de señales de tiempo para sincronizar el nodo de comunicación de datos (30) con el dispositivo remoto, definiendo las señales de temporización una serie de periodos de tiempo secuenciales;

un dispositivo de memoria (40), configurado para almacenar una tabla de canales de frecuencia y

15 un módulo de transmisión (38), configurado para enviar información relacionada con un primer paquete de datos al controlador de RF para la transmisión sobre un primer canal de frecuencia de la secuencia predeterminada de canales de frecuencia al dispositivo remoto durante un primer periodo de tiempo de la serie de periodos de tiempo secuenciales, caracterizado por que la tabla de canales de frecuencia enumera una secuencia predeterminada de canales de frecuencia, estando la tabla de canales de frecuencia almacenada también en el dispositivo remoto, en el que el dispositivo de memoria (40) está configurado para almacenar una tabla de canales de frecuencia de alerta que incluye una secuencia de canales de frecuencia sobre la que se transfieren las señales de alerta, y en el que el nodo de comunicación de datos (30) se sintoniza a un canal apropiado de la tabla en base a un reloj del sistema.

2. El nodo de comunicación de datos (30) de la reivindicación 1, en el que el nodo de comunicación de datos (30) es un dispositivo maestro y el dispositivo remoto es un dispositivo esclavo, y en el que la información relacionada con el primer paquete de datos incluye al menos el propio primer paquete de datos y, opcionalmente, si durante el primer periodo de tiempo el controlador de RF no recibe una señal de acuse de recibo del dispositivo esclavo que indica que el primer paquete de datos fue recibido, el módulo de transmisión (38) está configurado, además, para reenviar el primer paquete de datos al controlador de RF (34) para la transmisión a través de un segundo canal de frecuencia de la secuencia predeterminada de canales de frecuencia al dispositivo esclavo durante un segundo periodo de tiempo de la serie de periodos de tiempo secuenciales.

3. El nodo de comunicación de datos (30) de la reivindicación 3, en el que el controlador de RF (34) está configurado, además, para repetir la transmisión del primer paquete de datos sobre los canales de frecuencia siguientes según la secuencia predeterminada durante los siguientes periodos de tiempo hasta que la señal de acuse de recibo es recibida y, opcionalmente, si la señal de acuse de recibo no se recibe después de repetir la transmisión un número predeterminado de veces, el controlador de RF (34) deja de transmitir el paquete de datos.

4. El nodo de comunicación de datos (30) de la reivindicación 2, en el que, si durante el primer periodo de tiempo el controlador de RF (34) recibe una señal de acuse de recibo indicando que el primer paquete de datos se ha recibido, el módulo de transmisión (38) está configurado, además, para reenviar un segundo paquete de datos al controlador de RF (34) para su transmisión a través de un segundo canal de frecuencia al dispositivo esclavo durante un segundo periodo de tiempo.

5. El nodo de comunicación de datos (30) de la reivindicación 1, en el que el nodo de comunicación de datos (30) es un dispositivo esclavo, y el dispositivo remoto es un dispositivo maestro, y en el que la información relacionada con el primer paquete de datos es una señal de acuse de recibo indicando que el primer paquete de datos se ha recibido y, opcionalmente, si el controlador de RF (34) no recibe un paquete de datos durante el primer periodo de tiempo, el controlador de RF (34) no transmite la señal de acuse de recibo durante el primer periodo de tiempo, y en el que el controlador de RF (34) está configurado, además, para escuchar hasta recibir el primer paquete de datos sobre un segundo canal de frecuencia durante un segundo periodo de tiempo, o el controlador de RF (34) está configurado, además, para escuchar hasta recibir el paquete de datos siguiente sobre el siguiente canal de frecuencia durante el periodo de tiempo siguiente.

6. El nodo de comunicación de datos (30) de la reivindicación 1, que comprende, además, un módulo de recepción (36) configurado para recibir paquetes de datos desde un dispositivo maestro y almacenar los paquetes de datos en el dispositivo de memoria (40), estando el módulo de recepción (36) configurado, además, para recibir señales de acuse de recibo desde el dispositivo esclavo y transmitir las señales de acuse de recibo a un módulo de procesamiento de señales de acuse de recibo (42) y, opcionalmente, que comprende, además, un módulo de identificación de paquetes, en el que el módulo de procesamiento de señales de acuse de recibo (42) está configurado para dar instrucciones al módulo de identificación de paquetes para incrementar un ID de paquete para ser transmitido con el siguiente paquete de datos.

7. El nodo de comunicación de datos (30) de la reivindicación 1, en el que cada uno de la serie de periodos de tiempo secuenciales tiene una longitud de 270 milisegundos.
8. Un método para transmitir datos, comprendiendo el método las etapas de:
- 5 transmitir un paquete de datos a un dispositivo esclavo durante un periodo de tiempo predeterminado, transmitiéndose el paquete de datos a través de un canal de frecuencia enumerado en una secuencia predeterminada de canales de frecuencia (62);
- determinar, por un dispositivo de procesamiento, si se recibe una señal de acuse de recibo desde el dispositivo esclavo durante el periodo de tiempo predeterminado (66),
- 10 si la señal de acuse no se recibe durante el periodo de tiempo predeterminado, transmitir el mismo paquete de datos al dispositivo esclavo sobre un siguiente canal de frecuencia enumerado a continuación en la secuencia predeterminada de canales de frecuencia durante un periodo de tiempo siguiente (74); y
- si la señal de acuse de recibo se recibe durante el periodo de tiempo predeterminado, transmitir el siguiente paquete de datos al dispositivo esclavo sobre el siguiente canal de frecuencia durante el siguiente periodo de tiempo (82), en el que inicialmente se transmite una señal de alerta al dispositivo esclavo y el dispositivo esclavo se sintoniza en un canal apropiado de una tabla de canales de frecuencia de recepción en base a un reloj del sistema.
- 15
9. El método de la reivindicación 8, que comprende, además, la etapa de repetir la transmisión del mismo paquete de datos sobre los canales de frecuencia siguientes durante los siguientes periodos de tiempo hasta que se recibe una señal de acuse de recibo.
- 20 10. El método de la reivindicación 9, en el que la etapa de repetir la transmisión comprende repetir la transmisión del mismo paquete de datos hasta un número predeterminado de veces.
11. El método de la reivindicación 10, en el que el número de veces que se ha registrado es de 30, o si se alcanza el número predeterminado de veces, el método se interrumpe.
12. El método de la reivindicación 8, en el que cada periodo de tiempo tiene una longitud de 270 milisegundos.
- 25 13. Un método para recibir datos, comprendiendo el método las etapas de:
- esperar a recibir un paquete de datos desde un dispositivo maestro a través de un canal de frecuencia durante un periodo de tiempo predeterminado, estando el canal de frecuencia enumerado en una secuencia de canales de frecuencia sincronizados con el dispositivo maestro (92),
- 30 si se determina mediante un dispositivo de procesamiento que se recibe un paquete de datos, enviar una señal de acuse de recibo al dispositivo maestro indicando que el paquete de datos se ha recibido, y esperar a recibir el siguiente paquete de datos desde el dispositivo maestro a través de un canal de frecuencia siguiente durante el siguiente periodo de tiempo (96); y
- si el dispositivo de procesamiento determina que no se ha recibido un paquete de datos, esperar a recibir el mismo paquete de datos desde el dispositivo maestro sobre el siguiente canal de frecuencia durante el siguiente periodo de tiempo, en el que inicialmente se emite una señal de alerta procedente de un dispositivo maestro y en el que el método comprende la etapa de sintonizar un canal apropiado de una tabla de canales de frecuencia de alerta en base a un reloj del sistema.
- 35
14. El método de la reivindicación 13, en el que, si se recibe un paquete de datos, que comprende, además, la etapa de verificar una identificación del paquete de datos recibido y, opcionalmente, la etapa de verificar la identificación del paquete de datos recibido comprende, además, comparar la identificación con la identificación de un paquete de datos (98) recibido previamente.
- 40
15. El método de la reivindicación 13, que comprende, además, esperar repetidamente a recibir los siguientes paquetes de datos desde el dispositivo maestro sobre los canales de frecuencia siguientes durante los siguientes periodos de tiempo.
- 45

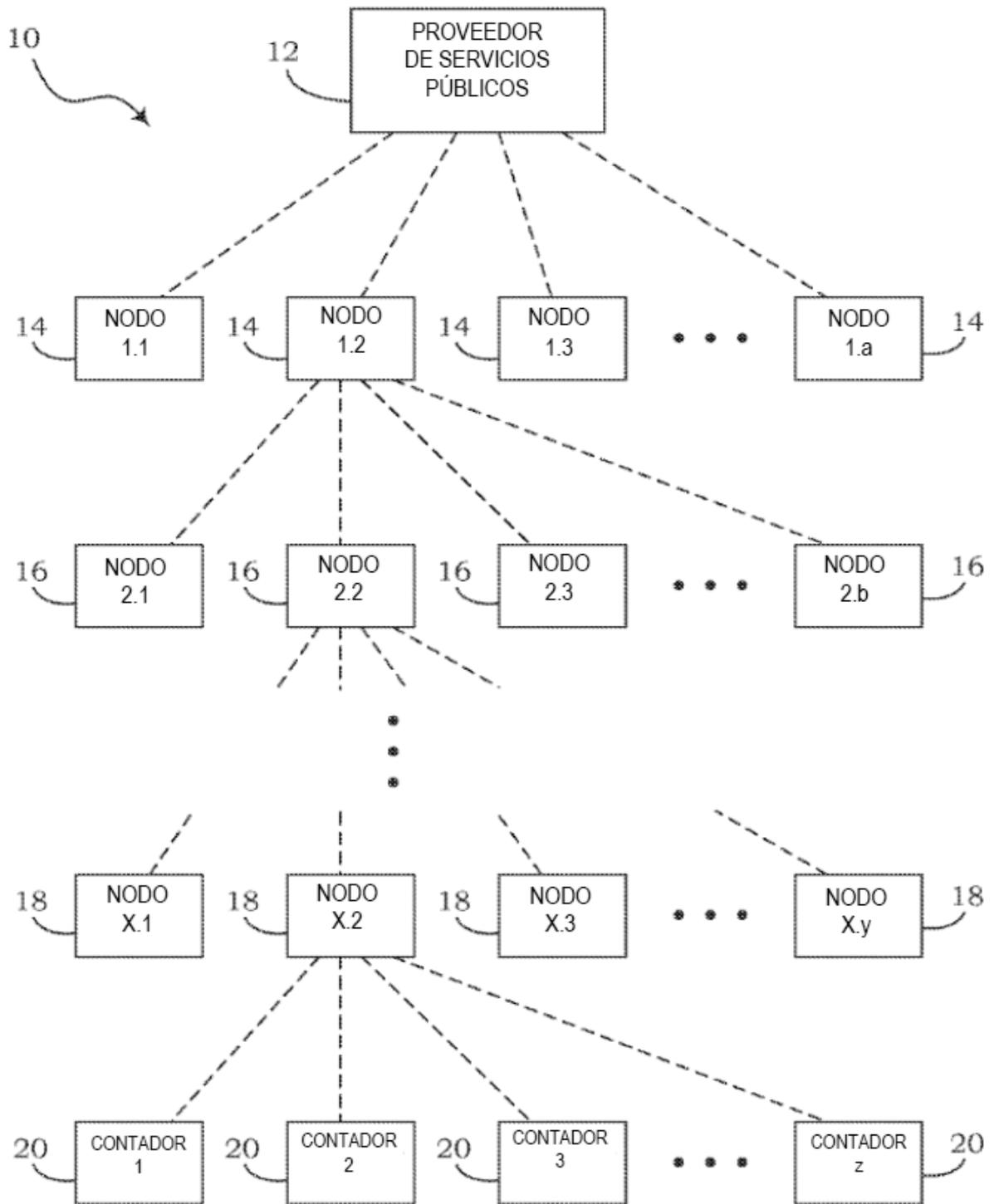


FIG. 1

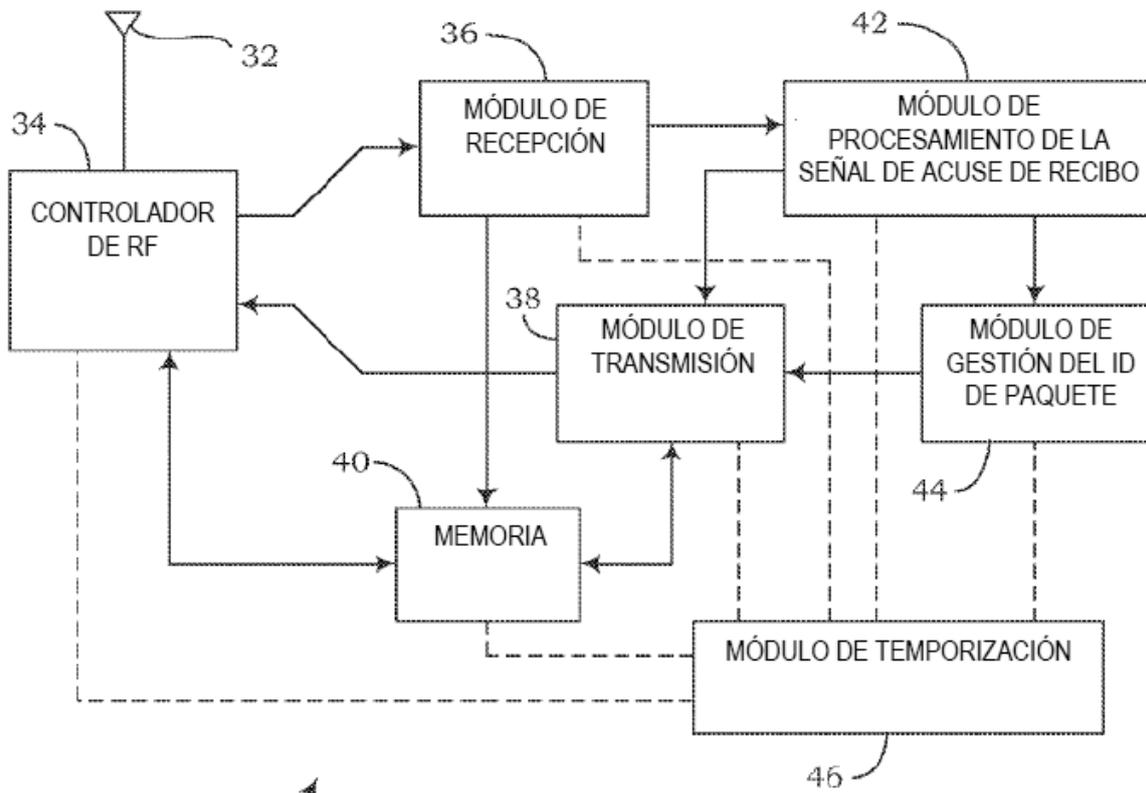


FIG. 2

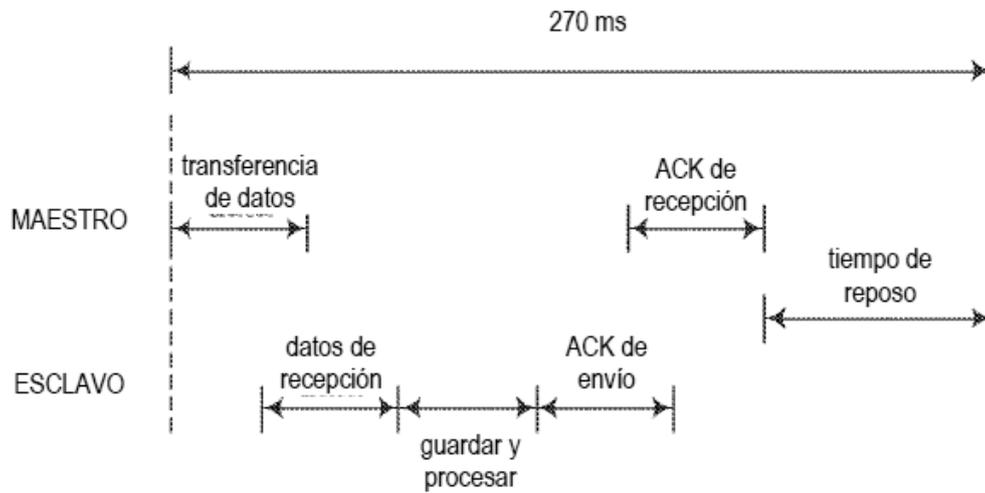


FIG. 3

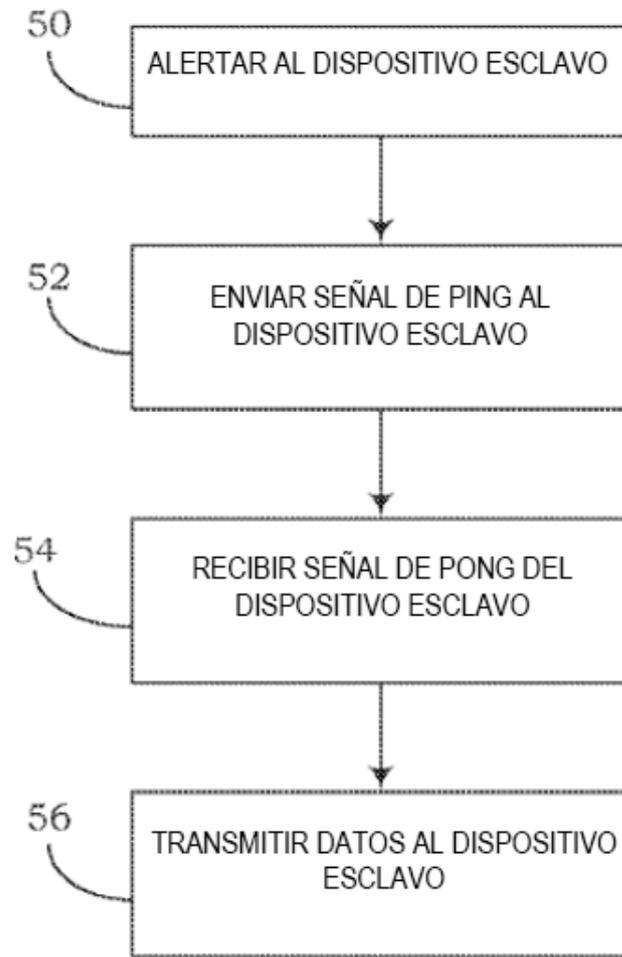
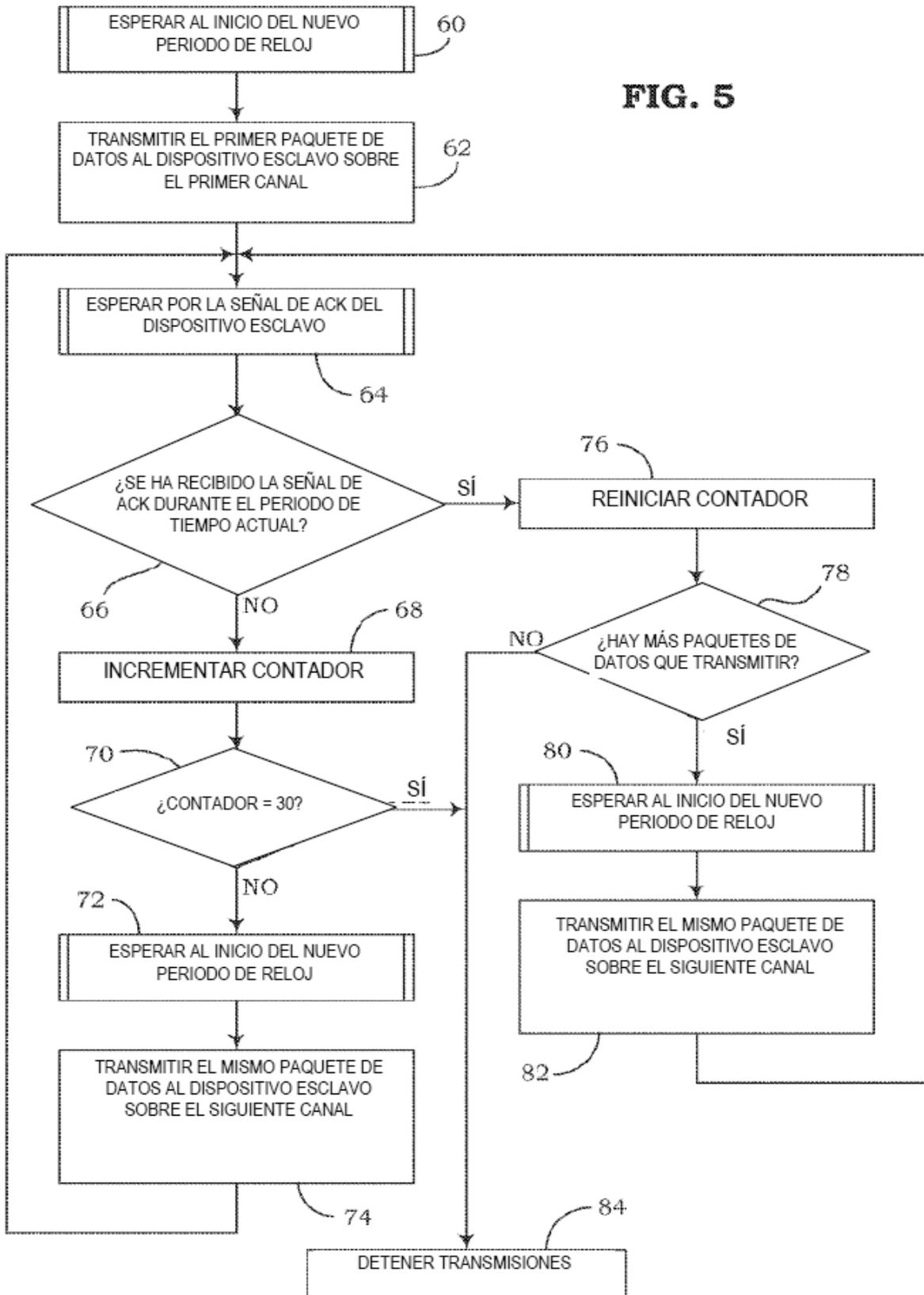


FIG. 4

FIG. 5



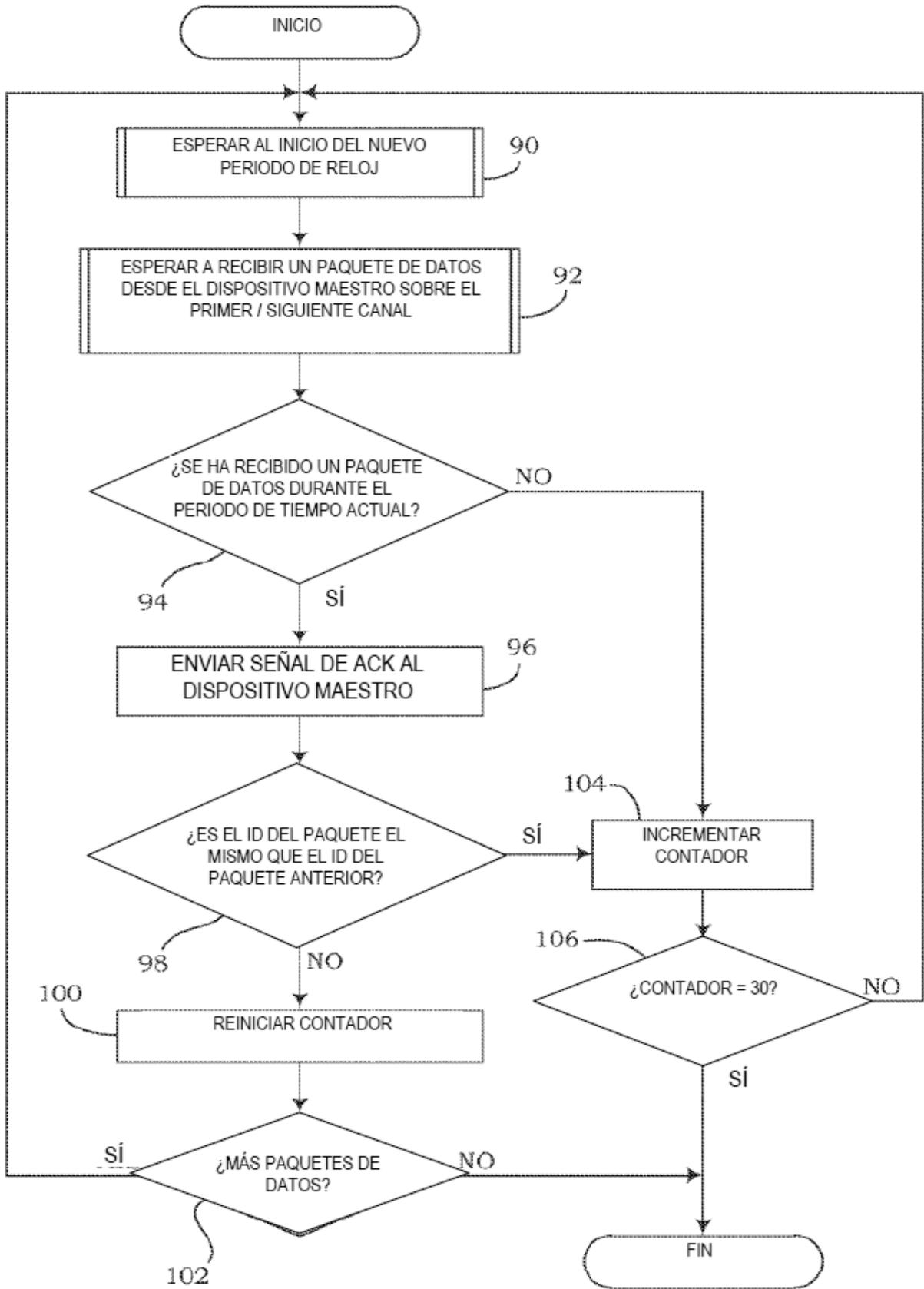


FIG. 6