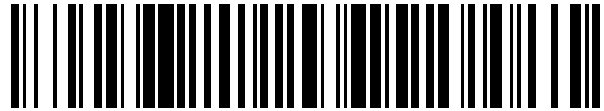


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 901 980**

51 Int. Cl.:

H04W 52/02 (2009.01)

H04W 84/18 (2009.01)

H04B 1/713 (2011.01)

H04W 56/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2017 PCT/GB2017/053818**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2018 WO18115854**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2017 E 17832322 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.11.2021 EP 3560246**

54 Título: **Comunicación de redes en malla con espectro de propagación con saltos de frecuencia**

30 Prioridad:

21.12.2016 GB 201621881

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

24.03.2022

73 Titular/es:

**TECOM LIMITED (100.0%)
Bradwood Court St Crispin Way
Haslingden, Lancashire BB4 4PW, GB**

72 Inventor/es:

ALEXANDER, PETER

74 Agente/Representante:

MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia

ES 2 901 980 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

Comunicación de redes en malla con espectro de propagación con saltos de frecuencia

5

Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a la comunicación de espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS por sus siglas del inglés de "*frequency hopping spread spectrum*") en redes de malla. En particular, la invención se refiere a un método para sincronizar redes en malla para usar comunicación FHSS y especialmente a un método para sincronizar redes en malla para usar comunicación FHSS en redes en malla inalámbricas y/o alimentadas por batería, tales como los sistemas de alarma.

10

Antecedentes de la invención

15

Las comunicaciones inalámbricas punto a punto son intrínsecamente poco fiables. Las condiciones atmosféricas, la obstrucción de los medios y la interferencia externa están sujetos a cambios que pueden atenuar o inhibir la ruta de comunicación inalámbrica. Una forma probada de mitigar estos factores es formar una red en malla donde se proporcionen rutas alternativas para cualquier dispositivo en caso de que falle la ruta principal.

20

El principal inconveniente de este enfoque es que todos los dispositivos deben ser capaces de recibir mensajes y transmitirlos para que pueda aumentar el consumo de corriente. Para reducir este efecto, en el documento WO2011/009646 (Texecom) se establece un método de sincronización temporal tanto de la transmisión como de la recepción de modo que el tiempo transcurrido en los estados activos se mantenga al mínimo.

25

En una verdadera red en malla alimentada por batería, todos los nodos reenvían (es decir, reciben y envían) mensajes, en lugar de que solo los nodos alimentados localmente reenvíen mensajes, y los nodos alimentados por batería no juegan ningún papel en el reenvío de mensajes. En este caso, es necesario que todos los nodos se activen periódicamente para comprobar si hay un preámbulo del transmisor. Para mantener el uso de energía lo más bajo posible, esto debe suceder muy rápidamente; si no hay un preámbulo para recibir, el receptor debe apagarse lo más rápido posible para conservar la vida útil de la batería.

30

En el sistema del documento WO2011/009646, un solo concentrador o "dispositivo de control" se comunica con varios dispositivos de seguridad, los dispositivos de seguridad se sincronizan para cambiar al estado activado por lo general durante 18 ms una vez cada 0,5 segundos y permanecer en el estado activado para comunicarse entre sí y transferir datos .

35

El espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS) es un método de comunicación por radio que implica cambiar el portador a través de muchos canales de frecuencia en una secuencia conocida tanto por el transmisor como por el receptor.

40

La principal ventaja de esto es una resistencia mucho mejor a la interferencia de banda estrecha que los sistemas de un solo canal. Si uno de los canales está siendo utilizado o bloqueado, el sistema FHSS puede saltar al siguiente canal. Los sistemas FHSS también son muy buenos para compartir ancho de banda con otros sistemas sin que agreguen ruido significativo a los canales que no se utilizan.

45

El tiempo de permanencia en cualquier canal varía desde unos pocos bits dentro de un paquete (microsegundos) hasta varios cientos de milisegundos. Algunos sistemas transmiten paquetes cortos que ocupan un solo canal, mientras que otros transmiten paquetes más largos que se distribuyen en muchos canales.

50

Los organismos de homologación en todo el mundo, incluida la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC por sus siglas en inglés de "*Federal Communications Commission*") en los EE. UU., a menudo permiten transmisiones de mayor potencia en sistemas que emplean FHSS utilizando una gran cantidad de (más de 50) canales.

55

Un desafío asociado con cualquier sistema FHSS es la sincronización del transmisor y el receptor.

Una forma de lograr esto es tener la garantía de que el transmisor utilizará todos los canales durante el preámbulo en un período de tiempo fijo. El receptor puede entonces encontrar el transmisor eligiendo un canal aleatorio y escuchando el preámbulo en ese canal. Si bien esto funciona, requiere tanto un preámbulo largo del transmisor como también que el receptor esté activo durante un período de tiempo significativo para garantizar la audición del transmisor.

60

Alternativamente, el receptor puede recorrer los canales para seleccionar un preámbulo de transmisor en un solo canal, pero esto tiene el mismo inconveniente.

65

Ninguno de estos métodos de sincronización FHSS sería adecuado en una red en malla alimentada por batería. En un sistema de 50 canales, por ejemplo, cada receptor necesitaría gastar 50 veces más en recibir cada vez que buscara un preámbulo que tendría un efecto catastrófico en la duración de la batería.

- 5 En consecuencia, el FHSS se ha considerado inapropiado para redes de malla con nodos alimentados por batería y, de hecho, incluso para nodos alimentados localmente, si se desea un funcionamiento de baja potencia.

10 El FHSS puede ser útil en situaciones en las que la seguridad es importante, porque los datos se envían a través de diferentes canales, por lo que los dispositivos de escucha / bloqueo no pueden simplemente bloquear el canal en el que se transfieren los datos (a diferencia de los sistemas de un solo canal). Sin embargo, especialmente cuando un sistema FHSS se mueve consecutivamente a través de canales, los dispositivos de escucha / bloqueo pueden determinar la secuencia de salto y bloquear / escuchar el canal correcto cambiando de canal cada vez que los datos dejan de recibirse en el canal que se está escuchando.

15 Esto podría superarse cambiando entre canales a un nuevo canal pseudoaleatorio. Las secuencias pseudoaleatorias satisfacen una o más pruebas estadísticas de aleatoriedad, pero de hecho se producen mediante un procedimiento matemático definido. Puede ser difícil configurar dispositivos en red para que sigan la misma secuencia pseudoaleatoria, especialmente cuando nuevos dispositivos se unen a la red en diferentes momentos de la secuencia.

20 Esta invención tiene como objetivo obviar, mejorar o mitigar uno o más de los problemas antes mencionados de uso de alta potencia al escuchar un mensaje y dificultad para proporcionar una red segura, y/o proporcionar redes o métodos o dispositivos en malla mejorados.

25 El documento US 2009/097531 A1 describe un sistema y método de comunicación a través de una red para comunicaciones inalámbricas. El método transmite datos codificados desde un dispositivo de origen a un dispositivo de destino a través de una única ruta hacia arriba a través de una pluralidad de rutas inalámbricas utilizando un patrón de sintonización de salto de frecuencia aleatorio para comunicaciones inalámbricas, y varía pseudoaleatoriamente los tiempos de permanencia del patrón de sintonización de salto de frecuencia sobre el cual los datos se transmiten. La red utiliza redundancia de codificación de corrección de errores hacia adelante dentro de una ráfaga de datos para permitir la recuperación de datos corruptos en cualquier salto parcialmente atascado de los datos transmitidos.

30 El documento EP 2 107 849 A1 describe un método para la transmisión de datos a través de la capa MAC en una red en malla que comprende varios nodos, cada nodo funciona en base a un ciclo de trabajo que comprende un intervalo de tiempo activo en el que el nodo está en un estado activo y un intervalo de tiempo inactivo en el que el nodo está en un estado inactivo. Las tramas se transmiten entre un primer nodo y un segundo nodo de modo que, en caso de que el primer nodo detecte que el segundo nodo no recibe una trama, el intervalo de tiempo activo del primer nodo se incrementa y la trama se retransmite. Esta etapa de incremento combinado con una retransmisión de la trama se repite preferiblemente varias veces. Después de haber realizado uno o más etapas incrementales, el intervalo de tiempo activo se reduce en una o más etapas decrecientes.

Sumario de la invención

45 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona una red en malla según la reivindicación 12, que comprende un controlador y una pluralidad de dispositivos en red en malla, operables para comunicarse con el controlador; el controlador y la pluralidad de dispositivos en red en malla comprenden unidades de temporización que funcionan para comunicarse de acuerdo con una secuencia de saltos de frecuencia; en donde los dispositivos en red en malla pueden funcionar para cambiar entre un modo de transmisión, en el que son capaces de transmitir mensajes a uno o más dispositivos en red en malla y/o al controlador y en un modo inactivo, en donde no pueden transmitir a o recibir mensajes de uno o más de otros dispositivos en red en malla o del controlador; en donde las unidades de temporización de los dispositivos en red en malla están sincronizadas y los dispositivos en red en malla pueden funcionar para cambiar al modo de transmisión a intervalos de tiempo que tienen un componente pseudoaleatorio.

50 Los intervalos de tiempo que tienen un componente pseudoaleatorio se describen a continuación como "intervalos de tiempo pseudoaleatorios" y pueden estar formados por un componente fijo (es decir, un período de duración fija) y un componente pseudoaleatorio (es decir, un período que tiene una longitud variable que satisface una o más estadísticas prueba de aleatoriedad, pero de hecho se produce mediante un procedimiento matemático definido), que se agrega (o se deduce) del componente fijo. Alternativamente, los intervalos de tiempo pseudoaleatorios pueden estar compuestos enteramente por un componente pseudoaleatorio, pero fijados entre ciertos valores de umbral.

65 Los sistemas FHSS son más difíciles de interceptar, especialmente en tiempo real, que los sistemas de un solo canal, y al cambiar de estado a intervalos de tiempo pseudoaleatorios y al cambiar entre canales de acuerdo con la secuencia de salto de frecuencia, es aún más difícil para un pirata informático interceptar las señales, y especialmente difícil para un pirata informático enviar señales falsas, por ejemplo para desarmar un sistema, ya que

ES 2 901 980 T3

la naturaleza pseudoaleatoria del tiempo de conmutación hace que el pirata informático desconozca cuándo será la próxima transmisión / recepción y en qué canal estará.

5 Los dispositivos en red en malla pueden funcionar para cambiar entre el modo de transmisión, el modo inactivo y un modo de recepción, en el que son capaces de recibir mensajes de uno o más dispositivos de red en malla y/o del controlador. Los dispositivos en red en malla pueden funcionar para cambiar al modo de recepción de acuerdo con la secuencia de salto de frecuencia.

10 Los intervalos de tiempo pseudoaleatorios pueden ser, en promedio, al menos 30 segundos, al menos un minuto, al menos 2 minutos, al menos 10 minutos o al menos 15 minutos.

Los intervalos de tiempo pseudoaleatorios pueden tener valores de umbral mínimos y valores de umbral máximos. El intervalo de tiempo pseudoaleatorio medio puede ser la media del valor umbral mínimo y el valor umbral máximo.

15 Los intervalos de tiempo pseudoaleatorios pueden tener un componente de tiempo fijo y un componente de tiempo pseudoaleatorio (que puede ser positivo o negativo). El intervalo de tiempo medio puede ser el componente de tiempo pseudoaleatorio más el componente de tiempo fijo. Si el componente de tiempo pseudoaleatorio se genera de manera que sea pseudoaleatoriamente positivo o negativo, con el tiempo aumentará o disminuirá el valor fijo en aproximadamente la misma cantidad, por lo que, en promedio, el intervalo de tiempo pseudoaleatorio será igual al componente de tiempo fijo.

Los intervalos de tiempo pseudoaleatorios pueden sincronizarse para que ocurran cuando otros dispositivos de red en malla están en el modo de recepción.

25 Los dispositivos en red en malla pueden cambiar al modo de recepción cada vez que cambian de canal de frecuencia.

30 El tiempo en cada canal en la secuencia de salto de frecuencia, o "tiempo del canal", puede ser idéntico, o el tiempo del canal puede ser diferente para diferentes canales. Pasar un tiempo idéntico en cada canal puede ser el mejor uso de los recursos, ya que el período máximo de tiempo se puede consumir en cada canal y, con el tiempo, se logra una distribución uniforme en todos los canales. Por otro lado, pasar diferentes cantidades de tiempo en cada canal puede dificultar que un pirata informático determine la secuencia, incluso si la secuencia es cíclica. El tiempo del canal no puede ser más de 1 segundo, no más de 0,5 segundos o no más de 0,25 segundos.

35 El tiempo del canal puede ser sustancialmente más corto que el intervalo de tiempo pseudoaleatorio promedio, por ejemplo al menos 10 veces más corto, al menos 50 veces más corto, al menos 100 veces más corto o al menos 200 veces más corto.

40 Esta disposición, por la que las unidades de temporización están sincronizadas y se sigue una secuencia de saltos de frecuencia, significa que no es necesario dedicar tiempo adicional a sincronizar los dispositivos en el dominio de la frecuencia, ya que ya están sincronizados en el dominio del tiempo.

45 La pluralidad de dispositivos en red en malla pueden funcionar para cambiar al modo de recepción y permanecer en un modo de recepción durante un primer período de "activación" predeterminado, y si no se recibe ningún mensaje dentro de ese período, para volver al modo inactivo.

50 El primer período de "activación" predeterminado puede ser corto, por ejemplo menos de 0,1 segundo, menos de 0,05 segundos, o menos de 0,02 segundos, menos de 1 milisegundo, menos de 0,5 milisegundos o menos de 0,25 milisegundos.

55 La pluralidad de dispositivos en red en malla pueden funcionar para cambiar al modo de recepción y permanecer en un modo de recepción durante un primer período de "activación" predeterminado, y si se recibe un mensaje dentro de ese período, para permanecer en un modo de recepción activo (recepción, o transmisión) durante un segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes".

60 El segundo período de "reenvío de mensajes" predeterminado puede ser más largo que el primer período de activación predeterminado. El segundo período de reenvío de mensajes predeterminado puede ser suficientemente largo para recibir y luego reenviar un mensaje. La pluralidad de dispositivos en red en malla puede funcionar para reenviar mensajes cuando los mensajes contienen instrucciones para hacerlo. El segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes" puede ser suficientemente largo para recibir y reenviar un mensaje a otro dispositivo, y para recibir y reenviar un mensaje de reconocimiento de dicho otro dispositivo. La pluralidad de dispositivos en red en malla pueden funcionar para recibir y reenviar un mensaje a otro dispositivo, y para recibir y reenviar un mensaje de reconocimiento de dicho otro dispositivo durante el segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes".

65 El segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes" puede ser inferior a 0,5 segundos, inferior a 0,2 segundos e inferior a 0,05 segundos. El primer período predeterminado de "activación" y el segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes" pueden ser, en total, no más de 1 segundo, o no más de 0,5 segundos.

5 Esta disposición (en la que las unidades de temporización de los dispositivos están sincronizadas y siguen una secuencia de salto de frecuencia) permite que los dispositivos en red en malla se despierten, escuchen brevemente en el canal en el que se recibirían las transmisiones y si no se recibe dicha transmisión, entonces volver al modo inactivo de bajo consumo. El hecho de que los dispositivos en red en malla puedan funcionar para comunicarse de acuerdo con una secuencia de salto de frecuencia y cambiar al modo de transmisión de acuerdo con una secuencia de tiempo pseudoaleatoria, significa que el uso de los canales es pseudoaleatorio.

10 La secuencia de salto de frecuencia puede ser cíclica, la secuencia de salto de frecuencia puede ser cíclica y consecutiva, saltando al siguiente canal consecutivo (hacia arriba o hacia abajo) después de un intervalo de tiempo predeterminado.

15 Alternativamente, la secuencia de salto de frecuencia puede ser cíclica, pero no consecutiva, no necesariamente cambiando de un canal al siguiente canal de frecuencia hacia arriba o hacia abajo, pero siempre siguiendo la misma secuencia de un canal al siguiente canal predeterminado (por ejemplo, siempre moviéndose al canal 4 desde el canal 1).

20 El ciclo de la secuencia de salto de frecuencia puede ser más corto que el componente pseudoaleatorio del intervalo de tiempo pseudoaleatorio.

La secuencia de salto de frecuencia podría ser en sí misma pseudoaleatoria (en cuyo caso cada dispositivo de red en malla tendría que seguir la misma secuencia pseudoaleatoria al mismo tiempo).

25 Una secuencia de salto de frecuencia pseudoaleatoria hace que sea muy difícil para un pirata informático, pero también dificulta la sincronización de los dispositivos. Seguir una secuencia cíclica y confiar en los intervalos de tiempo pseudoaleatorios hace que la sincronización sea más sencilla.

30 La pluralidad de dispositivos en red en malla puede seguir la misma secuencia de salto de frecuencia al mismo tiempo.

Todos los dispositivos en red en malla en la red en malla pueden seguir la misma secuencia de salto de frecuencia al mismo tiempo.

35 El controlador puede comprender un reloj maestro y los dispositivos en red en malla pueden sincronizar sus unidades de temporización con el reloj maestro.

40 Los dispositivos en red en malla y, opcionalmente, el controlador, pueden funcionar para enviar mensajes de reconocimiento que comprenden el canal de frecuencia actual y el tiempo restante en el canal. Esto ayuda a la sincronización, ya que una vez que se conoce el canal y el tiempo restante en el canal, un dispositivo sabe dónde se encuentra en el ciclo a través de los canales.

45 Los dispositivos en red en malla pueden funcionar para recibir mensajes de reconocimiento que comprenden el canal de frecuencia actual de un dispositivo de envío y el tiempo restante en ese canal y pueden compararlo con su canal actual para detectar falta de sincronía con el dispositivo de envío. Los dispositivos en red en malla pueden funcionar para corregir su reloj y/o la sincronización de su salto de frecuencia en base a la comparación con los datos en el mensaje de acuse de recibido.

50 Los dispositivos en red en malla pueden lograr la conmutación al modo de transmisión a intervalos de tiempo pseudoaleatorios conmutando al modo de transmisión de acuerdo con una secuencia de tiempo pseudoaleatoria.

Todos los dispositivos conectados en red en malla pueden cambiar al modo de transmisión de acuerdo con la misma secuencia de tiempo pseudoaleatoria.

55 Los dispositivos en red en malla pueden cambiar adicionalmente al modo de transmisión cuando se les indique que reenvíen un mensaje por otro dispositivo en red en malla, o el controlador. En efecto, esto sigue siendo pseudoaleatorio, ya que las instrucciones para reenviar un mensaje se basarán en una transmisión pseudoaleatoria desde el otro dispositivo en red en malla o el controlador.

60 Los dispositivos en red en malla pueden funcionar con baterías.

La red en malla puede ser una red de alarmas.

Los dispositivos en red en malla pueden comprender sensores.

65 Los dispositivos en red en malla y, opcionalmente, el controlador pueden funcionar para enviar solo paquetes de datos lo suficientemente cortos para caber dentro de un solo canal, por ejemplo menos de 0,5 segundos, menos de 0,1 segundo, o menos de 50 milisegundos, cuando están sincronizados. Los dispositivos que aún no están

sincronizados con la red en malla pueden enviar paquetes de datos más largos para ayudar a unirse a la red en malla.

5 La pluralidad de dispositivos en red en malla pueden funcionar para comunicarse de acuerdo con una secuencia de saltos de frecuencia; en el que los dispositivos en red en malla están dispuestos para cambiar a un modo de recepción durante un primer período de "activación" predeterminado y, opcionalmente, permanecer activos (es decir, en un modo de recepción o transmisión) durante un segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes" en un canal de acuerdo con a la secuencia y cambiar a un modo de recepción durante un tercer período de "comprobación de adquisición" predeterminado y opcionalmente permanecer activo (es decir, en un modo de recepción o transmisión) durante un cuarto período de "emparejamiento" predeterminado en al menos otro canal de adquisición predeterminado.

15 El canal de adquisición puede ser un canal utilizado específicamente para agregar o "emparejar" dispositivos a la red en malla. Por lo tanto, cada vez que un dispositivo en red en malla cambia a un modo activo, puede funcionar para escuchar primero cualquier mensaje en el canal de acuerdo con la secuencia de salto de frecuencia y, si se recibe un mensaje, permanecer activo para transferirlo y, opcionalmente, reenviar en un mensaje de reconocimiento; luego, una vez que ha pasado el primer período predeterminado de "activación" (y opcionalmente el segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes", si se recibe un mensaje, ha pasado), el dispositivo puede funcionar para cambiar al canal de adquisición durante un tercer período predeterminado período de "comprobación de adquisición".

25 El tercer período predeterminado de "comprobación de adquisición" puede ser corto, por ejemplo menos de 0,1 segundo, menos de 0,05 segundos, o menos de 0,02 segundos, menos de 1 milisegundo, menos de 0,5 milisegundos o menos de 0,25 milisegundos.

Si no se recibe ningún mensaje en el canal de adquisición durante el tercer período predeterminado de "comprobación de adquisición", el dispositivo en red en malla puede volver al modo inactivo. Si se recibe un mensaje de un dispositivo no sincronizado, puede permanecer activo en el cuarto período de "emparejamiento" predeterminado y proporcionar datos al dispositivo no sincronizado para que el dispositivo no sincronizado pueda unirse a la red en malla.

35 El cuarto período de "emparejamiento" predeterminado puede ser inferior a un segundo, 0,5 segundos, menos de 0,2 segundos o menos de 0,05 segundos. El primer período predeterminado de "activación", el segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes", el tercer período predeterminado de "comprobación de adquisición" y el cuarto período predeterminado de "emparejamiento" pueden ser, en total, no más de 1 segundo, o no más de 0,5 segundos. Esto puede permitir que la sincronización, o la transmisión de un mensaje al controlador y viceversa, ocurra en un solo canal. Por supuesto, también es posible que la sincronización o la transmisión y el mensaje de reconocimiento se produzcan durante un período más largo en más de un canal.

40 Los dispositivos en red en malla pueden funcionar para solicitar unirse a la red y solicitar datos que comprenden el canal actual en la secuencia de salto de frecuencia y el tiempo restante en ese canal.

45 Los dispositivos en red en malla pueden funcionar para transmitir datos (opcionalmente en respuesta a una solicitud) que comprenden el canal actual en la secuencia de salto de frecuencia y el tiempo restante en ese canal a un dispositivo no sincronizado. Esto permite que el dispositivo no sincronizado se una a la red en malla y se convierta en un dispositivo en red en malla, ya que puede seguir la secuencia de salto de frecuencia y sincronizarse en el tiempo con los dispositivos en red en malla. También puede ayudar a que los dispositivos sincronizados permanezcan sincronizados.

50 Un dispositivo no sincronizado puede ser un dispositivo nuevo, por ejemplo un nuevo sensor que se agrega a una red de alarma, o un dispositivo existente que se ha desincronizado y vuelve a unirse a la red, por ejemplo, un dispositivo alimentado por batería al que se le ha reemplazado la batería.

55 El uso de un canal de adquisición duplica el tiempo que los dispositivos en red en malla permanecen activos si no se reciben mensajes. Sin embargo, esta duplicación es de mucho menos tiempo del que se requeriría si los dispositivos recorrieran todos los canales en modo de recepción en busca de mensajes de dispositivos no sincronizados, o permanecieran activos el tiempo suficiente cada vez para captar un preámbulo de un dispositivo no sincronizado que circula a través de cada canal en modo de transmisión, para asegurar una conexión.

60 Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo en red en malla para uso en una red en malla que comprende un controlador y una pluralidad de dispositivos en red en malla, que funcionan para comunicarse con el controlador; el dispositivo se puede conectar a una red en malla que comprende una unidad de temporización y que puede funcionar para comunicarse de acuerdo con una secuencia de salto de frecuencia; en el que el dispositivo en red en malla puede funcionar para cambiar entre un modo de transmisión, en el que es capaz de transmitir mensajes a uno o más dispositivos en red en malla y/o al controlador y en un modo inactivo, en el que no puede transmitir a o recibir mensajes de uno o más de otros dispositivos en red en malla o del controlador; en el que el dispositivo en red en malla funciona para sincronizar su unidad de temporización con los dispositivos en red

en malla (y/o el controlador) y funciona para cambiar al modo de transmisión a intervalos de tiempo pseudoaleatorios.

5 El dispositivo de red en malla según el segundo aspecto de la invención puede comprender cualquiera de las características del primer aspecto de la invención.

10 Según un tercer aspecto de la invención, se proporciona un controlador para controlar dispositivos en red en malla en una red en malla; comprendiendo el controlador una unidad de temporización, que puede funcionar para comunicarse de acuerdo con una secuencia de salto de frecuencia; en el que los dispositivos en red en malla pueden funcionar para cambiar entre un modo de transmisión, en el que son capaces de transmitir mensajes a uno o más dispositivos en red en malla y/o al controlador y en un modo inactivo, en el que no pueden transmitir a o recibir mensajes de uno o más de otros dispositivos en red en malla o del controlador; en el que el controlador se puede funcionar para sincronizar las unidades de temporización de los dispositivos en red en malla con su unidad de temporización, de modo que los dispositivos en red en malla puedan funcionar para cambiar al modo de transmisión a intervalos de tiempo pseudoaleatorios sincronizados.

15 El controlador puede funcionar para transmitir mensajes que comprenden datos que incluyen el tiempo que queda en el canal en la secuencia de salto de frecuencia.

20 El controlador puede funcionar para transmitir mensajes que comprenden datos que incluyen el canal actual en la secuencia de salto de frecuencia.

25 El controlador puede comprender cualquiera de las características descritas en relación con el primer aspecto de la invención.

30 Según un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un método para hacer funcionar un dispositivo en red en malla para transmitir datos en una red en malla que comprende un controlador y una pluralidad de dispositivos en red en malla, que funcionan para comunicarse con el controlador; el método comprende comunicarse de acuerdo con una secuencia de saltos de frecuencia; en el que el dispositivo en red en malla cambia entre un modo de transmisión, en el que es capaz de transmitir mensajes a uno o más dispositivos en red en malla y/o al controlador, y un modo inactivo, en el que no puede transmitir o recibir mensajes desde uno o más dispositivos conectados en red en malla o el controlador; además el método comprende sincronizar unidades de temporización del dispositivo en red en malla con unidades de temporización de otros dispositivos en red en malla y/o el controlador y que comprende cambiar al modo de transmisión a intervalos de tiempo pseudoaleatorios.

35 El método puede comprender cambiar entre el modo de transmisión, el modo inactivo y un modo de recepción, en el que el dispositivo en red en malla es capaz de recibir mensajes de uno o más dispositivos en red en malla y/o el controlador. El método puede comprender cambiar al modo de recepción de acuerdo con la secuencia de salto de frecuencia.

40 Los intervalos de tiempo pseudoaleatorios pueden ser, en promedio, al menos 30 segundos, al menos un minuto, al menos 2 minutos, al menos 10 minutos o al menos 15 minutos.

45 El método puede comprender transmitir a intervalos de tiempo pseudoaleatorios que se sincronizan para que se produzcan cuando otros dispositivos de red en malla están en el modo de recepción. Esto se puede lograr calculando los intervalos de tiempo pseudoaleatorios de manera que sean siempre un múltiplo del tiempo que se pasa en cada canal, de modo que siempre terminen cuando cambia el canal (si los dispositivos en red en malla siempre reciben cuando cambia el canal). Alternativamente, el intervalo de tiempo pseudoaleatorio no necesita ser un múltiplo del tiempo pasado en cada canal, pero el dispositivo puede esperar un intervalo de tiempo pseudoaleatorio y luego retrasar más la transmisión hasta que las otras redes malladas estén en modo de recepción.

50 El método puede comprender cambiar al modo de recepción cada vez que el canal de frecuencia cambia de acuerdo con la secuencia de salto de frecuencia.

55 El tiempo en cada canal en la secuencia de salto de frecuencia puede ser idéntico, o la cantidad de tiempo en cada canal puede ser diferente para diferentes canales. Pasar un tiempo idéntico en cada canal puede ser el mejor uso de los recursos, ya que el período de tiempo máximo se puede gastar en cada canal; con el tiempo, también logra una buena distribución en el espectro de frecuencias. El tiempo en cada canal no puede ser más de 1 segundo, no más de 0,5 segundos o no más de 0,25 segundos.

60 El tiempo en cada canal puede ser sustancialmente más corto que el intervalo de tiempo pseudoaleatorio promedio, por ejemplo al menos 10 veces más corto, al menos 50 veces más corto, al menos 100 veces más corto o al menos 200 veces más corto.

65 El método puede comprender cambiar al modo de recepción y permanecer en un modo de recepción durante un primer período de "activación" predeterminado, y si no se recibe ningún mensaje dentro de ese período, volver al modo inactivo.

- 5 El primer período de "activación" predeterminado puede ser corto, por ejemplo menos de 0,1 segundo, menos de 0,05 segundos, menos de 0,02 segundos, menos de 1 milisegundo, menos de 0,5 milisegundos o menos de 0,25 milisegundos.
- 10 El método puede comprender cambiar al modo de recepción y permanecer en el modo de recepción durante un primer período de "activación" predeterminado, y si se recibe un mensaje dentro de ese período, permanecer en un modo activo (recibir o transmitir) durante un segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes".
- 15 El segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes" puede ser más largo que el primer período predeterminado de "activación". El segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes" puede ser suficientemente largo para recibir y luego reenviar un mensaje. El método puede comprender el reenvío de mensajes desde un dispositivo en red en malla y/o el controlador a otro dispositivo en red en malla y/o el controlador donde los mensajes contienen instrucciones para hacerlo. El segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes" puede ser suficientemente largo para recibir y reenviar un mensaje a otro dispositivo, y para recibir y reenviar un mensaje de reconocimiento de dicho otro dispositivo. El método puede comprender recibir y reenviar un mensaje a otro dispositivo, y recibir y reenviar un mensaje de reconocimiento de dicho otro dispositivo.
- 20 El segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes" puede ser inferior a 0,5 segundos, inferior a 0,2 segundos e inferior a 0,05 segundos. El primer período predeterminado de "activación" y el segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes" pueden ser, en total, no más de 0,5 segundos, o no más de un segundo.
- 25 El método puede comprender despertar, escuchar brevemente en el canal en el que se recibirán las transmisiones y, si no se recibe dicha transmisión, volver al modo inactivo (de baja potencia).
- 30 El método puede comprender un ciclo a través de los canales de acuerdo con la secuencia de salto de frecuencia, y puede comprender un ciclo a través de los canales consecutivamente, saltando al siguiente canal consecutivo (hacia arriba o hacia abajo) después de un intervalo de tiempo predeterminado.
- 35 El dispositivo en red en malla puede seguir la misma secuencia de salto de frecuencia al mismo tiempo que otros dispositivos (opcionalmente todos los demás) en la red en malla.
- 40 El método puede comprender sincronizar la unidad de temporización del dispositivo en red en malla con un reloj maestro, que se puede proporcionar en el controlador.
- 45 El método puede comprender enviar mensajes de reconocimiento que comprenden el canal de frecuencia actual y el tiempo restante en el canal.
- 50 El método puede comprender recibir uno o más mensajes de reconocimiento que comprenden el canal de frecuencia actual de un dispositivo de envío y el tiempo restante en ese canal, compárelo con el tiempo restante en el canal actual para detectar falta de sincronía con el dispositivo de envío. El método puede comprender corregir una unidad de temporización interna y/o la temporización de sus saltos de frecuencia basándose en la comparación con los datos en los mensajes de reconocimiento.
- 55 El método puede comprender cambiar al modo de transmisión según una secuencia de tiempo pseudoaleatoria.
- 60 El método puede comprender cambiar al modo de transmisión de acuerdo con la misma secuencia de tiempo pseudoaleatoria que otros dispositivos de red en malla en la red en malla.
- 65 El método puede comprender además cambiar al modo de transmisión cuando se le indique que reenvíe un mensaje mediante otro dispositivo en red en malla, o el controlador. En efecto, esto sigue siendo pseudoaleatorio, ya que las instrucciones para reenviar un mensaje se basarán en una transmisión pseudoaleatoria desde el otro dispositivo en red en malla o el controlador.
- El dispositivo de red en malla puede funcionar con batería.
- El dispositivo de red en malla puede ser un dispositivo de alarma.
- El dispositivo en red en malla puede comprender uno o más sensores.
- El método puede comprender solo enviar paquetes de datos lo suficientemente cortos para caber dentro de un solo canal, por ejemplo de 0,5 segundos, menos de 0,1 segundo, o menos de 50 milisegundos, cuando los dispositivos en red en malla están sincronizados.
- El método puede comprender cambiar a un modo de recepción durante un primer período de "activación" predeterminado y, opcionalmente, permanecer activo (es decir, en un modo de recepción o transmisión) durante un segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes" en un canal de acuerdo con la secuencia y conmutar

hacia un modo de recepción durante un tercer período predeterminado de "comprobación de adquisición" y opcionalmente permanecer activo (es decir, en un modo de recepción o transmisión) durante un cuarto período de "emparejamiento" predeterminado en al menos otro canal de adquisición predeterminado.

5 El canal de adquisición puede ser un canal utilizado específicamente para agregar dispositivos a la red en malla. Por lo tanto, el método puede comprender, cada vez que un dispositivo en red en malla cambia a un modo activo, primero escuchar cualquier mensaje en el canal de acuerdo con la secuencia de salto de frecuencia y, si se recibe un mensaje, permanecer activo para transferirlo y, opcionalmente, reenviar en un mensaje de reconocimiento; luego, una vez que ha pasado el primer período predeterminado de "activación" (y, opcionalmente, el segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes", si se recibe un mensaje, ha pasado) cambiar al canal de adquisición durante un tercer período predeterminado de "comprobación de adquisición".

10 El tercer período predeterminado de "comprobación de adquisición" puede ser corto, por ejemplo de menos de 0,1 segundo, menos de 0,05 segundos o menos de 0,02 segundos, menos de 1 milisegundo, menos de 0,5 milisegundos o menos de 0,25 milisegundos.

15 Si no se recibe ningún mensaje en el canal de adquisición durante el tercer período predeterminado de "comprobación de adquisición", el método puede comprender volver al modo inactivo. Si se recibe un mensaje de un dispositivo no sincronizado, el método puede comprender permanecer activo en el cuarto período de "emparejamiento" predeterminado y proporcionar datos al dispositivo no sincronizado para que el dispositivo no sincronizado pueda unirse a la red en malla.

20 El cuarto período de "emparejamiento" predeterminado puede ser inferior a 0,5 segundos, inferior a 0,2 segundos e inferior a 0,05 segundos. El primer período predeterminado de "activación", el segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes", el tercer período predeterminado de "comprobación de adquisición" y el cuarto período predeterminado de "emparejamiento" pueden ser, en total, no más de 1 segundo o no más de 0,5 segundos. Esto puede permitir que la sincronización, o la transmisión de un mensaje al controlador y viceversa, ocurra en un solo canal. Por supuesto, también es posible que la sincronización o la transmisión y el mensaje de reconocimiento se produzcan durante un período más largo en más de un canal.

25 El método puede comprender enviar una solicitud para unirse a la red y solicitar datos que comprenden el canal actual en la secuencia de salto de frecuencia y el tiempo restante en ese canal.

30 El método puede comprender transmitir datos (opcionalmente en respuesta a una solicitud) que comprenden el canal actual en la secuencia de salto de frecuencia y el tiempo restante en ese canal a un dispositivo no sincronizado.

35 Obviamente, el dispositivo en red en malla del segundo aspecto de la invención puede funcionar para llevar a cabo el método del cuarto aspecto de la invención, incluyendo cualquier característica opcional.

40 De hecho, cualquier característica definida en el presente documento se puede combinar con cualquier otra característica, a menos que sean mutuamente excluyentes, independientemente de si dichas características combinadas se definen en relación con otras características adicionales; es decir, las características opcionales o preferidas se pueden combinar sin incluir necesariamente también todas las características de las afirmaciones de invención a las que se refieren; de la misma manera, cualquier característica de la descripción específica se puede combinar en nuevas reivindicaciones.

Descripción detallada de la invención

45 Para que la invención se entienda más claramente, se describirán ahora realizaciones de la misma, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en las cuales:

La figura 1 es un diagrama esquemático de una red en malla de acuerdo con la invención.

50 La figura 2 es un diagrama esquemático de un controlador de la red en malla de la figura 1.

La figura 3 es un diagrama esquemático de un dispositivo en red en malla de la figura 1.

55 La figura 4 es un gráfico que muestra el movimiento entre canales de frecuencia a lo largo del tiempo en la red en malla según la figura 1.

La figura 5a y 5b son gráficos que muestran transmisiones entre dispositivos en la red en malla de la figura 1.

60 La figura 6 es otro gráfico que muestra las transmisiones entre los dispositivos y el controlador en la red en malla de la figura 1.

La figura 7 es otro gráfico que muestra las transmisiones entre un dispositivo y el controlador en la red en malla de la figura 1.

5 La figura 8 es otro gráfico más que muestra las transmisiones entre los dispositivos y el controlador en la red en malla de la figura 1.

10 Con referencia a las figuras, en particular a la figura 1, se muestra un ejemplo de una red en malla 1 de acuerdo con la invención. La red en malla 1 se describe en el contexto de un sistema de alarma, pero los expertos en la materia apreciarán que la invención se podría usar en muchas otras aplicaciones.

15 La red en malla 1 comprende un controlador 2 y una serie de dispositivos 3 en red en malla, o nodos. Los dispositivos en red en malla 3 están organizados en una serie de zonas sobre la base del número mínimo de dispositivos requeridos para reenviar un mensaje desde ellos al controlador 2. Por lo tanto, un dispositivo 3 de la zona 1 puede comunicarse directamente con el controlador 2, un dispositivo 3 de la zona 2 solo puede comunicarse con el controlador 2 a través de al menos otro dispositivo en red en malla (zona 1), y un dispositivo 3 de la zona 3 solo puede comunicarse con el controlador 2 a través de al menos otros dos dispositivos en red en malla 3 (uno en la zona 2 y el otro en zona 1).

20 Una red en malla 1 es una topología de red en la que cada nodo transmite datos para la red. Todos los dispositivos en red en malla 3 cooperan en la distribución de datos en la red.

La red en malla 1 de la invención usa una técnica de enrutamiento para propagar mensajes entre el controlador y los dispositivos en red en malla.

25 En esta realización, los mensajes se envían a lo largo de las rutas que requieren el menor número de retransmisiones; por lo tanto, en la figura, cada nodo 3 en la zona 2 ó 3 está conectado a un nodo en una zona más interna (zona 1 ó 2) con un línea completa, indicando una ruta preferida. También se muestran líneas punteadas, que indican dónde la intensidad de la señal es suficiente para la comunicación con otros nodos, pero las rutas a lo largo de las líneas punteadas no se utilizarán a menos que una ruta preferida falle y la red en malla se recupere automáticamente.

30 El controlador 2 incluye un concentrador 4, que controla los dispositivos en red en malla 3, recibiendo mensajes de sondeo periódicos de ellos, para verificar que sean funcionales, armándolos y recibiendo mensajes de ellos relacionados con cambios de estado, por ejemplo datos del sensor, que por supuesto se generan aleatoriamente.

35 El controlador 2 también incluye una interfaz de datos 5, a través de la cual se comunica con un panel de seguridad 6, un dispositivo informático [computador] 7, que controla la aplicación 8 (por ejemplo, en un teléfono inteligente o similar), para comunicarse con un usuario, por ejemplo, para recibir señales de armado / desarmado a través de cualquiera de los paneles de seguridad 6, dispositivo informático 7, aplicación de control 8 (por ejemplo, en un teléfono inteligente o similar), y para enviar alertas a un usuario a través de los mismos dispositivos, o a través de los dispositivos a otros partes (como a través del panel de seguridad a la fuerza policial, o una empresa de seguridad privada, o una sonda externa, no mostrada).

40 Tal y como se muestra en la figura 2, el concentrador 4 del controlador 2 comprende una fuente de alimentación 10, típicamente una fuente de alimentación externa, con baterías / condensadores de respaldo incorporados, un microcontrolador 11, programado para procesar señales recibidas y enviadas por el controlador 2, y circuitos 12 de memoria intermedia, a través de la cual el concentrador 4 envía señales y recibe señales de la interfaz 5 de datos.

45 Además, el concentrador 4 comprende un transceptor 13, a través del cual (a través de la antena 14) el controlador envía y recibe señales para intercambiar mensajes con los dispositivos en red en malla 3. El microcontrolador 11 también está conectado a una unidad de temporización 15, que incluye un reloj de cristal, para mantener un reloj maestro.

50 Al igual que el controlador 2, los dispositivos en red en malla 3, que se muestran en la figura 3, comprenden un microcontrolador 16 para procesar las señales enviadas y recibidas por el dispositivo en red en malla, una unidad de temporización 17 que incluye un cristal de reloj, para mantener el tiempo de forma independiente, y un transceptor 18 a través del cual (a través de la antena 19) los dispositivos en red en malla 3 envían y reciben señales para intercambiar mensajes con otros dispositivos en red en malla 3 y / o el controlador 2. Como el controlador 2, los dispositivos de red en malla 3 tienen circuitos intermedios 20, pero en este caso, los circuitos intermedios se proporcionan para interpretar las señales recibidas de un sensor 21, como un sensor de luz, un sensor de puerta [o entrada] o similar.

55 Los dispositivos 3 en red en malla de esta realización de la invención son dispositivos inalámbricos alimentados por batería, por lo tanto, mientras que el controlador 2 está provisto de una fuente de alimentación externa con respaldo de batería, los dispositivos 3 en red en malla comprenden baterías 22. Suministrar la energía mediante una batería, en vez de energía externa, hace que configurar una red en malla 1 (es decir, instalar los dispositivos en red en malla 3) sea mucho más sencillo, pero significa que es muy deseable un bajo consumo de energía.

5 La red en malla 1 de la invención está dispuesta para comunicarse utilizando una técnica de comunicación de espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS). Por consiguiente, los microcontroladores 11, 16 del controlador 2 y los dispositivos en red en malla 3 están programados para cambiar entre diferentes canales de acuerdo con una secuencia que es la misma para cada dispositivo 3 en red en malla en la red en malla 1 y para el controlador 2. Los dispositivos 3 y el controlador 2 cambian entre canales después de un intervalo de tiempo predeterminado (que puede ser, por ejemplo, el período máximo permitido en un solo canal según, por ejemplo, las regulaciones de la FCC).

10 La secuencia de salto de frecuencia puede ser cíclica. En aras de la explicación, la secuencia de salto de frecuencia en la realización de la invención es cíclica y consecutiva, saltando al siguiente canal consecutivo después de un intervalo de tiempo predeterminado.

15 La figura 4 muestra un primer ejemplo de una disposición de la red en malla 1 de la invención, en la que cada dispositivo 3 en red en malla y el controlador funcionan para cambiar entre 10 canales de frecuencia. En el ejemplo que se muestra, los interruptores pasan por cada canal de Ch0 a Ch9, pasando 0,5 segundos en cada canal y regresando al canal Ch0 después de 5 segundos, para repetir el ciclo.

20 Es más típico utilizar un mayor número de canales, por lo que un segundo ejemplo descrito con referencia a la figura 5 se refiere a un sistema de 50 canales. En este sistema, nuevamente, se puede ver que cada dispositivo en red en malla y el controlador recorren cada canal comenzando en el canal Ch0 en el tiempo T0. Las unidades de temporización 17 de todos los dispositivos 3 en red en malla están sincronizadas con el mismo reloj maestro que se encuentra en la unidad de temporización 15 del controlador 2, por lo que el tiempo T0 es el mismo para todos los dispositivos, y todos los dispositivos pasan por los canales consecutivamente, pasar tardando 0,5 segundos en cada canal y, por lo tanto, vuelven al canal Ch0 después de 25 segundos, 50 segundos, 75 segundos y así sucesivamente. Por supuesto, los expertos en la materia apreciarán que los microcontroladores podrían incorporar unidades de temporización integradas, que podrían mantener el tiempo sobre la base de cristales de reloj asociados.

30 La figura 5a ilustra una primera transmisión de mensaje que se envía desde un primer dispositivo 3 en red en malla después de 10 segundos, que por lo tanto se envía en el canal Ch20 y, por lo tanto, será recibido por otro dispositivo 3 en red en malla y/o el controlador 2 ya que también han cambiado al canal Ch20 para recibir (ya que han pasado 10 segundos desde T0 y se habrá incrementado un canal cada 0,5 segundos). Después de un intervalo de tiempo pseudoaleatorio, se envía una segunda transmisión de paquete de datos desde el primer dispositivo en red en malla 3. En este ejemplo, el intervalo de tiempo pseudoaleatorio es 137,5 segundos más tarde (a 147,5 segundos de T0), por lo que los dispositivos han completado 5 ciclos completos a través de los 50 canales (en el espacio de 125 segundos) y han incrementado otros 25 canales durante los 12,5 segundos adicionales.

40 Para quienes están fuera del sistema, la elección del canal Ch45 para el segundo mensaje parece aleatoria e impredecible, ya que sin ningún conocimiento de la secuencia de salto de frecuencia (en términos del orden en el que se saltan los canales o la duración en cada canal), es imposible saber por qué después de 137,5 segundos la transmisión está en el canal Ch45. Asimismo, es imposible saber por qué se produjo la segunda transmisión después de 137,5 segundos.

45 La provisión de un recorrido [ciclo] de salto de frecuencia que se completa durante un período mucho más corto que el intervalo de tiempo pseudoaleatorio también dificulta, si no imposible, para un pirata informático, calcular el ciclo y seguirlo.

50 Como se muestra en la figura 5b, en un ejemplo, el intervalo de tiempo pseudoaleatorio tiene un componente fijo A que tiene un período en este ejemplo particular de 125 segundos y un componente variable pseudoaleatorio B, en esta realización de +/- 20 segundos. El resultado es el mismo que un intervalo de tiempo pseudoaleatorio que tiene solo un componente pseudoaleatorio, pero ese componente tiene un umbral inferior de 105 segundos y un umbral superior de 145 segundos.

55 En la práctica, el componente fijo A, o el umbral inferior, debe establecerse lo más alto posible para un uso mínimo de energía, y ese período de tiempo dependerá del uso particular. En un sistema de alarma, es concebible un período de tiempo de hasta 15 minutos entre votaciones. Si el componente pseudoaleatorio B (o el umbral superior menos el umbral inferior) se establece lo más bajo posible, siendo al menos igual a la duración de un ciclo completo de la secuencia (25 segundos en un sistema de 50 canales que pasa 0,5 segundos en cada canal), para un pirata informático, el sistema puede parecer incluso regular, pero con un margen de error (de +/- 12,5 segundos en este ejemplo).

60 La figura 6 ilustra la transmisión exitosa de un mensaje de acuerdo con el segundo ejemplo discutido anteriormente. El mensaje es un mensaje de información que contiene información, por ejemplo, una actualización de estado, por ejemplo indicar que el dispositivo está armado, desde un dispositivo 3 de red en malla de la zona 3 al controlador 2; la figura 6 también ilustra la devolución de un mensaje de reconocimiento. El mensaje incluirá la dirección, u otro identificador para el dispositivo de origen 3, de modo que el controlador sepa qué dispositivo lo envió y tiene una dirección para enviar un mensaje de reconocimiento.

Si bien todos los dispositivos 3 de esta realización tienen la misma construcción, en este ejemplo, un dispositivo en la zona 1 se indica con 3a, un dispositivo en la zona 2 se indica con 3b y un dispositivo en la zona 3 se indica con 3c.

5 En este ejemplo, un tiempo pseudoaleatorio después de que se envió / recibió el último mensaje, pero inmediatamente después de cambiar a un nuevo canal, un dispositivo 3c de la zona 3 pasa a un estado activo y envía un mensaje de información a un dispositivo 3b en red en malla de la zona 2 en canal Ch16, que es el canal dictado por la secuencia de salto de frecuencia en ese momento. Dado que todas las unidades de temporización 15, 17 están sincronizadas, el dispositivo 3b de red en malla de la zona 2 también está activo en el momento en que cambia de canal y escucha en el canal Ch16 y recibe el mensaje del dispositivo 3c de la zona 3. Habiendo comenzado a recibir un mensaje en el primer período de "activación" predeterminado después de encender (es decir, haber recibido el preámbulo), el dispositivo de la zona 2 permanece activo durante un segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes", hasta que haya recibido el mensaje completo.

15 Cada dispositivo de red en malla 3 puede funcionar para permanecer en el modo de recepción solo durante un breve primer período predeterminado de "activación" de 0,5 milisegundos si no recibe un mensaje, por lo que el dispositivo 3b de red en malla de la zona 2 no envía inmediatamente en el mensaje al dispositivo 3a de red en malla de la zona 1, porque el mensaje tiene una duración aproximada de 50 milisegundos (es decir, 0,05 segundos) y el dispositivo 20 3a de la zona 1 habrá pasado al modo de recepción, no habrá recibido nada y habrá vuelto a su estado inactivo para cuando el mensaje sea recibido por el dispositivo 3b de la zona 2. Por consiguiente, el dispositivo 3b de la zona 2 envía el mensaje al dispositivo 3a de la zona 1 cuando ambos están dispuestos y listos para escuchar a continuación, en el canal siguiente, es decir, en el canal Ch17, medio segundo después de que se despertaron por última vez.

25 Habiendo reenviado un mensaje, el dispositivo 3c de la zona 3 funciona para permanecer en el estado activo, en el modo de recepción cuando se vuelve activo en el siguiente canal Ch17, para esperar un mensaje de reconocimiento. De manera similar, después de reenviar el mensaje al dispositivo 3a de la zona 1, el dispositivo 3b de la zona 2 permanece en el modo de recepción, esperando un mensaje de reconocimiento.

30 Habiendo recibido el mensaje del dispositivo 3b de la zona 2, el dispositivo 3a de la zona 1 lo reenvía al controlador 2. El controlador 2 está siempre activo, ya sea en el modo de transmisión o en el modo de recepción, ya que tiene una fuente de alimentación externa 10 y no es necesario conservar energía. En consecuencia, el dispositivo de la zona 1 envía el mensaje, aunque el primer período de "activación" predeterminado (de 0,5 milisegundos) ha expirado y permanece activo para recibir un mensaje de reconocimiento.

35 El controlador 2 procesa el mensaje y prepara un mensaje de reconocimiento con las instrucciones adecuadas. El mensaje de reconocimiento comprende una indicación del canal que está usando el controlador 2 y el tiempo restante en ese canal. El dispositivo 3a de la zona 1 recibe el mensaje de reconocimiento y lo reenvía inmediatamente al dispositivo 3b de la zona 2, proporcionando también una indicación del canal en el que se encuentra (el dispositivo 3a de la zona 1) y cuánto tiempo queda en ese canal. El dispositivo 3a de la zona 1 compara el tiempo que el controlador 2 ha dejado el canal con el tiempo que le queda en el canal y sincroniza su reloj 17 si es necesario (es decir, si los tiempos no coinciden o están fuera de un margen de error, por ejemplo 2 milisegundos). Luego cambia al estado inactivo.

45 El dispositivo 3b de la zona 2 ha permanecido activo, por lo que recibe el mensajes de reconocimiento en el canal Ch17 y lo reenvía inmediatamente al dispositivo 3c de la zona 3, agregando también al mensaje una indicación del canal en que (el dispositivo 3b de la zona 2) está y el tiempo que queda en ese canal Ch17. El dispositivo 3b de la zona 2 compara el tiempo que el dispositivo 3a de la zona 1 y/o el controlador 2 ha dejado su canal Ch17 con el tiempo que le queda en el canal Ch 17 y sincroniza su unidad de temporización 17 si es necesario (es decir, si los tiempos no coinciden o están fuera de un margen de error, por ejemplo, 2 milisegundos). Luego cambia al estado inactivo.

50 El dispositivo 3c de la zona 3 ha permanecido activo, por lo que recibe el mensajes de reconocimiento en el canal Ch17 y toma cualquier acción necesaria como se indica en el mensaje del controlador 2. También compara el tiempo que el dispositivo 3b de la zona 2 y/o el controlador 2 ha dejado su canal con el tiempo que le queda en el canal y sincroniza su unidad de temporización 17 si es necesario (es decir, si los tiempos no coinciden, o están fuera de un margen de error, por ejemplo 2 milisegundos). Luego cambia al estado inactivo.

55 Un tercer ejemplo de una forma de funcionamiento de la red en malla 1 de acuerdo con la invención se describe con referencia a la figura 7. En este ejemplo, además de enviar mensajes de acuerdo con el método establecido en el segundo ejemplo, en donde los canales son recorridos en ciclos y se les ingresa un modo de recepción en un nuevo canal cada 0,5 segundos y los mensajes se transmiten a intervalos de tiempo pseudoaleatorios, cada dispositivo en red en malla 3, y el controlador 2 escucha en un canal de adquisición, Ch0 para cualquier dispositivo 3 de red en malla no sincronizado que desee para unirse a la red en malla 1.

60 La figura 7 muestra solo un controlador 2 y un único dispositivo 3 dentro del alcance del controlador 2.

En este ejemplo, el controlador 2 funciona para escuchar (es decir, recibir) en el canal Ch0 cada 0,05 segundos, ya que está alimentado externamente. Por otro lado, los dispositivos 3 en red en malla, solo escuchan en el canal Ch0 cada vez que se activan y entran en modo de recepción (cada vez que cambian de canal según la secuencia de salto de frecuencia), y transmiten en el canal Ch0 siempre que no estén sincronizados; transmitiendo un mensaje con una solicitud para unirse, a fin de unirse a la red en malla 1. En este ejemplo, el controlador está en el canal Ch35 en el ciclo a través de la secuencia de salto de frecuencia, cuando recibe una señal en el canal Ch0.

En este ejemplo, el dispositivo 3 de red en malla no sincronizado se enciende a 0,175 segundos y envía inmediatamente una solicitud en el canal Ch0 para unirse a la red, luego permanece en modo de recepción en el canal Ch0 esperando una respuesta. Esta solicitud se recibe la próxima vez que el controlador 2 se configura para recibir en el canal Ch0, es decir, a 0,2 segundos. Habiendo recibido la solicitud de unión del dispositivo 3 de red en malla, el controlador 2 verifica que el dispositivo 3 de red en malla sea un dispositivo de red en malla destinado al sistema, comparando un número de identificación, por ejemplo, y habiendo verificado el dispositivo 3 de la conexión en red en malla, el controlador 2 envía un mensaje de reconocimiento en el canal Ch0 que nuevamente comprende una indicación del canal que se está utilizando (Ch35) y el tiempo que le queda en ese canal.

Al recibir ese mensaje de reconocimiento, el dispositivo 3 de red en malla se configura a sí mismo, configurando la unidad de temporización 17 de acuerdo con el tiempo restante en el canal y configurando la posición en la secuencia de salto de frecuencia almacenada en el dispositivo 3 al canal Ch35 indicado por el controlador 2. El dispositivo 3 de red en malla envía entonces un mensaje de confirmación en el canal 35 correcto en la secuencia de salto de frecuencia confirmando que está sincronizado en tiempo y frecuencia.

Ahora que el dispositivo 3 de red en malla está sincronizado en tiempo y frecuencia, seguirá la secuencia de salto de frecuencia y, por lo tanto, estará en el mismo canal al mismo tiempo que todos los demás dispositivos 3 en red en malla en la red 1 en malla (que siguen la misma secuencia de salto de frecuencia), en este ejemplo, saltando (y entrando en el modo de recepción en) el Canal 36 en $T = 0,5$ segundos, al Canal 37 en $T = 1$ segundo y así sucesivamente. En consecuencia, puede intercambiar mensajes con otros dispositivos 3 en red en malla que están dentro del alcance, así como con el controlador 2, y por lo tanto se integra en la red 1 en malla.

Otro ejemplo de la forma en que funciona la red 1 en malla para sincronizar los dispositivos 3 en red en malla se describe con referencia a la figura 8. En este ejemplo, un dispositivo 3b en la zona 2 se ha desincronizado, por ejemplo porque se reemplazó su batería 22 (la misma técnica funcionaría para un nuevo dispositivo 3 que se une a la zona 2). De nuevo en este ejemplo, la red en malla 1 (incluido el controlador 2 y todos los dispositivos 3 de red en malla) se pueden hacer funcionar para usar un canal de adquisición Ch0, además de los canales Ch 1-49, usados para la comunicación a intervalos pseudoaleatorios.

El dispositivo (3a) de la zona 1 de la red en malla y el controlador 2 funcionan normalmente, con el dispositivo 3a en red en malla cambiando de canal en secuencia, entrando brevemente en el modo de recepción y cambiando a un estado inactivo cuando no se recibe ningún mensaje; el dispositivo 3a en red en malla, tal y como se mencionó anteriormente, también escucha en el canal de adquisición Ch0 cada vez que está activo, después de escuchar en el canal predeterminado en la secuencia y antes de volverse inactivo. En este ejemplo, en T_0 , el dispositivo 3a de la zona 1 en red en malla y el controlador 2 están en el canal Ch26. El gráfico comienza poco antes de que se encienda el dispositivo 3b en la zona 2, por lo que, al no haber escuchado nada en Ch0 o Ch26, el dispositivo 3a se vuelve inactivo después de 1 milisegundo (0,5 milisegundos en Ch26 y 0,5 milisegundo en Ch0). El controlador permanece activo, cambiando frecuentemente entre Ch26 y Ch0 escuchando mensajes.

Cuando el dispositivo 3b de red en malla no sincronizado se enciende (a $T = 0,2$ milisegundos), transmite inmediatamente en Ch0, enviando una solicitud para unirse a la red 1. Como el dispositivo está fuera del rango del controlador 2, este mensaje no es recibido por el controlador 2, aunque está escuchando en Ch0. Por lo tanto, solo en $T = 0,5005$ segundos cuando el dispositivo 3a de la zona 1 se ha despertado, escuchado en el canal Ch27 (el siguiente en la secuencia) y ha cambiado al canal de adquisición Ch0, el mensaje del dispositivo 3b de la zona 2 no sincronizada es recibido por el dispositivo 3a de la zona 1. Habiendo recibido el mensaje, el dispositivo de la zona 1, lo reenvía al controlador 2 en el canal Ch0 (por supuesto, el dispositivo 3a de la red en malla podría usar el canal Ch27 en la secuencia, sabiendo que el controlador estará escuchando en ese canal (Ch27) también).

El controlador 2 verifica que el dispositivo 3b de la zona 2 que se ha desincronizado es un dispositivo 3 de red en malla según el sistema y envía un acuse de recibo en el canal Ch0 destinado al dispositivo 3b de la zona 2 (dirigido a él) que comprende los detalles de la corriente canal Ch27 y la cantidad de tiempo restante en el canal Ch27. El dispositivo 3a de la zona 1 recibe el mensaje de reconocimiento y lo reenvía al dispositivo 3b de la zona 2. Por lo tanto, el dispositivo 3b de la zona 2 puede actualizar su reloj interno 17 y sincronizarse con la red en malla 1. Ahora que el dispositivo 3b de la zona 2 se ha convertido en un dispositivo 3 de red en malla sincronizada, puede comunicarse con los otros dispositivos 3 en la red en malla 1, para seguir la secuencia, recibir comunicaciones de otros dispositivos 3 en el canal correcto en la secuencia en el momento correcto y transmitir mensajes (por ejemplo, incluyendo datos de sensores o datos de estado) a intervalos pseudoaleatorios en el canal correcto.

Por supuesto, las deliberaciones anteriores generalmente se refieren a la transmisión de mensajes de tipo sondeo, no sensibles al tiempo, en los que los nodos se "registran". Sin embargo, especialmente en el contexto de un sistema de alarma en red en malla, es de esperar que, además de los mensajes que no son sensibles al tiempo y se envían a intervalos pseudoaleatorios, habrá más mensajes de alarma, generados en momentos aleatorios (cuando se activa un sensor), que, por supuesto, se enviarán de inmediato, sin esperar un intervalo de tiempo pseudoaleatorio predeterminado. En cambio, los mensajes de alarma se enviarán en el canal apropiado en el momento en que se activen los dispositivos de red en malla. Por ejemplo, si el canal es CH30 y el primer período de "activación" predeterminado para recibir mensajes ha expirado en ese canal, el mensaje de alarma se enviará en el siguiente canal de la secuencia, CH31, durante el siguiente primer período predeterminado de "activación", cuando cada dispositivo 3 de red en malla pasa a un estado activo para recibir mensajes.

De hecho, los expertos en la materia pueden contemplar otras situaciones en las que un mensaje urgente se debe enviar lo antes posible (es decir, en el momento siguiente en que se reciba), por lo que se prevé que la invención, (incluyendo también ciertos mensajes que solo se envían a intervalos de tiempo pseudoaleatorios), incluiría en dichos sistemas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo (3) de red en malla para su uso en una red (1) en malla que comprende un controlador (2) y una pluralidad de dispositivos (3) de red en malla, que funcionan para comunicarse con el controlador (2); el dispositivo (3) de red en malla comprende una unidad de temporización (17), y funciona para comunicarse de acuerdo con una secuencia de saltos de frecuencia; en donde el dispositivo de red en malla (3) funciona para cambiar entre un modo de transmisión, en el que es capaz de transmitir mensajes a uno o más dispositivos (3) de red en malla y/o al controlador (2) y en modo inactivo, en el que no puede transmitir o recibir mensajes de uno o más dispositivos (3) de red en malla o el controlador (2); en el que el dispositivo (3) de red en malla funciona para sincronizar su unidad temporizadora (17) con los dispositivos de red en malla (3) y/o el controlador (2) y funciona para cambiar al modo de transmisión a intervalos de tiempo que tienen un componente pseudoaleatorio.
- 10 2. Dispositivo (3) de red en malla según la reivindicación 1, en el que el dispositivo (3) de red en malla puede funcionar para cambiar entre el modo de transmisión, el modo inactivo y un modo de recepción, en el que es capaz de recibir mensajes de uno o más dispositivos (3) de red en malla y/o el controlador (2).
- 15 3. Dispositivo (3) de red en malla según la reivindicación 2, en el que el dispositivo (3) de red en malla puede funcionar para cambiar al modo de recepción de acuerdo con la secuencia de salto de frecuencia.
- 20 4. Dispositivo (3) de red en malla según la reivindicación 2, en el que el dispositivo (3) de red en malla puede funcionar para cambiar al modo de recepción y permanecer en un modo de recepción durante un primer período de "activación" predeterminado, y si no se recibe ningún mensaje dentro de ese período, puede volver al modo inactivo.
- 25 5. Dispositivo (3) en red en malla según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de red en malla se alimenta mediante una batería (22).
- 30 6. Dispositivo (3) de red en malla según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo (3) de red en malla puede funcionar para comunicarse de acuerdo con una secuencia de saltos de frecuencia; en el que el dispositivo (3) de red en malla está dispuesto para cambiar a un modo de recepción durante un primer período predeterminado de "activación" y permanecer activo en un modo de recepción o transmisión durante un segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes" en un canal de acuerdo con la secuencia y conmuta a un modo de recepción durante un tercer período de "comprobación de adquisición" predeterminado y permanece activo en un modo de recepción o transmisión durante un cuarto período de "emparejamiento" predeterminado en al menos otro canal de adquisición predeterminado; en donde el canal de adquisición es un canal usado específicamente para agregar dispositivos (3) a la red en malla y cada vez que un dispositivo (3) de red en malla cambia a un modo activo, funciona para escuchar primero cualquier mensaje en el canal de acuerdo con a la secuencia de salto de frecuencia, y si se recibe un mensaje, permanecer activo para transferirlo y reenviarlo en un mensaje de reconocimiento; a continuación, una vez que ha pasado el primer período de "activación" predeterminado y el segundo período predeterminado de "reenvío de mensajes", si se recibe un mensaje, el dispositivo puede funcionar para cambiar al canal de adquisición para un tercer periodo de comprobación de adquisición predeterminado.
- 35 40 7. Controlador (2) para controlar dispositivos (3) de red en una red en malla (1); el controlador (2) comprende una unidad de temporización (17), y puede funcionar para comunicarse de acuerdo con una secuencia de salto de frecuencia; en el que los dispositivos (3) de red en malla pueden funcionar para cambiar entre un modo de transmisión, en el que son capaces de transmitir mensajes a uno o más dispositivos (3) de red en malla y/o al controlador (2), y un modo inactivo, en los que no pueden transmitir o recibir mensajes de uno o más dispositivos (3) de red en malla (3) o el controlador (2); en el que el controlador (2) puede funcionar para sincronizar las unidades de temporización (17) de los dispositivos (3) de red en malla con su unidad de temporización (17) de manera que los dispositivos de red en malla puedan funcionar para cambiar al modo de transmisión en intervalos de tiempo sincronizados que tienen un componente pseudoaleatorio y que funciona para transmitir mensajes que comprenden datos que incluyen el tiempo que queda en el canal en la secuencia de salto de frecuencia.
- 45 50 8. Dispositivo (3) o controlador (2) de red en malla según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el tiempo en cada canal en la secuencia de salto de frecuencia es idéntico.
- 55 9. Dispositivo (3) o controlador (2) de red en malla según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el tiempo en cada canal en la secuencia de salto de frecuencia es al menos 10 veces más corto, al menos 50 veces más corto, al menos 100 veces más corto, o al menos 200 veces más corto que el intervalo de tiempo promedio que tiene un componente pseudoaleatorio.
- 60 10. Dispositivo (3) o controlador (1) de red en malla según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la secuencia de salto de frecuencia es cíclica.
- 65 11. Dispositivo (3) o controlador (1) de red en malla según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la secuencia de salto de frecuencia es cíclica y consecutiva.

5 12. Red en malla (1) que comprende un controlador (2) y/o una pluralidad de dispositivos (3) de red en malla según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que funciona para comunicarse con el controlador (2); el controlador (2) y la pluralidad de dispositivos (3) de red en malla comprenden unidades de temporización (17), y que funcionan para comunicarse de acuerdo con la secuencia de salto de frecuencia; en donde los dispositivos (3) de red en malla funcionan para cambiar entre el modo de transmisión, en el que son capaces de transmitir mensajes a uno o más dispositivos (3) de red en malla y/o al controlador (2) y en el modo inactivo modo, en el que no pueden transmitir o recibir los mensajes de uno o más de los otros dispositivos (3) de red en malla o del controlador (2); en el que las unidades de temporización (17) de los dispositivos de red en malla están sincronizados y los dispositivos (3) de red en malla funcionan para cambiar al modo de transmisión a intervalos de tiempo que tienen el componente pseudoaleatorio.

10 13. Red en malla (1) según la reivindicación 12, en la que los intervalos de tiempo que tienen un componente pseudoaleatorio se sincronizan para que se produzcan cuando otros dispositivos (3) de red en malla están en el modo de recepción.

15 14. Método de funcionamiento de un dispositivo (3) de red en malla para transmitir datos en una red en malla (1) que comprende un controlador (2) y una pluralidad de dispositivos (3) de red en malla, que funcionan para comunicarse con el controlador (2); el método comprende poder comunicarse de acuerdo con una secuencia de saltos de frecuencia; en el que el dispositivo (3) de red en malla cambia entre un modo de transmisión, en el que es capaz de transmitir mensajes a uno o más dispositivos (3) de red en malla y/o al controlador (2), y en un modo inactivo, en el que no puede transmitir o recibir mensajes de uno o más dispositivos (3) en red en malla o del controlador (2); el método comprende además sincronizar una unidad de temporización (17) del dispositivo (3) de red en malla con unidades de temporización (17) de otros dispositivos (3) de red en malla y/o el controlador (2), y que comprende cambiar al modo de transmisión a intervalos de tiempo que tienen un componente pseudoaleatorio.

20 25 15. Método de acuerdo con la reivindicación 14, que comprende calcular los intervalos de tiempo que tienen un componente pseudoaleatorio de manera que siempre sean un múltiplo del tiempo pasado en cada canal, de manera que siempre terminen cuando se cambia el canal.

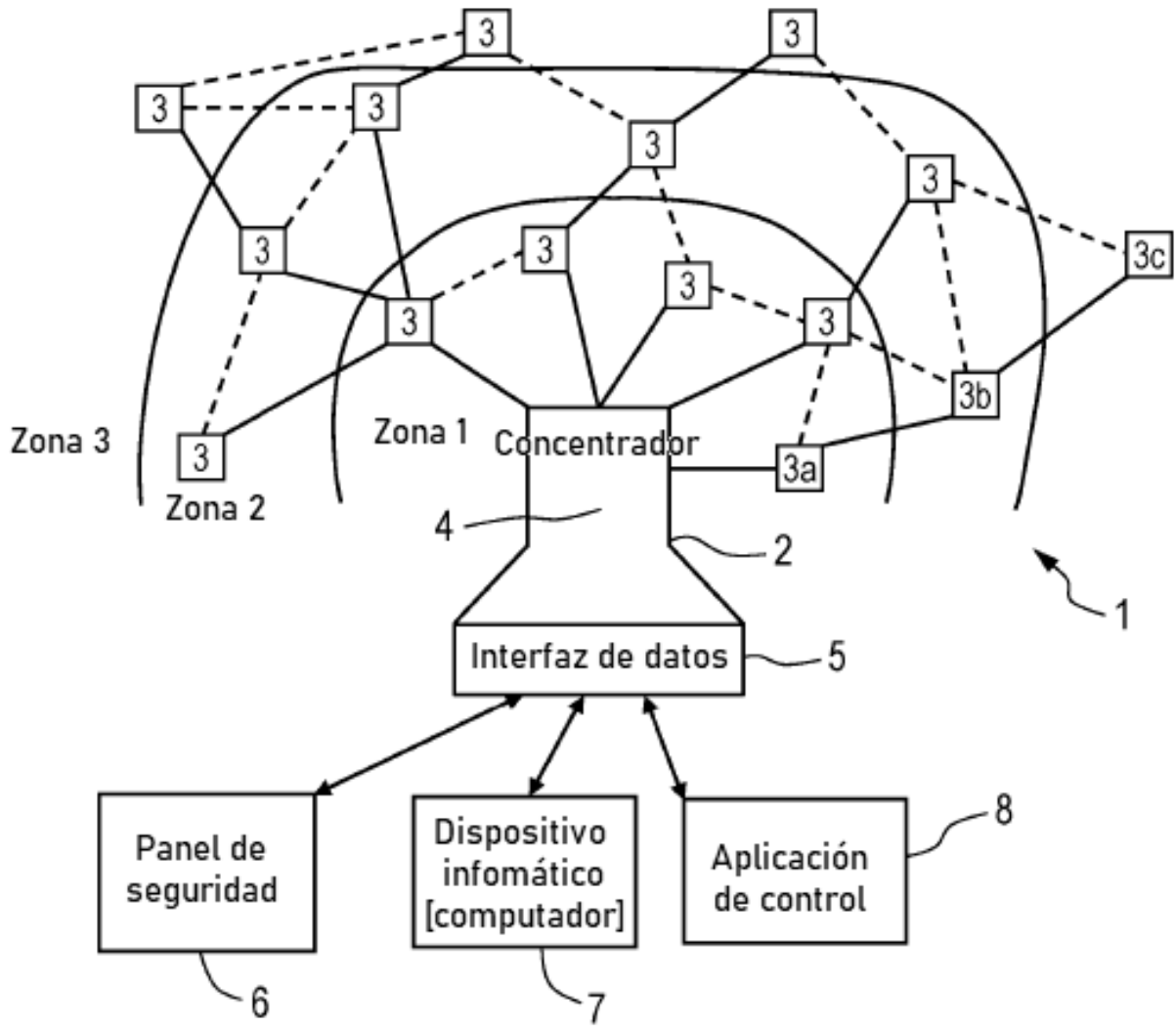


Fig. 1

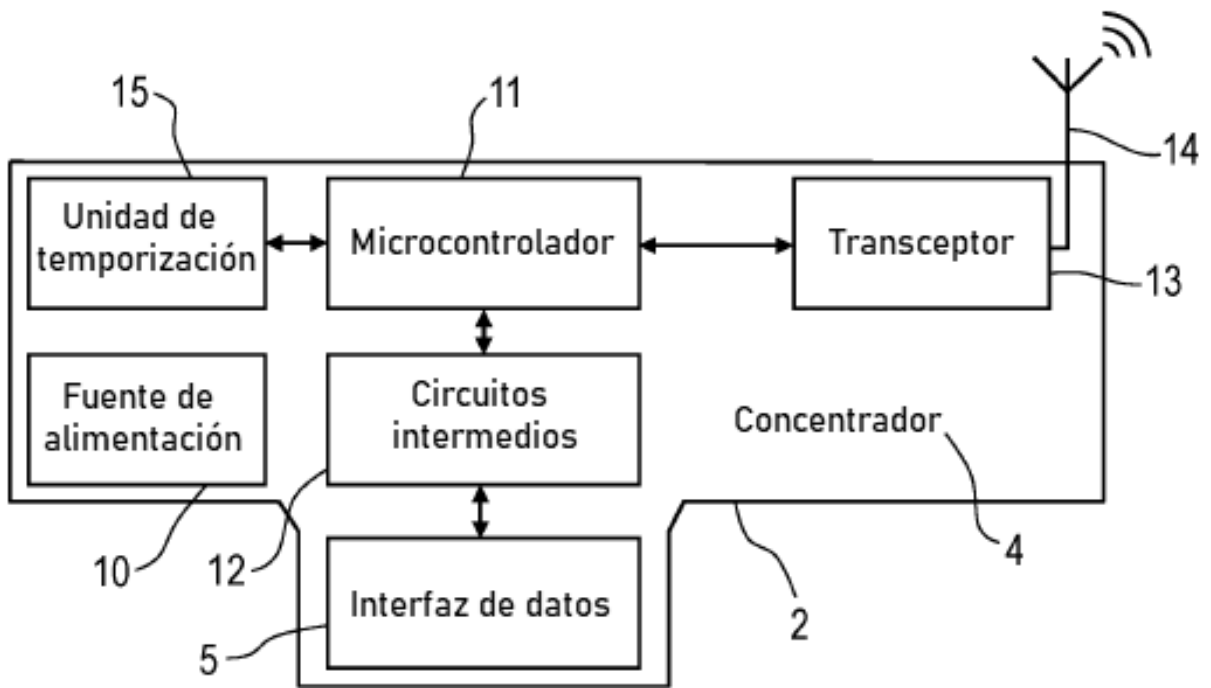


Fig. 2

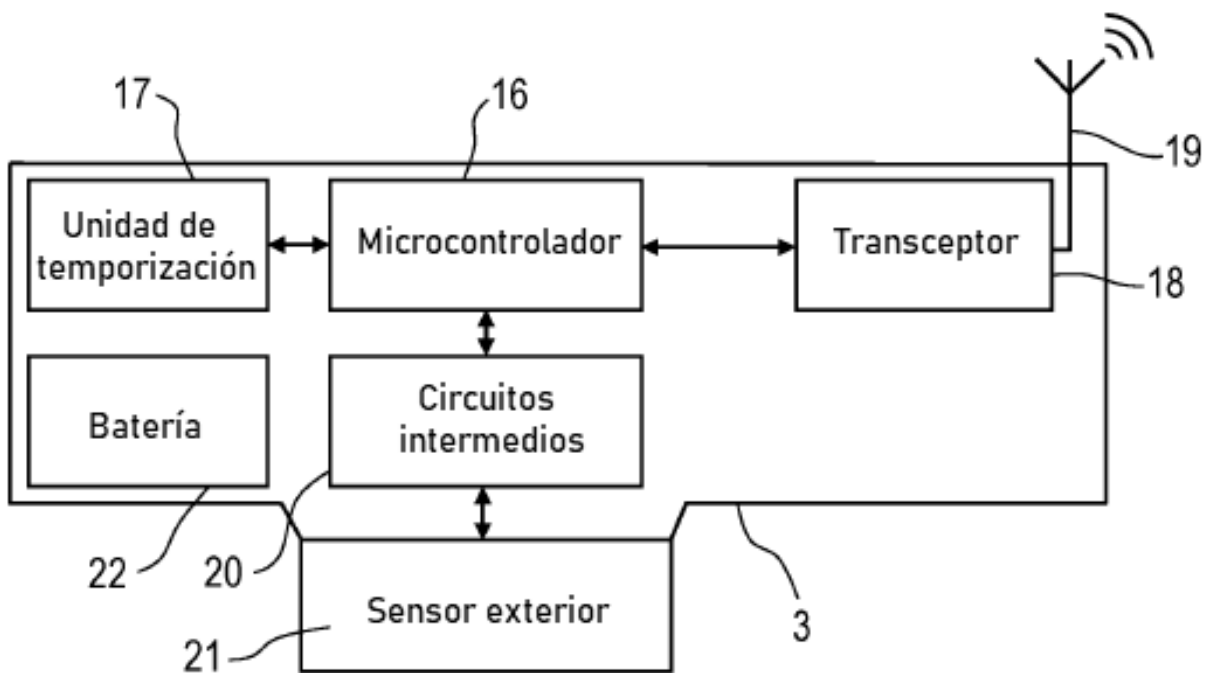


Fig. 3

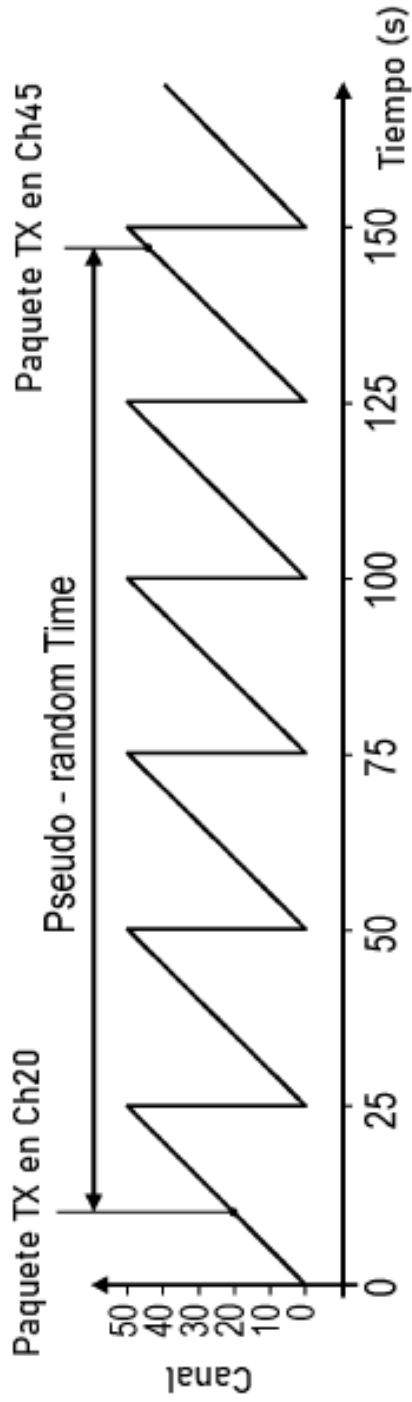


Fig. 5a

Ejemplo de uso de canal pseudo-aleatorio

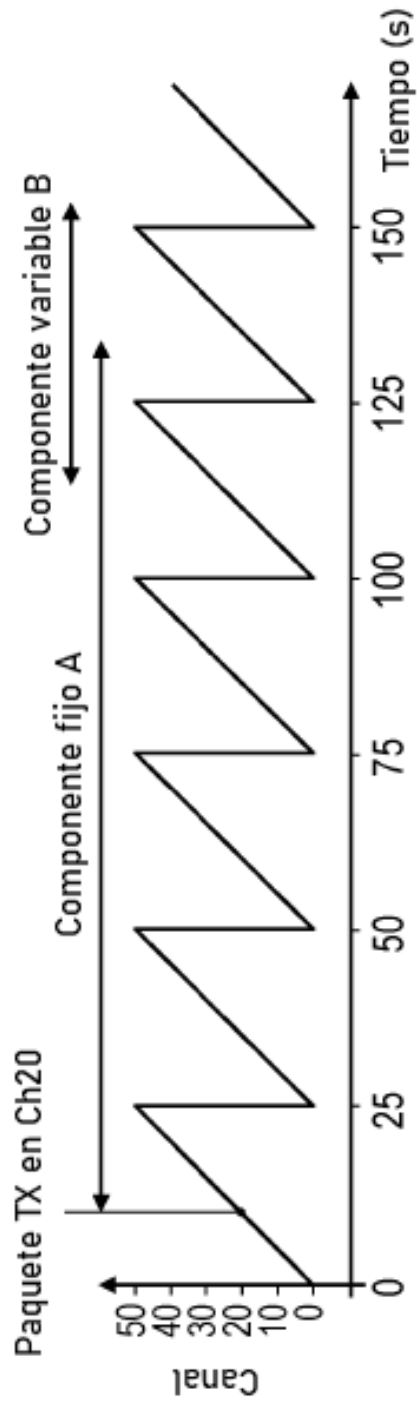


Fig. 5b

Ejemplo de uso de canal pseudo-aleatorio

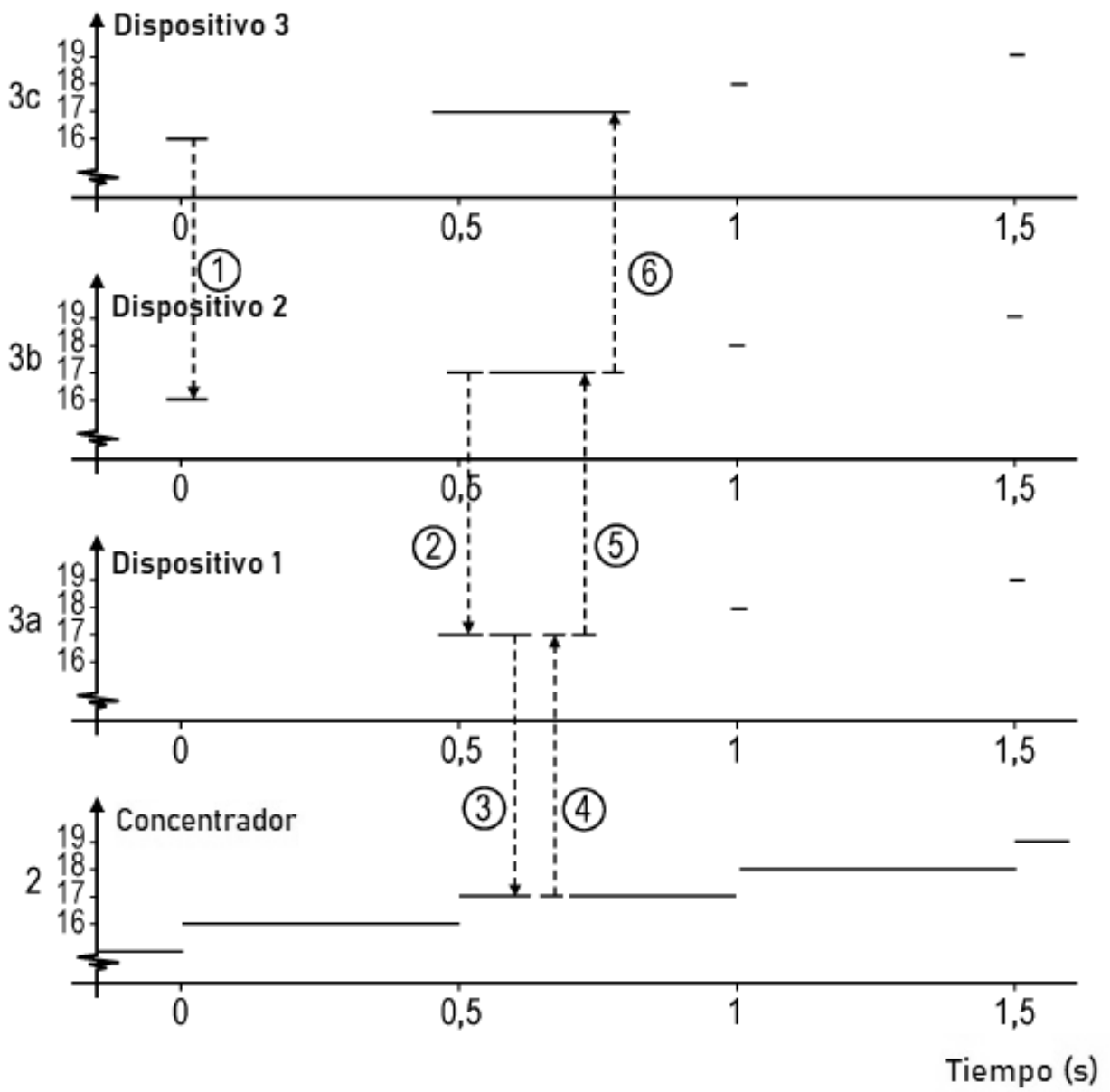


Fig. 6

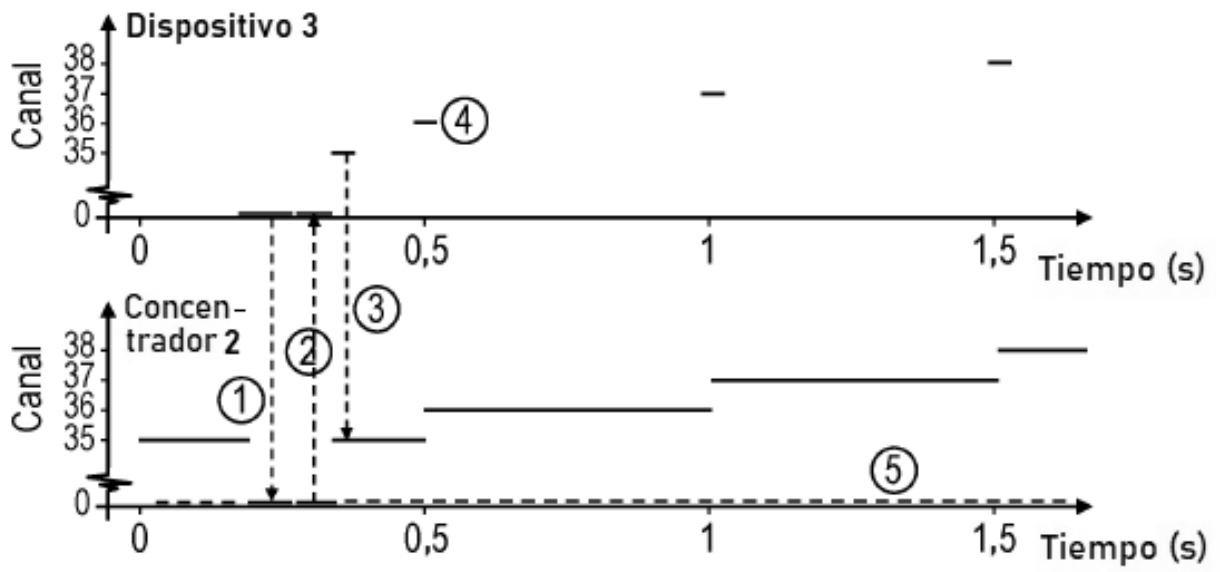


Fig. 7

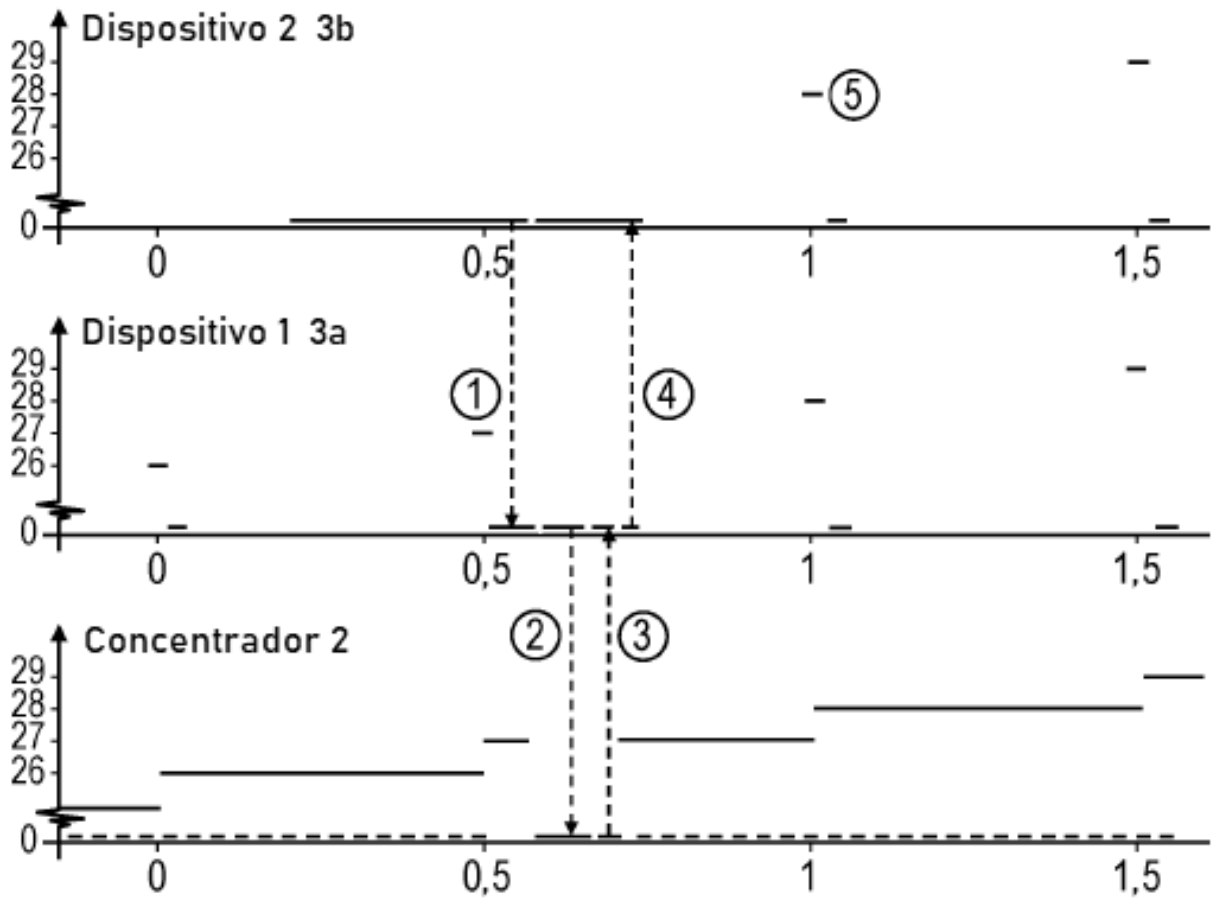


Fig. 8