

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 175**

51 Int. Cl.:

H04W 40/20 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.12.2013 PCT/IB2013/061446**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.07.2014 WO14108786**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.12.2013 E 13824206 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019 EP 2944121**

54 Título: **Optimizar reenvío de mensaje en una red de malla inalámbrica**

30 Prioridad:

08.01.2013 US 201361749997 P

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

22.10.2019

73 Titular/es:

**SIGNIFY HOLDING B.V. (100.0%)
High Tech Campus 48
5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**AOUN, MARC;
GÖRGEN, DANIEL MARTIN y
SCHENK, TIM CORNEEL WILHELMUS**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 728 175 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

Optimizar reenvío de mensaje en una red de malla inalámbrica

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un nodo para una red inalámbrica y un método de operación del mismo, ambos particularmente adecuados para su uso en una red de malla inalámbrica.

10 Antecedentes de la invención

Hoy en día, las redes de malla inalámbricas se emplean más y más, por ejemplo para control remoto (telegestión) de sistemas de iluminación, automatización de edificios, aplicaciones de monitorización, sistemas de sensor y aplicaciones médicas. En particular, la gestión de luminarias de exteriores tales como alumbrado público cada vez se ha hecho más importante, puesto que los sistemas de iluminación configurados como redes de malla inalámbricas permiten operación de energía más eficaz, por ejemplo adaptando la iluminación a los requisitos reales.

15

En aplicaciones tales como luz bajo demanda, se activa una unidad de sensor de un nodo de luminaria, por ejemplo cuando se detecta un objeto. Este nodo se denominará como nodo activado. En respuesta al evento activador, se realiza una etapa de accionamiento por el nodo, por ejemplo se enciende la unidad de iluminación de la luminaria. Además, el nodo activado informa a nodos vecinos directos y/o indirectos de la presencia del objeto transmitiendo un mensaje activador usando comunicación de nodo a nodo inalámbrica, de modo que los nodos vecinos pueden realizar también la etapa de accionamiento. Por lo tanto, la decisión de si realizar la etapa de accionamiento puede dejarse a una capa de aplicación de estos nodos.

20

Dependiendo de cuántos nodos vecinos tenga el nodo activado, cuántos saltos y cómo de lejos en distancia geográfica se requiere que viaje un mensaje de detección, y de los protocolos de comunicación usados, una única detección puede dar como resultado un número significativo de transmisiones del mismo mensaje. En redes de malla inalámbricas usadas para estas aplicaciones, se entregan mensajes desde un nodo emisor a un nodo receptor a través del uso de nodos intermedios. Esto se consigue normalmente mediante un protocolo de encaminamiento o inundación.

25

El documento WO2012/140610 desvela un mecanismo de encaminamiento jerárquico. En este sistema se realiza encaminamiento de superposición entre grupos de unión que comprenden al menos un nodo que usa un protocolo de encaminamiento basado en posición y se realiza encaminamiento subyacente entre nodos de la red usando encaminamiento basado en enlace. Para efectuar encaminamiento el sistema comprende un nodo de red, que comprende un módulo de encaminamiento subyacente, que puede descartar o reenviar paquetes de datos recibidos, por ejemplo basándose en recuento de saltos o distancia al siguiente grupo de unión.

30

Cuando se usa inundación como el protocolo de comunicación en la capa de red, cada único nodo que recibe el mensaje lo reenviará adicionalmente. Esto puede estar limitado a casos en los que el nodo recibe este mensaje la primera vez y no se ha alcanzado aún un límite de recuento de saltos/distancia geográfica. Suponiendo, como un ejemplo, que se requiere un mensaje generado para recorrer dos saltos desde el nodo activado, y que el último tiene 20 nodos vecinos (una estimación bastante conservadora de la realidad), el mensaje se transmitirá 21 veces en total. Por lo tanto, usando inundación sencilla, en principio, cada nodo en un ámbito geográfico tiene que (re)transmitir un mensaje, incluso cuando una transmisión de este tipo no alcanzara nodos adicionales. Esto es un desperdicio de ancho de banda, que limita el tamaño máximo de una red en términos de nodos.

35

Por lo tanto, la optimización de transmisión es crítica en sistemas donde múltiples nodos comparten un medio de comunicación, por ejemplo para rendimiento de caudal y reducción de congestión. También es de alta importancia en sistemas donde las normativas con respecto a transmisiones prohíben que los nodos transmitan a voluntad (normativas de ciclo de trabajo, por ejemplo un nodo no está permitido a ocupar el canal de comunicación durante más del 1 % de una hora). Por lo tanto, debido a normativas que limitan el porcentaje de tiempo que un nodo está permitido a usar el medio inalámbrico, se hace importante reducir el número de transmisiones por nodo. Además, demasiadas transmisiones crearán tasas de éxito de transmisión inferiores, debido a la aparición de colisiones. Adicionalmente, es de importancia que al menos se accione el conjunto requerido de lámparas para experiencia de usuario y seguridad. En el caso óptimo, únicamente debería accionarse este conjunto de lámparas. La reducción en transmisiones por lo tanto no debería ser a costa del rendimiento de aplicación. Aunque se han propuesto optimizaciones, estas requieren un intercambio de cantidades relativamente grandes de información, que sería prohibitivo en redes densas.

40

"Taking the Louvre approach" (Kevin C. Lee et al., The Vehicular Technology, marzo de 2009) describe una solución de encaminamiento que usa superposiciones de puntos de referencia para entornos de encaminamiento vehicular urbano, en el que se usa la información de tabla de enlace para encaminar entre nodos de superposición representados por uniones.

45

Sumario de la invención

50

En vista de las desventajas y problemas anteriores en la técnica anterior, es un objeto de la presente invención proporcionar un nodo para una red de malla inalámbrica y un método de control de la misma, en el que se asegura la fiabilidad de transmisión de datos en la red de malla inalámbrica, mientras que se reduce la tara de datos de las transmisiones.

La invención está basada en la idea de usar aspectos topológicos, funcionales y/o específicos de la aplicación para una decisión de reenvío en un nodo de recepción. En particular, la información topológica de un nodo puede usarse para decidir acerca de una retransmisión de un mensaje recibido por este nodo. Esta información topológica puede hacer referencia a información local acerca de las cercanías del nodo. En el ejemplo de un sistema de iluminación de exteriores, esto puede hacer referencia a al menos parte de un mapa de ciudad. Estos medios posibilitan que se optimicen protocolos de transmisión sencillos, por ejemplo inundación, difusión o multidifusión, sin usar necesariamente una estrategia de transmisión basada en enlace. Por lo tanto, puede reducirse la tara de reenvío, por ejemplo como ocurriría en un ajuste de comunicación de nodo a nodo activado.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un nodo para una red inalámbrica, que está asociado con al menos un elemento de distribución de un plano de distribución, en el que el nodo está adaptado para decidir acerca de si reenviar o no un mensaje, por ejemplo un mensaje activador, recibido desde un nodo de transmisión, basándose en uno o más elementos de distribución del plano de distribución que el nodo de transmisión tiene en común con el nodo. Preferentemente, la mayoría o todos los nodos de la red tienen al menos un elemento de distribución asociado con los mismos. El plano de distribución puede hacer referencia a una disposición espacial de la red. Por ejemplo, para un sistema de alumbrado público o un sistema de iluminación de un edificio, el plano de distribución puede incluir un mapa de ciudad, una distribución en planta y/o un plano del piso. Por consiguiente, la pluralidad de elementos de distribución incluidos en el plano de distribución puede hacer referencia a una calle, un lado de la calle, un cruce, una intersección, un área de parque, un piso, un pasillo y/o una habitación, etc. Al menos parte del plano de distribución puede almacenarse en una memoria del nodo. El plano de distribución y/o los elementos de distribución pueden estar limitados a las cercanías del nodo, de modo que la cantidad de información a almacenarse se mantiene a un mínimo. Por lo tanto, la retransmisión puede estar condicionada a un elemento de distribución común. Estos medios posibilitan que se mejore el comportamiento de la aplicación global a través del uso de información de distribución local y mapeo de nodos en el plano de distribución.

Preferentemente, al menos parte del plano de distribución con los correspondientes elementos de distribución se actualiza al nodo durante la puesta en marcha o inicialización de la red. Además, el nodo puede proporcionarse con al menos una de una posición del nodo con respecto al plano de distribución, un elemento de distribución primario asociado con el nodo e información de las cercanías. El nodo puede incluir una unidad espacial para determinar una posición absoluta del nodo, por ejemplo una posición de GPS, y/o una posición relativa con respecto a elementos de distribución u otros nodos. Entonces, el nodo puede estar adaptado para determinar su elemento de distribución primario y posiblemente también elementos de distribución secundarios adicionales asociados con el nodo. Como alternativa, el nodo puede identificar elementos de distribución secundarios, por ejemplo analizando mensajes de baliza de otros nodos. En la imagen de un sistema de alumbrado público, el elemento de distribución primario puede hacer referencia a la calle en la que está localizado el nodo, y los elementos de distribución secundarios pueden hacer referencia a otras calles que intersectan con esa calle u otras calles cerca del nodo. Además, el nodo puede determinar, o puede proporcionarse con, información acerca de parámetros de distribución, por ejemplo su posición con respecto al elemento de distribución primario, el lado de la calle, la curvatura de la calle en la posición de nodo, distancia a un cruce cerca u otras calles, y similares. Además, el nodo puede estar informado acerca de posiciones absolutas y/o relativas de nodos vecinos, posiblemente, su posición puede ya estar incluida en el plano de distribución cargado. Como alternativa o adicionalmente, el nodo puede aprender acerca de nodos vecinos intercambiando información de las cercanías, por ejemplo usando mensajes de baliza.

En una realización, el mensaje recibido puede reenviarse por el nodo únicamente si el nodo de transmisión y el nodo de recepción tienen al menos un elemento de distribución en común. En otras palabras, el nodo de recepción puede estar configurado para descartar un mensaje recibido, si todos los elementos de distribución asociados con el nodo de transmisión son diferentes de aquellos asociados con el nodo de recepción. En una realización adicional, el mensaje puede retransmitirse únicamente si el nodo de recepción determina que el nodo de transmisión y/o el nodo originador tienen el mismo elemento de distribución primario que dicho nodo de recepción. En el ejemplo de un sistema de alumbrado público, cuando un nodo se ha activado por un evento de detección y envía un mensaje activador o de detección a sus nodos vecinos, únicamente los nodos de la misma calle pueden reenviar el mensaje, evitando por lo tanto retransmisiones innecesarias. Esta realización puede combinarse con delimitación de recuento de saltos o delimitación geográfica. Sin embargo, la inundación de recuento de saltos pura o la inundación delimitada geográficamente no podrían conseguir el resultado anteriormente descrito, puesto que esto direcciona todos los nodos en un radio.

La decisión acerca de la retransmisión puede estar basada en al menos uno de un indicador incluido en el mensaje recibido, parámetros de distribución del nodo e información de las cercanías. En este punto, el indicador puede incluir información relacionada con el nodo de transmisión, por ejemplo un identificador de nodo del nodo de transmisión, al menos un identificador de un elemento de distribución asociado con el nodo de transmisión, una posición del nodo de

transmisión, y similares. El indicador puede incluir también información de distribución adicional o parámetros de distribución del nodo de transmisión. En el ejemplo de un sistema de alumbrado público, esto podría ser una posición del nodo de transmisión con respecto a un elemento de distribución del nodo de transmisión, por ejemplo el lado de la calle, en el que está localizado el nodo de transmisión, la proximidad a un cruce de calles, etc. Los parámetros de distribución pueden hacer referencia también a una propiedad del elemento de distribución en la posición del nodo de transmisión, por ejemplo una curvatura de la calle etc. Estos medios posibilitan que se filtren mensajes recibidos basándose en el lado de las calles y/o forma de la calle. Por lo tanto, el nodo de recepción puede estar configurado para determinar qué elementos de distribución tiene en común con el nodo de transmisión, basándose en un indicador incluido en el mensaje recibido. Como alternativa o adicionalmente, la decisión de reenvío puede estar basada en parámetros de distribución del mismo nodo de recepción, tales como una posición del nodo de recepción con respecto a un elemento de distribución asociado con el mismo, una propiedad del elemento de distribución asociado con el nodo de recepción en la posición del nodo de recepción, etc. También, el nodo de recepción puede decidir acerca de la retransmisión, basándose en una comparación de parámetros de distribución del nodo de recepción y del nodo de transmisión. Por ejemplo, el nodo puede estar configurado para decidir para una retransmisión, si está localizado en el mismo lado de la calle que el nodo de transmisión y/o el nodo activado. Esto puede ser ventajoso si únicamente un lado de la calle necesita iluminarse. Entonces, se evitan retransmisiones innecesarias, reduciendo de esta manera la carga de datos en la red. En otro ejemplo, un nodo localizado cerca de una curva de la calle puede decidir también reenviar un mensaje recibido si está localizado en el otro lado de la calle distinto del nodo de transmisión y/o el nodo activado. Estos medios posibilitan que se aumente la fiabilidad de transmisión de datos incluso en puntos problemáticos de la red. Además, la información de las cercanías puede almacenarse en el nodo, por ejemplo incluyendo al menos uno de los identificadores de nodos vecinos, posiciones de nodos vecinos, identificadores de elementos de distribución asociados con los respectivos nodos vecinos, información de distribución adicional acerca de los nodos vecinos y similares. Esta información puede almacenarse como una lista en el nodo y puede cargarse durante la puesta en marcha o intercambiarse entre los nodos vecinos usando mensajes de baliza o similares. Por medio de la información de las cercanías, el nodo puede identificar elementos de distribución o parámetros de distribución del nodo de transmisión, usando un identificador de nodo o una posición de nodo del nodo de transmisión incluido en el mensaje recibido. Esto permite reducir la cantidad de datos requeridos en el mensaje.

En una realización adicional, el nodo puede estar configurado para considerar un número de elementos de distribución asociados con él en la decisión de retransmisión. En este punto, el nodo puede elegir un modo de retransmisión basándose en el número de elementos de distribución. Preferentemente, el nodo está configurado para decidir retransmitir el mensaje recibido cuando dicho nodo está asociado con más de un elemento de distribución. Esto podría ser el caso, por ejemplo, para un nodo de luminaria en un cruce de calles. Estos medios posibilitan que se extienda la retransmisión del mensaje a elementos de distribución distintos del asociado o asociados con el nodo activado. En caso de únicamente un elemento de distribución asociado, el nodo de recepción puede elegir un modo de retransmisión basándose en un enfoque probabilístico, es decir el mensaje se retransmite con una cierta probabilidad. Esta probabilidad de retransmisión puede depender de parámetros de distribución del nodo de recepción y/o del nodo de transmisión, por ejemplo una distancia al nodo originador, mediante el cual se envió originalmente el mensaje, una distancia a elementos de distribución tal como una unión o similares, una curvatura de una curva de la calle en la posición de nodo, un número de elementos de distribución asociados y similares. Por ejemplo, cuanto mayor es la distancia al nodo activado o al nodo originador, más alta puede ser la probabilidad de retransmisión. Análogamente, cuanto mayor es el número de elementos de distribución asociados con el nodo, más alta puede ser la probabilidad para retransmisión. También, el número de elementos de distribución asociados con el nodo de recepción puede influenciar la probabilidad de retransmisión. Adicionalmente o como alternativa al enfoque probabilístico, el modo de retransmisión puede incluir un enfoque basado en contador, en el que la probabilidad de retransmisión está basada en un número de retransmisiones de mensaje de tara de nodos vecinos en un periodo de tiempo predeterminado. Este periodo de tiempo predeterminado puede establecerse basándose en parámetros de distribución del nodo y/o del nodo de transmisión, por ejemplo una distancia al nodo activado, mediante el cual se envió originalmente el mensaje, una distancia a elementos de distribución, tales como una unión o similares, una curvatura de una curva de la calle en la posición de nodo y similares, y/o en el número de elementos de distribución asociados con el nodo. Por ejemplo, cuantos más elementos de distribución estén asociados con el nodo, más pequeño puede ser el periodo de tiempo predeterminado. Por supuesto, esto puede combinarse con otros criterios, tales como delimitación de recuento de saltos o delimitación geográfica.

En una realización preferida, el nodo puede estar configurado adicionalmente para considerar, en el proceso de toma de decisiones de reenvío, cobertura de una transmisión y/o retransmisión de mensaje recibido. Cuando se recibe una retransmisión del mensaje de un nodo vecino, el nodo puede determinar la cobertura de la retransmisión, por ejemplo basándose en un indicador incluido en el mensaje retransmitido y/o en información de las cercanías almacenada que incluye un identificador de al menos un elemento de distribución asociado con el respectivo nodo vecino. También en este punto, el indicador puede incluir información relacionada con el nodo de transmisión, por ejemplo un identificador de nodo del nodo de transmisión, al menos un identificador de un elemento de distribución asociado con el nodo de transmisión, una posición del nodo de transmisión, y similares. Por ejemplo, cuando está incluida una identidad de nodo del nodo vecino, el nodo puede comprobar la información de las cercanías almacenada en cuanto a cuántos elementos de distribución están asociados con el respectivo nodo vecino. De manera similar, si una posición del nodo vecino está incluida en la retransmisión recibida del mensaje, el nodo puede determinar el número de elementos de distribución asociados con este nodo vecino, usando el plano de distribución. Si el nodo no tenía elemento de

distribución adicional, es decir un elemento de distribución no asociado con el nodo vecino, puede decidir descartar el mensaje. En este caso, una retransmisión por el nodo alcanzaría únicamente nodos que ya están cubiertos por la retransmisión del nodo vecino. Preferentemente, en caso de que el nodo tenga al menos un elemento de distribución diferente del uno o más elementos de distribución del nodo vecino, el nodo puede decidir transmitir también el mensaje.

5 En este caso, el nodo puede retransmitir el mensaje que incluye un indicador excluyendo los elementos de distribución común de una retransmisión adicional. Por lo tanto, se aumenta la eficacia de transmisión de datos. En caso de que el nodo esté asociado con más de un elemento de distribución, únicamente pueden considerarse retransmisiones de nodos vecinos también asociadas con más de un elemento de distribución. En una realización, más de un elemento de distribución puede hacer referencia a más de un elemento de distribución distinto del elemento de distribución primario del nodo de transmisión, es decir distinto desde el cual el nodo de transmisión haya enviado el mensaje. Un nodo asociado con más de un elemento de distribución se denominará como nodo de reenvío clave a continuación. Estos medios posibilitan que se aproveche la redundancia para reducción adicional de retransmisiones en nodos de reenvío clave.

15 Adicionalmente, el nodo puede estar configurado para determinar una distancia cubierta desde el nodo activado que se recorre realmente por el mensaje, usando el plano de distribución, es decir una distancia de recorrido. Por lo tanto, puede considerarse una distancia geográfica y/o cubierta por el nodo, cuando se decide acerca de la retransmisión de un mensaje recibido. Adicionalmente o como alternativa, un campo de distancia con la distancia cubierta puede incluirse en el mensaje y actualizarse por cada nodo de reenvío. Es decir, el nodo puede añadir su distancia geográfica del nodo de transmisión al valor incluido en el campo de distancia. Por lo tanto, el campo de distancia del mensaje puede indicar la distancia recorrida o cubierta desde el nodo activado. Por supuesto, en lugar de distancias cubiertas, pueden usarse también distancias geográficas, distancias euclidianas o distancias de línea de visión. Este medio posibilita que se considere un límite de distancia para la retransmisión.

25 En una realización preferida, el nodo está asociado con una luminaria de un sistema de iluminación, tal como un sistema de iluminación de exteriores o sistema de alumbrado público o un sistema de iluminación de interiores, por ejemplo empleado en grandes edificios. Preferentemente, la luminaria se activa tras recibir un mensaje activador, es decir una unidad de iluminación de la luminaria puede encenderse. Como alternativa, el nodo puede estar asociado con un nodo de un sistema de sensor, por ejemplo un sistema de detección de tráfico o sistema de detección de emergencia.

30 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un sistema para operar una red inalámbrica, incluyendo el sistema una pluralidad de nodos de la red de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas. En particular, el sistema puede hacer referencia a un sistema de iluminación de telegestión configurado como una red de malla inalámbrica.

35 De acuerdo con otro aspecto más de la invención, se proporciona un método de control de un nodo de una red inalámbrica, nodo que está asociado con al menos un elemento de distribución de un plano de distribución, en el que después de que se recibe un mensaje desde un nodo de transmisión en un nodo de recepción, se toma una decisión acerca de la retransmisión del mensaje recibido, basándose en si el nodo de transmisión y el nodo de recepción tienen al menos un elemento de distribución en común. El plano de distribución que incluye los elementos de distribución puede almacenarse en el nodo. Para el método de acuerdo con la presente invención, cualquiera de las realizaciones anteriores descrita para el nodo puede adaptarse en consecuencia. Por lo tanto, el método puede realizarse por medio de un nodo de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones descritas. De acuerdo con la presente invención, puede proporcionarse un equilibrio apropiado entre la tara de intercambio de información y fiabilidad de transmisión.

Breve descripción de los dibujos

En las figuras:

50 La Figura 1 ilustra un nodo para una red inalámbrica de acuerdo con una realización de la invención.
 La Figura 2 ilustra una red inalámbrica de acuerdo con una realización de la invención.
 La Figura 3 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método de establecimiento de un nodo de acuerdo con la presente invención. La Figura 4 muestra un diagrama de flujo que ilustra un método de realización de una decisión de reenvío o retransmisión en un nodo de recepción de acuerdo con una realización de la invención.
 55 Las Figuras 5A y 5B ilustran topologías de calle.
 Las Figuras 6A, 6B y 6C muestran, respectivamente, un diagrama de flujo de un método de toma de una decisión de reenvío o retransmisión en un nodo de recepción de acuerdo con realizaciones adicionales de la presente invención.
 60 La Figura 7 muestra un diagrama de flujo de un método de toma de decisión de reenvío o retransmisión en un nodo de recepción de acuerdo con una realización adicional de la presente invención.
 La Figura 8 muestra un diagrama de flujo de un método de toma de decisión de reenvío o retransmisión en un nodo de recepción de acuerdo con una realización adicional de la presente invención.
 La Figura 9 ilustra una topología de calle adicional.
 65 La Figura 10 ilustra una diferencia entre una distancia geográfica y una distancia euclidiana.

Descripción detallada

Aplicaciones preferidas de la presente invención son redes de accionadores, redes de sensores o sistemas de iluminación, tales como sistemas de iluminación de exteriores (por ejemplo para calles, aparcamientos y otras áreas públicas) y sistemas de iluminación de interiores (por ejemplo centros comerciales, estadios, garajes de aparcamiento, estaciones, etc.). La presente invención es adecuada en particular para soluciones de telegestión inalámbricas de sistemas de iluminación de exteriores/interiores en red y/o control de iluminación basado en sensor. Sin embargo, otras aplicaciones pueden ser sistemas de tráfico inteligentes y aplicaciones tales como sistemas de advertencia de incidentes. A continuación, la presente invención se describirá por medio de un ejemplo de un sistema de iluminación de exteriores, es decir un sistema de alumbrado público, en el que los nodos de la red están asociados con luminarias distribuidas a lo largo de calles y en uniones. Además, la presente invención no está limitada a esta aplicación.

En la Figura 1, se muestra un ejemplo de un nodo 10. El nodo incluye una unidad 110 de control, una memoria 120 para almacenar datos en el nodo 10 y una unidad 130 de transmisión/recepción para transmitir o recibir datos en la red. Opcionalmente, el nodo 10 puede incluir también una unidad 140 espacial para determinar su posición de nodo, por ejemplo una posición de GPS. El nodo 10 puede estar asociado con una luminaria del sistema de iluminación de calle.

En la Figura 2, se ejemplifica una parte de una red inalámbrica de un sistema de alumbrado público por medio de dos calles S1 y S2, que cruzan entre sí. Los nodos 10 están localizados en cualquier lado de ambas calles, por ejemplo en el lado superior S1_a de la calle S1 o el lado inferior S1_b de la misma.

La Figura 3 ilustra un método adicional de establecimiento de manera inicial de los nodos 10 de acuerdo con la presente invención, por ejemplo durante una fase de puesta en marcha o inicialización de la red. En primer lugar, se proporciona un plano de distribución para el nodo 10 (S300). El plano de distribución puede estar restringido a la cercanía geográfica del nodo y por lo tanto no requerirá una cantidad significativa de espacio de almacenamiento en el nodo 10. Además, puede proporcionarse información de distribución adicional al nodo 10, tal como un número exacto o estimado de nodos 10 asociados con elementos de distribución en sus cercanías, es decir, el número de nodos 10 en cada calle representada del plano de distribución. El nodo 10 puede determinar su posición en el plano de distribución (S310), por ejemplo usando la posición de nodo determinada por la unidad 140 espacial del nodo o usando una posición de nodo cargada al nodo 10 junto con el plano de distribución. El nodo 10 a continuación identifica su elemento de distribución primario (S320), por ejemplo la calle en la que está localizado o la calle y el lado de la calle. Para el nodo 111 en la Figura 2, el elemento de distribución primario es la calle S1, o cuando se consideran los lados de la calle como elementos de distribución constituyentes, S1_a es el elemento de distribución primario. Midiendo su distancia con relación a otras calles de intersección, el nodo puede identificar también si debiera considerarse a sí mismo que está asociado con elementos de distribución secundarios adicionales (S330). Tal es el caso para los nodos 100 en la Figura 2 (círculos rellenos), que deberían estar asociados con ambas calles S1 y S2. Si un nodo 100 está asociado con más de únicamente su elemento de distribución primario, es decir también está asociado con elementos de distribución secundarios, se indica como un nodo 100 de reenvío clave (círculos rellenos en la Figura 2). Se prefiere que únicamente las calles que intersectan con la calle primaria de un nodo 10 se determinen como elementos de distribución secundarios. Opcionalmente, se realiza la etapa S340, en la que el nodo puede determinar parámetros de distribución adicionales tales como su posición con respecto a su elemento de distribución primario (por ejemplo la posición relativa en su calle primaria, un lado de la calle, etc.), una distancia a un elemento de distribución adicional (por ejemplo a la siguiente intersección), propiedades de sus elementos de distribución con respecto a la posición de nodo (por ejemplo curvatura o pendiente de la calle en la posición de nodo) y similares. Por lo tanto, el nodo 10 puede determinar si radica en el medio de la calle o más cerca de una calle de intersección (sin ser necesariamente un nodo de reenvío clave) o en qué lado de la calle está localizado. En una siguiente etapa S3 50, el nodo puede obtener información de nodo vecino, por ejemplo a través de un intercambio de información de la cercanía local entre los nodos o usando información de las cercanías cargada. Estos medios posibilitan que el nodo 10 determine las posiciones de sus nodos 10 vecinos en el plano de distribución e identifiquen sus elementos de distribución asociados. Por lo tanto, cada nodo 10 de la red puede almacenar una lista de sus nodos vecinos e información correspondiente, tal como al menos uno de los elementos de distribución asociados con el respectivo nodo vecino, una posición de nodo del respectivo nodo vecino, un identificador de nodo del respectivo nodo vecino e información de distribución adicional acerca del nodo vecino. Como alternativa, los nodos 10 determinan los elementos de distribución de sus nodos vecinos e información de distribución adicional que corresponde a los nodos vecinos, usando una posición de nodo del respectivo nodo vecino y el plano de distribución. La información de distribución adicional puede incluir parámetros de distribución del nodo vecino, tales como lado de la calle o curvatura de la calle, o si el nodo vecino es un nodo de reenvío clave. Esto posibilita que se identifiquen los nodos 10 que son de alta importancia en los procesos de reenvío de mensaje, tales como los nodos 100 de reenvío clave. Por lo tanto, los nodos 10 pueden agruparse y pueden intercambiar información con sus nodos vecinos acerca de grupos visibles geográficamente cercanos. Esta información puede usarse localmente para verificar si todos los grupos conocidos están cubiertos y si es necesaria una retransmisión de un mensaje. Estos medios posibilitan que se gestione la retransmisión (también: redifusión o reenvío) basándose en criterios tales como pertenencia a la calle, a qué lado de una calle pertenece un nodo 10, criterios probabilísticos, distancia a un nodo activador o último nodo de transmisión, etc.

En una aplicación de luz bajo demanda, cuando se activa un nodo 111 (véase la Figura 1) para transmitir un mensaje activador, el nodo 111 activado puede elegir incluir el identificador S1 del elemento de distribución (calle) al que pertenece. De acuerdo con el método mostrado en la Figura 4, cualquier nodo 10 que escuche el mensaje (S400) determina si el elemento de distribución identificado en el mensaje es uno de sus elementos de distribución asociados (S410). Si el nodo 10 no está asociado con el elemento de distribución identificado, puede a continuación filtrar el mensaje y descartarlo (S430), evitando por lo tanto una retransmisión adicional. Los nodos 10 con el mismo elemento de distribución pueden retransmitir el mensaje (S420) y preferentemente también están activados. Por lo tanto, la retransmisión puede condicionarse a la identidad de un elemento de distribución. Esto puede ser de alta importancia cuando las calles marchan paralelas entre sí, como se muestra en la Figura 5A, o cuando partes de las calles están cerca entre sí, sin cruzar las calles entre sí, como se muestra en la Figura 5B, o en caso de calles en capas que cruzan por encima o por debajo unas de las otras, que están en línea de visión directa entre sí, como en el caso en intercambios, puentes o túneles. En este caso, únicamente están activados los nodos 10 de la calle indicada, pero la activación no se extiende a calles adyacentes. Un protocolo de transmisión basado únicamente en recuento de saltos o inundación delimitada geográficamente fallaría en un caso de este tipo, puesto que este direccionaría todos los nodos 10 en un radio.

En la Figura 6A, se muestra otro método de decisión acerca de la retransmisión de acuerdo con una realización adicional de la presente invención. En este enfoque, cuando un nodo 10 recibe un mensaje (S500), determinará en primer lugar si él mismo y el nodo 10 que transmitió el mensaje, es decir el nodo de transmisión, tienen al menos un elemento de distribución (por ejemplo calle) en común (S510). Para este fin, el nodo 10 de transmisión incluye preferentemente su identificador de nodo en el mensaje. Como alternativa o adicionalmente, el nodo 10 de transmisión puede incluir su posición de nodo y/o identificadores de sus elementos de distribución asociados en el mensaje. A continuación, el nodo 10 de recepción puede usar información de las cercanías almacenada y una lista de elementos de distribución a los que pertenece. Como alternativa, el nodo 10 puede determinar los elementos de distribución del nodo de transmisión, usando el plano de distribución, junto con la posición de nodo del nodo de transmisión. Si existe al menos un elemento de distribución común, el nodo 10 puede decidir retransmitir el mensaje (S520). Si este no es el caso, el nodo 10 puede descartar el mensaje sin retransmisión adicional (S530). Mediante estos medios, el reenvío del mensaje no está limitado a una calle, ya que el mensaje puede reenviarse a todas las calles que intersectan con la calle primaria, en la que está localizado el nodo 111 activador. Puesto que, en la situación donde un coche se acerca a un cruce, no puede decidirse con antelación en qué dirección irá el coche, esto es ventajoso para activar las luminarias de todas las calles de intersección. Sin embargo, en una variante de este método, puede requerirse para una retransmisión que no únicamente el nodo de transmisión tenga un elemento de distribución en común, sino también que el nodo 111 activado tenga un elemento de distribución común también. Esto puede comprobarse en la etapa S510 usando un identificador de nodo, posición de nodo o identificadores de los elementos de distribución asociados con el nodo activado, al menos uno de los cuales puede estar incluido en el mensaje. Esta variante limitaría la retransmisión a los nodos 10 localizados en la calle S1 y a los nodos 100 de reenvío clave asociados con la clave S1 en el ejemplo de la Figura 2.

El enfoque ilustrado en la Figura 6A puede perfeccionarse adicionalmente para incluir una retransmisión probabilística basándose en un número de elementos de distribución un nodo 10 con el que está asociado, como se muestra en la Figura 6B. En la etapa S600, el nodo 10 recibe un mensaje, tal como un mensaje activador. A continuación, comprueba si tiene elementos de distribución en común con el nodo de transmisión (y/o con el nodo 111 activado) en la etapa S610. En caso afirmativo, el mensaje será un candidato para retransmisión, si no, el mensaje se descarta (S650). En la etapa S620, el nodo 10 determina si tiene más de un elemento de distribución asociado, es decir si es un nodo 100 de reenvío clave. En caso afirmativo, retransmitirá el mensaje (S640). Si tiene únicamente un elemento de distribución asociado, por ejemplo la calle en la que también radica el nodo de transmisión (y/o el nodo 111 activado), el nodo 10 puede aplicar un enfoque probabilístico para retransmitir el mensaje o no (S631). Por ejemplo, el nodo 10 decide retransmitir con una probabilidad p del 50 %. Esto puede denominarse como un enfoque cotilla. En otro ejemplo, la probabilidad p de retransmisión puede ponderarse basándose en parámetros de distribución del nodo 10 de recepción, tales como una distancia a la siguiente intersección, una distancia desde el nodo 111 activado, una distancia al siguiente nodo 100 de reenvío clave, un grado de curvatura de la calle en la posición del nodo, y similares. Entonces, la probabilidad p de reenvío del mensaje puede ser superior a medida que el nodo 10 está más cerca de la siguiente intersección o la distancia desde el nodo activado es mayor, es decir cuanto mayor es la distancia ya recorrida por el mensaje.

En una realización adicional del método de toma de una decisión de reenvío en el nodo de recepción mostrado en la Figura 6C, se aplica un enfoque basado en contador basándose en el número de elementos de distribución asociados con el nodo de recepción. En este enfoque, las etapas S600, S610 y S620 pueden ser las mismas según se describen para el enfoque probabilístico mostrado en la Figura 6B. Es decir, después de que el nodo 10 ha recibido un mensaje (S600), determina (S610) si tiene al menos un elemento de distribución en común con el nodo de transmisión (y/o nodo 111 activado). En caso afirmativo, determina si está asociado con más de un elemento de distribución (S620). En caso de que el nodo 10 únicamente tenga un elemento de distribución asociado, es decir pertenece únicamente a una calle, el nodo 10 puede aplicar un mecanismo de espera y cancelación: El nodo 10 espera un periodo de tiempo dado dt para recibir o no recibir retransmisiones del mensaje desde nodos 10 vecinos (S632). Si, durante este tiempo dt , escucha un cierto número definido N de sus nodos vecinos que retransmiten el mensaje, no continuará con su intento de reenvío y descartará el mensaje (S650). De otra manera, retransmitirá el mensaje en la etapa S640. En

lugar de simplemente retransmitir el mensaje en la etapa S640, también puede aplicarse el enfoque probabilístico anteriormente descrito para la etapa S631. Los parámetros dt y N pueden ajustarse en cada nodo 10 dependiendo de sus parámetros de distribución, tales como la distancia entre el nodo y el nodo 111 activado, la distancia a la siguiente intersección, la distancia al siguiente nodo 100 de reenvío clave, un grado de curvatura de la calle en la posición del

5 lugar de simplemente retransmitir el mensaje en la etapa S640, también puede aplicarse el enfoque probabilístico anteriormente descrito para la etapa S631. Los parámetros dt y N pueden ajustarse en cada nodo 10 dependiendo de sus parámetros de distribución, tales como la distancia entre el nodo y el nodo 111 activado, la distancia a la siguiente intersección, la distancia al siguiente nodo 100 de reenvío clave, un grado de curvatura de la calle en la posición del

10 Un diagrama de flujo de una realización adicional de un método de toma de una decisión de reenvío en un nodo de recepción se muestra en la Figura 7, en el que se aprovecha la redundancia para reducción adicional de retransmisiones en nodos 100 de reenvío clave. La cantidad de reenvío en los nodos 100 de reenvío clave puede quedar insignificante, puesto que se solicitan para retransmitir cada mensaje recibido, con la condición de que se cumplan otras condiciones tales como el límite de recuento de saltos o límite geográfico. Para reducir la carga en los

15 nodos 100 de reenvío clave, puede aplicarse equilibrio de carga entre los nodos 100 de reenvío clave que radican en las mismas intersecciones de calle. Para este fin, cada nodo 100 de reenvío clave puede mantener un registro de sus nodos vecinos directos y puede mapearlos en su plano de distribución para determinar a qué calles pertenecen. Adicionalmente o como alternativa, los nodos pueden intercambiar también información de las cercanías para informar a sus nodos vecinos acerca de las calles que pueden entrar en contacto y con cuántos nodos en esa calle pueden realmente comunicar. Esto puede completarse en la fase de puesta en marcha o de inicialización.

20 Por lo tanto, como se ha descrito en el presente documento anteriormente con referencia a las Figuras 6A, 6B o 6C, cuando un nodo recibe un mensaje (S700) y ha determinado que tiene un elemento de distribución en común con el

25 nodo de transmisión (y/o nodo 111 activado, S710), comprueba si hay más de un elemento de distribución asociado con él, es decir si es un nodo de reenvío clave (S720). Si este no es el caso, puede aplicarse en la etapa S730 el enfoque probabilístico anteriormente descrito para la etapa S631 o el enfoque basado en contador anteriormente descrito para la etapa S632. Si el nodo de recepción es un nodo de reenvío clave con el que está asociado más de un elemento de distribución, espera un periodo de tiempo dt para recibir o no recibir una retransmisión del mensaje desde

30 otro nodo de reenvío clave (S740). Si no recibe retransmisión alguna de otro nodo de reenvío clave, el mensaje se retransmite (S780). Si lo hace, el nodo determina la cobertura de la retransmisión desde el otro nodo de reenvío clave (S750). Para este fin, el nodo puede usar información de las cercanías almacenada o puede determinar la cobertura usando el plano de distribución y la posición de nodo del otro nodo de reenvío clave. Por lo tanto, el nodo puede determinar qué elementos de distribución, por ejemplo calles, se cubren por la retransmisión del otro nodo de reenvío

35 clave. Si esta cobertura es suficiente, descartará el mensaje (S790). Si la cobertura no es suficiente y si no se ha superado (S770) un límite de tiempo predeterminado T desde el instante de recepción del mensaje, el nodo puede esperar de nuevo una cantidad adicional de tiempo dt para recibir o no recibir una retransmisión desde otro nodo de retransmisión clave (S740). Los periodos de tiempo dt pueden establecerse aleatoriamente y por lo tanto no tienen que ser los mismos para cada iteración. Si el nodo determina que se ha superado el límite de tiempo T , sin suficiente extensión de retransmisión, el mensaje se retransmite (S780). Opcionalmente, después de haber determinado que la extensión de retransmisión por el otro nodo de reenvío clave no es suficiente (S750), el nodo puede determinar, en la

40 etapa S760, cuántas retransmisiones del mensaje ha escuchado. En este punto, el nodo puede considerar todas las transmisiones recibidas o únicamente aquellas de otros nodos de reenvío clave. Si el número de retransmisiones alcanza una cierta cantidad, es decir equivale a N o superior, el mensaje se descarta (S790). Si el número de retransmisiones es menor que N , el nodo determina si el límite de tiempo T ya ha pasado (S770).

45 En una variante adicional de estos métodos, el nodo puede limitar la retransmisión del mensaje (S640, S780) a elementos de distribución que no se han cubierto por otras retransmisiones. La cobertura puede determinarse como se ha descrito anteriormente para identificar los elementos de distribución asociados con el nodo de transmisión desde el que se recibió el mensaje. Para limitar la retransmisión por el nodo, el nodo puede incluir en la retransmisión del mensaje un indicador que indica, por ejemplo, identificadores de los elementos de distribución asociados con el nodo que aún han de cubrirse, o identificadores de los elementos de distribución asociados con el nodo que deberían excluirse de la retransmisión. Entonces, cuando se recibe este mensaje retransmitido que incluye el indicador, el nodo de recepción puede comprobar, después de haber determinado que tiene un elemento de distribución común (S610,

50 S710) con el nodo de transmisión, si todos sus elementos de distribución asociados están excluidos de la retransmisión, basándose en el indicador incluido en el mensaje. En caso afirmativo, el mensaje se descarta (S650, S790). Si no, el nodo continúa con las etapas adicionales (S620, S720). Por supuesto, el nodo puede determinar como alternativa si al menos uno de sus elementos de distribución asociados se indica que está cubierto. Si este no es el caso, el mensaje se descarta (S650, S790). Pero si este es el caso, el nodo continúa con las etapas adicionales (S620, S720).

55 En la Figura 8, se ilustra un método adicional de toma de una decisión de reenvío en un nodo de recepción, en el que pueden filtrarse mensajes basándose en parámetros de distribución adicionales relacionados con el elemento de distribución en la posición de nodo, por ejemplo basándose en lados de la carretera o lados de un pasillo. En este punto, el nodo originador desde el que proviene originalmente el mensaje puede elegir incluir un identificador del elemento de distribución con el que está asociado y una indicación de un parámetro de distribución adicional, por

ejemplo el correspondiente lado de la calle o el lado del pasillo. Por ejemplo, cuando un evento activador provoca que un nodo transmita un mensaje de detección o activador, el nodo 111 activado puede elegir incluir identificadores de la calle (por ejemplo S1) a la que pertenece y el lado de la calle (por ejemplo a). Cualquier nodo que no radique en este lado de la calle descartará el mensaje. Por lo tanto, cuando se recibe el mensaje desde un nodo 10 de transmisión (S800), el nodo 10 de recepción determina si está en la calle identificada en el mensaje (S810), y en caso afirmativo, si está en el lado de la calle identificada en el mensaje (S820). En caso de que se satisfagan ambas condiciones, retransmite el mensaje (S830). Si no, se descarta el mensaje (S840). Esto tiene, por ejemplo, el efecto de que el número de luminarias requeridas para iluminar se reduce a luminarias que radican en el lado de la calle donde se detecta el objeto. Además de que se filtran retransmisiones innecesarias, este enfoque también asegura que no se encienden luces que radiquen en calles adyacentes completamente diferentes, reduciendo por lo tanto la implicación de capa de aplicación en filtrar mensajes de detección irrelevantes. En este punto, el lado de la calle puede considerarse como un parámetro de distribución del nodo 10. Como alternativa, el lado de la calle de una cierta calle puede considerarse como un elemento de distribución de sí mismo, de modo que es posible diferenciar entre el lado izquierdo y derecho de la misma calle. Por supuesto, esta realización puede combinarse con cualquiera de las realizaciones anteriores.

Cuando un elemento de distribución, tal como una calle o un pasillo, tiene curvaturas o curvas, puede ser beneficioso permitir que los nodos en el lado opuesto del elemento de distribución del nodo 111 originador también retransmitan el mensaje. Por ejemplo, tomando el ejemplo de una curva de la calle como se muestra en la Figura 9, un edificio H puede reducir la probabilidad de transmisión satisfactoria entre los nodos 10b en el mismo lado de la calle S1_b. Por lo tanto, cuando se reenvía un mensaje desde un nodo 111 activado en el lado de la calle S1_b, los nodos 10b pueden no poder alcanzar el nodo de destino D. Por lo tanto, el método mostrado en la Figura 8 puede incluir adicionalmente una etapa de comprobación de parámetros de distribución adicionales del nodo 10, por ejemplo si el nodo 10 está localizado en una curvatura del elemento de distribución. Si el nodo 10a no radica en el mismo lado de la calle S1_b que el nodo 111 activado, sino que está localizado en una curva, puede retransmitir el mensaje a pesar de radicar en un lado diferente de la calle. Estos medios posibilitan que se aumente la fiabilidad de transmisión en puntos problemáticos del plano de distribución. Para reducir la cantidad total de retransmisión, el nodo 10a puede adoptar el enfoque probabilístico para retransmisión, como se ha descrito anteriormente. La probabilidad p para retransmisión puede depender del grado de curvatura del elemento de distribución y de la posición del nodo 10 con relación a la curvatura. En lugar del enfoque probabilístico, el enfoque basado en contador anteriormente descrito puede aplicarse para retransmisión, en el que el nodo 10a puede mantener el recuento de cuántas veces escuchó el mismo mensaje y, basándose en lo mismo, decidir si retransmitir o descartar el mensaje.

En la Figura 10, se ilustra la diferencia entre una distancia de línea de visión o euclidiana frente a una distancia de reenvío real, es decir la distancia cubierta. Un mensaje puede contener un límite de distancia, por ejemplo basándose en recuento de saltos o basándose en una distancia de línea de visión. Entonces, se requiere que cubra únicamente esta distancia desde el nodo 111 originador y no reenvía el mensaje adicionalmente. Usando un límite de distancia de línea de visión, se mide la distancia con relación al nodo 111 originador en una manera de línea de visión o euclidiana (d_{LOS} en la Figura 10). Sin embargo, la longitud real de la trayectoria que ha tomado el mensaje durante el proceso de reenvío, es decir la distancia cubierta, es probable que sea diferente de esta distancia de línea de visión, por ejemplo igual a d_1 más d_2 en la Figura 10. La distancia cubierta de un mensaje puede, por lo tanto, en su lugar, hacer referencia a una suma de distancias geográficas entre nodos que han transmitido el mensaje. Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, un nodo 10 de recepción puede determinar la distancia real que ha recorrido el mensaje desde el nodo 111 originador usando su plano de distribución. Este valor puede a continuación compararse a un límite de distancia que puede estar incluido en el mensaje o predeterminado para el nodo 10. Como alternativa, el mensaje puede contener un indicador de distancia que mantiene un registro de la distancia cubierta. En el nodo 111 originador, el indicador de distancia indica 0. Cada vez que un nodo 10 determina que el mensaje ha de reenviarse, el nodo 10 añade su distancia geográfica desde el nodo de transmisión, desde el cual ha recibido el mensaje, al indicador de distancia. Por supuesto, en lugar de la distancia geográfica, también puede usarse la distancia euclidiana o el recuento de saltos. Después de recibir el mensaje, cada nodo 10 puede comprobar en primer lugar si el límite de distancia se ha superado o no. Si el límite de distancia se ha superado, se descartará el mensaje. Estas etapas pueden incluirse en cualquiera de los métodos anteriormente descritos de toma de una decisión de reenvío en un nodo de recepción. Por lo tanto, todos los métodos pueden combinarse con delimitación de saltos y/o distancia geográfica y/o cubierta que delimita la propagación de transmisión, en general potencialmente también con otros protocolos de interconexión en red para optimización, por ejemplo geo-difusión (es decir inundar una región definida geográficamente).

Si un nodo 10 de la red no puede asociarse con algún elemento de distribución, el nodo 10 puede decidir descartar un mensaje recibido o retransmitirlo, basándose en recuento de saltos o información de distancia cubierta incluida en el mensaje. Como alternativa o adicionalmente, el nodo 10 puede aplicar el enfoque probabilístico anteriormente descrito o enfoque basado en contador.

La presente invención está adaptada pero no necesariamente limitada a despliegue de nodos a lo largo de topologías de la calle, como en redes de iluminación de exteriores. Por lo tanto, a través del uso de información de distribución de calle local y características locales, puede mejorarse el comportamiento de aplicación global, posibilitando que se reduzca el número de transmisiones requeridas o asegurando que se realicen suficientes transmisiones en puntos geográficos críticos para conseguir la entrega de mensaje. Sin embargo, la presente invención también es aplicable a cualquier escenario de despliegue donde se agrupen nodos, dependiendo de ciertos criterios.

En general, se ha mostrado que a través del intercambio de cantidades limitadas de información de las cercanías, puede aumentarse la fiabilidad de transmisión, por ejemplo, por inundación basada en contador. Estos medios posibilitan un equilibrio apropiado entre tara de intercambio de información y fiabilidad de transmisión. En particular, la presente invención permite optimizar algoritmos de inundación en redes de malla, es decir optimizar el número de transmisiones para cubrir múltiples saltos de origen a destino de una manera eficaz, mejorando por lo tanto el rendimiento de caudal y consiguiendo reducción de congestión. Adicionalmente, la fiabilidad de entrega de mensaje puede aumentarse en comparación con otros enfoques de inundación probabilísticos conocidos a partir de la técnica anterior, tales como inundación basada en contador. Además, únicamente se requiere un pequeño espacio de almacenamiento fijo para la información de las cercanías local. Los métodos de reenvío de acuerdo con la presente invención tienen una tara de protocolo fija bastante baja en comparación con otros enfoques de inundación y encaminamiento basados en conocimiento vecino. Además, en una comunicación de difusión localizada y/o (densa) multidifusión, la presente invención permite reducir el número de transmisiones en comparación con inundación. La invención es particularmente valiosa en presencia de normativas que limitan el acceso de los nodos al canal de comunicación (requisitos de ciclo de trabajo impuestos en la fracción de tiempo que los nodos están permitidos a ocupar el canal con sus transmisiones), puesto que permite distribuir la carga de transmisión de manera equitativa (si es posible) en el caso de múltiples emisores por grupo.

REIVINDICACIONES

1. Un nodo (10) de una red inalámbrica, que comprende una unidad (110) de control configurada para decidir acerca de la retransmisión de un mensaje recibido desde un nodo de transmisión, basándose en si el nodo de transmisión tiene al menos un elemento de distribución de un plano de distribución en común con el nodo, en el que el plano de distribución se refiere a una disposición espacial de la red inalámbrica, y en el que el al menos un elemento de distribución del plano de distribución está asociado con el nodo.
2. El nodo (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad (110) de control está configurada para retransmitir el mensaje recibido, únicamente si el nodo y el nodo de transmisión tienen al menos un elemento de distribución en común.
3. El nodo (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la decisión acerca de la retransmisión está basada en al menos uno de
- un indicador incluido en el mensaje recibido,
 - parámetros de distribución del nodo e
 - información de las cercanías almacenada.
4. El nodo (10) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el indicador incluye al menos uno de
- un identificador del nodo de transmisión,
 - al menos un identificador de un elemento de distribución asociado con el nodo de transmisión, e
 - información de distribución adicional acerca del nodo de transmisión.
5. El nodo (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad (110) de control está configurada para decidir acerca de un modo de retransmisión del mensaje recibido, basándose en un número de elementos de distribución asociados con el nodo.
6. El nodo (10) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el modo de retransmisión incluye al menos uno de:
- un enfoque probabilístico y
 - un enfoque basado en contador, basándose en un número de retransmisiones del mensaje por nodos vecinos recibidas en un tiempo predeterminado.
7. El nodo (10) de acuerdo con la reivindicación 6, en el que al menos una de una probabilidad para retransmisión y el tiempo predeterminado se establecen basándose en al menos una de una distancia a un elemento de distribución, una distancia a un nodo originador, que ha enviado en primer lugar el mensaje, y un número de elementos de distribución asociados con el nodo.
8. El nodo (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cuando se recibe al menos una de una retransmisión y transmisión del mensaje desde un nodo vecino, la unidad (110) de control está configurada para decidir acerca de retransmitir el mensaje, basándose en una cobertura de al menos una de la retransmisión y transmisión del nodo vecino.
9. El nodo (10) de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la cobertura se determina basándose en al menos uno de:
- un indicador incluido en el mensaje retransmitido e
 - información de las cercanías almacenada.
10. El nodo (10) de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que si el nodo está asociado con más de un elemento de distribución, únicamente se consideran retransmisiones de nodos vecinos que también están asociados con más de un elemento de distribución.
11. El nodo (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad (110) de control está configurada para determinar al menos una de una distancia geográfica y cubierta recorrida por el mensaje recibido, usando el plano de distribución, y para decidir retransmitir el mensaje si la distancia determinada está en un límite de distancia predeterminada.
12. El nodo (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el nodo comprende adicionalmente una unidad espacial para determinar al menos una de una posición absoluta del nodo y una posición relativa del nodo.

13. El nodo (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el plano de distribución incluye al menos uno de: un mapa de ciudad, una distribución en planta, y un plano del piso, y en el que el elemento de distribución incluye al menos uno de un piso, un pasillo, una habitación, una calle, un cruce y un área de parque.
- 5 14. El nodo (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el nodo está incluido en una luminaria de al menos uno de un sistema de iluminación de exteriores y de interiores.
15. Un método de control de un nodo (10) de una red inalámbrica, comprendiendo el método las etapas de:
- 10 recibir (S500) un mensaje desde un nodo de transmisión por un nodo de recepción;
decidir (S510) acerca de la retransmisión del mensaje recibido, basándose en si el nodo de transmisión y el nodo de recepción tienen al menos un elemento de distribución de un plano de distribución en común,
en el que el plano de distribución se refiere a una disposición espacial de la red inalámbrica, y
en el que al menos uno de los elementos de distribución del plano de distribución está asociado con el nodo.
- 15

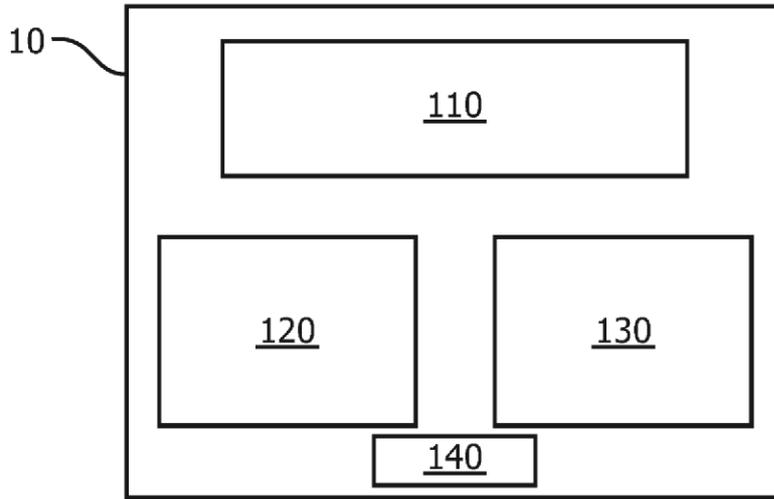


FIG. 1

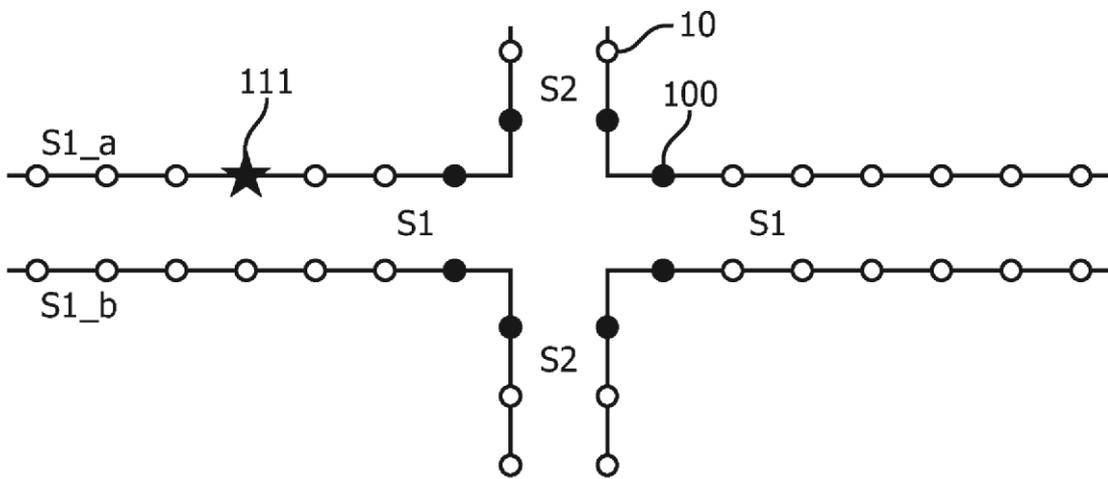


FIG. 2

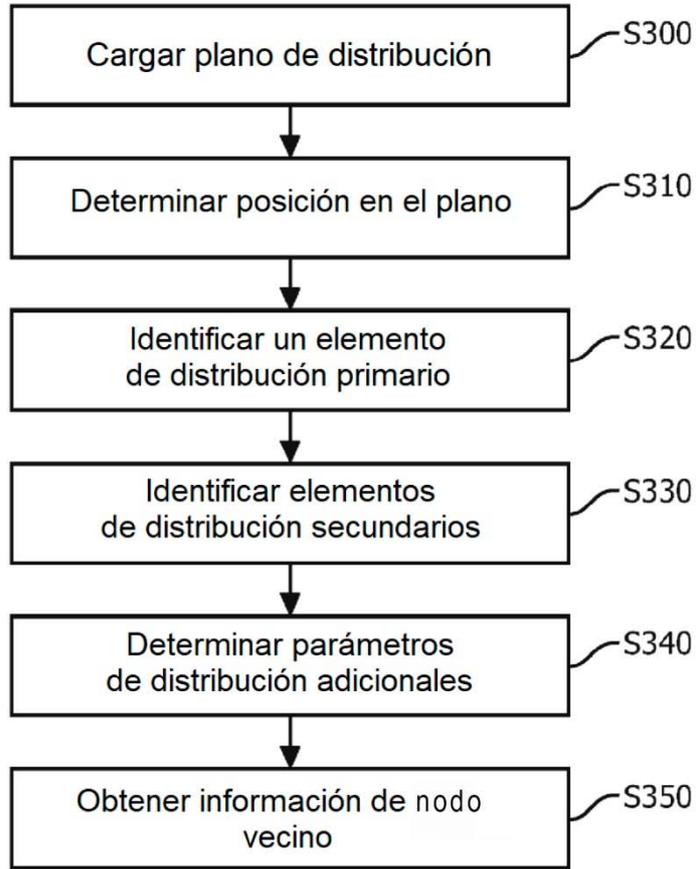


FIG. 3

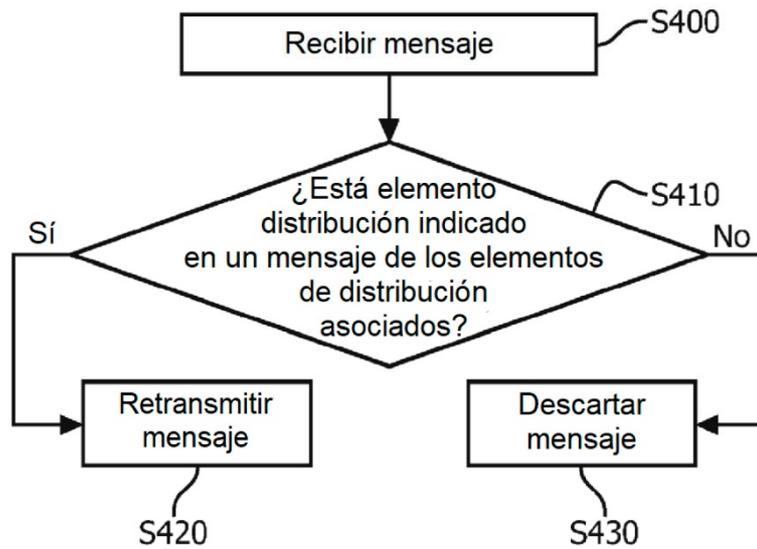


FIG. 4

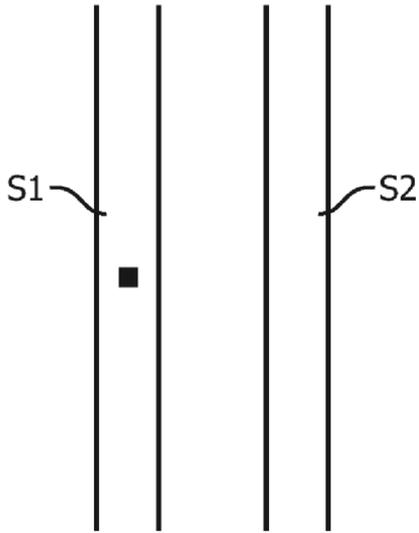


FIG. 5A

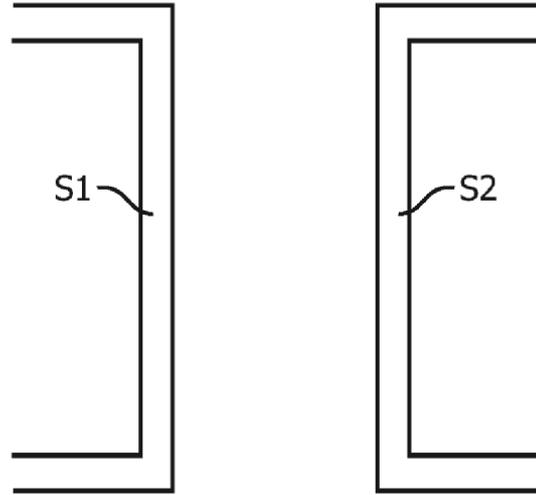


FIG. 5B

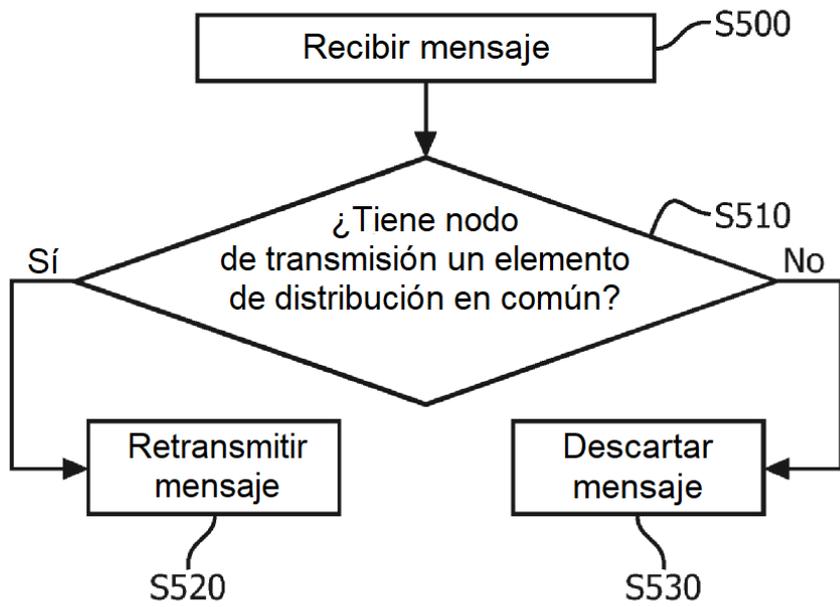


FIG. 6A

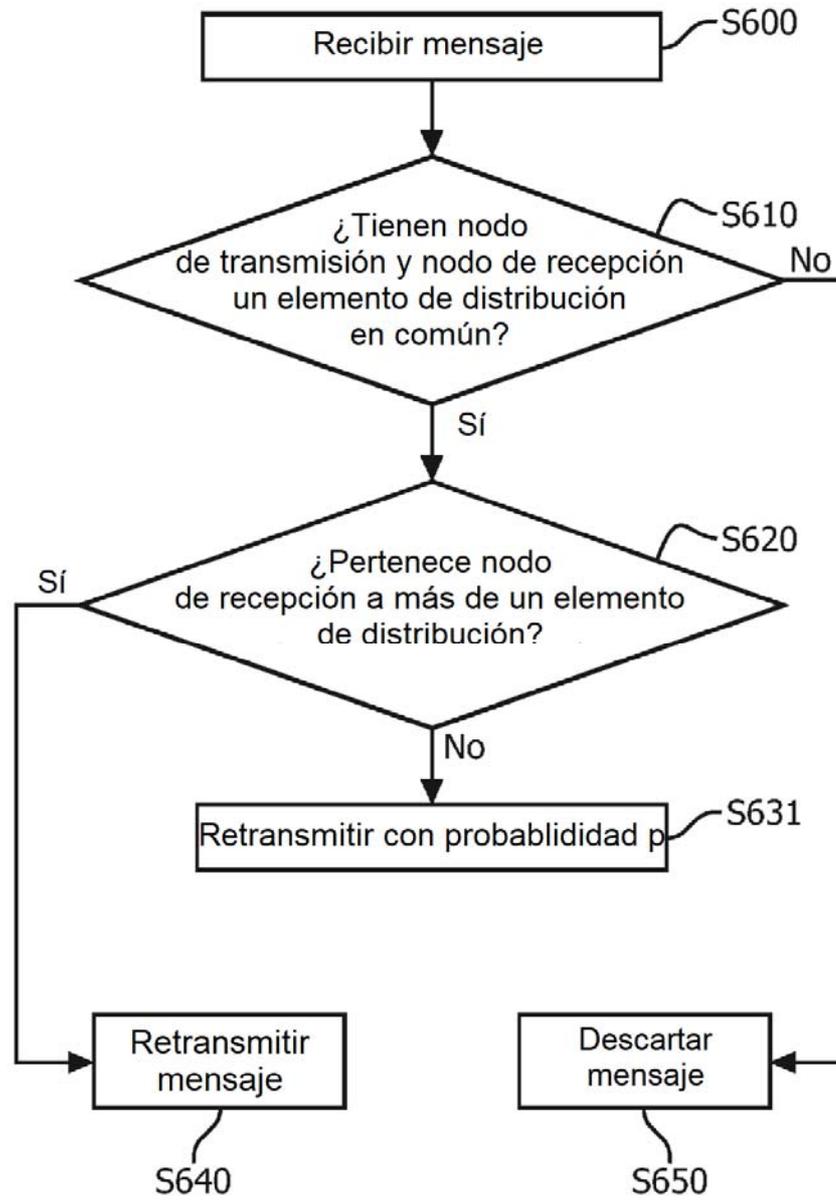


FIG. 6B

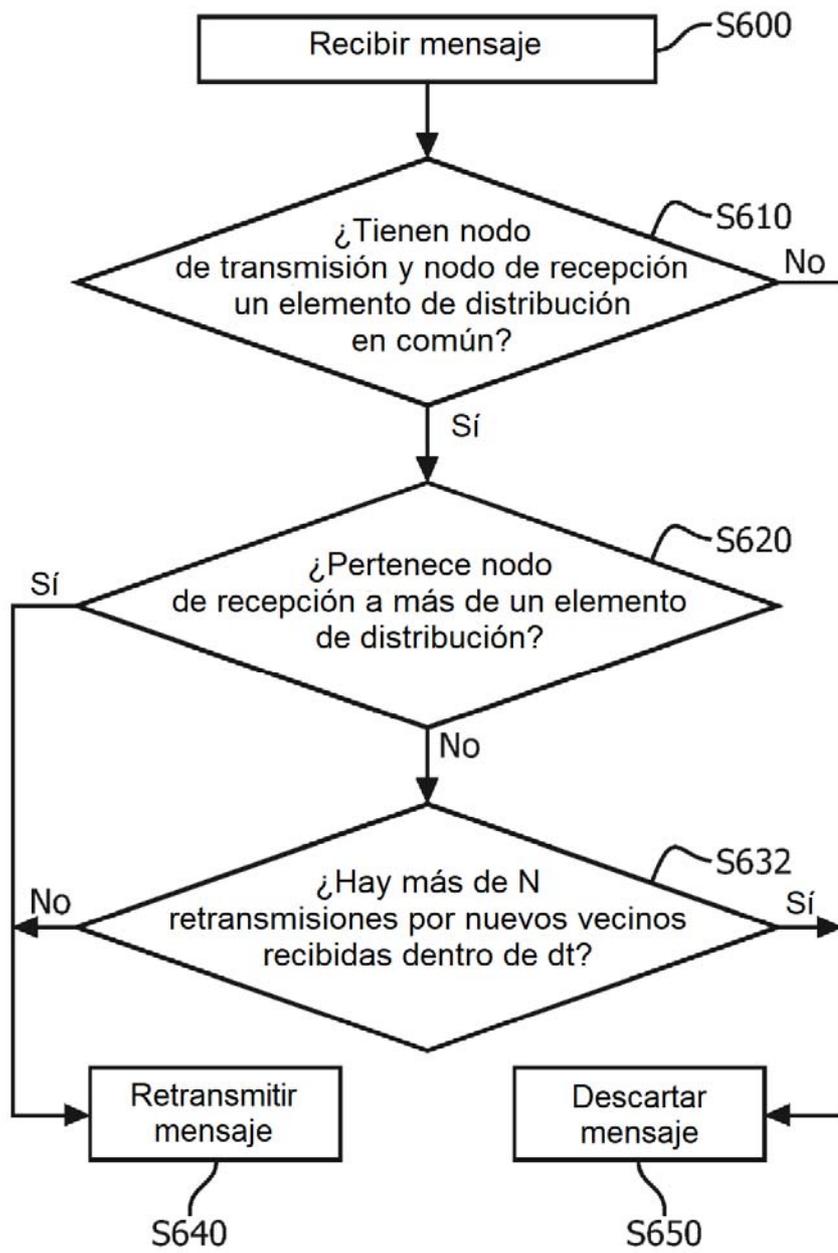


FIG. 6C

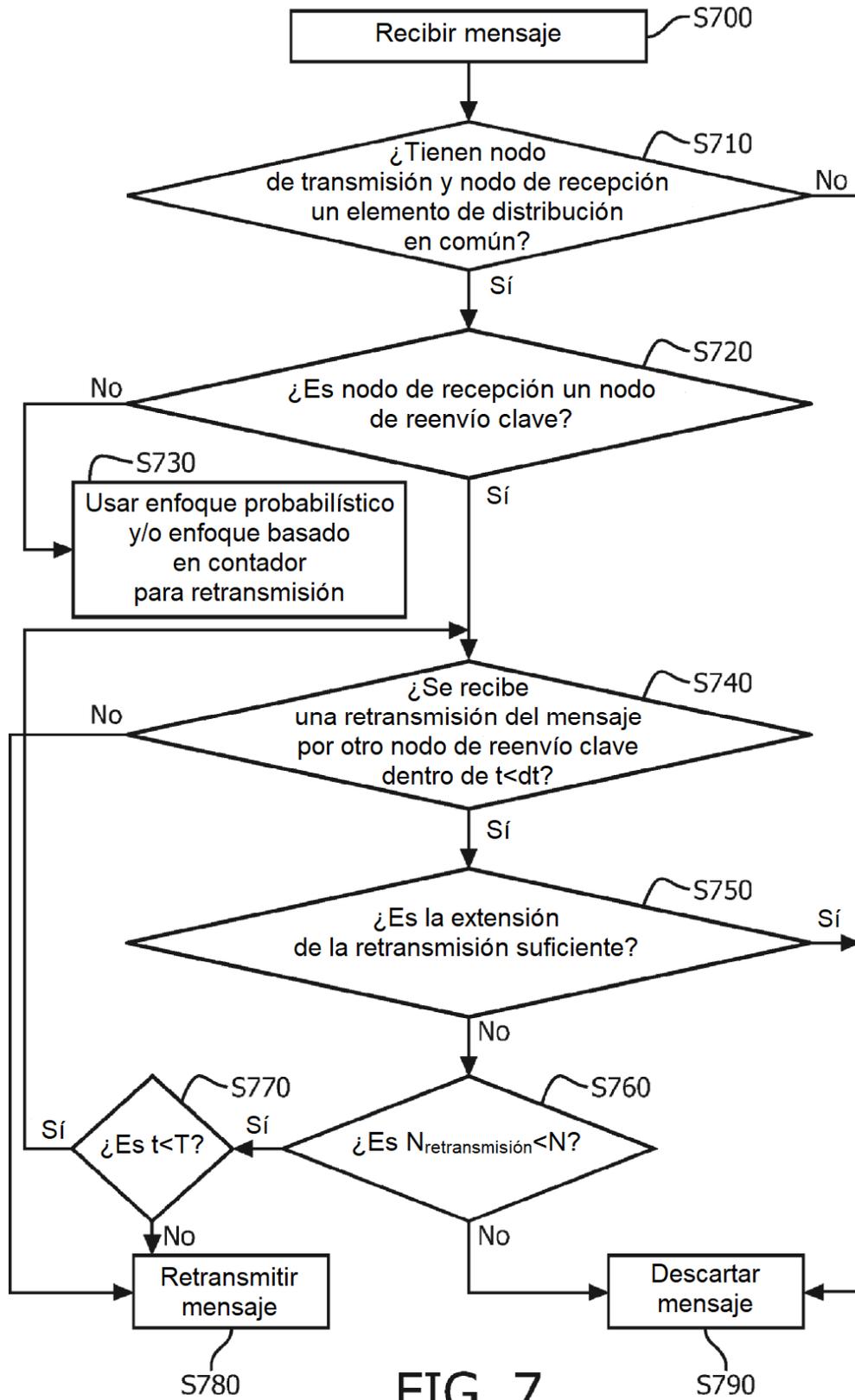


FIG. 7

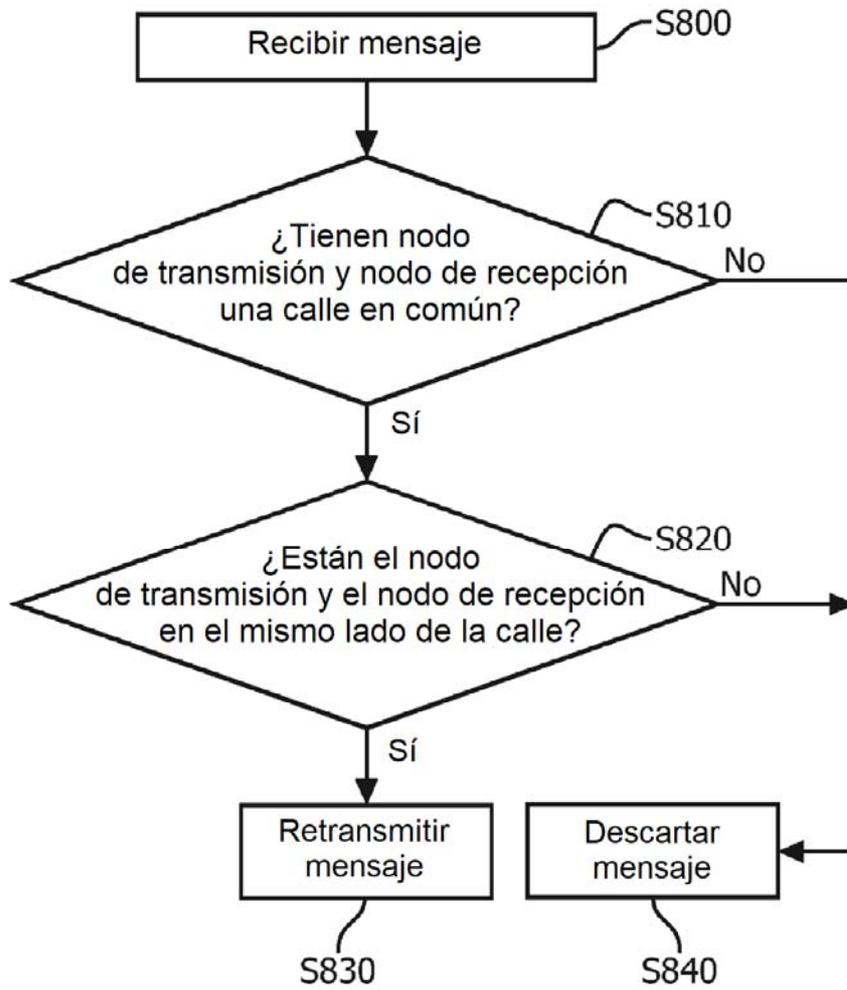


FIG. 8

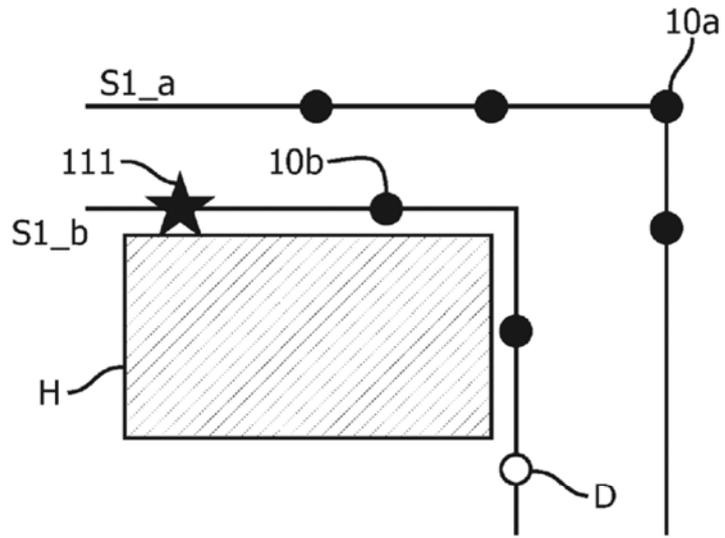


FIG. 9

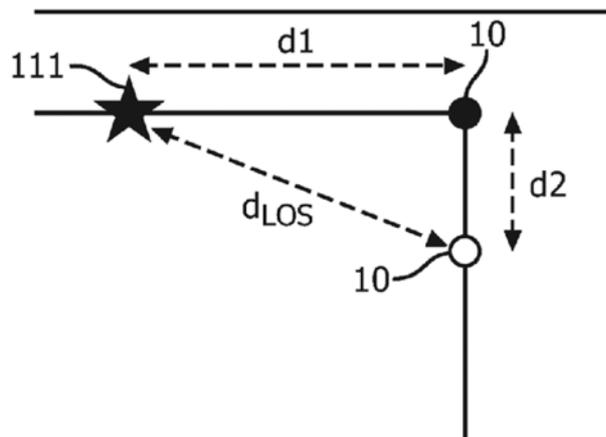


FIG. 10