

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 905**

51 Int. Cl.:

H04W 40/02 (2009.01)

H04L 12/761 (2013.01)

H04W 40/32 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.03.2015 PCT/EP2015/054553**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.09.2015 WO15135816**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2015 E 15707948 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017 EP 3117664**

54 Título: **Un método para configurar un dispositivo de nodos, una red y un dispositivo de nodos**

30 Prioridad:

13.03.2014 EP 14159347
26.05.2014 EP 14169879
10.07.2014 EP 14176564

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.11.2017

73 Titular/es:

PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V. (100.0%)
High Tech Campus 45
5656 AE Eindhoven, NL

72 Inventor/es:

GARCIA MORCHON, OSCAR;
SHARMA, SAHIL;
DE LA VEGA RUIZ, ALFONSO y
PERERA BARREDA, DAVID

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 640 905 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

Un método para configurar un dispositivo de nodos, una red y un dispositivo de nodos

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a dispositivos de comunicaciones en una red de comunicaciones, por ejemplo, una red ligera externa donde cada dispositivo de nodo se conecta a una luminaria que está controlada por comandos enviados sobre una red. La invención también es pertinente para métodos para configurar dichos nodos.

10 Esta invención es, por ejemplo, pertinente para redes de iluminación externa que utilizan comunicación inalámbrica.

ANTECEDENTE DE LA INVENCION

15 En algunas redes de comunicaciones, por ejemplo, en redes de iluminación externa, cada dispositivo de nodo tiene dos o más interfaces de comunicaciones. En este ejemplo mostrado en la figura 1, cada nodo 100 de la red tiene una interfaz 101 de maya y una interfaz 102 GPRS por ejemplo. La interfaz 102 GPRS se utiliza para realizar el auto comisionamiento con un respaldo, por ejemplo, por medio de UDP/DTLS/CoAP. En este sentido, si el intercambio DTLS es exitoso, el dispositivo se puede registrar y se pueden enviar algunos parámetros de configuración al dispositivo. Una vez se han comisionado todos los dispositivos 100 de nodos, la red de malla puede ser configurada y los parámetros de red transmitidos a un controlador 110 a distancia sobre la conexión GPRS. Adicionalmente, el módulo GPRS de algunos de los dispositivos 100 de nodo se pueden deshabilitar de tal manera que aquellos dispositivos con un GPRS deshabilitado hablan al respaldo solamente sobre los dispositivos restantes que aún tienen habilitada una interfaz GPRS (por ejemplo, dispositivo 100a de nodo). Adicionalmente, este dispositivo 100a puede actuar como un enrutador simple al simplificar adicionalmente la arquitectura de comunicaciones general y asegurar la operación de extremo a extremo entre la red y el controlador 110 a distancia en el respaldo. Esto significa que una parte de la comunicación se hace sobre la red de malla y otra parte sobre la red GPRS. La interfaz GPRS también puede ser otra interfaz de comunicaciones de largo alcance tal como UMTS, LTE o incluso una radio sub-GHz de largo alcance con la cual los dispositivos se pueden comunicar en una topología de estrella en largo alcance.

En dicha red, es posible tener un sistema todo-IP, minimizando de esta manera el número de traducciones de protocolo. Para este objetivo, el 6LoWPAN es uno de los posibles protocolos que se pueden utilizar. Sin embargo, se requiere asegurar que algunos patrones de comunicación básicos sean aún factibles, a saber:

- 35 1. Comunicación unidifusión desde el respaldo hasta cualquier dispositivo de nodo: esto se puede utilizar para encender/apagar la conmutación, conexión de una luminaria (Unidifusión de Enlace Descendente).
- 40 2. La comunicación unidifusión desde cualquier dispositivo de nodo en el sistema de iluminación hasta el respaldo: esto se puede utilizar para reportar energía (Unidifusión de enlace ascendente).
- 45 3. Comunicación multidifusión desde el respaldo hasta un grupo de dispositivos del sistema de iluminación: esto se puede utilizar para una actualización de software o para encender/apagar la conmutación de un grupo de luminarias (Multidifusión de Enlace Descendente).
- 50 4. La comunicación local en el sistema de iluminación entre una serie de dispositivos de nodo: esto se puede utilizar para habilitar productos que requieren comunicación Par a Par. En dichos productos, se utilizan detectores y comunicación inalámbrica para proporcionar luz por demanda, es decir, cuando se detecta una persona o vehículo que se mueve.

En una red 6LoWPAN, el protocolo de enrutamiento es especificado por el Protocolo de Enrutamiento para redes con pérdidas y baja energía (RPL). Una red basada en RPL está compuesta de instancias RPL. Cada una de estas instancias RPL puede tener una o más graficas acíclicas dirigidas orientadas a destino (DODAG). Cada DODAG finaliza en un nodo especial denominado raíz.

55 Se pueden encontrar dos tipos de casos en los dispositivos de nodos:

- 60 - Instancias globales, que se identifican mediante un ID de instancia. Cada instancia global puede incluir múltiples DODAG (con una diferente raíz en cada uno).
- Instancias locales, que son instancias especiales asociadas a un nodo. Cada instancia local puede solamente tener un DODAG. Se necesitan dos campos para identificarlas: un id de instancia y un id DODAG. El id DODAG es una dirección IP única y alcanzable del nodo que actúa como la raíz del DODAG.

Un sólo nodo puede unir un DODAG dentro de una instancia RPL, y las comunicaciones entre DODAG de la misma instancia no son posibles (son aisladas). De otra parte, un nodo puede unir diferentes instancias RPL al mismo tiempo. De esta manera, un nodo puede poseer o ser parte de múltiples instancias locales.

5 Más aún, subsiste la necesidad en dicha red de soportar protocolos de enrutamiento Multidifusión. Para lograr las metas de comunicación anteriores, se puede intentar crear múltiples subredes cada una asociada a un enrutador de frontera (con GPRS habilitado), que es la raíz del DODAG de la instancia Global. Sin embargo, esto tiene la limitación de que no es posible la comunicación local cuando se busca en las fronteras de las redes, como se muestra en la figura 2. En esta figura, parece que las subredes N1 y N2 se aíslan y no se pueden comunicar
10 directamente con esta topología de la red. La Comunicación entre N1 y N2 sólo se puede hacer a través del respaldo, en este caso requiere el uso de transmisión GPRS. De esta manera, la comunicación desde un dispositivo nodo desde la subred N1 hasta otro dispositivo nodo desde la subred N2 no es eficiente. Más aún, ningún enrutamiento multidifusión para nodos tanto N1 y como N2 está soportado en este ejemplo. Ejemplos de aplicaciones en redes industriales del protocolo de enrutamiento IP para redes RPL de pérdida y baja energía se
15 pueden encontrar en las publicaciones IETF: RFC 6550 (XP015081473) y el documento preliminar de internet XP15095666 y también en el documento preliminar IEEE XP 068029364.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

20 Es un objeto de la invención proponer un dispositivo que alivia los problemas mencionados anteriormente.

Es otro objeto de la invención proponer un método para configurar dispositivos de nodo en una red que permita un protocolo de enrutamiento eficiente mientras propone todos los modos de transmisión posibles.

25 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se propone un dispositivo que comprende un controlador de enrutamiento para enrutar mensajes hacia una pluralidad de dispositivos de nodo de una red, el controlador de enrutamiento comprende una instancia global que habilita el enrutamiento de mensajes hasta un grupo de enrutamiento de dispositivos de nodo, por lo menos una instancia local para enrutar paquetes a un dispositivo de
30 nodo vecino que es vecino al dispositivo, en el que el dispositivo nodo vecino se selecciona independiente de si el dispositivo de nodo vecino pertenece al grupo de enrutamiento de dispositivos de nodo, y en el que el controlador de enrutamiento se configura para utilizar la instancia local para enrutar mensajes de multidifusión a los dispositivos nodo.

35 De esta manera, se puede utilizar la instancia local para alcanzar nodos vecinos que no se pueden alcanzar accesibles con la instancia global y hacen parte de otra subred. Luego, los nodos de esta otra subred pueden utilizar su propia instancia global para enrutar mensajes a nodos de su subred. Al enrutar los mensajes de multidifusión con la instancia local, esto permite evitar más eficientemente que se enruten mensajes.

40 En una primera realización del primer aspecto de la invención, la instancia global comprende por lo menos una gráfica acíclica dirigida orientada a destino que define las rutas, vinculando a los dispositivos nodos del grupo de enrutamiento y que tienen como una raíz un dispositivo nodo que es un dispositivo enrutador que conecta una red hacia un respaldo. La primera realización habilita, por ejemplo, para evitar enrutar mensajes a través del respaldo y directamente a una subred vecina a través de una de las rutas propuestas por las instancias locales. Esto es particularmente interesante para aplicaciones que requieren comunicación local o para multidifusión de mensajes.
45

En otra realización del primer aspecto de la invención, el controlador de enrutamiento se configurado para utilizar la instancia global para mensajes unidifusión y para mensajes de multidifusión desde el respaldo. De esta manera, dependiendo de la aplicación o los nodos objetivos del mensaje y su respectiva posición en la red, se puede utilizar la instancia global en cambio de la instancia local para enrutar mensajes, ofreciendo más flexibilidad en el
50 enrutamiento de mensajes.

55 En todavía otra realización del primer aspecto de la invención, la comunicación entre el respaldo y la red se lleva a cabo sobre un medio de transmisión que es diferente del medio de transmisión de red. Este puede ser un medio de comunicaciones de amplio rango, como GPRS o LTE.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para configurar un dispositivo de nodo en una red, dicho dispositivo de nodo comprende un controlador enrutador para enrutar mensajes a otros dispositivos nodo de una red, el método comprende las etapas de

- 60 (a) crear en el controlador de enrutamiento una instancia global que permite el enrutamiento de mensajes a un grupo de enrutamiento de otros dispositivos nodo,
(b) crear por lo menos una instancia local para enrutar paquetes a un dispositivo nodo vecino que es vecino del dispositivo nodo, en el que la etapa (b) incluye seleccionar el dispositivo nodo vecino independientemente de si el dispositivo nodo vecino pertenece al grupo de enrutamiento de otros dispositivos nodo,
65 (c) configurar el controlador de enrutamiento para utilizar las instancias locales para enrutar mensajes multidifusión.

Como se observó anteriormente, se puede utilizar una instancia local para alcanzar nodos vecinos que no se pueden alcanzar con la instancia global y hacen parte de otra subred. Luego, los nodos de esta otra subred pueden utilizar su propia instancia global para enrutar mensajes a nodos de su subred. Al enrutar los mensajes multidifusión con la instancia local, esto permite enrutar mensajes más eficientemente. Esto se adapta particularmente al uso de aplicaciones que implican comunicación local en el que se tiene que informar una pluralidad de dispositivos nodo vecinos de la detección del movimiento de un vehículo o persona, de tal manera que los dispositivos vecinos se puedan encender en consecuencia.

De acuerdo con una realización de este aspecto de la invención, la configuración de instancias locales en la etapa (c) utilizada con una interfaz física se hace por medio de un mensaje intercambiado sobre una interfaz física.

De acuerdo con otra realización de este aspecto de la invención, la configuración de instancias locales en la etapa (b) comprende asignar al dispositivo nodo una instancia local en la que el dispositivo nodo actúa como una raíz y asigna identificadores de otras instancias locales en que el dispositivo nodo actúa como un oyente.

De acuerdo con una realización del segundo aspecto de la invención, la etapa (a) comprende adicionalmente crear por lo menos una gráfica acíclica dirigida orientada a destino que define las rutas que enlazan los dispositivos nodos del grupo de enrutamiento y que tiene tanto como una raíz como un dispositivo nodo que es un dispositivo enrutador que conecta la red a un respaldo. De esta manera, dependiendo de la aplicación o los nodos objetivos del mensaje y su posición respectiva en la red, el dispositivo nodo se configura para utilizar la instancia global en lugar de la instancia local para enrutar mensajes, ofreciendo más flexibilidad en el enrutamiento de los mensajes.

De acuerdo con otra realización del segundo aspecto, la etapa (b) comprende adicionalmente crear una gráfica acíclica dirigida orientada a destino que define la ruta que enlaza el dispositivo vecino al dispositivo nodo. Más aún, la etapa (a) y la etapa (b) se llevan a cabo basadas en información geográfica respectiva del dispositivo nodo y otros dispositivos nodo. Gracias a la información respectiva del dispositivo nodo, se puede configurar la instancia local de tal manera que crea una conexión de comunicación o enlace entre dos subredes aisladas formadas por el esquema de enrutamiento de instancia global. Por ejemplo, las instancias globales y las instancias locales pueden seleccionar dispositivos de nodo para asegurar que cualquier instancia global diferente se conecta mediante una o más instancias locales. Esto permite en algunas realizaciones para evitar el enrutamiento de mensajes a través del respaldo que sería ineficiente. Esto también puede ser costoso, en razón a que puede requerir por ejemplo recursos GPRS que se cargan al proveedor del servicio.

En una variante adicional de esta realización, antes de las etapas (a)-(c), el método comprende la etapa de dispositivos nodos de red que transmiten su información geográfica respectiva a un controlador central en el respaldo, y las etapas (a)-(c) se llevan a cabo desde dicho controlador central. El dispositivo de nodo puede incluir por ejemplo un grupo de microcircuitos GPS para establecer su información geográfica en una forma precisa y transmitir aquella información al controlador central en el respaldo. La información geográfica también se puede obtener mediante otros medios, por ejemplo, de una red celular. El controlador central en el respaldo tiene más energía de computación que los dispositivos nodos para crear y configurar en una forma optimizada los esquemas de enrutamiento que van a ser utilizados por la red.

En una variante de las realizaciones del segundo aspecto de la invención, etapas (a)-(c) se llevan a cabo desde un controlador central en el respaldo. Puede no ser necesario para los dispositivos de nodo transmitir su información geográfica en razón a que esta puede no ser conocida previamente, por ejemplo, desde el mapa de instalación.

En una variante adicional las realizaciones del segundo aspecto de la invención, etapa (b) comprende crear una interfaz MPL (en el que antes tuvimos una instancia RPL local) para el protocolo MPL, y el dispositivo nodo es la única semilla del protocolo MPL. En otra variante de las realizaciones del segundo aspecto de la invención, la etapa (a) comprende crear un interfaz MPL en la instancia global para el protocolo MPL, y en el que un nodo enrutador conectado al respaldo es la única semilla del protocolo MPL. El protocolo multidifusión para redes de baja energía y pérdida (MPL) es un candidato para 6LoWPAN en vista de sus propiedades y su eficiencia en dichas redes.

Es aún otra variante de las realizaciones del segundo aspecto de la invención, etapas (a) y (b) comprende crear una interfaz RPL en la instancia local y la instancia global para el protocolo RPL.

En todavía otra variante de las realizaciones del segundo aspecto de la invención, las instancias locales se definen con un árbol de enrutamiento que tiene profundidad mínima. Esto significa por ejemplo que todos los nodos enumerados en las instancias locales pueden ser alcanzados en un salto (no se requiere retransmisión intermediaria). Esto permite la simplicidad y eficiencia en el enrutamiento de mensajes. Obtener estos árboles de mínima profundidad es particularmente simple si se computan en el respaldo que tiene el conocimiento global de la red y la ubicación geográfica exacta de los dispositivos.

En otra variante de las realizaciones del segundo aspecto de la invención, la instancia local define rutas por medio de una estructura de árbol, que tiene una raíz, nodos intermedios y hojas, y en el que los mensajes enrutados desde la raíz a las hojas en la instancia local se multitransmiten más de una vez por la raíz y todos los nodos intermedios

para asegurar la confiabilidad. Al repetir el mensaje que se transmite por multidifusión, esto permite mantener la confiabilidad en la transmisión de mensajes.

5 Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se aclararán con referencia a las realizaciones descritas adelante.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

10 Ahora se describirá la presente invención en más detalle, por vía de ejemplos, con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 es un diagrama de bloques de una red en la que se puede implementar la invención.

15 La figura 2 es la representación de las instancias de enrutamiento en una red que comprende nodos de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 3A-3D muestra el enrutamiento de paquetes en la red de la figura 2.

20 La figura 4 es un diagrama de flujo que representa un método para configurar la red de acuerdo con otra realización de la invención.

La figura 5 es la representación de las instancias de enrutamiento en una red que comprenden los nodos de acuerdo con otra realización de la invención.

25 La figura 6 es la representación de las instancias de enrutamiento en una red que comprenden nodos de acuerdo con todavía otra realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

30 La presente invención se refiere a dispositivos de nodo en una red y a un método para configurar dicho dispositivo de nodo para permitir que el enrutamiento de mensajes en la red.

35 Como se observó anteriormente, subsiste la necesidad de un protocolo de multidifusión en una red como se describe en la figura 1. De hecho, en redes de iluminación externas, se puede utilizar multidifusión para encender o apagar un grupo de luminarias o para informar a un grupo de luminarias de un objeto detectado en la vecindad de un dispositivo de nodo.

40 El Protocolo de Multidifusión para las redes de pérdidas y baja energía (MPL) es un protocolo que utilizará para multidifusión en redes 6LoWPAN. Las características principales del protocolo MPL son como sigue:

45 • Todos los dispositivos de nodos tienen una o más interfaces MPL. Estas interfaces tienen una o más direcciones IP unidifusión asociadas.

• Cada interfaz puede suscribirse a uno o más dominios MPL. Existe una dirección multidifusión única asociada con cada dominio.

50 • Entre los nodos que se han unido a un dominio a través de una de sus interfaces, existen algunos especiales que emiten información en el dominio. Estos nodos se denominan semillas.

• Cuando una semilla envía un mensaje, utilizará la dirección de multidifusión de dominio como el destino y todos los nodos suscritos a ese dominio recibirán el mensaje.

55 • Todos los nodos funcionan como reenviadores de MPL. De esta manera, si un nodo no ha recibido previamente un mensaje, lo retransmitirá.

• Se utiliza el algoritmo de cubeta con goteo para controlar la comunicación multidifusión y las retransmisiones.

60 En una realización de la invención, se puede utilizar RPL para crear entradas de enrutamiento. El RPL se ajusta bien para un patrón de comunicación unidifusión. De otra parte, el MPL es una buena opción para la comunicación multidifusión.

65 Como se muestra en la figura 2, una primera realización de la invención hace uso de una instancia RPL local y global para alcanzar todas las metas de comunicaciones. En la red de la figura 2, se interconecta una pluralidad de dispositivos 100 y 100a de nodo y forman diferentes subredes N1 y N2. Los dispositivos 100 y 100a de nodo se conectan entre sí por medio de su interfaz de malla. El dispositivo de nodos 100a, sin embargo, funciona

adicionalmente como enrutador de frontera utilizando su interfaz GPRS para comunicarse con una red 200 de respaldo, conectada a un controlador remoto (no mostrado).

Para enrutar paquetes de datos sobre las redes N1 y N2, se distribuyen instancias RPL locales y globales en la red.

En la figura 2 se representan los contenidos de algunas instancias globales con referencia a la parte de la red 21 y las conexiones entre los dispositivos de red como rutas. Del mismo modo, se utiliza la referencia 22 para representar algunos ejemplos de instancias locales por medio de la cual los nodos vecinos pueden enrutar mensajes entre sí. Para cada subred N1, N2:

- Existe una instancia 21 global, con diversos DODAG en este. Cada raíz DODAG funcionara como un enrutador 100a de frontera, que tiene su interfaz GPRS habilitada para comunicarse con el respaldo 200. Todos los dispositivos 100 de nodos de la subred se unirán a un DODAG de esta instancia global.

- Cada dispositivo 100 y 100a de nodo de una subred poseerá por lo menos una instancia 22 local a la que los nodos vecinos se agregarán o unirán en la vecindad más estrecha.

Con esta estructura, se pueden alcanzar todos los patrones de comunicaciones:

- Ambas comunicaciones multidifusión y unidifusión hacia arriba y hacia abajo y entre cada dispositivo de nodo y el respaldo se logrará utilizando la instancia 21 global.

- Los dispositivos de nodo (que son sensores en este caso) utilizarán su instancia 22 local para enviar información multidifusión a los nodos vecinos a los que se han unido.

Al seleccionar, en una instancia 22 local de dispositivo de nodo, otros nodos independientes de si estos otros nodos se incluyen en la instancia global del dispositivo nodo o en la instancia global de otro dispositivo nodo que tiene una raíz diferente, se pueden crear conexiones entre las diferentes subredes N1 y N2 que de otra forma se aislarían. Por ejemplo, la instancia 22a local se conecta sobre dos subredes y habilita las comunicaciones desde la red N1 hasta la red N2 sin pasar a través del respaldo. En una variante de la invención, se puede preferir crear instancias locales que incluyen nodos que ya no se incluyen en la instancia global con el fin de aumentar la probabilidad de crear múltiples enlaces con otras subredes.

De acuerdo con un método convencional, no habría otra forma de enlazar nodos desde una subred a otra sino a través del respaldo. Esto crearía retardos, y consumen recursos GPRS que son más costosos que el enlace directo.

Esto no permitiría la implementación de algunas aplicaciones, por ejemplo, niveles ligeros de seguimiento y rastreo de un objeto móvil desde la primera subred N1 hasta la segunda subred N2. Como se puede observar, el uso de instancias locales para dispersar información a los nodos más cercanos evita las limitaciones de este método convencional, en el que los nodos de diferentes subredes no se pueden comunicar. Una explicación completa de todos los escenarios posibles se representa en las figuras 3A a 3D. En estas figuras 3A-3D, se muestra la instancia global en la parte superior del diagrama con su estructura similar a árbol. Luego se muestran diversas instancias, cada una dedicada a un nodo considerado. Por motivos de claridad, solo se muestran las instancias locales de los ocho dispositivos nodo (1001-1008) en el fondo de la red. Sin embargo, los dispositivos de nodo intermedios o nodos enrutadores de frontera tienen instancias locales para enrutar mensajes a sus respectivos vecinos. Por ejemplo, la instancia local del nodo 1001 muestra cómo la instancia local de este dispositivo 1001 de nodo enruta mensajes a los dispositivos 1002 y 1003 de nodo.

La figura 3A muestra el enrutamiento de un mensaje de unidifusión desde el enrutador utilizando la instancia global.

Como se puede observar por las flechas en negrita, se enruta un paquete de datos en una forma unidifusión desde el respaldo 200 hasta el dispositivo 1003 de nodo. Se puede utilizar la instancia global para enrutar cualquier mensaje unidifusión desde el respaldo hasta cualquiera de los dispositivos. Esto puede ser utilizado, por ejemplo, por el controlador a distancia para comandar una única luminaria para encender o apagar.

La ruta opuesta se ilustra en la figura 3B, que muestra el enrutamiento de un mensaje unidifusión desde el nodo 1005 hacia el nodo enrutador y luego al respaldo utilizando la instancia global. Esto se puede utilizar para que los dispositivos nodo enruten mensajes que retroalimentan, por ejemplo, alguna información sobre un estado de la luminaria o la cantidad de energía consumida por la luminaria.

La figura 3 c muestra el enrutamiento de un mensaje multidifusión desde el respaldo hasta un grupo de luminarias. Esto se puede utilizar para propagar parámetros de configuración a un grupo de luminarias o por ejemplo encender o apagar un grupo de luminarias.

En el caso de multidifusión de los nodos, o para algunas comunicaciones locales similares a unidifusión a un nodo vecino, se muestra el enrutamiento por la figura 3D. En este caso, la instancia local se utiliza para enrutar mensajes.

En el ejemplo de la figura 3D, el nodo 1005 puede alcanzar mediante multidifusión los nodos, 1003, 1004, 1006 y 1007 vecinos. Los nodos 1006 y 1007 son alcanzados mediante el dispositivo 1005 de nodos, aunque no en la misma red. Por ejemplo, en el caso de la transmisión de un mensaje utiliza el algoritmo de cubeta con goteo, el mensaje puede navegar y alcanzar las otras subredes más rápido, y no requiere pasar a través del respaldo 200.

Como se muestra en las figuras 3A - 3D, se definen instancias locales con un árbol de enrutamiento que es de profundidad mínima. Esto significa que desde el dispositivo nodo que sirve como la raíz, se pueden alcanzar todos los otros nodos en el número de saltos mínimo. Normalmente, el número mínimo de saltos es 1, es decir, el nodo raíz puede alcanzar directamente todos los nodos enumerados en la instancia local.

La inclusión de instancias locales tiene más ventajas que evitar las limitaciones de estructuras globales. Cada nodo puede poseer diversas instancias locales, que podrían resultar en una respuesta versátil que dependen de la situación. Si las instancias se crean siguiendo diferentes requerimientos de aplicación, la red puede reaccionar hacia un evento en el nivel de enrutamiento en función de sus necesidades de aplicación (optimización de capa cruzada).

Por ejemplo, si tenemos pocas instancias basadas en la distancia o número de saltos deseamos que un mensaje viaje y que se detecte algo en el entorno, la red será capaz de propagar el mensaje a pocos saltos (por ejemplo, detección de un objeto que se mueve lento como una persona) o puede decidir enviarlo tan rápido como sea posible (por ejemplo, detección de un objeto que se mueve rápido como un automóvil). También, en el escenario del automóvil, es posible propagar el mensaje solamente en la dirección en que va el vehículo.

La creación de las instancias y opcionalmente del DODAG asociado se puede hacer en el respaldo. Para lograr esto, el respaldo ejecutará algoritmos basados en medidas tales como posición, línea de visión, distancia entre nodos y potencia de señal.

Algunas de estas medidas se enviarán desde los nodos hasta el respaldo través del GPRS durante o después de la fase de comisionamiento. El resto de medidas se calcularán por el respaldo con información geográfica (posición geográfica de los nodos). Como en algunas redes de iluminación, todos los dispositivos de nodo tienen un módulo GPS, la posición de cada dispositivo de nodo puede ser enviada, por ejemplo, a través de GPRS durante el comisionamiento, con las medidas mencionadas anteriormente.

A continuación, el respaldo ejecuta los algoritmos, por ejemplo, basados en la información geográfica recibida y crea un grupo de parámetros de red para cada nodo. Finalmente, el Respaldo empujará los patrones de red a cada nodo a través de GPRS.

La creación de la instancia local se facilita mediante la información global de la red. Como se mencionó anteriormente, la información global puede ser computada con la posición del GPS, o en una variante basada en la información de localización almacenada durante la instalación de la red.

Para la creación de cada instancia local, se puede ejecutar el siguiente algoritmo en el respaldo. Este algoritmo tiene como entrada el grupo de nodos que se unen a la instancia local e incluyen diversas funciones. Este algoritmo genera la estructura con el número mínimo de saltos. Esto se logra al agregar un salto más en cada iteración solamente si se validan los enlaces. La validación del enlace se puede variar o ajustar por ejemplo en función de la situación (entorno, proximidad de las fuentes de interferencia) y en el desempeño requerido de la red. Para cada nodo el algoritmo agregará el mejor enlace para este (que será un nodo de la iteración anterior).

<p>Input:</p> <p>Existen dos entradas principales para este algoritmo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El nodo que se llegará a ser la raíz de nuestra estructura jerárquica. • Grupo de nodos que deseamos incluir en la topología que estamos creando. La determinación de este grupo de nodos no se define mediante este algoritmo. <p>También, necesitamos información de medidas para decidir si un enlace es adecuado para la comunicación o si no se tiene que utilizar suficiente calidad.</p> <p>Output:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lista de nodos con parientes asociados en la instancia.
<ul style="list-style-type: none"> • Nodos que no pudieron unirse a la estructura. Esto puede suceder si no existe enlace que cumpla con los requerimientos de comunicación.

La computación del grupo de nodos puede ser diferente dependiendo de la aplicación (por ejemplo: un automóvil que va en una dirección específica o una persona que camina que no necesita el mismo alcance, como se explica en la característica 1) o todos los nodos en un área dada centrada en una ubicación dada. De este modo, cada nodo puede tener más de una instancia local para cada propósito de aplicación.

5 Este algoritmo puede ser ejecutado en el respaldo, como se mencionó anteriormente. En esa característica, las medidas principales también se mencionan. Estas medidas se utilizarán en una función de coste, que se mencionará en las siguientes funciones:

valid_link (node1, node2):

Verifica si el enlace entre dos nodos es suficientemente bueno para ser utilizado

Input: Nodo 1 y Nodo 2 que forman el enlace que se va a verificar

Output: Cierto si el enlace entre el nodo 1 y nodo 2 es adecuado. Falso de otra forma

10

best_link (nodo, parent1, parent2):

Dadas dos posibilidades, regresa el mejor pariente para un nodo.

Input:

- node: el nodo está buscando un pariente.
- parent1: primera opción.
- parent2: segunda opción.

Output: Mejor pariente entre los dos disponibles.

look_for_parent (nodo, lista):

Búsquedas para el mejor pariente para un nodo dentro de la lista de parientes disponibles en el momento

Input:

- node: el nodo está buscando un pariente.
- list: nodos disponibles que van hacer parte de ese nodo.

Output: Mejor pariente disponible o nulo si no existe uno válido dentro de la lista.

look_for_parents (incluye look_for):

Busca el mejor pariente para un grupo de nodos dentro de una lista de parientes posibles

Input:

- included: lista de nodos que ya están en la estructura.
- look_for: nodos que aún necesitan un pariente.

Output:

- added_nodes: lista de nodos que han recibido un pariente en esta función de llamada.
- remaining: nodos que no han recibido un pariente en esta función de llamada

ES 2 640 905 T3

Todas las funciones abstractas anteriores son detalladas en el siguiente algoritmo compacto

Primero que todo necesitamos declarar dos funciones especiales que se utilizan dentro del algoritmo. Estas se basan en una función de coste para lograr sus objetivos:

`valid_link (node1, node2):`

Verifica si el enlace entre dos nodos es suficientemente bueno para ser utilizado

Input: Los dos nodos involucrados

Output: Verdadero si el enlace entre nodos es adecuado. Falso de otra forma.

`best_link (nodo, parent1, parent2):`

Dadas dos posibilidades, regresa el mejor pariente para un nodo

Input:

- `node`: el nodo para el que estamos buscando un pariente.
- `parent1`: primera opción.
- `parent2`: segunda opción.

Output: Mejor pariente entre los dos disponibles.

Con la función definida anteriormente, podemos mostrar ahora las funciones utilizadas mediante este algoritmo con el fin de establecer la estructura de instancia local y finalmente el código del algoritmo.

`look_for_parent (nodo, lista):`

Busca el mejor pariente para un nodo dentro de la lista de parientes disponibles en el momento.

Input:

- `node`: nodo al que estamos buscando un pariente.
- `list`: nodos disponibles que van a ser pariente de ese nodo.

Output:

- Mejor pariente disponible o nulo si no existe uno válido dentro de la lista.

1: `temporal_parent` nulo

2: for all `n` en `list` do

3: if `valid_link(node, n)` then

4: if `temporal_parent` is null then

5: `temporal_parent` `n`

6: else

7: `temporal_parent` `best_link(node, temporal_parent, n)`

8: end if

9: end if

10: end for

11: return `temporal_parent`

Look_for_parents (included look_for):

Busca el mejor pariente para un grupo de nodos dentro de una lista de posibles parientes

Input:

- included: lista de nodos que ya están en la estructura.
- look_for: nodos que aún necesitan un pariente.

Output:

- added_nodes: lista de nodos que han recibido un pariente en esta función de llamada.
- remaining: nodos que no han recibido un pariente en esta función de llamada

1: aux null

2: for all n in look_for do

3: aux look_for_parent (n, included)

4: if aux is null then

5: add n to remaining

6: else

7: add n to added_nodes

8: set aux as parent of n

9: end if

10: end for

11: return {added_nodes, remaining}

Algoritmo:

Genera la estructura dentro del número mínimo de saltos

Input:

- root: nodo que llegará a ser la raíz de instancia local.
- nodes: lista de nodos que deseamos unir a la instancia.
- Metrics used to establish link cost: distancia, línea de división (LoS), potencia de señal.

Output:

- Lista de nodos con parientes asociados para formar la instancia.

- Nodos que pueden no unir a la instancia.

1: last_included {root}

2: not_included nodes

3: while last_included is not null and not_included is not null

4: {new, remaining} look_for_parents (last_included, not_included)

5: {last_included not_included} {new, remaining}

6: end while

El bucle en el algoritmo tiene dos posibles finales:

- last_included no es nulo y no_included es nulo: finalización normal, todos los nodos se han unido a la instancia local.
- last_included es nulo y no_included no es nulo: algunos nodos pueden no unirse a la instancia porque no tienen ningún enlace adecuado.
- Otras combinaciones no son posibles (notnull-notnull significa continuo en el bucle y no podemos tener null-null porque debemos tener finalizada la iteración anterior).

Las instancias locales RPL proporcionan una buena solución para habilitar los casos de uso de comunicación. Una consideración es si se puede mejorar RPL al agregar las características de MPL. Podemos aplicar este protocolo en instancias globales y locales con esta estructura. En instancias locales:

- 5
- Cada nodo tendrá un interfaz MPL.
 - También, cada nodo se suscribirá a un dominio MPL, en el que es la única semilla.
- 10
- El otro nodo cercano se suscribirá a aquel dominio como reenviador MPL.

En instancias globales:

- 15
- De nuevo, cada nodo tendrá una interfaz MPL (lo mismo para la instancia local).
 - Tenemos un dominio MPL para cada DODAG, con la raíz como la única semilla en este.
 - Cada nodo en el DODAG se suscribirá al dominio DODAG.
- 20
- Aparte de la solución explicada anteriormente, podemos pensar en otro método. El uso de un dominio MPL global para la red completa, que se utilizará para mensajes de multidifusión locales y globales. Para alcanzar esto, necesitamos establecer un número máximo de saltos en cada mensaje:
- 25
- Si deseamos que se distribuya un mensaje globalmente, podemos fijar este número de saltos como el máximo admisible.
 - Si deseamos que un mensaje tenga un rango local, podemos limitar el número de saltos, para evitar la dispersión del mensaje en la red completa.
- 30
- En los dos métodos discutidos, necesitamos tener aún la instancia global RPL para cumplir la comunicación unidifusión entre los nodos de red y respaldo.

De acuerdo con otro aspecto de la invención descrita en la figura 4, un método para configurar una red se ilustra en el diagrama de flujo. En la red de la figura 2, el método comprende los pasos de

- 35
- S100 los dispositivos del nodo de la red transmiten su información geográfica respectiva a un controlador central en el respaldo. La información geográfica, que también se puede obtener a partir de un depósito de datos en una variante de esta realización, se utiliza para optimizar instancias globales y las instancias locales en vista de las ubicaciones de nodos.
- 40
- S101 crea el controlador de enrutamiento de una instancia global que habilita el enrutamiento de mensajes a un grupo de enrutamiento de otros dispositivos de nodos.
- 45
- S102 crear por lo menos una instancia local para enrutar paquetes a un dispositivo nodo vecino que es vecino del dispositivo de nodo. La etapa S102 incluye seleccionar el dispositivo de nodo vecinos independientes si el dispositivo de nodos vecinos pertenece al grupo de enrutamiento de los otros dispositivos de nodos. De esta manera, las instancias locales se pueden configurar para conectar sobre dos redes formadas por las instancias globales.
- 50
- S103 que configura el controlador de enrutamiento para utilizar las instancias locales para enrutar mensajes de multidifusión. En particular, la etapa S103 comprende asignar al dispositivo de nodo de una instancia local en el que

el dispositivo de nodo actúa como una raíz y evalúa identificadores de las otras instancias locales, en las que el dispositivo de nodo actúa como un oyente. De esta manera, cada nodo conoce las instancias locales en las que toma parte, ya sea como la raíz o como un destino.

5 Las etapas S101-103 se pueden llevar a cabo desde el controlador a distancia en el respaldo. De hecho, esta entidad tiene usualmente más procesamiento de potencia que de esta manera optimiza la configuración de las instancias locales y las instancias globales.

10 En una realización adicional, un dispositivo de nodos (es decir, dispositivo que comprende un controlador de enrutamiento) utiliza una solución de capa de aplicación no estandarizada (por ejemplo, una solución de propiedad privada) para el enrutamiento de por lo menos algunos de los paquetes en la instancia local. Con no estandarizado, significa que la operación de la instancia local no necesariamente fluye hacia las especificaciones RPL. Sin embargo, en esta realización el enrutamiento en la instancia global se desarrolla aún como se describe en las otras realizaciones.

15 En esta realización, la operación de una única instancia local como sigue. Un nodo sensor genera un evento que necesita ser suministrado a un grupo de nodos de destino. El sensor transmite un paquete que contiene información de eventos que utiliza multidifusión de un salto o transmisión, denominado aquí mensaje de evento. Por ejemplo, puede ser un mensaje UDP multidifusión IPv6 de enlace local.

20 El evento puede ser, por ejemplo, la detección de una persona que se mueve o un vehículo que se mueve mediante un detector de movimiento, un nivel de luz detectado por un sensor de luz. La información de evento incluye un identificador de cuyo grupo de destino se necesita comunicar el evento. Por ejemplo, el grupo se puede especificar como una dirección de destino multidifusión IPv6 en un paquete IPv6 UDP. O se puede incluir en la carga útil de un mensaje UDP. Todos o la mayoría de vecinos directos (un salto) del nodo sensor recibirá esta transmisión. Cualquier nodo que no esté configurado para recibir dichas transmisiones, por ejemplo, debido a que no reconocen el formato o debido a que la dirección de destino no coincide con la membresía a un grupo del nodo, simplemente desecha el paquete.

30 Cualesquiera nodos que se configuren para reaccionar con el mensaje de evento realizará por lo menos una de las tareas de adelante, dependiendo de su configuración de las cuáles una:

35 1. Pasar la información del evento a una aplicación que se ejecuta localmente en el nodo y lo utiliza para encender, apagar, o cambiar el nivel dim de las fuentes de luz local controladas por el nodo. Esto sucede si por lo menos una fuente de luz local se configura para que sea parte del grupo que se indica en el mensaje de evento.

2. Retransmitir (o multidifusión) del mensaje de evento a sus nodos vecinos. Antes de retransmitir, el mensaje de evento se puede modificar de varias formas.

40 a. Opcionalmente, un contador de "Limite de Salto" que se mantiene en el mensaje de evento se reduce antes de enviar o alternativamente se incrementa al contador de un "Conteo de Salto" antes de enviar. En este caso un nodo de envío también verifica con base en el contador si el mensaje puede ser retransmitido basado en límites de salto máximos configurados. Dicha función ayuda a limitar el número de nodos sobre el cual se propaga un mensaje de evento mediante este método, para evitar la congestión de la red.

45 b. Opcionalmente, un nodo espera un período de tiempo aleatorio antes de intentar la retransmisión para ayudar a evitar la congestión de la red inalámbrica.

50 c. Opcionalmente, un nodo se configura para repetir la retransmisión un número de veces, por ejemplo 3 veces con intervalos de espera aleatorios, o múltiples veces con intervalos de espera variables según se programa mediante un algoritmo de cubeta con goteo. Esto se utiliza para aumentar la confiabilidad del método en el caso de los paquetes RF se pierdan.

55 d. Opcionalmente, antes de la retransmisión se hace una verificación de que si el mensaje de evento específico ya ha sido transmitido antes mediante el nodo o no. Si se transmite antes N veces, el nodo decide no retransmitir de nuevo. El valor N se puede configurar aquí (por ejemplo, N = 1, o N = 3). Esto se puede utilizar para ayudar a evitar la congestión de la red inalámbrica.

60 i. La verificación para la novedad se puede realizar utilizando medios conocidos, por ejemplo, una combinación de identidad de remitente original (es decir, el nodo sensor) y un número de secuencia en el mensaje de evento (asignado por el nodo sensor).

e. Opcionalmente, un nodo reconstruye completamente el mensaje de evento basado en los mensajes de evento recibidos anteriormente. (Esto es, por ejemplo, útil en cifrados diferentes que se tienen que aplicar en el paquete).

65

Las anteriores tareas pueden ejecutarse completamente o en su mayoría en el nivel de aplicación, es decir, la función de retransmisión descrita no es necesariamente integrada en una pila de comunicaciones en el nodo local si no que puede ejecutarse como una aplicación en la parte superior de la pila. Por ejemplo, utilizando una API/instalación multidifusión UDP IPv6 local de enlace ofrecida por una pila 6LoWPAN.

5 Otra realización alternativa es igual a la realización anterior salvo que solamente en los “elementos del grupo” (es decir, dispositivos de nodo en este grupo de destino que el nodo sensor envía) se configura al mensaje de evento retransmisión. Esto simplifica ligeramente el esfuerzo de configuración que se necesita para el sistema. Sin embargo, esto significa que, para un tipo específico de mensaje, la instancia local de la entidad de enrutamiento utilizada para enrutar este tipo de mensaje se basa en el grupo de elementos, es decir, los dispositivos de nodo vecinos en el grupo de nodos enumerados en la instancia global a la que pertenece el dispositivo de nodos.

15 En una realización adicional, un nodo (es decir, dispositivo que comprende un controlador de enrutamiento) tiene que realizar el enrutamiento de paquetes en una instancia local utilizando un método basado en Salto de Frecuencia (FH) para comunicación inalámbrica. El uso de FH se prefiere o incluso es obligatorio para algunas regiones del mundo, pero proporciona retos adicionales para enrutamiento dentro de instancias locales.

20 En esta realización el enrutamiento en la instancia global se realiza en la forma como se describe en las otras realizaciones de esta solicitud de patente. También las operaciones de enrutamiento de instancia local se pueden realizar de la misma forma, gracias a las disposiciones descritas en las realizaciones adelante para conservar varias instancias globales múltiples sincronizadas en tiempo entre sí.

25 En un tipo de sistema de Salto de Frecuencia, el canal de frecuencia RF cambia ('salta') basado en un temporizador en cada nodo. Los canales cambian luego de un patrón pseudo aleatorio conocido denominado secuencia de salto, o secuencia canal. El patrón puede ser igual para todos los nodos o diferentes por nodos. En cualquier caso, el patrón (o múltiples patrones) se conocen para todos los nodos en un sistema. Para asegurar que todos los nodos comunican, es decir que, un nodo sabe qué canales están operando sus nodos vecinos, se necesita del tiempo de sincronización del temporizador de nodo interno. Para lograr la sincronización de tiempo, normalmente existe un único nodo que actúa como fuente de tiempo/coordinador y envía las balizas de tiempo que otros nodos escuchan para sincronizar sus temporizadores. Los nodos que están fuera del alcance del nodo Fuente de Tiempo sincronizarán el tiempo al recibir las balizas de tiempo de otros nodos que envían balizas de tiempo basadas en su reloj interno (pero solamente si este reloj ha sido sincronizado ya con balizas de tiempo de terceros). De esta forma, una baliza de tiempo que origina la Fuente de Tiempo se “dispersará” a través de una red de malla que cubre todos los nodos de la instancia global.

35 A continuación, del temporizador interno normalmente se computan por lo menos dos variables:

1. Índice de canal - indica la posición actual en la secuencia canal
- 40 2. Temporizador de permanencia - indica cuánto tiempo ya ha pasado operando en el canal actual.

45 En la realización representada en la figura 5, los nodos 1, 2, 3 son cada uno una Fuente de Tiempo para una única instancia global. Las balizas de tiempo se dispersarán a todos los nodos eventualmente a través de 1, 2 o 3 saltos en la malla. Por ejemplo, los nodos A y B se sincronizan ambos temporalmente mediante las balizas de tiempo de sus respectivos nodos parientes como se indican por la flecha.

50 Sin embargo, normalmente en un sistema de Salto de Frecuencia, las Fuentes de Tiempo operan independientemente su temporizador interno sin estar sincronizados a otros relojes. También es necesario tener el temporizador interno sincronizado con cualquier otro, porque el tiempo de referencia sólo se utiliza dentro de los límites de una única red de malla (instancia global). En la situación de las realizaciones de la invención, en donde se necesita comunicación de instancia local, posiblemente a través de los límites de las instancias globales, se requiere sincronización.

55 Por ejemplo, los nodos A y B en la figura 5 necesitan comunicarse con nodos vecinos dentro de su instancia local, según se representan por las líneas de comunicación punteadas. Esta comunicación no sería posible si los nodos A y B están funcionando en diferentes canales debido al Salto de Frecuencia. En un sistema de Salto de Frecuencia normal, los temporizadores internos del nodo 1 y 2 no se sincronizarían, por lo tanto, los nodos A y B más probablemente funcionarían en dos canales diferentes. De hecho, A deriva su referencia temporal - indirectamente - desde el nodo 1 y B - indirectamente - desde el nodo 2.

60 La solución dada por la realización de la figura 5 se basa en una sincronización de tiempo GPS. La figura 5 muestra un mapa conceptual de la solución para mantener sincronizadas múltiples instancias globales en tiempo utilizando una referencia temporal absoluta GPS/GNSS.

65 De acuerdo con esta realización, para por lo menos dos instancias globales, se configura cada nodo con una secuencia pseudo aleatoria determinista, o función para calcular dichas secuencias. Cada valor en la secuencia

designa un canal de frecuencia en el que funciona. Cada nodo (por ejemplo 1, 2,3) que se configura como una Fuente de Tiempo dentro de una instancia global habilita su receptor GPS, del cual se obtiene una referencia temporal absoluta (tal como tiempo GPS o UTC). Se debe tener en cuenta que también se pueden utilizar otros sistemas de navegación GNSS / satélite junto con o en lugar de GPS: Glonass, Galileo, compás. En este ejemplo, se configura preferiblemente enrutadores de frontera como Time Sources pero en otra variante, el Time Sources se puede incluir en otro nodo (o pluralidad de nodos) de la instancia mundial.

A partir del Tiempo de Referencia, se calculan las siguientes dos variables

- a. Índice de canal que indica un canal en la secuencia de canal pseudo aleatoria.
- b. Valor de temporizador de permanencia, utilizado para fijar un valor inicial del Temporizador de Permanencia

Las anteriores variables se utilizan para construir las señales de baliza de tiempo; y otros nodos por sincronización de instancia global con aquellas balizas de tiempo usuales en sistemas FH.

El efecto de la solución anterior es que los nodos A y B, en cualquier tiempo, son capaces de comunicarse entre sí en el mismo canal. Esto permite a los nodos enrutar paquetes sobre una instancia local en la misma forma que se describió anteriormente en esta solicitud de patente.

La precisión del Tiempo GPS que se puede obtener en un nodo de bajo coste (en el orden de microsegundos) es suficiente para alcanzar la presión requerida (que está en el orden de 0.5 - 100 ms, dependiendo del desempeño deseado de la comunicación de instancia local y parámetros FH utilizados).

En una variante de la realización de la figura 5, se puede utilizar señal de pulso de tiempo. En este ejemplo ventajoso, el módulo GPS se puede configurar para generar un pulso de tiempo sobre un cable, que se muestrea o sobre un pasador de entrada en el microcircuito de radio. El microcircuito de radio puede calcular precisamente las dos variables mencionadas anteriormente (índice de canal y Temporizador de Permanencia) al utilizar los siguientes datos en combinación:

1. Transiciones de pulso de tiempo
2. Tiempo de Referencia (por ejemplo, UTC) basado en marca Temporal obtenida del módulo GPS a través de su API de serie

Aquí, la información de marca Temporal proporciona el tiempo absoluto con alguna incertidumbre (por ejemplo, inestabilidad debido a comunicación en serie o retardos de procesamiento), cuyas transiciones de pulso de tiempo proporcionan información para corregir la imprecisión.

Observe que la señal de pulso de tiempo se generará aún mediante el módulo GPS basado en el reloj local si la señal GPS se pierde temporalmente. En este caso el temporizador interno del nodo de Fuente de Tiempo se alejará lentamente del Tiempo de Referencia deseado. Dependiendo de la precisión del cristal y los cambios de la temperatura ambiente, el temporizador en el nodo de Fuente de Tiempo puede permanecer suficientemente bueno para nuestros propósitos durante varios minutos hasta muchas horas.

En otra realización divulgada en la figura 6, se utiliza el Protocolo de Tiempo de Red.

Esta realización es similar a la realización de la figura 5, excepto que el Protocolo de Tiempo de Red (NTP) se utiliza para derivar el Tiempo de Referencia en lugar de GPS. Esta realización se puede aplicar como una solución de respaldo en caso de que la señal GPS no esté disponible temporalmente (por ejemplo, debido a condiciones climáticas o bloqueo), o como una solución independiente (en lugar de GPS).

Como se mostró en la figura 6, cada Fuente de Tiempo hace contacto regularmente con un Servidor de Tiempo y ejecuta un protocolo (tal como NTP) para sincronizar su temporizador local con el Tiempo de Referencia del Servidor de Tiempo.

Si la comunicación de red de respaldo está sobre tecnologías de alta velocidad de datos y baja latencia, tal como, Ethernet o WiFi, se puede alcanzar una precisión de tiempo de 1-10 ms, que es suficiente, aunque el desempeño de comunicaciones es inferior al GPS basado en el método si la precisión llega a ser mayor de \square 1 ms. Sobre tecnologías celulares (2 G/GPRS, 3 G, 4 G) se espera que el desempeño sea peor. Para celulares 3G, una prueba muestra que se puede alcanzar una precisión de 10 ms la mayor parte del tiempo y 20ms todo el tiempo.

Otras variaciones a las realizaciones divulgadas se pueden entender y efectuar por aquellos expertos en la práctica de la presente invención, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la frase "comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "uno" no excluye una pluralidad. El solo hecho de que determinadas medidas se mencionen en las reivindicaciones

dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no se pueda utilizar como ventaja.

5 La anterior descripción detalla determinadas realizaciones de la invención. Se apreciará, sin embargo, que no importa qué detallado aparezca lo anterior en el texto, la invención se puede practicar de muchas formas, y por lo tanto no se limita a las realizaciones divulgadas. Cabe entender que el uso de tecnología particular cuando se describen determinadas características o aspectos de la invención no se deben tomar que implican que la terminología está siendo redefinida aquí, para que sea restrictiva en incluir cualquier característica específica de las características o aspectos de la invención con la que se asocia esa terminología.

10

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo que comprende un controlador enrutador para enrutar mensaje a una pluralidad de dispositivos de nodo de una red, comprendiendo el controlador de enrutamiento
- 5 por lo menos una instancia global que permite el enrutamiento de mensajes a un grupo de enrutamiento de dispositivos de nodo,
- 10 por lo menos una instancia local para enrutar paquetes a un dispositivo nodo vecino que es vecino del dispositivo, la instancia local se caracteriza porque el dispositivo de nodo vecino se selecciona independiente de si el dispositivo nodo vecino pertenece al grupo de enrutamiento de dispositivos de nodo, y en el que el controlador de enrutamiento se configura para utilizar la instancia local para enrutar mensajes de multidifusión a los dispositivos de nodo.
- 15 2. El dispositivo de la reivindicación precedente, en el que la instancia global comprende por lo menos una gráfica acíclica dirigida orientada a destino que define las rutas de enlace de los dispositivos nodo del grupo de enrutamiento y tiene como una raíz un dispositivo de nodo que es un dispositivo enrutador que conecta la red a un respaldo.
- 20 3. El dispositivo de cualquier reivindicación precedente, en el que el controlador de enrutamiento se configura para utilizar una instancia global para unidifusión de mensajes para mensajes de multidifusión desde el respaldo.
4. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la comunicación entre el respaldo y la red se lleva a cabo sobre un medio de transmisión que es diferente del medio de transmisión de red.
- 25 5. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el dispositivo comprende una instancia local adicional para enrutar paquetes que incluyen un mensaje de un tipo predeterminado a un evento de dispositivo de nodo vecino, en el que el evento de dispositivo de nodo vecino se selecciona exclusivamente del grupo de enrutamiento de dispositivos de nodo.
- 30 6. El dispositivo de la reivindicación 5, en el que el tipo predeterminado incluye un mensaje de evento que incluye la señalización de detección desde un sensor.
7. Un método para configurar un dispositivo de nodo en una red, dicho de dispositivo de nodo comprende un controlador de enrutamiento para enrutar mensajes a otros dispositivos de nodo de una red, el método comprende las etapas de
- 35 (a) crear en el controlador de enrutamiento una instancia global que permite el enrutamiento de mensajes a un grupo de enrutamiento de otros dispositivos de nodo,
- 40 (b) crear por lo menos una instancia local para enrutar paquetes a un dispositivo de nodo vecino que es vecino del dispositivo de nodo, el método se caracteriza porque la etapa (b) incluye seleccionar el dispositivo de nodo vecino independiente de si el dispositivo de nodo vecino pertenece al grupo de enrutamiento de otros dispositivos de nodo,
- 45 (c) configurar el controlador de enrutamiento para utilizar instancias locales para enrutar mensajes de multidifusión.
8. El método de la reivindicación 7, en el que la configuración de instancias locales en la etapa (b) comprende asignar al dispositivo de nodo una instancia local en la que el dispositivo de nodo actúa como una raíz y asignar identificadores de otras instancias locales, en la que el dispositivo de nodo actúa como un oyente.
- 50 9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, en el que la etapa (b) comprende adicionalmente crear una gráfica acíclica dirigida orientada a destino que comprende la ruta de enlace del dispositivo vecino al dispositivo nodo.
- 55 10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que la etapa (a) y la etapa (b) se llevan a cabo con base en información geográfica respectiva del dispositivo de nodo y los otros dispositivos de nodo.
- 60 11. El método de la reivindicación 10, que comprende adicionalmente antes de las etapas (a-c), la etapa de los dispositivos del nodo de la red que transmite su información geográfica respectiva a un controlador central en el respaldo y en el que las etapas (a-c) se llevan a cabo desde dicho controlador central.
- 65 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en el que la etapa (b) comprende crear una interfaz MPL en la instancia local para el protocolo MPL, en el que el dispositivo de nodo es la única semilla del protocolo MPL.
13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, en el que la etapa (a) comprende crear un interfaz MPL en la instancia global para el protocolo MPL, en el que un nodo enrutador conectado al respaldo es la única semilla del protocolo MPL.

14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, en el que las etapas (a) y (b) comprenden crear una interfaz RPL en la instancia local y la instancia global para el protocolo RPL.
- 5 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14, en el que el dispositivo de nodo está operando de acuerdo con un modo de comunicaciones de Salto de Frecuencia, y en el que la referencia de tiempo se obtiene de un GPS o un Protocolo de Tiempo de Red.

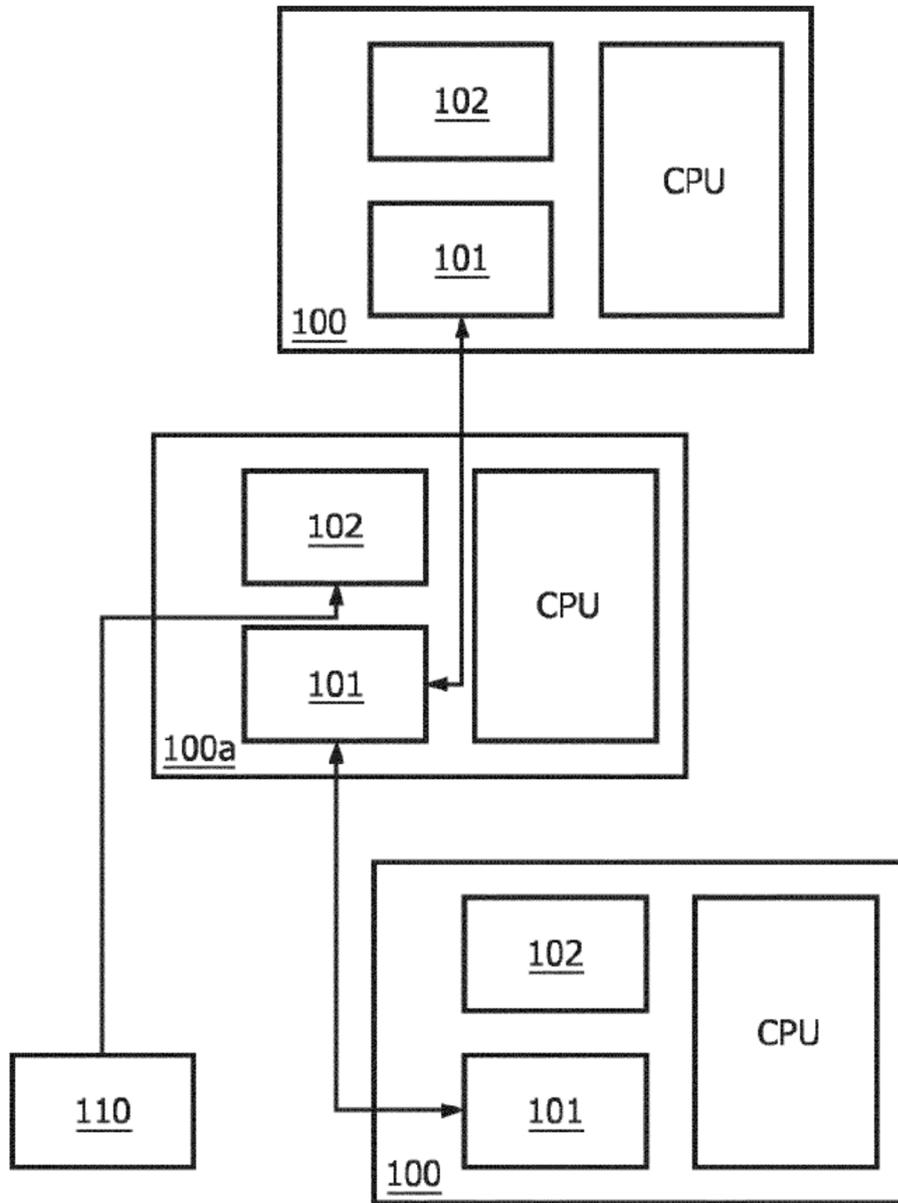


FIG. 1

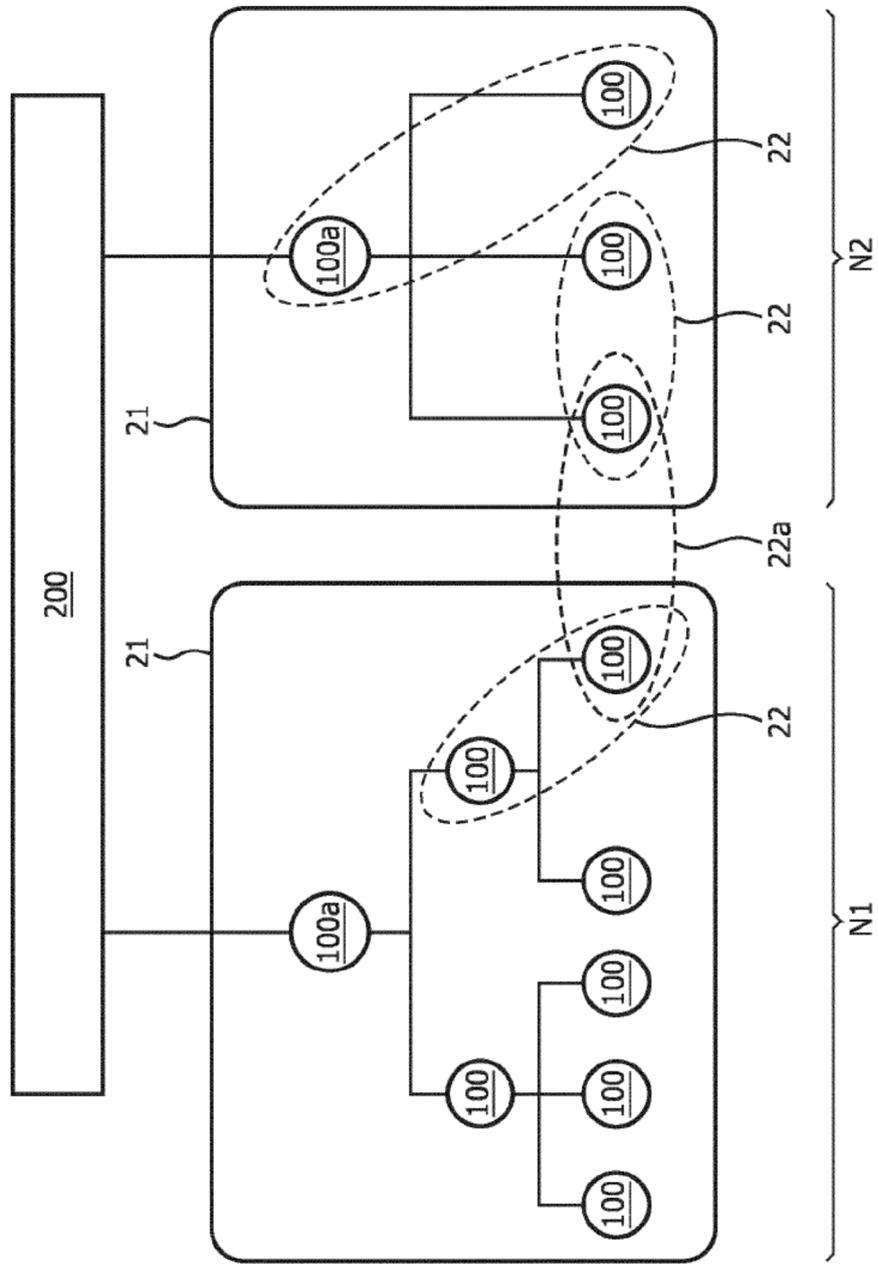


FIG. 2

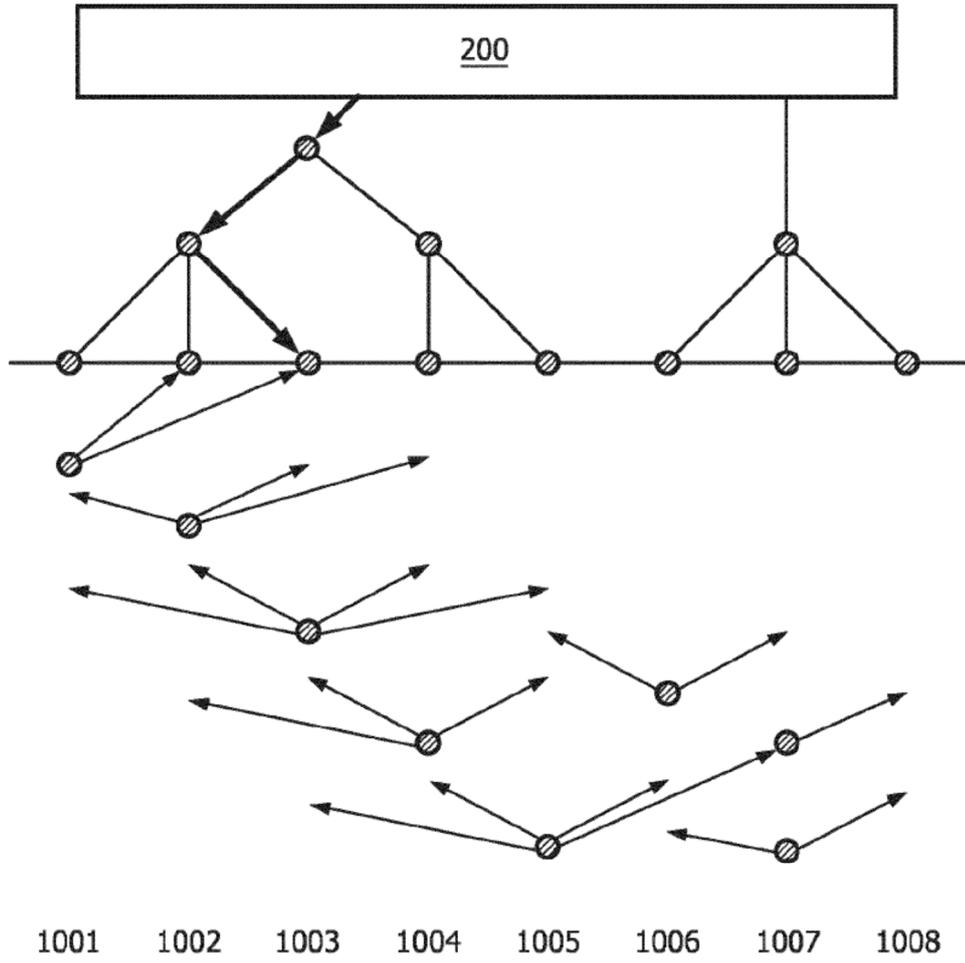


FIG. 3A

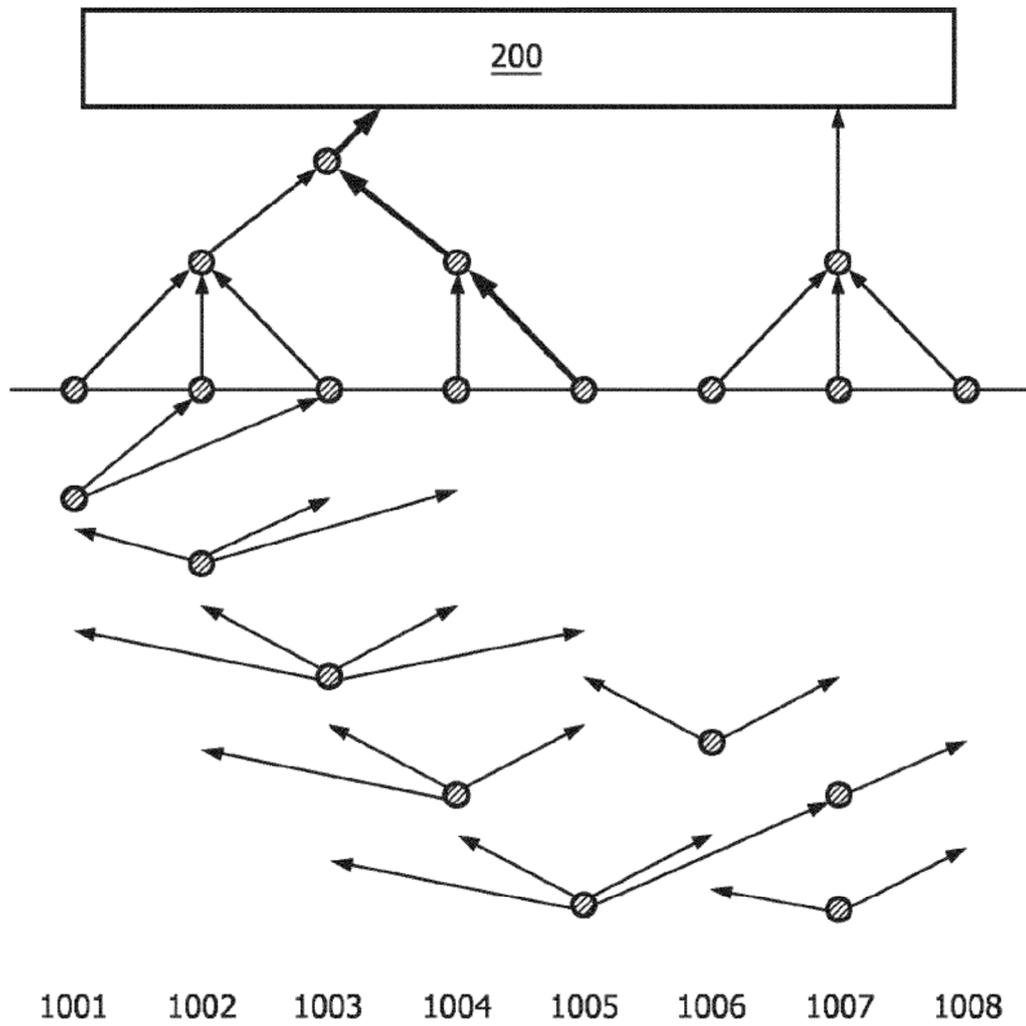


FIG. 3B

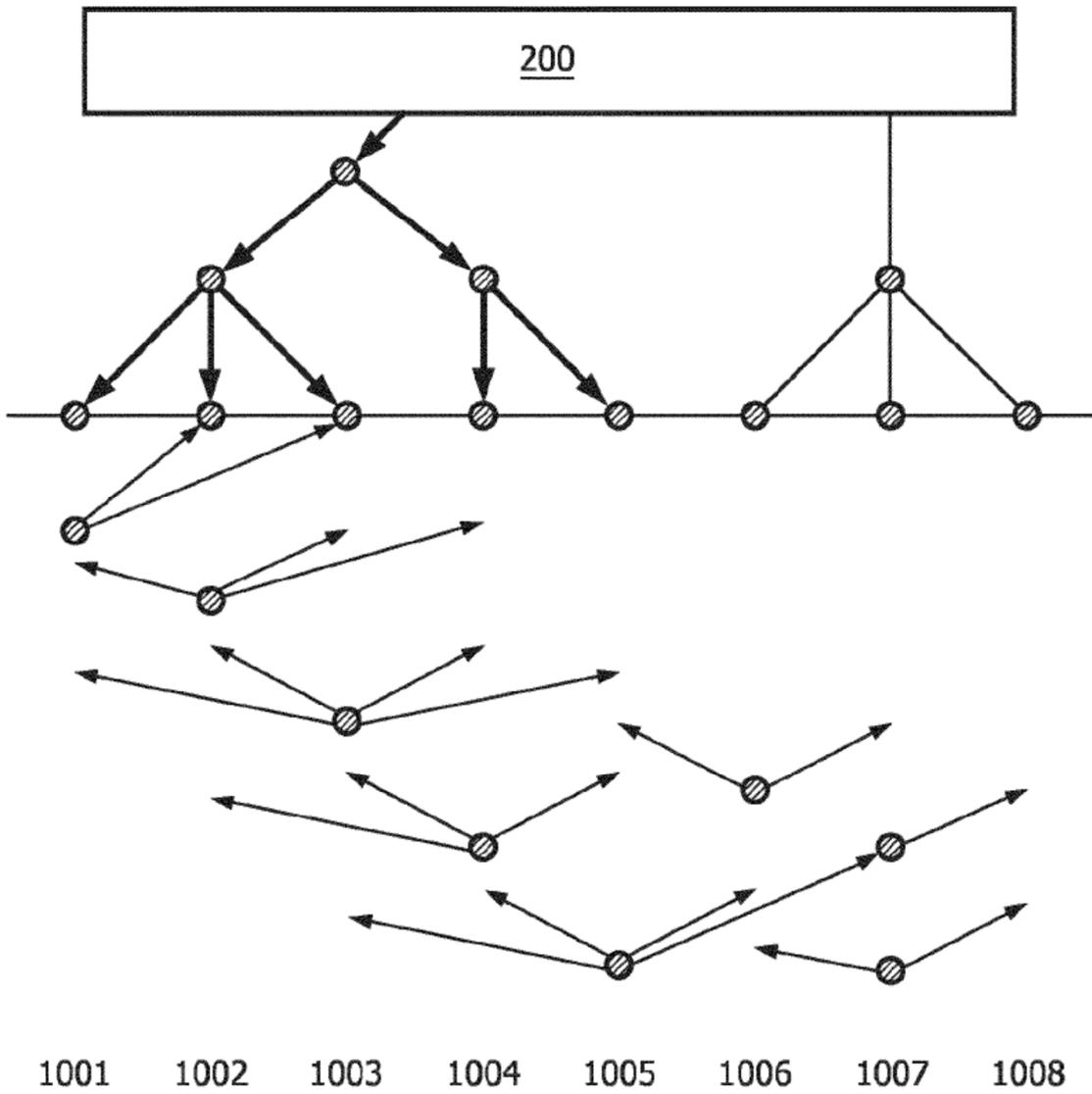


FIG. 3C

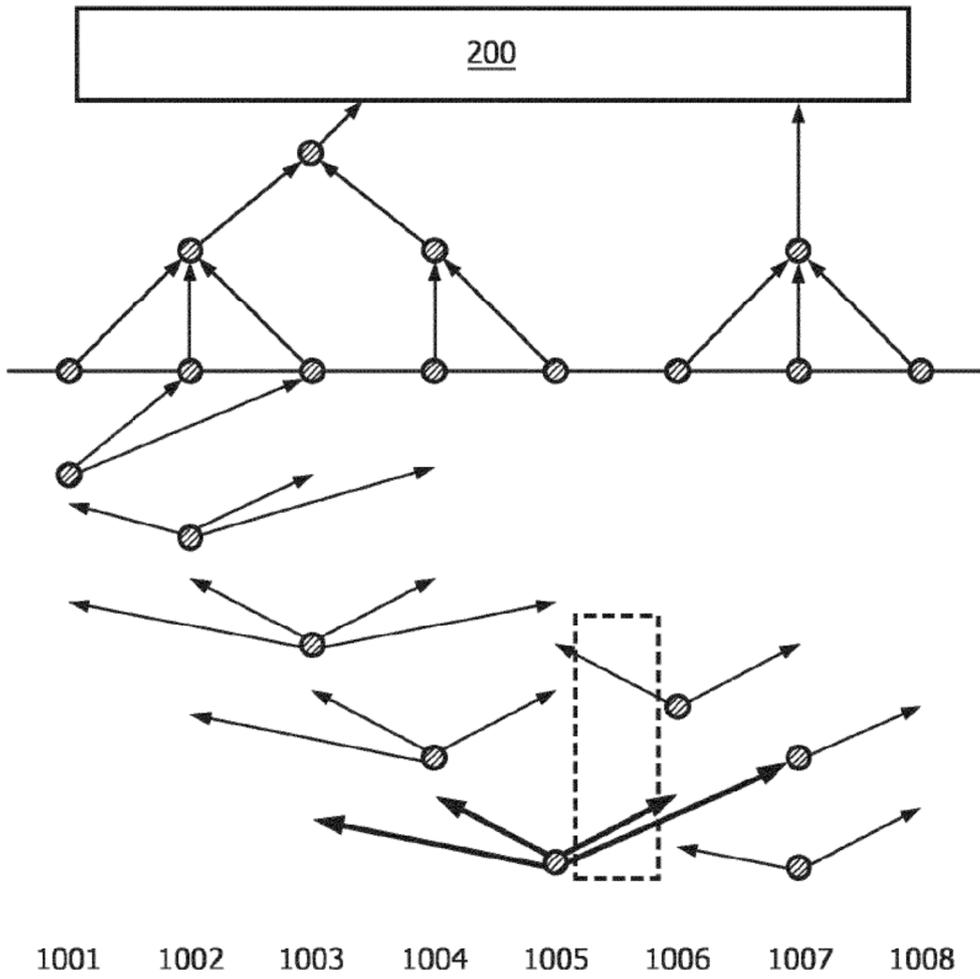


FIG. 3D

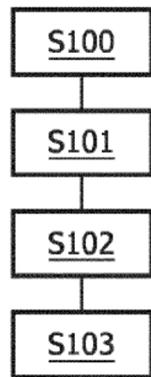


FIG. 4

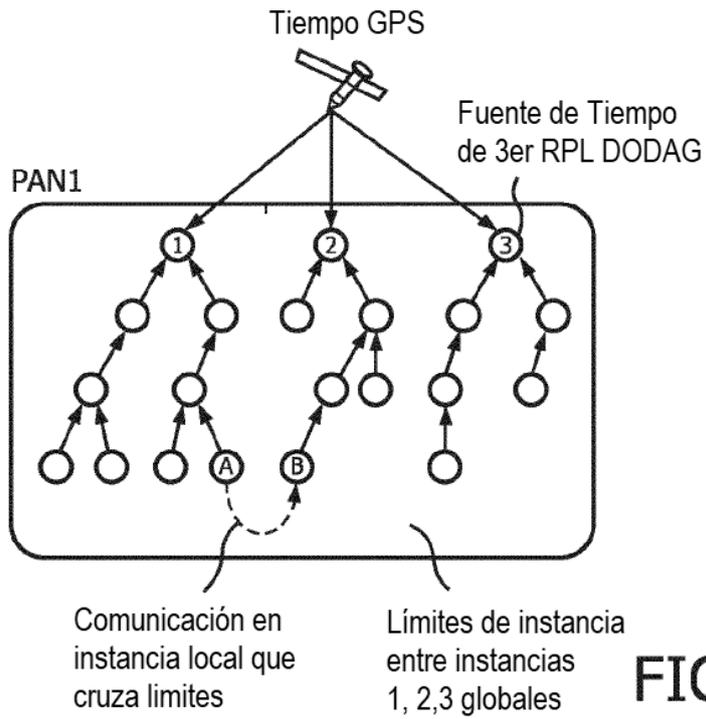


FIG. 5

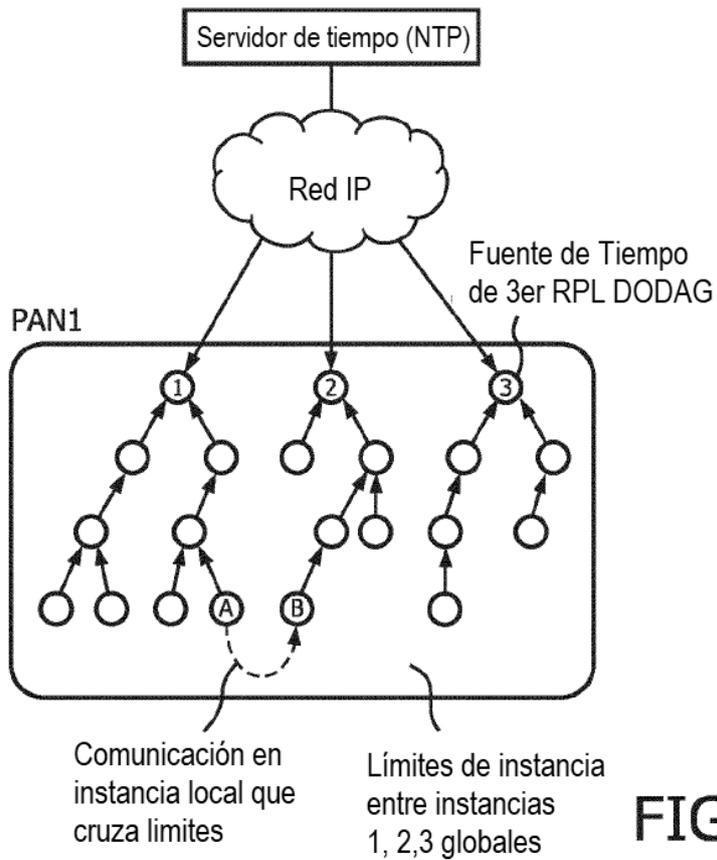


FIG. 6