

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 694**

51 Int. Cl.:

H04L 12/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.12.2011 PCT/US2011/062796**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.04.2013 WO13058789**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2011 E 11874228 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 2769510**

54 Título: **Comunicaciones de par a par en AMI con encaminamiento de origen-árbol**

30 Prioridad:

18.10.2011 US 201113275800
20.10.2011 CA 2755331

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.07.2017

73 Titular/es:

ITRON GLOBAL SARL (100.0%)
2111 North Molter Road
Liberty Lake WA 99019, US

72 Inventor/es:

VAN WYK, HARTMAN y
POPA, DANIEL

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 627 694 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

Comunicaciones de par a par en AMI con encaminamiento de origen-árbol

5 Campo del objeto

El presente objeto desvelado se refiere a las comunicaciones. Más específicamente, el presente objeto desvelado se refiere al encaminamiento par a par en una infraestructura de medición avanzada (AMI).

10 Antecedentes del objeto

En general, una infraestructura de medición avanzada (AMI) puede contener hasta millones de dispositivos de medición distribuidos en una gran área geográfica. Tales dispositivos están configurados normalmente para intercambiar mensajes que incluyen datos, por ejemplo, datos de consumo de servicios públicos, con un grupo de servidores que incluyen colectores de medición de datos y servidores de gestión de red. Los entornos AMI se organizan, en general, alrededor de sistemas autónomos (AS) encabezados por retransmisores móviles (a veces denominados como encaminadores móviles), donde cada AS está conectado por medio de una red de retroceso a los servidores que pueden estar localizados en una oficina de servicios públicos u otra localización central.

20 Los expertos en la materia de AMI apreciarán que la infraestructura lógica que interconecta los dispositivos de medición o puntos finales y los retransmisores/encaminadores móviles se basan frecuentemente en una topología en árbol, por ejemplo, una red de malla inalámbrica o una red cableada, tal como usar líneas eléctricas.

25 Normalmente, los nodos que forman el AS pueden clasificarse en dos clases amplias de dispositivos o nodos, con respecto a los recursos disponibles en cada dispositivo/nodo respectivo. Tales clases amplias incluyen nodos/dispositivos de funcionalidad completa y nodos/dispositivos de funcionalidad reducida. Los nodos de funcionalidad completa son dispositivos que normalmente tienen un espacio de memoria relativamente grande y una alta potencia de procesamiento, mientras que los nodos de funcionalidad reducida corresponden a dispositivos que normalmente tienen un espacio de memoria relativamente menor y una menor potencia de procesamiento.

30 Uno de los principales desafíos para el encaminamiento en una red AMI con nodos de funcionalidad reducida es la implementación de un esquema de encaminamiento eficiente. Las limitaciones de recursos de tales nodos hacen que el almacenamiento y el mantenimiento de grandes tablas de encaminamiento sea una imposibilidad práctica. Eventualmente, tales nodos a menudo mantienen una tabla de encaminamiento muy reducida o "ligera" con rutas de un solo salto hacia unos cuantos de sus vecinos. Normalmente, estos nodos solo almacenan información acerca de sus vecinos corriente arriba de un solo salto, a veces llamados sus padres. En dicho contexto, los expertos en la materia apreciarán que almacenar en tales nodos información de encaminamiento más detallada para llegar a los vecinos que pueden estar a diversos saltos es muy difícil.

40 En casos frecuentes, el único nodo dentro de un árbol establecido que tiene una vista global en la red puede ser lo que se conoce como la raíz del árbol. La raíz tiene suficientes recursos para alojar información de encaminamiento detallada y mantener información de ruta/encaminamiento a cada nodo dentro del árbol. Como apreciarán los expertos en la materia, la computación de trayectoria hacia cada nodo puede implementarse de manera directa usando técnicas conocidas una vez que la raíz tenga un conocimiento detallado sobre la topología y los enlaces disponibles.

50 Los esquemas de encaminamiento en tales topologías en árbol se organizan normalmente alrededor de dos tipos de flujos: flujos corriente arriba y flujos corriente abajo. Los paquetes corriente arriba fluyen de las hojas del árbol hasta la raíz del árbol (multipunto a punto), mientras que los paquetes corriente abajo fluyen de la raíz del árbol hacia las hojas (punto a multipunto). Los mensajes corriente arriba siempre están destinados a la raíz del árbol, mientras que los mensajes corriente abajo pueden estar destinados a cualquiera de los nodos de árbol.

55 El encaminamiento corriente arriba es simple en que cada nodo (incluso los nodos de funcionalidad reducida que tienen al menos una entrada en su tabla de encaminamiento para vecinos corriente arriba que reciben un mensaje destinado a la raíz, simplemente lo remite corriente arriba a su vecino de un salto (padre)). El encaminamiento corriente abajo usa un enfoque de encaminamiento de origen. Es decir, la raíz del árbol inserta la información de ruta explícita, incluyendo todas las direcciones de los nodos/saltos intermedios entre el origen y el destino del mensaje, en la cabecera de un paquete corriente abajo. En este caso, cada nodo intermedio que recibe un paquete inspecciona la cabecera de encaminamiento del paquete (que es una lista con la ruta completa), procesa y consume/elimina la cabecera que contiene su dirección, y a continuación reenvía el paquete al siguiente salto de la lista.

60 Como se entiende por los expertos en la materia de AMI, los nodos intermedios no necesitan almacenar tablas que enumeren a sus vecinos corriente abajo debido a que las redes inalámbricas son un dominio de radiodifusión de manera que un mensaje de unidifusión transmitido por un nodo es inherentemente escuchado por todos sus vecinos. Dichos expertos en la materia también apreciarán que el encaminamiento de origen no es un problema para tales

nodos con restricción de hardware y que puede lograrse la fiabilidad de extremo a extremo desplegando mecanismos de retransmisión de un salto, en la capa de enlace, así como mecanismos de retransmisión de extremo a extremo en las capas superiores.

5 Como puede verse, dentro de un entorno AMI, las comunicaciones entre puntos finales (es decir, dispositivos de metrología) y una raíz de árbol (o más en general una instalación central que puede diseñarse, en general, para recopilar datos de los diversos puntos finales) es un proceso bastante sencillo. Más recientemente, sin embargo, se ha manifestado un creciente interés en proporcionar capacidades de comunicaciones entre dispositivos pares para proporcionar características tales como la respuesta de demanda y las comunicaciones de automatización. Sería ventajoso, por lo tanto, proporcionar capacidades de comunicación par a par eficientes entre los nodos del árbol, cuando el origen y el destino de tales comunicaciones no son presuntamente la raíz del árbol. Usando solo mecanismos de encaminamiento conocidos anteriormente, los nodos de árbol no pueden configurar comunicaciones par a par directamente. Es decir, las comunicaciones par a par entre los nodos que no son raíces deben, por el estado actual de la técnica, encaminarse a través de la raíz del árbol. Como tal, sería ventajoso proporcionar capacidades de encaminamiento mejoradas que proporcionaran optimizaciones de encaminamiento par a par para aplicaciones de infraestructura de medición avanzadas en un marco de trabajo operacional abierto.

Aunque pueden conocerse diversos aspectos y realizaciones alternativas en el campo del encaminamiento de AMI, no ha surgido ningún diseño que, en general, abarque las características mencionadas anteriormente y otras características deseables asociadas con la tecnología de comunicación par a par como se presenta en el presente documento.

El documento US 2008/0205355 A1 desvela un método de encaminamiento de trayectoria óptima en redes inalámbricas. Se proporciona un método de encaminamiento de trayectoria óptima para transmitir datos desde un nodo de origen a un nodo de destino. El método de configuración de trayectoria óptima incluye transmitir un mensaje de solicitud de enlace rápido (SCRQ) desde el nodo de origen a un servidor de topología; determinar la información de enlace rápido en el servidor de topología basándose en el mensaje SCRQ; y transmitir un mensaje de notificación de enlace rápido (SCNF) que contiene la información de enlace rápido desde el servidor de topología al nodo de destino.

El documento "Wireless bridging and routing method employing a novel frame transfer protocol with shortcut" de Takeo Ichikawa et al., del 22 de abril de 2003, desvela un nuevo método de puenteado y encaminamiento inalámbrico para redes ad-hoc compuestas de puentes inalámbricos y/o routers que cumplan con IEEE 802.11, un estándar global para los sistemas LAN.

El documento US 2010/061272 desvela un sistema y un método para implementar las comunicaciones de red de malla usando un protocolo de red de malla. El documento describe las estructuras de datos, los formatos de protocolos de comunicaciones y los flujos de procesos para controlar y facilitar las comunicaciones seguras entre los nodos de una red de malla, tales como los medidores de servicios públicos y los nodos de pasarela que comprenden una red de utilidad.

Sumario del objeto

En vista de las características reconocidas encontradas en la técnica anterior y abordadas por el presente objeto divulgado, se proporciona una metodología mejorada para proporcionar unas comunicaciones iniciadas por el nodo de origen para dispositivos en red que incluyen dispositivos de lectura de contadores automatizados (AMR) que se comunican sobre una infraestructura de medición avanzada (AMI) y otros entornos de red de área extensa (WAN).

De acuerdo con un aspecto, se proporciona un método para establecer comunicaciones par a par en una red estructurada en árbol inalámbrica que tiene una pluralidad de nodos incluyendo un nodo anfitrión y cero o más nodos de encaminamiento de funcionalidad completa como se define en la reivindicación 1. De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un método para establecer comunicaciones par a par en una red estructurada en árbol inalámbrica que tiene una pluralidad de nodos incluyendo un nodo anfitrión y cero o más nodos de encaminamiento de funcionalidad completa como se define en la reivindicación 2.

El presente objeto divulgado se refiere, por ejemplo, a un método para establecer comunicaciones par a par en una red estructurada en árbol que tiene una pluralidad de nodos, e incluyendo en algunos ejemplos un nodo raíz. El método incluye enviar un mensaje desde un nodo de origen que solicita información del nodo raíz para el encaminamiento de trayectoria desde dicho nodo de origen a un nodo de destino. La trayectoria más ventajosa entre el nodo de origen y el nodo de destino se determina por la raíz, y dicha información de trayectoria determinada se envía a continuación al nodo de origen. El nodo de origen transmite a continuación un mensaje al nodo de destino usando la información de trayectoria.

En algunos ejemplos, el método puede incluir además enviar un mensaje desde el nodo de destino a la raíz que solicita la trayectoria de encaminamiento inversa que encamina al nodo de origen y enviar la información de trayectoria de encaminamiento inversa al nodo de destino. En ejemplos seleccionados, la información de trayectoria

5 inversa puede enviarse automáticamente al nodo de destino por la raíz de tal manera que el nodo de destino pueda responder a un mensaje del nodo de origen sin solicitar primero información de trayectoria. En otros ejemplos, la presente metodología puede proporcionar la configuración de al menos uno de los nodos de origen y de destino para almacenar en caché la información de trayectoria de tal manera que pueda evitarse la repetición de la solicitud de trayectoria.

10 En algunos ejemplos que hacen uso de un nodo raíz, el nodo raíz puede configurarse para determinar la trayectoria más ventajosa y enviar la información de trayectoria al nodo de origen. En otros ejemplos, puede proporcionarse al menos un nodo de funcionalidad completa, distinto que la raíz, entre la pluralidad de nodos y configurarse para almacenar rutas dentro del árbol. En tales ejemplos, el al menos un nodo de funcionalidad completa puede determinar la trayectoria más ventajosa y enviar la información de trayectoria al nodo de origen.

15 En ejemplos seleccionados, el método puede proporcionar la configuración de nodos en una trayectoria de comunicaciones desde un nodo de origen a un nodo de destino para almacenar la dirección del salto siguiente desde la cabecera de paquete de una comunicación anterior. En dichos ejemplos, pueden enviarse los paquetes posteriores desde la misma fuente al mismo destino sin añadir información de encaminamiento de origen en la cabecera del paquete.

20 En otros ejemplos del presente objeto divulgado, el método puede proporcionar la configuración de nodos en la trayectoria entre el nodo de origen y el nodo de destino para reenviar las cabeceras de paquete de mensaje sin cambios de manera que el nodo de destino pueda aprender la trayectoria de raíz inversa al nodo de origen. En ejemplos alternativos seleccionados del presente objeto divulgado, el método puede proporcionar la configuración del nodo de destino para procesar paquetes escuchados destinados a sí mismos para errores y para anunciar una nueva ruta par a par al nodo de origen.

25 El presente objeto divulgado también se refiere a la metodología para establecer comunicaciones par a par en una infraestructura de medición avanzada. De acuerdo con tales métodos a modo de ejemplo, una pluralidad de nodos (en algunos casos incluyendo un nodo raíz) se proporciona y se configura como una red estructurada en árbol. En dichos métodos a modo de ejemplo, un primer nodo de la pluralidad de nodos está configurado para iniciar las comunicaciones par a par con un segundo de la pluralidad de nodos solicitando una ruta al segundo de la pluralidad de nodos. Se determina la trayectoria/ruta más ventajosa entre el primer nodo y el segundo nodo y se transmite un paquete de mensaje desde el primer nodo al segundo nodo. En unos métodos a modo de ejemplo seleccionados, el paquete de mensaje puede incluir una cabecera que incluye la información de trayectoria. En algunos de tales ejemplos seleccionados, el nodo raíz puede configurarse para determinar la trayectoria más ventajosa entre el primer nodo y el segundo nodo y transmitir la información de trayectoria al primer nodo.

30 En ejemplos alternativos seleccionados de tales métodos a modo de ejemplo, se proporciona al menos un nodo de funcionalidad completa dentro de la pluralidad de nodos. En tales ejemplos, al menos un nodo de funcionalidad completa está configurado para responder a la solicitud del primer nodo para el encaminamiento de trayectoria. En otros ejemplos adicionales del presente objeto divulgado, se proporciona al menos un nodo seleccionado de la pluralidad de nodos como nodos inalámbricos. En tales ejemplos, los nodos inalámbricos pueden estar configurados para escuchar mensajes no necesariamente dirigidos a ellos mismos, para evaluar mensajes recibidos por errores, para inspeccionar la cabecera de encaminamiento y para anunciar eventuales optimizaciones/cambios de trayectoria en el origen de los mensajes si una trayectoria "más corta" está disponible.

45 En otras implementaciones presentes a modo de ejemplo de lo anterior, determinar lo que constituye una trayectoria más ventajosa entre un nodo de origen a modo de ejemplo y un nodo de destino a modo de ejemplo puede incluir el uso de métricas de encaminamiento predeterminadas de tal manera que se alcancen los objetivos de encaminamiento predefinidos.

50 Objetos y ventajas adicionales del presente objeto divulgado se exponen en, o serán evidentes para los expertos en la materia a partir de la descripción detallada del presente documento. También, debería apreciarse además que las modificaciones y variaciones de las características, elementos y etapas de la presente invención específicamente ilustrados, referidos y tratados pueden practicarse en diversas realizaciones y usos del objeto sin alejarse del espíritu y el alcance del objeto. Las variaciones pueden incluir, pero no limitarse a, la sustitución de medios equivalentes, características o etapas de los ilustrados, referenciados o tratados, y la inversión funcional, operativa o posicional de varias partes, características, etapas o similares.

55 Aún más, debería entenderse que diferentes realizaciones, así como diferentes presentes realizaciones preferidas, del presente objeto divulgado pueden incluir diversas combinaciones o configuraciones de características, etapas o elementos actualmente descritos, o sus equivalentes (incluyendo combinaciones de características, partes o etapas o configuraciones de las mismas no expresamente mostradas en las figuras o indicadas en la descripción detallada de dichas figuras). Otras realizaciones del presente objeto divulgado, no necesariamente expresadas en la sección resumida, pueden incluir e incorporar diversas combinaciones de aspectos de características, componentes o etapas referenciados en los objetos resumidos anteriores y/u otras características, componentes o etapas tratados de otro modo en esta solicitud.

Aún más, debería entenderse que el presente objeto divulgado abarca igualmente los dispositivos y aparatos correspondientes para poner en práctica las presentes metodologías a modo de ejemplo, y/o para operar de acuerdo con tales metodologías a modo de ejemplo. Los expertos en la materia apreciarán mejor las características y aspectos de tales realizaciones, y otros, tras la revisión del resto de la memoria descriptiva.

Breve descripción de los dibujos

Una divulgación completa y habilitadora del presente objeto divulgado, que incluye el mejor modo de la misma, dirigido a un experto en la materia, se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la figura 1 ilustra de manera esquemática la incapacidad actual para proporcionar comunicaciones par a par entre nodos pares sin reenviar el tráfico a través del nodo raíz;

la figura 2 ilustra de manera esquemática una comunicación par a par iniciada por el nodo de origen entre nodos pares de acuerdo con una realización a modo de ejemplo del presente objeto divulgado;

la figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra, a modo de ejemplo, un diagrama de secuencia de mensajes (MSC) de una solicitud de ruta par a par de acuerdo con una primera realización del presente objeto divulgado; y

la figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra, a modo de ejemplo, un diagrama de secuencia de mensajes (MSC) de una solicitud de ruta par a par de acuerdo con una realización adicional del presente objeto divulgado.

El uso repetido de los caracteres de referencia a lo largo de la presente memoria descriptiva y de los dibujos adjuntos pretende representar rasgos, elementos o etapas iguales o análogos del presente objeto divulgado.

Descripción detallada del objeto

Como se ha tratado en el Sumario del objeto, el presente objeto divulgado se refiere específicamente a la metodología para proporcionar un esquema de encaminamiento par a par iniciado por el nodo de origen en redes organizadas en árbol que se incluyen tal como en una infraestructura avanzada de medición (AMI).

Haciendo referencia inicial a la figura 1, el concepto básico para el presente objeto divulgado reconoce que cuando una capa de aplicación de, por ejemplo, el nodo 102 en, por ejemplo, un árbol 100 de sistema AMI tiene un mensaje para enviar a una dirección diferente de la de la dirección del nodo raíz 104, el nodo 102 debe encaminar un mensaje de manera ordinaria al nodo raíz 104 que solicita la trayectoria explícita hacia el nodo 106 de destino. Cuando el nodo raíz 104 recibe dicho mensaje, responde de nuevo al nodo 102 con la trayectoria actualmente más ventajosa conocida hacia el nodo 106, que, por supuesto, incluye una trayectoria a través del nodo raíz 104 (trayectoria corriente arriba 112, a continuación, trayectoria corriente abajo 114) en oposición a una ruta más directa tal como la ruta 116 que, en la configuración previa de la figura 1, no es posible.

Los principales inconvenientes asociados con este enfoque incluyen el aumento de latencia, la mayor probabilidad de colisiones y la carga innecesaria de algunos nodos y ramas en el árbol. La latencia en la entrega de mensajes par a par aumenta, ya que la trayectoria usada para entregar los mensajes par a par es sub-óptima. Esto se debe al hecho de que un mensaje no toma la trayectoria "más corta" disponible. En general, la trayectoria más corta debería interpretarse preferentemente como la trayectoria óptima entre el origen y el destino del mensaje, como una función del objetivo de la funcionalidad de optimización (es decir, alta probabilidad de transmisión exitosa). En el ejemplo ilustrado en la figura 1, un paquete viaja normalmente corriente arriba desde el nodo 102 a través de la trayectoria 112 al nodo raíz 104 del árbol 100 y a continuación corriente abajo a través de la trayectoria 114 hasta su destino final, es decir, el nodo 106.

La comunicación par a par a través del nodo raíz 104 del árbol 100 está sujeta a una probabilidad creciente de colisiones y, por lo tanto, está cada vez más sujeta a un retraso de extremo a extremo. Por ejemplo, considérese que la probabilidad de éxito de la transmisión de un paquete entre dos nodos adyacentes es p , y la probabilidad de colisión es $q = 1-p$. Para una comunicación donde el origen y el destino son 1 salto de distancia, por ejemplo, los nodos 102 a 122 en la figura 1, la probabilidad de éxito es $p(1-q)^2$. Para una comunicación donde el origen y el destino están separados por N nodos intermedios, la probabilidad de éxito es $p(1-q)^{N+1}$. Debería quedar claro a continuación que la disminución del número N de saltos intermedios aumenta la probabilidad de una transmisión exitosa y, por lo tanto, disminuye el retraso de extremo a extremo.

Otro inconveniente del sistema de mensajería representado por la figura 1, es que algunas ramas y nodos del árbol 100 se cargan innecesariamente. Por ejemplo, el enlace entre el nodo raíz 104 y el nodo 124 y, por lo tanto, el nodo raíz 104 en sí mismo, se carga innecesariamente con tráfico adicional corriente arriba y corriente abajo. Además, la reutilización espacial, cuando está disponible, de los recursos de red, es decir, las frecuencias, puede reducirse considerablemente. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 1, las comunicaciones entre el nodo 102 y 106 pueden monopolizar innecesariamente los recursos entre el nodo raíz 104 y el nodo 124 y, por lo tanto, hacer que el nodo raíz 104 no esté disponible para recibir y/o enviar mensajes desde o hacia otros nodos vecinos.

De acuerdo con la presente tecnología desvelada, tales inconvenientes y otros se abordan proporcionando trayectorias alternativas para los mensajes par a par. Haciendo referencia ahora a la figura 2, en una representación de una realización a modo de ejemplo de la presente tecnología desvelada, un nodo de origen, ejemplarmente el nodo 202, envía un mensaje de solicitud de trayectoria explícita al nodo raíz 204 del árbol 200, usando un mensaje corriente arriba a lo largo de la trayectoria 212. El nodo raíz 204 tiene una vista completa de la topología del árbol 200 y mantiene una información de trayectoria explícita hacia todos los nodos. De esta manera, el nodo raíz 204 puede calcular fácilmente la trayectoria conocida más ventajosa entre, por ejemplo, los nodos 202 y 206 y, además, puede enviar la información de trayectoria de vuelta a un nodo solicitante, por ejemplo, el nodo 202.

De acuerdo con otros aspectos del presente objeto divulgado, algunos nodos de funcionalidad completa pueden distribuirse uniforme o aleatoriamente entre los nodos dentro de cada sistema autónomo (AS) como se representa por los árboles 100, 200 de las figuras 1 y 2. Tales nodos, por ejemplo los nodos 234, 222 y 252, pueden configurarse con suficientes recursos como para almacenar información detallada sobre rutas de un salto y/o varios saltos dentro de cada AS. En tal caso, dichos nodos por el presente objeto divulgado actúan como nodos router y anuncian su presencia dentro de los sistemas autónomos (AS). En tal caso, cada nodo puede solicitar una ruta de comunicación par a par del router más cercano (un nodo de funcionalidad completa) en lugar de desde el nodo raíz.

En la figura 3 se representa un diagrama de secuencia de mensajes (MSC) de tal metodología a modo de ejemplo presente. Como se ilustra, el nodo 202 puede enviar una solicitud de ruta a la raíz 204, o a otro nodo de funcionalidad completa. La raíz 204, u otro nodo de funcionalidad completa, calcula a continuación la trayectoria conocida más ventajosa entre los nodos 202 y 206 y responde con una respuesta de solicitud de ruta que proporciona la secuencia de direcciones que corresponde en este caso a la dirección del nodo 222 seguida de la dirección del nodo 224 seguida de la dirección del nodo 226.

Si el nodo 206 debe responder a los mensajes recibidos desde el nodo 202, el nodo 206 por el presente objeto divulgado puede enviar un mensaje de solicitud de ruta idéntico al nodo raíz 204, o a otro nodo de funcionalidad completa, con el fin de obtener la ruta inversa al nodo 202. Además, uno o ambos de los nodos 202 y 206 por el presente objeto divulgado pueden configurarse para almacenar en caché la trayectoria proporcionada por la raíz 204, u otro nodo de funcionalidad completa, para evitar repetir la solicitud de trayectoria para cada paquete que se envía a su par.

En otra realización o aspecto del presente objeto divulgado, el primer paquete par a par puede mantener su estructura de cabecera de encaminamiento sin cambios hasta su destino. Es decir, los nodos intermedios no eliminan sus direcciones de la cabecera del paquete. Mediante tal técnica, por el presente objeto divulgado, el nodo de destino 206 puede determinar fácilmente la ruta inversa al nodo 202, suponiendo que las trayectorias/enlaces intermedios son bidireccionales en el sentido de que tienen una calidad de comunicación similar en ambas direcciones.

En otra realización a modo de ejemplo más del presente objeto divulgado, bajo la suposición de que una comunicación par a par entre nodos es bidireccional, es decir, en el sentido de que un mensaje enviado desde el nodo 202 al nodo 206 generará una respuesta desde el nodo 206 al nodo 202, el nodo raíz 204, tras recibir una solicitud de una ruta explícita entre el nodo 202 y el nodo 206, puede configurarse, ya que responde de nuevo al nodo 202 como se ha descrito anteriormente, para enviar automáticamente la trayectoria inversa al nodo 206. Un diagrama de secuencia de mensajes (MSC) de tal metodología a modo de ejemplo presente se representa en la figura 4.

Haciendo referencia a la figura 4, cuando el nodo raíz 204, u otro nodo de funcionalidad completa, recibe una solicitud de ruta desde el nodo 202, el nodo genera dos mensajes. Un primer mensaje corresponde a una respuesta de solicitud de ruta que se hace al origen del mensaje, es decir, en este caso, el nodo 202. El segundo de los mensajes corresponde a un anuncio de ruta y se realiza al nodo localizado al final de la ruta par a par, es decir, en este caso, el nodo de destino (el nodo 206) para la comunicación par a par del objeto. Como se representa en la presente figura 4 a modo de ejemplo, las secuencias de dirección enviadas al nodo 202 y al nodo 206 son imágenes especulares entre sí, que representan las diferentes direcciones entre los dos nodos uno hacia otro.

Aún más, en una realización a modo de ejemplo del presente objeto divulgado, la comunicación par a par entre los nodos 202 y 206 puede potenciarse mediante un mecanismo de autoaprendizaje. En tal realización a modo de ejemplo, después de que el nodo 202 envíe un primer paquete de comunicación par a par al nodo 206 cada nodo a lo largo de la trayectoria 216 entre los nodos 202 y 206, tales nodos (es decir, los nodos 222, 224, 226) aprenden de la cabecera del paquete la dirección del salto siguiente para alcanzar el nodo de destino 206. Como un ejemplo, para el destino 206, el nodo intermedio 222 almacenará como salto siguiente la dirección del nodo 224, el nodo 224 almacenará como siguiente salto la dirección del nodo 226 y finalmente el nodo 226 almacenará como salto siguiente la dirección del nodo 206.

A continuación, el nodo 202 puede enviar los paquetes siguientes al nodo 206 sin añadir información de ruta explícita a la cabecera del paquete. Cuando el nodo 222, que está escuchando el medio, recibe un paquete destinado al nodo 206, recibirá el paquete, lo procesará y simplemente lo reenviará a la dirección de salto siguiente

224. A continuación, el nodo 224 reenviará el paquete al nodo 226, y así sucesivamente hasta que el paquete alcanza su destino final 206.

5 En una realización a modo de ejemplo presente adicional más, si el nodo de destino 206 “escucha” un paquete par a par destinado a sí mismo desde el nodo 202 y encaminado como se ha descrito anteriormente, procesará el paquete completamente. Si no se detecta ningún error, es decir, no hay bits corrompidos debido, por ejemplo, a una interferencia, el nodo 206 confirma de nuevo al nodo 202 la recepción apropiada del paquete. Es decir, el nodo 206 anuncia al nodo 202 que pueden comunicarse directamente y puede establecerse una ruta más corta para la comunicación par a par entre los nodos 202 y 206, todo de acuerdo con el presente objeto divulgado.

10 Por ejemplo, en el caso de que los nodos sean parte de una red de malla inalámbrica, cada nodo difunde sus mensajes de tal manera que pueden crearse muchas trayectorias entre diversos nodos. Como se ha descrito anteriormente, la trayectoria más ventajosa desde el nodo 202 al nodo 206 es a lo largo de la ruta 216 a través de los nodos 222, 224 y 226. En el caso, sin embargo, donde el nodo de destino 206 puede haber “escuchado” un paquete destinado a sí mismo que se difunde desde el nodo 222 a través de la trayectoria directa 218 y donde no se han detectaron errores en la transmisión, la trayectoria desde el nodo 202 a 206 puede cambiarse a la ruta más corta, de acuerdo con un aspecto del presente objeto divulgado.

20 De acuerdo con aspectos adicionales opcionales del presente objeto divulgado, en varias implementaciones a modo de ejemplo de lo anterior, determinar lo que constituye una trayectoria más ventajosa entre un nodo de origen a modo de ejemplo y un nodo de destino a modo de ejemplo puede incluir el uso de métricas de encaminamiento predeterminadas de tal manera que se alcanzan los objetivos de encaminamiento predefinidos. En general, los protocolos de encaminamiento para las redes inalámbricas se centran en encontrar la trayectoria más ventajosa y, en este caso, eventualmente, cuáles serían las trayectorias alternativas más ventajosas que ayuden a garantizar la calidad de servicio necesaria para una aplicación dada. Como se entiende por los expertos en la materia sin requerir una explicación detallada, la calidad del servicio en tal contexto puede expresarse en términos de latencia y fiabilidad. Para algunas implementaciones, las métricas de encaminamiento para las redes cableadas hacen uso del recuento de saltos y la capacidad física para determinar qué constituye una trayectoria más ventajosa, lo que significa que los arreglos buscan lograr un conteo de salto mínimo o un ancho de banda máximo. Las trayectorias inalámbricas tienen características significativamente diferentes en comparación con los enlaces cableados, tal como una baja capacidad y una alta tasa de errores de los paquetes, lo que lleva a un rendimiento relativamente más pobre. Por consiguiente, un algoritmo de encaminamiento para una red inalámbrica selecciona preferentemente la trayectoria más ventajosa en un contexto dado teniendo en cuenta explícitamente la calidad de los enlaces inalámbricos.

35 Se entenderá por los expertos en la materia que para diversas implementaciones del presente objeto divulgado, pueden usarse diferentes métricas de encaminamiento para estimar las características de un trayectoria entre el origen y el destino. Por ejemplo, algunas métricas de encaminamiento pueden estar destinadas a capturar la estabilidad de una trayectoria, mientras que otras pueden centrarse en el consumo de energía, y otras pueden estar más centradas en el ancho de banda resultante de una trayectoria determinada. Además, pueden usarse otras métricas para estimar la calidad de los enlaces inalámbricos, incluyendo aquellos que tienen en cuenta la tasa de error de paquete en el enlace, tal como ETX. Como es bien conocido por los expertos en la materia, la métrica ETX de un enlace inalámbrico es el número esperado de transmisiones requeridas para transmitir y reconocer con éxito un paquete en un enlace. Los expertos en la materia, en el contexto más amplio del presente objeto divulgado, pueden implementar algoritmos de cálculo de trayectoria (cuyos detalles no forman ningún aspecto específico del presente objeto divulgado) que usarán métricas con el fin de encontrar la trayectoria más ventajosa (u otras rutas alternativas más ventajosas) para un contexto dado. Además, debe entenderse que tales métricas en algunos casos pueden ser estáticas o pueden cambiar dinámicamente, tal como una función de la calidad estimada del enlace inalámbrico.

50 Aunque se ha descrito en detalle el presente objeto divulgado con respecto a las realizaciones específicas del mismo, se apreciará que los expertos en la materia, tras alcanzar una comprensión de lo anterior, pueden producir fácilmente alteraciones a, variaciones de, y equivalentes a tales realizaciones. Por consiguiente, el alcance de la presente divulgación es por medio de un ejemplo más bien que por medio de una limitación, y el objeto divulgado no pretende excluir la inclusión de tales modificaciones, variaciones y/o adiciones al presente objeto divulgado como sería fácilmente evidente para un experto en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Un método (200) para establecer comunicaciones de par a par en una red estructurada en árbol inalámbrica que tiene una pluralidad de nodos que incluye un nodo raíz (204) y al menos un nodo de encaminamiento de funcionalidad completa (222, 234, 252), que comprende:
- 5 enviar un mensaje desde un nodo de origen (202) a uno de entre el nodo raíz o uno de dichos nodos de encaminamiento de funcionalidad completa de la pluralidad de nodos configurados para almacenar rutas dentro de la red estructurada en árbol, solicitando el mensaje la trayectoria que encamina a un nodo de destino (206);
- 10 determinar en uno de dichos nodos de encaminamiento de funcionalidad completa una trayectoria de comunicaciones (216), por lo que la determinación se basa en la información detallada en las rutas de un salto y/o de varios saltos almacenadas en dicho nodo de encaminamiento de funcionalidad completa;
- enviar la información de trayectoria determinada al nodo de origen;
- 15 transmitir un mensaje desde el nodo de origen al nodo de destino usando la información de trayectoria;
- procesar los paquetes escuchados por el nodo de destino, con lo que los paquetes se han escuchado por el nodo de destino, los paquetes se han destinado al nodo de destino y los paquetes se han difundido desde un nodo en la trayectoria determinada; y
- 20 anunciar desde el nodo de destino que puede configurarse una ruta más corta (218) para la comunicación de par a par entre el nodo de origen y el nodo de destino.
2. Un método (200) para establecer comunicaciones de par a par en una red estructurada en árbol inalámbrica que tiene una pluralidad de nodos que incluye un nodo raíz (204) y al menos un nodo de encaminamiento de funcionalidad completa (222, 234, 252), que comprende:
- 25 enviar un mensaje desde un nodo de origen (202) a uno de entre el nodo raíz o uno de dichos nodos de encaminamiento de funcionalidad completa de la pluralidad de nodos configurados para almacenar rutas dentro de la red estructurada en árbol, solicitando el mensaje la trayectoria que encamina a un nodo de destino (206);
- determinar en el nodo raíz la trayectoria más ventajosa entre el nodo de origen y el nodo de destino que incluye el uso de métricas de encaminamiento predeterminadas de manera que se logran los objetivos de
- 30 encaminamiento predeterminados, en el que la determinación está basada en (a) la vista completa del nodo raíz de la topología de la red estructurada en árbol y (b) la información de trayectoria explícita hacia todos los nodos mantenidos por el nodo raíz;
- enviar la información de trayectoria determinada al nodo de origen;
- 35 transmitir un mensaje desde el nodo de origen al nodo de destino usando la información de trayectoria;
- procesar los paquetes escuchados por el nodo de destino, con lo que los paquetes se han escuchado por el nodo de destino, los paquetes se han destinado al nodo de destino y los paquetes se han difundido desde un nodo en la trayectoria determinada; y
- 40 anunciar desde el nodo de destino que puede configurarse una ruta más corta (218) para la comunicación de par a par entre el nodo de origen y el nodo de destino.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende además:
- 45 enviar un mensaje desde el nodo de destino (206) al nodo raíz (204) o a al menos un nodo encaminador (222, 234, 252) que solicita la trayectoria de encaminamiento inversa que encamina al nodo de origen (202); y
- enviar la información de trayectoria de encaminamiento inversa al nodo de destino.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende además:
- 50 enviar automáticamente la información de trayectoria inversa al nodo de destino (206), con lo que el nodo de destino puede responder a un mensaje desde el nodo de origen (202) sin solicitar en primer lugar la información de trayectoria.
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende además:
- 55 configurar al menos uno de entre el nodo de origen (202) y los nodos de destino (206) para almacenar en caché la información de trayectoria, con lo que puede evitarse repetir la solicitud de trayectoria.
6. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el nodo raíz (204) determina la trayectoria de comunicaciones (216) y envía la información de trayectoria al nodo de origen (202).
- 60
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:
- 65 almacenar las rutas dentro del nodo de encaminamiento (222, 234, 252) de la pluralidad de nodos, en el que el al menos un nodo de encaminamiento determina la trayectoria de comunicaciones (216) y envía la información de trayectoria al nodo de origen (202).

8. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende además:

5 almacenar la dirección del siguiente salto en los nodos en una trayectoria de comunicaciones (216) desde el nodo de origen (202) al nodo de destino (206) basándose en una cabecera de paquete de una comunicación anterior,
con lo que los paquetes posteriores pueden enviarse desde el mismo origen al mismo destino sin añadir información de ruta en la cabecera del paquete.

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende además:

10 reenviar las cabeceras del paquete de mensaje sin cambios a través de los nodos en una trayectoria entre el nodo de origen (202) y el nodo de destino (206),
con lo que el nodo de destino determina una trayectoria de raíz inversa al nodo de origen basándose en las cabeceras sin cambios.

15 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la selección de dicha pluralidad de nodos comprende unos puntos finales de datos.

20 11. Un método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la selección de dichos puntos finales de datos está asociada con unos dispositivos de medición en una infraestructura de medición avanzada.

12. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dicha pluralidad de nodos comprende unos dispositivos de medición con unos dispositivos de comunicación inalámbrica asociados.

25 13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dichos dispositivos de medición están asociados respectivamente con unos dispositivos de comunicación inalámbrica.

30 14. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que determinar la trayectoria de comunicaciones (216) entre el nodo de origen (202) y el nodo de destino (206) comprende usar unas métricas de encaminamiento predeterminadas de manera que se logran los objetivos de encaminamiento predefinidos.

15. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende determinar la trayectoria de comunicaciones (216) entre el nodo de origen (202) y el nodo de destino (206).

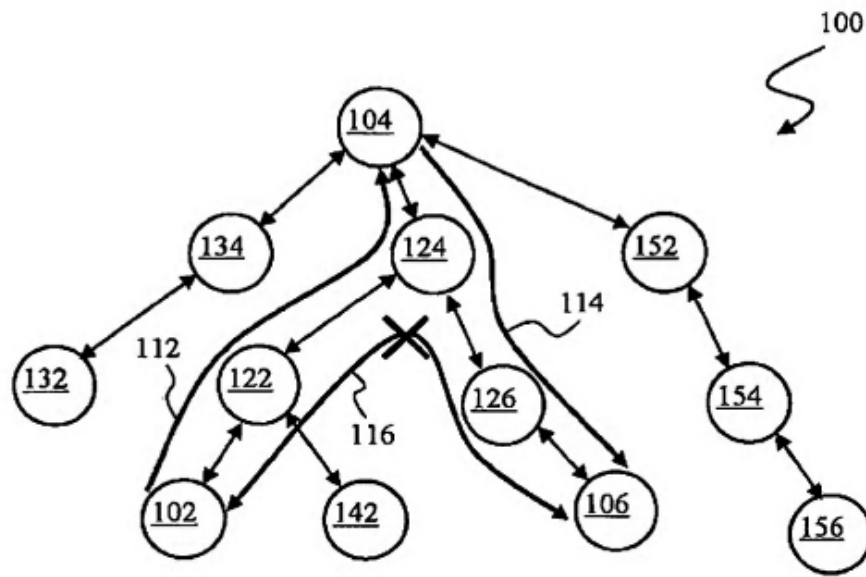


FIG. 1

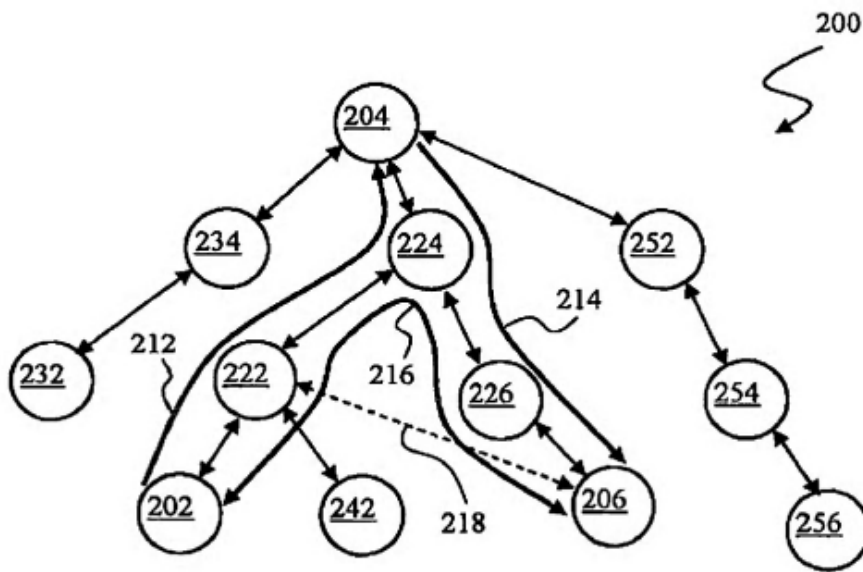


FIG. 2

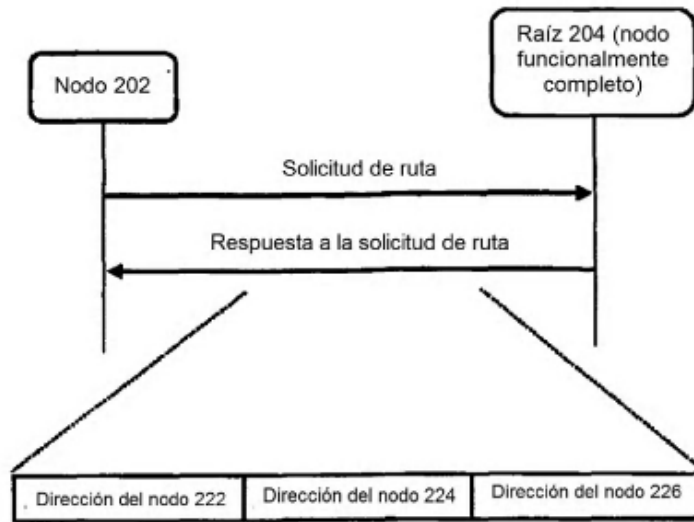


FIG. 3

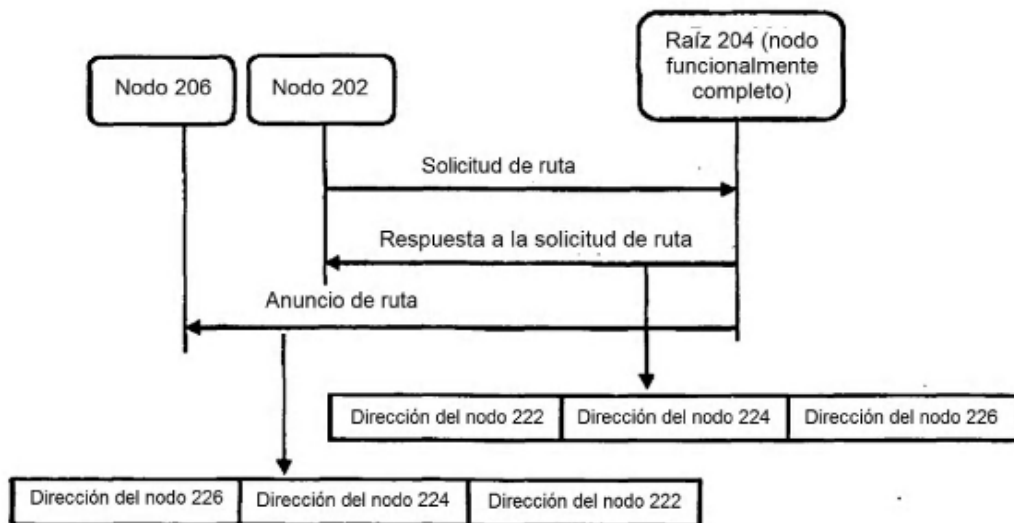


FIG. 4