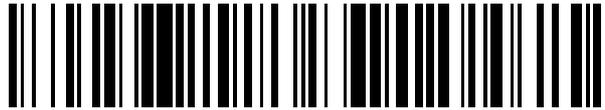


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 472 691**

51 Int. Cl.:

**H04L 12/70** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2005** **E 10189229 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.04.2014** **EP 2296325**

54 Título: **Selección de ruta en redes inalámbricas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**02.07.2014**

73 Titular/es:

**THOMSON LICENSING (100.0%)**  
**1-5, Rue Jeanne d'Arc**  
**92130 Issy-les-Moulineaux , FR**

72 Inventor/es:

**LIU, HANG**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 472 691 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

Selección de ruta en redes inalámbricas

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a las redes inalámbricas y, en particular a las redes inalámbricas de malla. Muy especialmente la presente invención se refiere al procesamiento de los mensajes de petición de ruta en protocolos de enrutamiento a demanda.

**Antecedentes de la invención**

10 Los protocolos de enrutamiento a demanda, por ejemplo el protocolo de enrutamiento del Vector de Distancia a Demanda Ad Hoc (AODV) definido por el grupo de trabajo MANET en IETF, usa un mecanismo de Petición de Ruta y Respuesta de Ruta para establecer las rutas entre dos nodos en las redes inalámbricas de malla / ad hoc. Cuando un nodo de origen quiere enviar paquetes / tramas de datos a un nodo de destino, el nodo de origen descubre la ruta al destino inundando sobre la red un mensaje de Petición de Ruta (RREQ) si el nodo de origen no tiene una ruta válida al nodo de destino y la necesita. Se crea una ruta de vuelta inversa al origen por los nodos en la red a medida que reciben y retransmiten el mensaje RREQ. Cuando un nodo recibe un mensaje RREQ, el nodo receptor contesta a esta petición generando un mensaje de Respuesta de Ruta (RREP) si: (1) o bien el nodo receptor es el propio destino, o (2) el nodo receptor tiene una ruta válida al destino y no está establecido el indicador de "solo destino" ('D') en el mensaje RREQ. El mensaje RREP se retransmite con destinatario único al nodo de origen a través de la ruta inversa establecida y de este modo se crea una ruta directa al destino en los nodos intermedios y eventualmente en el nodo de origen. Las rutas establecidas expiran si no se usan durante un tiempo de vida de la ruta determinado.

25 En el AODV, el indicador de "solo destino" del mensaje RREQ se establece por el nodo de origen y no se cambia por los nodos intermedios. Si el indicador de "solo destino" está establecido en el mensaje RREQ por el nodo de origen, el nodo intermedio no responde al mensaje RREQ con un mensaje RREP incluso si el nodo intermedio / receptor tiene una ruta válida al nodo de destino. Este retransmite / re-inunda el mensaje RREQ a sus vecinos. Solo el nodo de destino responde a este mensaje RREQ. En este modo de operación, la latencia del descubrimiento de ruta puede ser grande aunque eventualmente se descubre en el proceso la mejor ruta actualizada entre el nodo de origen y el nodo de destino. Una baja latencia es muy importante para las aplicaciones de tiempo real tales como las comunicaciones de voz y de video.

30 Si no está establecido el indicador de "solo destino" por el nodo de origen, entonces cualquier nodo intermedio con una ruta válida al nodo de destino responde al mensaje RREQ con el mensaje RREP. El mensaje RREP se envía de vuelta al nodo de origen como único destino y establece una ruta directa al nodo de destino. Si está establecido el indicador "RREP Gratuito" ('G') en el mensaje RREQ, este nodo intermedio también transmite un mensaje RREP gratuito al nodo de destino como único destino de modo que el nodo de destino aprende de las rutas al nodo de origen. Sin embargo, en el AODV, si un nodo intermedio genera un mensaje RREP (porque el nodo intermedio tiene una ruta válida al nodo de destino), entonces el nodo intermedio descarta el mensaje RREQ. Con este enfoque, el nodo de origen puede descubrir una ruta al nodo de destino más rápidamente porque el nodo de origen no tiene que esperar la respuesta del nodo de destino. Sin embargo, puede que no se descubra la mejor ruta de extremo a extremo porque la ruta capturada en el nodo intermedio puede no ser la mejor ruta al nodo de destino. Las métricas pueden haber cambiado debido a la dinámica de las redes inalámbricas haciendo la ruta capturada menos deseable. Esto es, debido a los cambios en la topología de la red, las métricas de enrutamiento, etc. es posible que la ruta capturada en el nodo intermedio pueda empeorar o que otras rutas con una mejor métrica de extremo a extremo se conviertan en disponibles haciendo otras rutas más deseables.

45 El documento de Perkins y otros "Ad-hoc On-demand Vector Routing" (en PROCEEDINGS WMCSA, del 25 de febrero de 1999, XP002173721) desvela un algoritmo de "Enrutamiento del Vector de distancia a demanda Ad-hoc" (AODV) para la operación de enrutamiento en una red inalámbrica sin un punto de acceso centralizado. Este algoritmo se basa en el establecimiento dinámico de entradas a la tabla de rutas en los nodos intermedios y usa un mecanismo de Petición de Ruta (RREQ) y Respuesta de Ruta (RREP). Este algoritmo reduce el retardo en la búsqueda de una ruta al nodo de destino sin embargo, a diferencia del mecanismo de enrutamiento de origen de extremo a extremo, el sistema no está adaptado para descubrir la mejor ruta de extremo a extremo (es decir, con la menor métrica). Debido a que el mensaje RREQ no se propaga al nodo de destino cuando se encuentra una ruta válida en un nodo intermedio, la métrica de la ruta de extremo a extremo no se informa sistemáticamente en los mensajes RREP al nodo de origen y la ruta válida capturada en el nodo intermedio puede que no sea la mejor ruta al nodo de destino.

55 El documento WO 01/41376 desvela un algoritmo para el protocolo de enrutamiento de la red ad-hoc, bien basado en el enrutamiento de origen o el enrutamiento del vector de distancia. De acuerdo con el documento WO 01/41375, bien el mensaje de petición de enrutamiento de origen ordinario o el mensaje de petición de enrutamiento actualizado, identificado por un indicador, se inundan en la red cuando ocurre un evento predeterminado tal como una expiración de un temporizador, una ruptura de enlace... Sin embargo, el documento WO 01/41375 falla al

desvelar un sistema adaptado tanto para descubrir rápidamente una ruta entre un nodo de origen y un nodo de destino como para descubrir la mejor ruta entre un nodo de origen y un nodo de destino en respuesta a una petición del origen al tiempo que limita los mensajes de petición / respuesta en la red.

5 El documento EP 1467524 desvela un algoritmo para el protocolo de enrutamiento de la red ad hoc adaptado para la consideración de la calidad del servicio entre ellos el retardo y el ancho de banda en las comunicaciones. De acuerdo con el documento EP 1467524, además del menor coste del enlace, y el número de secuencia, se consideran otros criterios tales como el ancho de banda del enlace para el establecimiento de la mejor ruta entre nodos. Sin embargo, al igual que la técnica anterior citada, la EP 1467524 falla al revelar un sistema adaptado tanto para descubrir rápidamente una ruta entre un nodo de origen y un nodo de destino como descubrir la mejor ruta  
10 entre un nodo de origen y un nodo de destino.

El problema resuelto por la presente invención es cómo usar el mecanismo de los mensajes RREQ y RREP para descubrir rápidamente la mejor ruta entre un nodo de origen y uno o más nodos de destino.

### Sumario de la invención

15 La presente invención desvela un método y un sistema para procesar / retransmitir mensajes de Petición de Ruta (RREQ) y generar mensajes de Respuesta de Ruta (RREP) en protocolos de enrutamiento a demanda, de los cuales el AODV es un ejemplo, de modo que se puede descubrir la mejor ruta sin incurrir en un retardo / latencia significativo de descubrimiento de la ruta en redes inalámbricas de malla / ad hoc. Específicamente, cuando un nodo de origen quiere descubrir la ruta a un nodo de destino, el nodo de origen inunda la red con un mensaje RREQ con el nodo de destino especificado en la lista de destinos y el campo de la métrica inicializado a 0. El mensaje RREQ  
20 contiene un nuevo indicador "Respuesta Intermedia (IR)" para cada uno de los nodos de destino. El nodo de origen establece el indicador correspondiente para el nodo de destino en el mensaje RREQ cuando inicia la inundación del mensaje RREQ para descubrir una ruta al nodo(s) de destino. Durante la inundación del mensaje RREQ, el primer nodo intermedio con una ruta válida al nodo de destino responde al mensaje RREQ con un mensaje RREP. El mensaje RREP se envía con destinatario único hacia el nodo de origen y por lo tanto establece rápidamente una ruta directa temporal al destino. De este modo, el nodo de origen puede usar esta ruta directa temporal para enviar paquetes de datos / tramas con un bajo retardo / latencia de descubrimiento de ruta. El primer nodo intermedio  
25 resetea / borra el indicador "IR" en el mensaje RREQ y retransmite el mensaje RREQ actualizado en dirección descendente hacia el nodo de destino. Como el indicador "IR" en el mensaje RREQ se ha reseteado, los nodos intermedios en dirección descendente no responderán a este mensaje RREQ y solo lo propagarán incluso si los nodos intermedios en dirección descendente tienen una ruta válida hacia el nodo(s) de destino. Los mensajes RREQ alcanzan eventualmente el nodo(s) de destino. El nodo(s) de destino puede seleccionar la mejor ruta / trayectoria en base a las métricas de extremo a extremo y enviar un nuevo mensaje RREP de vuelta al nodo de origen para establecer la mejor ruta entre el nodo de origen y este nodo de destino. Si la mejor trayectoria es diferente de la trayectoria directa temporal que se estableció mediante el mensaje RREP desde el nodo intermedio, el nodo de  
30 origen conmutará a la mejor trayectoria una vez que se establece la mejor trayectoria.

Se describen un sistema y un método para el descubrimiento de una ruta entre un nodo de origen y un nodo de destino en una red inalámbrica que incluye el establecimiento de un indicador de respuesta intermedia de un mensaje de petición de ruta por el nodo de origen, inundando la red inalámbrica con el mensaje de petición de ruta y respondiendo al mensaje de petición de ruta con un mensaje de respuesta de ruta por un primer nodo intermedio  
40 que tiene una ruta válida al nodo de destino. El sistema y el método actualizan a continuación el mensaje de petición de ruta y re-inundan la red inalámbrica con el mensaje de petición de ruta. El acto de respuesta establece por lo tanto una ruta directa temporal entre el nodo de origen y el nodo de destino de la red inalámbrica.

También se describen un sistema y un método para descubrir una mejor ruta en cuyo caso el mensaje de respuesta de ruta se transforma en un primer mensaje de respuesta de ruta. El sistema y el método para descubrir la mejor  
45 ruta incluye seleccionar por el nodo de destino la mejor ruta entre él mismo y el nodo de origen en base a las métricas acumulativas recibidas en los mensajes de petición de ruta recibidos por el nodo de destino, creando un mensaje de respuesta de ruta adicional y transmitiendo el mensaje de respuesta de ruta adicional como destinatario único al nodo de origen. Si la ruta directa temporal es la mejor ruta entonces el mensaje de respuesta de ruta adicional sirve como una confirmación y si la ruta directa temporal no es la mejor ruta a continuación el mensaje de  
50 respuesta de ruta adicional sirve para establecer la mejor ruta una vez se recibe el mensaje de respuesta de ruta adicional por el nodo de origen.

### Breve descripción de los dibujos

La presente invención se entiende del mejor modo a partir de la siguiente descripción detallada cuando se lee en conjunción con los dibujos adjuntos. Los dibujos incluyen las siguientes figuras descritas brevemente a continuación:

55 La Fig. 1 es un formato de mensaje RREQ ejemplar.

La Fig. 2 es un diagrama esquemático de una red de malla inalámbrica de acuerdo con los principios de la presente invención.

La Fig. 3 es un diagrama esquemático de una red de malla inalámbrica de acuerdo con los principios de la presente invención.

La Fig. 4 es un diagrama de flujo de un protocolo de enrutamiento a demanda que muestra dónde se usa la presente invención.

5 La Fig. 5 es un diagrama de flujo del método de la presente invención.

La Fig. 6 es un diagrama de bloques de un nodo de acuerdo con los principios de la presente invención.

#### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

10 Cuando un nodo de origen / punto de la malla quiere enviar paquetes / tramas de datos a algún nodo de destino, comprueba su tabla de enrutamiento en búsqueda de una ruta. Si hay una ruta válida, transmite los paquetes / tramas al siguiente salto especificado en la tabla de enrutamiento para este nodo de destino. Si no hay ninguna ruta válida, el nodo de origen inicia el descubrimiento de ruta inundando con un mensaje de Petición de Ruta (RREQ) sobre la red inalámbrica de malla / ad hoc. Los paquetes / tramas de datos se pueden haber originado en / con el nodo o desde las estaciones asociadas con el nodo si el nodo es un punto de acceso inalámbrico. Es posible que un nodo de origen necesite descubrir rutas / trayectorias a múltiples nodos de destino. El nodo de origen puede  
15 diseminar un mensaje RREQ para cada uno de los destinos o, para reducir la sobrecarga de enrutamiento, inundar la red con un único mensaje RREQ que tiene una lista de múltiples direcciones de nodos de destino incorporadas en el mismo.

20 La Fig. 1 es un formato de mensaje RREQ ejemplar con otros formatos posibles. El mensaje RREQ contiene, por ejemplo, la dirección del nodo originador / de origen, el número de secuencia del originador, la dirección del nodo de destino y el número de secuencia del destino (o el número de destinos y la lista de direcciones de destino y sus números de secuencia), la ID de RREQ, la ID del mensaje, la longitud del mensaje, el tiempo de vida (TTL), la cuenta de saltos, la métrica del enrutamiento, los indicadores y otra información. Además de los indicadores de "Solo Destino" ('D') y "RREP Gratuita" ('G'), un nuevo indicador, llamado indicador de "Respuesta Intermedia" (IR) en este documento, está contenido en el mensaje RREQ. Los indicadores 'D' y 'G' se transportan como una herencia del AODV convencional. Estos dos indicadores no se establecen / usan por el nodo de origen y se ignoran por los nodos intermedios y de destino. Una realización alternativa es que el mensaje RREQ no contenga los indicadores 'D' y 'G' en absoluto. Si el mensaje RREQ transporta una lista de direcciones de destino, entonces se incluyen múltiples indicadores de "Respuesta Intermedia" en el mensaje RREQ, correspondiendo cada uno a una dirección de destino. Cuando el nodo de origen quiere descubrir una ruta a una o más direcciones de destino, establece el indicador(es) de "Respuesta Intermedia" correspondiente para la dirección de destino. Se debería observar que la dirección(es) del nodo(s) de destino puede(n) ser una dirección(es) del protocolo de internet (IP) o direcciones de capa 2 (control de acceso al medio - MAC). Para adaptarse a los cambios en las condiciones de red y mantener la ruta de la mejor métrica entre nodos, cada uno de los nodos de origen activos puede opcionalmente inundar la red inalámbrica de malla / ad hoc con un mensaje RREQ periódico (RREQ de mantenimiento) para las direcciones de destino con las que está comunicando. En el mensaje de RREQ de mantenimiento no se establece el indicador "IR". Los nodos intermedio y de destino procesan el mensaje RREQ de mantenimiento siguiendo las mismas normas que se usan para procesar un mensaje RREQ no de mantenimiento en la fase de descubrimiento.  
30  
35

40 De este modo, puede verse que la diseminación de los mensajes RREQ no de mantenimiento y de mantenimiento en una red inalámbrica de malla / ad hoc da como resultado el establecimiento / actualización de una ruta inversa al originador (nodo de origen) del mensaje RREQ en los nodos intermedios y los nodos de destino. La diseminación de los mensajes RREQ no de mantenimiento también activan mensajes RREP desde los nodos de destino y probablemente los nodos intermedios. La diseminación de los mensajes RREQ de mantenimiento activan mensajes RREP desde los nodos de destino.

45 Cuando un nodo intermedio o de destino recibe un mensaje RREQ, crea una ruta inversa al nodo de origen o actualiza su ruta inversa actual si el mensaje RREQ pasó a través de una ruta / trayectoria que ofrece una mejor métrica que la ruta inversa actual al nodo de origen. Se debería observar que cada uno de los nodos puede recibir múltiples copias del mismo mensaje RREQ (que se originan con el mismo nodo de origen y que tienen la misma ID de RREQ), atravesando cada uno de los mensajes RREQ una trayectoria diferente desde el nodo de origen al nodo receptor / intermedio / de destino. Si se crea o se modifica una ruta inversa o esta es la "primera copia" de un mensaje RREQ, el mensaje RREQ se retransmite (re-inmunda). Una "primera copia" se usa en este documento para significar que esta copia de este mensaje RREQ es la primera copia o vez que este nodo de recepción / intermedio / destino ha recibido o visto este mensaje RREQ particular identificado por su dirección de originador y la ID de RREQ. Cuando un nodo intermedio retransmite un mensaje RREQ, el campo de la métrica en el mensaje RREQ se actualiza para reflejar la métrica acumulativa de la ruta para el nodo de origen de RREQ desde el nodo intermedio.  
50  
55 Además, si el indicador "IR" para un nodo de destino en la lista de nodos de destino del mensaje RREQ recibido está establecido y el nodo intermedio tiene una ruta válida al nodo de destino, el nodo intermedio responde al mensaje RREQ con un mensaje RREP de respuesta de ruta. Este mensaje de respuesta de ruta se envía al nodo de origen como destinatario único y establece una trayectoria directa al nodo de destino. El nodo de origen puede usar a continuación esta ruta para enviar tramas / paquetes de datos al nodo de destino inmediatamente. Si el nodo

intermedio responde al mensaje RREQ con un mensaje RREP para un nodo de destino en la lista de nodos de destino del mensaje RREQ, se resetea / borra el indicador "IR" para este nodo de destino en el mensaje RREQ antes de re-inundar la red con el mensaje RREQ actualizado. La razón para resetear el indicador "IR" después de que se envía un mensaje RREP es suprimir cualquier mensaje RREP desde los nodos intermedios en el sentido descendente. Solo el primer nodo intermedio con una ruta válida al nodo de destino a lo largo de la ruta atravesada por la inundación del mensaje RREQ responde con un mensaje RREP para este nodo de destino. Si el indicador "IR" para un destino está reseteado / borrado en el mensaje RREQ, un nodo intermedio no debería responder con un mensaje RREP incluso si tiene una ruta válida al nodo de destino.

Después de crear / establecer o actualizar una ruta inversa al nodo de origen, el nodo de destino envía un mensaje RREP con destinatario único de vuelta al nodo de origen. Los nodos intermedios crean rutas directas al nodo(s) de destino a la recepción del mensaje RREP, y también retransmiten el mensaje RREP hacia el nodo de origen. Cuando el nodo de origen recibe el mensaje RREP, crea una ruta directa al nodo de destino. Si el nodo de destino recibe además mensajes RREQ con mejores métricas, a continuación el nodo de destino actualiza su ruta al nodo de origen para la nueva ruta y también envía un nuevo mensaje RREP de vuelta al nodo de origen a lo largo de la ruta actualizada. El nuevo mensaje RREP establece una mejor ruta directa (actualizada) desde el nodo de origen al nodo de destino en los nodos intermedios y eventualmente el nodo de origen. Una vez que se establece esta mejor ruta directa, el nodo de origen la usa para enviar los datos. Eventualmente, se establece una ruta bidireccional de la mejor métrica de extremo a extremo entre el nodo de origen y el nodo de destino. Usando este enfoque, el nodo de origen puede obtener rápidamente una ruta al nodo de destino que se establece con el mensaje RREP respondido por el nodo intermedio con una ruta válida al nodo de destino. Si esta ruta no es la ruta con la mejor métrica de extremo a extremo entre el nodo de origen y el nodo de destino, la ruta se actualiza a la mejor ruta después de esto.

Refiriéndonos ahora a la Fig. 2, que representa la inundación de la red inalámbrica de malla / ad hoc con el mensaje de Petición de Ruta (RREQ) y el nodo intermedio B, con una ruta válida al nodo de destino E, que responde al mensaje RREQ con un mensaje RREP. Consideremos un ejemplo en el que el nodo de origen A intenta descubrir una ruta al nodo de destino E. El nodo de origen A inunda la red inalámbrica de malla / ad hoc con mensajes de Petición de Ruta (RREQ) con el indicador "IR" establecido. Asumamos que el nodo intermedio B ya tiene una ruta válida B-C-D-E al nodo de destino E. Cuando el nodo intermedio B recibe el mensaje RREQ, crea una ruta inversa al nodo de origen desde el que recibe el mensaje RREQ como el siguiente salto (nodo de origen A) de la ruta / trayectoria inversa. El nodo intermedio B responde a la RREQ con un mensaje RREP de destinatario único porque tiene una ruta válida al destino E y el indicador "IR" en el mensaje RREQ está establecido. El mensaje RREP establece una ruta directa al nodo de destino E en el nodo de origen A. Tan pronto como el nodo de origen A crea la ruta / trayectoria al nodo de destino E con el mensaje RREP desde el nodo intermedio B, el nodo de origen A puede comenzar el envío de paquetes / tramas de datos al nodo de destino E a través de la ruta A-B-C-D-E. El nodo intermedio B resetea el indicador "IR" en el mensaje RREQ y además lo retransmite. La razón para resetear el indicador "IR" es limitar las respuestas a la inundación del mensaje RREQ a solo el primer nodo intermedio con una trayectoria válida al nodo de destino. Los otros nodos intermedios en dirección descendente, por ejemplo C y D, no necesitan contestar a este RREQ con un RREP porque el indicador "IR" no está establecido. Asumimos que los nodos intermedios F, G, y H no tienen rutas válidas al nodo de destino E. Cuando los nodos intermedios F, G y H reciben los mensajes RREQ inundados, crean la ruta inversa al nodo de origen A con el nodo desde el cual cada uno de los nodos intermedios F, G y H recibe el mensaje RREQ como el siguiente salto de la ruta inversa. Cada uno de los otros nodos intermedios F, G y H retransmite a continuación los mensajes RREQ adicionales.

En este ejemplo, el nodo de destino E recibe dos copias de este mensaje RREQ atravesando cada uno una trayectoria diferente: A-B-C-D-E, A-F-G-H-E. Asumiendo que los dos mensajes RREQ alcanzaron el nodo de destino E en el siguiente orden: A-B-C-D-E y a continuación A-F-G-H-E, el nodo de destino E crea en primer lugar una ruta al nodo de origen A a través del nodo intermedio D tan pronto como el nodo E de destino recibe el mensaje RREQ a lo largo de la ruta / trayectoria A-B-C-D-E. En este punto, la ruta inversa al nodo de origen A se ha establecido en los nodos intermedios B, C y D. El nodo de destino E envía un mensaje RREP a lo largo de la ruta E-D-C-B-A. El mensaje RREP refresca la ruta A-B-C-D-E. Si hay cualquier otro nodo(s) de destino en la lista de destinos del mensaje RREQ, por ejemplo, el nodo I, el nodo E de destino se elimina a sí mismo de la lista de destinos y a continuación retransmite además el mensaje RREQ (por ejemplo, al nodo I). Si no hay otro nodo(s) de destino en la lista de destinos del mensaje RREQ, entonces el mensaje RREQ no se retransmite.

Refiriéndonos ahora a la Fig. 3, que representa una red inalámbrica de área local de malla que muestra el nodo de destino E que responde con un mensaje RREP (1) a la recepción del mensaje RREQ a través de A-B-C-D-E y envía un nuevo mensaje RREP (2) para establecer una mejor ruta / trayectoria directa después de recibir el mensaje RREQ a través de A-F-G-H-E. Cuando el nodo de destino E recibe el RREQ, que vino a lo largo de A-F-G-H-E, el nodo de destino E determina que este mensaje RREQ vino a lo largo de una trayectoria con una mejor métrica hasta A que la ruta / trayectoria de redirección temporal A-B-C-D-E. Por lo tanto, el nodo de destino E modifica / actualiza el siguiente salto desde el nodo intermedio D al nodo intermedio H y actualiza la métrica. El nodo de destino E envía a continuación un mensaje RREP de vuelta como destinatario único al nodo de origen A a través del nodo intermedio H, actualizando también y retransmitiendo el mensaje RREQ si hay uno o más nodos de destino distintos en la lista de destinos del mensaje RREQ. El mensaje RREP establece la ruta al nodo de origen A a través de los nodos intermedios H G y F. Cuando el nodo de origen A recibe este mensaje RREP, modifica / actualiza el siguiente salto para el nodo de destino E desde el nodo intermedio B al nodo intermedio F. La ruta al nodo de destino E se

cambia a A-F-G-H-E.

Nos referimos ahora a la Fig. 4, que es un diagrama de flujo para el procesamiento de un mensaje RREQ. Cuando un nodo recibe un mensaje RREQ, en primer lugar crea / establece o actualiza una ruta inversa al salto anterior desde el cual recibió el nodo el mensaje RREQ si es necesario en 410. El nodo intermedio / receptor puede crear o actualizar a continuación la ruta inversa al originador del mensaje RREQ como sigue. Si no existe una ruta inversa al originador del mensaje RREQ en la tabla de enrutamiento o es inválida en 415 y 420, se crea o se actualiza. El siguiente salto en la tabla de enrutamiento para la ruta inversa al originador del mensaje RREQ se convierte en el salto anterior (el nodo desde el que se recibió el mensaje de RREQ). Si existe una ruta inversa válida al originador del mensaje RREQ, el número de secuencia de origen en el mensaje RREQ se compara con el número de secuencia de la entrada de ruta en la tabla de enrutamiento en 425 para la ruta inversa. Si el número de secuencia en el mensaje RREQ es más antiguo, se abandona y no se realiza ningún procesamiento adicional en 445. De otro modo, la ruta inversa actual al originador se modifica si la nueva métrica es mejor que la métrica de la ruta actual al originador en la tabla de enrutamiento en 430. La nueva métrica se define como la métrica en el mensaje RREQ más la métrica del enlace entre el nodo desde el que se recibió el mensaje RREQ y él mismo. Si la nueva métrica no es mejor que la métrica de la ruta inversa actual en la entrada de la tabla de enrutamiento, pero el número de secuencia de origen en el mensaje RREQ es mayor (más nuevo) que el número de secuencia en la tabla de enrutamiento para la ruta inversa en 435, el nodo intermedio comprueba si se soportan las funciones de procesamiento opcionales de histéresis y la captura de la mejor ruta candidata por la red de malla en 450. Si estas funciones de procesamiento opcionales no se soportan, la ruta inversa al originador de RREQ se actualiza en 455. Cuando se crea o se modifica una ruta inversa, el número de secuencia en la tabla de enrutamiento para la ruta inversa se fija al número de secuencia de origen en el mensaje RREQ, el siguiente salto se convierte en el nodo desde el cual se recibió el mensaje RREQ, la métrica se establece a la nueva métrica, y la cuenta de saltos se fija a uno más que la cuenta de saltos en el mensaje RREQ.

Si se creó o se modificó una ruta inversa al nodo de origen, o el mensaje RREQ fue una primera copia de un nuevo mensaje RREQ (la ID de RREQ desde el origen no se vio anteriormente) en 420 y 440, la retransmisión del mensaje RREQ y la rutina de generación del mensaje RREP descrita en este documento se ejecutan en 475. Puede haber otros casos cuando se retransmite el mensaje y se ejecuta por un nodo la rutina de generación del mensaje RREP descrita en este documento. Por ejemplo, en algún método de captura de la mejor ruta candidata, los mensajes RREQ se pueden almacenar en una cola de espera con un temporizador durante la captura de la ruta candidata. Cuando el temporizador de la cola de espera expira, se ejecutan la retransmisión del mensaje RREQ y la rutina de generación del mensaje RREP.

El nodo de origen puede enviar mensajes RREQ de mantenimiento periódicos para refrescar sus rutas activas directas e inversas. Cada vez que el origen envía un mensaje RREQ de mantenimiento se llama una ronda de refresco de rutas. Es posible que los nodos que ya tienen la mejor ruta inversa al nodo de origen reciban un mensaje RREQ con un número de secuencia más nuevo pero con una ruta de peor métrica al nodo de origen que antes de recibir el mensaje RREQ a través de la ruta de mejor métrica actual. Adicionalmente, la copia del mensaje RREQ propagado a lo largo de la ruta con la mejor métrica actual se puede perder durante la inundación. Estos eventos pueden dar como resultado una alternancia de rutas. Para reducir la alternancia de rutas y seleccionar la mejor ruta durante cada una de las rondas de refresco de rutas, se pueden usar un tipo histéresis y un mecanismo de captura de la mejor ruta candidata. Si se determina en 450 que está implementada la opción de histéresis y captura de la mejor ruta candidata por una red de malla, un nodo intermedio actualiza la tabla de enrutamiento y modifica la ruta inversa si el número de secuencia de origen en el mensaje RREQ es mayor (más nuevo) que el número de secuencia en la entrada de la tabla de enrutamiento en un valor mayor que un umbral. De otro modo, la ruta inversa se puede capturar como una ruta candidata potencial en 465.

Si el nodo aprende posteriormente que la ruta inversa actual se ha degradado y se ha hecho peor que la ruta inversa candidata, es posible cambiar a la ruta candidata aprendida anteriormente en la misma ronda de refresco. La presente invención describe un método y un sistema para retransmitir un mensaje RREQ y generar un mensaje RREP para descubrir la mejor ruta sin incurrir en una gran latencia / retardo del descubrimiento de ruta en redes de malla inalámbricas. El método de la presente invención funciona con o sin histéresis y la captura de la mejor ruta candidata / alternativa.

Refiriéndonos ahora a la fig. 5, que es un diagrama de flujo que representa la retransmisión de RREQ y el método de generación de RREP de la presente invención, un nodo determina si es un nodo de destino, es decir si una o más direcciones del nodo (self\_addr) coincide con las direcciones de destino solicitadas en la lista de destinos del mensaje RREQ req.dest en 505. Se debería observar que un nodo puede tener por sí mismo múltiples direcciones o puede ser un proxy para los otros nodos. Por ejemplo, un nodo puede ser un punto de acceso y generar / gestionar mensajes de enrutamiento en nombre de estaciones heredadas asociadas con el mismo (un proxy para las estaciones). La funcionalidad para este caso es similar a la situación cuando un nodo tiene múltiples direcciones. Las direcciones de destino de las estaciones asociadas se pueden tratar como una dirección alias para el punto de acceso. Un nodo es un nodo de destino si una o más de las direcciones especificadas en la lista de destinos del mensaje RREQ pertenece a él mismo o a uno de los nodos que lo usan como proxy. Cuando un nodo recibe un mensaje RREQ en el que el nodo de destino es un nodo apoderado por el mismo, debería procesar el mensaje RREQ como si la dirección del nodo de destino fuese su propia dirección. Además un nodo puede ser un nodo de

destino para una dirección solicitada en la lista de destinos del mensaje RREQ, pero un nodo intermedio para otra dirección solicitada en la lista de destinos del mensaje RREQ.

Si una o más direcciones del nodo coinciden con las direcciones de destino solicitadas en la lista de destinos del mensaje RREQ, el nodo genera y envía el mensaje RREQ con destinatario único al originador del mensaje RREQ para las direcciones de destino coincidentes en 510. Un nodo de destino elimina su propia / apoderada dirección(es) de la lista de destinos del mensaje RREQ en 515. Después de esto, si no hay ninguna dirección solicitada restante en la lista de destinos del mensaje RREQ en 520, el mensaje RREQ se descarta en 525. Si el nodo no es un nodo de destino para cualquier dirección solicitada en la lista de destinos del mensaje RREQ (505) o hay otras direcciones de destino solicitadas en la lista de destinos del mensaje RREQ distintas de las direcciones del nodo, es decir el nodo es un nodo intermedio para una o más direcciones en la lista de destinos del mensaje RREQ, el nodo comprueba las direcciones restantes en la lista de destinos del mensaje RREQ como sigue. Asumamos que  $rreq.dest[i]$  representa la dirección de orden  $(i + 1)$  en la lista de destinos del mensaje RREQ. El nodo inicializa un índice (por ejemplo,  $i$ ) en 545, y comprueba  $rreq.dest[i]$ , es decir la primera dirección en la lista de destinos del mensaje RREQ para determinar si hay una ruta directa activa al nodo de destino representada por  $rreq.dest[i]$  en 550. Si un nodo intermedio tiene una ruta activa para el destino, la ruta al nodo de destino es válida (555), y el número de secuencia es al menos tan grande como el indicado en el mensaje RREQ original (560) y el indicador "Respuesta Intermedia (IR)" está establecido (570), el nodo intermedio genera un mensaje RREP para esta dirección de destino solicitada en 575 y envía el mensaje RREP generado como destinatario único al originador del mensaje RREQ a lo largo de la ruta inversa actual. El indicador "IR" para este destino solicitado en el mensaje RREQ se resetea en 580. El nodo incrementa el índice (por ejemplo, en uno) y comprueba si hay cualesquiera direcciones adicionales en la lista de destinos del mensaje RREQ en 590. Si hay cualesquiera direcciones adicionales en la lista de destinos del mensaje RREQ a continuación repite la ejecución del bucle descrito anteriormente comenzando en 550. Esto es, el bucle se repite si se necesita enviar un mensaje RREP para el siguiente destino solicitado. El bucle se repite hasta que se han comprobado todas las direcciones en la lista de destinos del mensaje RREP.

El mensaje RREQ entrante original se comprueba en 530 para determinar si el valor del tiempo de vida (TTL) es mayor que 1. Si el valor de TTL es mayor que uno, entonces la información en el mensaje RREQ original se actualiza, incluyendo la disminución del valor de TTL en el mensaje RREQ saliente, por ejemplo por uno en 535. El número de secuencia de origen, la métrica y la cuenta de saltos también se establecen para la información correspondiente en la entrada de ruta actualizada para el origen en 535. El mensaje RREQ actualizado se retransmite en 540.

Obsérvese que un nodo de destino puede poseer / apoderar una o más direcciones y un nodo intermedio puede tener ruta(s) válida a una o más direcciones de destino. Un mensaje RREQ puede transportar una o más direcciones de destino en su lista de direcciones de destino. Un nodo de procesamiento / intermedio / destino puede satisfacer las condiciones anteriores y enviar un mensaje RREP para múltiples direcciones solicitadas en la lista de destinos del mensaje RREQ. Si un nodo envía un mensaje RREP para múltiples destinos, puede enviar múltiples mensajes RREP, uno para cada uno de los destinos o puede enviar un único mensaje RREP agregado con múltiples direcciones de destino en la lista de direcciones.

La Fig. 6 es un diagrama de bloques que ilustra los detalles de un nodo 600 de la presente invención. El nodo incluye un módulo de medición de la carga y la calidad del enlace 605, un módulo de cálculo de la métrica de enrutamiento 610, un módulo de selección de ruta 615 y un módulo de comunicaciones 620. El módulo de medición de la carga y la calidad del enlace 605 mide la calidad y la carga del enlace / canal para cada uno de sus vecinos. Proporciona los resultados de las mediciones al módulo de cálculo de la métrica de enrutamiento 610 de modo que el módulo de cálculo de la métrica de enrutamiento 610 puede determinar el coste / métrica del enlace para cada uno de sus vecinos. Obsérvese que un nodo puede tener múltiples vecinos, múltiples interfaces de radio, y múltiples enlaces físicos / canales lógicos. Se necesita medir todos ellos. El módulo de cálculo de la métrica de enrutamiento 610 de cada uno de los nodos usa las mediciones realizadas por el módulo de medición de la calidad y la carga del enlace junto con otra información para calcular la métrica de enrutamiento para cada nodo con el que comunica. La métrica de enrutamiento se actualiza periódicamente. El módulo de selección de ruta 615 determina / selecciona una ruta / trayectoria para retransmitir / comunicar datos a un nodo de destino en base a las métricas de enrutamiento calculadas. El módulo de selección de ruta 615 intercambia mensajes de control de enrutamiento y datos con otros nodos en la red de malla a través del módulo de comunicaciones 620. Se debería observar que un nodo puede tener una o más interfaces de comunicaciones de radio y otras interfaces de comunicación. Se entiende que el módulo de selección de ruta se puede constituir realmente de varias unidades más pequeñas o combinadas con otros módulos descritos en este documento. Se entiende además que los procesos descritos en este documento (especialmente con respecto a las Fig. 3 y 4) pueden ser software, hardware, firmware o cualquier combinación de los mismos ejecutados en o por el módulo de selección de ruta.

Se entenderá que la presente invención se puede implementar en diversas formas de hardware, software, firmware, procesadores de propósito especial o combinaciones de los mismos, por ejemplo, dentro de un terminal móvil, un punto de acceso, o una red celular. Preferiblemente, la presente invención se implementa como una combinación de hardware y software. Además, el software se implementa preferentemente como un programa de aplicación realizado de forma tangible sobre un dispositivo de almacenamiento de programas. El programa de aplicación se puede cargar a una máquina y ejecutarse por la misma comprendiendo cualquier arquitectura adecuada.

5 Preferentemente, la máquina se implementa sobre una plataforma de ordenador que tiene hardware tal como una o más unidades de procesamiento central (CPU), una memoria de acceso aleatorio (RAM), y una interfaz / interfaces de entrada / salida (E/S). La plataforma de ordenador también incluye un sistema operativo y un código de microinstrucciones. Los diversos procesos y funciones descritas en este documento pueden ser bien parte de un código de microinstrucciones o parte de un programa de aplicación (o una combinación de los mismos), que se ejecuta a través del sistema operativo. Además, pueden estar conectados diversos otros dispositivos periféricos a la plataforma de ordenador tal como un dispositivo de almacenamiento de datos adicional y un dispositivo de impresión.

10 Se entenderá además que, debido a que algunos de los componentes que constituyen el sistema y las etapas del método representado en las figuras adjuntas se implementan preferentemente en software, las conexiones reales entre los componentes del sistema (o etapas de proceso) pueden diferir dependiendo de la forma en la que se programe la presente invención. Dadas las enseñanzas en este documento, un experto en la materia de la técnica relacionada podrá contemplar estas y similares implementaciones o configuraciones de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de localización de una ruta entre un nodo de origen (A) y un nodo de destino (E), comprendiendo dicho método:

establecer un indicador (IR) de un mensaje de petición de ruta (RREQ) por dicho nodo de origen (A);

5 retransmitir dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) sobre una red inalámbrica;

recibir un mensaje de respuesta de ruta (RREP) en respuesta a dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) desde un primer nodo intermedio (B) que tiene una ruta válida a dicho nodo de destino (E) en el que dicho primer nodo intermedio (B) envía dicho mensaje de respuesta de ruta (RREP) cuando dicho indicador (IR) está establecido en dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) y en el que dicho primer nodo intermedio (B) retransmite dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) sobre dicha red inalámbrica con dicho indicador (IR) reseteado, en el que dicho nodo de destino es un proxy para los nodos adicionales; y

10

establecer una ruta temporal entre dicho nodo de origen (A) y dicho nodo de destino (E) en base a dicha respuesta;

recibir un mensaje de respuesta de ruta adicional (RREP) desde dicho nodo de destino (E), incluyendo dicho mensaje de respuesta de ruta adicional (RREP) una ruta, seleccionada por dicho nodo de destino (E) que tiene la mejor métrica de extremo a extremo; y

15

establecer las comunicaciones entre dicho nodo de origen (A) y dicho nodo de destino (E) usando dicha ruta, seleccionada por el nodo de destino (E), que tiene la mejor métrica de extremo a extremo.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además

20 establecer dicho indicador (IR) de un mensaje de petición de ruta de mantenimiento (RREQ) por dicho nodo de origen (A);

retransmitir dicho mensaje de petición de ruta de mantenimiento sobre dicha red inalámbrica en el que la retransmisión comprende además inundar dicha red inalámbrica con dicho mensaje de petición de ruta de mantenimiento entre dicho nodo de origen y dicho nodo de destino.

25 3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además recibir una respuesta a dicho mensaje de petición de ruta de mantenimiento como si dicho mensaje de petición de ruta de mantenimiento fuese dicho mensaje de petición de ruta (RREQ), e inundar dicha red inalámbrica con dicho mensaje de petición de ruta de mantenimiento para mantener una ruta que responde a las métricas de extremo a extremo entre nodos y para adaptarse a los cambios en las condiciones de la red.

30 4. El método de acuerdo con cualquier de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho mensaje de respuesta de ruta (RREP) se recibe desde un primer nodo intermedio (B) con una ruta válida al nodo de destino (E).

5. Un aparato de localización de una ruta entre un nodo de origen (A) y un nodo de destino (E), comprendiendo además dicho aparato:

medios para establecer un indicador (IR) de un mensaje de petición de ruta (RREQ) por dicho nodo de origen (A);

35 medios para retransmitir dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) sobre una red inalámbrica;

medios para recibir un mensaje de respuesta de ruta (RREP) en respuesta a dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) desde un primer nodo intermedio (B) que tiene una ruta válida a dicho nodo de destino (E) en el que dicho primer nodo intermedio (B) envía dicho mensaje de respuesta de ruta (RREP) cuando dicho indicador (IR) está establecido en dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) y en el que dicho primer nodo intermedio (B) retransmite dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) sobre dicha red inalámbrica con dicho indicador (IR) reseteado, en el que dicho nodo de destino es un proxy para nodos adicionales.

40

medios para establecer una ruta temporal entre dicho nodo de origen (A) y dicho nodo de destino (E) en base a dicha respuesta;

medios para recibir un mensaje de respuesta de ruta adicional (RREP) desde dicho nodo de destino (E), incluyendo dicho mensaje de respuesta de ruta adicional (RREP) una ruta, seleccionada por dicho nodo de destino (E), que tiene la mejor métrica de extremo a extremo; y

45

medios para establecer comunicaciones entre dicho nodo de origen (A) y dicho nodo de destino (E) usando dicha ruta, seleccionada por dicho nodo de destino (E), que tiene la mejor métrica de extremo a extremo.

6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además  
medios para establecer un indicador (IR) de un mensaje de petición de ruta de mantenimiento (RREQ) por dicho  
nodo de origen (A);
- 5 medios para retransmitir dicho mensaje de petición de ruta de mantenimiento sobre dicha red inalámbrica en el que  
dicho medio para retransmitir comprende además inundar dicha red inalámbrica con dicha petición de ruta de  
mantenimiento entre dicho nodo de origen y dicho nodo de destino.
7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además medios para recibir una respuesta a dicho  
mensaje de petición de ruta de mantenimiento como si dicho mensaje de petición de ruta de mantenimiento fuese  
dicho mensaje de petición de ruta (RREQ), y medios para inundar dicha red inalámbrica con dicho mensaje de  
10 petición de ruta de mantenimiento para mantener una ruta que responde a la métrica de extremo a extremo entre  
nodos y para adaptarse a cambios en las condiciones de la red.
8. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que dicho mensaje de respuesta de ruta  
(RREP) se recibe desde un primer nodo intermedio (B) con una ruta válida al nodo de destino (E).
9. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, que comprende además:
- 15 medios para recibir un mensaje de respuesta de ruta adicional (RREP) desde dicho nodo de destino (E), incluyendo  
dicho mensaje de respuesta de ruta adicional (RREP) una ruta, seleccionada por dicho nodo de destino (E), que  
tiene la mejor métrica de extremo a extremo; y
- medios para establecer comunicaciones entre dicho nodo de origen (A) y dicho nodo de destino (E) usando dicha  
ruta, seleccionada por dicho nodo de destino (E), que tiene la mejor métrica de extremo a extremo.

20

ID	LONGITUD	INDICADORES DE MODO	TTL	CUENTA DE DESTINOS	CUENTA DE SALTOS	ID DE RREQ	DIRECCIÓN DEL ORIGINADOR	NÚMERO DE SEC. ORIGINADOR	MÉTRICA
----	----------	---------------------	-----	--------------------	------------------	------------	--------------------------	---------------------------	---------

IR	D	G	RESERVADO	DIRECCIÓN DE DESTINO Nº 1	NÚMERO DE SEC. DE DESTINO Nº 1	IR	D	G	RESERVADO	DIRECCIÓN DE DESTINO Nº N	NÚMERO DE SEC. DE DESTINO Nº N
----	---	---	-----------	---------------------------	--------------------------------	----	---	---	-----------	---------------------------	--------------------------------

FIG. 1

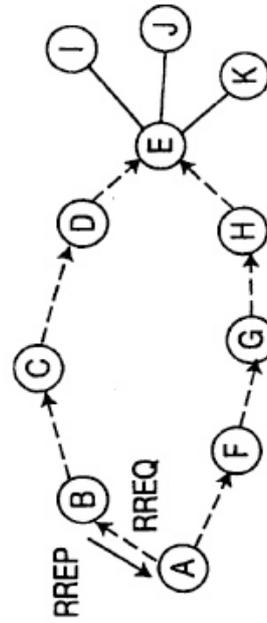


FIG. 2

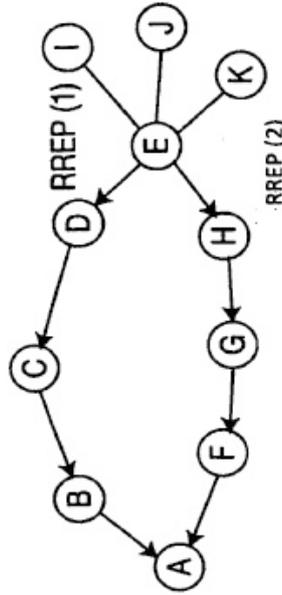


FIG. 3

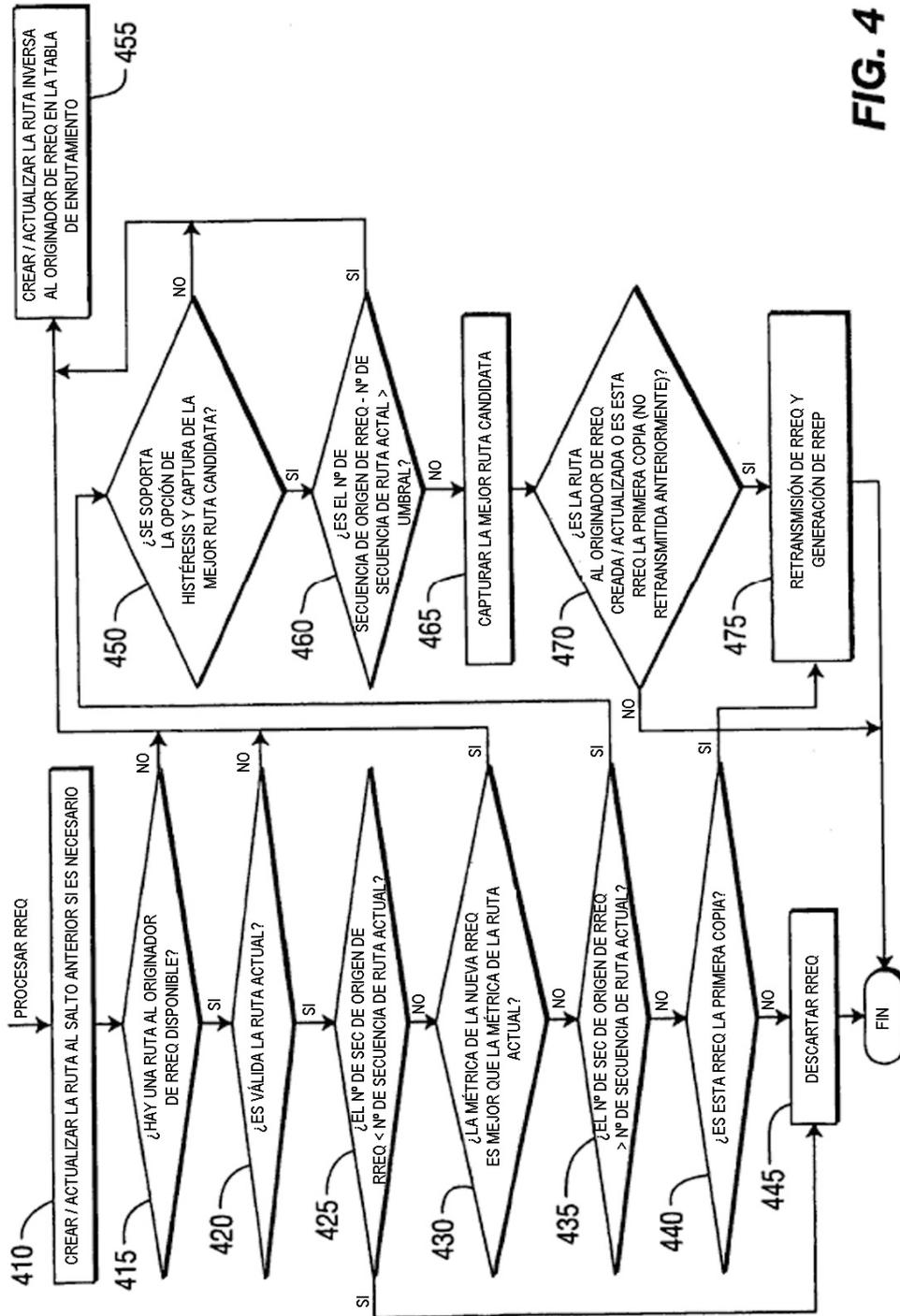


FIG. 4

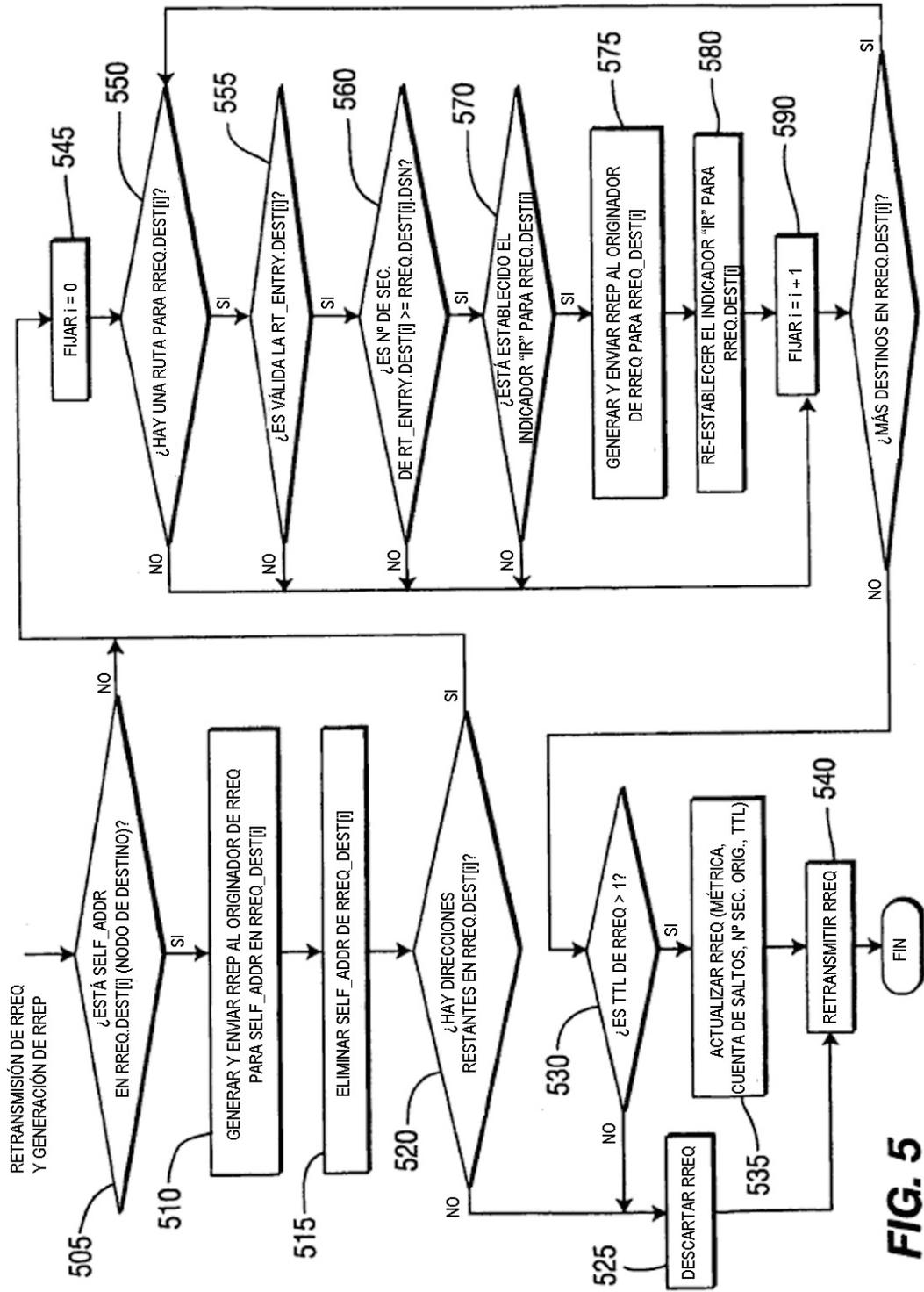
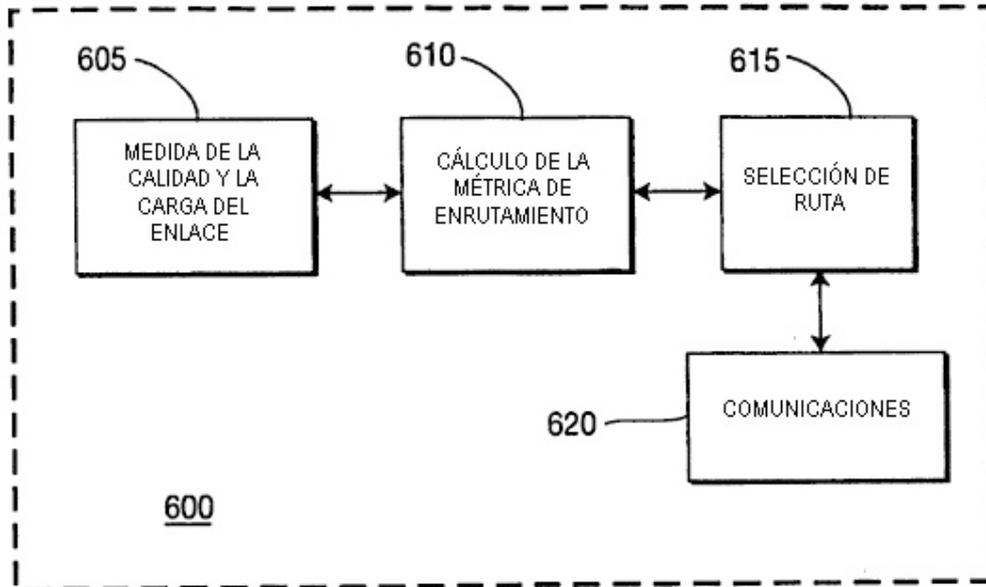


FIG. 5



**FIG. 6**