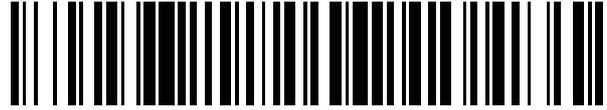


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 413 433**

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 10189237 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2013 EP 2296326**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.07.2013

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 2 413 433 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 redes inalámbricas y, en particular, a redes en malla inalámbricas. Muy específicamente la presente invención se refiere al procesamiento de mensajes de petición de ruta en protocolos de encaminamiento bajo demanda.

Antecedentes de la invención

10 Los protocolos de encaminamiento bajo demanda, por ejemplo, el protocolo de encaminamiento de Vector de Distancia Bajo Demanda Ad Hoc (AODV) definido por el grupo de trabajo MANET en el IETF, usan un mecanismo de Petición de Ruta y Respuesta de Ruta para establecer rutas entre dos nodos en redes en malla/ad hoc inalámbricas. Cuando un nodo fuente quiere enviar paquetes/tramas de datos a un nodo destino, el nodo fuente descubre la ruta al destino inundando un mensaje de Petición de Ruta (RREQ) sobre la red si el nodo fuente no tiene y necesita una ruta válida al nodo destino. Se crea una ruta inversa de vuelta a la fuente por los nodos en la red según reciben y reenvían la RREQ. Cuando un nodo recibe una RREQ, el nodo de recepción responde a esta
15 petición generando un mensaje de Respuesta de Ruta (RREP) si o bien: (1) el nodo de recepción es en sí mismo el destino, o bien (2) el nodo de recepción tiene una ruta válida al destino y el marcador "solamente destino" ('D') en la RREQ NO está fijado. La RREP se reenvía en unidifusión al nodo fuente a través de la ruta inversa establecida y de esta manera se crea una ruta hacia delante al destino en los nodos intermedios y eventualmente en el nodo fuente. Las rutas establecidas expiran si no se usan dentro de un tiempo de vida de ruta dado.

20 En el AODV, el marcador "solamente destino" del mensaje de RREQ se fija por el nodo fuente y no se cambia por los nodos intermedios. Si el marcador "solamente destino" se fija en la RREQ por el nodo fuente, los nodos intermedios no responden a la RREQ con un mensaje de RREP incluso si el nodo intermedio/de recepción tiene una ruta válida al nodo destino. Reenvía/vuelve a inundar la RREQ a sus vecinos. Solamente el nodo destino responde a esta RREQ. En este modo de operación, la latencia de descubrimiento de ruta puede ser grande aunque la mejor
25 ruta hasta la fecha entre el nodo fuente y el nodo destino sea descubierta eventualmente en el proceso. La baja latencia es muy importante para aplicaciones en tiempo real tales como comunicaciones de voz y vídeo.

Si el marcador "solamente destino" no está fijado por el nodo fuente, entonces cualquier nodo intermedio con una ruta válida al nodo destino responde a la RREQ con un mensaje de RREP. El mensaje de RREP se envía de vuelta al nodo fuente en unidifusión y establece una ruta hacia delante al nodo destino. Si el marcador "RREP Gratuita" ('G') en la RREQ está fijado, este nodo intermedio también hace la unidifusión de una RREP gratuita al nodo destino de manera que el nodo destino aprende de las rutas al nodo fuente. No obstante, en el AODV, si un nodo intermedio genera una RREP (debido a que el nodo intermedio tiene una ruta válida al nodo destino), entonces el nodo intermedio descarta la RREQ. Con este planteamiento, el nodo fuente puede descubrir una ruta al nodo destino más rápidamente debido a que el nodo fuente no tiene que esperar la respuesta del nodo destino. No obstante, la mejor
35 ruta extremo a extremo puede no ser descubierta debido a que la ruta almacenada en caché en el nodo intermedio puede no ser la mejor ruta al nodo destino. Las métricas pueden haber cambiado debido a las dinámicas de las redes inalámbricas haciendo la ruta almacenada en caché menos deseable. Es decir, debido a los cambios en la topología de red, la métrica de encaminamiento, etc. es posible que la ruta almacenada en caché en el nodo intermedio pueda llegar a ser peor o que otras rutas con una métrica extremo a extremo mejor puedan llegar a estar disponible haciendo otras rutas más deseables.

Perkins et al. en "Ad-hoc On-Demand Vector Routing" (en las ACTAS del WMCSA, el 25 de febrero de 1999, XP002173721) describe un algoritmo de "Encaminamiento de Vector Bajo Demanda Ad hoc" (AODV) para la operación de encaminamiento en una red inalámbrica sin punto de acceso centralizado. Este algoritmo se basa en
45 entradas de tabla de establecimiento de ruta de manera dinámica en nodos intermedios y usa un mecanismo de Petición de Ruta (RREQ) y una Respuesta de Ruta (RREP). Este algoritmo reduce el retardo en encontrar una ruta al nodo destino no obstante, a diferencia del mecanismo de encaminamiento de fuente extremo a extremo, el sistema no es adecuado para descubrir la mejor (es decir con la métrica más baja) ruta extremo a extremo. Debido a que el mensaje de RREQ no se propaga al nodo destino cuando se encuentra una ruta válida en un nodo intermediario, la métrica de ruta extremo a extremo no se notifica sistemáticamente en mensajes de RREP al nodo
50 fuente y la ruta válida almacenada en caché en el nodo intermedio no puede ser la mejor ruta al nodo destino.

La WO 01/41375 describe un algoritmo para el protocolo de encaminamiento de red ad hoc, o bien en base a encaminamiento de fuente o bien encaminamiento de vector de distancia. Según la WO 01/41375, o bien los mensajes de petición de encaminamiento de fuente ordinario o bien de petición de encaminamiento actualizado, identificados por un marcador, se inundan en la red tras la aparición de un suceso predeterminado tal como una
55 expiración del temporizador, un enlace roto... No obstante, la WO 01/41375 falla al describir un sistema adecuado tanto para descubrir rápidamente una ruta entre un nodo fuente y un nodo destino como para descubrir la mejor ruta entre una fuente y un nodo destino en respuesta a una petición de la fuente mientras que limita los mensajes de petición/respuesta en la red.

La EP1467524 describe un algoritmo para un protocolo de encaminamiento de red ad hoc adecuado para consideración de calidad de servicio entre la cual están el retardo y el ancho de banda en comunicaciones. Según la EP1467524, además del más bajo coste del enlace, y el número de secuencia, se consideran otros criterios tales como el ancho de banda del enlace para establecer la mejor ruta entre nodos. No obstante, como para la citada técnica anterior, la EP1467524 falla al describir un sistema adecuado tanto para descubrir rápidamente una ruta entre una fuente y un nodo destino como para descubrir la mejor ruta entre una fuente y un nodo destino.

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

Compendio de la invención

La presente invención describe un método y sistema para procesar/reenviar mensajes de Petición de Ruta (RREQ) y generar mensajes de Respuesta de Ruta (RREP) en protocolos de encaminamiento bajo demanda, de los cuales el AODV es un ejemplo, de manera que la mejor ruta se pueda descubrir sin incurrir en retardo/latencia de descubrimiento de ruta significativo en redes en malla/ad hoc inalámbricas. Específicamente, cuando un nodo fuente quiere descubrir la ruta a un nodo destino, el nodo fuente inunda la red con un mensaje de RREQ con el nodo destino especificado en la lista de destinos y el campo de métrica inicializado a 0. El mensaje de RREQ contiene un nuevo marcador de "Respuesta Intermedia (IR)" para cada nodo destino. El nodo fuente fija el marcador correspondiente al nodo destino en la RREQ cuando inicia la inundación de la RREQ para descubrir una ruta al(a los) nodo(s) destino. Durante la inundación de RREQ, el primer nodo intermedio con una ruta válida al nodo destino responde a la RREQ con un mensaje de RREP. El mensaje de RREP se envía en unidifusión hacia el nodo fuente y por ello establece rápidamente una ruta hacia delante temporal al destino. De esta manera, el nodo fuente puede usar esta ruta hacia delante temporal para enviar paquetes/tramas de datos con un retardo/latencia de descubrimiento de ruta bajo. El primer nodo intermedio reinicia/borra el marcador "IR" en el mensaje de RREQ y reenvía el enlace descendente del mensaje de RREQ actualizado hacia el nodo destino. Dado que el marcador "IR" en la RREQ ha sido reiniciado, los nodos intermedios de enlace descendente no responderían a esta RREQ y solamente propagarían la RREQ incluso si los nodos intermedios de enlace descendente tienen una ruta válida al(a los) nodo(s) destino. Las RREQ eventualmente alcanzan el(los) nodo(s) destino. El(los) nodo(s) destino pueden seleccionar la mejor ruta/camino en base a las métricas extremo a extremo y enviar una nueva RREP de vuelta al nodo fuente para establecer la mejor ruta entre el nodo fuente y este nodo destino. Si el mejor camino es diferente del camino hacia delante temporal que fue establecido a través de la RREP desde el nodo intermedio, el nodo fuente conmutará al mejor camino una vez que el mejor camino esté establecido.

Se describen un sistema y método para descubrir una ruta entre un nodo fuente y un nodo destino en una red inalámbrica que incluye fijar un marcador de respuesta intermedio de un mensaje de petición de ruta por el nodo fuente, 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 que tiene una ruta válida al nodo destino. El sistema y método entonces actualizan el mensaje de petición de ruta y vuelve a inundar la red inalámbrica con el mensaje de petición de ruta. El acto de respuesta establece por ello una ruta hacia delante temporal entre el nodo fuente y el nodo destino de la red inalámbrica.

También son descritos un sistema y método para descubrir una mejor ruta en cuyo caso el mensaje de respuesta de ruta llega a ser un primer mensaje de respuesta de ruta. El sistema y método para descubrir una mejor ruta incluye seleccionar por el nodo destino la mejor ruta entre él mismo y el nodo fuente en base a métricas acumulativas recibidas en los mensajes de petición de ruta recibidos por el nodo destino, creando un mensaje de respuesta de ruta adicional y haciendo unidifusión del mensaje de respuesta de ruta adicional al nodo fuente. Si la ruta hacia delante temporal es la mejor ruta entonces el mensaje de respuesta de ruta adicional sirve como una confirmación y si la ruta hacia delante temporal no es la mejor ruta entonces el mensaje de respuesta de ruta adicional sirve para establecer la mejor ruta tras la recepción del mensaje de respuesta de ruta adicional por el nodo fuente.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se entiende mejor a partir de la siguiente descripción detallada cuando se lee en conjunto con los dibujos anexos. Los dibujos incluyen las siguientes figuras descritas brevemente más abajo:

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

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

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

La Fig. 4 es un diagrama de flujo de un protocolo de encaminamiento bajo demanda que muestra donde se usa la presente invención.

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 según los principios de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

5 Cuando un nodo fuente/punto en malla quiere enviar paquetes/tramas de datos a algún nodo destino, comprueba su tabla de encaminamiento para una ruta. Si hay una ruta válida, transmite los paquetes/trama al siguiente salto especificado en la tabla de encaminamiento para este nodo destino. Si no hay ruta válida, el nodo fuente inicia un descubrimiento de ruta inundando un mensaje de Petición de Ruta (RREQ) sobre la red en malla/ad hoc inalámbrica. Los paquetes/tramas de datos pueden haberse 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 fuente necesite descubrir rutas/caminos a múltiples nodos destino. El nodo fuente puede diseminar una RREQ para cada uno de los destinos o, para reducir la sobrecarga de encaminamiento, inundar la red con un único mensaje de RREQ que tiene una lista de múltiples direcciones de nodos destino integradas dentro del mismo.

15 La Fig. 1 es un formato de mensaje de RREQ ejemplar con otros formatos posibles. El mensaje de RREQ contiene, por ejemplo, la dirección del nodo origen/fuente, el número de secuencia del creador, la dirección del nodo destino y el número de secuencia destino (o el número de destinos y la lista de direcciones destino y sus números de secuencia), el ID de la RREQ, el ID del mensaje, la longitud del mensaje, el tiempo de vida (TTL), la cuenta de saltos, la métrica de encaminamiento, los marcadores, y otra información. Además de los marcadores "Solamente Destino" ('D') y "RREP Gratuita" ('G'), un nuevo marcador, llamado en la presente memoria marcador de "Respuesta Intermedia" (IR), está contenido en el mensaje de RREQ. Los marcadores 'D' y 'G' se transportan como un legado del AODV convencional. Estos dos marcadores no se fijan/usan por el nodo fuente y se ignoran por los nodos intermedio y destino. Una realización alternativa es que el mensaje de RREQ no contenga los marcadores 'D' y 'G' en absoluto. Si el mensaje de RREQ transporta una lista de direcciones destino, entonces se incluyen múltiples marcadores de "Respuesta Intermedia" en el mensaje de RREQ, cada uno que corresponde a una dirección destino. Cuando el nodo fuente quiere descubrir una ruta a una o más direcciones destino, fija el(los) marcador(es) de "Respuesta Intermedia" (IR) que corresponde(n) a la(s) dirección(es) destino. Se debería señalar que la(s) dirección(es) destino puede(n) ser dirección(es) del protocolo de internet (IP) o dirección(es) de capa 2 (control de acceso al medio – MAC). Para adaptarse a cambios en las condiciones de red y mantener la ruta de mejor métrica entre nodos, cada nodo fuente activo opcionalmente puede inundar la red en malla/ad hoc inalámbrica con un mensaje de RREQ (RREQ de mantenimiento) periódico para la(s) dirección(es) destino con la cual está comunicando. El marcador "IR" en la RREQ de mantenimiento no está fijado. Los nodos intermedio y destino procesan la RREQ de mantenimiento siguiendo las mismas reglas que se usan para procesar una RREQ no de mantenimiento en la fase de descubrimiento.

35 De esta manera, se puede ver que la diseminación de mensajes de RREQ no de mantenimiento y de mantenimiento en una red en malla/ad hoc inalámbrica provoca establecer/actualizar una ruta inversa al creador (nodo fuente) de la RREQ en los nodos intermedios y los nodos destino. La diseminación de mensajes de RREQ no de mantenimiento también desencadena mensajes de RREP desde los nodos destino y probablemente los nodos intermedios. La diseminación de mensajes de RREQ de mantenimiento desencadena mensajes de RREP desde los nodos destino.

40 Cuando un nodo intermedio o destino recibe un mensaje de RREQ, crea una ruta inversa al nodo fuente o actualiza su ruta inversa actual si el mensaje de RREQ pasa a través de una ruta/camino que ofrecía una métrica mejor que la ruta inversa actual al nodo fuente. Se debería señalar que cada nodo puede recibir múltiples copias del mismo mensaje de RREQ (que se origina con el mismo nodo fuente y que tiene el mismo ID de RREQ), cada mensaje de RREQ que atraviesa un camino diferente desde el nodo fuente al nodo de recepción/intermedio/destino. Si una ruta inversa se crea o modifica o ésta es la "primera copia" de un mensaje de RREQ, el mensaje de RREQ se reenvía (vuelve a inundar). Una "primera copia" se usa en la presente memoria para indicar que esta copia de este mensaje de RREQ es la primera copia o vez que este nodo de recepción/intermedio/destino ha recibido o visto este mensaje de RREQ particular identificado por su dirección de creador y el ID de la RREQ. Cuando un nodo intermedio reenvía un mensaje de RREQ, el campo de métrica en el mensaje de RREQ se actualiza para reflejar la métrica acumulativa de la ruta al nodo fuente de la RREQ desde el nodo intermedio. Adicionalmente, si el marcador "IR" para un nodo destino en la lista de nodos destino del mensaje de RREQ recibido está fijado y el nodo intermedio tiene una ruta válida al nodo destino, el nodo intermedio responde al mensaje de RREQ con un mensaje de RREP de respuesta de ruta. Este mensaje de respuesta de ruta se envía al nodo fuente en unidifusión y se establece un camino hacia delante al nodo destino. El nodo fuente entonces puede usar esta ruta para enviar las tramas/paquetes de datos al nodo destino inmediatamente. Si el nodo intermedio responde al mensaje de RREQ con un mensaje de RREP para un nodo destino en la lista de nodos destino de RREQ, reinicia/borra el marcador "IR" para este nodo destino en el mensaje de RREQ antes de volver a inundar la red con el mensaje de RREQ actualizado. La razón para reiniciar el marcador "IR" después de que se envía un mensaje de RREP es suprimir cualquier mensaje de RREP de los nodos intermedios de enlace descendente. Solamente el primer nodo intermedio con una ruta válida al nodo destino a lo largo de la ruta atravesada por el mensaje de RREQ que desborda responde con un mensaje de RREP para este nodo destino. Si el marcador "IR" para un destino se reinicia/borra en el mensaje de RREQ, un nodo intermedio no debería responder con un mensaje de RREP incluso si tiene una ruta válida al nodo destino.

Después de crear/establecer o actualizar la ruta inversa al nodo fuente, el nodo destino envía un mensaje de RREP unidifusión de vuelta al nodo fuente. Los nodos intermedios crean rutas hacia delante al(a los) nodo(s) destino tras recibir el mensaje de RREP, y también reenvían el mensaje de RREP hacia el nodo fuente. Cuando el nodo fuente recibe el mensaje de RREP, crea una ruta hacia delante al nodo destino. Si el nodo destino recibe mensajes de RREQ adicionales con mejores métricas, entonces el nodo destino actualiza su ruta al nodo fuente con la nueva ruta y también envía un nuevo mensaje de RREP de vuelta al nodo fuente al lado de la ruta actualizada. El nuevo mensaje de RREP establece una ruta hacia delante mejor (actualizada) desde el nodo fuente al nodo destino en los nodos intermedios y eventualmente el nodo fuente. Una vez que se establece esta mejor ruta hacia delante, el nodo fuente la usa para enviar datos. Eventualmente, se establece una ruta bidireccional, de mejor métrica extremo a extremo entre el nodo fuente y el nodo destino. Usando este planteamiento, el nodo fuente puede obtener rápidamente una ruta al nodo destino que se establece con el mensaje de RREP respondido por el nodo intermedio con una ruta válida al nodo destino. Si esta ruta no es la ruta de mejor métrica extremo a extremo entre el nodo fuente y el nodo destino, la ruta se actualiza a la mejor ruta a partir de entonces.

Con referencia ahora a la Fig. 2, la cual representa la inundación de la red en malla/ad hoc inalámbrica con el mensaje de Petición de Ruta (RREQ) y el nodo intermedio B, con una ruta válida al nodo destino E, respondiendo al mensaje de RREQ con un mensaje de RREP. Consideremos un ejemplo en el cual el nodo fuente A intenta descubrir una ruta al nodo destino E. El nodo fuente A inunda los mensajes de Petición de Ruta (RREQ) con el marcador "IR" fijado en la red en malla/ad hoc inalámbrica. Supongamos que el nodo intermedio B ya tiene una ruta válida B-C-D-E al nodo destino E. Cuando el nodo intermedio B recibe la RREQ, crea una ruta inversa al nodo fuente a partir de la cual recibe la RREQ como el siguiente salto (nodo fuente A) de la ruta/camino inverso. El nodo intermedio B responde a la RREQ con una RREP unidifusión debido a que tiene una ruta válida al destino E y el marcador "IR" en la RREQ está fijado. La RREP establece una ruta hacia delante al nodo destino E en el nodo fuente A. Tan pronto como el nodo fuente A crea la ruta/camino al nodo destino E con la RREP desde el nodo intermedio B, el nodo fuente A puede comenzar a enviar los paquetes/tramas de datos al nodo destino E a través de la ruta A-B-C-D-E. El nodo intermedio B reinicia el marcador "IR" en el mensaje de RREQ y lo reenvía más lejos. La razón para reiniciar el marcador "IR" es limitar las respuestas a la inundación de la RREQ a solamente el primer nodo intermedio con un camino válido al nodo destino. Los otros nodos intermedios de enlace descendente, por ejemplo el C y el D, no necesitan responder a esta RREQ con una RREP debido a que el marcador "IR" no está fijado. Supongamos que los nodos intermedios F, G y H no tienen rutas válidas al nodo destino E. Cuando los nodos intermedios F, G y H reciben los mensajes de RREQ inundados, crean la ruta inversa al nodo fuente A con el nodo desde el cual cada uno de los nodos intermedios F, G y H recibe la RREQ como el siguiente salto de la ruta inversa. Cada uno de los nodos intermedios F, G y H entonces reenvían los mensajes de RREQ más lejos.

En este ejemplo, el nodo destino E recibe dos copias de este RREQ cada una atravesando un camino diferente: A-B-C-D-E, A-F-G-H-E. Suponiendo que las dos RREQ alcanzaron el nodo destino E en el siguiente orden: A-B-C-D-E y luego A-F-G-H-E, el nodo destino E primero crea una ruta al nodo fuente A a través del nodo intermedio D tan pronto como el nodo destino E recibe la RREQ a lo largo de la ruta/camino A-B-C-D-E. En este punto, la ruta inversa al nodo fuente A se ha establecido en los nodos intermedios B, C y D. El nodo destino E envía una RREP a lo largo de la ruta E-D-C-B-A. La RREP sólo refresca la ruta A-B-C-D-E. Si hay cualquier(cualesquiera) otro(s) nodo(s) destino en la lista de destinos de la RREQ, por ejemplo, el nodo I, el nodo destino E se quita a sí mismo de la lista de destinos y entonces reenvía la RREQ más lejos (por ejemplo, en el nodo I). Si no hay otro(s) nodo(s) destino en la lista de destinos de la RREQ, entonces la RREQ no se reenvía.

Con referencia ahora a la Fig. 3, la cual representa una red en malla de área local inalámbrica que muestra la respuesta del nodo destino E con una RREP (1) tras recibir la RREQ a través de A-B-C-D-E y envía una nueva RREP (2) para establecer una ruta/camino hacia delante mejor después de recibir la RREQ a través de A-F-G-H-E. Cuando el nodo destino E recibe la RREQ que llegó a lo largo de A-F-G-H-E, el nodo destino E determina que esta RREQ llegó a lo largo de un camino con una métrica mejor a A que la ruta/camino hacia delante temporal A-B-C-D-E. Por lo tanto, el nodo destino E modifica/actualiza el siguiente salto desde el nodo intermedio D al nodo intermedio H y actualiza la métrica. El nodo destino E entonces envía una RREP unidifusión de vuelta al nodo fuente A a través del nodo intermedio H, así como actualizando y reenviando la RREQ si hay uno o más nodo(s) destino distinto(s) en la lista de destinos de la RREQ. La RREQ establece la ruta al nodo fuente A a través de los nodos intermedios H, G y F. Cuando el nodo fuente A recibe esta RREP, modifica/actualiza el siguiente salto para el nodo destino E desde el nodo intermedio B al nodo intermedio F. La ruta al nodo destino E se cambia a A-F-G-H-E.

Con referencia ahora a la Fig. 4, la cual es un diagrama de flujo para procesar un mensaje de RREQ, cuando un nodo recibe un mensaje de RREQ, primero crea/establece o actualiza una ruta inversa al salto previo desde el cual el nodo recibió el mensaje de RREQ si es necesario en 410. El nodo intermedio/de recepción entonces puede crear o actualizar la ruta inversa al creador del RREQ como sigue. Si una ruta inversa al creador del mensaje RREQ no existe en la tabla de encaminamiento o es no válida en 415 y 420, se crea o actualiza. El siguiente salto en la tabla de encaminamiento para la ruta inversa para el creador de la RREQ llega a ser el salto previo (el nodo desde el cual fue recibido el mensaje de RREQ). Si existe una ruta inversa válida al creador de la RREQ, el número de secuencia fuente en el mensaje de RREQ se compara con el número de secuencia de la entrada de ruta en la tabla de encaminamiento en 425 para la ruta inversa. Si el número de secuencia en el mensaje de RREQ es más antiguo, se descarta y no se hace procesamiento adicional en 445. De otro modo, la ruta inversa actual al creador se modifica si

la nueva métrica es mejor que la métrica de la ruta actual al creador en la tabla de encaminamiento en 430. La nueva métrica se define como la métrica en el mensaje de RREQ más la métrica del enlace entre el nodo desde el cual se recibe el mensaje de RREQ y sí mismo. Si la nueva métrica no es mejor que la métrica de la ruta inversa actual en la entrada de la tabla de encaminamiento, pero el número de secuencia fuente en la RREQ es mayor (más nuevo) que el número de secuencia en la tabla de encaminamiento para la ruta inversa en 435, el nodo intermedio comprueba si las funciones de procesamiento opcionales de histéresis y el almacenamiento en caché de la mejor ruta candidata se soportan por la red en malla en 450. Si estas funciones de procesamiento opcionales no se soportan, la ruta inversa al creador de la RREQ se actualiza en 455. Cuando una ruta inversa se crea o modifica, el número de secuencia en la tabla de encaminamiento para la ruta inversa se fija al número de secuencia fuente en el mensaje de RREQ, el siguiente salto llega a ser el nodo desde el cual fue recibido el mensaje de RREQ, la métrica se fija a la nueva métrica, y la cuenta de saltos se fija a una más que la cuenta de saltos en el mensaje de RREQ.

Si una ruta inversa al nodo fuente fue creada o modificada, o el mensaje de RREQ fue la primera copia de un nuevo mensaje de RREQ (el ID de la RREQ no fue visto desde la fuente antes) en 420 y 440, la rutina de reenvío de la RREQ y de generación de la RREP descritas en la presente memoria se ejecutan en 475. Puede haber otros casos cuando la rutina de reenvío de la RREQ y de generación de la RREP descrita en la presente memoria se ejecuta por un nodo. Por ejemplo, en algunos métodos de almacenamiento en caché de la mejor ruta candidata, los mensajes de RREQ se pueden almacenar en una cola de espera con un temporizador durante el almacenamiento en caché de la ruta candidata. Cuando el temporizador de la cola de espera expira, se ejecuta la rutina de reenvío de la RREQ y de generación de la RREP.

El nodo fuente puede enviar mensajes de RREQ de mantenimiento periódicos para refrescar sus rutas hacia delante e inversa activas. Cada vez que la fuente envía un mensaje de RREQ de mantenimiento esto se llama una ronda de refresco de ruta. Es posible que los nodos que ya tienen la mejor ruta inversa al nodo fuente reciban un mensaje de RREQ con un número de secuencia más nuevo pero una ruta de peor métrica al nodo fuente antes de recibir el mensaje de RREQ a través de la ruta de mejor métrica actual. Adicionalmente, la copia del mensaje de RREQ propagada a lo largo de la ruta de mejor métrica actual se puede perder durante la inundación desbordamiento. Estos sucesos pueden provocar agitación en la ruta. Para reducir la agitación de la ruta y seleccionar la mejor ruta durante cada ronda de refresco de ruta, se puede usar un tipo de histéresis y un mecanismo de almacenamiento en caché de la ruta candidata. Si se determina en 450 que la histéresis y la opción de almacenamiento en caché de la mejor ruta candidata se implementan por una red en malla, un nodo intermedio actualiza la tabla de encaminamiento y modifica la ruta inversa si el número de secuencia fuente en el mensaje de RREQ es mayor (o más nuevo) que el número de secuencia en la entrada de la tabla de encaminamiento mediante un valor mayor que un umbral. De otro modo, la ruta inversa se puede almacenar en caché como una ruta alternativa candidata potencial en 465.

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

Con referencia ahora a la Fig. 5, la cual es un diagrama de flujo que representa el método de reenvío de RREQ y de generación de RREP de la presente invención, un nodo determina si es un nodo destino, es decir, si una o más direcciones del nodo (self_addr) coinciden con las direcciones destino solicitadas en la lista de destinos del mensaje de RREQ req.dest en 505. Se debería señalar que un nodo en sí mismo puede tener múltiples direcciones o puede ser un intermediario para otros nodos. Por ejemplo, un nodo puede ser un punto de acceso y generar/gestionar mensajes de encaminamiento en nombre de estaciones legadas asociadas con él (un intermediario para las estaciones). La funcionalidad para este caso es similar a la situación cuando un nodo tiene múltiples direcciones. Las direcciones destino de las estaciones asociadas puede ser tratadas como direcciones alias para el punto de acceso. Un nodo es un nodo destino si una o más de las direcciones especificadas en la lista de destinos de mensajes de RREQ pertenecen a él o uno de los nodos que lo usa como intermediario. Cuando un nodo recibe un mensaje de RREQ en el cual el nodo destino es aquél del nodo intermediado por él, debería procesar el mensaje de RREQ como si la dirección del nodo destino fuera su propia dirección. Adicionalmente un nodo puede ser un nodo destino para unas direcciones solicitadas en la lista de destinos de mensajes de RREQ, pero el nodo intermedio para otra dirección solicitada en la lista de destinos de mensajes de RREQ.

Si una o más direcciones del nodo coinciden con las direcciones destino solicitadas en la lista de destinos de mensajes de RREQ, el nodo genera y envía el mensaje de RREP unidifusión al creador del mensaje de RREQ para estas direcciones destino coincidentes en 510. Un nodo destino quita su(s) dirección(es) propia(s)/intermediada(s) de la lista de destinos de mensajes de RREQ en 515. Después de eso, si no hay direcciones solicitadas restantes en la lista de destinos de mensajes de RREQ en 520, el mensaje de RREQ se descarta en 525. Si el nodo no es un nodo destino para cualquier dirección solicitada en la lista de destinos de mensajes de RREQ (505) o hay otras direcciones destino solicitadas en la lista de destinos de mensajes de 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 de mensajes de RREQ, el nodo comprueba las direcciones restantes en la lista de destinos de mensajes de RREQ como sigue. Supongamos

que `rreq.dest[i]` representa la dirección de orden $(i+1)$ en la lista de destinos de mensajes de 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 de mensajes de RREQ para determinar si hay una ruta hacia delante activa al nodo destino representada por `rreq.dest[i]` en 550. Si un nodo intermedio tiene una ruta activa al destino, la ruta al nodo destino es válida (555), el número de secuencia al menos tan grande como se indica en el mensaje de RREQ original (560) y el marcador de "Respuesta Intermedia (IR)" está fijado (570), el nodo intermedio genera un mensaje de RREP para esta dirección destino solicitada en 575 y envía el mensaje de RREP generado en unidifusión al creador del mensaje de RREQ a lo largo de la ruta inversa actual. El marcador "IR" para este destino solicitado en el mensaje de RREQ se reinicia en 580. El nodo aumenta el índice (por ejemplo, en uno) (585) y comprueba si hay alguna dirección adicional en la lista de destinos de mensajes de RREQ en 590. Si hay cualquier dirección adicional en la lista de destinos de mensajes de RREQ entonces la ejecución del bucle descrito anteriormente se repite comenzando en 550. Es decir, el bucle se repite si un mensaje de RREP necesita ser enviado para el siguiente destino solicitado. El bucle se repite hasta que todas las direcciones en la lista de destinos de mensajes de RREQ se han comprobado.

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

Señalar que un nodo destino puede poseer/intermediar una o más direcciones y un nodo intermedio puede tener ruta(s) válida(s) para una o más direcciones destino. Un mensaje de RREQ puede transportar una o más direcciones destino en su lista de direcciones destino. Un nodo de procesamiento/intermedio/destino puede satisfacer las condiciones anteriores y enviar un mensaje de RREP para múltiples direcciones solicitadas en la lista de destinos de mensajes de RREQ. Si un nodo envía un mensaje de RREP para múltiples destinos, puede enviar múltiples mensajes de RREP, uno para cada destino, o puede enviar un único mensaje de RREP agregado con múltiples direcciones 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 calidad de enlace y de carga 605, un módulo de cálculo de métricas de encaminamiento 610, un módulo de selección de ruta 615 y un módulo de comunicaciones 620. El módulo de medición de calidad de enlace y de carga 605 mide la calidad y la carga del enlace/canal para cada uno de sus vecinos. Proporciona los resultados de medición al módulo de cálculo de métricas de encaminamiento 610 de manera que el módulo de cálculo de métricas de encaminamiento 610 pueda determinar la métrica/coste del enlace para cada uno de sus vecinos. Señalar que un nodo puede tener múltiples vecinos, múltiples interfaces radio, y múltiples canales/enlaces físicos/lógicos. Todos ellos necesitan ser medidos. El módulo de cálculo de métricas de encaminamiento 610 de cada nodo usa las mediciones hechas por el módulo de medición de calidad de enlace y de carga junto con otra información para calcular la métrica de encaminamiento para cada nodo con el cual comunica. La métrica de encaminamiento se actualiza periódicamente. El módulo de selección de ruta 615 determina/selecciona una ruta/camino para reenviar/comunicar datos a un nodo destino en base a las métricas de encaminamiento calculadas. El módulo de selección de ruta 615 intercambia los mensajes de control de encaminamiento y datos con otros nodos en la red en malla a través del módulo de comunicaciones 620. Se debería señalar que un nodo puede tener una o más interfaces de radiocomunicación y otras interfaces de comunicación. Se entiende que el módulo de selección de ruta puede estar compuesto realmente de varias unidades más pequeñas o combinado con otros módulos descritos en la presente memoria. Se entiende además que los procesos descritos en la presente memoria (especialmente con respecto a las Fig. 3 y 4) pueden ser soporte lógico, componentes físicos, programa fijo de máquina o cualquier combinación de los mismos ejecutado en o por el módulo de selección de ruta.

Tiene que ser entendido que la presente invención se puede implementar en diversas formas de componentes físicos, soporte lógico, programa fijo de máquina, procesadores de propósito especial, o una combinación de los mismos, por ejemplo, dentro de un terminal móvil, punto de acceso, o una red celular. Preferiblemente, la presente invención se implementa como una combinación de componentes físicos y soporte lógico. Además, el soporte lógico se implementa preferiblemente como un programa de aplicaciones tangible integrado en un dispositivo de almacenamiento de programas. El programa de aplicaciones se puede cargar en, y ejecutar por, una máquina que comprenda cualquier arquitectura adecuada. Preferiblemente, la máquina se implementa en una plataforma informática que tiene componentes físicos tales como una o más unidades centrales de procesamiento (CPU), una memoria de acceso aleatorio (RAM), e interfaz(interfaces) de entrada/salida (I/O). La plataforma informática también incluye un sistema operativo y código de microinstrucciones. Los diversos procesos y funciones descritos en la presente memoria pueden o bien ser parte del código de microinstrucciones o bien parte del programa de aplicaciones (o una combinación de los mismos), que se ejecuta a través del sistema operativo. Además, se pueden conectar otros diversos dispositivos periféricos a la plataforma informática tales como un dispositivo de almacenamiento de datos adicional y un dispositivo de impresión.

Se tiene que entender que, debido a que algunos de los componentes constituyentes del sistema y los pasos del método representados en las figuras anexas son preferiblemente implementados en soporte lógico, las conexiones reales entre los componentes del sistema (o los pasos del proceso) pueden diferir dependiendo de la manera en la

que se programe la presente invención. Dadas las enseñanzas de la presente memoria, un experto habitual en la técnica relacionada será capaz de contemplar estas y similares implementaciones o configuraciones de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para descubrir una ruta entre un nodo fuente (A) y un nodo destino (E) en una red inalámbrica, que comprende:

medios para recibir un mensaje de petición de ruta (RREQ) enviado por dicho nodo fuente (A);

5 medios para responder a dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) con un mensaje de respuesta de ruta (RREP) por un primer nodo intermedio (B) que tiene una ruta válida a dicho nodo destino (E);

medios para actualizar dicho mensaje de petición de ruta (RREQ); y

medios para volver a inundar dicha red inalámbrica con dicho mensaje de petición de ruta actualizado;

10 caracterizado porque dicho primer nodo intermedio (B) comprende medios para responder a dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) cuando está fijado un marcador (IR) en dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) y porque dicho primer nodo intermedio (B) además comprende medios para volver a inundar dicha red inalámbrica con dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) con dicho marcador (IR) reiniciado.

15 2. El sistema según la reivindicación 1, en donde dichos medios para actualización además comprenden medios para borrar un marcador (IR) y medios para actualizar una métrica (MÉTRICA) en dicho mensaje de petición de ruta (RREQ) con una métrica acumulativa de dicha ruta entre dicho nodo fuente (A) y dicho nodo destino (E) de dicha red inalámbrica.

3. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde dichos medios para responder establecen por ello una ruta hacia delante temporal entre dicho nodo fuente (A) y dicho nodo destino (E) de dicha red inalámbrica.

20 4. El sistema según la reivindicación 3, en donde la ruta hacia delante temporal está disponible para transmisión de datos tras la recepción de dicho mensaje de respuesta de ruta (RREP) por dicho nodo fuente (A), en donde dicha ruta es una ruta de respuesta a métricas extremo a extremo y además en donde dicho mensaje de respuesta de ruta (RREP) es un primer mensaje de respuesta de ruta.

25 5. El sistema según la reivindicación 4, que además comprende medios para recibir un mensaje de respuesta de ruta adicional desde dicho nodo destino, dicho mensaje de respuesta de ruta adicional que incluye dicha ruta de respuesta a métricas extremo a extremo entre dicho nodo destino y dicho nodo fuente en base a métricas acumulativas en mensajes de petición de ruta recibidos por dicho nodo destino, en donde si dicha ruta hacia delante es dicha ruta de respuesta a métricas extremo a extremo entonces dicho mensaje de respuesta de ruta adicional sirve como una confirmación y si dicha ruta hacia delante temporal no es una ruta de respuesta a métricas extremo a extremo entonces dicho mensaje de respuesta de ruta adicional sirve para establecer dicha ruta de respuesta a métricas extremo a extremo tras la recepción de dicho mensaje de respuesta de ruta adicional por dicho nodo fuente.

35 6. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde dicha red inalámbrica es una red en malla inalámbrica, en donde dicho mensaje de respuesta de ruta de dichos medios para responder es unidifusión a dicho nodo fuente, en donde una dirección de dicho nodo destino es una de una dirección del protocolo de internet y una dirección de control de acceso al medio, en donde dicho nodo destino incluye nodos destino que están asociados con uno de un intermediario y un punto de acceso.

40

ID	LONGITUD	MARCADOR DE MODO	TTL	CUENTA DE DESTINO	CUENTA DE SALTO	ID DE RREQ	DIRECCIÓN ORIGINADOR	NUM. SEC. ORIGINADOR	MÉTRICA
----	----------	------------------	-----	-------------------	-----------------	------------	----------------------	----------------------	---------

IR	D	G	RESERVADO	DIRECCIÓN DESTINO #1	NUM. SEC. DESTINO #1	IR	D	G	RESERVADO	DIRECCIÓN DESTINO #N	NUM. SEC. DESTINO #N
----	---	---	-----------	----------------------	----------------------	----	---	---	-----------	----------------------	----------------------

FIG. 1

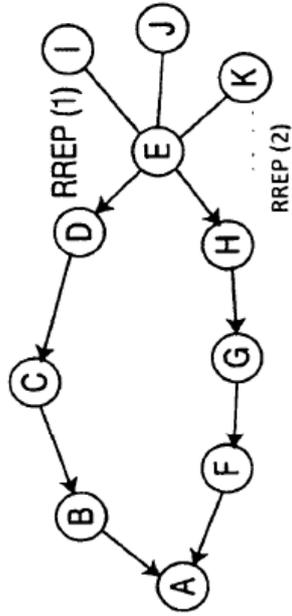


FIG. 3

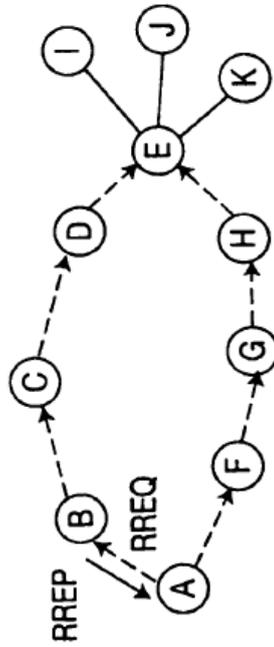


FIG. 2

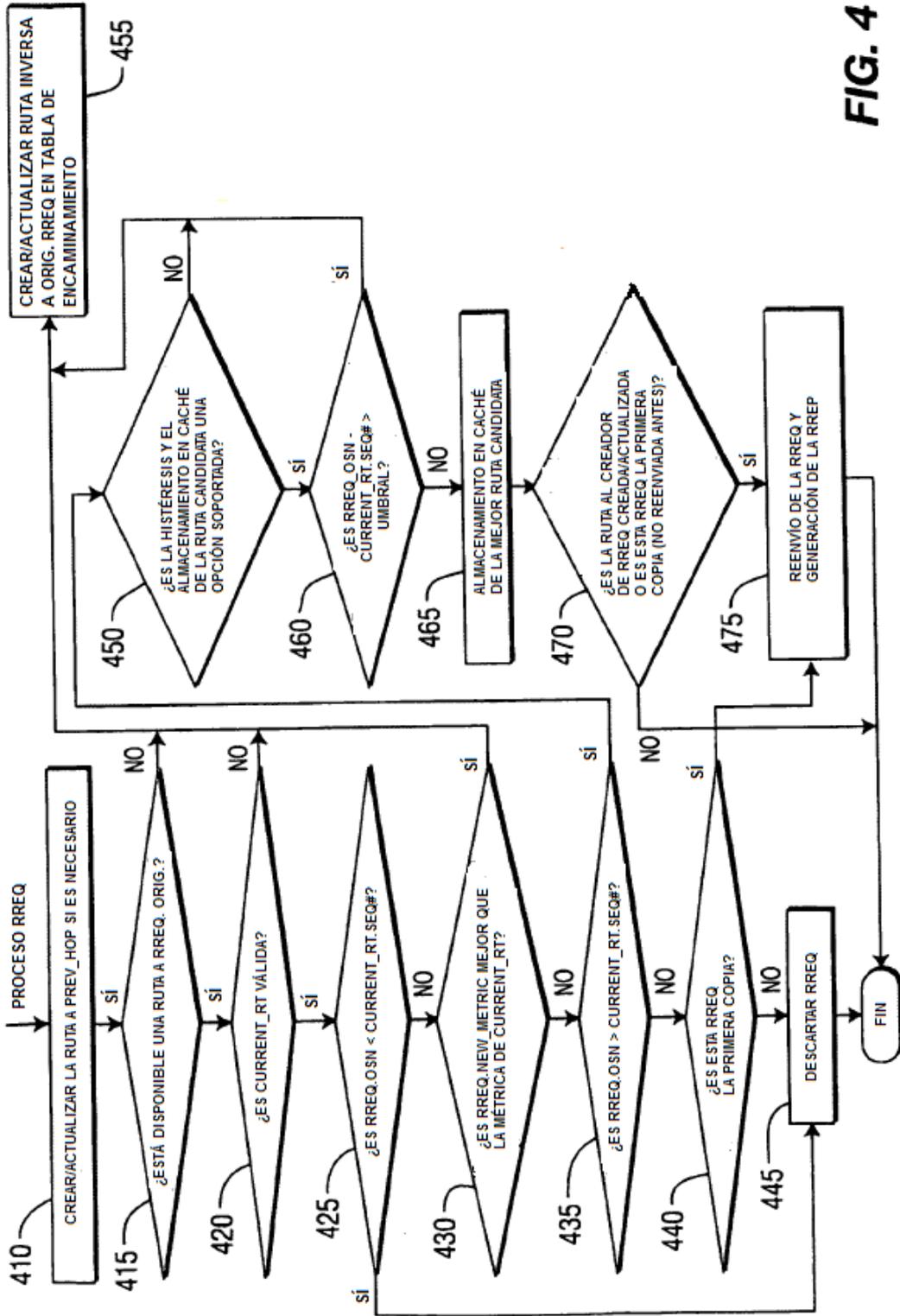


FIG. 4

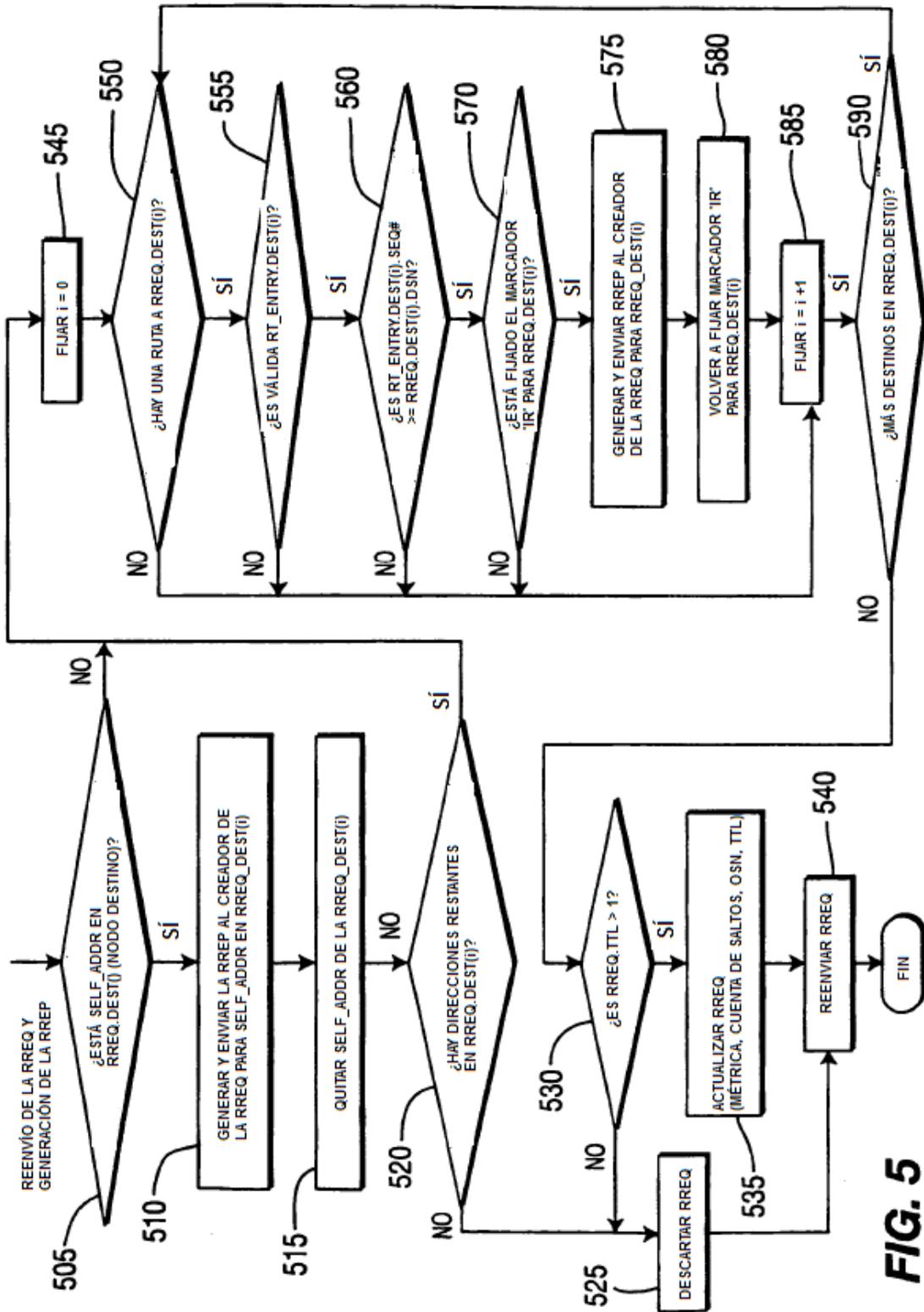


FIG. 5

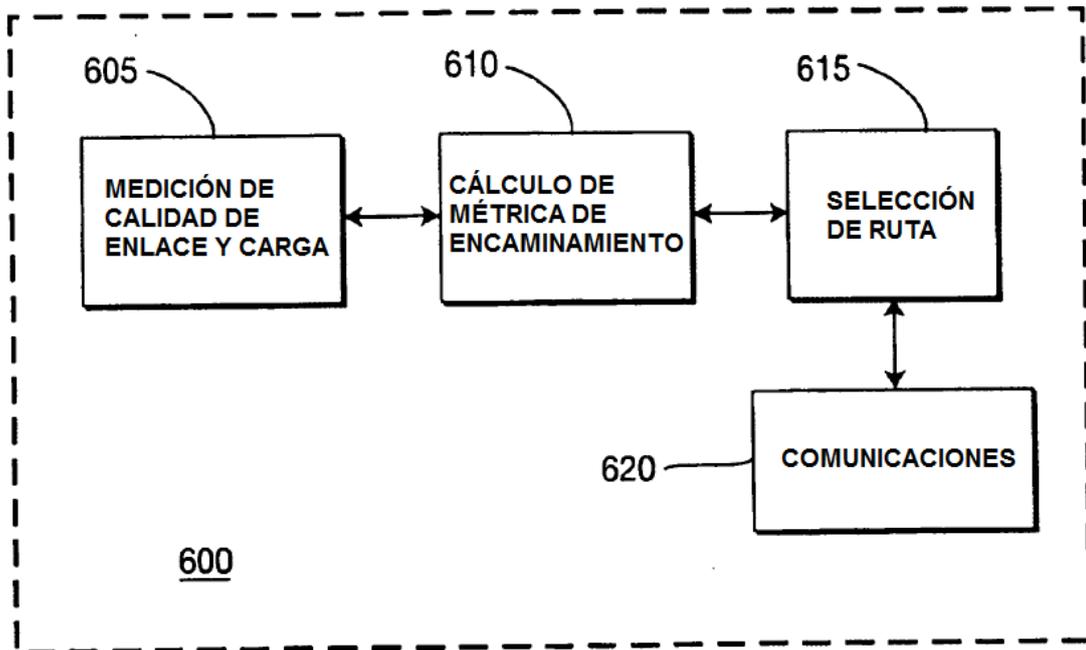


FIG. 6