

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 227**

51 Int. Cl.:
H04L 12/56 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07822499 .5**
96 Fecha de presentación: **12.11.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2090037**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.08.2009**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER RUTAS BIDIRECCIONALES DE TRANSMISIÓN DE DATOS EN UNA RED DE COMUNICACIONES INALÁMBRICA ENMALLADA.**

30 Prioridad:
13.11.2006 DE 102006053409
05.07.2007 DE 102007031341

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.02.2012

73 Titular/es:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
WITTELSBACHERPLATZ 2
80333 MÜNCHEN, DE

72 Inventor/es:
BAHR, Michael y
BUTTU, Andrea

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 375 227 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

Procedimiento para establecer rutas bidireccionales de transmisión de datos en una red de comunicaciones inalámbrica enmallada.

5

La invención se sitúa en el sector técnico de la técnica de comunicación y se refiere a un procedimiento para establecer rutas bidireccionales de transmisión de datos en una red de comunicaciones inalámbrica enmallada adecuada para realizar el procedimiento.

10

Para redes de comunicaciones WLAN (WLAN = Wireless Local Area Network, red inalámbrica de área local), ha dado a conocer al público desde el principio de los años 90 el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) en el marco de la familia de estándares IEEE 802.11 un conjunto de diversos estándares, en los que en base al rapidísimo progreso técnico se han especificado con obligatoriedad determinadas características de las redes de comunicaciones, como velocidades de transmisión, gamas de frecuencias, procedimientos de modulación, número de canales, codificación y similares.

15

En los estándares utilizados hasta ahora, la unidad más pequeña de un sistema de comunicaciones WLAN es la célula de radio, en la que pueden intercambiar los puntos de acceso datos con varios aparatos terminales. La conexión de varias células de radio entre sí se realiza mediante uniones por cable entre los puntos de acceso.

20

Un desarrollo muy reciente dentro de la familia de estándares IEEE 802.11, que se denomina IEEE 802.11s y que previsiblemente se publicará en el año 2009 como estándar vigente, estandariza una comunicación inalámbrica entre los nodos de red. En IEEE 802.11s sirven los nodos de red, los llamados puntos mesh o de malla, abreviadamente MP (MP = Mesh Point), como enrutadores para la transmisión inalámbrica de datos, con lo que se forma una red de radio ad hoc inalámbrica enmallada (red mesh).

25

En redes de comunicaciones pueden estar implementados en general protocolos de enrutamiento proactivos, reactivos o híbridos.

30

En redes de comunicaciones con un protocolo de enrutamiento proactivo se mantienen disponibles rutas de transmisión de datos entre los nodos de origen y destino para la transmisión de datos, lo cual posibilita un rápido intercambio de datos, pero en particular tiene el inconveniente de que se reservan recursos que a continuación posiblemente no se utilicen para un intercambio de datos. En un protocolo de enrutamiento reactivo se establece una ruta de transmisión de datos entre los nodos de origen y destino sólo cuando se necesita, lo cual ciertamente es más ventajoso en cuanto a los recursos, pero que implica un tiempo de latencia para el establecimiento de la ruta de transmisión de datos.

35

Para aprovechar las ventajas de los protocolos de enrutamiento proactivos y reactivos, se prevé para una red de comunicaciones inalámbrica basada en el estándar IEEE 802.11s, para elegir una ruta de transmisión de datos entre los nodos de red de origen y destino, un protocolo de enrutamiento híbrido con la denominación HWMP (HWMP = Hybrid Wireless Mesh Protocol, protocolo híbrido inalámbrico de malla). En HWMP puede establecerse sobre la topología física de la red una topología lógica en forma de uno o varios árboles de enrutamiento. Para establecer y actualizar un árbol de enrutamiento envía un Root-MP (MP de raíz) a intervalos periódicos de tiempo a los otros MPs mensajes de solicitud de enrutamiento mediante el procedimiento de radiodifusión (Broadcast), que se denominan "solicitudes proactivas de rutas", abreviadamente PREQ proactivas (PREQ = Path Request, solicitud de ruta). Los MPs reciben las PREQs, inscriben los correspondientes datos de ruta en sus tablas de enrutamiento y establecen de esta manera una ruta unidireccional de transmisión de datos desde el MP hasta el Root-MP emisor. Para mantener el número de mensajes de enrutamiento destinados a establecer un árbol local de enrutamiento lo más reducido posible, puede borrarse en el PREQ proactivo un llamado indicador (flag) PREP proactivo para un mensaje de respuesta de enrutamiento PREP (PREP = Path Replay, respuesta de ruta), es decir, los MPs reciben las PREQs proactivas, establecen una ruta de ida para la transmisión de datos del MP al Root-MP, pero no envían ningún mensaje de respuesta de enrutamiento (PREP) al Root-MP, con lo que no se establece ninguna ruta de vuelta para la transmisión de datos desde el Root-MP hasta los MPs.

40

45

50

En los documentos IEEE 802.11 TGS "Joint SEE-Mesh/Wi-Mesh Proposal to 802.11 TGS", (propuesta conjunta SEE-Mesh/Wi-Mesh a la 802.11 TGS), [Online], 27 febrero 2006, páginas 1 a 14, 65 a 83, XP002469386, así como Michael Bahr: "Proposed Routing for IEEE 802.11s WLAN Mesh Networks", (Enrutamiento propuesto para IEEE 802.11s redes enmalladas WLAN), [Online], 5 agosto 2006, XP002469387 WICON '06, 2ª Conferencia Anual Internacional sobre Internet Inalámbrica, 2 a 5 agosto 2006, Boston, MA, USA, se profundiza en el protocolo HWMP. En particular se describe en los documentos la utilización de un llamado HWMP-Registration Flag (indicador de registro HWMP) en un mensaje Root-Announcement (notificación de raíz). Mediante este indicador se influye sobre el comportamiento del nodo de red del árbol de enrutamiento que recibe el mensaje Root-Announcement.

55

60

Puesto que los flujos de datos entre un root-MP y los MPs de un árbol de enrutamiento son a menudo bidireccionales, existe en HWMP la posibilidad de enviar al comienzo de una comunicación de datos, es decir, antes del envío del primer paquete de datos desde un MP hasta un Root-MP, un mensaje de respuesta de enrutamiento (PREP) desde el MP al

65

Root-MP, para de esta manera establecer una ruta de vuelta unidireccional desde el Root-MP hasta el MP que envía el PREP.

5 Mediante las PREQs enviadas periódicamente desde los Root-MPs, se actualizan periódicamente las rutas de transmisión de datos unidireccionales (rutas de ida) desde los MPs hasta los root-MPs, con lo que las rutas de ida unidireccionales del árbol de enrutamiento pueden adaptarse a condiciones que varían en la red mesh. En particular pueden incluirse nuevos MPs llegados adicionalmente a la red mesh en árboles de enrutamiento o por ejemplo modificarse rutas de transmisión de datos que ya no funcionan debido al fallo de un enlace de datos.

10 Puesto que no obstante las rutas de vuelta desde los root-MPs hasta los MPs no se actualizan y permanecen tal como se establecieron antes del envío de un primer paquete de datos de una comunicación de datos mediante el envío de la PREP desde un MP, puede presentarse el caso de que permaneciendo invariable la conectividad y variando las métricas de enlace, las rutas de ida y vuelta entre un root-MP y un MP sean distintas, con lo que los paquetes de datos tomen sobre la ruta de ida la vía (actualizada) más favorable y sobre la ruta de vuelta la vía (no actualizada) menos favorable. Si falla un enlace de datos en una ruta de transmisión de datos entre un root-MP y un MP, entonces se establece mediante las PREQs enviadas periódicamente una ruta de ida alternativa entre el root-MP y el MP, no siendo por el contrario posible ya una transmisión de datos a través de la ruta de vuelta no actualizada. En este caso se recurre en el HWMP a mecanismos estándar basados en AODV (AODV = Ad hoc On demand Distance Vector) (vector de distancia ad hoc sobre demanda), lo cual implica un tiempo de latencia relativamente largo hasta el comienzo de la transmisión de paquetes de datos desde el root-MP hasta el MP.

Por el contrario la tarea de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento para establecer rutas bidireccionales de transmisión de datos en una red de comunicaciones inalámbrica enmallada con el que puedan evitarse los inconvenientes antes mostrados.

25 Esta tarea se resuelve según la invención mediante un procedimiento para establecer rutas de transmisión de datos bidireccionales en una red de comunicaciones inalámbrica enmallada con las características de la reivindicación 1. Ventajosas configuraciones evolucionadas de la invención se indican mediante las características de las reivindicaciones subordinadas.

30 En el marco de la invención se muestra un procedimiento para establecer una ruta bidireccional de transmisión de datos en una red de comunicaciones (ad hoc) inalámbrica enmallada con conmutación por paquetes, sobre cuya topología física se establece proactivamente o bien está ya establecida una topología lógica con al menos una estructura a modo de árbol ("árbol de enrutamiento"). Para este fin genera y envía un nodo de red de la red de comunicaciones que sirve para el árbol de enrutamiento como nodo de red root (de raíz) a intervalos de tiempo periódicos mensajes de solicitud de enrutamiento, abreviadamente RANs, a los nodos de red de la red de comunicaciones, para activar primeras rutas unidireccionales de transmisión de datos hacia el nodo de red root. Para ello, al recibirse los RAN a través de un nodo de red puede establecerse o actualizarse una inscripción en una tabla de enrutamiento (tabla Forwarding o de transmisión) del nodo de red de la red que recibe los RAN para el nodo de red de destino (nodo de red root) que contiene la métrica de ruta y el siguiente hop o salto (es decir, el siguiente nodo de red sobre la ruta hacia el nodo de red de destino, que es el nodo de red del que se han recibido los RAN) hacia el nodo de red de destino. Además puede memorizarse por ejemplo también un hop-count (contador de saltos) en las tablas de enrutamiento. El procedimiento para establecer el árbol de enrutamiento puede basarse en particular en protocolos que están implementados en el protocolo híbrido de enrutamiento HWMP. En particular pueden ser los mensajes de solicitud de enrutamiento (RANs) Path Requests (PREQs, solicitudes de ruta) proactivos según el protocolo híbrido de enrutamiento HWMP.

45 En los nodos de red del árbol de enrutamiento está establecido un primer indicador (flag) que puede colocarse en dos estados distintos para controlar la emisión de un mensaje de respuesta de enrutamiento. El primer flag de un nodo de red del árbol de enrutamiento se coloca entonces sólo en un primer estado elegible cuando el nodo de red recibe, como primer nodo de red ("nodo de red de origen") de la red de comunicaciones sobre la ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root, un paquete de datos para transmitirlo al nodo de red root ("nodo de red de destino"). El nodo de red recibe el paquete de datos en este caso desde una capa (modelo OSI) que es más elevada que la capa dentro de la cual se realiza la transmisión de paquetes de datos dentro de la red de comunicaciones.

55 Cuando el primer flag de un nodo de red del árbol de enrutamiento está colocado en el primer estado, genera este nodo de red al recibir un mensaje de solicitud de enrutamiento (RAN) del nodo de red root un mensaje de respuesta de enrutamiento, abreviadamente RWN, y envía el mismo a través de los nodos de red contenidos en una primera ruta unidireccional de transmisión de datos al nodo de red root. Cuando el primer flag de un nodo de red del árbol de enrutamiento está colocado en su segundo estado, no genera este nodo de red al recibir un RAN del nodo de red root ningún RWN. Mediante los RWN se activa una segunda ruta unidireccional de transmisión de datos desde el nodo de red root hasta el nodo de red que genera los RWN. Para ello puede establecerse o actualizarse al recibir los RWN a través de un nodo de red una inscripción en una tabla de enrutamiento (tabla forwarding o de transmisión) para el nodo de red que ha generado los RWN, la cual contiene la métrica de ruta y el siguiente hop o salto (es decir, el siguiente nodo de red sobre la ruta hacia el nodo de red que ha generado los RWN, que es el nodo de red del que se han recibido los RWN) en la vía hacia el nodo de red que ha generado los RWN. Además puede memorizarse un contador de saltos

(hop-count) en las tablas de enrutamiento. En particular puede ser el mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) un Path Reply (PREP) o respuesta de ruta según el protocolo híbrido de enrutamiento HWMP. El nodo de red root recibe el mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) y crea la segunda ruta unidireccional de transmisión de datos desde el nodo de red root hasta el nodo de red que ha generado los RWN, mediante lo cual se establece una ruta bidireccional de transmisión de datos entre el nodo de red root y este nodo de red que ha generado los RWN.

Dentro de la red de comunicaciones se transmiten paquetes de datos desde un nodo de red a otro nodo de red en una misma capa (modelo OSI). Ésta puede ser en particular la capa 2 ó la capa 3.

Mediante el procedimiento correspondiente a la invención se establece de manera ventajosa solamente una ruta bidireccional de transmisión de datos entre un nodo de red root y un nodo de red del árbol de enrutamiento cuando efectivamente se transportan paquetes de datos sobre la ruta de transmisión de datos, con lo que la cantidad de mensajes de enrutamiento es relativamente baja. Además, junto a la ruta de ida desde el nodo de red hasta el nodo de red root se actualiza también la ruta de vuelta desde el nodo de red root hasta el nodo de red, con lo que se dispone de una ruta bidireccional de transmisión de datos actualizada entre el nodo de red root y el nodo de red para una transmisión de paquetes de datos y puede reaccionarse rápidamente a variaciones en la ruta de transmisión de datos, ya sean debidas a una modificación de la métrica de ruta o debidas al fallo de un enlace de datos.

En su primer estado, el primer flag está por ejemplo "activado", es decir, en un estado "ON" o bien "1", mientras que en su segundo estado está "borrado", es decir, en un estado "OFF" o bien "0". De la misma manera es posible que el primer flag se coloque en su primer estado en el estado "OFF", mientras que en su segundo estado se coloca en su estado "ON".

En otra evolución ventajosa del procedimiento correspondiente a la invención se coloca el primer flag de un nodo de red inmediatamente tras el envío de un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) al nodo de red root en su segundo estado, lo que tiene la ventaja de que esta forma de proceder se orienta a las secuencias del protocolo de enrutamiento. Además no se necesita ningún temporizador.

En otra evolución ventajosa del procedimiento correspondiente a la invención, se coloca el primer flag de un nodo de red sólo una vez transcurrido un primer espacio de tiempo que puede elegirse en el segundo estado, que se inicia con el envío de un paquete de datos al nodo de red root como nodo de red de destino para el que el nodo red es un nodo de red de origen (y que el nodo de red ha recibido como primer nodo de red de la red de comunicaciones sobre la ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root), reponiéndose a cero el primer espacio de tiempo con cada envío de un tal paquete de datos para el que el nodo de red es un nodo de red de origen con el nodo de red root como nodo de red de destino, a un valor de inicio del espacio de tiempo que puede elegirse. Esta evolución del procedimiento correspondiente a la invención puede implementarse de manera especialmente sencilla.

En otra evolución ventajosa del procedimiento correspondiente a la invención genera y envía un nodo de red un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) al nodo de red root cuando el nodo de red recibe como nodo de red de origen un paquete de datos (que el nodo de red ha recibido como primer nodo de red de la red de comunicaciones sobre la ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root) y durante un cierto segundo espacio de tiempo inmediatamente precedente a la recepción del paquete de datos no ha recibido ningún paquete de datos como nodo de red de origen (es decir, ningún paquete de datos para su envío al nodo de red root como primer nodo de red de la red de comunicaciones sobre la ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root). Así puede establecerse de manera ventajosa para cada comunicación de datos que comience una ruta de transmisión de datos bidireccional entre el nodo de red root y este nodo de red.

En particular en la última evolución citada del procedimiento correspondiente a la invención, puede generar un nodo de red un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) y enviarlo al nodo de red root cuando un segundo flag establecido en el nodo red y que puede colocarse en dos estados distintos se ha colocado en un segundo estado que puede elegirse. Esto posibilita una realización especialmente sencilla del procedimiento correspondiente a la invención.

En su primer estado está el segundo flag por ejemplo "activado", es decir, colocado en un estado "ON" o bien "1", mientras que en su segundo estado está "borrado", es decir, en un estado "OFF" o bien "0". De la misma manera es posible que el segundo flag se coloque en su primer estado en el estado "OFF", mientras que en su segundo estado se coloque en su estado "ON".

En otra evolución del procedimiento correspondiente a la invención, en el caso de que un paquete de datos sea un primer paquete de datos de una comunicación de datos, lo cual por ejemplo puede reconocerse en que el segundo flag está colocado en su segundo estado, puede colocarse el primer flag de un nodo de red en el primer estado cuando el nodo de red envía un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) al nodo de red root antes del primer paquete de datos (D1) de una comunicación de datos. No obstante, esto da lugar a que tenga que consultarse una condición adicional.

5 En otra evolución del procedimiento correspondiente a la invención se envía el mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) inmediatamente tras recibir el mensaje de solicitud de enrutamiento (RAN) al nodo de red root. En una evolución alternativa a ésta del procedimiento correspondiente a la invención se envía el mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) con un retardo de tiempo tras recibir el mensaje de solicitud de enrutamiento (RAN) al nodo de red root (R). La última alternativa citada es preferible en el marco de la invención, porque tiene la ventaja de que puede reducirse la cantidad de mensajes de enrutamiento, ya que la probabilidad de la recepción de mensajes adicionales de solicitud de enrutamiento (RANs) de mejor métrica de ruta tras el envío del RWN es reducida.

10 En otra evolución ventajosa del procedimiento correspondiente a la invención se ajusta un parámetro de duración que codifica el tiempo de validez (Lifetime) de una segunda ruta unidireccional de transmisión de datos a un nodo de red de un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) a un parámetro de tiempo de validez contenido en el mensaje de solicitud de enrutamiento (RAN) recibido y que codifica el tiempo de validez de una primera ruta unidireccional de transmisión de datos hacia el nodo de red root. De esta manera puede lograrse de manera ventajosa que los tiempos de validez de las rutas de ida y de vuelta de una ruta bidireccional de transmisión de datos entre el nodo de red root y un nodo red sean iguales.

20 La invención se refiere además a un procedimiento para establecer una ruta bidireccional de transmisión de datos en una red de comunicaciones inalámbrica enmallada con conmutación por paquetes tal como antes se ha descrito, que en particular puede combinarse con el procedimiento antes descrito. En este procedimiento se establece en los nodos de red del árbol de enrutamiento en cada caso un primer flag que puede colocarse en dos estados diferentes para controlar el envío de un mensaje de respuesta de enrutamiento, colocándose el primer flag de un nodo red en un primer estado que puede elegirse sólo cuando el nodo de red contenga como primer nodo de red de la red de comunicaciones sobre la ruta de transmisión hacia el nodo de red root un paquete de datos para su transmisión al nodo red root. Cuando el primer flag está colocado en el primer estado, se envía en este procedimiento, cuando se detecta una variación de una primera ruta unidireccional de transmisión de datos hacia el nodo de red root, un segundo mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) que especifica una segunda ruta de transmisión de datos unidireccional hacia el nodo de red al nodo de red root, con lo que se establece una ruta bidireccional de transmisión de datos entre el nodo de red root y el nodo de red.

30 La invención se extiende además a una red de comunicaciones (ad hoc) inalámbrica enmallada con conmutación por paquetes tal como antes se ha descrito, que está establecida tal que puede ejecutar un procedimiento tal como antes se ha descrito.

35 Además se extiende la invención a un nodo de red de una red de comunicaciones (ad hoc) inalámbrica enmallada con conmutación por paquetes tal como se ha descrito, sobre la que se ejecuta un código de programa legible por máquina tal como antes se ha descrito.

40 Además se extiende la invención a un medio de memoria con un código del programa memorizado en el mismo legible por máquina, tal como antes se ha descrito.

La invención se describirá ahora más en detalle en base a ejemplos de ejecución, con referencia a los dibujos adjuntos.

45 Figura 1 muestra en un diagrama esquemático un ejemplo de ejecución de la red de comunicaciones inalámbrica enmallada correspondiente a la invención con árbol de enrutamiento establecido;

Figura 2 muestra en un diagrama esquemático la retransmisión de paquetes de datos D1 como nodos de red de origen y la retransmisión de paquetes de datos D2 como nodos de red no de origen en la red de comunicaciones de la figura 1;

Figura 3 muestra en un diagrama esquemático un ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención, que se ejecuta sobre un nodo de red en la red de comunicaciones de la figura 1;

50 Figura 4 muestra en un diagrama esquemático otro ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención que se ejecuta sobre un nodo de red en la red de comunicaciones de la figura 1.

55 En la figura 1 se muestra un ejemplo de ejecución de la red de comunicaciones ad hoc inalámbrica enmallada con conmutación por paquetes (red mesh) correspondiente a la invención. La red mesh incluye un conjunto de - aquí por ejemplo ocho - nodos de red (puntos mesh) R, M1, M2, ..., M7, que están unidos entre sí con forma de malla mediante 14 enlaces de datos L1, L2, ..., L14 punto a punto físicos inalámbricos. Así está conectado por ejemplo inalámbricamente según técnica de datos el nodo de red root R mediante un primer enlace de datos L1 con el tercer nodo de red M3, mediante un tercer enlace de datos L3 con el segundo nodo de red M2 y mediante un sexto enlace de datos L6 con el primer nodo de red M1. Además está conectado por ejemplo el segundo nodo de red M2 mediante un octavo enlace de datos L8 con el tercer nodo de red M3 mediante técnica de datos. Todas las demás indicaciones relativas a los enlaces de datos y a los nodos de red han de entenderse de manera análoga.

60 En la red mesh de la figura 1 está establecido un árbol de enrutamiento proactivo desde el nodo de red root R como nodo de raíz hacia todos los nodos de red M1, M2, ..., M7, estando dibujados los enlaces de datos pertenecientes al árbol de enrutamiento, es decir, el primer enlace de datos L1, el tercer enlace de datos L3, el sexto enlace de datos L6,

el segundo enlace de datos L2, el cuarto enlace de datos L4, el quinto enlace de datos L5 y el séptimo enlace de datos L7 en la figura 1 con línea gruesa continua, mientras que los demás enlaces de datos no pertenecientes al árbol de enrutamiento están dibujados con líneas delgadas discontinuas.

5 El establecimiento del árbol de enrutamiento se basa en mecanismos estándar utilizando vectores de distancia y protocolos de estado de enlaces (Link-State), tal como los que están previstos en el protocolo de enrutamiento HWMP del estándar IEEE 802.11s. Así envía el nodo de red root R periódicamente mensajes de solicitud de enrutamiento (RANs) mediante el procedimiento de radiodifusión (Broadcast) a todos los nodos de red M1, M2, ..., M7 de la red de comunicaciones que especifican la ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root y que sirven para actualizar las tablas de enrutamiento de los nodos de red M1, M2, ..., M7. De esta manera se establecen en cada caso rutas unidireccionales de transmisión de datos para transmitir paquetes de datos útiles desde los nodos de red M1, M2, ..., M7 hasta el nodo de red root R. Así por ejemplo está establecida proactivamente una ruta unidireccional de transmisión de datos desde el séptimo nodo de red M7 a través del segundo enlace de datos L2 y el primer enlace de datos L1 intercalando el tercer nodo de red M3 hacia el nodo de red root R. Además está establecida proactivamente por ejemplo una ruta unidireccional de transmisión de datos desde el quinto nodo de red M5 a través del quinto enlace de datos L5 y el tercer enlace de datos L3, intercalando el segundo nodo de red M2 hacia el nodo de red root R. Todas las otras rutas unidireccionales de transmisión de datos establecidas proactivamente desde los nodos de red M1, M2, ..., M7 hacia el nodo de red root R han de entenderse de la correspondiente manera.

20 En los nodos de red M1, M2, ..., M7 está establecido como primer flag o indicador en cada caso un flag de respuesta del RWN, que puede estar activado ("1") o borrado ("0").

En los nodos de red M1, M2, ..., M7 está establecido además como segundo flag en cada caso un flag de enviado del RWN, que puede estar activado ("1") o borrado ("0").

25 En el caso de que en un nodo de red M1, M2, ..., M7 esté activado el flag de respuesta del RWN y este nodo de red reciba un RAN periódicamente enviado por el nodo de red root R, entonces envía este nodo de red un mensaje de respuesta (RWN) al nodo de red root R, para establecer la ruta de vuelta para la transmisión de paquetes de datos (útiles) desde el nodo de red root R hasta este nodo de red. En el caso de que en un nodo de red M1, M2, ..., M7 esté activado el flag de respuesta del RWN y este nodo de red detecte, por ejemplo mediante un mensaje de falta característico de un enlace de datos que ha fallado, que se ha modificado la ruta de transmisión de datos desde este nodo de red hasta el nodo de red root R, entonces envía este nodo de red también en este caso un mensaje de respuesta RWN al nodo de red root R, para establecer la ruta de vuelta para la transmisión de paquetes de datos (útiles) desde el nodo de red root R hasta este nodo de red. Los RWN son mensajes del tipo de los previstos (PREPs) en el protocolo de enrutamiento HWMP del estándar IEEE 802.11s, pero allí sólo se envían antes de comenzar una comunicación de datos, es decir, antes del envío del primer paquete de datos.

40 Para la activación o borrado del flag de respuesta del RWN en un nodo de red M1, M2, ..., M7 es esencial si un nodo de red M1, M2, ..., M7 recibe paquetes de datos de una capa más elevada por encima de la capa de red mesh inalámbrica utilizada para la transmisión de paquetes de datos dentro de la red de comunicaciones entre los nodos de red o si un nodo de red recibe paquetes de datos solamente de otro nodo de red.

45 Esto se describirá más en detalle con referencia a la figura 2. En la figura 2 se denominan los paquetes de datos para los que un nodo de red es un nodo de red de origen paquete de datos "D1", mientras que los paquetes de datos para los que un nodo de red no es un nodo de red de origen se denominan paquetes de datos "D2". Los paquetes de datos D1 proceden de capas más elevadas (modelo OSI), como aplicaciones, capa del protocolo de Internet o IEEE 802.1D-Bridging (puenteo), que en la figura 2 se denominan en conjunto S2 y, tal como se indica en la figura 2 mediante la flecha dirigida hacia abajo, se transfieren a la capa mesh inalámbrica que sirve para la transmisión de datos dentro de la red mesh y que en la figura 2 se denomina S1, y a continuación se transmiten entre los nodos de red. A diferencia de ello, se transmiten paquetes de datos D2 dentro de la capa mesh inalámbrica S1 desde un nodo de red hasta otro nodo de red. El mismo nodo de red puede así ser para paquetes de datos D1 un nodo de red de origen y para paquetes de datos D2 no ser ningún nodo de red de origen. Un nodo de red de destino retransmite los paquetes de datos D2 a una de las capas más elevadas S2, lo cual no se ha representado más en detalle en la figura 2. Solamente los nodos de red que reciben paquetes de datos D1 desde las capas más elevadas S2 son nodos de red de origen y activan y borran el flag de respuesta del RWN. Los nodos de red que no reciben ningún paquete de datos D1 de las capas superiores S2, no son nodos de red de origen y no activan ni borran el flag de respuesta del RWN.

60 Durante la inicialización de la red de comunicaciones inalámbrica enmallada, se borran (0) todos los flags de respuesta RWN de los nodos de red M1, M2, ..., M7 (ajustado previamente). Igualmente se borran (0) durante la inicialización de la red de comunicaciones inalámbrica enmallada todos los flags de enviado RWN de los nodos de red M1, M2, ..., M7 (ajustado previamente).

65 El nodo de red root R llena periódicamente la red mesh con RANs, con lo que cada nodo de red tras recibir un RAN puede inscribir la correspondiente ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root R en su tabla de enrutamiento. Cuando un nodo de red recibe un RAN, se establece o actualiza una inscripción en la tabla de enrutamiento (tabla

forwarding o de transmisión) del nodo de la red que recibe el RAN para el nodo de red de destino (nodo de red root), que contiene la métrica de ruta y el siguiente hop (salto) hacia el nodo de red de destino, es decir, el siguiente nodo de red sobre la ruta hacia el nodo red de destino. Además puede memorizarse un contador de saltos en la tabla de enrutamiento. El procedimiento para establecer el árbol de enrutamiento se basa en protocolos que están implementados en el protocolo híbrido de enrutamiento HWMP, siendo los mensajes de solicitud de enrutamiento (RANs) demandas de ruta proactivas (Path Requests, PREQs) según el protocolo híbrido de enrutamiento HWMP. Esta etapa del procedimiento la realizan todos los nodos de red independientemente de si son nodos de red de origen o no.

A continuación se supone por ejemplo que el quinto nodo de red M5 recibe paquetes de datos D1 de una capa más elevada S2 y con ello sirve como nodo de red de origen.

Si recibe el quinto nodo de red M5 un mensaje de solicitud RAN enviado periódicamente del nodo de red root R, inscribe el quinto nodo de red M5 de la ruta de transmisión de datos especificada con este RAN en su tabla de enrutamiento o bien sobrescribe la inscripción existente hasta ese momento y actualiza así periódicamente su ruta unidireccional de transmisión de datos hacia el nodo de red root R.

En una consulta relativa al envío de paquetes de datos D1 a un nodo de red root R, es decir, antes del envío del primer paquete de datos de una comunicación de datos, genera y envía el quinto nodo de red M5 un mensaje de respuesta de enrutamiento RWN al nodo de red root R. El nodo de red root R recibe este RWN e inscribe la correspondiente ruta de transmisión de datos hacia el quinto nodo red M5 en su tabla de enrutamiento, para establecer así una ruta unidireccional de transmisión de datos (ruta de vuelta) desde el nodo de red root hasta el quinto nodo de red M5 y con ello una ruta bidireccional de transmisión de datos entre el nodo de red root R y el quinto nodo red M5.

Todos los paquetes de datos que se envían dentro de un determinado espacio de tiempo tras el último paquete de datos D1 desde el quinto nodo de red M5 son considerados como "otros" paquetes de datos. Si no envía el quinto nodo de red M5 durante el citado espacio de tiempo ningún paquete de datos D1, se considera cada paquete de datos enviado a continuación, tras transcurrir este espacio de tiempo, como "primer" paquete de datos. Mediante este espacio de tiempo que puede predeterminarse se diferencian distintas "comunicaciones de datos".

El quinto nodo de red M5 puede detectar mediante el estado de su flag de enviado del RWN si un paquete de datos D1 es un "primer" paquete de datos u otro paquete de datos de la misma comunicación de datos. El flag de enviado del RWN se activa, es decir, cambia a ON/1 cuando se envía un RWN antes del primer paquete de datos D1 o bien se envía un RWN en respuesta a un RAN recibido cuando está activado el flag de respuesta del RWN. El flag de enviado del RWN se borra con cada RAN recibido que con el flag de respuesta del RWN activado enviaría un RWN, es decir, se coloca en OFF/0.

De esta manera puede quedar asegurado además que el flag de enviado del RWN no se borra por descuido cuando se recibe un segundo RAN del root-announcement (anuncio de root) actual (el mismo número de secuencia o bien distintivo), pero en base al mismo no se envía ningún RWN al nodo de red root, ya que la métrica de ruta del segundo RAN es peor que la métrica de ruta del primer RAN. El flag de enviado del RWN no debe ahora ponerse a 0, ya que si es así se enviaría otro RWN antes del siguiente paquete de datos D1.

Es ventajoso borrar el flag de enviado del RWN sólo cuando está borrado el flag de respuesta del RWN. De esta manera no se envía ningún RWN adicional cuando ha de enviarse un paquete de datos D1 entre el RAN y el correspondiente RWN.

Un paquete de datos D1 se considera entonces como primer paquete de datos cuando en el quinto nodo de red M5 está borrado el flag de enviado del RWN y por el contrario se considera un paquete de datos D1 como otro paquete de datos cuando en el quinto nodo de red M5 está activado el flag de enviado del RWN.

En una primera variante de activación del flag del procedimiento correspondiente a la invención, en el caso de que se envíe un mensaje de respuesta RWN al nodo de red root R debido a un primer paquete de datos D1, se activa el flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5.

En una segunda variante de activación del flag preferida frente a la primera variante de activación del flag del procedimiento correspondiente a la invención, se activa el flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 sólo con el envío de un paquete de datos D1 desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R. La segunda variante de activación del flag es ventajosa frente a la primera variante de activación del flag, ya que no es necesario consultar otra condición adicional, con lo que la implementación se facilita.

Cuando recibe el quinto nodo de red M5 un mensaje de consulta de enrutamiento RAN periódicamente enviado por el nodo de red root R, inscribe el quinto nodo de red M5 la ruta de transmisión de datos especificada con este RAN en su tabla de enrutamiento o bien sobrescribe la inscripción existente hasta ahora y actualiza así su ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root R. Si está activado el flag de respuesta del RWN, envía el quinto nodo de red M5 además un mensaje de respuesta RWN al nodo de red root R. El nodo de red root R recibe el RWN e inscribe la ruta de

transmisión de datos especificada con este RWN hacia el quinto nodo de red M5 en su tabla de enrutamiento o bien sobrescribe la inscripción existente hasta ahora, para establecer o bien actualizar así una ruta unidireccional de transmisión de datos (ruta de vuelta) desde el nodo de red root hasta el quinto nodo red M5 y de esta manera establecer una ruta bidireccional de transmisión de datos entre el nodo de red root y el quinto nodo de red M5.

5

El nodo de red root R envía mensajes de solicitud RANs periódicos mediante el procedimiento de radiodifusión (broadcast) a los nodos de red M1, M2, ..., M7. Esto significa que cada nodo de red M1, M2, ..., M7 puede recibir el mismo mensaje de solicitud de enrutamiento incluso varias veces, especificando cada mensaje de solicitud de enrutamiento otra ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root R con una métrica de ruta dado el caso diferente. En base a un distintivo o bien número de secuencia puede diferenciar cada nodo de red M1, M2, ..., M7 los distintos mensajes de solicitud de enrutamiento (RANs) enviados periódicamente por el nodo de red root R.

10

Cuando recibe el quinto nodo de red M5 un mensaje de solicitud de enrutamiento RAN del nodo de red root R y está activado el flag de respuesta del RWN, puede el quinto nodo de red M5 según una primera variante de envío del RWN del procedimiento correspondiente a la invención enviar inmediatamente un mensaje de respuesta de enrutamiento RWN al nodo de red root R. Si recibe el quinto nodo de red M5 otros mensajes de solicitud de enrutamiento RANs con el mismo número de secuencia o bien distintivo del nodo de red root R, envía entonces el quinto nodo de red M5 para cada RAN con una mejor métrica de ruta hacia el nodo de red root R a su vez inmediatamente un mensaje de respuesta de enrutamiento RWN al nodo de red root R. Esto significa que se envían mensajes de respuesta de enrutamiento RWN desde el quinto nodo de red M5 hacia el nodo de red root R hasta que ya no se reciba ningún mensaje de solicitud de enrutamiento con una mejor métrica de ruta.

15

20

Cuando recibe el quinto nodo de red M5 un mensaje de solicitud de enrutamiento RAN periódicamente enviado del nodo de red root R y está activado el flag de respuesta del RWN, envía el quinto nodo de red M5, según una segunda variante de envío de RWN preferente del procedimiento correspondiente a la invención, sólo después de un tiempo de espera que puede elegirse tras recibirse el RAN, un mensaje de respuesta de enrutamiento RWN al nodo de red root R. Todos los mensajes de solicitud de enrutamiento RAN (con el mismo número de secuencia o ID) recibidos durante este tiempo de espera del quinto nodo de red M5, se analizan en cuanto a la métrica de ruta, enviando el quinto nodo de red M5 un mensaje de respuesta de enrutamiento RWN para el RAN con la métrica de ruta más favorable al nodo de red root R. De esta manera se reduce la probabilidad de que se reciban adicionalmente otros RANs (con el mismo número de secuencia o ID) con mejor métrica de ruta desde el quinto nodo de red M5 tras el envío del mensaje de respuesta de enrutamiento RWN, con lo que de manera ventajosa puede reducirse la cantidad de mensajes de respuesta de enrutamiento RWN transmitidos y disminuye la afluencia de datos.

25

30

35

De la misma manera es posible que cuando la ruta de transmisión de datos desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R varíe por otra razón distinta a la de recepción de un RAN y cuando está activado el flag de respuesta del WN, genere igualmente el quinto nodo de red M5 un mensaje de respuesta de enrutamiento RWN y se envíe al nodo de red root R. Éste puede ser por ejemplo el caso cuando el quinto nodo de red M5 recibe un mensaje de falta que codifica el fallo de un enlace de datos en la ruta de transmisión de datos o bien detecta mediante un detector de hardware el fallo de un enlace de datos contiguo.

40

Para el borrado del flag de respuesta del RWN hay diversas variantes de reposición.

45

Según una primera variante de reposición del flag, se repone el flag de respuesta del RWN inmediatamente a 0 tras el envío de un RWN como reacción a la recepción de un RAN del quinto nodo de red M5. Cuando el quinto nodo de red M5 no envía dentro del intervalo de tiempo para el envío periódico de RANs a través del nodo de red root R ningún paquete de datos D1, entonces ya no se contestan los RANs recibidos con un RWN. Para cada paquete de datos D1 enviado durante este intervalo de tiempo, se activa de nuevo el flag de respuesta del RWN.

50

Según una segunda variante de reposición del flag, se repone a 0 el flag de respuesta del RWN por el quinto nodo de red M5 una vez transcurrido un espacio de tiempo que puede elegirse tras el envío de un RWN como reacción a la recepción de un RAN, antes de un primer paquete de datos D1 o bien de una modificación de la ruta de transmisión de datos. Entonces se repone de nuevo al valor inicial un temporizador para medir la evolución del tiempo durante el espacio de tiempo que puede elegirse con cada paquete de datos D1 enviado desde el quinto nodo de red M5 al nodo de red root R. Al respecto debería ser el valor inicial de la pausa (timeout) mayor que el intervalo de tiempo para el envío periódico de RANs por parte del nodo de red root R, para que lleguen RANs cuando está activado el flag de respuesta del RWN en el quinto nodo de red M5.

55

60

Mientras la primera variante de reposición del flag se orienta al transcurso del protocolo de enrutamiento, se orienta la segunda variante de reposición del flag en función del tráfico de datos. Una ventaja de la primera variante de reposición del flag reside en que no se necesita ningún temporizador adicional. Una ventaja de la segunda variante de reposición del flag reside en que la misma es muy fácil de implementar.

Si no envía el quinto nodo de red M5 dentro del intervalo de tiempo para el envío periódico de RANs por parte del nodo de red root R ningún paquete de datos D1, entonces ya no se contesta a los RANs recibidos con un RWN. Para cada paquete de datos D1 enviado durante este intervalo de tiempo, se activa de nuevo el flag de respuesta del RWN.

5 Los parámetros del RWN que envía el quinto nodo de red M5 al nodo de red root R se activan según las reglas del HWMP o bien de los RM-AODV/AODV que sirven de base al HWMP. El tiempo de validez (lifetime) en el RWN se sitúa en el tiempo de validez contenido en el RAN o en el RREQ proactivo.

10 Con respecto a la figura 3, se describe en un diagrama esquemático un ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención en la red de comunicaciones de la figura 1, estando realizada la primera variante de reposición del flag para reponer (borrar) el flag de respuesta del RWN.

15 En el diagrama de la figura 3 representa la línea "FL" el estado del flag de respuesta del RWN, que puede estar borrado (0) o activado (1). La línea M5 representa el quinto nodo de red M5, que sirve como nodo de red de origen. Las flechas que llegan a la línea M5 simbolizan los paquetes de datos recibidos por el quinto nodo de red M5. Las flechas que parten de la línea M5 simbolizan los paquetes de datos enviados por el quinto nodo de red M5. En la figura 3 discurren las líneas FL o bien M5 en cada caso desde arriba hacia abajo, con lo que se representa la evolución en el tiempo. Mediante las letras A-L se representan diversas situaciones durante el procedimiento para establecer rutas bidireccionales de transmisión de datos entre el quinto nodo de red M5 y el nodo de red root R.

20 En la figura 3 no se representa el flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5. Se han preajustado el flag de respuesta del RWN y el flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 en borrado.

25 En la situación "A" recibe el quinto nodo de red M5 un mensaje de consulta de enrutamiento RAN del nodo de red root R, transmite la ruta de transmisión de datos allí especificada a su tabla de enrutamiento o bien actualiza la correspondiente inscripción en su tabla de enrutamiento, para así establecer una ruta unidireccional de transmisión de datos desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R, actualiza el RAN y retransmite este RAN modificado con un pequeño retardo al siguiente nodo de red. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 continúa borrado. EL flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado.

30 En la situación "B" recibe el quinto nodo de red M5 un paquete de datos D2 de otro nodo de red, por ejemplo del segundo nodo de red M2, y retransmite este paquete de datos D2 a otro nodo de red. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado.

35 En la situación "C" recibe el quinto nodo de red M5 de nuevo un paquete de datos D2 de otro nodo de red, por ejemplo del segundo nodo de red M2 y retransmite este paquete de datos D2 a otro nodo de red. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado.

40 En la situación "D" recibe el quinto nodo de red M5 otro mensaje de consulta RAN (recién generado) con un número de secuencia del nodo de red root R distinto del correspondiente al RAN precedente, actualiza la correspondiente inscripción en su tabla de enrutamiento, para establecer así una ruta unidireccional de transmisión de datos actualizada desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R, actualiza el RAN y envía este RAN modificado con un pequeño retardo al siguiente nodo de red. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado.

45 En la situación "E" recibe el quinto nodo de red M5 un paquete de datos D1 de una capa más elevada (S2), es decir, una capa por encima de la capa mesh inalámbrica de la red mesh dentro de la cual los nodos de red intercambian paquetes de datos, que el quinto nodo de red M5 ha de transmitir al nodo de red root R. Esto no se ha representado en la figura 3 más en detalle.

50 Aún antes del envío del paquete de datos D1 al nodo de red root R, es decir, antes del envío del primer paquete de datos D1, genera y envía el quinto nodo de red M5 un mensaje de respuesta RWN al nodo de red root R. El nodo de red root R recibe el RWN e inscribe la correspondiente ruta de transmisión de datos hacia el quinto nodo de red M5 en su tabla de enrutamiento, para así establecer una ruta unidireccional de transmisión de datos (ruta de vuelta) desde el nodo de red root hasta el quinto nodo de red M5 y de esta manera establecer una ruta bidireccional de transmisión de datos entre el quinto nodo de red M5 y el nodo de red root R. Simultáneamente activa el quinto nodo de red M5 su flag de activado del RWN. A continuación envía el quinto nodo de red M5 el paquete de datos D1 al nodo de red root R. Simultáneamente activa el quinto nodo de red M5 su flag de respuesta del RWN.

55 60 En la situación "F" recibe el quinto nodo de red M5 otro paquete de datos D1, lo que no se ha representado más en detalle en la figura 3, y envía el paquete de datos D1 al nodo de red root R. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. EL flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado.

En la situación "G" recibe el quinto nodo de red M5 otro paquete de datos D1, lo que no se ha representado en la figura 3 más en detalle, y envía el paquete de datos D1 al nodo de red root R. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado.

5 En la situación "H" recibe el quinto nodo de red M5 otro paquete de datos D1, lo que no se ha representado más en detalle en la figura 3, y envía el paquete de datos D1 al nodo de red root R. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. EL flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado.

10 A continuación recibe el quinto nodo de red M5 en la situación "H" otro mensaje de solicitud de enrutamiento RAN (recién generado) con un número de secuencia distinto del correspondiente al anterior RAN del nodo de red root R, actualiza la correspondiente inscripción en su tabla de enrutamiento, para así establecer una ruta unidireccional de transmisión de datos desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R, actualiza el RAN y retransmite este RAN modificado con un pequeño retardo al siguiente nodo de red. Además, borra el quinto nodo de red M5 su flag de enviado del RWN o bien lo deja activado, ya que su flag de respuesta del RWN está activado.

15 Puesto que el quinto nodo de red M5 ha recibido un mensaje de solicitud RAN enviado periódicamente del nodo de red root R y puesto que el flag de respuesta del RWN está activado, genera el quinto nodo de red M5 un mensaje de respuesta RWN y envía el mismo, por ejemplo con un pequeño retardo, al nodo de red root R. El quinto nodo de red M5 activa un flag de enviado del RWN. El nodo de red root R recibe el RWN y sobrescribe la correspondiente ruta de transmisión de datos hacia el quinto nodo de red M5 en su tabla de enrutamiento, para de esta manera actualizar su ruta unidireccional de transmisión de datos (ruta de vuelta) desde el nodo de red root R hasta el quinto nodo de red M5.

20 Debido al retardo que existe hasta el envío del RWN al nodo de red root R tras recibir el RAN, se reduce la probabilidad de que se reciban otros RANs con una métrica de ruta mejor (y el mismo número de secuencia) desde el quinto nodo de red M5 tras el envío del mensaje de respuesta de enrutamiento RWN, para de esta manera reducir la cantidad de RWNs enviados al nodo de red root R.

25 Según una primera variante de reposición del flag para el flag de respuesta del RWN, se borra el flag de respuesta del RWN con el envío del mensaje de respuesta RWN.

30 En la situación "I" recibe el quinto nodo de red M5 otro paquete de datos D1 destinado al nodo de red root R, lo cual no se ha representado más en detalle en la figura 3, y envía el paquete de datos D1 al nodo de red root R. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 se activa. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado.

35 En la situación "J" recibe el quinto nodo de red M5 otro paquete de datos D1, lo que no se ha representado en la figura 3 más en detalle, y envía el paquete de datos D1 al nodo de red root R. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado.

40 En la situación "K" recibe el quinto nodo de red M5 otro mensaje de solicitud RAN (recién generado) con un número de secuencia modificado respecto al del RAN anterior del nodo de red root R, actualiza la correspondiente inscripción en su tabla de enrutamiento, para de esta manera establecer una ruta unidireccional de transmisión de datos actualizada desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R, actualiza el RAN y envía este RAN modificado por ejemplo con un pequeño retardo al siguiente nodo de red. Además borra el quinto nodo de red M5 su flag de enviado del RWN o bien lo deja activado, ya que su flag de respuesta del RWN está activado. Puesto que el quinto nodo de red M5 recibe un mensaje de solicitud de enrutamiento RAN periódicamente enviado del nodo de red root R y puesto que el flag de respuesta del RWN está activado, genera el quinto nodo de red M5 un mensaje de respuesta de enrutamiento RWN y envía el RWN, por ejemplo con un pequeño retardo, al nodo de red root R. El nodo de red root R recibe el RWN y sobrescribe la correspondiente ruta de transmisión de datos hacia el quinto nodo de red M5 en su tabla de enrutamiento, para así actualizar su ruta unidireccional de transmisión de datos (ruta de vuelta) desde el nodo de red root R hasta el quinto nodo de red M5. Además, según la primera variante de reposición del flag para el flag de respuesta del RWN, se borra el flag de respuesta del RWN con el envío del mensaje de respuesta del RWN. El flag de enviado del RWN se activa con el envío del RWN.

55 En la situación "L" recibe el quinto nodo de red M5 otro mensaje de solicitud de enrutamiento RAN (recién generado) del nodo de red root R con un número de secuencia distinto del correspondiente al del RAN anterior, actualiza la correspondiente inscripción en su tabla de enrutamiento, para de esta manera establecer una ruta unidireccional de transmisión de datos actualizada desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R, actualiza el RAN y envía este RAN modificado con un pequeño retardo a los siguientes nodos de red. Ciertamente recibe el quinto nodo de red M5 un mensaje de solicitud RAN periódicamente enviado por el nodo de red root R, pero que puesto que no obstante el flag de respuesta del RWN está borrado, no genera el quinto nodo de red M5 ningún mensaje de respuesta RWN y no envía el correspondiente RWN al nodo de red root R. El flag de enviado del RWN se borra al recibirse el RAN.

Vayamos ahora a la figura 4, en la que en un diagrama esquemático se describe otro ejemplo de ejecución del procedimiento correspondiente a la invención en la red de comunicaciones de la figura 1, habiéndose realizado la segunda variante de reposición del flag para reponer el flag de respuesta del RWN.

5 En el diagrama de la figura 4 representan, análogamente a en la figura 3, la línea "FL" el estado del flag de respuesta del RWN y la línea M5 el quinto nodo de red M5. Además se representa la evolución en el tiempo de un temporizador TI que cuenta hacia atrás para reponer el flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5, que cuenta desde el instante inicial t hasta el tiempo de recorrido cero un espacio de tiempo t que puede ajustarse previamente. El valor
10 inicial del timeout (pausa) es mayor que el intervalo de tiempo para el envío periódico de RANS por parte del nodo de red root R, para que lleguen RANS cuando esta activado que el flag de respuesta del RWN al quinto nodo de red M5. Mediante las letras A-L se representan diversas situaciones durante la realización del procedimiento para establecer rutas bidireccionales de transmisión de datos entre el quinto nodo de red M5 y el nodo de red root R.

15 En la figura 4 no se representa el flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5. En la segunda variante de reposición del flag para reponer el flag de respuesta del RWN, puede utilizarse también el flag de respuesta del RWN en vez del flag de enviado del RWN para detectar si un paquete de datos D1 es un primer paquete de datos (el flag de respuesta del RWN está borrado) u otro paquete de datos (el flag de respuesta del RWN está activado). Se ha preajustado el flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 a borrado. Se ha preajustado el flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 a borrado.

20 En la situación "A" recibe el quinto nodo de red M5 un mensaje de consulta RAN del nodo de red root R, transmite la ruta de transmisión de datos allí especificada a su tabla de enrutamiento o bien actualiza la correspondiente inscripción en su tabla de enrutamiento, para así establecer una ruta unidireccional de transmisión de datos desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R, actualiza el RAN y retransmite este RAN modificado con un pequeño retardo al siguiente nodo de red. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 continúa borrado. EL flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado.

25 En la situación "B" recibe el quinto nodo de red M5 un paquete de datos D2 de otro nodo de red, por ejemplo del segundo nodo de red M2, y retransmite este paquete de datos D2 a otro nodo de red. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado.

30 En la situación "C" recibe el quinto nodo de red M5 de nuevo un paquete de datos D2 de otro nodo de red, por ejemplo del segundo nodo de red M2 y retransmite este paquete de datos D2 a otro nodo de red. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado.

35 En la situación "D" recibe el quinto nodo de red M5 otro mensaje de consulta RAN (recién generado) con un número de secuencia distinto del correspondiente al RAN precedente del nodo de red root R, actualiza la correspondiente inscripción en su tabla de enrutamiento, para establecer así una ruta unidireccional de transmisión de datos actualizada desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R, actualiza el RAN y envía este RAN modificado por ejemplo con un pequeño retardo al siguiente nodo de red. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece borrado.

40 En la situación "E" recibe el quinto nodo de red M5 un paquete de datos D1 de una capa más elevada (S2), es decir, una capa por encima de la capa mesh inalámbrica de la red mesh dentro de la cual los nodos de red intercambian paquetes de datos, que el quinto nodo de red M5 ha de transmitir al nodo de red root R. Esto no se ha representado en la figura 4 más en detalle.

45 Aún antes del envío del paquete de datos D1 al nodo de red root R, es decir, antes del envío del primer paquete de datos D1, genera y envía el quinto nodo de red M5 un mensaje de respuesta RWN al nodo de red root R. El nodo de red root R recibe el RWN e inscribe la correspondiente ruta de transmisión de datos hacia el quinto nodo de red M5 en su tabla de enrutamiento, para así establecer una ruta unidireccional de transmisión de datos (ruta de vuelta) desde el nodo de red root hasta el quinto nodo de red M5 y de esta manera establecer una ruta bidireccional de transmisión de datos entre el quinto nodo de red M5 y el nodo de red root R. Simultáneamente activa el quinto nodo de red M5 su flag de
50 activado del RWN. A continuación envía el quinto nodo de red M5 el paquete de datos D1 al nodo de red root R, activa su flag de respuesta del RWN y pone en marcha el temporizador TI con el tiempo de arranque t .

55 En la situación "F" recibe el quinto nodo de red M5 otro paquete de datos D1, lo que no se ha representado más en detalle en la figura 4, y envía el paquete de datos D1 al nodo de red root R. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. EL flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. El temporizador TI se repone al instante de comienzo t y se pone de nuevo en marcha.

60 En la situación "G" recibe el quinto nodo de red M5 otro paquete de datos D1, lo que no se ha representado en la figura 4 más en detalle, y envía el paquete de datos D1 al nodo de red root R. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo

de red M5 permanece activado. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. El temporizador T1 se repone al instante de comienzo t y se pone de nuevo en marcha.

5 En la situación "H" recibe el quinto nodo de red M5 otro paquete de datos D1, lo que no se ha representado más en detalle en la figura 4, y envía el paquete de datos D1 al nodo de red root R. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. EL flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. El temporizador T1 se repone al instante de comienzo t y se pone de nuevo en marcha.

10 A continuación recibe el quinto nodo de red M5 otro mensaje de solicitud de enrutamiento RAN (recién generado) con un número de secuencia distinto del correspondiente al anterior RAN del nodo de red root R, actualiza la correspondiente inscripción en su tabla de enrutamiento, para así establecer una ruta unidireccional de transmisión de datos desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R, actualiza el RAN y retransmite este RAN modificado con un pequeño retardo al siguiente nodo de red. El quinto nodo de red M5 borra su flag de enviado del RWN o bien lo deja activado, ya que su flag de respuesta del RWN está activado.

15 Puesto que el quinto nodo de red M5 ha recibido un mensaje de solicitud de enrutamiento RAN enviado periódicamente del nodo de red root R y puesto que el flag de respuesta del RWN está activado, genera el quinto nodo de red M5 un mensaje de respuesta de enrutamiento RWN y envía el RWN, por ejemplo con un pequeño retardo, al nodo de red root R. El quinto nodo de red M5 activa su flag de enviado del RWN. El nodo de red root R recibe el RWN y sobrescribe la correspondiente ruta de transmisión de datos hacia el quinto nodo de red M5 en su tabla de enrutamiento, para de esta manera actualizar su ruta de transmisión de datos (ruta de vuelta) desde el nodo de red root R hasta el quinto nodo de red M5. Según la segunda variante de reposición del flag para el flag de respuesta del RWN, permanece activado el flag de respuesta del RWN.

25 En la situación "I" recibe el quinto nodo de red M5 otro paquete de datos D1, lo cual no se ha representado más en detalle en la figura 4, y envía el paquete de datos D1 al nodo de red root R. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. El temporizador T1 se repone al instante de comienzo t y se pone de nuevo en marcha.

30 En la situación "J" recibe el quinto nodo de red M5 otro paquete de datos D1, lo que no se ha representado en la figura 4 más en detalle, y envía el paquete datos D1 al nodo de red root R. El flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. El flag de enviado del RWN del quinto nodo de red M5 permanece activado. El temporizador T1 se repone al instante de comienzo t y se pone de nuevo en marcha.

35 En la situación "K" recibe el quinto nodo de red M5 otro mensaje de solicitud de enrutamiento RAN (recién generado) con un número de secuencia modificado respecto al del RAN anterior del nodo de red root R, actualiza la correspondiente inscripción en su tabla de enrutamiento, para de esta manera establecer una ruta unidireccional de transmisión de datos actualizada desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R, actualiza el RAN y envía este RAN modificado por ejemplo con un pequeño retardo al siguiente nodo de red. Además borra el quinto nodo de red M5 su flag de enviado del RWN o bien lo deja activado, ya que su flag de respuesta del RWN está activado. Puesto que el quinto nodo de red M5 recibe un mensaje de solicitud RAN periódicamente enviado del nodo de red root R y puesto que el flag de respuesta del RWN está activado en "1", genera el quinto nodo de red M5 un mensaje de respuesta de enrutamiento RWN y envía este RWN, por ejemplo con un pequeño retardo, al nodo de red root R. El nodo de red root R recibe el RWN y sobrescribe la correspondiente ruta de transmisión de datos hacia el quinto nodo de red M5 en su tabla de enrutamiento, para así actualizar su ruta de transmisión de datos (ruta de vuelta) desde el nodo de red root R hasta el quinto nodo de red M5. Según la segunda variante de reposición del flag para el flag de respuesta del RWN, permanece activado el flag de respuesta del RWN. El flag de enviado del RWN se activa.

40 En la situación "L" ha transcurrido ya el periodo de tiempo del temporizador T1 y el flag de respuesta del RWN del quinto nodo de red M5 se borra. A continuación recibe el quinto nodo de red M5 otro mensaje de solicitud de enrutamiento RAN (recién generado) del nodo de red root R con un número de secuencia distinto al correspondiente al RAN anterior, actualiza la correspondiente inscripción en su tabla de enrutamiento, para de esta manera establecer una ruta unidireccional de transmisión de datos actualizada desde el quinto nodo de red M5 hasta el nodo de red root R, actualiza el RAN y envía este RAN modificado por ejemplo con un pequeño retardo a los siguientes nodos de red.

45 Ciertamente recibe el quinto nodo de red M5 un mensaje de solicitud de enrutamiento RAN periódicamente enviado por el nodo de red root R, pero puesto que no obstante el flag de respuesta del RWN está borrado, no genera el quinto nodo de red M5 ningún mensaje de respuesta RWN y no envía el correspondiente RWN al nodo de red root R. El flag de enviado del RWN se borra.

50 A continuación se exponen en base a un ejemplo de cálculo las ventajas del procedimiento correspondiente a la invención (ejemplo 1) respecto a un procedimiento tradicional, en el que sólo se envía una vez antes del primer paquete de datos D1 un mensaje de respuesta de enrutamiento al nodo de red root (ejemplo comparativo 1) y respecto a otro posible procedimiento en el que siempre tras recibirse un mensaje de solicitud de enrutamiento (RAN) se envía un mensaje de respuesta de enrutamiento al nodo de red root (ejemplo comparativo 2).

65

Se utilizan las siguientes abreviaturas:

- 5
10
15
- N = cantidad de nodos de red
 - H = longitud de ruta entre un nodo de red y el nodo de red de raíz (root)
 - dH = longitud promedia de ruta desde todos los nodos de red al nodo de red root; $dH \geq 1$
 - t_g = t_{total}: periodo de tiempo considerado
 - t_d = t_{datos}: tiempo durante el cual el nodo de red envía como nodo de red de origen datos al nodo de red root
 - RAI = duración del intervalo de los mensajes consulta de enrutamiento (RAN)
 - ara = cantidad de mensajes de consulta de enrutamiento (RANs) iniciados por el nodo de red root durante el espacio de tiempo considerado
 - ara = $((t_g/RAI)+1)$

Ejemplo 1

- 15
20
- Para el ejemplo 1, es decir, RANs proactivos con RWN reactivo (on-demand), resulta la cantidad de RAN: $ara * N$.
 Cantidad de RWN: $((t_g/RAI)+1) * H$.
 Cantidad sumatoria de mensajes de enrutamiento: $ara * N + ((t_d/RAI)+1) * H$.

Ejemplo comparativo 1

- 25
- Cantidad de RAN: $ara * N$.
 Cantidad de RWN: H (antes del primer paquete de datos D1).
 Cantidad sumatoria de mensajes de enrutamiento: $ara * N + H$.

Ejemplo comparativo 2

- 30
- Cantidad de RAN: $ara * N$.
 Cantidad de RWN: $ara * N * dH$.
 Cantidad sumatoria de mensajes de enrutamiento: $ara * N * (1 + dH)$.

Son valores típicos por ejemplo:

- 35
40
- N = 30
 - H = 4
 - dH = 3
 - t_g = 900 s
 - t_d = 300 s
 - RAI = 5 s

Aquí resultan los siguientes costes (cantidad sumatoria de los mensajes de enrutamiento enviados):
 (ara = 181)

- 45
- Ejemplo 1: 5674 mensajes de enrutamiento
 - Ejemplo comparativo 1: 5431 mensajes de enrutamiento
 - Ejemplo comparativo 2: 21720 mensajes de enrutamiento

Tal como muestra el ejemplo de cálculo puede lograrse mediante el ejemplo 1 (procedimiento correspondiente a la invención) una considerable reducción de la cantidad de mensajes de enrutamiento, aquí 73,9 %.

Otras características de la invención resultan de la siguiente descripción:

La idea general de esta invención, que mejora el modo non-registration (de no registro), incluye:

- 55
60
- que los RANs sólo se contesten con un RWN desde un nodo de red siempre que este nodo de red envíe paquetes de datos D1 al nodo de red de raíz (root) y este nodo de red sea el nodo de red de origen de estos paquetes de datos D1;
 - un flag (indicador) de respuesta del RWN, que determina si debe enviarse un RWN como respuesta a un RAN. OFF/0 significa que no se envía ningún RWN y ON/1 significa que se envía un RWN como respuesta al recibir un RAN al nodo de red root;
 - diversos mecanismos para activar y borrar el flag antes citado.

La regla básica es que se envía un RWN desde un nodo de red al nodo de red root cuando se da la siguiente condición:
 [flag de respuesta del RWN = ON/1] Y [[el nodo de red ha recibido RAN] O [la ruta hacia el nodo de red root se ha modificado]].

65

- 5 Los mecanismos del procedimiento correspondiente a la invención sólo son ejecutados por nodos de red que son nodos de red de origen de paquetes de datos D1 y que se envían al nodo de red root R. Es decir, los paquetes de datos llegan a este nodo de red desde una capa más elevada y este nodo de red es el primer nodo de este enlace mesh. Los nodos intermedios que reciben paquetes de datos D2 y que retransmiten los mismos según su tabla de enrutamiento a otros nodos de red, no necesitan considerar para estos paquetes de datos D2 los mecanismos descritos en el procedimiento correspondiente a la invención. En particular, no se envía en base a tales paquetes de datos D2 ningún RWN al nodo de red root y tampoco se activa el flag de respuesta del RWN. Mediante el procedimiento correspondiente a la invención resulta posible que las rutas de ida y de vuelta para la transmisión de paquetes de datos entre nodos de red y el nodo de red root discurren sobre los mismos nodos de red cuando se intercambien datos entre estos dos nodos de red. Las rutas de ida y vuelta discurren a través de la mejor ruta. Los fallos de enlaces de datos (roturas de enlace) pueden solucionarse mediante el procedimiento correspondiente a la invención tanto para la ruta de ida como también para la ruta de vuelta. Los fallos de enlaces de datos sobre la ruta de vuelta del nodo de red root al nodo de red ya no necesitan solucionarse con los mecanismos AODV-Route_Recovery (de recuperación de ruta) más costosos.
- 10
- 15 El flag de respuesta del RWN ofrece un método sencillo de decisión en cuanto a si ha de enviarse un RWN como respuesta a un RAN. Los diversos procedimientos para reponer el flag de respuesta del RWN ofrecen una configuración flexible, por ejemplo la utilización de un tiempo de seguridad tras el último paquete de datos, en el que siempre puede enviarse un RWN y con ello se mantiene hábil la ruta de vuelta desde el nodo de red root al nodo de red. Mediante la respuesta a los RANs con un RWN, pueden también actualizarse modificaciones de la ruta de transmisión de datos en los nodos intermedios para el sentido de vuelta. Mediante la mejora adicional de que se envía un RWN al nodo de red root cuando está activado el flag de respuesta del RWN, cuando varía la ruta de transmisión de datos desde el nodo red hasta el nodo red root por otra razón diferente a la de la recepción de un RAN, pueden retransmitirse variaciones de la ruta de ida a la ruta de vuelta, con lo que la misma se actualiza correspondientemente. La utilización del tiempo de validez (lifetime) del RAN o bien del RREQ proactivo para el tiempo de validez en el RWN enviado, da lugar a que la
- 20
- 25 disponibilidad en las rutas de ida y de vuelta sea de la misma duración.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para establecer una ruta bidireccional de transmisión de datos en una red de comunicaciones inalámbrica enmallada de conmutación por paquetes con un conjunto de nodos de red, de los cuales uno sirve como nodo de red de raíz (root), según el que en la red de comunicaciones:
 - se establece proactivamente una topología lógica en forma de al menos un árbol de enrutamiento, enviando el nodo de red root (R) del árbol de enrutamiento a intervalos de tiempo periódicos mensajes de solicitud de enrutamiento (RANs) a los nodos de red (M1-M7) de la red de comunicaciones, especificando los mensajes de solicitud de enrutamiento primeras rutas unidireccionales de transmisión de datos hacia el nodo de red root (R),
 - 10 – en el nodo de red (M1-M7) del árbol de enrutamiento está establecido en cada caso un primer indicador (flag) que puede colocarse en dos estados diferentes para controlar el envío de un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN), colocándose el primer flag de un nodo de red (M5) en un primer estado que puede elegirse (ON) sólo cuando el nodo de red (M5) recibe como primer nodo de red de la red de comunicaciones sobre la ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root (R) un paquete de datos (D1) para su transmisión al nodo de red root (R),
 - 15 – un nodo de red (M5) envía un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) al nodo de red root (R) al recibir uno de los mensajes de consulta de enrutamiento (RAN) cuando el primer flag está colocado en el primer estado (ON), especificando el mensaje de respuesta de enrutamiento una segunda ruta unidireccional de transmisión de datos hacia el nodo de red, con lo que queda establecida una ruta bidireccional de transmisión de datos entre el nodo de red root (R) y el nodo de red ((M5), y
 - 20 – un nodo de red no envía ningún mensaje de respuesta de enrutamiento cuando el primer flag está colocado en un segundo estado.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el primer flag de un nodo de red (M5) se coloca en un segundo estado (OFF) inmediatamente tras el envío de un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) al nodo de red root (R),
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que el primer flag de un nodo de red (M5) se coloca una vez transcurrido un primer espacio de tiempo que puede elegirse en el segundo estado (OFF) y que se inicia con el envío al nodo de red root (R) de un paquete de datos (D1) que el nodo de red (M5) ha recibido como primer nodo de red de la red de comunicaciones sobre la ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root (R), reponiéndose el primer espacio de tiempo cada vez que se envía un tal paquete de datos (D1) a un valor inicial del primer espacio de tiempo que puede elegirse.
- 35 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que un nodo de red (M5) envía un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) al nodo de red root (R) cuando el nodo de red, como primer nodo de red de la red de comunicaciones sobre la ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root, ha recibido un paquete de datos (D1) para su envío al nodo de red root y durante un segundo espacio de tiempo inmediatamente precedente a la recepción del paquete de datos no ha recibido ningún paquete de datos (D1) para su envío al nodo de red root como primer nodo de red de la red de comunicaciones sobre la ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root (R).
- 40 5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que un nodo de red (M5) envía un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) al nodo de red root (R) cuando un segundo flag establecido en el nodo de red y que puede colocarse en dos estados diferentes (ON/OFF) para controlar el envío de un mensaje de respuesta de enrutamiento, está colocado en un primer estado (O) que puede elegirse.
- 45 6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que los segundos flags de los nodos de red (M1-M7) se ajustan previamente al segundo estado (OFF) cuando se realiza una inicialización inicial de la red de comunicaciones.
- 50 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el primer flag de un nodo de red (M5) se coloca en el primer estado (ON) cuando el nodo de red envía un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) al nodo de red root (R) antes del primer paquete de datos (D1) de una comunicación de datos al nodo de red root (R).
- 55 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) se envía inmediatamente tras recibirse el mensaje de consulta de enrutamiento (RAN) al nodo de red root (R).
- 60 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) se envía con un retardo tras recibirse el mensaje de consulta de enrutamiento (RAN) al nodo de red root (R).
- 65

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9,
en el que los primeros flags de los nodos de red (M1-M7) se ajustan previamente al segundo estado (OFF) en una
inicialización inicial de la red de comunicaciones.
- 5 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10,
en el que un parámetro de tiempo de validez (lifetime) de un mensaje de respuesta de enrutamiento (RWN) que
codifica el tiempo de validez de una segunda ruta unidireccional de transmisión de datos hacia un nodo de red, se
ajusta a un parámetro de tiempo de validez contenido en el mensaje de consulta de enrutamiento (RAN) y que
10 codifica el tiempo de validez de una primera ruta unidireccional de transmisión de datos hacia el nodo de red root
(R).
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11,
que se basa en un protocolo de enrutamiento híbrido HWMP.
- 15 13. Procedimiento para establecer una ruta bidireccional de transmisión de datos en una red de comunicaciones
inalámbrica enmallada de conmutación por paquetes con un conjunto de nodos de red, de los cuales uno sirve como
nodo de red de raíz (root), según el que en la red de comunicaciones:
- se establece proactivamente una topología lógica en forma de al menos un árbol de enrutamiento, enviando el
nodo de red root (R) del árbol de enrutamiento a intervalos de tiempo periódicos mensajes de solicitud de
20 enrutamiento (RANs) a los nodos de red (M1-M7) de la red de comunicaciones, especificando los mensajes de
solicitud de enrutamiento primeras rutas unidireccionales de transmisión de datos hacia el nodo de red root (R),
 - en el nodo de red (M1-M7) del árbol de enrutamiento está establecido en cada caso un primer indicador (flag)
que puede colocarse en dos estados diferentes para controlar el envío de un mensaje de respuesta de
25 enrutamiento (RWN), colocándose el primer flag de un nodo de red (M5) en un primer estado que puede
elegirse (ON) sólo cuando el nodo de red (M5) recibe como primer nodo de red de la red de comunicaciones
sobre la ruta de transmisión de datos hacia el nodo de red root (R) un paquete de datos (D1) para su
transmisión al nodo de red root (R),
 - un nodo de red (M5), cuando el primer flag está colocado en el primer estado (ON), al detectar una modificación
de la primera ruta unidireccional de transmisión de datos hacia el nodo de red root (R), envía un mensaje de
30 respuesta de enrutamiento (RWN) al nodo de red root (R), especificando el mensaje de respuesta de
enrutamiento una segunda ruta unidireccional de transmisión de datos al nodo de red, con lo que se establece
una ruta bidireccional de transmisión de datos entre el nodo de red root (R) y el nodo de red (M5) y
 - un nodo de red no envía ningún mensaje de respuesta de enrutamiento cuando el primer flag está colocado en
un segundo estado.
- 35 14. Red de comunicaciones inalámbrica enmallada con conmutación por paquetes, en la cual los nodos de red (M1-M7)
están equipados de manera adecuada para realizar un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 13.
- 40 15. Código de programa legible por máquina para un nodo de red (M1-M7) de una red de comunicaciones según la
reivindicación 14,
que contiene órdenes de control que dan lugar a que los nodos de red realicen un procedimiento según una de las
reivindicaciones 1 a 13.
- 45 16. Nodo de red (M1-M7) de una red de comunicaciones según la reivindicación 14,
en la que se ejecuta un código de programa legible por máquina según la reivindicación 15.
17. Elemento de memoria con un código de programa legible por máquina memorizado en el mismo según la
reivindicación 15.

FIG 1

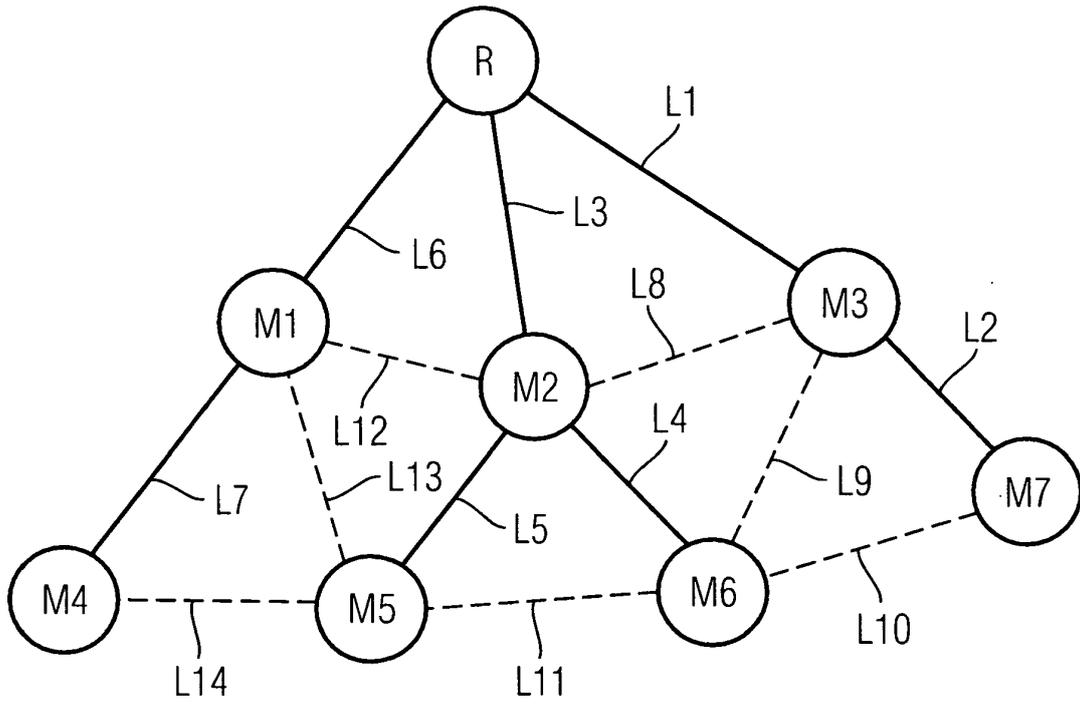


FIG 2

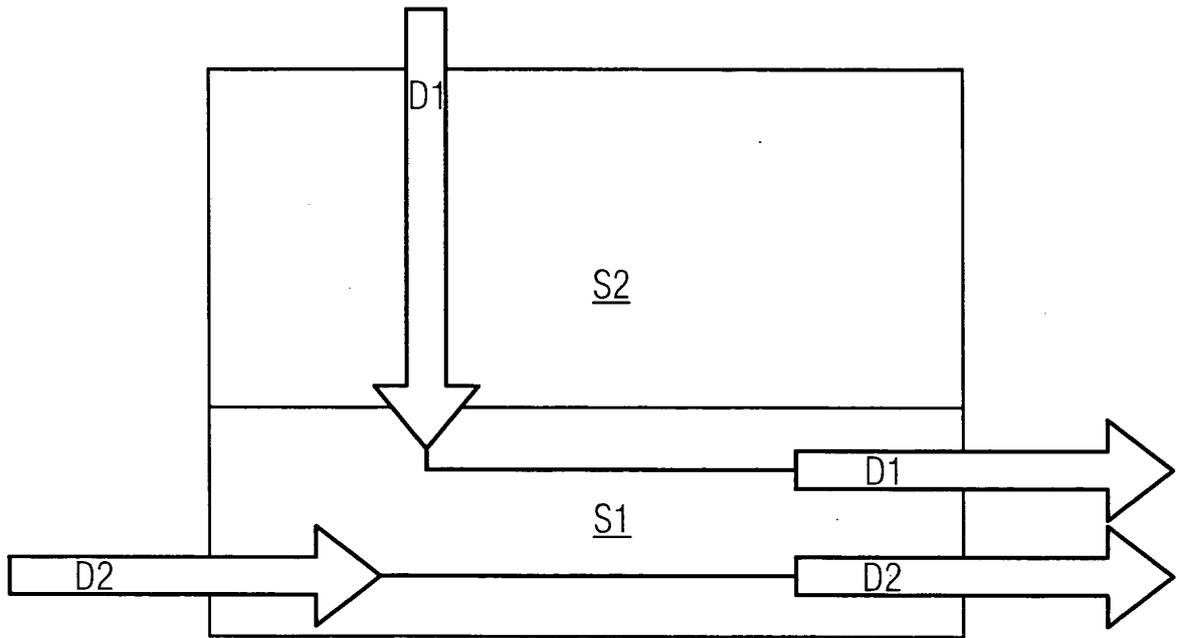


FIG 3

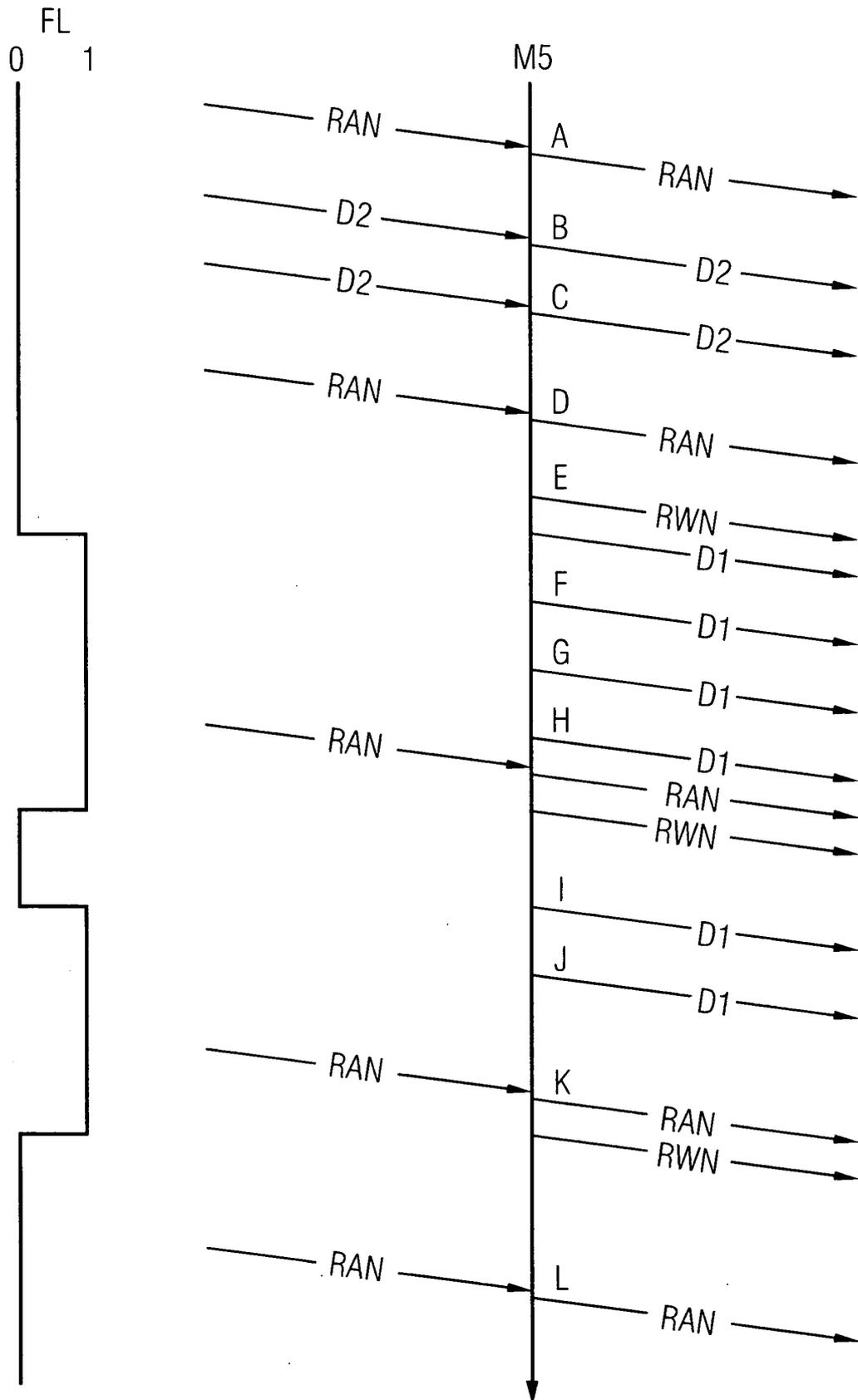


FIG 4

