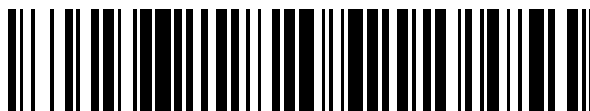


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 876**

51 Int. Cl.:

H04W 52/28 (2009.01)

H04W 52/46 (2009.01)

H04W 52/36 (2009.01)

H04W 40/32 (2009.01)

H04L 12/715 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2014 PCT/IB2014/060666**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2014 WO14167550**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2014 E 14730999 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2019 EP 2984874**

54 Título: **Método de comunicación de encaminamiento de dos niveles para una red MANET, nodo de red y red móvil que implementan este método de comunicación**

30 Prioridad:

12.04.2013 IT TO20130298

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

26.02.2020

73 Titular/es:

**LEONARDO S.P.A. (100.0%)
Piazza Monte Grappa 4
00195 Roma, IT**

72 Inventor/es:

**PRIVITERA, NICCOLÒ;
ARMANI, CLAUDIO;
ADAMO, LUCA;
MACCARI, LEONARDO y
MARABISSI, DANIA**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 744 876 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

Método de comunicación de encaminamiento de dos niveles para una red MANET, nodo de red y red móvil que implementan este método de comunicación

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un método de comunicación de encaminamiento de dos niveles para una red móvil *ad hoc* (MANET). Además, la presente invención se refiere a un nodo de red y a una red móvil que implementan este método de comunicación.

Antecedentes de la técnica

- 10 Tal como se sabe, una red MANET es una red de paquetes formada por una pluralidad de nodos, que se comunican entre sí a través de enlaces *ad hoc*. Por tanto, los nodos actúan conjuntamente entre sí para encaminar correctamente los paquetes mediante la aplicación de técnicas de retransmisión de un tipo de saltos múltiples.

- 15 En la práctica, las redes MANET se caracterizan generalmente por la alta movilidad de los nodos que las forman, así como por la ausencia de infraestructuras fijas que puedan garantizar las comunicaciones entre los nodos. Por tanto, las redes MANET se implementan generalmente en el interior de entornos extremadamente dinámicos según sea necesario. Por ejemplo, se sabe que las redes MANET se emplean en el campo automotriz, en el que también se conocen como redes vehiculares *ad hoc* (VANET).

- 20 Con el tiempo y basándose en las características típicas de las redes MANET, se han propuesto protocolos de encaminamiento que pueden garantizar las comunicaciones entre los nodos. Por ejemplo, se conoce el denominado protocolo de encaminamiento de estado de enlace optimizado (protocolo OLSR), tal como lo define el Grupo de trabajo de ingeniería de Internet (IETF) y se describe, por ejemplo, en la dirección de Internet <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3626.txt>.

Una implementación del protocolo OLSR se describe, por ejemplo, en "Optimized Link State Routing Protocol for Ad Hoc Networks", de P. Jacquet *et al*, Proyecto Hipercom, INRIA Rocquencourt, BP 105, 78153 Le Chesnay Cedex, Francia.

- 25 El protocolo OLSR es un tipo de protocolo proactivo, basado en el intercambio de paquetes de control entre los nodos, transmitiéndose de manera periódica estos paquetes en modo de difusión. Dicho de otro modo, los paquetes de control enviados por un nodo genérico se dirigen a todos los demás nodos de la red; por consiguiente, todos los nodos visibles para el nodo genérico, es decir, que pueden recibir las señales electromagnéticas transmitidas por el nodo genérico, reciben y procesan este paquete. La transmisión en difusión contempla que el paquete enviado
30 contiene una dirección específica, también conocida como dirección de difusión, conocida para todos los nodos de la red.

- En particular, el protocolo OLSR se caracteriza por el hecho de que los paquetes de control transmitidos por los nodos son muy pequeños, así como por el hecho de que sólo algunos nodos de la red retransmiten, concretamente,
35 reenvían los paquetes de control recibidos, teniendo lugar todavía la retransmisión en modo de difusión. A este respecto, aunque cada retransmisión implica, a nivel físico, una transmisión, en general en la presente descripción se refiere a la transmisión o generación de un paquete para indicar la primera generación del paquete y el contenido asociado por un primer nodo, mientras que se refiere a la retransmisión del paquete para indicar la retransmisión del paquete, que contempla una modificación sólo a la cabecera del paquete, pero no a los datos contenidos en el mismo, también conociéndose esto último como el mensaje. En cualquier caso, mientras que el verbo "retransmitir"
40 implica una retransmisión eficaz, el verbo "transmitir" también puede usarse para referirse a la acción de transmitir un paquete durante una retransmisión, y así su uso no se limita necesariamente a la transmisión de un paquete por el primer nodo que ha generado el paquete. De manera similar, el verbo "enviar" también se usa para referirse a la acción de transmitir o retransmitir un paquete sin distinción. De nuevo, la acción de generar un paquete también se conoce como originar un paquete, mientras que la acción de comunicar un paquete a un nodo no tiene en cuenta el hecho de si el nodo está cerca o lejos, y así no tiene en cuenta el hecho de si la comunicación tiene lugar de manera
45 directa o indirecta.

- En caso de fallos o interrupciones del enlace, el protocolo OLSR no genera ningún tráfico adicional con respecto a los paquetes de control ya mencionados. Además, el protocolo OLSR funciona de manera completamente distribuida y no es necesaria ninguna entidad central. Además, el protocolo OLSR sí que requiere que los paquetes de control
50 los reciban los nodos exactamente en el mismo orden de transmisión; esto se debe al hecho de que cada nodo firma sus paquetes de control con un identificador de secuencia progresivo.

- Con detalle, cada nodo selecciona, de sus vecinos, concretamente los nodos que están a sólo un salto de distancia del mismo, un conjunto de relés multipunto. En general, la proximidad de dos nodos no implica la existencia de un enlace bidireccional entre ellos, pero implica la presencia de un enlace que es al menos unidireccional y, por tanto,
55 implica que al menos uno de estos dos nodos puede recibir directamente paquetes enviados por el otro nodo, sin que tengan que retransmitirse los paquetes por un tercer nodo. Dicho esto, considerando un nodo, sólo los nodos

vecinos al nodo considerado y conectados al mismo por enlaces bidireccionales pueden seleccionarse como relés multipunto del nodo considerado.

5 Haciendo referencia a un nodo genérico N e indicando el conjunto correspondiente de relés multipunto como MPR(N), cada nodo del conjunto MPR(N), cuando recibe un paquete de control transmitido por el nodo N, lee y procesa el paquete de control, y posteriormente retransmite el paquete de control, todavía en modo de difusión. Por el contrario, los nodos vecinos del nodo N que no pertenecen al conjunto MPR(N), leen y procesan los paquetes de control enviados por el nodo N, pero no los retransmiten. Cada nodo de la red MANET almacena y luego actualiza una lista de los denominados selectores MPR. En particular, con referencia, por ejemplo, todavía al nodo N, su lista de selectores MPR está formada por nodos vecinos y que lo han seleccionado como su relé multipunto.

10 Dado, por ejemplo, todavía el nodo N, la selección del conjunto de relés multipunto tiene lugar de manera que todos los nodos que están a dos saltos de distancia del nodo N se conectan al mismo a través de los relés multipunto, cuando se pretende que una conexión esté sobre un enlace bidireccional. Por tanto, la unión de los nodos vecinos a los relés multipunto contiene todos los nodos que están a dos saltos de distancia del nodo N. Cuanto más pequeña sea la cardinalidad del conjunto de relés multipunto, mejor será el funcionamiento del protocolo OLSR.

15 Más en particular, dado, por ejemplo, todavía el nodo N, la selección del conjunto de relés multipunto tiene lugar basándose en el parámetro denominado "disposición", que indica una especie de disposición de que cada uno de los nodos vecinos del nodo N tiene que convertirse en un relé multipunto. Un procedimiento para la selección de los relés multipunto basándose en la disposición se describe en "Request for comments" (RFC) 3626 del Grupo de trabajo de ingeniería de Internet. Este procedimiento prevé que cada nodo establezca su propia disposición en un valor entero entre cero y siete y que comunique el valor establecido a los otros nodos, a través de los denominados paquetes HELLO. Además, todavía con referencia al nodo N, la selección de sus relés multipunto tiene lugar de manera que los nodos vecinos al mismo y que tengan una disposición de siete se seleccionen definitivamente como relés multipunto, y los nodos vecinos al mismo y que tengan una disposición de cero no se seleccionen como relés multipunto; en cambio, los nodos vecinos del nodo N que tienen una disposición de entre uno y seis se seleccionan con una prioridad proporcional al valor de disposición que se ha establecido, hasta que se complete el conjunto de relés multipunto.

Tal como se mencionó anteriormente, los paquetes de control incluyen los denominados paquetes HELLO, que, a diferencia de otros paquetes de control, no se retransmiten por ningún nodo de la red MANET, ni siquiera por los relés multipunto.

30 En particular, de nuevo dado el nodo N, este transmite de manera periódica sus propios paquetes HELLO. Cada paquete HELLO contiene una cabecera de control, que comprende la dirección del nodo que ha transmitido el paquete HELLO. Además, cada paquete HELLO contiene:

- una lista de las direcciones de los nodos vecinos al nodo N y conectados al nodo N a través de enlaces bidireccionales;
- 35 • una lista de las direcciones de los nodos vecinos del nodo N, que han sido escuchados por el nodo N, es decir, a qué nodo N se conecta a través de enlaces unidireccionales;
- una lista de los relés multipunto del nodo N; y
- un número de secuencia asociado con el paquete HELLO.

40 Con aras de la exhaustividad, las listas mencionadas anteriormente presentes en el paquete HELLO pueden ser parciales, siempre que todos los nodos vecinos estén indicados en paquetes HELLO transmitidos dentro de un intervalo de tiempo dado por el nodo N. Además, se usan tres indicaciones diferentes para indicar el estado de los enlaces, que corresponden respectivamente a relé unidireccional, bidireccional y multipunto. Además, para verificar que un enlace con cualquier nodo vecino Y sea bidireccional, el nodo N detecta la posible recepción de un paquete HELLO enviado por el nodo Y y que contiene la dirección del nodo N.

45 Por tanto, cada nodo puede determinar, basándose en los paquetes HELLO que recibe, sus propios selectores MPR, cuyas direcciones se almacenan en una tabla de selectores MPR.

Además, cada nodo, basándose en los paquetes HELLO que recibe, puede tener conocimiento de los enlaces con nodos que están a una distancia de hasta dos saltos de distancia. En particular, de nuevo con referencia al nodo N, esto puede mantener una tabla de vecinos, en la que almacena una pluralidad de entradas, conteniendo cada entrada la dirección de un nodo correspondiente que está a un salto de distancia (nodo vecino), así como el estado de la conexión con ese nodo vecino y una lista de las direcciones de los nodos que están a dos saltos de distancia del nodo N y que son vecinos de este nodo vecino. La tabla de vecinos también contiene un número de secuencia, que indica el conjunto más reciente de relés multipunto seleccionado por el nodo N. Cada vez que ese nodo N comunica su conjunto de relés multipunto (tal como se describe más adelante en el presente documento) a los otros nodos, también incrementa este número de secuencia. Además, todas las entradas de la tabla de vecinos están

asociadas con los tiempos de retención correspondientes, cuya expiración hace que se borren las entradas.

Por tanto, cada nodo puede seleccionar, basándose en su propia tabla de vecinos, su propio conjunto de relés multipunto, de modo que satisfaga los requisitos mencionados anteriormente. Este conjunto de relés multipunto se comunicará en paquetes HELLO posteriores que se transmitirán. En particular, la selección del conjunto de relés multipunto para el nodo N se lleva a cabo cada vez que el nodo N detecta un cambio en sus nodos vecinos debido, por ejemplo, a un fallo en un enlace bidireccional, o la adición de un enlace bidireccional con un nuevo nodo; además, el nodo N realiza una nueva selección cada vez que detecta un cambio en los nodos a dos saltos de distancia y que se conectan al mismo a través de enlaces bidireccionales. Por tanto, cada nodo actualiza sus propios relés multipunto en cada recepción de un paquete HELLO.

5 Con mayor detalle, en un tiempo t_1 , la unión de los nodos vecinos a los relés multipunto del nodo N contiene todos los nodos que están a dos saltos de distancia del nodo N, suponiendo que la información contenida en la tabla de vecinos del nodo N corresponde a los enlaces presentes en el tiempo t_1 entre el nodo N y los nodos que están a una distancia de hasta dos saltos de distancia del nodo N. Dicho de otro modo, la información contenida en la tabla de vecinos se relaciona como máximo con un tiempo t_0 , antes del tiempo t_1 , cuando es posible que la declaración mencionada anteriormente sobre la unión de los nodos vecinos sea temporalmente falsa debido, por ejemplo, al enfoque del nodo desconocido para el nodo N. En cualquier caso, la declaración mencionada anteriormente se vuelve verdadera en estado estacionario o cuando, todavía dado el nodo N por ejemplo, los cambios en el conjunto respectivo de sus nodos vecinos son lentos con respecto a los tiempos con los que los nodos transmiten los paquetes HELLO.

20 Todavía con referencia a la tabla de selectores MPR, las direcciones de los selectores MPR contenidos en la misma están asociadas con los números de secuencia correspondientes, que son iguales a los números de secuencia almacenados precisamente por los selectores MPR y comunicados por medio de los paquetes HELLO. Además, toda la tabla de selectores MPR se asocia con un número de secuencia de tabla de selectores MPR correspondiente, que es igual al número de secuencia más reciente asociado con un paquete HELLO que se ha recibido y que ha provocado un cambio en la tabla de selectores MPR.

Los paquetes de control comprenden además los denominados paquetes de control de topología (TC), que se transmiten de manera periódica por los relés multipunto en modo de difusión.

Todavía con referencia, a modo de ejemplo, al nodo N, cada paquete TC que transmite contiene:

- la dirección del nodo que lo originó;
- 30 • el conjunto de sus selectores MPR; y
- el número de secuencia de tabla de selectores MPR, que se asocia precisamente a su propia tabla de selectores MPR.

En particular, la lista de selectores MPR contenidos en el paquete TC puede ser parcial, siempre que la lista completa se envíe, a través de dos o más paquetes TC, dentro de un cierto periodo de actualización. Además, el intervalo de tiempo entre las transmisiones de dos paquetes TC sucesivos depende del hecho de si se modifica o no la tabla de selectores MPR. Por ejemplo, en el caso de la modificación de la tabla de selectores MPR, el nodo N puede transmitir un nuevo paquete TC tan pronto como haya transcurrido un periodo mínimo después de enviar el paquete TC anterior; pueden transmitirse paquetes TC posteriores con una periodicidad dada, hasta que tenga lugar un nuevo cambio en la tabla de selectores MPR.

40 Según los paquetes TC recibidos, los nodos crean y actualizan sus propias tablas de topología, en las que almacenan información referente a los relés multipunto de los otros nodos. En particular, todavía suponiendo que se refiere al nodo N, su tabla de topología comprende una o más entradas, comprendiendo cada entrada:

- una dirección de un posible destino, es decir, la dirección de un selector MPR contenido en un paquete TC recibido por el nodo N;
- 45 • la dirección de último salto relacionada con el posible destino mencionado anteriormente, que es igual a la dirección del nodo que ha enviado el paquete TC mencionado anteriormente recibido por el nodo N;
- el número de secuencia de la tabla de selectores MPR correspondiente del nodo que ha enviado el paquete TC mencionado anteriormente recibido por el nodo N; y
- un tiempo de retención correspondiente, después del cual se borra la entrada.

50 En la práctica, la presencia, en el interior de la tabla de topología, de una entrada relacionada con un nodo dado indica la posibilidad de llegar al nodo dado enviando un paquete al nodo cuya dirección es igual a la dirección de último salto contenida en la entrada. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que podría haber varias entradas dentro de la tabla de topología que tengan la misma dirección de destino posible, pero con diferentes direcciones de último

salto.

Más en particular, al recibir un paquete TC enviado por un nodo de envío, el nodo N (por ejemplo) realiza las siguientes operaciones:

- 5 • verifica si hay una entrada en su tabla de topología en la que la dirección del último salto sea igual a la dirección del nodo de envío y, en caso afirmativo, si el número de secuencia de la tabla de selectores MPR contenido en esta entrada es mayor que el número de secuencia de la tabla de selectores MPR contenido en el paquete TC recibido, en cuyo caso el paquete TC se rechaza sin ningún procesamiento adicional;
- 10 • en el caso de que exista la entrada mencionada anteriormente, si su dirección de último salto es igual a la dirección del nodo de envío y el número de secuencia de la tabla de selectores MPR contenido en esta entrada es menor que el número de secuencia de la tabla de selectores MPR contenido en el paquete TC recibido, esta entrada se borra; y
- 15 • para cada dirección de selector MPR indicada en el paquete TC recibido, el nodo N verifica si está presente un destino en su tabla de topología que tenga una dirección igual a la dirección de selector MPR considerada, y si la dirección de último salto correspondiente es igual a la dirección de el nodo de envío, en cuyo caso el tiempo de retención correspondiente se restablece a un valor inicial (predeterminado); en todos los demás casos, el nodo N crea una nueva entrada en su tabla de topología, que corresponde a la dirección de selector MPR considerada.

20 Cada uno de los nodos de la red MANET también mantiene su propia tabla de encaminamiento, que se crea y actualiza basándose en los paquetes TC recibidos, y más particularmente basándose en las tablas de topología y de vecinos. La tabla de encaminamiento almacena información referente a los trayectos, es decir, los conjuntos de enlaces sucesivos y conectados que permiten llegar a los destinos correspondientes, conociéndose también estos conjuntos como rutas.

Todavía haciendo referencia, por ejemplo, al nodo N, su tabla de encaminamiento comprende una o más entradas, cada una de las cuales incluye:

- 25 • una dirección de un destino correspondiente;
- una dirección de salto siguiente, concretamente la dirección de un nodo vecino del nodo N, al que es necesario enviar un paquete, si este paquete está destinado al nodo que tiene una dirección igual a la dirección mencionada anteriormente de un destino correspondiente, que también se denomina el nodo de destino; y
- 30 • una estimación de distancia, concretamente una estimación del número de saltos para llegar al nodo de destino.

En la práctica, hay un trayecto bidireccional entre el nodo N y el nodo de destino que pasa a través del nodo que tiene una dirección igual a la dirección de salto siguiente.

35 Cada vez que el nodo N recibe un paquete TC, para cada dirección de destino contenida en el mismo, almacena/actualiza una pareja [último salto, nodo] correspondiente, que está formado en realidad por la dirección de destino ([nodo]) y la dirección del nodo que ha enviado el paquete TC ([último salto]). Basándose en las parejas [último salto, nodo], que también se denominan parejas conectadas, el nodo N determina, dado un nodo de destino, el trayecto correspondiente para llegar al mismo. Para ello, dado, por ejemplo, un nodo de destino R, el nodo N busca una pareja conectada [X, R] y sucesivamente una pareja conectada [Z, R], y así sucesivamente, hasta que encuentra un nodo K que forma parte del conjunto MPR(N) de relés multipunto del nodo N. La dirección de salto siguiente relacionada con la entrada referente al destino R contenida en la tabla de encaminamiento del nodo N es, por tanto, igual a la dirección del nodo K.

El nodo N recalcula su tabla de encaminamiento cada vez que detecta un cambio en sus tablas de vecinos y de topología.

45 Con mayor detalle, para calcular (o recalcular) la tabla de encaminamiento, el nodo N puede ejecutar el siguiente algoritmo.

50 Inicialmente, se borran las entradas presentes posiblemente en la tabla de encaminamiento. Luego, se almacenan las nuevas entradas, comenzando por aquellas que tienen nodos vecinos del nodo N como destinos. En particular, en el caso de que estos nodos vecinos se conecten al nodo N en modo bidireccional, las entradas correspondientes contienen direcciones de destino y de salto siguiente que son las mismas, además de tener estimaciones de distancia iguales a uno.

Luego, se almacenan las entradas con respecto a los nodos que están distanciados del nodo N en distancias $h+1$, donde $h = 1$.

En particular, el nodo N almacena una entrada correspondiente para cada entrada en la tabla de topología que i) incluye una dirección de destino que no corresponde a la dirección de destino de ninguna de las entradas presentes en la tabla de encaminamiento, y ii) la dirección de último salto de las cuales corresponde a la dirección de destino de una entrada en la tabla de encaminamiento con una distancia estimada igual a h. Esta entrada correspondiente
 5 contiene una dirección de destino igual a la dirección de destino de la entrada en la tabla de topología, y una dirección de salto siguiente igual a la dirección de salto siguiente de la entrada en la tabla de encaminamiento, cuya dirección de destino es igual a dirección de último salto mencionada anteriormente.

Luego, el nodo N establece $h = h+1$ y repite las operaciones especificadas previamente. De esta manera, el nodo N llega a determinar su propia tabla de encaminamiento.

10 Con respecto al tráfico de datos, el protocolo OLSR es del tipo denominado unidifusión, es decir, se realiza la provisión de que si un nodo, por ejemplo el nodo N, necesita comunicar un paquete de datos a otro nodo W, este nodo transmite el paquete de datos al nodo (por ejemplo, G) cuya dirección es igual a la dirección de salto siguiente contenida en la entrada en la tabla de encaminamiento que tiene una dirección de destino que coincide con la dirección del nodo W. Para ello, el nodo N inserta tanto la dirección del nodo W como la dirección del nodo G en el
 15 paquete de datos, haciéndose referencia a estas todavía, respectivamente, como la dirección de destino y la dirección de salto siguiente. Además, dado que el nodo N origina el paquete de datos, inserta su propia dirección en el paquete de datos, que también se denomina la dirección de origen; esta última dirección, como la dirección de destino, no se modifica durante el transcurso de las retransmisiones. En general, se hace referencia a la transmisión (o retransmisión) del paquete de datos desde el nodo N al nodo G para indicar que el paquete se transmite (o retransmite) desde el nodo N y contiene la dirección del nodo G como la dirección de salto siguiente y, por tanto,
 20 todos los nodos vecinos del nodo N lo reciben físicamente, pero todos los nodos vecinos del nodo N, excepto el nodo G, rechazan el paquete de datos o, en cualquier caso, según la técnica de acceso múltiple adoptada, no pueden interpretarlo.

El paquete de datos lo reciben entonces todos los nodos vecinos del nodo N, pero sólo el nodo G procesa el
 25 paquete de datos y lo retransmite al nodo (por ejemplo, L) cuya dirección es igual a la dirección de salto siguiente contenida en la entrada en la tabla de encaminamiento del nodo G que tiene una dirección de destino que coincide con la dirección del nodo W. Entonces se repite procedimiento, hasta que el nodo W recibe el paquete de datos. Para limitar la duplicación de paquetes ya enviados, los relés multipunto recuerdan los paquetes que han retransmitido, ya sean paquetes TC o paquetes de datos enviados en modo de difusión, proporcionándose también esta última opción por el protocolo OLSR. En particular, cada relé multipunto tiene un parámetro conocido como
 30 tiempo de retención duplicado (DHT, por sus siglas en inglés). En la práctica, si un relé multipunto ha retransmitido un determinado paquete y recibe este determinado paquete de nuevo (es decir, recibe un duplicado del determinado paquete) y no ha transcurrido un periodo igual al tiempo DHT desde la retransmisión del determinado paquete, el relé multipunto se abstiene de retransmitir el duplicado.

35 Dicho esto, debido a la adopción de relés multipunto, el protocolo OLSR permite reducir el denominado tráfico de señales, es decir, el número de paquetes de control transmitidos. Sin embargo, en el caso en que aumenta el número de nodos de la red MANET, todavía se produce un aumento apreciable del tráfico de señales, con la consiguiente limitación de la capacidad de la red. En particular, el rendimiento del protocolo OLSR disminuye en el caso de redes de baja densidad. Por tanto, para mejorar la escalabilidad del protocolo OLSR, se han propuesto
 40 variantes del protocolo.

Por ejemplo, el artículo "Hierarchical OLSR - A scalable proactive routing protocol for heterogeneous ad hoc networks", de Ying Ge, Louise Lamont y Luis Villasenor, IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking And Communications, 2005. (WiMob'2005), vol. 3, n.º, págs. 17, 23 vol. 3, 22-24 de agosto
 45 de 2005, describe el denominado protocolo OLSR jerárquico (H-OLSR), que proporciona una estructura jerárquica de tres niveles. En general, el protocolo H-OLSR espera que la red no sea par a par, sino que comprenda nodos que tengan diferentes características de hardware, en términos de bandas, potencias de transmisión y tecnologías de transmisión. Más en particular, cada nodo pertenece normalmente a uno o más de los tres niveles mencionados anteriormente, según su propia banda y potencia de transmisión; por tanto, es posible que un nodo pertenezca a
 50 más de un nivel si está equipado con un número correspondiente de interfaces de comunicación que tienen diferentes bandas y potencias de transmisión.

Con mayor detalle, según el protocolo H-OLSR, las comunicaciones dentro del nivel inferior tienen lugar de conformidad con el protocolo OLSR. En particular, los nodos del nivel inferior forman grupos, en cuyo interior los nodos se comunican según el protocolo OLSR. Cada grupo elige una cabeza de grupo respectiva, que se encarga de las comunicaciones con los nodos de diferentes grupos.

55 El protocolo H-OLSR también espera que, en uso, se forme una estructura de red troncal, que ocupa los dos niveles superiores y permite la comunicación entre diferentes grupos. Con mayor detalle, la estructura de la red troncal se crea y mantiene en cada uno de los dos niveles superiores, nivel por nivel de manera independiente y usando una tecnología de transporte que es diferente físicamente o en la práctica de la usada en los otros niveles. Esto permite mejorar la escalabilidad del protocolo, pero conlleva la necesidad de tener nodos con diferentes características de hardware, en particular con respecto a la capacidad de comunicación. Además, la selección de las cabezas de grupo
 60

no es libre, sino que está vinculada a las características de los nodos, ya que un nodo que pertenece sólo al nivel inferior no puede ser una cabeza de grupo. A su vez, esto implica una limitación en la posibilidad de reconfigurar dinámicamente la red.

Divulgación de la invención

5 Por tanto, el objeto de la presente invención es proporcionar un método de comunicación de tipo OLSR, es decir basado en el uso de relés multipunto, que resuelva al menos parcialmente los inconvenientes de la técnica conocida.

El artículo "A dominating-set-based routing scheme in ad hoc wireless networks", de Jie Wu *et al.*, Telecommunications Systems, vol. 18, n.1/3, 01-01-2001, páginas 13-36 da a conocer un algoritmo distribuido para calcular un conjunto dominante conectado en redes inalámbricas *ad hoc*, en el que las conexiones de nodos están
10 determinadas por sus distancias geográficas.

El documento "Hierarchical OLSR draft-lacharite-manet-holsr-02", Internet Engineering Task Force (IETF), Standard Working Draft, Internet Society (ISOC), n.º 2, 13 de julio de 2009 da a conocer un encaminamiento de estado de enlace optimizado jerárquico (HOLSR) para redes *ad hoc* móviles heterogéneas, que aprovecha las distintas capacidades de comunicación del encaminador para reducir la tara del control de encaminamiento en grandes redes
15 *ad hoc* heterogéneas.

El artículo "Reliable and energy efficient backup clustering scheme for wireless sensor networks" de A. Sadat *et al.*, Proceedings of International Conference on Information Networking, 27-10-2010, páginas 1-6 da a conocer un esquema de cabeza de grupo de respaldo en el que el papel de la cabeza de grupo rota entre nodos miembros seleccionados dentro del grupo para una disipación de energía equilibrada.

20 El artículo "Diversity through coded cooperation", de Todd E. Hunter, IEEE Transactions on Wireless Communications, 01-01-2006, vol. 5, n.º 2, página 283 da a conocer la cooperación codificada, en la que la cooperación se logra a través de métodos de codificación de canal en lugar de una retransmisión o repetición directa.

Según la presente invención, se proporcionan un método de comunicación, un nodo de red, un producto de software y una red de telecomunicaciones, tal como se definen respectivamente en las reivindicaciones adjuntas.
25

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la invención, ahora se describirán algunas realizaciones, simplemente a modo de ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- Las figuras 1 y 8 muestran esquemáticamente las redes de telecomunicaciones;
- 30 • la figura 2 muestra esquemáticamente una pila de protocolos;
- la figura 4 muestra esquemáticamente la estructura de una trama de comunicación según este método de comunicación; y
- las figuras 3, 5, 6, 7a-7b, 9 y 10 muestran diagramas de flujo de operaciones según este método de comunicación.

35 Mejor modo para realizar la invención

Este método de comunicación se describe a continuación en el presente documento con referencia, únicamente a modo de ejemplo, a la red de telecomunicaciones 1 que se muestra en la figura 1, que es una red móvil inalámbrica de paquetes e incluye una pluralidad de nodos 2, que son al menos potencialmente móviles y se comunican entre sí por medio de señales electromagnéticas. Se supone además, sin ninguna pérdida de generalidad, que los nodos 2
40 son iguales entre sí con respecto a las características del hardware; por tanto, la red de telecomunicaciones móviles 1 es una red MANET de par a par del tipo en malla. Además, los enlaces 3 presentes entre parejas de nodos 2 también se indican en la figura 1. En la práctica, la presencia de un enlace 3 correspondiente entre cualquier pareja de nodos 2 indica la posibilidad, para cada uno de los dos nodos de la pareja, de recibir señales electromagnéticas enviadas por el otro nodo de la pareja. Sin ninguna pérdida de generalidad, por tanto, está implícito que los enlaces 3 son bidireccionales; por otro lado, la determinación de la bidireccionalidad de los enlaces puede tener lugar de una
45 manera que se conoce en sí misma, basándose en el intercambio de paquetes HELLO.

También debe tenerse en cuenta que este método de comunicación es del tipo OLSR y, así, excepto cuando se especifique de otro modo, los términos usados comúnmente en el protocolo OLSR se usan en el presente documento con los mismos significados previstos por el protocolo OLSR. Por tanto, excepto cuando se especifique
50 de otro modo, esta descripción se refiere sólo a las diferencias entre este método de comunicación y el protocolo OLSR.

- Con detalle, tal como se muestra en la figura 2, cada nodo 2 implementa una pila de protocolos formada por una capa física L1, una capa de enlace de datos L2 que se encuentra encima de la capa física y una capa de red L3 que se encuentra encima de la capa de enlace de datos. Además, la capa de enlace de datos L2 está formada a su vez por una subcapa de control de acceso al medio SL_a, también conocida como subcapa MAC, y por una subcapa de control de enlace lógico SL_b, también conocida como subcapa LLC, que se encuentra encima de la subcapa MAC. Entre otras cosas, las capas y subcapas mencionadas anteriormente realizan tipos conocidos de funciones, según los tipos conocidos de protocolos de comunicación; a continuación en el presente documento se describirán operaciones adicionales llevadas a cabo por las capas y subcapas mencionadas anteriormente según este método de comunicación.
- A continuación, se supone, sin ninguna pérdida de generalidad, que cada nodo 2 está equipado con una única interfaz I (figura 2), a través de la cual se comunica con los otros nodos 2 de la red de telecomunicaciones 1. En particular, la interfaz I de cada nodo implementa la pila de protocolos que se muestra en la figura 2. Además, tal como se mencionó anteriormente, se ha supuesto, sin ninguna pérdida de generalidad, que las interfaces de los nodos son las mismas.
- La interfaz I de cada nodo 2 puede transmitir señales electromagnéticas con un nivel de potencia entre unos niveles de potencia primero y segundo, siendo el segundo nivel de potencia mayor que el primer nivel de potencia.
- Sin ninguna pérdida de generalidad, también se supone que la capa de red L3 se adapta al denominado protocolo de Internet (IP) y que los paquetes transmitidos por los nodos 2 son, por tanto, del tipo IP y que los nodos 2 se asocian con las direcciones IP correspondientes. Más adelante en el presente documento, la referencia al hecho de que las direcciones son (por ejemplo) direcciones IP está implícita.
- Dicho esto, este método de comunicación proporciona la creación de dos o más grupos 8 dentro de la red de telecomunicaciones 1, cada uno de los que está formado por una pluralidad correspondiente de nodos 2. Además, dado cualquier grupo 8, los nodos 2 de este grupo 8 eligen, mediante la implementación de un algoritmo distribuido, un nodo de cabeza de grupo que, por brevedad, se denominará más adelante en el presente documento la cabeza de grupo. En la figura 1, las cabezas de grupo se indican como CH, mientras que los nodos que no son cabezas de grupo, a los que se hará referencia más adelante en el presente documento como nodos convencionales, se indican como ST, y usándose el número de referencia 2 para indicar los nodos en general.
- Ser una cabeza de grupo o nodo convencional implica, para cada nodo, que se le ha asignado, siguiendo los procedimientos descritos más adelante en el presente documento, una función correspondiente y que retiene la memoria de este papel, mediante cualquier método de codificación de información; por ejemplo, cada nodo puede almacenar un parámetro que indica el papel correspondiente. Más adelante en el presente documento, excepto cuando se especifique de otro modo, la referencia a los papeles de los nodos estará implícita y, por tanto, se hará referencia directa a cabezas de grupo y a nodos convencionales, en lugar de referirse a nodos con papeles de cabeza de grupo y nodos con papeles de nodo convencional.
- Las cabezas de grupo CH, junto con los enlaces 3 correspondientes que las conectan, forman una estructura de red troncal. Además, dado cualquier grupo 8, se hace referencia a la dirección de grupo correspondiente para indicar la dirección de la cabeza de grupo CH de este grupo 8.
- Cada nodo convencional ST pertenece a un grupo 8 respectivo, es decir, se afilia con la cabeza de grupo CH de ese grupo 8; por tanto, el papel de nodo convencional es equivalente al papel de nodo afiliado. Además, dado un grupo 8, este comprende nodos convencionales ST que están a sólo un salto de distancia de la cabeza de grupo CH respectiva, haciéndose referencia también a estos como nodos directos a la red troncal, así como posiblemente, nodos que están a dos o más saltos de distancia de la cabeza de grupo CH.
- Más adelante en el presente documento, por brevedad, se hace referencia a nodos convencionales del primer tipo (indicado como ST1) para indicar los nodos convencionales que están a sólo un salto de distancia de las cabezas de grupo CH respectivas, y se hace referencia a nodos convencionales del segundo tipo (indicado como ST2) para indicar los nodos convencionales que están a más de un salto de distancia de las cabezas de grupo CH respectivas; mientras que se hace referencia a nodos convencionales ST para indicar nodos convencionales en general, independientemente de las distancias desde las cabezas de grupo CH respectivas.
- En general, la creación de los grupos 8 y la elección de las cabezas de grupo CH, descritas más adelante en el presente documento, pueden coordinarse por la capa de red L3.
- Antes de describir la creación de los grupos 8 con detalle, debe tenerse en cuenta que este método de comunicación es del tipo de división en el tiempo, es decir, del tipo denominado en franjas. En particular, tal como se muestra en la figura 3, los nodos 2 definen (bloque 20), de una manera que se conoce en sí misma, una trama de comunicación 10, de la que se muestra un ejemplo en la figura 4. Para ello, los nodos 2 tienen, de una manera que se conoce en sí misma, bases de tiempo mutuamente sincronizadas.
- La trama de comunicación 10 puede repetirse de manera periódica a lo largo del tiempo y está formada por una pluralidad de intervalos de tiempo 12, también conocidos como franjas 12. Además, la estructura de la trama de

comunicación 10 se establece de manera adaptativa por las cabezas de grupo CH, basándose en el número de cabezas de grupo CH y nodos convencionales ST afiliados con las mismas. Sin embargo, este método de comunicación deja de lado los detalles referentes a la determinación de la estructura de la trama de comunicación 10. Además, puesto que puede haber periodos de tiempo en los que, tal como se explica más adelante en el presente documento, los nodos todavía no conocen sus papeles, así como los periodos de tiempo en los que se producen cambios en el papel, la estructura de la trama de comunicación 10 puede variar dinámicamente con el tiempo.

En general, en el estado estacionario (es decir, asumiendo papeles fijos conocidos), la trama de comunicación 10 comprende franjas dedicadas a la señalización, que se denominan franjas de señalización, así como franjas dedicadas a las comunicaciones, que se denominan franjas de tráfico. En particular, las franjas de señalización están dedicadas a la transmisión de paquetes HELLO e información referente al funcionamiento de la red de telecomunicaciones 1, mientras que las franjas de tráfico están dedicadas a la transmisión o retransmisión de paquetes TC y paquetes de datos. Además, las franjas de señalización pueden usarse por los nodos que todavía no han determinado su papel, o están comprometidos en determinar su papel, así como por las cabezas de grupo CH durante las operaciones de definición y actualización de la trama de comunicación 10, no mostrándose esta última operación en la figura 3.

La trama de comunicación 10 comprende además una o más franjas dedicadas a las comunicaciones de enlace ascendente con las cabezas de grupo CH, que se denominan franjas C de enlace ascendente, y una o más franjas dedicadas a las comunicaciones de enlace descendente con las cabezas de grupo CH, que se denominan franjas C de enlace descendente.

En la figura 4, las franjas de señalización se indican mediante S0 y las franjas de tráfico se indican mediante S1, mientras que las franjas C de enlace ascendente y descendente se indican mediante S2 y S3, respectivamente. A modo de ejemplo simplemente, la trama de comunicación 10 mostrada en la figura 4 está formada por nueve franjas 12 y comprende, en particular, dos franjas de señalización S0, cinco franjas de tráfico S1, una franja C de enlace ascendente S2 y una franja C de enlace descendente S3; esta trama de comunicación 10 se refiere, por tanto, al caso en el que la red de telecomunicaciones 1 comprende una única cabeza de grupo CH, puesto que al menos una franja C de enlace descendente S3 y al menos una franja C de enlace ascendente S2 se asocian con cada cabeza de grupo CH.

Como al menos una franja C de enlace descendente S3 y al menos una franja C de enlace ascendente S2 se asocian con cada cabeza de grupo CH, y considerando que hay periodos de tiempo en los que aún puede no haberse determinado ninguna cabeza de grupo CH, la trama de comunicación 10 puede carecer de franjas C de enlace descendente y franjas C de enlace ascendente en estos periodos. Independientemente de esto, los siguientes tipos de comunicación pueden producirse durante cada franja de tráfico S1:

- transmisión o retransmisión, en modo de difusión, multidifusión o unidifusión, de un paquete TC o de datos por cualquier nodo convencional ST de cualquier grupo 8 a cualquier otro nodo convencional ST vecino al mismo y perteneciente al mismo grupo, basándose el tipo de transmisión/retransmisión, por ejemplo, en el tipo de paquete transmitido/retransmitido, de conformidad con el protocolo OLSR (por ejemplo, en el caso de un paquete TC, la transmisión/retransmisión tiene lugar en modo de difusión); y
- transmisión o retransmisión, en modo de difusión, multidifusión o unidifusión, de un paquete TC o de datos por cualquier cabeza de grupo CH a cualquier otra cabeza de grupo CH vecina, basándose el tipo de transmisión/retransmisión, por ejemplo, en el tipo de paquete transmitido/retransmitido, de conformidad con el protocolo OLSR.

Más en particular, cuando un nodo convencional ST o una cabeza de grupo CH transmite o retransmite durante una franja de tráfico S1, realiza un acceso, que puede tener lugar, por ejemplo, de conformidad con un tipo conocido de protocolo MAC, como el denominado protocolo de acceso múltiple con escucha de portadora (CSMA, por sus siglas en inglés) o el protocolo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA, por sus siglas en inglés), por ejemplo.

En cambio, con respecto a las franjas C de enlace ascendente S2 y considerando cualquier grupo 8, las primeras se asignan a las comunicaciones entre los nodos convencionales del primer tipo ST1 y la cabeza de grupo CH del grupo 8. Se implementa un esquema de comunicación multipunto a punto durante cada franja C de enlace ascendente S2.

En particular, dado cualquier grupo 8 y cualquier franja C de enlace ascendente S2, y dado un número NMAX1, es posible que un número de nodos convencionales NMAX1 como máximo del primer tipo ST1 transmitan o retransmitan (por ejemplo, en modo de unidifusión) a la cabeza de grupo CH del grupo 8.

Más en particular, se realiza multiplexación en cada franja C de enlace ascendente S2, por ejemplo implementando el denominado acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA, por sus siglas en inglés). Sin embargo, son posibles realizaciones en las que, por ejemplo, se implementan acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) o acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDMA, por sus siglas en inglés).

A continuación, se supone, sin pérdida de generalidad, que se implementa el acceso FDMA.

Por tanto, en el ejemplo que se muestra en la figura 4, con $N_{MAX1} = 4$ y durante la franja C de enlace ascendente S2, cuatro nodos convencionales diferentes del primer tipo ST1 pueden enviar paquetes a la cabeza de grupo CH del grupo al que pertenecen. Para ello, los cuatro nodos convencionales del primer tipo ST1 transmiten usando cuatro frecuencias diferentes, indicadas como $f_{1u}-f_{4u}$, que también se denominan frecuencias de enlace ascendente. La asignación de las frecuencias de enlace ascendente $f_{1u}-f_{4u}$ a la cabeza de grupo CH pueden realizarla los cuatro nodos convencionales del primer tipo ST1, por ejemplo, basándose en la información contenida en su tabla de vecinos, y puede comunicarse por la cabeza de grupo CH a estos mismos nodos usando comunicaciones que tienen lugar, de una manera que se conoce en sí misma, en las franjas de señalización S0.

- 5 En la práctica, la interfaz I de cada nodo 2 puede sintonizarse para recibir en una pluralidad de frecuencias simultáneamente; de esta manera, la cabeza de grupo CH puede recibir correctamente los paquetes dirigidos a la misma durante el franja C de enlace ascendente S2.

En cambio, con respecto a las franjas C de enlace descendente S3 y considerando cualquier grupo 8, las primeras se asignan a las comunicaciones entre la cabeza de grupo CH del grupo 8 y los nodos convencionales del primer tipo ST1. Se implementa un esquema de comunicación multipunto a punto durante cada franja C de enlace descendente S3.

- 15 En particular, dado cualquier grupo 8 y cualquier franja C de enlace descendente S3 y dado un número N_{MAX2} , es posible que la cabeza de grupo CH transmita o retransmita (por ejemplo, en modo de unidifusión) paquetes a N_{MAX2} nodos convencionales diferentes como máximo del primer tipo ST1.

En particular, dado cualquier grupo 8 y cualquier franja C de enlace descendente S3 y dado un número N_{MAX2} , es posible que la cabeza de grupo CH transmita o retransmita (por ejemplo, en modo de unidifusión) paquetes a N_{MAX2} nodos convencionales diferentes como máximo del primer tipo ST1.

- 20 Más en particular, se realiza multiplexación en cada franja C de enlace descendente S3, por ejemplo implementando el denominado acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). Sin embargo, son posibles realizaciones en las que, por ejemplo, se implementan acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) o acceso múltiple por división de frecuencias ortogonales (OFDMA).

A continuación, se supone, sin pérdida de generalidad, que se implementa un acceso FDMA en cada franja C de enlace descendente S3.

- 25 En la práctica, la interfaz I de cada nodo 2 puede transmitir simultáneamente en una pluralidad de frecuencias; de esta manera, la cabeza de grupo CH puede enviar simultáneamente paquetes dirigidos a varios nodos convencionales del primer tipo ST1, en cada franja C de enlace descendente S3.

En la práctica, la interfaz I de cada nodo 2 puede transmitir simultáneamente en una pluralidad de frecuencias; de esta manera, la cabeza de grupo CH puede enviar simultáneamente paquetes dirigidos a varios nodos convencionales del primer tipo ST1, en cada franja C de enlace descendente S3.

- 30 Por tanto, en el ejemplo mostrado en la figura 4, con $N_{MAX1} = 4$ y durante la franja C de enlace descendente S3, la cabeza de grupo CH transmite o retransmite simultáneamente hasta cuatro paquetes, usando cuatro frecuencias diferentes, indicadas como $f_{1d}-f_{4d}$, que también se denominan frecuencias de enlace descendente. Por ejemplo, las cuatro frecuencias de enlace descendente $f_{1d}-f_{4d}$ puede ser respectivamente iguales a las cuatro frecuencias de enlace ascendente $f_{1u}-f_{4u}$.

La asignación de las frecuencias de enlace descendente $f_{1d}-f_{4d}$ a los cuatro nodos convencionales del primer tipo ST1 puede realizarla la cabeza de grupo CH, por ejemplo, basándose en la información contenida en su tabla de vecinos. Además, notificar a los nodos convencionales del primer tipo ST1 las frecuencias de enlace descendente $f_{1d}-f_{4d}$ asignadas respectivamente también puede realizarlo la cabeza de grupo CH, mediante el uso de comunicaciones que tienen lugar, de una manera que se conoce en sí misma, en las franjas de señalización S0. De esta manera, los nodos convencionales del primer tipo ST1 pueden sintonizarse eficazmente en las frecuencias de recepción de enlace descendente $f_{1d}-f_{4d}$ correspondientes.

- 35 Debe tenerse en cuenta que las frecuencias de enlace descendente, al igual que las frecuencias de enlace ascendente, pueden reutilizarse entre diferentes grupos.

Antes de avanzar más con la descripción de las comunicaciones, debe tenerse en cuenta que los nodos 2 están configurados preferiblemente para funcionar tanto en el modo de tipo plano tradicional, de conformidad con el protocolo OLSR, como según este método de comunicación. En particular, cada nodo 2 está configurado para conmutar el modo operativo, siendo posible implementar la conmutación en la capa de red L3. Sin embargo, por simplicidad, se supone más adelante en el presente documento que los nodos 2 funcionan de manera continua según este método de comunicación, excepto cuando se especifique de otro modo.

- 45 De nuevo con referencia a las operaciones mostradas en la figura 3 y la creación de los grupos 8, cada nodo 2 realiza las operaciones descritas más adelante en el presente documento, con referencia a un nodo genérico 2.

El nodo 2 se asigna a sí mismo (bloque 22) un primer marcador, que se denomina más adelante en el presente documento marcador F, es decir, asume el papel de nodo convencional.

- 50 Después de eso, el nodo 2 transmite (bloque 26) al menos un paquete HELLO, con el segundo nivel de potencia, e inserta su papel en este paquete HELLO, tal como se describe más adelante en el presente documento. Además, el

- 5 nodo 2 recibe (bloque 27) paquetes HELLO transmitidos por nodos vecinos; estos paquetes HELLO contienen, tal como se describe con mayor detalle más adelante en el presente documento, información referente a los papeles de los nodos que los han transmitido. Además, la transmisión de paquetes HELLO por todos los nodos de la red de telecomunicaciones 1 siempre tiene lugar con el segundo nivel de potencia y, por tanto, independientemente de los papeles respectivos.
- 10 Luego, de una manera que se conoce en sí misma, el nodo 2 determina (bloque 28) un conjunto de nodos vecinos conectados en modo bidireccional, basándose en los paquetes HELLO transmitidos por los nodos vecinos; para ello, el nodo 2 determina su propia tabla de vecinos. De una manera que se conoce en sí misma, el conjunto de nodos vecinos se codifica como un conjunto de direcciones correspondientes; de hecho, en esta descripción, cada nodo se asocia de manera biunívoca con la dirección correspondiente y, por tanto, la referencia a la dirección está implícita generalmente, excepto cuando se especifique de otro modo.
- 15 Después de eso, basándose en los paquetes HELLO recibidos de los nodos vecinos, el nodo 2 verifica (bloque 30) si hay dos nodos vecinos no conectados entre sí.
- En el caso de que no existan dos nodos vecinos no conectados entre sí (salida NO del bloque 30), el nodo 2 mantiene (bloque 34) el marcador F, es decir, conserva el papel de nodo convencional y sus afiliados (bloque 36) con una cabeza de grupo CH respectiva.
- 20 La afiliación se lleva a cabo de una manera que se conoce en sí misma, preferiblemente de una manera que, dado un grupo 8, cada nodo convencional ST no está a más de dos saltos de distancia de la cabeza de grupo CH correspondiente, o de manera que cada nodo convencional ST se afilia con la cabeza de grupo CH más cercana. Además, la afiliación se almacena y codifica por los nodos convencionales ST de cualquier manera.
- A continuación, excepto cuando se especifique de otro modo, se supone que la afiliación tiene lugar de manera que cada nodo convencional ST no esté a más de dos saltos de distancia de la cabeza de grupo CH correspondiente. En este caso, cada nodo puede determinar su posible afiliación basándose en los paquetes HELLO recibidos, por tanto, sin necesidad de haber recibido paquetes TC, y antes de que tenga lugar la selección de los relés multipunto.
- 25 Después de la afiliación, el nodo 2 transmite (bloque 37) un paquete de afiliación, con el segundo nivel de potencia. Los paquetes de afiliación sólo se retransmiten dentro de los grupos donde se generan, para llegar a las cabezas de grupo CH respectivas.
- 30 Sin embargo, son posibles realizaciones en las que las afiliaciones no se comunican mediante el envío de paquetes de afiliación, sino a través de los mismos paquetes TC. Además, en el caso de que cada nodo convencional ST no esté a más de dos saltos de distancia de la cabeza de grupo CH respectiva, es posible que cada nodo genere cada uno de sus paquetes HELLO para que contengan, para cada dirección de nodo vecino, las direcciones de grupo notificadas a ese nodo vecino por sus nodos vecinos con los paquetes HELLO respectivos. En este caso, las afiliaciones se notifican a las cabezas de grupo CH sin enviar siquiera los paquetes de afiliación.
- 35 De nuevo con referencia a la figura 3, en el caso de que existan dos nodos vecinos no conectados entre sí (salida SÍ del bloque 30), el nodo 2 se asigna a sí mismo (bloque 40) un segundo marcador, que se denomina más adelante en el presente documento el marcador T, es decir, se une a un conjunto dominante (DS), descrito con mayor detalle más adelante en el presente documento.
- 40 Después de eso, el nodo 2 transmite (bloque 44) paquetes HELLO adicionales, que comprenden información referente al hecho de que el nodo 2 es un nodo convencional. La transmisión de los paquetes HELLO tiene lugar, tal como se explicó anteriormente, con el segundo nivel de potencia.
- El nodo 2 también recibe (bloque 45) más paquetes HELLO, transmitidos por nodos vecinos.
- Basándose en los paquetes HELLO recibidos, el nodo 2 crea (bloque 46) una lista de papeles vecinos, en la que se almacena lo siguiente:
- 45 i) las direcciones de los nodos convencionales del primer tipo ST1 vecinos al nodo 2 que han enviado paquetes HELLO señalizando su función;
- ii) las direcciones de las cabezas de grupo CH vecinas al nodo 2 que han enviado paquetes HELLO señalizando su función;
- iii) los papeles de los nodos a los que se hace referencia en los puntos i) y ii).
- Por tanto, la lista de papeles vecinos contiene el conjunto de nodos vecinos mencionado anteriormente.
- 50 En general, para crear y actualizar la lista de papeles vecinos, el nodo 2 puede adoptar reglas según las cuales, por ejemplo, un nodo vecino genérico no se inserta en la lista a menos que se reciba un número predeterminado de paquetes HELLO desde este último dentro de un intervalo de tiempo predeterminado. Además, todavía a modo de ejemplo, el nodo 2 puede actualizar una entrada referente a un nodo almacenado con un primer papel sólo después

de haber recibido un número predeterminado (por ejemplo, dos) de paquetes HELLO consecutivos desde este nodo que indican un papel diferente. Dicho de otro modo, de una manera que se conoce en sí misma, el nodo 2 puede implementar mecanismos de histéresis, durante el almacenamiento de información en la lista de papeles vecinos.

5 El nodo 2 transmite (bloque 48) paquetes de lista, en los que inserta la lista de papeles vecinos, así como su propia dirección. La transmisión tiene lugar con el segundo nivel de potencia; Además, los paquetes de lista no se retransmiten.

10 Además, el nodo 2 recibe (bloque 49) paquetes de lista transmitidos por nodos vecinos. A este respecto, debe subrayarse que en la figura 3 las operaciones se muestran en secuencia para simplificar la representación, aunque algunas de las operaciones, o partes de las mismas, pueden llevarse a cabo en un orden al menos parcialmente diferente con respecto al mostrado; dicho de otro modo, el diagrama de flujo especificado en la figura 3 es meramente cualitativo. Por ejemplo, la transmisión de los paquetes HELLO adicionales y los paquetes de lista, al igual que la recepción de estos paquetes, puede tener lugar de manera mutuamente entrelazada.

15 El nodo 2 verifica (bloque 50), basándose en los paquetes de lista enviados por otras cabezas de grupo CH, si el conjunto de nodos vecinos que ha determinado i) está incluido en el conjunto de nodos vecinos determinado por una cabeza de grupo CH, o ii) está incluido en la unión de los conjuntos de nodos vecinos determinada por dos cabezas de grupo CH y el nodo 2 tiene una dirección inferior que las direcciones de estas otras dos cabezas de grupo CH. Debe tenerse en cuenta que, en cualquier caso, son posibles realizaciones en las que la condición con respecto a las razones entre las direcciones del nodo 2 y de las otras dos cabezas de grupo CH es diferente con respecto a la indicada anteriormente.

20 En el caso en el que el conjunto de nodos vecinos determinado por el nodo 2 no está incluido en el conjunto de nodos vecinos determinado por una cabeza de grupo CH, o está incluido en la unión de los conjuntos de nodos vecinos determinada por dos cabezas de grupo CH, pero la dirección del nodo 2 no es inferior a las direcciones de estas dos cabezas de grupo CH (salida NO del bloque 50), el nodo 2 asume el papel de cabeza de grupo (bloque 52) y, por tanto, los paquetes HELLO posteriores portarán información referente al hecho que un nodo 2 es una cabeza de grupo.

25 Viceversa, en el caso en el que el conjunto de nodos vecinos determinado por el nodo 2 está incluido en el conjunto de nodos vecinos determinado por una cabeza de grupo CH, o está incluido en la unión de los conjuntos de nodos vecinos determinada por dos cabezas de grupo CH y la dirección del nodo 2 es inferior a las direcciones de estas otras dos cabezas de grupo CH (salida SÍ del bloque 50), el nodo 2 se asigna a sí mismo (bloque 54) el marcador F, es decir, asume el papel de nodo afiliado. Además, puesto que la pertenencia al conjunto dominante se asocia de manera biunívoca con la asignación del marcador T, siguiendo las operaciones a las que se hace referencia en el bloque 54, el nodo 2 abandona el conjunto dominante.

Después de las operaciones a las que se hace referencia en el bloque 54, el nodo 2, que es un nodo convencional, realiza las operaciones de afiliación a las que se hace referencia en los bloques 36 y 37.

35 En la práctica, las operaciones a las que se hace referencia en los bloques 22-30 definen un algoritmo para determinar un conjunto dominante, y las operaciones a las que se hace referencia en los bloques 40-54 definen un algoritmo (opcional) para la reducción posterior del conjunto dominante, realizándose estos algoritmos de manera continua en segundo plano por los nodos 2. En el caso de que no se realice la reducción del conjunto dominante, existe concurrencia entre pertenecer al conjunto dominante y ser una cabeza de grupo. Además, pertenecer al conjunto dominante generalmente puede codificarse como una especie de papel adicional.

40 Las operaciones a las que se hace referencia en los bloques 22-54 se repiten entonces a lo largo del tiempo. La ejecución de estos algoritmos no implica ningún tráfico adicional con respecto al contemplado por el protocolo OLSR. Además, las operaciones a las que se hace referencia en los bloques 22-54 puede realizarlas la capa de red L3, basándose en la información proporcionada por la subcapa MAC SL_a (en particular, los paquetes HELLO). La información referente a la posible elección para la cabeza de grupo se comparte entonces entre las capas/subcapas del nodo.

45 Los nodos del conjunto dominante y los enlaces asociados forman un tipo conectado de estructura de red troncal, es decir, de manera que cualquier pareja de nodos se conecta por un trayecto que puede comprender varios enlaces consecutivos. Esto significa que, en el caso de que cada nodo convencional ST no esté a más de dos saltos de distancia de la cabeza de grupo CH correspondiente, cualquier nodo 2 no está a más de dos saltos de distancia de la estructura de la red troncal.

Tal como se mencionó anteriormente, cuando se elige un nodo genérico para la cabeza de grupo, transmite sus paquetes HELLO de manera que contengan esta información, así como su dirección MAC, actuando esta última dirección como identificador de grupo (o ID de grupo) para el grupo al que pertenece el nodo.

55 Más en particular, según este método de comunicación, dado cualquier nodo 2, cada paquete HELLO generado por este nodo 2 contiene los siguientes campos:

- un primer campo de paquete HELLO, formado por dos bits y alternativamente igual a:
 - “00”, para indicar que la red de telecomunicaciones 1 funciona en modo plano;
 - “01”, para indicar que la red de telecomunicaciones 1 opera según este método de comunicación y que el nodo que ha transmitido el paquete HELLO es una cabeza de grupo;
- 5 – “10”, para indicar que la red de telecomunicaciones 1 opera según este método de comunicación y que el nodo que ha transmitido el paquete HELLO es un nodo convencional; y
- “11”, para indicar que la red de telecomunicaciones 1 está cambiando del modo plano al que es según este método de comunicación;
- 10 – un segundo campo de paquete HELLO, formado por un bit y que puede contener una bandera de conjunto dominante, que indica si el nodo que ha transmitido el paquete HELLO pertenece o no al conjunto dominante; por tanto, se establece este campo al final de las operaciones a las que se hace referencia en el bloque 40, para indicar la pertenencia o no al conjunto dominante; y
- 15 – un tercer campo de paquete HELLO, formado por dieciséis bits, que contiene el identificador de grupo, es decir, la dirección del nodo, si el nodo que ha transmitido el paquete HELLO es una cabeza de grupo, o la dirección de cabeza de grupo con la que se afilia el nodo si el nodo que ha transmitido el paquete HELLO es un nodo convencional.

Se deduce que, tal como se mencionó anteriormente, cada nodo inserta información en los paquetes HELLO que genera referente a su papel, así como información referente a su afiliación, estando contenida esta última información, en particular, en los paquetes HELLO transmitidos después de las operaciones de afiliación a las que se hace referencia en el bloque 36 (operación no mostrada).

Después de las operaciones a las que se hace referencia en el bloque 52, cada cabeza de grupo CH recibe (bloque 53a) paquetes de afiliación generados por nodos convencionales afiliados con la misma y determina (bloque 53b) una lista de nodos afiliados, que contiene el conjunto de direcciones de los nodos convencionales ST afiliado con la misma; además, cada cabeza de grupo transmite (bloque 53c) un paquete de notificación que contiene la lista de nodos afiliados. El paquete de notificación se transmite con el segundo nivel de potencia a todas las cabezas de grupo CH, que luego lo procesan; además, el paquete de notificación se retransmite a todas las cabezas de grupo CH.

Tal como se muestra en la figura 5 y todavía haciendo referencia a un nodo genérico 2, este nodo determina (bloque 60), de una manera que se conoce en sí misma, los niveles de potencia necesarios para comunicarse con sus nodos vecinos, que se denominan más adelante en el presente documento potencias de comunicación. En particular, cada vez que se recibe un paquete HELLO transmitido por un nodo vecino, el nodo 2 actualiza y almacena una potencia de comunicación correspondiente, que representa el nivel mínimo de potencia con el que el nodo 2 debe transmitir para comunicarse con este nodo vecino, es decir para garantizar que este nodo vecino pueda recibir correctamente la información transmitida. La determinación de las potencias de comunicación tiene lugar de una manera que se conoce en sí misma, basándose en técnicas de adaptación de potencia. Por ejemplo, el nodo 2 puede determinar el nivel de potencia con el que ha recibido el paquete HELLO y la atenuación correspondiente con respecto al segundo nivel de potencia, con la que se transmitió el paquete HELLO. Basándose en la atenuación, el nodo 2 puede determinar una estimación de la distancia física que lo separa del nodo que ha transmitido el paquete HELLO y/o el denominado desvanecimiento y, por tanto, puede determinar la potencia de comunicación correspondiente.

De nuevo haciendo referencia a un nodo genérico 2, después de que este se haya convertido en una cabeza de grupo (bloque 52), o se haya afiliado con una cabeza de grupo (bloque 36), establece (bloque 70) su disposición basándose en el papel adoptado. En particular, este método de comunicación espera que las cabezas de grupo CH establezcan su disposición en siete, concretamente el máximo valor posible, y que los nodos convencionales ST adopten valores más bajos, por ejemplo, predefinidos por un operador de red.

Además, el nodo 2 determina (bloque 72) sus propios relés multipunto. Esta operación tiene lugar basándose en los paquetes HELLO recibidos, incluidos, por ejemplo, los paquetes HELLO recibidos durante las operaciones a las que se hace referencia en los bloques 27 y 45. Debido a que las cabezas de grupo CH establecen la disposición respectiva al máximo valor posible, los nodos convencionales del primer tipo ST1 de cualquier grupo 8 seleccionan su cabeza de grupo CH como su relé multipunto. Además, dada cualquier cabeza de grupo CH, sus cabezas de grupo CH vecinas seleccionan esta cabeza de grupo CH como su relé multipunto.

La concentración de los relés multipunto cerca de las cabezas de grupo CH permite reducir la señalización global transmitida dentro de la red de telecomunicaciones 1.

El nodo 2 determina además (bloque 74) sus propios selectores MPR, de una manera que se conoce en sí misma.

Con respecto a los paquetes TC, los nodos 2 comienzan a transmitir/retransmitir (bloque 76) estos paquetes después de que se hayan convertido en relés multipunto, en caso de que esto suceda. Además, según este método de comunicación, cada paquete TC contiene los siguientes campos:

- 5 – un primer campo de paquete TC, formado por al menos un bit y que puede contener una bandera de cabeza de grupo, que puede indicar si el nodo que ha transmitido el paquete TC es una cabeza de grupo o un nodo convencional; y
- un segundo campo de paquete TC, formado por un bit y que puede contener una bandera de conjunto dominante, que indica si el nodo que ha transmitido el paquete TC pertenece o no al conjunto dominante.

10 Se deduce que si un nodo transmite un paquete TC y, por tanto, es un relé multipunto, inserta información en este paquete TC referente a su papel.

15 Para garantizar una adecuada compatibilidad con versiones anteriores, los campos primero, segundo y tercero del paquete HELLO se crean dentro de los veinticuatro bits de cada paquete HELLO que, según el protocolo OLSR, están reservados para soportar extensiones de protocolo. De manera similar, el primer y el segundo campos de paquete TC se crean dentro de los dieciséis bits de cada paquete TC que, según el protocolo OLSR, están reservados para soportar extensiones de protocolo. De esta manera, los nodos que no pueden funcionar según este método de comunicación ignoran estos campos y, por tanto, no participan en la generación del conjunto dominante.

De nuevo con referencia a la figura 5, el nodo 2 recibe (bloque 77) paquetes TC transmitidos o retransmitidos desde nodos que son vecinos.

20 Con respecto al procesamiento de los paquetes TC, las cabezas de grupo CH procesan los paquetes TC según las siguientes reglas, descritas con referencia a una cabeza de grupo CH genérica de un grupo 8 genérico.

Con detalle, los paquetes TC originados por nodos convencionales ST afiliados con diferentes cabezas de grupo que han llegado a la cabeza de grupo CH, posiblemente después de una o más retransmisiones realizadas por otros nodos (ya sean cabezas de grupo o de otro tipo), se rechazan sin usar la información contenida en los mismos y sin retransmitirlos.

25 Los paquetes TC originados por otras cabezas de grupo CH que han llegado la cabeza de grupo CH, posiblemente después de que una o más retransmisiones realizadas por otras cabezas de grupo CH, se retransmiten, y la información contenida en los mismos se procesa para actualizar las tablas de topología y encaminamiento.

Los paquetes TC originados por nodos convencionales ST afiliados con la cabeza de grupo CH se procesan de conformidad con el protocolo OLSR y se retransmiten.

30 En la práctica, cada cabeza de grupo CH determina (bloque 78) su propia tabla de topología y su propia tabla de encaminamiento basándose en la información contenida en los paquetes TC generados por otras cabezas de grupo CH, o por nodos convencionales ST afiliados con la misma. Por tanto, la tabla de encaminamiento de cada cabeza de grupo CH comprende sólo otras cabezas de grupo CH y los nodos convencionales ST de su grupo 8 como posibles destinos. Además, cada dirección de salto siguiente se asocia con la potencia de comunicación relacionada con el nodo correspondiente. Dicho de otro modo, cada cabeza de grupo CH conoce los niveles de potencia suficientes para comunicarse con cada uno de los nodos cuyas direcciones son iguales a las direcciones de salto siguiente contenidas en su tabla de encaminamiento.

40 Con respecto al procesamiento de paquetes TC por los nodos convencionales ST, cada uno de ellos rechaza, sin retransmitirlos, los paquetes TC enviados desde nodos para los que no es un relé multipunto. Con respecto a los paquetes TC enviados desde nodos para los que el nodo convencional ST es un relé multipunto, este último procesa y retransmite los paquetes TC originados por su cabeza de grupo CH o por nodos convencionales ST que pertenecen a su grupo, pero rechaza y no retransmite los paquetes TC originados por cabezas de grupo distintas de su cabeza de grupo CH, o por nodos convencionales ST afiliados con una cabeza de grupo distinta de la suya.

Después de las operaciones anteriores, sucede que:

- 45 – la tabla de encaminamiento de cualquier nodo convencional ST sólo puede almacenar entradas con direcciones de destino iguales a las direcciones de los nodos que pertenecen al mismo grupo 8 al que pertenece el nodo convencional ST;
- 50 – la tabla de cualquier cabeza de grupo CH sólo puede almacenar entradas con direcciones de destino iguales a las direcciones de los nodos que pertenecen al mismo grupo 8 al que pertenece la cabeza de grupo CH, o iguales a las direcciones de otras cabezas de grupo CH. Todavía con referencia a los paquetes TC, la transmisión o retransmisión de un paquete TC por cualquier nodo convencional ST tiene lugar con un nivel de potencia igual al máximo de las potencias de comunicación determinadas por el mismo nodo convencional ST con respecto a sus nodos vecinos que pertenecen al mismo grupo 8. En cambio, la transmisión o retransmisión de un paquete TC por cualquier nodo de cabeza de grupo CH tiene lugar con un nivel de potencia igual al

máximo de las potencias de comunicación determinadas por la misma cabeza de grupo CH con respecto a los nodos convencionales del primer tipo ST1 que se afilian con la misma y a sus cabezas de grupo CH vecinas.

5 Las operaciones descritas implican que las comunicaciones entre los nodos convencionales ST que pertenecen a diferentes grupos pasan a través de las cabezas de grupo CH, es decir, el tráfico correspondiente se canaliza sobre la estructura de la red troncal. Además, tal como se explicó anteriormente, las transmisiones y posibles retransmisiones de paquetes tienen lugar en las franjas de tráfico o en las franjas C de enlace ascendente o enlace descendente, según si el nodo que transmite o retransmite cada vez es, respectivamente, un nodo convencional del segundo tipo ST2, un nodo convencional del primer tipo ST1 o una cabeza de grupo CH.

10 Con detalle, dado un nodo de inicio genérico que transmite un paquete de datos dirigido a un nodo de llegada y, por tanto, que contiene una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada, el encaminamiento del paquete de datos tiene lugar tal como se muestra en la figura 6, con referencia a un nodo intermedio genérico que recibe (bloque 98) el paquete de datos que se ha transmitido o retransmitido por un nodo de envío vecino al nodo intermedio y contiene una dirección de salto siguiente igual a la dirección del nodo intermedio.

15 Con mayor detalle, el nodo intermedio verifica (bloque 100) si su propia dirección coincide con la dirección de destino contenida en el paquete de datos, en cuyo caso (salida SÍ del bloque 100) el nodo intermedio coincide con el nodo de llegada y, por tanto, no retransmite el paquete de datos. Si no, si la dirección del nodo intermedio es diferente de la dirección de destino contenida en el paquete de datos (salida NO del bloque 100), el nodo intermedio, que es un relé multipunto del nodo de envío, verifica (bloque 104) su propio papel.

20 Si el nodo intermedio es un nodo convencional ST (salida SÍ del bloque 104), verifica (bloque 106) si hay una entrada en su tabla de encaminamiento con una dirección de destino igual a la dirección de destino del paquete de datos, es decir, igual a la dirección del nodo de llegada; de manera similar, el nodo intermedio verifica si el nodo de llegada pertenece a su grupo.

25 Si hay una entrada en la tabla de encaminamiento del nodo intermedio que tiene una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada (salida SÍ del bloque 106), esto significa que el nodo de llegada se afilia con la misma cabeza de grupo CH con la que se afilia el nodo intermedio, o que el nodo de llegada es la cabeza de grupo con la que se afilia el nodo intermedio. En este caso, el nodo intermedio realiza las operaciones mostradas en la figura 7a, para retransmitir el paquete de datos al nodo (que se denomina más adelante en el presente documento el nodo siguiente por brevedad) que tiene una dirección igual a la dirección de salto siguiente de la entrada en la tabla de encaminamiento que tiene una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada.

30 Con detalle, el nodo intermedio verifica (bloque 109a) si el nodo siguiente es una cabeza de grupo CH y luego, si el nodo siguiente es una cabeza de grupo CH (salida SÍ del bloque 109a), retransmite (bloque 109b) el paquete de datos al nodo siguiente en una franja C de enlace ascendente S2. De lo contrario, si el nodo siguiente es un nodo convencional ST (salida NO del bloque 109a), el nodo intermedio retransmite (bloque 109c) el paquete de datos al nodo siguiente en una franja de tráfico S1. Tanto en el bloque 109b como en el bloque 109c, la retransmisión tiene lugar con un nivel de potencia igual a la potencia de comunicación asociada con el nodo siguiente.

35 De nuevo con referencia a la figura 6, si el nodo intermedio es un nodo convencional ST y no hay ninguna entrada en la tabla de encaminamiento del nodo intermedio que tenga una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada (salida NO del bloque 106), esto significa que el nodo de llegada se afilia con una cabeza de grupo CH diferente de la cabeza de grupo con la que se afilia el nodo intermedio, o es una cabeza de grupo CH diferente de la cabeza de grupo con la que se afilia el nodo intermedio. En este caso, el nodo intermedio realiza las operaciones mostradas en la figura 7b para retransmitir el paquete de datos al nodo (que todavía se denomina el nodo siguiente) cuya dirección es igual a la dirección de salto siguiente de la entrada en la tabla de encaminamiento que tiene una dirección de destino igual a la dirección de la cabeza de grupo CH del nodo intermedio.

40 Con detalle, el nodo intermedio verifica (bloque 111a) si es un nodo convencional del primer tipo ST1. Si el nodo intermedio es un nodo convencional del primer tipo ST1 (salida SÍ del bloque 111a), el nodo intermedio retransmite (bloque 111b) el paquete de datos al nodo siguiente en una franja C de enlace ascendente S2. Si no, si el nodo intermedio es un nodo convencional del segundo tipo ST2 (salida NO del bloque 111a), el nodo intermedio retransmite (bloque 111c) el paquete de datos al nodo siguiente en una franja de tráfico S1. En particular, si el nodo intermedio es un nodo convencional del primer tipo ST1, el paquete de datos se retransmite a la cabeza de grupo CH del nodo intermedio. Además, tanto en el bloque 111b como en el bloque 111c, la retransmisión tiene lugar con un nivel de potencia igual a la potencia de comunicación asociada con el nodo siguiente.

45 De nuevo con referencia a la figura 6, si el nodo intermedio es una cabeza de grupo (salida NO del bloque 104), verifica (bloque 120) si hay una entrada en su tabla de encaminamiento con una dirección de destino igual a la dirección de destino del paquete de datos, es decir, igual a la dirección del nodo de llegada.

55 Si no hay ninguna entrada en la tabla de encaminamiento del nodo intermedio que tenga una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada (salida NO del bloque 120), esto significa que el nodo de llegada se afilia con una cabeza de grupo CH diferente del nodo intermedio. En este caso, el nodo intermedio determina (bloque 122) la dirección de la cabeza de grupo CH con la que se afilia el nodo de llegada, basándose en los paquetes de

notificación recibidos. Si esta última operación no es posible, significa que la red está desconectada.

Después de eso, el nodo intermedio retransmite (bloque 124) el paquete de datos al nodo que tiene una dirección igual a la dirección de salto siguiente de la entrada en la tabla de encaminamiento que tiene una dirección de destino igual a la dirección de la cabeza de grupo CH del nodo de llegada. La retransmisión tiene lugar en una franja de tráfico S1 y con un nivel de potencia igual a la potencia de comunicación asociada con el nodo que tiene una dirección igual a la dirección de salto siguiente de la entrada en la tabla de encaminamiento que tiene una dirección de destino igual a la dirección de la cabeza de grupo CH del nodo de llegada.

Finalmente, si el nodo intermedio es una cabeza de grupo y hay una entrada en su tabla de encaminamiento con una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada (salida SÍ del bloque 120), esto significa que el nodo de llegada se afilia con el nodo intermedio, o que es una cabeza de grupo CH. En este caso, el nodo intermedio retransmite (bloque 126) el paquete de datos al nodo cuya dirección es igual a la dirección de salto siguiente de la entrada en la tabla de encaminamiento que tiene una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada. La retransmisión tiene un nivel de potencia igual a la potencia de comunicación asociada con el nodo que tiene una dirección igual a la dirección de salto siguiente de la entrada en la tabla de encaminamiento que tiene una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada. Además, la retransmisión tiene lugar, alternativamente, en una franja C de enlace descendente S3 si el nodo de llegada se afilia con el nodo intermedio, o en una franja de tráfico S1 si el nodo de llegada es una cabeza de grupo CH.

Aunque las operaciones mostradas en las figuras 6, 7a y 7b hacen referencia explícita a un nodo intermedio, también las lleva a cabo cualquier nodo que genere primero un paquete de datos, excepto las operaciones a las que se hace referencia en el bloque 98 y las operaciones de verificación a las que se hace referencia en el bloque 100. En este caso, las operaciones de retransmisión mencionadas en los bloques 109a, 109b, 111a, 111b, 124 y 126 se reemplazan por las operaciones de transmisión correspondientes.

Con referencia, meramente a modo de ejemplo, a la figura 8, las comunicaciones de unidifusión entre un primer y un segundo nodos STA y STB tienen lugar de la siguiente manera. Debe tenerse en cuenta que el primer nodo STA pertenece a un primer grupo 8a, es un nodo convencional del segundo tipo y está a dos saltos de distancia de la cabeza de grupo (indicada como CHA) del primer grupo 8a, mientras que el segundo nodo STB pertenece a un segundo grupo 8b y es un nodo convencional del primer tipo y, por tanto, está a sólo un salto de distancia de la cabeza de grupo (indicada como CHB) del segundo grupo 8b. También se supone que dentro de cada uno de los grupos primero y segundo 8a y 8b, cualquiera de los dos nodos vecinos puede comunicarse directamente usando el primer nivel de potencia, y que las cabezas de grupo de los grupos primero y segundo 8a y 8b, pueden comunicarse directamente usando el segundo nivel de potencia.

Con detalle, el paquete de datos, que contiene la dirección del segundo nodo STB, se transmite inicialmente en modo de unidifusión, con el primer nivel de potencia y en una franja de tráfico S1, y se recibe por un nodo convencional del primer tipo ST1, interpuesto entre el primer nodo STA y la cabeza de grupo CHA del primer grupo 8a, que posteriormente lo retransmite, todavía con el primer nivel de potencia, y en una franja C de enlace ascendente S2, de modo que el paquete de datos llega a la cabeza de grupo CHA.

Después de eso, la primera cabeza de grupo CHA retransmite el paquete de datos en modo de unidifusión, con el segundo nivel de potencia y en una franja de tráfico S1, para que lo reciba la cabeza de grupo CHB del segundo grupo 8b. Las cabezas de grupo CHA y CHB de los grupos primero y segundo 8a y 8b son vecinas y, por tanto, no se tiene lugar la retransmisión por cabezas de grupo intermedias.

La cabeza de grupo CHB del segundo grupo 8b reconoce que el segundo nodo STB pertenece a su grupo y, por tanto, retransmite el paquete de datos con el primer nivel de potencia. En particular, la cabeza de grupo CHB del segundo grupo 8b retransmite el paquete de datos en una franja C de enlace descendente S3, de modo que el paquete de datos llega al segundo nodo STB.

Según una realización diferente, cada cabeza de grupo CH actualiza sus propias tablas de topología y de vecinos con una frecuencia menor con respecto a la prevista por el protocolo OLSR e implementada por los nodos convencionales ST.

En particular, cada cabeza de grupo CH procesa los paquetes HELLO de conformidad con el protocolo OLSR, pero, a diferencia de los nodos convencionales ST, no realiza las actualizaciones correspondientes del conjunto de nodos vecinos y el conjunto de nodos que están a dos saltos de distancia de la cabeza de grupo CH cada vez que recibe un paquete HELLO, pero más bien con una periodicidad al menos igual a un primer periodo de actualización y basándose en todos los paquetes HELLO recibidos durante cada primer periodo de actualización. De una manera que se conoce en sí misma y del mismo modo a como sucede en el caso de los nodos convencionales ST, cada cambio en el conjunto de nodos vecinos y el conjunto de nodos que están a dos saltos de distancia de la cabeza de grupo CH puede implicar modificaciones en los relés multipunto de la cabeza de grupo CH, que se determinan en cada cambio en cualquiera de estos dos conjuntos, así como en los nodos para los que la cabeza de grupo CH es un relé multipunto.

Cada cabeza de grupo CH también procesa los paquetes TC de conformidad con el protocolo OLSR, pero, a

- diferencia de los nodos convencionales ST, no lleva a cabo las actualizaciones correspondientes en la tabla de topología después de la recepción de cada paquete TC, sino más bien con una periodicidad al menos igual a un segundo periodo de actualización y basándose en todos los paquetes TC recibidos durante cada segundo periodo de actualización. Los periodos de las actualizaciones primera y segunda pueden ser, por ejemplo, iguales. De una manera que se conoce en sí misma y del mismo modo a como sucede en el caso de los nodos convencionales ST, cada cambio en la tabla de topología de la cabeza de grupo CH puede implicar modificaciones en la tabla de encaminamiento, que se recalcula con cada cambio en la tabla de topología .
- Según esta realización, cada cabeza de grupo CH transmite preferiblemente paquetes TC con una frecuencia menor que la usada por los nodos convencionales ST. En particular, haciendo referencia al intervalo TC para indicar la periodicidad con la que los nodos 2 transmiten paquetes TC, y suponiendo que el intervalo TC de los nodos convencionales ST es igual a B, se define un factor de agregación Af. Además, la cabeza de grupo CH establece los intervalos TC respectivos para que sean iguales a Af·B; por ejemplo, Af·B puede ser igual al segundo periodo de actualización mencionado anteriormente. De esta manera, se logra la agregación de señalización, ya que este método de comunicación contempla la concentración de tráfico de señales en las cabezas de grupo CH.
- Además, cada cabeza de grupo CH establece preferiblemente los tiempos de retención de sus tablas de vecinos y de topología, es decir, los tiempos más allá de los que se borran las entradas que no se actualizan, de modo que sean proporcionales respectivamente a los tiempos de las actualizaciones primera y segunda. Además, cada cabeza de grupo CH establece el denominado tiempo de retención duplicado para que sea proporcional al segundo tiempo de actualización mencionado anteriormente y sea, por ejemplo, igual a 5·Af·B. Tal como se mencionó anteriormente, el tiempo de retención duplicado es un parámetro conocido en sí mismo, basándose en el cual cualquier relé multipunto bloquea la retransmisión de paquetes TC. De hecho, dado un relé multipunto que recibe un paquete TC desde uno de sus selectores MPR; el primero sólo retransmite este paquete TC si no ha recibido un paquete TC igual a este paquete TC en un periodo anterior a la recepción de este paquete TC que tiene una duración igual al tiempo de retención duplicado.
- En la práctica, esta realización se caracteriza por un menor tráfico generado por las cabezas de grupo CH y se basa en la suposición de que, debido a la mayor estabilidad de la estructura de red troncal, es posible de manera eficaz reducir el tráfico generado por las cabezas de grupo CH y, por tanto, la congestión de la red de telecomunicaciones 1, sin reducir la calidad de las comunicaciones.
- Según otra realización, los nodos convencionales ST de cualquier grupo 8 pueden comunicarse con los nodos convencionales ST de otros grupos 8, siempre que sean vecinos.
- Por ejemplo, todavía con referencia a la figura 8 y suponiendo que los nodos primero y segundo STA y STB son vecinos y están conectados de manera bidireccional, el primer nodo STA puede comunicarse directamente con el segundo nodo STB, sin interposición de las cabezas de grupo CHA y CHB de los grupos primero y segundo 8a y 8b. En particular, el primer nodo STA puede determinar si se transmiten paquetes de datos en modo de unidifusión directamente al segundo nodo STB, o si se encaminan hacia su cabeza de grupo CHA, tal como se describió anteriormente. El primer nodo STA puede elegir entre los dos modos de encaminamiento basándose, por ejemplo, en las políticas de gestión referentes a la calidad de servicio (QoS) y/o basándose en la congestión de la estructura de red troncal. Por ejemplo, en el caso en que los paquetes de datos se refieren a servicios de tiempo crítico, el primer nodo STA selecciona el modo de encaminamiento que implica el trayecto más corto.
- Para permitir el encaminamiento directo entre nodos vecinos de diferentes grupos, cada nodo convencional ST no rechaza los paquetes TC que provienen de los nodos convencionales ST que pertenecen a grupos distintos al suyo, sino que los procesa y usa la información contenida en los mismos, sin embargo, sin retransmitirlos. Por tanto, las tablas de topología y encaminamiento de cada nodo convencional ST también pueden contener rutas directas a los nodos convencionales ST que pertenecen a grupos distintos al suyo, siempre que estos nodos sean vecinos.
- Con detalle, según esta realización, la tabla de encaminamiento del primer nodo STA también contiene una entrada que tiene una dirección de destino igual a la dirección del segundo nodo STB, que también se denomina el nodo de proximidad STB.
- Con mayor detalle, la tabla de encaminamiento del primer nodo STA contiene una entrada que tiene una dirección de destino y una dirección de salto siguiente ambas iguales a la dirección del nodo de proximidad STB. Además, para comunicarse con el nodo de proximidad STB, el primer nodo STA realiza las operaciones mostradas en la figura 9.
- El primer nodo STA determina (bloque 140) si encaminar el paquete a su cabeza de grupo CHA, o transmitirlo directamente al nodo de proximidad STB.
- En el caso en que el primer nodo STA selecciona el encaminamiento a su cabeza de grupo CHA (salida SÍ del bloque 140), verifica (bloque 142) si es en sí mismo un nodo convencional del primer tipo ST1.
- Si el primer nodo STA es un nodo convencional del primer tipo ST1 (salida SÍ del bloque 142), el primer nodo STA transmite (bloque 144) el paquete de datos a su cabeza de grupo CHA en un franja C de enlace ascendente S2, con

la potencia nivel asociado con la cabeza de grupo CHA.

Si no, si el primer nodo STA es un nodo convencional del segundo tipo ST2 (salida NO del bloque 142), el primer nodo STA transmite (bloque 146) el paquete de datos al nodo (que se denomina más adelante en el presente documento el nodo siguiente) que tiene una dirección igual a la dirección de salto siguiente de la entrada en la tabla de encaminamiento que tiene una dirección de destino igual a la dirección de la cabeza de grupo CHA. La transmisión tiene lugar en una franja de tráfico S1 y con la potencia de comunicación asociada con el nodo siguiente.

En el caso donde el primer nodo STA selecciona transmisión directa (salida NO del bloque 140), el primer nodo STA no transmite el paquete de datos al nodo que tiene una dirección igual a la dirección de salto siguiente de la entrada en la tabla de encaminamiento que tiene una dirección de destino igual a la dirección de la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo STA, pero transmite (bloque 148) el paquete de datos al nodo de proximidad STB. La transmisión tiene lugar con la potencia de comunicación asociada con el nodo de proximidad STB y en una franja de comunicación S1.

Según una variante de la realización comentada con referencia a la figura 9, el paquete de datos puede retransmitirse una o más veces en el interior del grupo que contiene el nodo de proximidad que, por tanto, puede estar a más de un salto de distancia del nodo convencional ST. En este caso, la tabla de encaminamiento del primer nodo STA contiene una entrada que tiene una dirección de destino igual al nodo de proximidad y una dirección de salto siguiente igual a la dirección de un nodo de contorno, siendo este último nodo un vecino del primer nodo STA, que pertenece al mismo grupo del nodo de proximidad y que se interpone entre el primer nodo STA y el nodo de proximidad. Por tanto, la transmisión a la que se hace referencia en el bloque 148 tiene lugar de manera que el paquete de datos tenga una dirección de destino igual a la dirección del nodo de proximidad y una dirección de salto siguiente igual a la dirección del nodo de contorno.

Según esta variante, todavía es preferible introducir un mecanismo del tipo denominado de tiempo de vida, que limita el número máximo de retransmisiones a las que puede someterse un paquete TC dentro de un grupo distinto de grupo en el que se generó. La limitación de retransmisión del paquete TC permite limitar el aumento del tráfico de señales.

Según un aspecto adicional de este método de comunicación y aplicable a cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente, se lleva a cabo una verificación en cada grupo 8 sobre la elección de una cabeza de grupo adicional con respecto a la cabeza de grupo CH, haciéndose referencia a la primera como la cabeza de grupo de respaldo. Por ejemplo, la cabeza de grupo de respaldo puede ser el nodo que es vecino a la cabeza de grupo CH, se afilia con la cabeza de grupo CH y, después de la cabeza de grupo CH, tiene el mayor número de vecinos a un salto de distancia y se afilia con la cabeza de grupo CH. Además, la cabeza de grupo de respaldo se selecciona por la cabeza de grupo CH, que notifica esta selección a los otros nodos del grupo, por ejemplo, mediante el establecimiento de una bandera correspondiente en el interior de los paquetes HELLO.

La cabeza de grupo de respaldo establece su disposición al máximo valor posible, para elegirse como relé multipunto por sus nodos vecinos, así como por la misma cabeza de grupo CH, a lo que se hace referencia más adelante en el presente documento como la cabeza de grupo principal. De esta manera, entre otras cosas, la cabeza de grupo de respaldo retransmite los paquetes TC transmitidos o retransmitidos por la cabeza de grupo principal.

Los nodos que están a un salto de distancia de la cabeza de grupo principal y son vecinos de la cabeza de grupo de respaldo pueden tener dos entradas en el interior de sus tablas de topología que tienen la dirección de la cabeza de grupo principal como dirección de destino. En este caso, cada uno de estos nodos tiene dos rutas directas diferentes hacia el exterior de grupo y, en particular, tiene una primera ruta que pasa directamente a través de la cabeza de grupo principal, sin incluir la cabeza de grupo de respaldo, y una segunda ruta que pasa a través de la cabeza de grupo de respaldo y la cabeza de grupo principal. Por tanto, la primera ruta tiene la cabeza de grupo principal como la dirección de salto siguiente, mientras que la segunda ruta tiene la cabeza de grupo de respaldo como la dirección de salto siguiente.

Los nodos vecinos a la cabeza de grupo principal y la cabeza de grupo de respaldo están configurados además para llevar a cabo el encaminamiento a lo largo de la primera ruta durante los periodos de tiempo cuando la cabeza de grupo principal funciona correctamente, y también para llevar a cabo el encaminamiento a lo largo de la segunda ruta durante los periodos de tiempo cuando la cabeza de grupo principal no está activa. La conmutación entre modos de encaminamiento primero y segundo puede tener lugar basándose en los paquetes de señal transmitidos por la cabeza de grupo de respaldo, después de que esta última haya detectado la inactividad de la cabeza de grupo principal, por ejemplo, después de la detección de una transmisión perdida de paquetes de control por la cabeza de grupo principal durante un periodo de tiempo superior a un tiempo de guarda. El tiempo de guarda es preferiblemente menor que los tiempos de retención mencionados anteriormente de las tablas de vecinos y de topología, para permitir que la cabeza de grupo de respaldo detecte la inactividad de la cabeza de grupo principal y comunique esta situación a los otros nodos antes de que expiren las entradas en las tablas de vecinos y de encaminamiento y topología.

Según un aspecto adicional de este método de comunicación, ya mencionado anteriormente y aplicable a cualquiera

de las realizaciones descritas anteriormente, cada nodo 2 está configurado para conmutar entre un primer modo operativo de tipo conocido, de conformidad con el protocolo OLSR, y un segundo modo operativo, que funciona de conformidad con este método de comunicación.

Para ello, tal como se muestra en la figura 10, cada nodo 2 determina (bloque 90):

- 5 – la razón α_{plano} entre el número de nodos 2 que pertenecen al conjunto dominante y el número total de nodos 2 que forman la red de telecomunicaciones 1; y
- la razón α_{2niveles} entre el número de cabezas de grupo CH y el número total de nodos 2 que forman la red de telecomunicaciones 1.

10 Además, cada nodo 2 determina (bloque 92) si se debe conmutar el modo operativo basándose en las razones α_{plano} y α_{2niveles} que ha determinado. Por ejemplo, cuando un nodo 2 funciona en el primer modo operativo, conmuta al segundo modo operativo si la razón α_{plano} es inferior a un primer umbral. Además, cuando un nodo 2 funciona en el segundo modo operativo, conmuta al primer modo operativo si la razón α_{2niveles} es mayor que un segundo umbral. De esta manera, se evita considerar una red caracterizada por nodos de baja intensidad que están formados por grupos.

15 Las ventajas que pueden lograrse con este método de comunicación surgen claramente de la descripción anterior. En particular, este método de comunicación define un algoritmo de encaminamiento de dos niveles, mediante el cual cada nodo puede funcionar alternativamente como cabeza de grupo o como nodo convencional. En particular, cuando un nodo funciona como nodo convencional, funciona como si perteneciera a una red denominada plana, es decir, una red no jerárquica. Además, todos los nodos participan en la gestión de la red e implementan los mismos algoritmos de control, de manera similar a lo que sucede precisamente en una red plana.

20 Este método de comunicación contempla el uso de la estructura de red troncal para permitir la comunicación entre nodos remotos con tiempos de propagación reducidos, estando caracterizada esta estructura de red troncal, debido a la mayor potencia de transmisión de las cabezas de grupo, por una mayor estabilidad con respecto a las partes restantes de la red de telecomunicaciones y, por tanto, por una menor frecuencia de actualización.

25 Este método de comunicación permite además limitar la retransmisión del tráfico de señales redundantes dentro de cada grupo cuando esto está relacionado con nodos afiliados con otros grupos. Además, la topología inferior al grupo está oculta de las otras partes de la red de telecomunicaciones, lo que garantiza una reducción significativa de los paquetes de señal dentro de la red de telecomunicaciones.

30 Además, puesto que la reducción de la potencia de transmisión en una red plana implica un aumento del número de paquetes, mientras que un aumento de la potencia de transmisión implica una red más densa y, por tanto, paquetes HELLO más grandes, este método de comunicación permite:

- limitar el número de paquetes HELLO, porque el nivel de potencia de transmisión de los nodos convencionales es básicamente bajo; y
- 35 – limitando, al mismo tiempo, el número de paquetes TC, debido a la agregación de señalización realizada por las cabezas de grupo.

Finalmente, está claro que pueden realizarse modificaciones y variantes de este método de comunicación, sin apartarse del alcance de la presente invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

40 Por ejemplo, la información contenida en las tablas y en las entradas mencionadas en la descripción, así como en el interior de los paquetes de control, puede organizarse de manera diferente con respecto a lo descrito; además, parte de esta información puede estar ausente. Por ejemplo, durante la etapa de crear la lista de papeles vecinos, un nodo puede no tener información referente a los papeles de uno o más de sus nodos vecinos, en cuyo caso esta información no se inserta en la lista de papeles vecinos hasta que esté disponible.

45 Además, en general y tal como se mencionó anteriormente, las operaciones descritas pueden llevarse a cabo en un orden diferente con respecto al descrito. En particular, algunas de las operaciones mostradas en secuencia pueden realizarse sustancialmente al mismo tiempo o incluso en orden inverso. Además, algunas operaciones se repiten con el tiempo.

También es posible que la asociación entre el tipo de paquete y la franja sea diferente con respecto a la descrita. Por ejemplo, es posible que los paquetes TC se transmitan/retransmitan en las franjas de señalización, en lugar de en las franjas de tráfico.

50 Además, es posible que la estructura de la trama de comunicación sea diferente con respecto a la indicada. Es posible que las franjas C de enlace ascendente y enlace descendente estén ausentes, en cuyo caso las transmisiones entre cabezas de grupo y nodos convencionales del primer tipo pueden tener lugar en las franjas de tráfico.

Además, este método de comunicación también puede adoptarse en el caso de que los nodos de telecomunicaciones sean fijos y, por tanto, la red no sea de tipo móvil.

REIVINDICACIONES

1. Método de comunicación del tipo de protocolo de encaminamiento de estado de enlace optimizado (OLSR) para una red (1) que incluye una pluralidad de nodos (2), estando equipado cada nodo con una única interfaz (l) configurada para implementar una pila de protocolos y enviar paquetes con un nivel de potencia en un intervalo entre unos niveles de potencia primero y segundo, siendo dicho segundo nivel de potencia mayor que el primer nivel de potencia; comprendiendo dicho método las etapas, realizadas por un primer nodo (2), de:
- 5
- determinar (72), entre los nodos vecinos, un conjunto respectivo de relés multipunto;
 - determinar (74), entre los nodos vecinos, los nodos para los que el primer nodo es un relé multipunto respectivo;
 - determinar (78) una tabla de encaminamiento respectiva, formada por una pluralidad de entradas, comprendiendo cada entrada una dirección de destino respectiva, igual a la dirección de un nodo de conexión que está a un salto de distancia del primer nodo y es un relé multipunto del primer nodo, conectándose el nodo de destino al primer nodo a través del nodo de conexión; y
 - determinar (22-54) un papel respectivo entre la cabeza de grupo (CH) y el nodo afiliado (ST), para formar una pluralidad de grupos de nodos (8), comprendiendo cada grupo una cabeza de grupo respectiva y un conjunto de nodos afiliados con dicha cabeza de grupo respectiva, estando cada nodo afiliado con uno o más saltos de distancia de dicha cabeza de grupo respectiva;
- 10
- y en el que dicha etapa de formar una tabla de encaminamiento respectiva comprende, por el primer nodo:
- si el primer nodo es una cabeza de grupo, almacenar (78) entradas en la tabla de encaminamiento que contienen direcciones de destino, respectivamente, iguales a las direcciones de las cabezas de grupo diferentes del primer nodo y las direcciones de los nodos afiliados con el primer nodo; y
 - si el primer nodo es un nodo afiliado, almacenar (78) entradas en la tabla de encaminamiento que contienen direcciones de destino, respectivamente, iguales a la dirección de la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo y las direcciones de los nodos afiliados con la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo;
- 15
- comprendiendo además dicho método de comunicación la etapa de enviar (109a-109b, 111a-111b, 124, 126, 144, 146), por el primer nodo, un primer paquete de datos que tiene una dirección de salto siguiente respectiva y una dirección de destino respectiva, siendo la dirección de destino del primer paquete de datos igual a la dirección de un nodo de llegada y en el que:
- 20
- si el primer nodo es un nodo afiliado y la tabla de encaminamiento del primer nodo contiene una entrada que tiene una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada, la dirección de salto siguiente del primer paquete de datos es igual a la dirección de salto siguiente de dicha entrada que tiene una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada;
 - si el primer nodo es un nodo afiliado y la tabla de encaminamiento del primer nodo no contiene ninguna entrada que tenga una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada, la dirección de salto siguiente del primer paquete de datos es igual a la dirección de salto siguiente de la entrada de la tabla de encaminamiento del primer nodo que tiene una dirección de destino igual a la dirección de la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo;
 - si el primer nodo es una cabeza de grupo y la tabla de encaminamiento del primer nodo contiene una entrada que tiene una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada, la dirección de salto siguiente del primer paquete de datos es igual a la dirección de salto siguiente de dicha entrada que tiene una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada; y
 - si el primer nodo es una cabeza de grupo y la tabla de encaminamiento del primer nodo no contiene ninguna entrada que tenga una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada, la dirección de salto siguiente del primer paquete de datos es igual a la dirección de salto siguiente de la entrada de la tabla de encaminamiento del primer nodo que tiene una dirección de destino igual a la dirección de la cabeza de grupo con la que se afilia el nodo de llegada;
- 25
- comprendiendo además dicho método de comunicación la etapa de definir (20) una trama de comunicación (10) formada por una pluralidad de franjas de comunicación (12), y en el que dicha etapa de enviar (109a-109b, 111a-111b, 124, 126, 144, 146) un primer paquete de datos comprende:
- 30
- si el primer nodo es una cabeza de grupo (CH) y la tabla de encaminamiento del primer nodo contiene una entrada que tiene una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada, y el nodo de llegada es
- 35
- 40
- 45
- 50

un nodo afiliado, multiplexar (126) el envío del primer paquete de datos con el envío, por el primer nodo, de al menos un segundo paquete de datos en una misma primera franja de comunicación (S3), conteniendo dicho segundo paquete de datos una dirección de salto siguiente diferente de la dirección de salto siguiente de dicho primer paquete de datos;

- 5 - si se afilia el primer nodo con una cabeza de grupo que está a un salto de distancia y la dirección de salto siguiente de dicho primer paquete de datos es igual a la dirección de la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo, actuar conjuntamente con al menos un segundo nodo afiliado con la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo, para multiplexar (109b, 111b) el envío del primer paquete de datos con el envío, por el segundo nodo, de un tercer paquete de datos, en una misma segunda franja de comunicación (S2), conteniendo el tercer paquete de datos una dirección de salto siguiente igual a la dirección de la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo.
- 10
2. Método de comunicación según la reivindicación 1, que comprende además, por el primer nodo (2), la etapa de determinar (60), para cada dirección de salto siguiente almacenada en la tabla de encaminamiento respectiva, una potencia de comunicación correspondiente igual a la potencia mínima de manera que un paquete enviado por el primer nodo se recibe por el nodo que tiene una dirección igual a dicha dirección de salto siguiente; y en el que dicha etapa de enviar (109a-109b, 111a-111b, 124, 126, 144, 146) un primer paquete de datos comprende enviar el primer paquete de datos con un nivel de potencia igual a la potencia de comunicación correspondiente a la dirección de salto siguiente del primer paquete de datos.
- 15
3. Método de comunicación según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicha etapa de determinar (22-54) un papel respectivo comprende, por el primer nodo (2), realizar las etapas de:
- 20
- transmitir (26, 44), con el segundo nivel de potencia, paquetes de control de vecindad (HELLO);
 - recibir (27, 45) paquetes de control de vecindad transmitidos por nodos vecinos al primer nodo;
 - determinar (28) un conjunto de direcciones de nodos vecinos, basándose en los paquetes de control de vecindad recibidos, estando configurados los paquetes de control de vecindad transmitidos por el primer nodo para contener el conjunto de direcciones de nodos vecinos determinados por el primer nodo; y
- 25
- comprobar (30) si existen dos nodos vecinos del primer nodo que no están vinculados entre sí;
- comprendiendo además dicho método de comunicación, por el primer nodo, formar (40) un conjunto dominante de la red (1), si existen dos nodos vecinos que no están vinculados entre sí; y en el que dicha etapa de determinar (22-54) un papel respectivo se realiza basándose en si el primer nodo forma o no el conjunto dominante.
- 30
4. Método de comunicación según la reivindicación 3, en el que dicha etapa de transmitir (44) paquetes de control de vecindad (HELLO) comprende insertar una indicación del papel del primer nodo en cada paquete de control de vecindad; y en el que dicha etapa de determinar (22-54) un papel respectivo comprende asumir (34), por el primer nodo, el papel de nodo afiliado, si no existen dos nodos vecinos al primer nodo que no están vinculados entre sí; y en el que dicha etapa de determinar (22-54) un papel respectivo comprende además, si existen dos nodos vecinos al primer nodo que no están vinculados entre sí, realizar, por el primer nodo, las etapas de:
- 35
- asumir (22) el papel de nodo afiliado;
 - crear (46) una lista de papeles de vecino, incluidos los papeles de los nodos vecinos al primer nodo, basándose en los paquetes de control de vecindad recibidos;
 - comunicar (48) los papeles de los nodos vecinos al primer nodo a los nodos vecinos;
 - conocer (49) los papeles de los nodos vecinos a los nodos vecinos al primer nodo;
 - comprobar (50) si el conjunto de direcciones de nodos vecinos determinado por el primer nodo está incluido en el conjunto de direcciones de nodos vecinos determinado por una cabeza de grupo (CH), o está incluido en la unión de los conjuntos de direcciones de nodos vecinos determinados por dos cabezas de grupo (CH) y el primer nodo tiene una dirección que respeta una relación predeterminada con las direcciones de dichas dos cabezas de grupo; y
- 45
- asumir (52) el papel de cabeza de grupo, si el conjunto de direcciones de nodos vecinos determinado por el primer nodo no está incluido en el conjunto de direcciones de nodos vecinos determinado por una cabeza de grupo, o está incluido en la unión de los conjuntos de direcciones de nodos vecinos determinados por dos cabezas de grupo, pero el primer nodo tiene una dirección que no respeta dicha relación predeterminada con las direcciones de dichas dos cabezas de grupo; si no
- 50
- mantener (54) el papel de nodo afiliado, si el conjunto de direcciones de nodos vecinos determinado por el

primer nodo está incluido en el conjunto de direcciones de nodos vecinos determinado por una cabeza de grupo, o está incluido en la unión de los conjuntos de direcciones de nodos vecinos determinados por dos cabezas de grupo y el primer nodo tiene una dirección que respeta dicha relación predeterminada con las direcciones de dichas dos cabezas de grupo.

- 5 5. Método de comunicación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, si el primer nodo (2) es una cabeza de grupo (CH), determinar (53b), por el primer nodo, una lista de direcciones de nodos afiliados con el mismo y comunicar (53c) dicha lista de nodos afiliados a las otras cabezas de grupo (CH).
- 10 6. Método de comunicación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, por el primer nodo (2), realizar las etapas de:
- recibir (bloque 98) un paquete de datos entrante, enviado por un nodo de envío vecino al primer nodo y que tiene una dirección de destino igual a una dirección de nodo final y una dirección de salto siguiente igual a la dirección del primer nodo; y
 - realizar dicha etapa de enviar (109a-109b, 111a-111b, 124, 126) un primer paquete de datos de manera que dicho primer paquete de datos tenga una dirección de destino igual a la dirección del nodo final, para retransmitir el paquete de datos entrante.
- 15 7. Método de comunicación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, por el primer nodo (2), realizar las etapas de:
- transmitir (76) al menos un paquete de control de topología (TC) que contiene las direcciones de los nodos para los que el primer nodo es un relé multipunto; y
 - recibir (77) paquetes de control de topología enviados por nodos vecinos al primer nodo;
- 20 comprendiendo además dicho método de comunicación, para cada paquete de control de topología recibido, realizar, por el primer nodo, las etapas de:
- si el primer nodo es una cabeza de grupo, retransmitir el paquete de control de topología recibido, si dicho paquete de control de topología se ha enviado por un nodo para el que el primer nodo es un relé multipunto respectivo y se ha originado o bien por una cabeza de grupo o bien por un nodo afiliado con el primer nodo; y
 - si el primer nodo es un nodo afiliado, retransmitir el paquete de control de topología recibido, si dicho paquete de control de topología se ha enviado por un nodo para el que el primer nodo es un relé multipunto respectivo y se ha originado o bien por la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo, o bien por un nodo afiliado con la misma cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo;
- 25 y en el que la etapa de determinar (78) una tabla de encaminamiento respectiva comprende determinar dicha tabla de encaminamiento basándose en los paquetes de control de topología recibidos.
- 30 8. Método de comunicación según la reivindicación 7, cuando depende de la reivindicación 3 ó 4, que comprende además la etapa de determinar, por el primer nodo, un conjunto de nodos que están a dos saltos de distancia del primer nodo, basándose en los paquetes de control de vecindad recibidos; y en el que dicha etapa de determinar (72) un conjunto respectivo de relés multipunto se realiza basándose en el conjunto de direcciones de nodos vecinos determinado por el primer nodo y basándose en el conjunto de nodos que están a dos saltos de distancia del primer nodo; y en el que dicha etapa de transmitir (26, 44) paquetes de control de vecindad (HELLO) comprende insertar el conjunto de relés multipunto determinado por el primer nodo en dichos paquetes de control de vecindad, dicha etapa de determinar (74) los nodos para los que el primer nodo es un relé multipunto se realiza basándose en paquetes de control de vecindad recibidos por el primer nodo; y en el que dicha etapa de determinar (28) un conjunto de direcciones de nodos vecinos comprende:
- si el primer nodo es una cabeza de grupo, actualizar, por el primer nodo, el conjunto de direcciones de los nodos vecinos y el conjunto de nodos que están a dos saltos de distancia con una periodicidad al menos igual a un primer periodo de tiempo predeterminado, basándose en los paquetes de control de vecindad recibidos durante dicho primer periodo de tiempo predeterminado;
 - si el primer nodo es un nodo afiliado, actualizar, por el primer nodo, el conjunto de direcciones de nodos vecinos y el conjunto de nodos que están a dos saltos de distancia, en cada recepción de un paquete de control de vecindad;
- 35 40 45 50 y en el que la etapa de determinar (78) una tabla de encaminamiento respectiva comprende:
- si el primer nodo es una cabeza de grupo, actualizar la tabla de encaminamiento con una periodicidad al

menos igual a un segundo periodo de tiempo predeterminado, basándose en los paquetes de control de topología recibidos durante dicho segundo periodo de tiempo predeterminado;

- si el primer nodo es un nodo afiliado, actualizar la tabla de encaminamiento en cada recepción de un paquete de control de topología.

5 9. Método de comunicación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa de determinar (72), entre los nodos vecinos, se realiza un conjunto respectivo de relés multipunto de manera que, si el primer nodo es una cabeza de grupo (CH), el primer nodo es un relé multipunto de los nodos afiliados con el primer nodo y vecinos al primer nodo, y de las cabezas de grupo vecinas al primer nodo.

10 10. Método de comunicación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa de determinar (78) una tabla de encaminamiento respectiva comprende, por el primer nodo (2):

15 - si el primer nodo (STA) es un nodo afiliado, almacenar (78) al menos una entrada en la tabla de encaminamiento que contiene una dirección de destino igual a la dirección de un nodo de proximidad (STB) afiliado con una cabeza de grupo (CHB) diferente de la cabeza de grupo (CHA) con la que se afilia el primer nodo, conteniendo dicha entrada una dirección de salto siguiente igual a la dirección de un nodo de contorno (STB) vecino al primer nodo y afiliado con dicha cabeza de grupo (CHB) diferente de la cabeza de grupo (CHA) con la que se afilia el primer nodo;

comprendiendo además dicho método las etapas de, por el primer nodo:

- determinar (140) si encaminar el primer paquete de datos hacia la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo o hacia el nodo de contorno; y

20 - si el primer nodo ha determinado encaminar el primer paquete de datos hacia la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo, realizar dicha etapa de enviar (144, 146) el primer paquete de datos de manera que dicho primer paquete de datos tenga una dirección de destino igual a la dirección del nodo de proximidad; y

25 - si el primer nodo ha determinado encaminar el primer paquete de datos hacia el nodo de contorno, impedir que se realice dicha etapa de enviar el primer paquete de datos y transmitir (148) un paquete directo, que tenga una dirección de destino igual a la dirección del nodo de proximidad y una dirección de salto siguiente igual a la dirección del nodo de contorno.

30 11. Método de comunicación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha etapa de enviar (109a-109b, 111a-111b, 124, 126, 144, 146) un primer paquete de datos comprende, por el primer nodo:

- si el primer nodo es un nodo afiliado (ST2) y está a más de un salto de distancia de la cabeza de grupo (CH) con la que se afilia, actuar conjuntamente con los otros nodos afiliados con la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo, para enviar el primer paquete de datos sin multiplexación;

35 - si el primer nodo es una cabeza de grupo y la tabla de encaminamiento del primer nodo no contiene ninguna entrada que tenga una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada, o si el primer nodo es una cabeza de grupo y la tabla de encaminamiento del primer nodo contiene una entrada que tiene una dirección de destino igual a la dirección del nodo de llegada, que es una cabeza de grupo, actuar conjuntamente con las otras cabezas de grupo para enviar el primer paquete de datos sin multiplexación.

40 12. Método de comunicación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, por el primer nodo:

- si el primer nodo es una cabeza de grupo (CH), seleccionar una cabeza de grupo de respaldo entre los nodos vecinos al primer nodo y afiliados con el primer nodo;

y en el que dicha etapa de formar una tabla de encaminamiento respectiva comprende, por el primer nodo:

45 - si el primer nodo es un nodo afiliado y está a un salto de distancia de la cabeza de grupo (CH) respectiva y la cabeza de grupo de respaldo, almacenar (78) en la tabla de encaminamiento una entrada que contiene una dirección de destino igual a la dirección de la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo y una dirección de salto siguiente igual a la dirección de la cabeza de grupo de respaldo correspondiente, y una entrada en la que las direcciones de destino y de salto siguiente son iguales a la dirección de la cabeza de grupo con el que se afilia el primer nodo;

50 comprendiendo además dicho método, si el primer nodo es vecino de la cabeza de grupo con la que se afilia y la cabeza de grupo de respaldo correspondiente:

- si la tabla de encaminamiento del primer nodo no contiene ninguna entrada que tenga una dirección de

destino igual a la dirección del nodo de llegada, establecer la dirección de salto siguiente del primer paquete de datos igual a:

- la dirección de la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo, si la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo está activa; o

5 - la dirección de la cabeza de grupo de respaldo seleccionada por la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo, si la cabeza de grupo con la que se afilia el primer nodo no está activa.

13. Nodo para una red de telecomunicaciones (1), configurado para implementar el método de comunicación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

10 14. Producto de software que puede cargarse en una memoria de un nodo para una red de telecomunicaciones (1) y estar configurado para implementar, cuando se ejecuta, el método de comunicación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

15. Red de telecomunicaciones móviles (1) que comprende una pluralidad de nodos según la reivindicación 13.

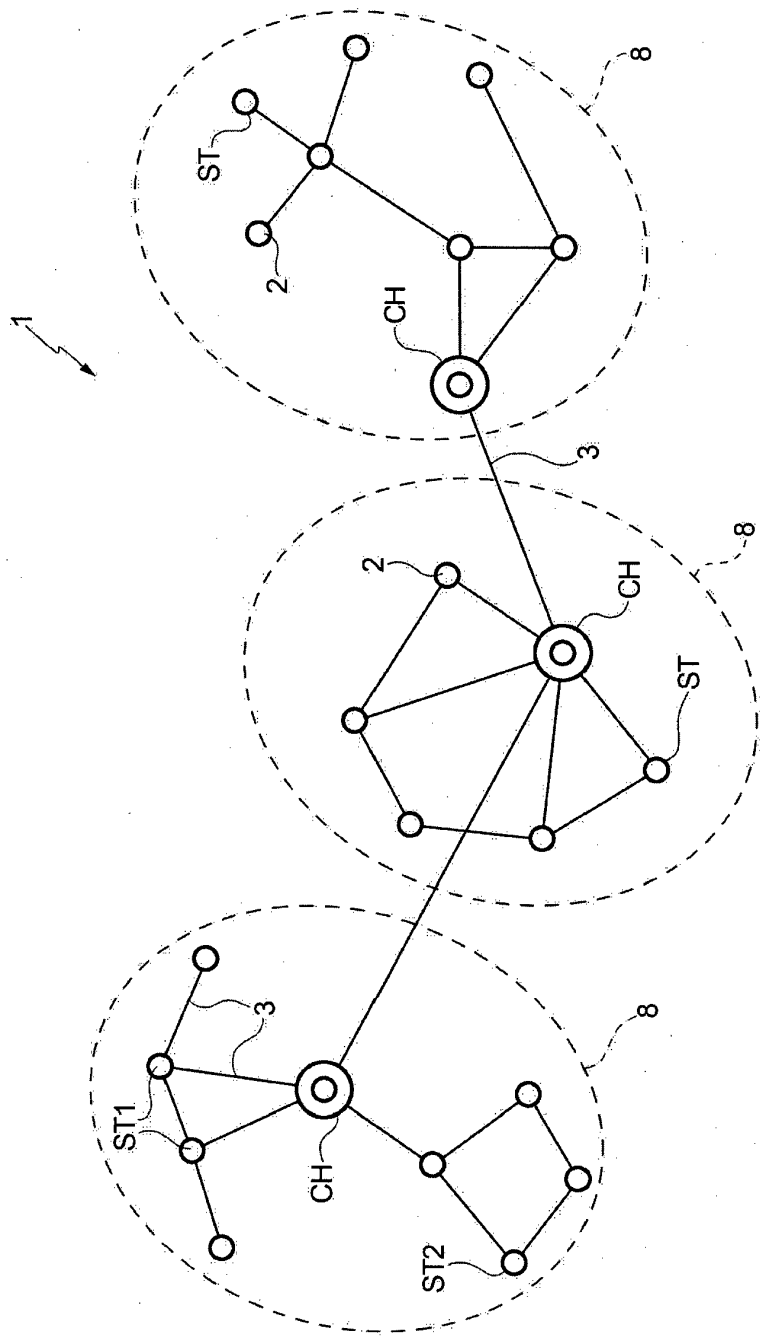
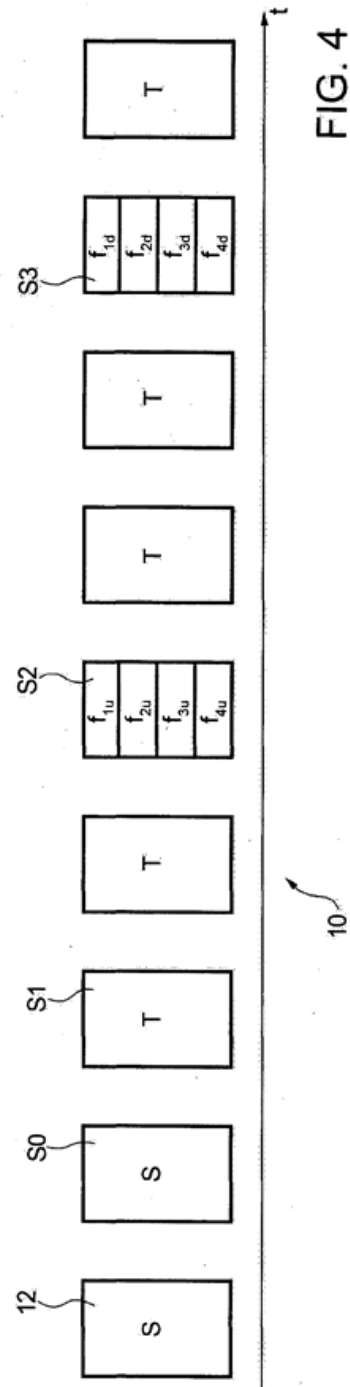
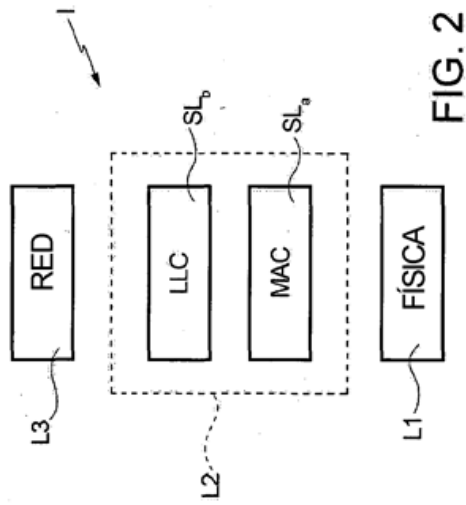
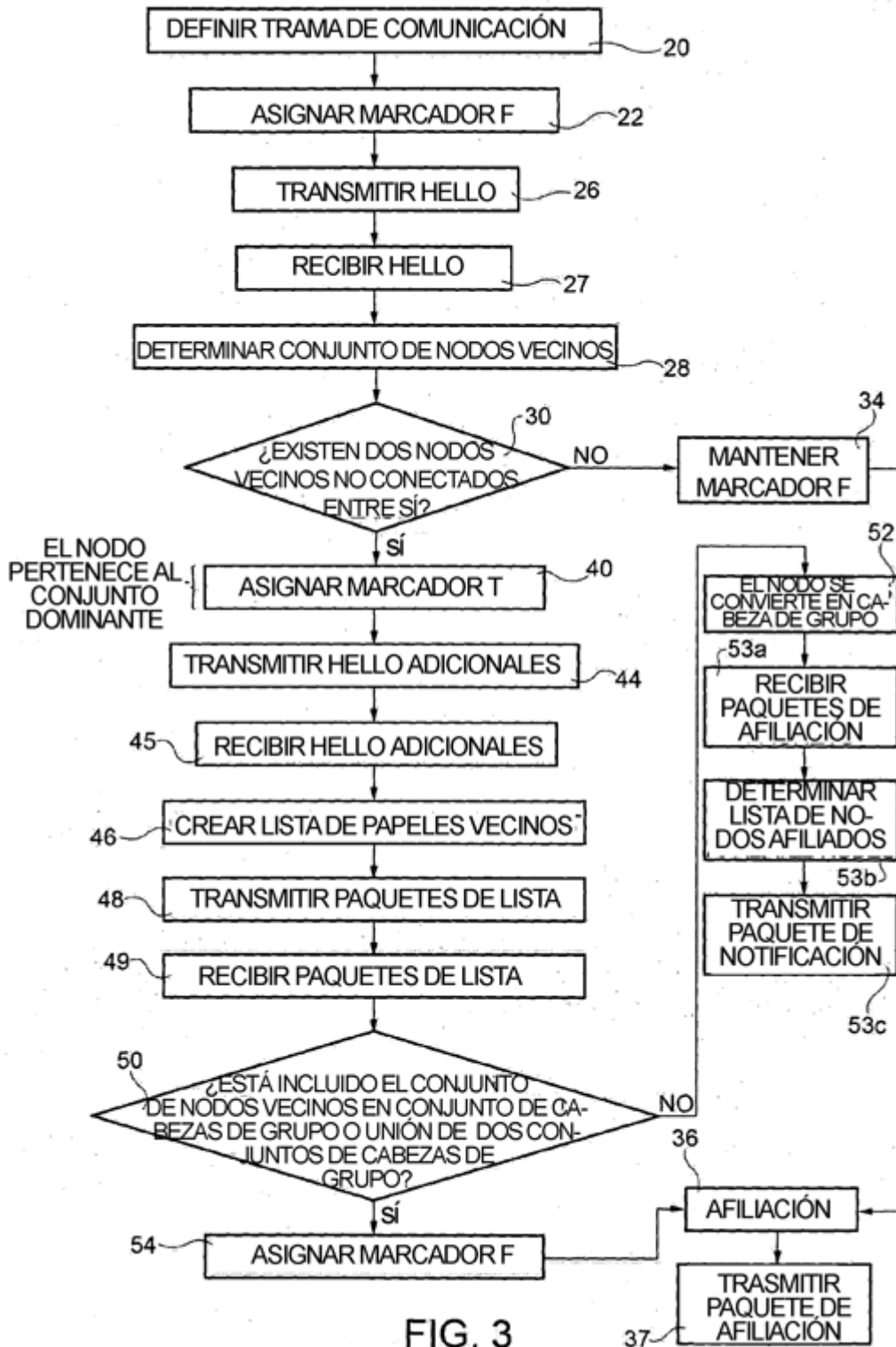


FIG. 1





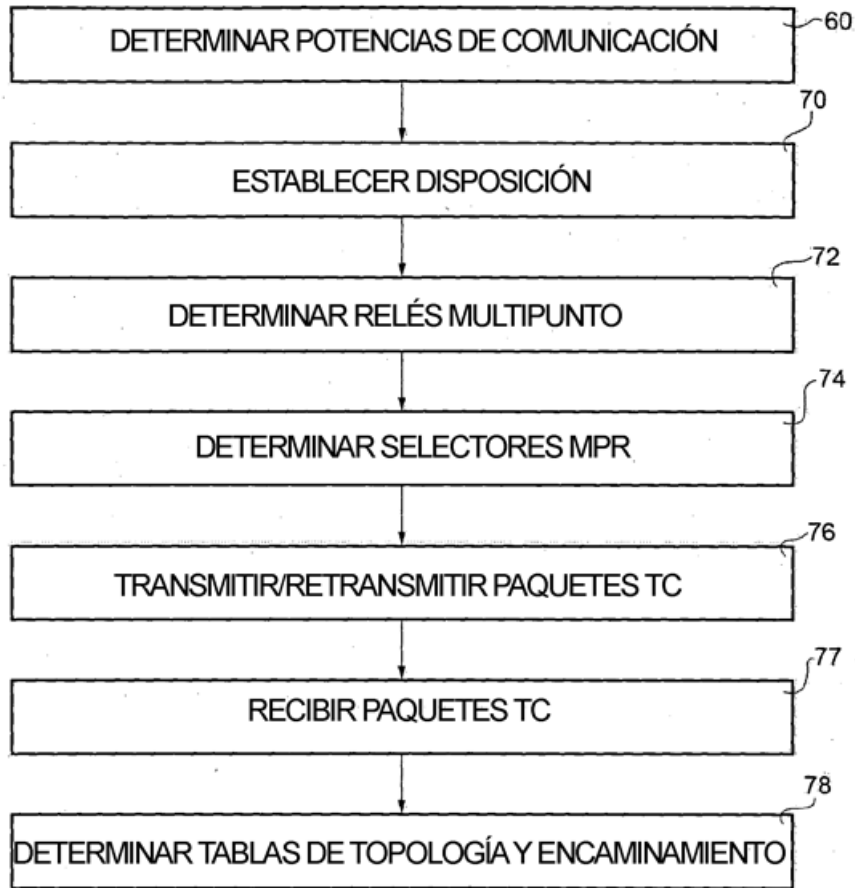


FIG. 5

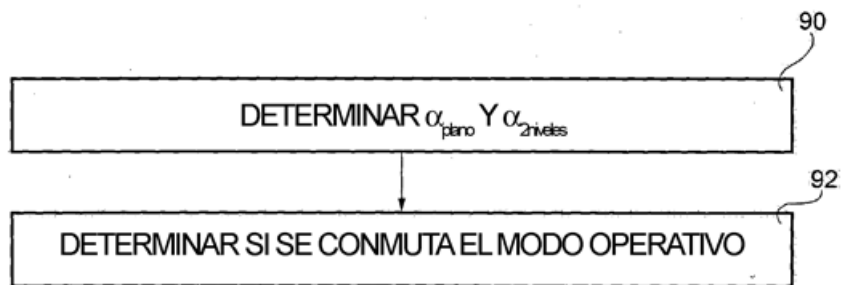


FIG. 10

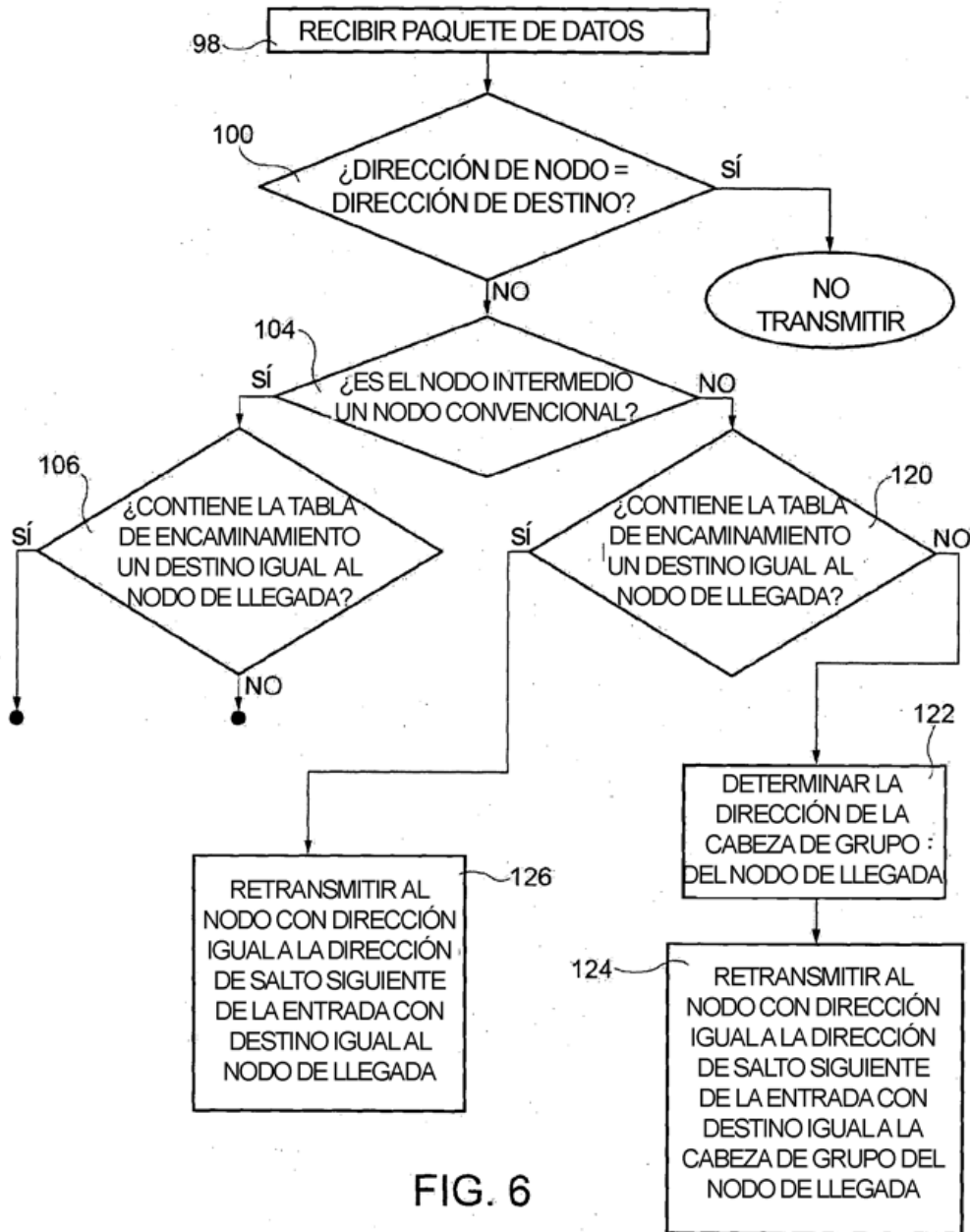


FIG. 6

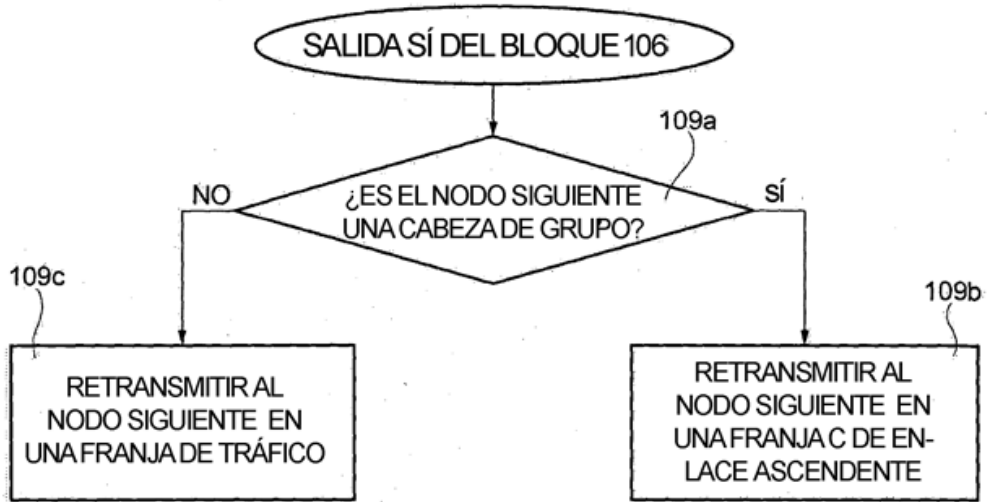


FIG. 7A

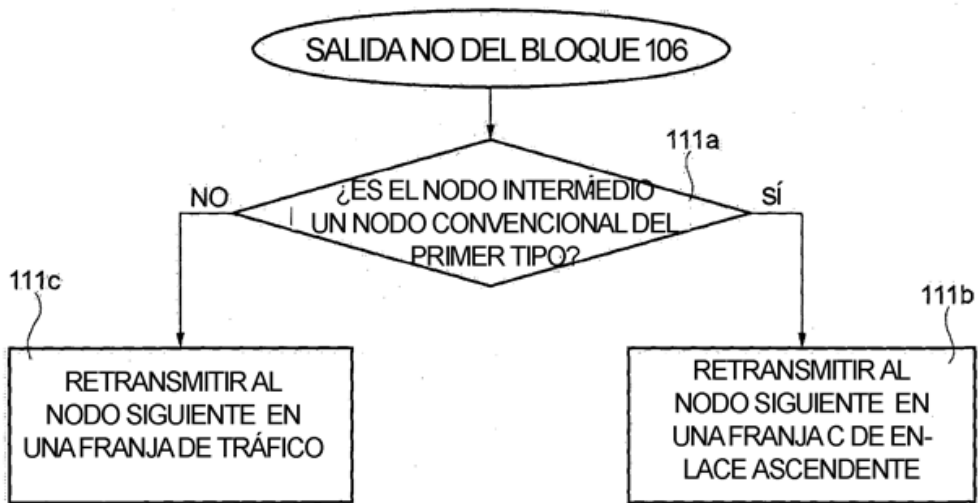


FIG. 7B

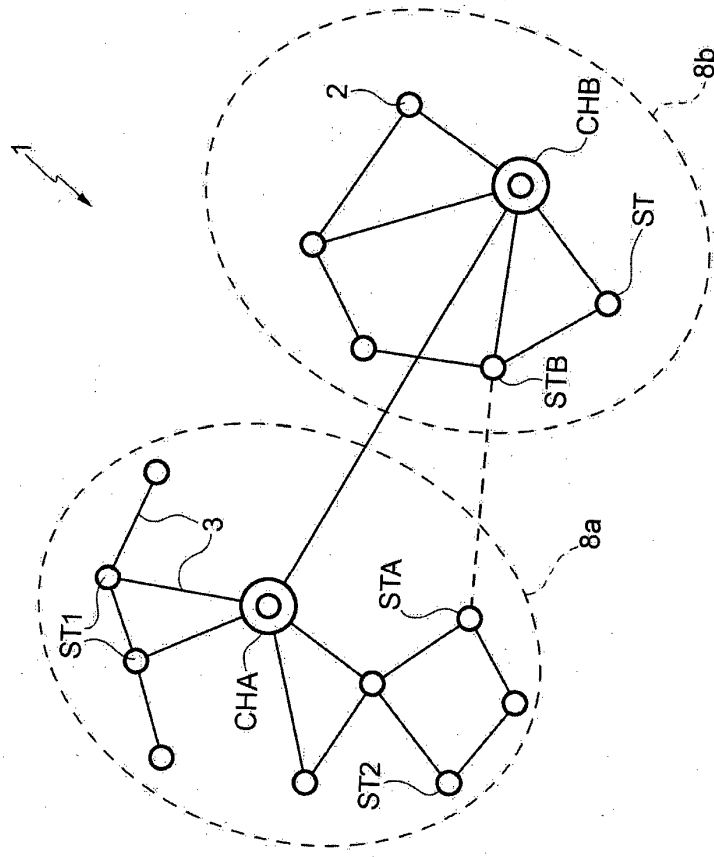


FIG. 8

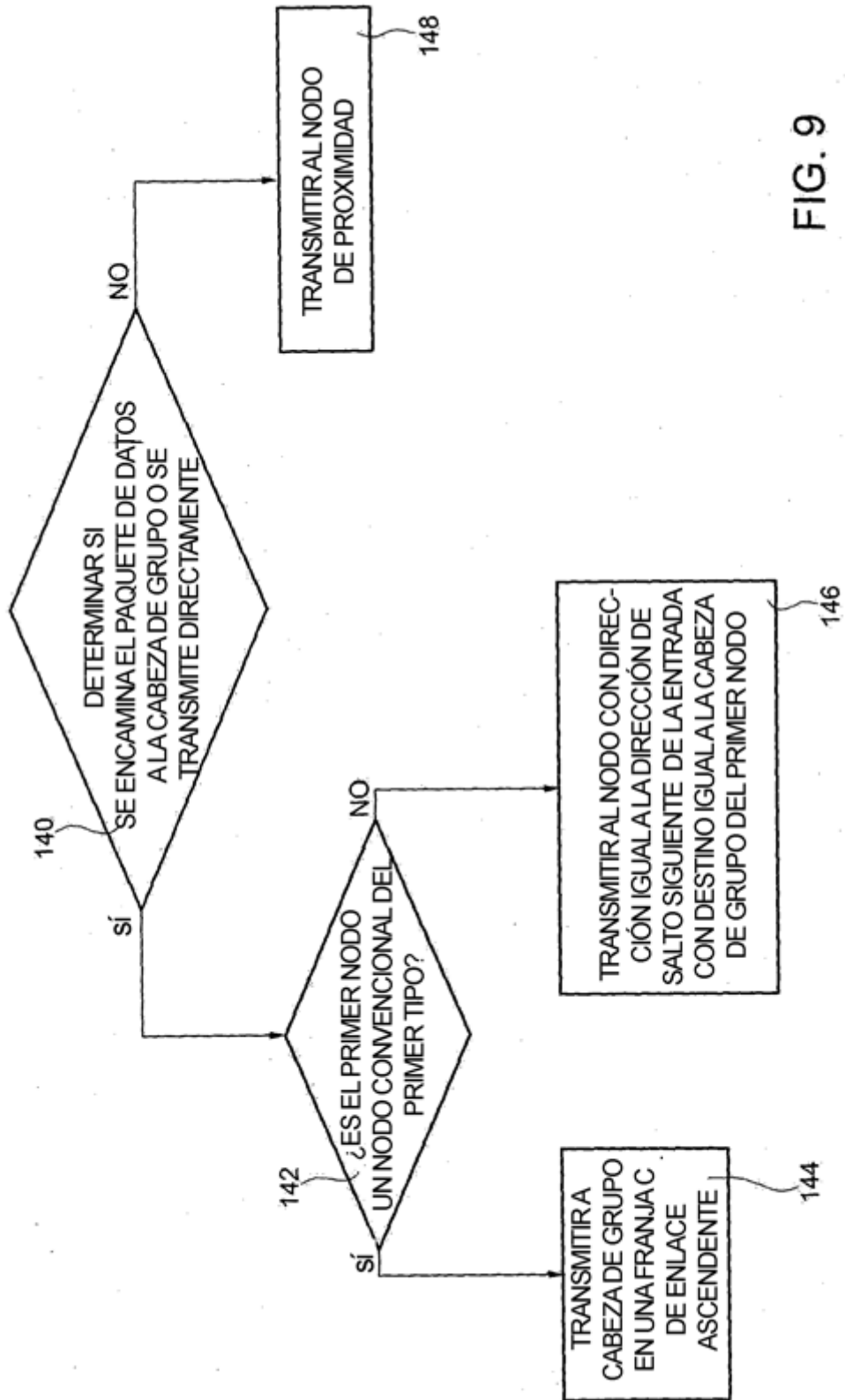


FIG. 9