

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 217**

51 Int. Cl.:

H04W 48/20 (2009.01)

H04W 84/18 (2009.01)

H04W 88/04 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2014 E 14188342 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019 EP 2861022**

54 Título: **Procedimiento de conexión en una red móvil ad hoc basada en tecnología celular**

30 Prioridad:

09.10.2013 FR 1302346

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

16.04.2020

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly Sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

**LEGUAY, JÉRÉMIE;
BOITE, JULIEN y
HETHUIN, SERGE**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 754 217 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de conexión en una red móvil ad hoc basada en tecnología celular

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un procedimiento de conexión en una red móvil ad hoc basada en tecnología celular inalámbrica, y más particularmente en una red del tipo que comprende una pluralidad de nodos, comprendiendo cada nodo un módulo de punto de acceso, al menos un módulo terminal de retransmisión y medios de transmisión/recepción de ondas de radio, estando el módulo terminal de retransmisión de un nodo, en cualquier momento, o sin conectar, o bien conectado a un módulo de punto de acceso de otro nodo de la red.
- 10 **[0002]** Dicha red se describe, por ejemplo, en el documento EP 1 936 872 A1, que constituye el estado de la técnica más cercano.
- 15 **[0003]** “Tecnología celular inalámbrica” se refiere a la tecnología definida por el estándar WiFi, el estándar WiMAX, el estándar LTE o estándares similares.
- 20 **[0004]** El módulo de terminal de retransmisión (módulo RT en adelante por el acrónimo inglés de “Terminal de retransmisión”) de un primer nodo puede iniciar un procedimiento de conexión al módulo de punto de acceso (módulo AP en adelante por el acrónimo inglés de “Punto de acceso”) de un segundo nodo, que se encuentra en la vecindad de radio del primer nodo (es decir, en una celda de cobertura del primer nodo), estando por ello el segundo nodo próximo al primer nodo.
- 25 **[0005]** En cada momento, el módulo RT de un nodo está conectado, o no, a un módulo AP de otro nodo de la red.
- 30 **[0006]** El módulo AP de un nodo está desconectado o conectado a un módulo RT, que está conectado a varios módulos RT.
- 35 **[0007]** Una vez que se establece una conexión, puede tener lugar una comunicación bidireccional entre los dos nodos conectados. Esta conexión es efímera y puede romperse en cualquier momento, ya sea “voluntariamente” por uno de los nodos que “prefiere” unirse a otro nodo, o “involuntariamente”, cuando los nodos unidos se alejan uno del otro y la calidad de la comunicación establecida se deteriora.
- 40 **[0008]** La red se forma a medida que se producen las conexiones entre los nodos.
- 45 **[0009]** En un momento dado, la red presenta una topología definida por un gráfico que representa los nodos y las conexiones existentes entre estos nodos. Tal gráfico se representa, por ejemplo, en la figura 1.
- 50 **[0010]** En dicha red, cada nodo puede retransmitir una comunicación entre un nodo de origen y un nodo de destino que intercambian datos. Cada nodo puede así enrutar un flujo de datos. Los documentos US 2011/164527 A1, WO 2010/019395 A1 y US2003/179742 A1 describen así los procedimientos de enrutamiento en una red establecida.
- 55 **[0011]** Según la técnica anterior, incluido el documento EP 1 936 872 A1, el establecimiento de una unión entre dos nodos se lleva a cabo generalmente de la siguiente manera.
- 60 **[0012]** El módulo AP de cada nodo emite periódicamente una señal de baliza.
- 65 **[0013]** En este caso, el módulo RT de un nodo descubre periódicamente su entorno de radio en busca de señales de baliza y determina una lista de nodos vecinos.
- [0014]** Luego, el nodo selecciona el nodo vecino al que se conectará en función de un criterio como la calidad de la recepción de la señal de baliza, la jerarquía predeterminada entre los nodos de la red, el historial de uso de la red (la probabilidad de vinculación a un nodo depende del número de conexiones a ese nodo en el pasado).
- [0015]** Una vez que se selecciona un nodo vecino, se accede al módulo RT para iniciar el procedimiento de conexión al módulo AP del nodo vecino seleccionado. El procedimiento de conexión utilizado entre el módulo RT y el módulo AP depende de la tecnología celular puesta en funcionamiento. El procedimiento de conexión entre dos nodos conduce a la creación de un enlace de nivel 2 en el sentido del modelo OSI para describir las diferentes capas de una red.
- [0016]** Sin embargo, la decisión tomada localmente por un módulo RT de iniciar o no un procedimiento de conexión a un nodo vecino en lugar de a otro, no necesariamente conduce, a nivel de red, a obtener una conectividad general máxima.
- [0017]** Por ejemplo, como se ilustra en la figura 1, la red se subdivide en varias subredes o componentes

independientes, aunque un nodo de un componente pueda estar dentro del rango de un nodo de otro componente y, aunque al establecer una conexión entre estos dos nodos, se pueda lograr una mejor conectividad de red. Este caso se representa en la figura 1. Los nodos 1 a 3 pertenecen a un primer componente R1 de la red R, mientras que los nodos 4 a 12 pertenecen a un segundo componente R2 de la red R. Ningún nodo del primer componente puede intercambiar datos con un nodo del segundo componente Sin embargo, los nodos 3 y 4 están en rango de alcance. Si existiera una conexión entre estos dos nodos, la conectividad general de la red mejoraría a priori, pudiendo aumentar entonces el número de pares de nodos que intercambian datos.

[0018] Por ejemplo, las conexiones sucesivas entre los nodos de la red pueden conducir a que la ruta seguida por un flujo de datos desde un nodo de origen a un nodo de destino, dentro de un componente, sea más larga de lo necesario. Por lo tanto, en el segundo componente R2 de la red R que se muestra en la figura 1, la ruta entre el nodo 12 y el nodo 10 es relativamente larga. Sin embargo, los nodos 11 y 8 están dentro del rango y si existiera una conexión entre estos dos nodos, la ruta entre los nodos 12 y 10 se reduciría a priori en gran medida. La reducción de la longitud media de la rutas interviene en la mejora de la conectividad global de red.

[0019] Cabe señalar que una vez que el procedimiento de conexión se ha llevado a cabo para establecer una red particular, definida por un gráfico, se implementa un procedimiento de enrutamiento dentro de esta red. Tal procedimiento de enrutamiento, fuera del alcance de la presente solicitud de patente, puede ser, por ejemplo, el procedimiento definido en la solicitud US 2003/179742 A1, en la solicitud WO 2010/019395 A1, o en la solicitud US 2011/164527 A1.

[0020] Por lo tanto, la invención tiene como objetivo superar los problemas mencionados anteriormente asociados con el procedimiento de conexión, que incluye proporcionar un procedimiento de conexión para mejorar la conectividad global de la red.

[0021] La invención se refiere a un procedimiento de conexión en una red móvil ad hoc basada en tecnología celular inalámbrica, del tipo que comprende una pluralidad de nodos, cada nodo comprendiendo un módulo de punto de acceso, al menos un módulo terminal relé, un módulo de terminal de retransmisión de un nodo que puede descubrir el módulo de punto de acceso de los nodos vecinos e iniciar un procedimiento de conexión con un módulo de punto de acceso de un nodo vecino seleccionado, un módulo terminal de retransmisión de un nodo que está conectado a un módulo de punto de acceso como máximo de un nodo vecino, caracterizado porque comprende una etapa de selección de un nodo vecino al cual un nodo considerado debe iniciar un procedimiento de conexión entre los nodos de una lista resultante de una etapa de descubrimiento, realizado por el módulo de terminal de retransmisión del nodo considerado, y basado en al menos una información de conectividad relacionada con el componente conectado del nodo considerado y en al menos una información de conectividad relacionada con el componente conectado de cada nodo vecino de la lista.

[0022] Si bien el procedimiento descrito en el documento EP 1 936 872 A1 se limita a evitar la unión de un módulo RT al módulo AP del mismo nodo, el presente procedimiento de unión se enriquece con los criterios de selección de un nodo vecino e implementa un algoritmo que garantiza la máxima conectividad general entre los nodos que componen la red.

[0023] Según unos modos particulares de la invención, el procedimiento comporta una o varias de las características siguientes, tomada(s) aisladamente o según todas las combinaciones técnicamente posibles:

- al menos una información de conectividad de un nodo se elige de entre un número (ni) de nodos presentes en el componente conectado al nodo, de entre una lista de los identificadores de los nodos presentes en el componente conectado del nodo, y de una grafía del componente conectado al nodo.
- teniendo cada nodo un módulo de topología que almacena un gráfico del componente conectado del nodo, el procedimiento comprende una etapa de consulta del módulo de topología para obtener el gráfico actual del componente conectado del nodo, una etapa de cálculo de al menos dicha información de conectividad y una etapa de transmisión de la o de cada información de conectividad calculada.
- la etapa de transmisión consiste en transmitir, por medio del módulo de punto de acceso de dicho nodo, una señal de baliza que comprende la o cada información de conectividad, y en que el procedimiento comprende, durante la etapa de descubrimiento por el módulo de terminal de retransmisión de un nodo considerado, una etapa de recopilación de la o de cada información de conectividad de un nodo vecino cuya dicha señal de baliza ha sido detectada por dicho nodo considerado.
- la etapa de seleccionar un nodo vecino comprende una etapa de verificar que el nodo vecino no pertenece al componente conectado del nodo considerado y, si es así, una etapa de comparar el número de nodos presentes en el componente conectado del nodo vecino con el número de nodos presentes en el componente conectado del nodo considerado, seleccionándose el nodo vecino cuando el número de nodos en su componente conectado es mayor que el del componente conectado del nodo considerado.
- la etapa de seleccionar un nodo vecino comprende una etapa de verificar que el nodo vecino no pertenece al componente conectado del nodo considerado y, si no, una etapa de comparación, por un lado, de la longitud promedio de las rutas en el componente conectado del nodo considerado y, por otro lado, de la longitud promedio

de las rutas sin el componente conectado del nodo considerado modificado para que el nodo considerado se una al nodo vecino, seleccionándose el nodo vecino cuando la longitud media de las rutas en el componente modificado conectado al nodo considerado es menor que la longitud promedio (y_i) de las rutas en el componente conectado al nodo considerado.

- 5 - comprendiendo cada nodo un módulo de flujo que mantiene una lista de flujos de datos relacionados con las comunicaciones en curso retransmitidas por dicho nodo receptor, el procedimiento comprende, antes de una etapa de control del módulo terminal de retransmisión del nodo en cuestión, para iniciar un procedimiento de conexión al módulo de punto de acceso del nodo vecino seleccionado, una etapa de consulta del módulo de flujo para obtener la lista de flujos actuales, determinar un número de flujos de datos actuales y verificar que el número de flujos
10 actuales está debajo de un umbral predeterminado.
- la etapa de selección se implementa en una central operativa, en comunicación con cada uno de los nodos de la red y se adapta para transmitir a un nodo receptor considerado el identificador del nodo vecino seleccionado al que debe conectarse.
- la etapa de selección se implementa en cada nodo.

15 **[0024]** La invención se refiere a un medio de grabación de información, caracterizado porque comprende las instrucciones para la implementación de un procedimiento de conexión como se definió anteriormente, cuando estas instrucciones son ejecutadas por una computadora

20 **[0025]** La invención tiene como objeto un sistema que comprende una pluralidad de nodos, comprendiendo cada nodo un módulo de punto de acceso, un módulo de terminal de retransmisión de un nodo que puede descubrir el módulo de punto de acceso de los nodos vecinos e iniciar un procedimiento de conexión con un módulo de punto de acceso de un nodo vecino seleccionado, un módulo de terminal de retransmisión de un nodo que está unido a, como máximo, un módulo de punto de acceso de un nodo vecino, caracterizado porque está adaptado para
25 implementar un procedimiento de conexión según el procedimiento definido anteriormente, el sistema comprende un medio de selección adaptado para seleccionar un nodo vecino sobre el que un nodo receptor considerado debe iniciar un procedimiento de conexión entre nodos de una lista resultante de una etapa de descubrimiento, por el módulo de terminal de retransmisión del nodo receptor, y considerando al menos una información de conectividad relacionada con el componente conectado del nodo considerado y un Información de conectividad relacionada con el componente
30 relacionado con los nodos vecinos mencionados en la lista.

[0026] Preferiblemente, el módulo de punto de acceso de un nodo es capaz de transmitir al menos una información de conectividad relacionada con su componente conectado usando un medio de transmisión/recepción de radio del módulo AP o usando un medio de transmisión/recepción de otra tecnología de radio distinta a la
35 implementada para la red ad hoc.

[0027] El objeto de la invención es un nodo que comprende un módulo de punto de acceso y al menos un módulo de terminal de retransmisión, pudiendo el módulo de terminal de retransmisión del nodo descubrir módulos de punto de acceso de nodos vecinos e iniciar un procedimiento de conexión con un módulo de un punto de acceso de
40 un nodo vecino seleccionado, estando el módulo de terminal de retransmisión del nodo unido como máximo a un módulo de punto de acceso de un nodo vecino, caracterizado porque es apto para formar parte del sistema definido anteriormente.

[0028] La invención se entenderá mejor y otras características, objetos y ventajas de la misma aparecerán más claramente con la ayuda de la descripción que sigue de un modo de realización particular de la invención y de varias implementaciones posibles, dadas únicamente con fines ilustrativos y no limitativos, con referencia a los dibujos
45 adjuntos. En estos dibujos:

- 50 - la figura 1 representa esquemáticamente el gráfico de una red móvil ad hoc con la base de tecnología celular inalámbrica;
- la figura 2 es una representación esquemática de la estructura de un nodo de un primer modo de realización de un sistema para la implementación del procedimiento de conexión según la invención;
- la figura 3 es una representación esquemática, en forma de bloques, de un modo de realización de un procedimiento de conexión según la invención;
55 - las figuras 4 y 5 son gráficos que representan respectivamente la evolución en el tiempo del número de pares de nodos que pueden comunicarse y de la longitud promedio de las rutas en una red cuyos nodos implementan el procedimiento de conexión de la figura 3; y,
- la figure 6 representa un segundo modo de realización del sistema para la implementación del procedimiento de la figura 3.

60 **[0029]** Un procedimiento de conexión se implementa en un sistema que consta de una pluralidad de nodos conformes al nodo i representado esquemáticamente en la figura 2.

[0030] El nodo i consta de un módulo AP 20, de un módulo RT 30, de un módulo de conexión 40, de un módulo de topología 50 y de un módulo de flujo 60.

- 5 **[0031]** Para simplificar la descripción, a continuación, el módulo de punto de acceso AP y el módulo de terminal de retransmisión RT del mismo nodo tienen cada uno sus propios medios para transmitir/recibir ondas de radio. Pero, se pueden aceptar medios de emisión/recepción comunes.
- 10 **[0032]** Así, el nodo i consta de un medio de emisión/recepción de señales de radio 22 asociado al módulo AP 20 y de un medio de emisión/recepción de radio 32 asociado al módulo RT 30.
- 15 **[0033]** Los módulos AP 20 y RT 30 cumplen con las características de los del estado de la técnica.
- 20 **[0034]** El módulo AP 20 puede controlar sus medios de transmisión/recepción de radio para transmitir periódicamente una señal de radio baliza que integra un mensaje que incluye, en particular, información de conectividad transmitida por el módulo de conexión 40, tal y como aparecerá más abajo.
- 25 **[0035]** Cuando un módulo RT 30 de un nodo j al lado del nodo detecta dicha señal de baliza y responde a ella para iniciar un procedimiento de conexión, el módulo AP 20 del nodo i puede ejecutar las etapas del procedimiento de conexión que le corresponden. El procedimiento de conexión cumple con un protocolo definido por la tecnología celular empleada.
- 30 **[0036]** El módulo RT 30 de un nodo i es capaz de controlar sus medios de transmisión/recepción de radio 32, de manera que escanea el entorno de radio del nodo i para descubrir los módulos AP 20 de los nodos vecinos j . Al final del procedimiento de descubrimiento, el módulo RT 30 puede generar una lista L_i de los nodos vecinos j del nodo i , cuyas señales de baliza se han detectado. La lista L_i consta de información de conectividad contenida en el mensaje que tiene la señal de baliza.
- 35 **[0037]** En el presente modo de realización, el módulo RT 30 puede iniciar un procedimiento de descubrimiento durante la recepción de un requerimiento de descubrimiento emitido por el módulo de conexión 40. Como variante, el módulo RT 30 realiza periódicamente este procedimiento de descubrimiento y ofrece la lista L_i al módulo de conexión 40.
- 40 **[0038]** Al recibir una solicitud de conexión emitida por el módulo de conexión 40 y tener el identificador j de un nodo vecino, el módulo RT 30 de un nodo i puede iniciar un procedimiento de conexión con este nodo vecino j . Más particularmente, el módulo RT 30 del nodo i puede realizar los diferentes etapas del procedimiento de conexión con el módulo AP del nodo j , según el protocolo predefinido de la tecnología celular implementada.
- 45 **[0039]** El módulo de topología 50 puede almacenar un gráfico G_i actual que representa el componente de la red a la que pertenece el nodo i en el momento actual, conectándose dicho componente de forma instantánea. Por gráfico, se entiende el conjunto de identificadores de nodos k en la red y de conexiones entre estos nodos. Por componente conectado del nodo i , se entiende el conjunto de nodos k con el cual el nodo i puede intercambiar un flujo de datos, es decir que existe una ruta de red entre el nodo i y cada nodo k de su componente conectado instantáneamente. El módulo de topología 50 forma parte de los medios de enrutamiento del nodo i . La forma en que se realiza la actualización del gráfico G_i está fuera del alcance de la presente invención.
- 50 **[0040]** El módulo de flujo 60 del nodo i puede mantener una lista F_i de los flujos de datos actuales entre un nodo de origen y un nodo de destino y que son transmitidos por el nodo i . Los datos de tratamiento de los flujos se almacenan igualmente en la lista F_i . En particular, se ha registrado una prioridad asociada a cada flujo de datos.
- 55 **[0041]** El módulo de conexión 40 es capaz de para un mensaje y transmitirlo al módulo AP 20 para que este último lo integre en la señal de baliza transmitida periódicamente. Para ello, el módulo de conexión 40 puede requerir al módulo de topología 50 para obtener el gráfico G_i actual. El módulo de conexión 40 puede entonces determinar una información de conectividad a partir del gráfico G_i .
- 60 **[0042]** El mensaje generado por el módulo de conexión 40 integra un identificador del nodo i y al menos una información de conectividad. En la presente realización, esta información corresponde al número n_i de nodos presentes en el componente conectado del nodo i . Como variante, esta información de conectividad corresponde a una lista g_i de los identificadores de los nodos presentes en el componente conectado del nodo i , o al gráfico actual G_i del nodo i , o a otra información asociada con el componente conectado del nodo.
- 65 **[0043]** El módulo de conexión 40 también puede leer la lista L_i de nodos vecinos j como resultado de una solicitud de descubrimiento aplicada al módulo RT 30. Entre los datos contenidos en esta lista L_i , el módulo de conexión 40 puede leer la información de conectividad correspondiente al identificador j de un nodo vecino y el número n_j de nodos en el componente conectado del nodo j .
- [0044]** El módulo de conexión 40 está adaptado para aplicar una solicitud de conexión al módulo RT 30 que tiene como parámetro el identificador j del nodo vecino seleccionado para una conexión.

- 5 **[0045]** El módulo de conexión 40 del nodo i está adaptado para seleccionar el nodo vecino para conectar, implementando un procedimiento de conexión, tal como el procedimiento 100 que se muestra en la Figura 3, que ahora se describirá.
- [0046]** El procedimiento 100 incluye una primera parte 110 realizada en combinación con el módulo AP 20 del nodo i .
- 10 **[0047]** En una primera etapa 112 de esta parte 110, el módulo de conexión 40 llama al módulo de topología 50 para obtener el gráfico actual G_i . El módulo de conexión 40 calcula el número n_i de nodos que forman parte de su componente conectado.
- [0048]** En la etapa 114, el módulo de conexión 40 genera un mensaje que contiene el identificador del nodo i y el valor del número n_i calculado en la etapa 112.
- 15 **[0049]** En la etapa 116, el módulo de conexión 40 transmite el mensaje generado en la etapa 114 al módulo AP 20 para que este último lo transmita periódicamente en forma de una señal de baliza.
- [0050]** El procedimiento 100 incluye una segunda parte 120 realizada en combinación con el módulo RT 30 del nodo i . Esta segunda parte 120 puede implementarse tras cada realización de la primera parte 110.
- [0051]** En la etapa 122, el módulo de conexión 40 del nodo i controla el módulo RT 30 para escanear el entorno de radio del nodo i .
- 25 **[0052]** El módulo RT 30, después de haber escaneado el entorno de radio en busca de señales de baliza transmitidas por los nodos vecinos j , transmite al módulo de conexión 40 una lista L_i . Para cada nodo vecino descubierto, ésta comprende la información de conectividad transmitida por el módulo AP del nodo j (número n_j de nodos presentes en el componente conectado del nodo j).
- 30 **[0053]** En la etapa 122, el módulo de conexión 40 del nodo i también interroga al módulo de topología 50 y almacena el gráfico G_i actual transmitido en la respuesta recibida desde el módulo de topología 50 (Esta etapa es idéntica a la etapa 112 de la primera parte 110).
- [0054]** Al principio de la etapa 124, se inicia una variable n de número máximo de nodos en un componente conectado con el valor n_i . El valor n_i es el número de nodos presentes en el gráfico G_i . Para determinar el valor n_i , el módulo de tratamiento 40 cuenta el número de nodos en el gráfico G_i .
- [0055]** Se inicia una variable y de longitud media de las rutas en un componente conectado con el valor y_i . Para obtener el valor y_i , el módulo de procesamiento 40 calcula, después de haber aplicado al gráfico G_i un algoritmo, tal como el algoritmo Dijkstra conocido por los expertos en la materia, el valor promedio y_i de la longitud de las rutas en el gráfico G_i .
- [0056]** Las variables ld_1 , ld_2 y fi se inician también con el valor Nulle.
- 45 **[0057]** El procedimiento 100 entra entonces en un bucle 130 del tipo “FOR... DO...” indexado en los identificadores j de los nodos de la lista L_i .
- [0058]** En la etapa 132, el módulo de conexión 40 comprueba si el nodo vecino j está presente en el gráfico G_i .
- 50 **[0059]** Si el nodo vecino j no pertenece al componente conectado del nodo i , en la etapa 134, el módulo de conexión 40 compara el valor actual de la variable n con el número n_j de nodos en el componente conectado del nodo j , indicado en la lista de L_i .
- [0060]** Cuando n_j es mayor que n , significa que el nodo vecino j tiene más nodos en su componente conectado que el nodo i y que sería apropiado que el nodo i se una al nodo vecino j para aumentar el tamaño de su componente relacionados.
- [0061]** Luego, en la etapa 136, el valor n_j se asigna a la variable n y, en la etapa 138, el identificador j se asigna a la variable ld_1 .
- 60 **[0062]** Al final de la etapa 138, el procedimiento sigue el bucle 130 para procesar el siguiente nodo vecino en la lista L_i .
- [0063]** Si en la etapa 134 el número n_j es menor o igual que el valor actual del número n , el nodo vecino j no se retiene como candidato para una conexión.
- 65

- [0064]** El procedimiento sigue el bucle 130 para procesar el siguiente nodo j en la lista Li.
- [0065]** Si, en la etapa 132, se encuentra que el nodo j pertenece al componente conectado del nodo i, se realiza el siguiente procesamiento.
- [0066]** En la etapa 140, el módulo de conexión 40 determina la longitud media yj de las rutas a través de su componente conectado si estuviera modificado de modo que el nodo i se una al nodo j. Para hacer esto, el módulo de conexión 40 modifica el gráfico Gi estableciendo un enlace entre el nodo i y el nodo j y rompiendo el enlace actual entre el nodo i y el nodo k al que está conectado actualmente el nodo i. Al calcular la longitud de ruta promedio entre los pares de nodos del componente conectado modificado, el módulo de conexión 40 determina el valor de yj.
- [0067]** En la etapa 142, si la longitud promedio yj es mayor o igual que el valor actual de la variable y, el procedimiento 100 sigue el ciclo 130 para procesar el siguiente nodo j en la lista Li.
- [0068]** Si, por otro lado, la longitud promedio yj es menor que el valor actual del parámetro y, en la etapa 146, la longitud promedio yj se asigna a la variable y, y en la etapa 148, se asigna el identificador j a la variable Id2.
- [0069]** Al final de la etapa 148, el procedimiento sigue el bucle 130 para procesar el siguiente nodo j en la lista Li.
- [0070]** Una vez que se han procesado todas las entradas en la lista Li, el procedimiento 100 abandona el bucle 130 y continúa de la siguiente manera.
- [0071]** En la etapa 152 se comprueba si el identificador id1 es nulo. Si no es cero, significa que un nodo vecino j, que no pertenece al componente conectado del nodo i, tiene un componente conectado mayor que el del nodo i. Para aumentar el tamaño del componente conectado del nodo i, es deseable que el nodo i se una al nodo j y rompa la conexión actual, si existe.
- [0072]** Luego, en la etapa 154, el módulo de conexión 40 verifica que la ruptura del enlace actual entre el nodo i y el nodo k no tendría impacto en las comunicaciones actuales. Para hacer esto, el módulo de conexión 40 consulta el módulo de flujo 60, que, en respuesta, transmite la lista de flujos de datos de Fi que actualmente pasan por este nodo i. De esta lista Fi, el módulo de conexión 40 determina el número fi de flujos de datos actuales (o, alternativamente, el número de flujos de datos actuales para cada nivel de prioridad).
- [0073]** En la etapa 156, el módulo de fijación 40 verifica que el número fi calculado en la etapa 154 no exceda un umbral predeterminado.
- [0074]** En caso de sobrepasar el umbral se interrumpe el procedimiento 100.
- [0075]** Si no se excede el umbral predeterminado, el nodo vecino candidato para una conexión se retiene y la segunda parte del procedimiento continúa a la etapa 158.
- [0076]** En la etapa 158, el módulo de archivos adjuntos 40 ordena al módulo RT 30 que rompa la conexión actual, cuando existe dicha conexión, e inicie el procedimiento de conexión con el módulo AP 20 del nodo j seleccionado.
- [0077]** Si en la etapa 152, el identificador Id1 es cero, el módulo de conexión 40 verifica el valor del identificador id2, en la etapa 160.
- [0078]** Si id2 no es cero, significa que es preferible que el nodo i esté conectado al nodo j seleccionado para minimizar la longitud de las rutas en su componente conectado.
- [0079]** Las etapas 154 y 156 se ejecutan para determinar si hay que retener el candidato Id2. En caso afirmativo, la etapa 158 se realiza para romper la conexión actual, cuando existe dicha conexión, e iniciar el procedimiento de conexión con el módulo AP 20 del nodo j seleccionado.
- [0080]** Si, en la etapa 160 el identificador Id2 es cero, la segunda parte 120 del procedimiento 100 se termina.
- [0081]** El procedimiento 100 lo ejecuta periódicamente el módulo 40, a menos que entre dos ejecuciones "voluntarias", el módulo RT 30 indique que la conexión actual se ha roto y que es necesario intentar establecer una nueva. En este caso, una vez que el módulo de conexión 40 recibe un mensaje de ruptura de la conexión actual, se ejecuta la segunda parte del procedimiento 100.
- [0082]** Al realizar el procedimiento 100, el módulo de conexión 40 de un nodo i se adapta para seleccionar, en

base a la información de conectividad, un nodo vecino al que es deseable que el nodo i se conecte y controle el módulo RT 30 indicándole el identificador del nodo vecino a adjuntar.

- 5 **[0083]** En las figuras 4 y 5, los gráficos 410 y 510 representan respectivamente el porcentaje de pares de nodos que pueden intercambiar datos y la longitud promedio de las rutas en una red móvil ad hoc basada en tecnología celular inalámbrica para la cual cada nodo implementa el procedimiento de conexión 100 presentado anteriormente. Estos gráficos resultan de una simulación numérica de la evolución en el tiempo de la topología de la red, durante los desplazamientos de los diferentes nodos.
- 10 **[0084]** Según esta simulación, la implementación del procedimiento de conexión 100 hace posible obtener una red cuyos gráficos están, en cada instante, cerca de los gráficos 400 y 500 de la red óptima, definidos considerando que cada nodo i está conectado a todos los nodos j presentes en su rango de radio (es decir, no hay una restricción de conexión única).
- 15 **[0085]** Esto en contraste con los gráficos 420 y 520 que, por otro lado, corresponden a una red en la que cada nodo implementa un procedimiento de conexión en el que el nodo seleccionado se selecciona aleatoriamente de entre los nodos vecinos.
- 20 **[0086]** Numerosas variantes del procedimiento de conexión de la figura 3 se pueden aceptar. El módulo de conexión de un nodo i podría probar otros criterios para seleccionar el mejor nodo de su entorno en términos de conectividad de red. Por ejemplo, si las capacidades informáticas de un nodo son suficientes y esto no representa una sobrecarga en la red, la señal de baliza de un nodo j puede contener la lista g_i de los identificadores de los nodos de su componente conectado, o el gráfico completo G_i de su componente conectado. El presente procedimiento de conexión que usa información de conectividad puede integrarse en un procedimiento de conexión más complejo para
25 acomodar esta información de conectividad adicional.
- [0087]** Por supuesto, los criterios convencionales, como la calidad de la señal de baliza recibida, pueden tenerse en cuenta en el procedimiento de conexión.
- 30 **[0088]** Cuando un nodo comprende varios módulos RT, la segunda porción 120 del procedimiento de unión 100 se repite para cada uno de los módulos RT.
- [0089]** En la realización descrita anteriormente, la información de conectividad se transmite utilizando los medios de transmisión/recepción de radio, que están equipados con los nodos para la implementación de la tecnología
35 celular inalámbrica. Como variante, se proporcionan medios de comunicación dedicados al intercambio de información de conectividad: puede ser la definición simple de un canal de comunicación específico en el contexto de la tecnología celular inalámbrica implementada, otra tecnología celular, etc.
- 40 **[0090]** Cabe señalar que, en la realización anterior, la red es homogénea en el sentido de que se implementa una única tecnología celular inalámbrica. Como variante, la red implementa simultáneamente varias tecnologías celulares inalámbricas.
- [0091]** Además, numerosas variantes de implementación del presente procedimiento de conexión son
45 aceptables.
- [0092]** Por ejemplo, en la figura 6, se ha mostrado un sistema 600 en el que cada nodo i de la red comprende, además de los medios 22 y 32, para transmitir y recibir ondas de radio en la banda de frecuencia asignada a la tecnología celular inalámbrica implementada, un medio de transmisión/recepción 42 dedicado al módulo de conexión
50 40'. Cada nodo de red está conectado así a una segunda red que utiliza un protocolo específico.
- [0093]** Esta segunda red incluye ventajosamente un componente satelital. El sistema comprende entonces una estación 70 de retransmisión por satélite, cuya cobertura geográfica se extiende sobre toda el área geográfica dentro de la cual se hacen mover los nodos i de la red.
- 55 **[0094]** Finalmente, el sistema comprende una central operativa 80 que comprende un medio para conectar la central operativa a la segunda red. En la figura 6, la central operativa está equipada con un medio para transmitir/recibir ondas de radio 82 con el componente de satélite de la segunda red.
- [0095]** Por lo tanto, se puede establecer una comunicación, a través de la estación 70 de retransmisión por
60 satélite, entre un módulo de conexión 40' de cada nodo i de la red y la central operativa 80.
- [0096]** Para cada nodo i , la central operativa 80 es apta para implementar el procedimiento de conexión 100. El módulo de conexión 40' solo tiene una función de interfaz de comunicación entre la central operativa 80, por un
65 lado, y los módulos AP 20, RT 30, de topología 50 y de flujo 60 del nodo correspondiente.

[0097] Así, la lista L_i generada por el módulo RT 30, el gráfico G_i mantenido por el módulo de topología 50 y la lista F_i de los flujos en progreso mantenidos por el módulo de flujo 60 son transmitidos por el módulo de conexión 40 a la central operativa 80.

5 **[0098]** A partir de estas informaciones de conectividad, la central operativa 80 selecciona el nodo j al que debe unirse el nodo i .

[0099] Una vez que se ha seleccionado un nodo vecino j , el identificador j de este nodo se transmite desde la central 80 al módulo de conexión 40 del nodo i .

10

[0100] El módulo de conexión 40 ordena al módulo RT 30 que rompa la conexión actual, cuando existe dicha conexión, e inicie el procedimiento de conexión con el nodo vecino j seleccionado.

[0101] En este sistema, muchas variantes del procedimiento de selección son aceptables.

15

[0102] En una variante, la central operativa 80 tiene cada uno de los gráficos G_j de los nodos de la red, obtenidos durante la realización de la etapa del procedimiento de selección correspondiente a la etapa 122, en cada nodo j .

20 **[0103]** Entonces ya no es necesario que el módulo de conexión 40 de un nodo j genere un mensaje que comprenda información de conectividad que no sea el identificador del nodo J .

[0104] Por lo tanto, cuando el nodo i informa al centro operativo 80 que ha detectado la señal de baliza del nodo j , la unidad central operativa 80 implementa el procedimiento de conexión mediante el uso del gráfico G_j del componente conectado del nodo j , que este último ya ha transmitido al centro operativo 80.

25

[0105] En otra variante independiente de la anterior, después de una primera ejecución del procedimiento de conexión para el nodo i , y una primera ejecución para el nodo j , la central operativa ejecuta por segunda vez el procedimiento de conexión para el nodo i . El procedimiento de selección se repite varias veces para uno o más nodos (desde la misma información de conectividad), hasta la convergencia a una topología de la red en la que no hay más modificación de las conexiones entre nodos.

30

[0106] En otra variante más, la central operativa implementa un procedimiento de conexión usando criterios globales que usan la información de conectividad recopilada de los nodos. Estos criterios incluyen, por ejemplo, maximizar una función de costo relacionada con la conectividad de red y cuyas variables son, entre otras cosas, la información de conectividad. Por lo tanto, aunque la conexión de un nodo i a un nodo j , cuyo número n_j es menor que el número n_i , no se considera localmente interesante para el nodo i , la central operativa puede requerir esta conexión y simultáneamente requerir la conexión de un nodo k del componente conectado del nodo j a un nodo l del componente conectado del nodo i , para alcanzar globalmente la máxima conectividad de la red.

40

[0107] El presente procedimiento de conexión se usa ventajosamente para formar una tecnología LTE de red ad hoc entre barcos ("ship-to-ship" en inglés). El módulo AP es un eNodo B (para "Nodo B evolucionado" en inglés) y el módulo RT es un equipo de usuario UE ("Equipo de usuario"). La tecnología LTE puede tener un alcance de 10 nodos náuticos que utilizan medios de emisión/recepción, incluida una antena direccional, por ejemplo del tipo FESA™ ("Antena rápida orientable electrónicamente" en inglés), o sectorial.

45

[0108] La red ad hoc entre barcos ocasionalmente puede conectarse con nodos ubicados en la costa ("ship-to-shore" en inglés) utilizando la misma tecnología.

50 **[0109]** El presente procedimiento de conexión se usa ventajosamente para formar una red ad hoc desplegable entre vehículos. Cada vehículo está equipado con un mástil telescópico, por ejemplo de 18 m de altura, para construir una infraestructura LTE desplegable. La red puede proporcionar conectividad a peatones equipados con terminales LTE o a aeronaves, como helicópteros.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de conexión (100) en una red móvil ad hoc basada en tecnología celular inalámbrica, del tipo que comprende una pluralidad de nodos (i), cada nodo comprendiendo un módulo de punto de acceso (20), al menos un módulo de terminal de retransmisión (30), un módulo de terminal de retransmisión de un nodo que puede descubrir el módulo de punto de acceso de nodos vecinos e iniciar un procedimiento de conexión con un módulo de punto de acceso de un nodo vecino seleccionado, un módulo de terminal de retransmisión de un nodo que está conectado a al menos un módulo de punto de acceso de un nodo vecino, **caracterizado porque** comprende una etapa de seleccionar un nodo vecino (j) al cual un nodo (i) considerado debe iniciar un procedimiento de conexión entre los nodos de una lista (Li) resultante de una etapa de descubrimiento, realizado por el módulo de terminal de retransmisión (30) del nodo considerado, y sobre la base de al menos una información de conectividad relacionada con el componente conectado del nodo considerado y al menos una información de conectividad relacionada con el componente conectado de cada nodo vecino de la lista.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1 **caracterizado porque** al menos una información de conectividad de un nodo se elige de entre un número (ni) de nodos presentes en el componente conectado al nodo, de entre una lista (gi) de los identificadores de los nodos presentes en el componente conectado del nodo, y de una gráfica (Gi) del componente conectado al nodo.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o la reivindicación 2 **caracterizado porque**, teniendo cada nodo un módulo de topología (50) que almacena un gráfico (Gi) del componente conectado del nodo (i), el procedimiento comprende una etapa de consulta (122) del módulo de topología para obtener el gráfico (Gi) actual del componente conectado del nodo (i), una etapa de cálculo de al menos dicha información de conectividad y una etapa de transmisión de la o de cada información de conectividad calculada.
- 25 4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** la etapa de transmisión consiste en transmitir (116), por medio del módulo de punto de acceso de dicho nodo, una señal de baliza que comprende la o cada información de conectividad (i, ni, gi, Gi), y **porque** el procedimiento comprende, durante la etapa de descubrimiento por el módulo de terminal de retransmisión de un nodo considerado, una etapa de recopilación de la o de cada información de conectividad de un nodo vecino (j) cuya señal de baliza ha sido detectada por dicho nodo considerado.
- 30 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la etapa de seleccionar un nodo vecino comprende una etapa de verificación (132) de que el nodo vecino (j) no pertenece al componente conectado del nodo considerado (i) y, afirmativamente, una etapa de comparar (134) el número (nj) de nodos presentes en el componente conectado del nodo vecino (j) con el número (ni) de nodos presentes en el componente conectado del nodo considerado (i), siendo el nodo vecino seleccionado cuando el número de nodos en su componente conectado es mayor que el del componente conectado del nodo considerado.
- 35 6. Procedimiento según la reivindicación 5 en el que la etapa de seleccionar un nodo vecino comprende una etapa de verificar (132) que el nodo vecino (j) no pertenece al componente conectado del nodo considerado (i) y, si no, una etapa de comparación (142), por un lado, de la longitud promedio (yi) de las rutas en el componente conectado del nodo considerado (i) y, por otro lado, de la longitud promedio (yj) de las rutas en el componente conectado del nodo considerado modificado para que el nodo considerado se una al nodo vecino, seleccionándose el
- 40 45 nodo vecino cuando la longitud media de las rutas en el componente modificado conectado al nodo considerado es menor que la longitud promedio (yi) de las rutas en el componente conectado al nodo considerado (i).
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 en el que comprende cada nodo un módulo de flujo (60) que mantiene una lista de flujos de datos (Fi) relacionados con las comunicaciones en curso retransmitidas por dicho nodo receptor (i), el procedimiento comprende, antes de una etapa de control del módulo terminal de retransmisión del nodo en cuestión (i), para iniciar un procedimiento de conexión al módulo de punto de acceso del nodo vecino (j) seleccionado, una etapa de consulta del módulo de flujo para obtener la lista de flujos actuales, determinar un número (fi) de flujos de datos actuales y verificar que el número (fi) de flujos actuales está debajo de un umbral predeterminado.
- 50 55 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la etapa de selección se implementa en una central operativa, en comunicación con cada uno de los nodos de la red y se adapta para transmitir a un nodo receptor considerado el identificador del nodo vecino seleccionado al que debe conectarse.
- 60 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la etapa de selección se implementa en cada nodo.
10. Soporte de registro de información, **caracterizado porque** comprende las instrucciones para la implementación de un procedimiento de conexión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, cuando estas
- 65 instrucciones son ejecutadas por una computadora.

11. Sistema que comprende una pluralidad de nodos (i), comprendiendo cada nodo un módulo de punto de acceso, un módulo de terminal de retransmisión de un nodo que puede descubrir el módulo de punto de acceso de los nodos vecinos e iniciar un procedimiento de conexión con un módulo de punto de acceso de un nodo vecino
5 seleccionado, un módulo de terminal de retransmisión de un nodo que está unido a, como máximo, un módulo de punto de acceso de un nodo vecino, **caracterizado porque** está adaptado para implementar un procedimiento de conexión según el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, el sistema comprende un medio de selección adaptado para seleccionar un nodo vecino sobre el que un nodo receptor considerado debe iniciar un
10 procedimiento de conexión entre nodos de una lista resultante de una etapa de descubrimiento, por el módulo de terminal de retransmisión del nodo receptor, y considerando al menos una información de conectividad relacionada con el componente conectado del nodo considerado y un Información de conectividad relacionada con el componente relacionado con los nodos vecinos mencionados en la lista.
12. Sistema según la reivindicación 11 en el que el módulo de punto de acceso de un nodo es capaz de
15 transmitir al menos una información de conectividad relacionada con su componente conectado usando un medio de transmisión/recepción de radio del módulo AP o usando un medio de transmisión/recepción de otra tecnología de radio distinta a la implementada para la red ad hoc.

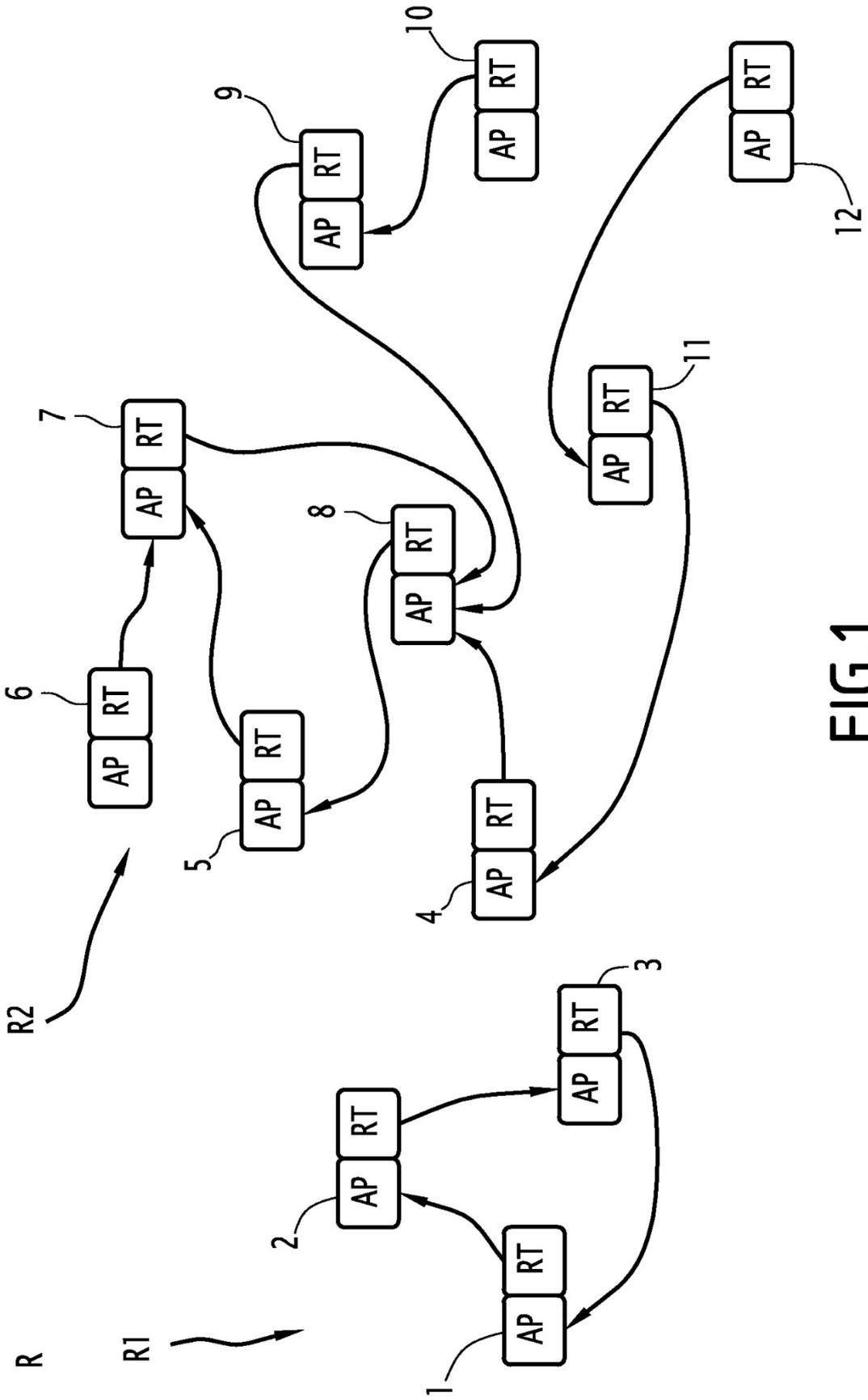


FIG.1

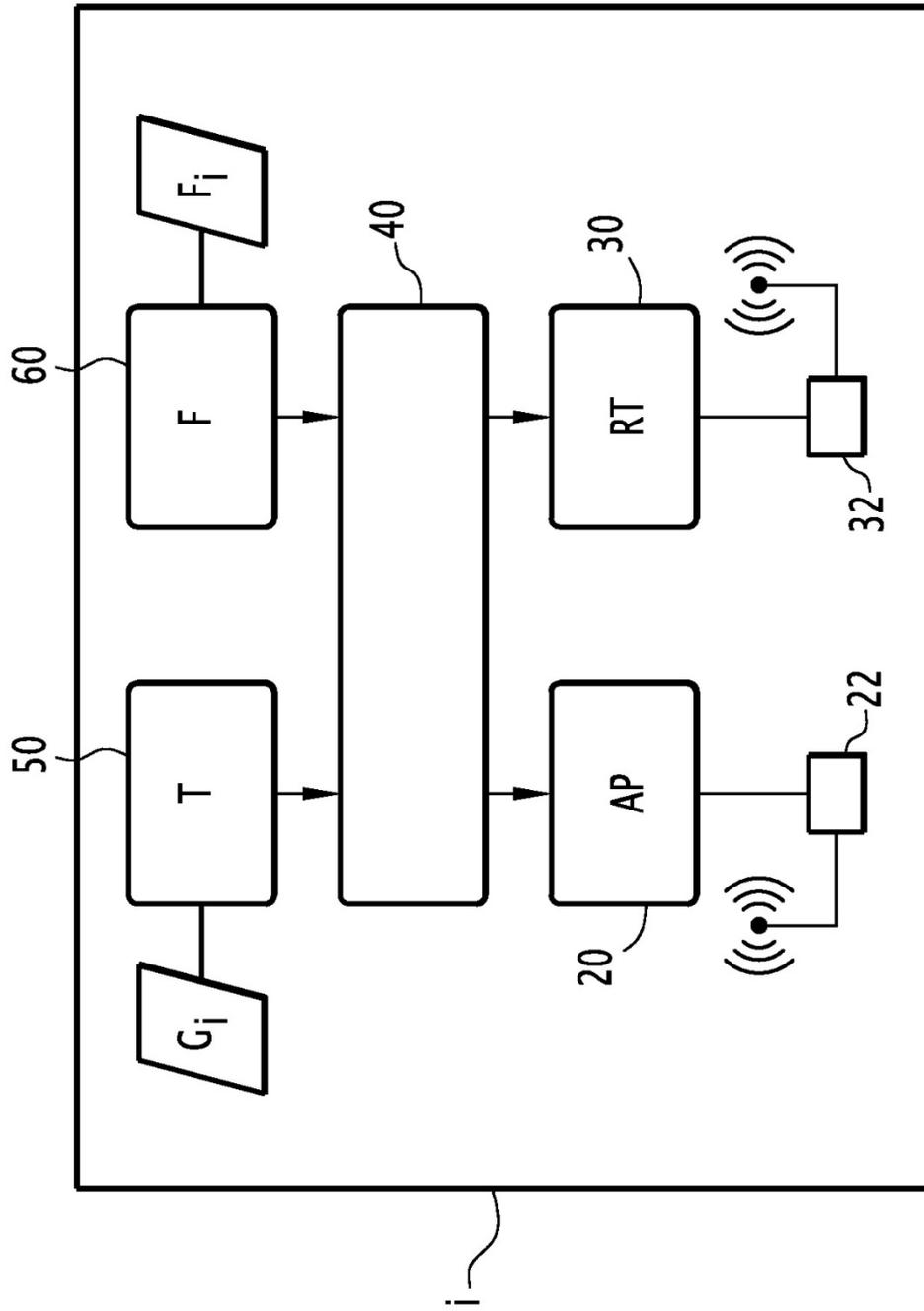


FIG. 2

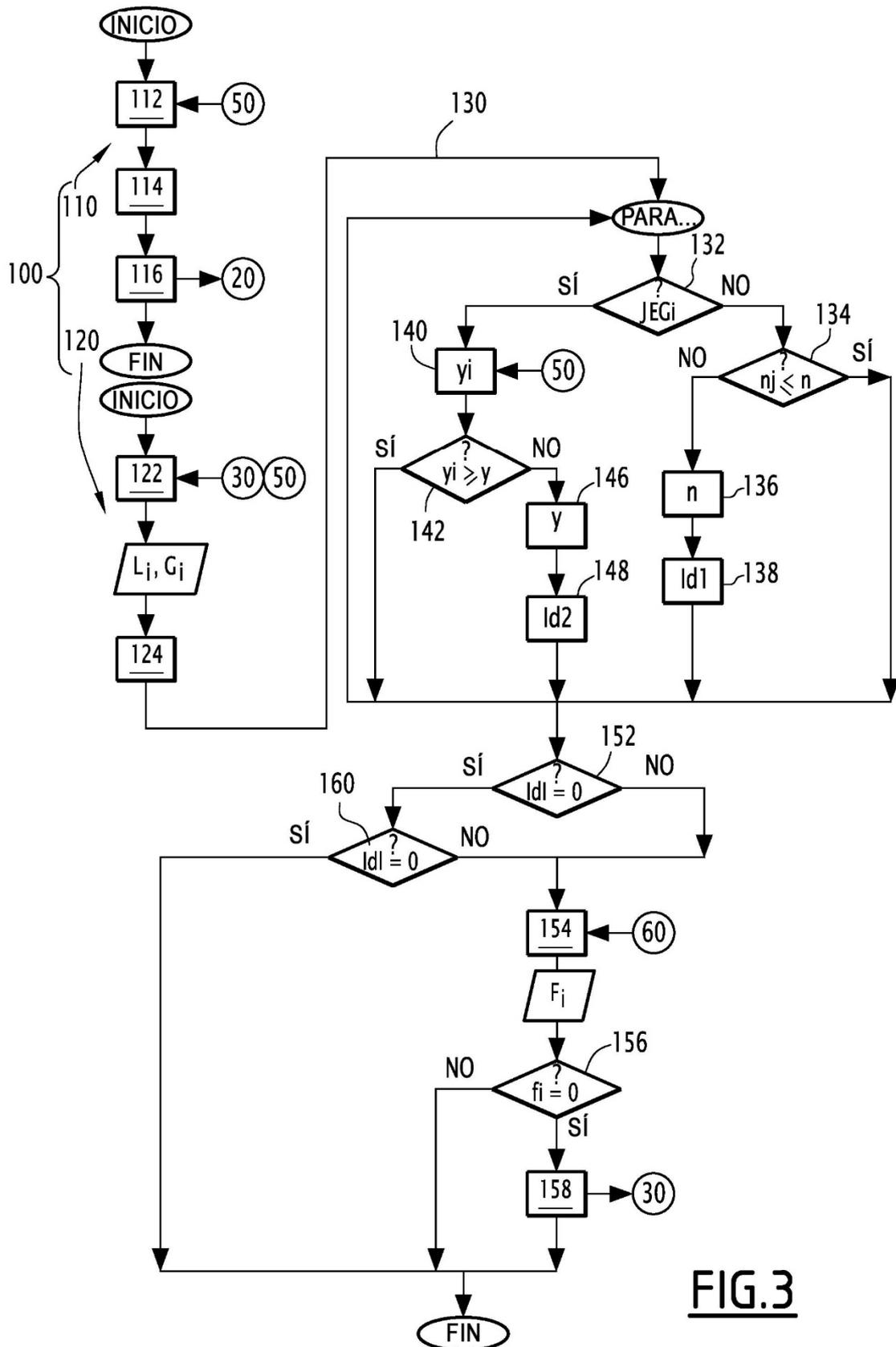


FIG.3

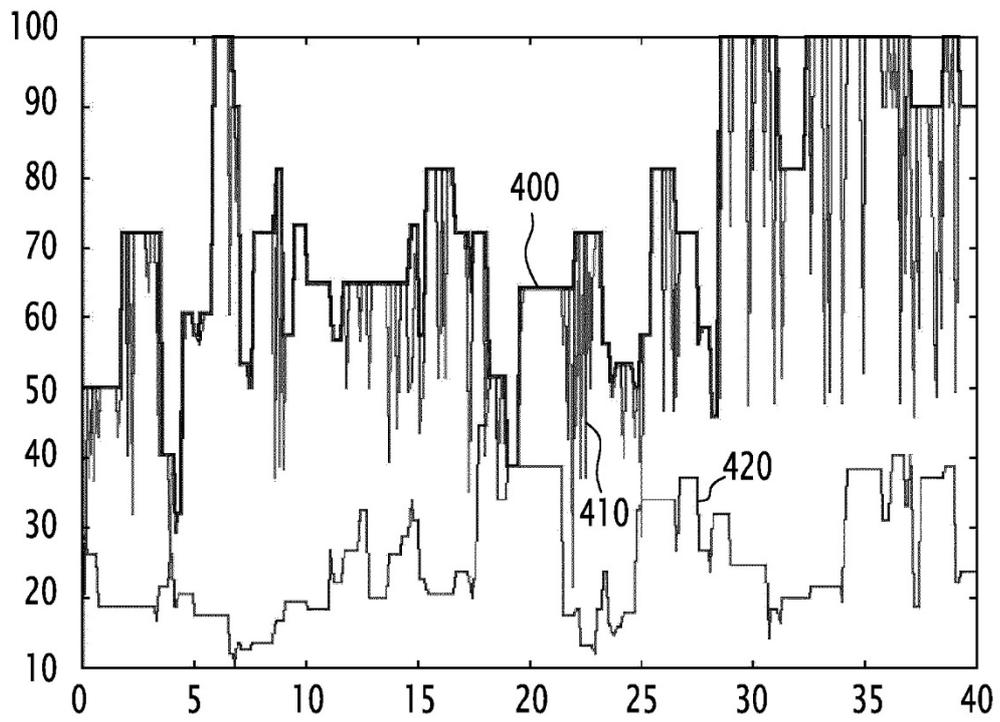


FIG.4

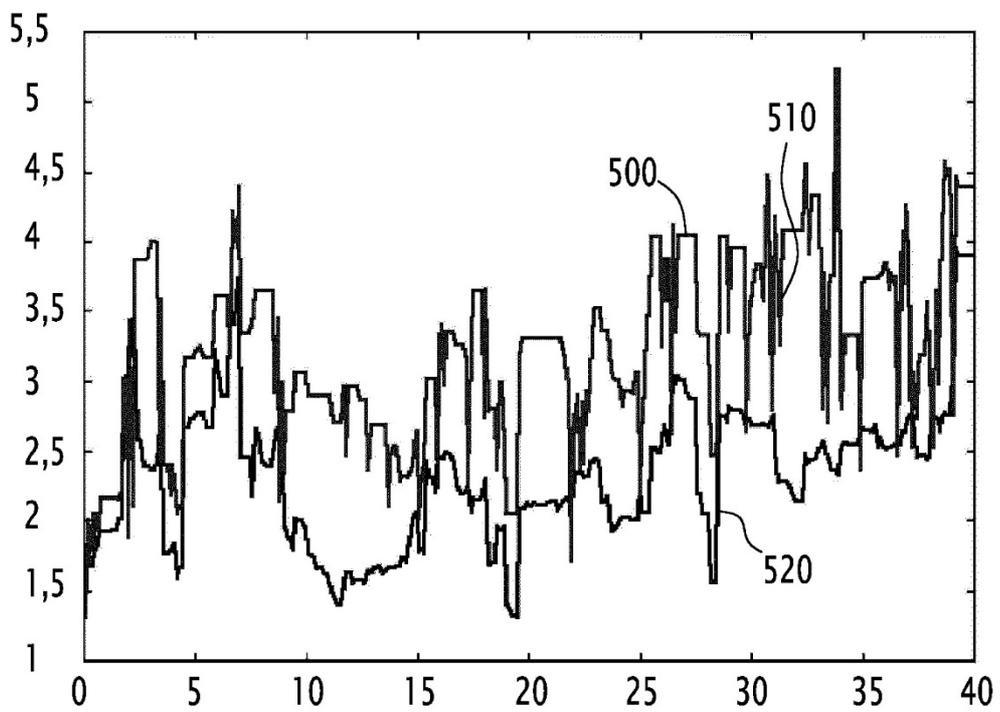


FIG.5

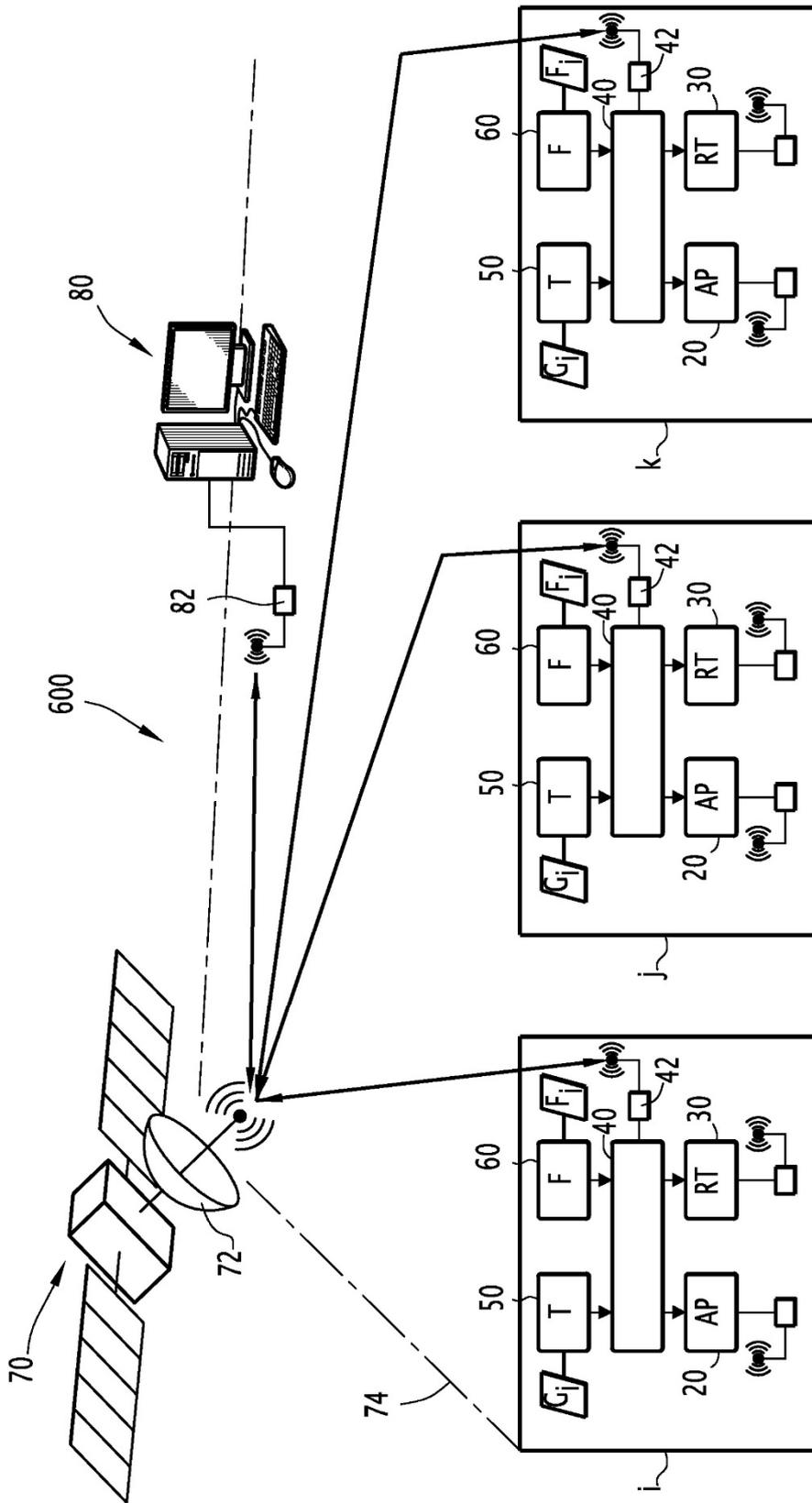


FIG.6