

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 300**

51 Int. Cl.:

H04W 84/18 (2009.01)

H04L 29/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2014** **E 14194937 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019** **EP 2879460**

54 Título: **Nodo de una red de radio ad-hoc de salto múltiple mejorado, y procedimiento asociado**

30 Prioridad:

28.11.2013 FR 1302758

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

13.02.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LIM, DAVID;
FOUILLOT, PASCALE;
CONAN, VANIA;
LAVAUX, DAMIEN y
PIREZ, DIDIER**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 742 300 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

Nodo de una red de radio ad-hoc de salto múltiple mejorado, y procedimiento asociado

- 5 **[0001]** La invención tiene como campo del de las redes de radio ad-hoc de salto múltiple. Más particularmente, la invención tiene como campo el de las redes de radio ad-hoc de salto múltiple móviles y de alta densidad.
- [0002]** En las redes de radio ad-hoc móviles, la conectividad varía en gran medida en el tiempo y en el espacio. Por conectividad, se entiende la posibilidad de un nodo de acceder al recurso radioeléctrico con el fin de emitir, sin
10 perturbación, una señal y la de otros nodos de acceder al recurso al mismo tiempo para recibir la señal emitida.
- [0003]** Estos problemas se exacerban en el caso de una alta densidad de nodos.
- [0004]** Entre las redes de radio ad-hoc, se conocen las redes que implementan un protocolo de enrutamiento.
15 Sin embargo, para mantener una visión de la topología de red en cualquier momento, estas redes requieren una actualización constante de la cartografía de la topología, así como una propagación de las informaciones correspondientes a través de la red por medio de paquetes de señalización adaptados. Para redes de alta densidad, el mantenimiento de dicha cartografía se vuelve extremadamente difícil y complejo de implementar. Los paquetes de señalización todavía limitan la conectividad.
20
- [0005]** Asimismo se conocen redes de radio ad-hoc que no requieren un protocolo de enrutamiento. Se trata de redes de radio ad-hoc de salto múltiple que implementan un servicio de difusión de tipo inundación.
- [0006]** En general, en las redes de radio ad-hoc, cada nodo es susceptible de actuar no solo como emisor o
25 receptor de un paquete de datos, sino también como retransmisor de un paquete de datos entre el emisor y el destinatario.
- [0007]** En este contexto, pueden ser implementados diferentes servicios de difusión de paquetes de datos.
- 30 **[0008]** Un servicio de difusión simple de implementar es un servicio del tipo inundación ("flooding" en inglés), en el que un emisor que desea intercambiar un dato con un destinatario, transmite un mensaje que incluye estos datos hacia el conjunto de estos vecinos, es decir, el conjunto de nodos en el alcance de radio del emisor. A su vez, cada nodo vecino, que actúa como un relé, transmite un mensaje que contiene este dato hacia el conjunto de sus vecinos. Poco a poco, el dato se distribuye por toda la red. Termina, entre otros, al llegar al destinatario deseado.
35
- [0009]** No obstante, en el caso de una red de radio ad-hoc de alta densidad, un servicio de difusión del tipo inundación, en el que todo el mundo emite hacia todo el mundo, no es adecuado debido al gran número de paquetes emitidos y reemitidos por los diferentes nodos para la difusión de un solo dato. Por tanto, existe una alta probabilidad de colisión de señales y una degradación de la conectividad.
40
- [0010]** Para una red de radio ad-hoc de salto múltiple móvil y de alta densidad, el documento EP 2 440 001 A1 describe un nodo que incluye un medio de control de acceso al recurso radioeléctrico (MAC según el acrónimo inglés "Medium Access Control") que implementa un procedimiento de contención dinámica de acceso al recurso.
- 45 **[0011]** Más precisamente, los diferentes nodos de red están sincronizados. El acceso al recurso radioeléctrico se subdivide en tramas temporales. Un nodo está autorizado a acceder al recurso cada Q tramas. El periodo Q es variable y su valor se adapta dinámicamente en función del uso del recurso realizado por el nodo considerado y sus vecinos. Es más, una trama se subdivide en una pluralidad de intervalos de tiempo. En una trama autorizada, un nodo es apropiado para seleccionar de manera aleatoria el intervalo en el que emite un paquete de datos.
50
- [0012]** De este modo, en el documento EP 2 440 001 A1, cada nodo es apropiado para estimar un número de nodos vecinos V en función del número de colisiones detectadas en los diferentes intervalos de una pluralidad de tramas sucesivas. Cuando el número de vecinos estimado V aumenta, el nodo solicita a sus vecinos aumentar su periodo de emisión Q.
55
- [0013]** Sin embargo, en las redes de radio ad-hoc de alta densidad que implementan un servicio de difusión del tipo inundación, la implementación de un procedimiento de contención de paquetes puede no ser suficiente.
- [0014]** Se conoce además, por ejemplo, del documento CHEN ZHILIANG Y COL. "Reducing aggregation bias and time in gossiping-based wireless sensor net-works", 2013 IEEE 14TH WORKSHOP ON SIGNAL PROCESSING
60 ADVANCES IN WIRELESS COMMUNICATIONS (SPAWC), IEEE, 16 de junio de 2013 (2013-06-16), páginas 165-169, XPO32490421, ISSN: 1948-3244, DOI: 10.1109/SPAWC.2013.6612033, en una red ad-hoc que implementa un servicio de difusión con comunicaciones aleatorias ("random gossiping", en inglés), la capacidad de un nodo para calcular el valor de una función que agrega medidas efectuadas por sensores asociados con los diferentes nodos de
65 red. Sin embargo, este valor calculado está sesgado por el hecho de que no es posible saber cuántas veces se tiene

en cuenta una medida particular.

[0015] También se conoce, por el documento US 2013/110462 A1, en una red ad-hoc que implementa un servicio de difusión por inundación, la capacidad de un nodo para preparar un paquete a emitir al combinar las 5 informaciones procedentes de varios paquetes incidentes.

[0016] Además, el artículo HONGQIANG ZHAI y col. "A Distributed Packet Concatenation Scheme for Sensor and Ad Hoc Networks", MILITARY COMMUNICATION CONFERENCE, 2005, MILCOM 2005, IEEE ATLANTIC CITY, NJ, USA 17 - 20 DE OCT. 2005, páginas 1-7 describe un nodo que, cuando el canal de emisión de su capa MAC está 10 bloqueado, es apropiado para concatenar varios paquetes cortos con destino a un mismo, para obtener un paquete largo o "súperpaquete". La concatenación consiste en escribir en la parte de carga útil del súperpaquete, las cargas útiles de los paquetes cortos. De este modo, la parte de encabezado se mutualiza y se reduce la saturación en la red.

[0017] La invención tiene, por tanto, como objetivo superar este problema.

[0018] Para ello, la invención tiene por objeto un nodo de radio ad-hoc de salto múltiple como se define por la primera reivindicación.

[0019] La invención y sus ventajas se comprenderán mejor con la lectura de la siguiente descripción, dada 20 únicamente a modo de ejemplo ilustrativo y no limitativo, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es una representación de una red de radio ad-hoc de salto múltiple de alta densidad;
- la figura 2 presenta la estructura de un paquete de datos intercambiado en la red de la figura 1;
- la figura 3 es una representación esquemática en forma de bloques de un nodo de red de la figura 1 que incluye un 25 dispositivo de difusión mejorada; y,
- la figura 4 es una representación esquemática del procedimiento de difusión implementado por el servicio del nodo de la figura 3.

[0020] En general, un nodo N incluye un dispositivo de difusión que asocia un medio de control de acceso al 30 recurso del tipo con contención dinámica y un medio de codificación de red.

[0021] Un nodo emisor desea difundir informaciones hacia el conjunto de los nodos de la red.

[0022] La codificación de red ("network coding" en inglés) consiste en combinar entre sí las diferentes 35 informaciones a difundir. El mensaje resultante de esta operación de codificación se difunde en la red.

[0023] En la recepción, un nodo que recibe este mensaje trata de decodificarlo para obtener informaciones que es la combinación. Esta operación de decodificación se realiza gracias a las informaciones que el nodo receptor ya 40 posee, en este momento de explotación de red. Un mensaje es denominado útil cuando dicho permite que el nodo receptor considerado mejore el número de informaciones que dispone.

[0024] En la transmisión, un nodo genera un nuevo mensaje a partir de la totalidad o una parte solamente de las informaciones que dispone en ese momento.

[0025] Los procedimientos de codificación de red aparecen así como procedimientos de transmisión 45 cooperativos en los que cada nodo actúa como una fuente de una información y/o como nodo codificador de informaciones. Se muestra que la codificación de red permite economizar el número de transmisiones en la red, necesarias para la difusión de un grupo de informaciones. Por consiguiente, la codificación de red es un procedimiento que permite optimizar el consumo de la banda pasante radioeléctrica.

[0026] En la realización actualmente contemplada, el algoritmo de codificación de red implementado por un 50 nodo realiza una combinación lineal aleatoria de informaciones. El algoritmo permite generar un mensaje por la selección aleatoria de n informaciones en una tabla de informaciones actualizada por el nodo. El algoritmo lleva a cabo una operación binaria entre los bits de las informaciones seleccionadas, tal como "o exclusiva".

[0027] Se citará como un documento del estado de la técnica relativa a la codificación de la red, el artículo de 55 C.Fragouly y col. "*a network coding approach to energy efficiency broadcasting*", publicado en 2006.

[0028] La figura 1 representa una red R que es una red de radio ad-hoc de alta densidad en la que se 60 implementa un servicio de difusión del tipo inundación.

[0029] La red R incluye dieciséis nodos, respectivamente identificada por un número entero i entre 1 y 16.

[0030] El nodo 1 desea intercambiar un dato con el nodo 12.

65

- [0031]** El nodo 1 emite un primer paquete que incluye el dato. Este paquete alcanza los diferentes nodos situados en el alcance de radio del nodo 1. El alcance de radio está representado esquemáticamente por un círculo de radio p_0 . Los nodos 2 a 6 reciben el primer paquete.
- 5 **[0032]** En una segunda etapa, cada nodo 2 a 6 emite un segundo paquete que incluye el dato recibido. Este segundo paquete alcanza los diferentes nodos situados en el alcance de radio de los nodos 2 a 6.
- [0033]** Poco a poco, el dato alcanza el nodo 12. El nodo 12 puede recibir varias veces el mismo dato a través de diferentes nodos intermedios.
- 10 **[0034]** Haciendo referencia a la figura 3, un nodo N se describirá ahora en detalle.
- [0035]** Un nodo es por ejemplo un ordenador que incluye un medio de cálculo, tal como un procesador; un medio de memorización, tal como una memoria viva y/o muerta; medios de emisión/recepción de señales de radio; y una interfaz de entrada/salida que permite a otro ordenador conectado al nodo, acceder a la red.
- 15 **[0036]** La memoria del nodo N incluye las instrucciones de un programa de ordenador; denominado piloto de comunicación. Estas instrucciones son destinadas a ser ejecutadas por el medio de cálculo para permitir a una aplicación ejecutada por ejemplo en el otro ordenador conectado al nodo comunicar los datos en la red.
- 20 **[0037]** En particular, la ejecución de este piloto permite proporcionar el nodo N de un dispositivo de difusión 18.
- [0038]** Como se representa en la figura 3, el dispositivo de difusión 18 está en la interfaz entre los medios 40 de emisión/recepción de señales de radio y un medio 50 de interfaz de software que permite intercambios de informaciones con el otro ordenador conectado al nodo N.
- 25 **[0039]** El dispositivo de difusión 18 incluye un medio de control de acceso al recurso, denominado medio MAC 20 en lo sucesivo, y un medio de codificación de red 30.
- 30 **[0040]** El medio MAC 20 es apropiado para implementar un procedimiento de acceso al recurso por contención dinámica, según lo descrito en el documento EP 2 440 001 A1.
- [0041]** El medio MAC 20 incluye un módulo de recepción de paquetes de datos procedentes del medio 40 de emisión/recepción de señales de radio. Este módulo es referenciado con el número 22 en la figura 1. El módulo de recepción 22 es apropiado para extraer los datos contenidos en un paquete incidente (encabezamiento y carga útil) y para transmitirlos por medio de la codificación de red 30.
- 35 **[0042]** El módulo de recepción 22 es del mismo modo apropiado para extraer los parámetros relativos al funcionamiento de la capa física y a la calidad de los paquetes recibidos en los diferentes intervalos de tiempo de las tramas (colisión de paquetes, paquete legible, etc.).
- 40 **[0043]** El medio MAC 20 incluye un módulo de reducción de colisión 24. El módulo de 24 es apropiado para recoger los parámetros proporcionados por el módulo de recepción 22 y para implementar el procedimiento descrito en el documento EP 2 440 001 A1, con el fin de calcular el periodo de emisión Q para el nodo N. Este cálculo pasa por la estimación de un número de nodos vecinos V.
- 45 **[0044]** El módulo de reducción de colisión 24 es apropiado para controlar el medio de codificación de red 30 y pasarle los parámetros de funcionamiento, tal como el número de nodo vecinos V.
- 50 **[0045]** Ventajosamente, tras haber controlado la activación del medio de codificación de red 30, el módulo 24 es apropiado para recibir del módulo 30 parámetros asociados con los mecanismos de codificación de red utilizada. Se trata por ejemplo del tipo de codificación, de la dimensión del cuerpo utilizado para el algoritmo de codificación, del umbral en el número de saltos más allá del cual una información ya no se propaga, o cualquier otra información que caracteriza el mecanismo de codificación de red.
- 55 **[0046]** El módulo 24 es entonces apropiado para tener en cuenta estos parámetros en el cálculo del periodo de emisión Q.
- [0047]** Esto permite en particular al módulo 24 efectuar un cálculo de Q diferente según a que las informaciones a transmitir en la red son resultantes o no de una codificación. De hecho, otros servicios de comunicación del nodo N pueden utilizar el medio MAX 20, y en particular el módulo de transmisión 26: servicio de comunicaciones punto a punto, o bien punto a multipunto por ejemplo, que no implican ningún tratamiento con el módulo 30.
- 60 **[0048]** El medio MAC 20 incluye un módulo de transmisión 26 apropiado para ser llamado por el módulo de reducción de colisión 24 al comienzo de la trama en la que el nodo N está autorizado a emitir.
- 65

- 5 **[0049]** El módulo 26 recibe del medio de la codificación de red 30, un paquete a transmitir. El módulo 26 es apropiado para seleccionar de manera aleatoria el intervalo de la trama en el que puede transmitirse un paquete. El módulo 26 pasa el paquete al medio 40 de emisión/recepción de la señal de radio para que el paquete sea emitido en la trama autorizada y el intervalo seleccionado.
- [0050]** El medio de codificación de red 30 incluye una etapa de recepción 60, una etapa de almacenamiento 70 y una etapa de transmisión 80.
- 10 **[0051]** La etapa de almacenamiento 70 incluye una tabla de informaciones 72, una tabla de mensajes 74 y una matriz 76.
- [0052]** La tabla de informaciones 72 incluye un primer campo de identificación de cada uno de los nodos de red y un segundo campo de información que incluye, cuando el nodo N considerado aún no ha podido decodificar la información generada por el nodo correspondiente, a una información nula, y cuando el nodo N considerado ha decodificado con éxito la información generada por el nodo correspondiente, la información decodificada.
- 15 **[0053]** La tabla de mensajes 74 incluye a la línea k un mensaje M_k resultante de la combinación de informaciones generadas por los nodos de una lista L_k .
- 20 **[0054]** Por último, la matriz 76 incluye tantas columnas como nodos hay en la red 16. La línea k de la matriz 76 incluye, en forma de ceros y unos, la lista L_k de los nodos cuyas informaciones han sido combinadas para construir el mensaje M_k de la tabla de mensajes 74.
- 25 **[0055]** La etapa de recepción 60 incluye un módulo de recepción 62, un módulo de decodificación 64 y un módulo de reducción de matriz 66.
- [0056]** El módulo de recepción 62 recibe un paquete P del módulo 22 del medio MAC 20.
- 30 **[0057]** El módulo 62 es apropiado para leer, en el encabezamiento del paquete P, la lista L de los identificadores de los nodos cuyas informaciones $Infok$ son combinadas en el mensaje M contenido en la parte de carga útil del paquete P (figura 2).
- [0058]** Cuando la lista L incluye un único identificador, esto significa que el mensaje corresponde a una sola información. El módulo 62 es apropiado para almacenar directamente esta información en la tabla de informaciones 72, en la línea correspondiente al nodo identificado en la lista L.
- 35 **[0059]** Por el contrario, si la lista L incluye varios identificadores, esto significa que el mensaje M resulta de la combinación de varias informaciones. El módulo 62 almacena el mensaje M en una nueva línea k de la tabla de mensajes 74 y añade una nueva línea k a la matriz 76. Esta nueva línea está constituida de "0" para cada nodo cuyo identificador no aparece en la lista L y de "1" para cada nodo cuyo identificador aparece en la lista L.
- 40 **[0060]** El módulo 62 es entonces apropiado para solicitar el módulo de reducción de la matriz 66.
- 45 **[0061]** El módulo 66 permite reducir la matriz M y simplificar en consecuencia la tabla de mensajes 74.
- [0062]** El módulo 66 es entonces apropiado para solicitar el módulo de decodificación 64.
- [0063]** El módulo de decodificación 64 implementa un algoritmo de decodificación que permite resolver la totalidad o parte del sistema de k ecuaciones con N desconocidas constituido por la matriz 76 y la tabla de mensajes 74.
- 50 **[0064]** Si, tras la decodificación, se aíslan nuevas informaciones, el módulo 64 es apropiado para almacenar estas últimas en la tabla de informaciones 72.
- 55 **[0065]** La etapa de transmisión 80 incluye un codificador 82, un módulo de selección de estrategia 84 y un módulo de generación de paquete 86.
- [0066]** El codificador 82 es apropiado para seleccionar n informaciones no nulas en la tabla de informaciones 72. El codificador 82 genera entonces un mensaje M mediante la realización de una combinación lineal de las informaciones seleccionadas. Un operador "o exclusiva" (XOR) se utiliza por ejemplo en las informaciones, en forma binaria.
- 60 **[0067]** El módulo de selección de la estrategia 84 es apropiado para solicitar el codificador 82 haciéndole pasar una serie de variables.
- 65

- 5 **[0068]** El módulo 84 permite indicar el valor del número n de informaciones a combinar en el mensaje M . Por ejemplo, cuando la densidad de los nodos vecinos disminuye, el módulo 84 atribuye el valor 5 a la variable n y cuando la densidad de los nodos vecinos aumenta, el módulo 84 atribuye el valor 10 a la variable n . Cabe señalar que el valor corriente de la variable n no puede ser superior al número de informaciones contenidas en la tabla de informaciones 72 en el momento actual.
- 10 **[0069]** El módulo 84 selecciona el modo en que el codificador 82 selecciona las informaciones. Por ejemplo, en el modo de selección "aleatorio", el codificador selecciona de manera aleatoria n informaciones en la tabla de informaciones 72.
- [0070]** El módulo de estrategia 84 es controlado por el módulo de reducción de colisión 24 del medio MAC 20. El módulo 24 es apropiado para estimar el número V de nudos que se encuentran en su proximidad.
- 15 **[0071]** Cuando este número estimado de nudos vecinos V aumenta, el módulo 24 aumenta el periodo Q de emisión que separa dos tramas en las que el módulo de transmisión 26 está autorizado para transmitir un paquete. Cabe señalar que el módulo 24 también informa a los nodos vecinos del valor del periodo Q calculado para que adapten el valor de su periodo de emisión. Para ello, el módulo 24 controla el módulo de transmisión 26 para que emita mensajes de servicio adaptados.
- 20 **[0072]** Cuando este número estimado de nudos vecinos V aumenta y supera por ejemplo un primer número V_1 , el módulo 24 es apropiado para requerir una codificación de las informaciones a difundir. El módulo 24 estimula el módulo de selección de estrategia 84, que, a su vez, llama al codificador 82.
- 25 **[0073]** Preferentemente, el módulo 24 es apropiado para comunicar al módulo de política 84 el número estimado de nudos vecinos V .
- 30 **[0074]** Ventajosamente, tras haber ordenado la codificación de las informaciones, el módulo 24 tiene en cuenta los parámetros que le son proporcionados por el módulo 30. Estos parámetros adaptan por ejemplo en las propiedades asociadas a los mecanismos de codificación de red, tales como el tipo de codificación, la dimensión del cuerpo utilizado, el umbral en el número de saltos, o cualquier otra información que caracteriza el mecanismo de codificación de red.
- 35 **[0075]** El módulo de estrategia 84 es entonces apropiado, a partir del valor del número estimado de nudos vecinos V , para definir las variables de funcionamiento del codificador 82. Por ejemplo, el módulo 84 determina que el número n de informaciones a codificar debe pasar de 5 a 10.
- 40 **[0076]** Por último, el módulo de generación de paquete 86 de la etapa de transmisión 80 es apropiado para generar un paquete a partir del mensaje M obtenido a la salida del codificador 82 y los identificadores de los nodos de fuente de las informaciones combinadas en este mensaje. El módulo 86 elabora un paquete según el protocolo ilustrado en la figura 2.
- 45 **[0077]** El módulo de generación de paquete 86 coloca el paquete en una memoria tampón que el módulo de transmisión 26 del medio MAC 20 es propio para leer, en vista de la próxima emisión.
- [0078]** El procedimiento de funcionamiento del dispositivo de difusión 18 es el siguiente.
- 50 **[0079]** En la red R , el servicio de difusión funciona mediante el periodo de generación de informaciones. Un servicio de sincronización de nodos de red permite definir un instante común de inicio de un periodo de generación de informaciones y un instante común de final de un periodo de generación. Al inicio de cada periodo de generación, cada nodo de red R desea difundir una única información que constituye la fuente.
- 55 **[0080]** El servicio de difusión solo transmite las informaciones que pertenecen al periodo de generación actual. Durante el paso de un periodo de generación al siguiente, se reinician los datos almacenados en la etapa de memorización 70 de cada nodo de red R . En particular, las informaciones de la tabla de informaciones 72 son descartadas.
- 60 **[0081]** Para el nodo N , en una fase de funcionamiento en recepción, en la etapa 100, un paquete P_k es recuperado por el módulo 22 del medio MAC 20. El índice k corresponde al orden de recepción de paquetes desde el inicio del periodo de generación actual. El paquete P_k se aplica en la entrada del módulo de recepción 62 del medio de codificación de red 30.
- 65 **[0082]** En la etapa 110, el módulo 82 conecta el encabezamiento del paquete P_k y la lista L_k de los identificadores de los nodos de fuente de las informaciones codificadas en el mensaje M_k , contenido en la parte de

carga útil del paquete Pk.

- 5 **[0083]** Si la lista Lk solo incluye un identificador j, esto significa que el mensaje Mk corresponde a una sola información Info_j, emitida por el nodo de fuente j. La información Info_j es almacenada directamente en la tabla de informaciones 72, en la línea j asociada al identificador del nodo de fuente j.
- [0084]** En cambio, si la lista Lk incluye varios identificadores j, el mensaje Mk es memorizado en la línea k de la tabla de mensajes 74, mientras que la lista Lk es memorizada en la línea k de la matriz 76.
- 10 **[0085]** Acto seguido, el módulo 62 inicia la ejecución del módulo de reducción de matriz 66.
- [0086]** En la etapa 120, el módulo de reducción de matriz 66, a partir de las informaciones actualmente presentes en la tabla de informaciones 72, busca reducir al máximo la matriz 76.
- 15 **[0087]** Las combinaciones que afectan a las líneas de la matriz 76 repercuten en líneas de la tabla de mensajes 74.
- [0088]** El módulo 66 inicia entonces el módulo de decodificación 64.
- 20 **[0089]** En la etapa 130, el módulo de decodificación 64 es ejecutado a fin de intentar resolver la totalidad o parte del sistema de ecuaciones definido por la matriz 76 y la tabla de mensajes 74.
- [0090]** Si ello conduce a la extracción de nuevas informaciones Info-j, las mismas son almacenadas en la tabla de informaciones 72.
- 25 **[0091]** De este modo, conforme la recepción de los paquetes, la tabla de las informaciones 72 se completa progresivamente. Sin embargo, no es cierto que en el momento de final del periodo de generación corriente, la tabla de informaciones 72 esté completamente terminada. Sin embargo, las informaciones presentes pueden ser suficientes para el funcionamiento del ordenador conectado al nodo N.
- 30 **[0092]** Paralelamente, el módulo de recepción 22 del medio MAC 20, recoge los parámetros relativos a la utilización del recurso radioeléctrico y los transmite al módulo de reducción de colisión 24.
- [0093]** En una etapa intermedio 200, el módulo 24 estima el número de nodos vecinos V. Por el cálculo del periodo Q, define la próxima trama en la que el nodo N será autorizado a transmitir un paquete.
- 35 **[0094]** Después, durante una fase de transmisión, el módulo 24 decide recurrir a la codificación de red de mensajes a difundir, a fin de reducir el número de paquetes a emitir y, por consiguiente, el número de colisiones.
- 40 **[0095]** En la etapa 210, el módulo de reducción de colisión 24 llama al módulo de estrategia 84 pasándole el número estimado de nodos vecinos V.
- [0096]** El módulo de estrategia 84 reacciona así, inicia la ejecución del codificador 82 haciéndole pasar variables de funcionamiento. Por ejemplo, el módulo 84 indica al módulo 82 que debe funcionar en modo aleatorio, al
- 45 combinar diez informaciones.
- [0097]** En la etapa 220, el codificador 82 consulta la tabla de informaciones 72 y selecciona, de manera aleatoria, diez informaciones no nulas, Info_m. Las informaciones seleccionadas son combinadas por medio de una operación del tipo "o exclusiva" con el fin de obtener un mensaje M.
- 50 **[0098]** El codificador 82 transmite al módulo de transmisión 86 el mensaje M que resulta de la codificación de las informaciones Info_m, así como la lista L_m de los identificadores de los nodos asociados con cada una de las informaciones combinadas.
- 55 **[0099]** Por último, en la etapa 230, el módulo de generación de paquete 86 elabora un paquete P cuyo encabezamiento corresponde a la lista Lm y cuya parte de carga útil corresponde al mensaje M.
- [0100]** El paquete así creado se pone a disposición del módulo de transmisión 26. Este último es responsable de comunicar el paquete al medio 40 de emisión/recepción para que una señal adaptada sea emitida en la trama autorizada por el módulo 26, durante un intervalo seleccionado de manera aleatoria por el módulo 26.
- 60 **[0101]** El dispositivo de difusión presentado anteriormente permite optimizar el tráfico de paquetes al aumentar por codificación el número de informaciones por paquete y al reducir por contención la probabilidad de colisiones entre paquetes.
- 65

[0102] Alternativamente, el módulo 84 es apropiado para colocar el codificador 82 en un modo de limitación del número de saltos de una información desde el nodo fuente de esta información. Para implementar esta variante, el encabezamiento de los mensajes debe incluir, asociado a cada identificador de un nodo de fuente de una información, el número de veces que esta información ha sido transmitida, es decir, el número de saltos desde la primera difusión de esta información en la red. La tabla de información 72 a continuación se modifica para incluir un campo adicional para correspondiente a este número de salto. En esta variante, la etapa de recepción 60 es adaptada para actualizar este nuevo campo de la tabla 72 con los datos contenidos en un paquete recibido. Si la misma información llega al nodo considerado por diferentes caminos, el número de saltos más bajo es retenido en la tabla de información 72. El codificador 82 es entonces apropiado para seleccionar las informaciones de la tabla 72 cuyo número de salto es inferior a un número umbral de saltos, que equivale por ejemplo a tres. Esta variable de funcionamiento se determina ventajosamente por el módulo de estrategia 84; su valor es aumentado cuando el número estimado de nodos vecinos es pequeño y reducido cuando el número estimado de nodos vecinos es significativo.

[0103] Así, la sinergia entre la capa MAC y la capa de codificación permite una optimización del punto de funcionamiento de red. Permite de este modo un funcionamiento de la red con densidades de nodos muy elevadas, superiores a las del estado de la técnica.

REIVINDICACIONES

1. Nodo de una red de radio ad-hoc de salto múltiple, implementando dicha red un servicio de difusión de informaciones del tipo por inundación, incluyendo dicho nodo un medio de control de acceso al recurso radioeléctrico (20) apropiado para efectuar una contención dinámica de acceso al recurso radioeléctrico con el fin de adaptar dinámicamente, en función del uso del recurso radioeléctrico, el periodo con el que el nodo está autorizado a acceder al recurso radioeléctrico para la emisión de un paquete de datos, incluyendo el medio de control de acceso al recurso radioeléctrico (20) un módulo de recepción (22), un módulo de reducción de colisión (24) y un módulo de transmisión (26),
- 5 10 siendo el módulo de recepción (22) apropiado para extraer los datos contenidos en un paquete incidente y para transmitirlos por medio de la codificación de red (30) y para extraer los parámetros relativos al uso del recurso radioeléctrico y para transmitirlos al módulo de reducción de colisión (24); y, siendo el módulo de reducción de colisión (24) apropiado para estimar un número de nodos vecinos (V),
- 15 **caracterizado porque** el medio de codificación de red (30) incluye:
- una etapa de almacenamiento (70), que incluye una tabla de informaciones (72) que incluye una pluralidad de informaciones a difundir, incluyendo la tabla de informaciones un primer campo de identificación de cada uno de los nodos de red y un segundo campo de información que incluye, cuando el nodo N aún no ha podido decodificar la información generada por el nodo correspondiente de red, una información nula, y, cuando el nodo N ha decodificado con éxito la información generada por el nodo correspondiente de red, la información decodificada;
 - 20 - una etapa de recepción (60) de paquetes de datos, recibidos desde el medio de control de acceso al recurso radioeléctrico (20), apropiado para decodificar los mensajes contenidos en los paquetes de datos recibidos con el fin de enriquecer dicha tabla de informaciones (72) de la etapa de almacenamiento; y,
 - 25 - una etapa de transmisión (80), apropiada para generar un paquete de datos a partir de la totalidad o parte de dicha pluralidad de informaciones a difundir, incluyendo la etapa de transmisión (80) un módulo de estrategia (84), un módulo de codificación (82) y un módulo de transmisión (86),
- siendo el módulo de estrategia (84) apropiado para determinar un número n de informaciones para combinar en un mensaje y para indicar al módulo de codificación (82); siendo el módulo de codificación (82) apropiado para seleccionar de manera aleatoria n informaciones no nulas en la tabla de informaciones (72) y para generar un mensaje por aplicación de un algoritmo de codificación de red al realizar una combinación lineal de las informaciones seleccionadas, efectuando el algoritmo una operación binaria entre los bits de las informaciones seleccionadas; y,
- 30 siendo el módulo de generación de paquetes (86) apropiado para generar un paquete de datos de manera que dicho paquete incluye, en una porción de carga útil, el mensaje (M), y en una parte de encabezamiento, una lista (L) de los identificadores (Id_k) de las informaciones combinadas en dicho mensaje, estando el paquete de datos así generado puesto a disposición del medio de control de acceso al recurso radioeléctrico (20), incluyendo la etapa de recepción (60) un módulo de recepción (62), un módulo de decodificación (64) y un módulo de reducción de matriz (66), siendo el módulo de recepción (62) apropiado para: recibir un paquete (P) del módulo de recepción (22); leer, en el encabezamiento del paquete (P), la lista (L) de los identificadores (Id_k) de los nodos de red cuyas informaciones (Inf_k) se combinan en el mensaje (M) contenido en la parte de carga útil del paquete (P); cuando la lista (L) incluye un único identificador, almacenar la información en la tabla de informaciones (72) en la línea correspondiente al nodo de red identificado en la lista (L) o, cuando la lista (L) incluye varios identificadores, almacenar el mensaje (M) en una nueva línea (k) de una tabla de mensajes (74) y para añadir una nueva línea (k) a una matriz
- 35 (76) constituida por "0" para cada nodo de red cuyo identificador no aparece en la lista (L) y por "1" para cada nodo de red cuyo identificador aparece en la lista (L); y solicitar el módulo de reducción de matriz (66), permitiendo el módulo de reducción de matriz (66) reducir la matriz (76) y simplificar en consecuencia la tabla de mensajes (74), antes de solicitar el módulo de decodificación (64), implementando el módulo de decodificación (64) un algoritmo de decodificación que permite resolver la totalidad o parte del sistema de ecuaciones constituido por la matriz (76) y la tabla de mensajes
- 40 (74) y tras el resultado de la decodificación, se aíslan nuevas informaciones, el módulo de decodificación (64) es apropiado para almacenar estas últimas en la tabla de informaciones (72), y **porque** el módulo de reducción de colisión (24) es apropiado para pasar el número estimado de nodos vecinos al módulo de estrategia (84) para determinar el valor del número n de informaciones a combinar, siendo de este modo el módulo de reducción de colisión (20) apropiado para controlar el medio de codificación de red
- 45 (30) para generar un paquete de datos.
2. Nodo según la reivindicación 1, en el que la etapa de almacenamiento (70) incluye, además de dicha tabla de informaciones (72), una matriz (76) asociada a una tabla de mensajes (74).
- 60 3. Nodo según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el módulo de codificación (82) es apropiado para generar un mensaje por combinación lineal de n informaciones seleccionadas en la tabla de informaciones (72).
4. Nodo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el módulo de codificación (82) es
- 65 apropiado para seleccionar de manera aleatoria las n informaciones a combinar.

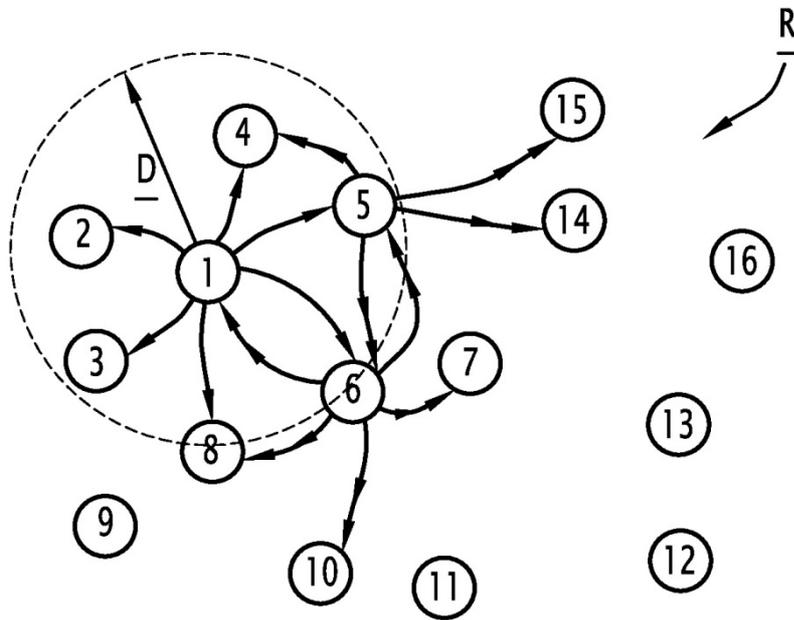


FIG.1

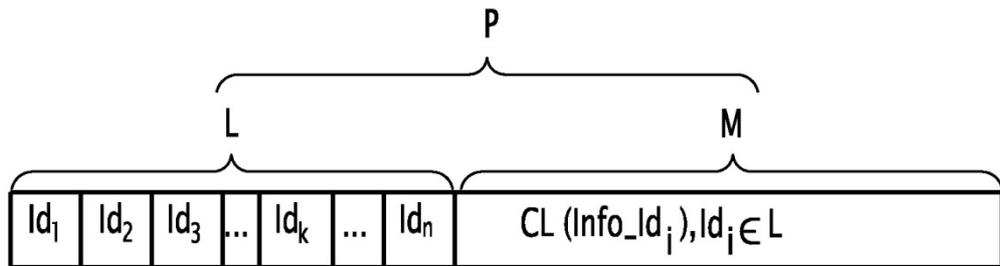


FIG.2

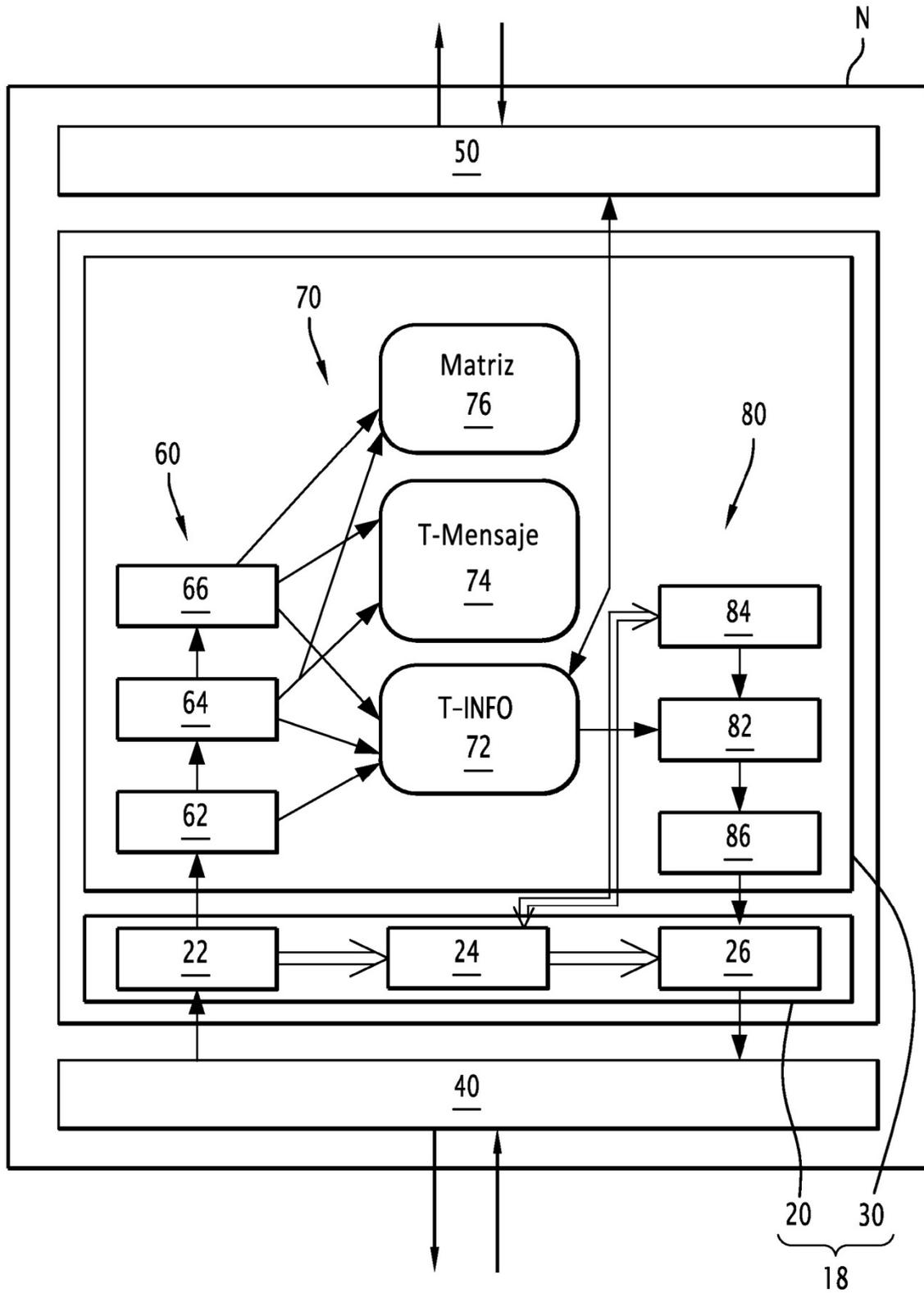


FIG. 3

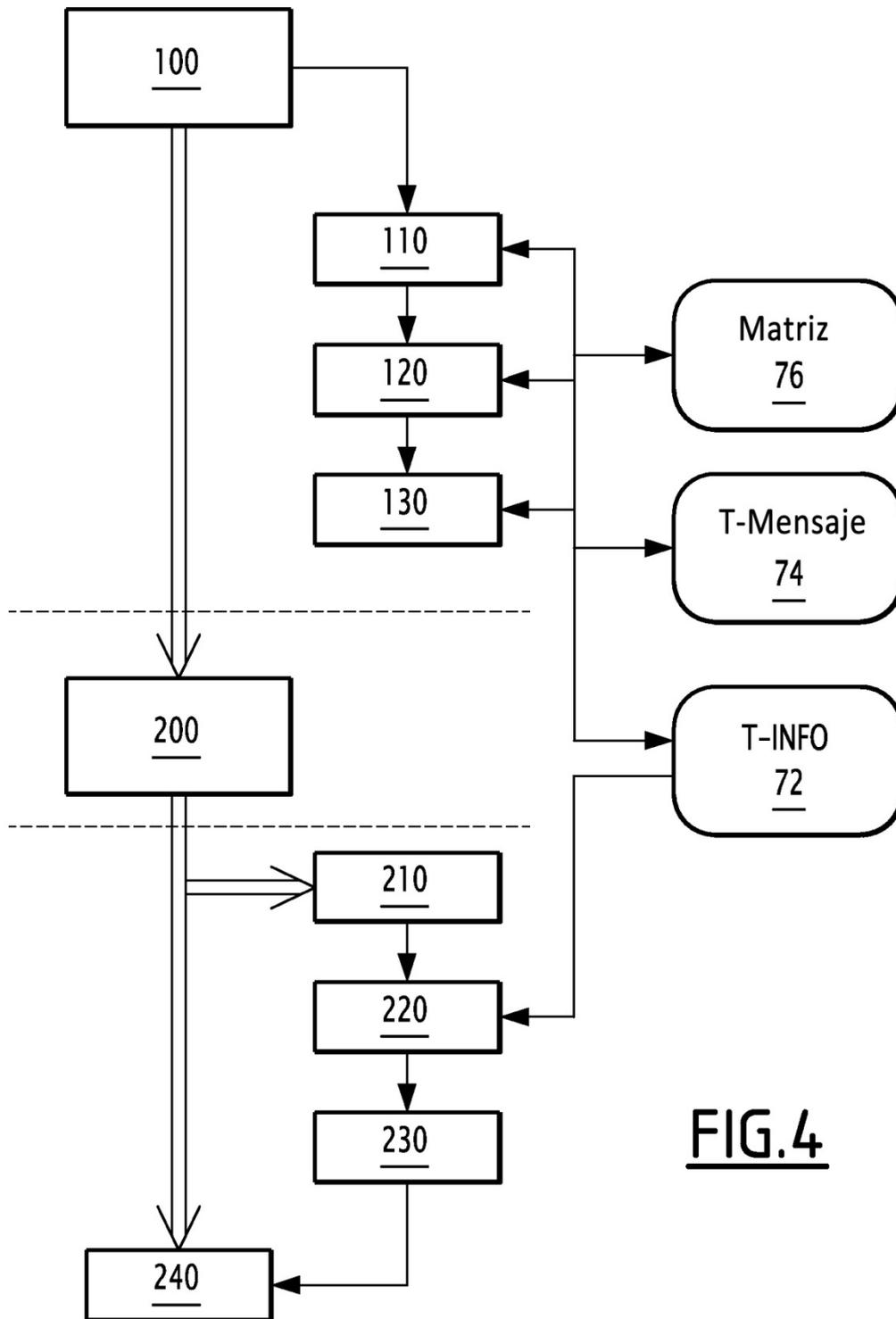


FIG.4