



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 588**

51 Int. Cl.:
H04W 36/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07803899 .9**

96 Fecha de presentación : **19.06.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2047643**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.04.2009**

54

Título: **Método de comunicaciones, estaciones emisora y receptora y programas de ordenador asociados.**

30

Prioridad: **20.06.2006 FR 06 05491**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.05.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.05.2011

73

Titular/es: **FRANCE TELECOM**
6 place d'Alleray
75015 Paris, FR

72

Inventor/es: **Watteyne, Thomas;**
Bachir, Abdelmalik y
Auge-Blum, Isabelle

74

Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 359 588 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 comunicaciones, estaciones emisora y receptora y programas de ordenador asociados

La presente invención se refiere a las técnicas de comunicación utilizadas en las redes de telecomunicaciones. Se aplica, en particular, pero no exclusivamente, a las redes *ad hoc*.

5 Las redes *ad hoc* son redes de comunicación desprovistas de infraestructura fija. Algunas estaciones inalámbricas están provistas de medios de emisión y/o recepción de radio y de protocolos adecuados para formar los nodos de la red *ad hoc*.

10 Estas estaciones, que constituyen la red *ad hoc*, pueden estar bajo la forma de ordenadores fijos o portátiles, ordenadores de bolsillo, teléfonos móviles, vehículos, aparatos electrodomésticos, etc. Los medios de emisión-recepción pueden estar, además, asociados a objetos simples, tales como sensores o accionadores. Una red *ad hoc* de sensores permite efectuar así la recogida de informaciones, por ejemplo, con miras a vigilar o controlar instalaciones.

15 El éxito de las redes *ad hoc* depende, en gran medida, de la duración de vida útil de las estaciones que constituyen los nodos de la red. La economía de energía es un factor crucial para diseñar redes de sensores con gran duración de vida, en particular porque, de una parte, los nodos son generalmente alimentados por pilas, cuya sustitución o recarga suelen ser costosa y difícil, e incluso imposible, y porque, de otra parte, las fuentes de energía, tales como las pilas o las baterías son fuentes de contaminación.

20 Las redes *ad hoc* presentan limitaciones de funcionamiento importantes. Ante todo, no existe infraestructura fija. Los nodos deben cooperar para permitir los cambios. Por otro lado, varía la estructura de la red: nuevos nodos pueden integrar la red, mientras que desaparecen otros nodos, en particular cuando ya no disponen de reserva de energía. Cuando han de enviarse datos desde un nodo a un nodo destinatario final, los datos se transmiten por intermedio de varios saltos sucesivos entre nodos intermedios, estando cada nodo intermedio al alcance de radio del nodo precedente y del nodo siguiente.

25 Es conocido, a través del documento WO 03/047175, un mecanismo denominado *back-off* puesto en práctica por un nodo de una red *ad-hoc* para comprobar un canal de radio previsto para emitir datos. Si, en el momento de la prueba, el canal de radio está ocupado, el nodo espera durante un determinado retardo para volverle a comprobar. El retardo va aumentando, de forma exponencial, a medida que tienen lugar las pruebas sucesivas, lo que evita los fenómenos de colisión.

30 Para permitir, en particular, a cada nodo, susceptible de emitir datos, dirigir estos datos a un nodo que, de una parte, se encuentra al alcance de la radio-transmisión del nodo emisor y, de otra parte, es el más adecuado por ser el próximo nodo intermedio a recibir y emitir los datos, disponiendo cada nodo de informaciones en cualquier nodo situado dentro de dicho alcance de radio. Los nodos situados al alcance de la emisión de radio de un nodo dado constituyen la vecindad operativa a 1 salto del nodo dado, que varía en función de varios factores tales como la introducción o la desaparición de nodos, la distancia entre el nodo considerado y los nodos vecinos, las potencias de transmisión de los nodos, las ganancias y los diagramas de radiación de las antenas respectivamente asociadas a los nodos, las interferencias, etc.

40 Estas informaciones de las que disponen cada nodo X, relativas a los nodos de su vecindad operativa a 1 salto, son, en particular, utilizadas para definir, dentro del marco de las decisiones de encaminamiento, estando el nodo Y entre los que constituyen la vecindad a 1 salto del nodo X, al cual el nodo X debe dirigir un mensaje a remitir, por último, a un nodo objetivo D.

45 Estas informaciones que definen la vecindad operativa a 1 salto, se obtienen, en la técnica anterior, con la ayuda de intercambios periódicos de informaciones. Cada nodo envía periódicamente un paquete de datos denominado «HELLO», que contiene su identificador y un valor asociado a este nodo, denominado métrica. Al escuchar los paquetes HELLO así emitidos, cada nodo X construye y mantiene una tabla de datos que comprende los identificadores de los nodos de cuya procedencia el nodo X ha recibido recientemente un paquete HELLO y su valor de métrica respectivo. Esta tabla define los nodos que constituyen la vecindad a 1 salto del nodo X. Cuando un nodo X debe seleccionar un nodo entre los nodos de su vecindad a 1 salto, hacia donde transmitir datos, realiza esta selección en función de la tabla de datos de la que dispone.

50 Esta técnica presenta, no obstante, inconvenientes. Ante todo, el envío de los paquetes HELLO, que permite la actualización de la tabla de informaciones de un nodo, sólo tiene lugar en periodos dados. Las informaciones contenidas en la tabla se hacen, por lo tanto, rápidamente obsoletas y las decisiones tomadas como resultado de la explotación de estas informaciones no son, por lo tanto, siempre pertinentes.

55 Por otro lado, la puesta en práctica de estos intercambios sistemáticos consume una cantidad de

energía no despreciable y ello con independencia de la utilización, o no, por un nodo de las informaciones contenidas en un nuevo paquete HELLO recibido.

5 Por otro lado, este mecanismo de intercambio de informaciones y de utilización de la tabla se puede considerar como perteneciente a la capa de encaminamiento y no tiene en cuenta las restricciones corrientes al nivel de la capa MAC, lo que conduce a pérdidas de energía.

Por lo tanto, existe necesidad de recoger, al nivel de un nodo, informaciones que caracterizan los nodos de su vecindad a 1 salto, que no estén obsoletos y de limitar los gastos energéticos de los nodos.

10 Según un primer aspecto, la invención da a conocer un método de comunicación, en un canal de radio en una red que presenta una pluralidad de nodos de telecomunicación, a los que se asocian valores respectivos de una métrica, que comprenden las etapas siguientes:

/a/emitir, a partir de un primer nodo, una petición en el canal de radio;

/b/como resultado de la recepción de la petición por al menos un segundo nodo, emitir un mensaje de respuesta con un retardo determinado en función del valor de métrica que se asocia a dicho segundo nodo.

15 Un método, según la invención, permite así al primer nodo conocer la métrica de un nodo o de varios nodos, que se encuentran en su vecindad a 1 salto. Estas informaciones, en la vecindad a 1 salto, se proporcionan a petición solamente, cuando el primer nodo tiene necesidad de estas informaciones, lo que permite, de una parte, limitar la obsolescencia de estas últimas y permite, de otra parte, economizar energía.

20 En una forma de realización, el retardo es una función creciente o una función decreciente de la métrica. Esta disposición permite que el primer nodo reciba primero la respuesta del nodo, entre los nodos de su vecindad a un salto, que le interesare en particular, por ejemplo porque es el más próximo del nodo objetivo, o el que tiene más energía residual, etc.

25 En una forma de realización, el primer nodo selecciona el segundo nodo que ha emitido el primer mensaje de respuesta a la petición.

30 En una forma de realización, los nodos están adaptados para escuchar el canal de radio, mediante intermitencia y en una primera forma, el primer nodo pasa al modo inactivo de escucha del canal de radio, al final de la recepción del mensaje de respuesta emitido el primero en el canal de radio, y hasta el final de un periodo fijado a partir de la emisión de la petición, siendo dicho periodo fijado en función de valores mínimo y máximo de la métrica. Esta disposición permite transmitir los datos al punto de la vecindad a un salto más adaptado, con lo que se permite a la red economizar la energía eléctrica global de los nodos.

35 En una forma de realización, el segundo nodo está adaptado para pasar al modo activo de escucha al final de dicho periodo fijado. Esta disposición permite al conjunto de los segundos nodos, de la vecindad a un salto del primer nodo, que ha respondido la petición, estar todos a la escucha de un mensaje corto emitido, en la primera forma, en este momento por el primer nodo e indicando el segundo nodo seleccionado. Los segundos nodos no seleccionados pueden retornar, a continuación, al modo inactivo de recepción.

40 En una forma de realización, el método comprende, en una segunda forma, las etapas siguientes desde el final de la emisión del mensaje de petición:

La emisión de un mensaje de selección por el primer nodo, indicando un nodo seleccionado, seguido de la emisión de un mensaje de datos y de un mensaje de perturbación con el objeto de ocupar el canal de radio hasta el final de un periodo fijado a partir de la emisión de la petición, siendo este periodo fijado en función de valores mínimo y máximo de la métrica.

45 Esta disposición permite transmitir los datos al punto de la vecindad al salto más adaptado, permitiendo así a la red economizar la energía eléctrica global de los nodos.

En una forma de realización, el primer nodo selecciona un modo entre el primer modo y el segundo modo en función de una comparación que realiza entre un valor umbral fijado y el valor de la métrica que se indica por el retardo de emisión del mensaje de respuesta del segundo nodo.

50 Esta disposición permite adaptar el modo de intercambio en función del retardo antes de la emisión de la primera respuesta a la petición del primer nodo, este que tiene por efecto permitir economizar energía.

En una forma de realización, el segundo nodo pase en modo activo de recepción a la suite de la emisión de su mensaje de respuesta. Esta disposición le permite adaptarse a recibir datos enviados

según el segundo modo.

En una forma de realización, el retardo determinado antes de la emisión del mensaje de respuesta por el segundo nodo se cuenta a partir del final de la emisión de la petición, tanto por el primer nodo como por el segundo nodo.

5 Según un segundo aspecto, la invención da a conocer una estación emisora/receptora para formar un nodo de una red de telecomunicaciones que presenta una pluralidad de nodos adaptados para comunicarse en un canal de radio, a los que se le asocian valores respectivos de una métrica. La estación comprende:

- medios para emitir una petición en el canal de radio;

10 - medios para recibir, procedente de al menos un nodo, un mensaje de respuesta a la petición;

- medios de medida temporal para medir un retardo, relativo a la emisión de dicho mensaje de respuesta a la petición y que depende del valor de la métrica que se asocia a dicho nodo.

- medios para seleccionar un nodo en función de dicho retardo medido.

15 Según un tercer aspecto, la invención da a conocer e una estación emisora/receptora para formar un nodo de una red de telecomunicación, que presenta una pluralidad de nodos adaptados para comunicarse en un canal de radio a los que se asocia valores respectivos de una métrica. La estación comprende:

- medios para recibir una petición procedente de un nodo;

- medios de medida temporal para medir una duración;

20 - medios para emitir un mensaje de respuesta a dicha petición, con un retardo determinado, en función del valor de la métrica que asocia al nodo antes de recibir la petición y se establece con la ayuda de los medios de medida en tiempo real.

25 Según un cuarto aspecto, la invención da a conocer una red de telecomunicaciones que presenta una pluralidad de nodos adaptados para comunicarse en un canal de radio a los cuales se asocian valores respectivos de una métrica. Los nodos comprenden una estación emisora/receptora conforme a lo segundo y tercer aspectos de la invención.

30 Según un quinto aspecto, la invención da a conocer un programa de ordenador a instalar en una estación emisora/receptora para formar un nodo de una red de telecomunicaciones que presenta una pluralidad de nodos adaptados para comunicarse en un canal de radio, a los que se asocian valores respectivos de una métrica. Este programa comprende instrucciones para poner en práctica las etapas siguientes en el momento de una ejecución del programa por medios de tratamiento de la estación

- emitir una petición en el canal de radio;

- recibir, procedente de al menos un nodo, un mensaje de respuesta a la petición;

35 - medir un retardo, relativo a la emisión de dicho mensaje de respuesta a la petición y que depende del valor de la métrica que se asocia a dicho nodo;

- seleccionar un nodo en función de dicho retardo medido.

40 Según un sexto aspecto, la invención da a conocer un programa de ordenador a instalar en una estación emisora/receptora para formar un nodo de una red de telecomunicaciones, que presenta una pluralidad de nodos adaptados para comunicarse en un canal de radio, a los que se asocian valores respectivos de una métrica. Este programa comprende instrucciones para poner en práctica las etapas siguientes, en el momento de una ejecución del programa por medios de tratamiento de dicha estación

- recibir una petición procedente de un nodo;

- medir una duración determinada en función del valor de métrica que se asocia al nodo que ha recibido la petición;

45 emitir un mensaje de respuesta a dicha petición con un retardo establecido con la ayuda de la duración medida.

De este modo, la información, en la vecindad a 1 salto, se requiere, según la invención, bajo demanda, cuando un nodo tiene necesidad de esta información, y no de manera sistemática. Un método, según la invención, permite, en particular, economizar energía y ya no manipular informaciones obsoletas.

Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la lectura de la descripción proporcionada a continuación. Esta descripción es puramente ilustrativa y debe leerse haciendo referencia a los dibujos adjuntos en donde:

5 la Figura 1 es un diagrama de una red inalámbrica *ad hoc* en un modo de puesta en práctica de la invención;

la Figura 2 ilustra la escucha, de forma intermitente, del canal por un nodo;

la Figura 3a representa las operaciones de emisión y recepción, según el eje de los tiempos t , de los nodos S, A, B, y C en un primer modo;

10 la Figura 3b representa las operaciones de emisión y de recepción, según el eje de los tiempos t , de los nodos S, A, B, y C en un segundo modo.

En la Figura 1 se representa una parte de una red de telecomunicaciones 1, en el caso considerado, una red *ad hoc*, que presenta una pluralidad de estaciones emisoras-receptoras 2 destinadas a constituir cada una un nodo de la red *ad hoc* 1.

15 Un nodo 2 comprende, con miras a intercambiar señales con un nodo vecino por intermedio de un canal de compartido 4, medios de emisión/recepción 3 que comprenden un módulo de tratamiento 5, conectado a una antena 5', que garantiza los tratamientos de capa física (capa 1 del módulo OSI) y de capa de enlace (capa 2 del módulo OSI).

Los medios de emisión/recepción 3 comprenden, además, un contador 8.

20 La puesta bajo/fuera de tensión de los medios de emisión/recepción 3 se controla por medios de control 7.

Estos módulos se han representado en la Figura 1 para el nodo S. Los nodos A, B, C, D de la red 1, presentan también módulos similares.

Los diferentes circuitos de un nodo 2 son alimentados en energía eléctrica desde una fuente (no representada) asociada al nodo 2, tal como una pila.

25 En la mayor parte de los casos, los tratamientos digitales realizados por el módulo 5 se ejecutan por un procesador central del nodo 2, bajo el control de programas apropiados. Uno de estos programas, conformes a la invención, interviene en el módulo 5.

30 Los nodos, que componen la vecindad a 1 salto de un nodo dado, son los nodos se encuentran al alcance de radio del nodo dado, es decir los nodos que pueden intercambiar un mensaje con el nodo dado directamente en el canal de radio 4, sin necesitar pasar por un nodo intermedio que retransmite el mensaje.

Haciendo referencia a la Figura 1, los nodos de la vecindad a 1 salto del nodo S son los nodos A, B y C, directamente conectados al nodo S por intermedio del canal de radio 4.

35 Un mensaje emitido en el canal 4 incorpora una dirección del nodo que lo ha emitido y una dirección del o de los nodos a los que está destinado.

A cada nodo se le asocia un valor tomado por una métrica. Los nodos A, B, C están, en particular, asociados, respectivamente, a los valores de métrica f_A , f_B , f_C .

40 En el caso particular considerado con referencia a los dibujos, la métrica es una función que representa, por ejemplo, la distancia entre el nodo al que se asocia la métrica y un nodo objetivo N_{cible} y $f_A=1$, $f_B=3$, $f_C=2$. La métrica de cualquier nodo de la red 1 se encuentra en una banda $[f_{\text{min}}, f_{\text{máx}}]$ fijada.

45 Al nodo S se le debe hacer llegar un mensaje de datos DATA al nodo objetivo N_{cible} . Con el fin de determinar a qué nodo, de su vecindad a 1 salto, conviene enviar el mensaje DATA, es necesario que el nodo S tenga acceso a informaciones relativas a su vecindad a 1 salto, en particular, a la definición de los nodos, el componente y a las informaciones de métrica asociadas. En el ejemplo considerado, el nodo S está adaptado para seleccionar el nodo entre los de su vecindad a 1 salto, que presenta a la más pequeña métrica.

Le módulo de tratamiento 5 del nodo S elabora, entonces, un mensaje, REQ, y lo transmite en el canal de radio 4, por intermedio de la antena 5' del nodo S. El mensaje REQ requiere el suministro de informaciones que caracterizan la vecindad a 1 salto del nodo S. Indica el identificador del nodo S.

50 El mensaje REQ, así elaborado por el nodo S, presenta una secuencia de $m \cdot k$ micro-tramas (m número entero estrictamente superior a 0), T_{M1} , $T_{M2} \dots T_{Mm \cdot k}$.

Cada micro-trama $T_{M_j, j=1 \text{ a } m^*k}$ de la secuencia contiene una indicación del número de micro-tramas de la secuencia que queda por transmitir después de la micro-trama corriente T_{M_i} .

5 En la forma de realización considerada, cada micro-trama $T_{M_j, j=1 \text{ a } m^*k}$ presenta, por ejemplo, un campo que indica que el mensaje es una petición de informaciones en una vecindad a 1 salto, un campo que indica el identificador del nodo S, y un campo que indica el número de micro-tramas ($m^*k - j$) que quedan por transmitir.

10 Por otro lado, cada nodo 2 de la red 1 está adaptado para estar en el modo activo de escucha de radio (medios de emisión/recepción encendidos) en momentos de despertar (un nodo se denomina, entonces, despertado) y estar en el modo inactivo de escucha radio (medios de emisión/recepción apagados) entre estos momentos de despertar (un nodo se denomina, entonces, 'dormido'), no siendo los momentos de modo activo y inactivo de escucha radio de diferentes nodos necesariamente concomitantes. Los medios de control 7 están adaptados para controlar los momentos de 'dormir' y de 'despertar' de los nodos, controlando el apagado y el encendido de los medios de emisión/recepción.

15 Esta escucha, por intermitencia, del canal de radio permite reducir el sobre-coste de la escucha pasiva y limitar el consumo de energía de un nodo.

20 Con referencia a la Figura 2, un nodo 2 está así en modo activo de escucha de radio (radio encendida) durante breves y periódicos momentos de la función de 'despertar', de duración d determinada, representados por los rectángulos 25 a lo largo del eje de los tiempos t . Dos momentos consecutivos de esta función operativa están espaciados por largos periodos intermedios 26, durante los cuales el nodo receptor 2 está en el modo inactivo de escucha de radio. El tiempo que separa el inicio de dos momentos de la función de 'despertar' 25 consecutivos es igual a T_w .

25 En los momentos de función de 'despertar' 25, el nodo pasa al modo activo de escucha de radio para escuchar el canal de radio 4 y determinar si hay un mensaje transmitido en el canal. Si el nodo determina que el canal está libre, retorna a un estado de escucha de radio inactivo (radio apagada) al término de dicho momento de escucha 25. Por el contrario, si detecta, en el momento de escucha 25, la presencia de una señal, quedará en el modo de escucha de radio activa para recibir y decodificar una micro-trama.

30 Un nodo que tenga que emitir un mensaje sólo emitirá este mensaje cuando el canal de radio 4 estuviere liberado.

El mensaje REQ, tal como fue elaborado por el nodo S, es de una duración superior o igual a la duración T_w que separa el inicio de dos momentos de eveil periódicos consecutivos de los nodos 2 de la red 1. Esto permite garantizar que el mensaje REQ será difundido durante un momento de función de 'despertar', de duración d , de cada nodo a la escucha en el canal de radio 4.

35 Desde el final de la transmisión del mensaje REQ (instante T_1), el nodo S inicializa su contador 8 y pasa al modo de escucha de radio activa del canal de radio 4 con miras a detectar al menos un primer mensaje de confirmación de un nodo, en la vecindad a un salto del nodo S, que ha recibido el mensaje REQ.

40 En las Figuras 3a y 3b están representadas, en función del tiempo, las diferentes etapas en emisión (zonas grisadas por encima del eje de los tiempos) y a la escucha (zonas grisadas por debajo del eje de los tiempos) de los nodos S, A, B, C en un primer (Figura 3a) y un segundo (Figura 3b) modos de intercambios entre el nodo S y los nodos de su vecindad a 1 salto.

45 Tras la emisión de la petición REQ, haciendo referencia a las Figuras 3a y 3b, en la ocasión de un momento de función de 'despertar', cada nodo al alcance de radio del nodo S, es decir, cada nodo A, B, C, de vecindad a 1 salto del nodo S, detecta la emisión de una señal en el canal de radio 4 y recibe así una micro-trama del mensaje REQ.

50 De este modo, el nodo A, con la ayuda de su módulo de tratamiento 5, recibe una micro-trama del mensaje REQ en un momento periódico de función de 'despertar' 25_A . Extrae de la micro-trama del mensaje REQ recibido la indicación del número de micro-tramas del mensaje REQ que queda por transmitir y deduce, en función de esta indicación y de la duración de una micro-trama, el instante T_1 del final de la transmisión del mensaje REQ por el nodo S. Asimismo, calcula un valor $\Delta_A = (f_A - f_{\min}) \cdot \Delta t$, en donde f_A es el valor de la métrica que se asocia al nodo A y Δt una constante determinada.

55 Una vez que se recibe la micro-trama recibida por el nodo A, los medios de control 7 del nodo A controlan la función de 'dormir' del nodo A. En el instante T_1 , el nodo A inicializa su contador 8. Los medios de control 7 del nodo A controlan la función de 'despertar' de los medios de emisión/recepción 3 del nodo A, una vez que el contador 8 haya contado un retardo igual al valor Δ_A , con el fin de escrutar el canal de radio 4 durante un periodo de función de 'despertar' 25_A de duración d . Si el canal de radio 4 está libre, el nodo A, con la ayuda de su módulo de tratamiento 5, emite un mensaje de confirmación

ACK_A que indica que el nodo A ha recibido bien el mensaje REQ. Este mensaje de confirmación ACK_A contiene el identificador del nodo S y el identificador del nodo A.

Una vez emitido el mensaje de confirmación ACK_A , los medios de control 7 del nodo A controlan un periodo de escucha activa $25''_A$ de duración d , con el fin de escrutar el canal de radio 4 y detectar si hay transmisión en el canal 4 de un mensaje con su intención. En el caso contrario, los medios de control 7 respectivos del nodo A controlan la función de 'dormir' del nodo A hasta el instante T2, con $T2 = T1 + (f_{max} - f_{min}) \cdot \Delta t + d + T_{ACK}$, en donde T_{ACK} es la duración de emisión de una trama de confirmación. Los medios de control 7 controlan la función de 'despertar' de los medios de emisión/recepción 3 del nodo A, en este instante T2, para un periodo de escucha $25''_A$ de duración d .

Similarmente, los nodos B y C, con la ayuda de su módulo de tratamiento 5 respectivo, reciben una micro-trama de la señal REQ, en un momento periódico de función de 'despertar', respectivamente 25_B y 25_C . Extraen de la micro-trama respectivamente recibida, la indicación del número respectivo de micro-tramas que quedan por transmitir y deducen de ello el instante T1 del final de la transmisión del mensaje REQ por el nodo S. Asimismo, cada uno calcula un valor, respectivamente $\Delta_B = (f_B - f_{min}) \cdot \Delta t$ y $\Delta_C = (f_C - f_{min}) \cdot \Delta t$, en donde f_B y f_C son las métricas asociadas a los nodos B y C.

Una vez recibida la micro-trama de la señal REQ, los medios de control 7 respectivos, de los nodos B y C, controlan la función de 'dormir' de los nodos B y C. En el instante T1, los nodos B y C inicializan su contador respectivo 8. Sus medios de control 7 respectivos controlan la función de 'despertar' de los medios de emisión/recepción de los nodos B y C una vez que el contador haya contado un retardo igual al valor Δ_B , para el nodo B, respectivamente una vez que el contador haya contado un retardo igual al valor Δ_C , para el nodo C, con el fin de escrutar el canal de radio 4, durante un periodo de función de 'despertar' $25'_B$ de duración d para el nodo B y durante un periodo de función de 'despertar' $25'_C$ de duración d para el nodo C. Si el canal de radio 4 está libre en el momento de la escucha $25'_B$, el nodo B emite un mensaje de confirmación ACK_B que indica que el nodo B ha recibido bien el mensaje REQ. Este mensaje de confirmación ACK_B contiene el identificador del nodo S y el identificador del nodo B. Y si el canal de radio 4 está libre, en el momento de la escucha $25'_C$, el nodo C emite un mensaje de confirmación ACK_C que contiene el identificador del nodo S y el identificador del nodo C y que indica que el nodo C ha recibido bien el mensaje REQ.

Una vez emitidas las señales de confirmación ACK_B y ACK_C , los medios de control 7 respectivos, de los nodos B y C, controlan un periodo de escucha activa $25''_B$, respectivamente $25''_C$ de duración d , con el fin de escrutar el canal de radio 4 y detectar si hay una transmisión en el canal 4 de un mensaje con su intención. En el caso contrario, los medios de control 7 respectivos, de los nodos B y C, controlan la función de 'dormir' de los nodos B y C hasta el instante T2. Sus medios de control 7 respectivos controlan la función de 'despertar' de los medios de emisión/recepción de los nodos B y C, en este instante T2, para un periodo de escucha $25''_B$, respectivamente $25''_C$, de duración d .

Los nodos A, B, C y S están, por lo tanto, sincronizados en los instantes T1 y T2.

Los nodos están, por otro lado, adaptados para no tratar más de emitir de mensaje de confirmación, como resultado de la recepción del mensaje REQ, después del instante T2 (por ejemplo, porque el canal 4 está ocupado entre el momento en donde han comenzado a tratar de emitir y el instante T2) determinado en función del mensaje REQ según se describió anteriormente.

A continuación, el nodo S, que escucha el canal de radio 4, desde la emisión del mensaje REQ, recibe el primer mensaje de confirmación emitido por un nodo, aquí el mensaje de confirmación ACK_A del nodo A (siendo la métrica f_A , asociada al nodo A, en la forma de realización considerada, la métrica más pequeña entre las asociadas a los nodos de la vecindad a 1 salto del nodo S). La información entonces dada por el contador 8 del nodo S es $d + \Delta_A = d + f_A \cdot \Delta t$. Conociendo Δt y d , el nodo S deduce de ello el valor f_A de la métrica asociada al nodo A, que se distingue por el identificador indicado en el mensaje de confirmación ACK_A .

El nodo S accede así a la información de que el nodo A es un nodo de su vecindad a 1 salto y que, además, el nodo A es el nodo de su vecindad a 1 salto, que presenta el más pequeño valor de métrica.

A continuación, el nodo S compara la información $(d + \Delta_A)$ con un valor umbral determinado $\Delta_{umbral} = f_{umbral} \cdot \Delta t$.

En una forma de realización preferida, $f_{\text{umbral}} = (f_{\text{max}} \cdot \Delta t + (2 - N) I_{ACK} + 2d) \frac{1}{\Delta t}$, en donde N es el número medio en una vecindad a 1 salto de un nodo, incluido dicho nodo.

Si $d + \Delta_A \leq \Delta_{\text{umbral}}$, los medios de control 7 del nodo S controlan la función de 'dormir' del nodo S hasta el instante T2, según se representa en la Figura 3a.

5 Cuando los nodos B y C emiten su mensaje de confirmación respectivo ACK_B y ACK_C, en los instantes T1+d+Δ_B y T1+d+Δ_C, por lo tanto, el nodo S no los recibe.

En el instante T2, los medios de control 7 del nodo S controlan la función de 'despertar' del nodo S. El nodo S emite, entonces, un mensaje ELEC1 que informa que el nodo A, distinguido por su identificador, fue elegido por el nodo S, seguido del mensaje de datos DATA.

10 El mensaje ELEC1 se recibe por los nodos A, B y C de la vecindad a 1 salto del nodo S, puesto que están, entonces, en un periodo de escucha activa $25''_A$, $25''_B$, $25''_C$. Este mensaje que indica que el nodo elegido es el nodo A, los medios de control 7 de los nodos B y C controlan su función de 'dormir' al terminar los periodos de escucha activa $25''_B$, $25''_C$ de duración d, mientras que el nodo A queda a la escucha activa, más allá del periodo $25''_A$, con el fin de recibir el mensaje de datos DATA.

15 La suma de la energía consumida para emitir los mensajes de confirmación ACK_B y ACK_C es inferior a la energía que habría consumido el nodo S si hubiera continuado escuchando el canal de radio 4, después de haber recibido el mensaje de confirmación ACK_A emitido por el nodo A.

20 Si en el momento de la etapa de comparación efectuada por el nodo, se determina que $d + \Delta_A > \Delta_{\text{umbral}}$, el nodo S emite entonces, haciendo referencia a la Figura 3b, un mensaje ELEC2 que informa que se ha elegido el nodo A, distinguido por su identificador, seguido mensaje de datos DATA, y luego, una señal OCC de perturbación, destinada a ocupar el canal de radio 4 hasta el instante T2.

25 El mensaje ELEC2 es recibido por el nodo A, puesto que está, entonces, en un periodo de escucha activa $25''_A$. Este mensaje es indicador de que el nodo elegido es el nodo A, quedando el nodo A en la condición de escucha activa más allá del periodo $25''_A$, con el fin de recibir el mensaje de datos DATA.

30 Cuando los nodos B y C, respectivamente en los instantes T1+d+Δ_B, y T1+d+Δ_C, tratan de emitir su mensaje de confirmación respectivo ACK_B y ACK_C, escrutarán el canal de radio 4 durante los periodos de función de 'despertar' $25''_B$ y $25''_C$ de duración d, y constatar que el canal de radio está ocupado. Cuando el canal de radio esté desocupado, ya no buscarán emitir su mensaje de confirmación, puesto que superará el instante T2.

La energía que S consume para emitir la señal de perturbación OCC es inferior a la energía que los nodos B y C hubieran consumido emitiendo las señales de confirmación ACK_B y ACK_C.

35 El hecho de adaptar así el comportamiento del nodo S en función del tiempo, correspondiente al retardo de recepción del primer mensaje de confirmación, permite realizar economías de energía suplementarias.

La métrica anteriormente descrita representa la distancia a un nodo objetivo. La invención puede ponerse en práctica relativamente a otras métricas, por ejemplo la que representa la energía residual del nodo, la temperatura medida, el número de saltos hasta un nodo dado, las coordenadas geográficas (X, Y, Z) etc.

40 El retardo calculado por un nodo de vecindad a 1 salto del nodo S, descrito a continuación es igual a una constante multiplicada por la diferencia entre el valor de la métrica que se asocia al nodo de vecindad y el valor mínimo de la métrica. En otra forma de realización, este retardo puede ser una función cualquiera de la métrica, convenida entre los nodos, que permite al nodo S recibir primero la métrica de interés.

45 El criterio de selección aplicado por el nodo S puede ser diverso: la distancia más pequeña al nodo objetivo, según se describió anteriormente, la mayor distancia al nodo objetivo, la más pequeña o la mayor energía, la más pequeña o la mayor temperatura medida y así sucesivamente. Resulta ventajoso, según los casos, el retardo con el que se emite el mensaje de confirmación es una función creciente o decreciente de la métrica.

- 5 En el caso descrito con referencia a los dibujos, el nodo S utiliza la información de métrica recibida para seleccionar el nodo de su vecindad a 1 salto al que va a dirigir datos, con el fin de que el número de saltos necesarios para encaminar los datos al destinatario objetivo sea el mínimo posible. En otra forma de realización, la información de métrica recibida se utilizará para seleccionar un nodo de la vecindad, que presenta la energía residual más elevada y economizar así la energía de nodos de vecindad que presentan energías residuales más pequeñas.
- 10 En otra forma de realización de la invención, la información de métrica obtenida se utiliza para construir grupos de nodos denominados *clusters*, con el fin de hacer el encaminamiento más eficaz en una red *ad hoc* que presente un gran número de nodos.
- 15 En la forma de realización descrita, el nodo S no recibe información en toda su vecindad a 1 salto, sino que recibe solamente la información en el nodo más interesante. En otra forma de realización, el nodo S recibe el conjunto de las señales de confirmación de los nodos de su vecindad a 1 salto, y utiliza los diferentes valores de métricas así recibidos.
- Una ventaja suplementaria ofrecida por la invención es que las operaciones indicadas a continuación son generadas por la capa MAC, mientras que, en la técnica anterior, la gestión de los paquetes HELLO, necesaria para el conocimiento de su vecindad a 1 salto, se realizaba al nivel de la capa de encaminamiento (capa 3). Por lo tanto, existe menos pérdida de energía debido al hecho de que las dos capas han sido diseñadas conjuntamente, no habiendo, por lo tanto, pérdida de energía debido a una interacción deficiente entre las capas.

REIVINDICACIONES

1.- Método de comunicación, en un canal de radio (4) en una red (1) que presenta una pluralidad de nodos (2) de telecomunicaciones, a los cuales están asociados valores respectivos de una métrica, que comprende las etapas siguientes:

/a/ emitir, a partir de un primer nodo (S), una petición (REQ) en el canal de radio;

5 /b/ después de la recepción de la petición por al menos un segundo nodo (A), emitir un mensaje de respuesta (ACK_A) con un retardo determine en función del valor de métrica que se asocia a dicho segundo nodo.

2.- Método, según la reivindicación 1, en donde el retardo determinado es una función creciente o una función decreciente de la métrica.

10 3.- Método, según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende, además, la selección por el primer nodo (S), del segundo nodo (A) habiendo emitido el primero un mensaje de respuesta (ACK_A) a la petición (REQ).

15 4.- Método, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, estando los nodos (2) adaptados para escuchar el canal de radio de forma intermitente, en donde, en un primer modo, el primer nodo (S) pasa al modo inactivo de escucha del canal de radio (4) al final de la recepción del mensaje de respuesta (ACK_A) emitido primero en el canal de radio, y hasta el final (T2) de un periodo fijo a partir de la emisión de la petición, siendo fijado dicho periodo en función de valores mínimo y máximo de la métrica.

5.- Método, según la reivindicación 4, en donde el segundo nodo (A) está adaptado para pasar al modo activo de escucha al final (T2) de dicho periodo fijo.

20 6.- Método según la reivindicación 5, que comprende las etapas siguientes desde la terminación (T2) de dicho periodo fijo:

- emisión de un mensaje de selección (ELEC1) por el primer nodo (S), indicando un nodo seleccionado y luego, emisión de un mensaje de datos (DATA);

25 - recepción de dicho mensaje de selección por el segundo nodo (A); a continuación, si el nodo indicado, en dicho mensaje, no es el segundo nodo, paso del segundo nodo al modo inactivo de escucha de radio y, si no es así, mantenimiento en el modo activo de escucha de radio con miras a recibir el mensaje de datos.

7.- El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, en un segundo modo, las etapas siguientes desde el final de la emisión del mensaje de petición (REQ):

30 - emisión de un mensaje de selección (ELEC2) por el primer nodo (S), que indica un nodo seleccionado, seguida por la emisión de un mensaje de datos (DATA) y de un mensaje de perturbación (OCC) con el objeto de ocupar el canal de radio hasta el final (T2) de un periodo fijado a partir de la emisión de la petición, siendo fijado dicho periodo en función de valores mínimo y máximo de la métrica.

35 8.- El método, según la reivindicación 7 y una de las reivindicaciones 4 a 6, en donde el primer nodo (S) selecciona un modo entre el primer modo y el segundo modo, en función de una comparación que realiza, entre un valor umbral fijo y el retardo de emisión del mensaje de respuesta (ACK_A) del segundo nodo (A).

40 9.- El método, según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el segundo nodo (A) pasa al modo activo de recepción como resultado de la emisión de su mensaje de respuesta (ACK_A).

10.- El método, según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el retardo determinado antes de la emisión del mensaje de respuesta por el segundo nodo se cuenta a partir del final (T1) de la emisión de la petición (REQ).

45 11.- Estación emisora/receptora (S) para formar un nodo (2) de un red de telecomunicaciones (1) que presenta una pluralidad de nodos, adaptados para comunicarse en un canal de radio (4), a los que se asocian valores respectivos de una métrica, comprendiendo dicha estación:

- medios para emitir una petición (REQ) en el canal de radio;

- medios para recibir, procedente de al menos un nodo, un mensaje de respuesta a la petición;

50 - medios de medida temporal para medir un retardo, relativo a la emisión de dicho mensaje de respuesta a la petición y que dependen del valor de la métrica asociada a dicho nodo;

- medios para seleccionar un nodo en función de dicho retardo medido.

12.- Estación emisora/receptora para formar un nodo (2) de una red de telecomunicaciones (1) que presenta una pluralidad de nodos adaptados para comunicarse en un canal de radio (4) a los cuales están asociados valores respectivos de una métrica, que comprende:

5 - medios para recibir una petición (REQ) procedente de un nodo;

- medios para emitir un mensaje de respuesta (ACK_A) a dicha petición con un retardo determinado en función del valor de la métrica que se asocia al nodo (A) que ha recibido la petición.

10 13.- Red de telecomunicaciones que presenta una pluralidad de nodos (2) adaptados para comunicarse en un canal de radio (4) a los cuales se asocian valores respectivos de una métrica, comprendiendo dichos nodos una estación emisora/receptora conforme a la descrita en la reivindicación 11 y a la descrita en la reivindicación 12.

15 14.- Programa de ordenador a instalar en una estación emisora/receptora, según la reivindicación 11, para formar un nodo (2) de un red de telecomunicaciones (1) que presenta una pluralidad de nodos adaptados para comunicarse en un canal de radio (4) a los cuales se asocian valores respectivos de una métrica, comprendiendo dicho programa instrucciones para poner en práctica las etapas siguientes, en el momento de una ejecución del programa por medios de tratamiento de dicha estación:

- emitir una petición (REQ) en el canal de radio;

- recibir, procedente de al menos un nodo (A), un mensaje (ACK_A) de respuesta a la petición;

20 - medir un retardo relativo a la emisión de dicho mensaje de respuesta a la petición y que depende del valor de la métrica que se asocia a dicho nodo;

- seleccionar un nodo en función de dicho retardo medido.

25 15.- Programa de ordenador a instalar en una estación emisora/receptora, según la reivindicación 12, para formar un nodo (2) de una red de telecomunicaciones (1) que presenta una pluralidad de nodos adaptados para comunicarse en un canal de radio (4) a los cuales están asociados valores respectivos de una métrica, estando dicha estación adaptada para comunicarse con una estación, según la reivindicación 11, comprendiendo dicho programa instrucciones para poner en práctica las etapas siguientes, en el momento de una ejecución del programa por medios de tratamiento de dicha estación:

30 - recibir una petición (REQ) procedente de un nodo (S);

- emitir un mensaje de respuesta (ACK_A) a dicha petición, con un retardo determinado en función del valor de métrica que se asocia al nodo (A) que haya recibido la petición.

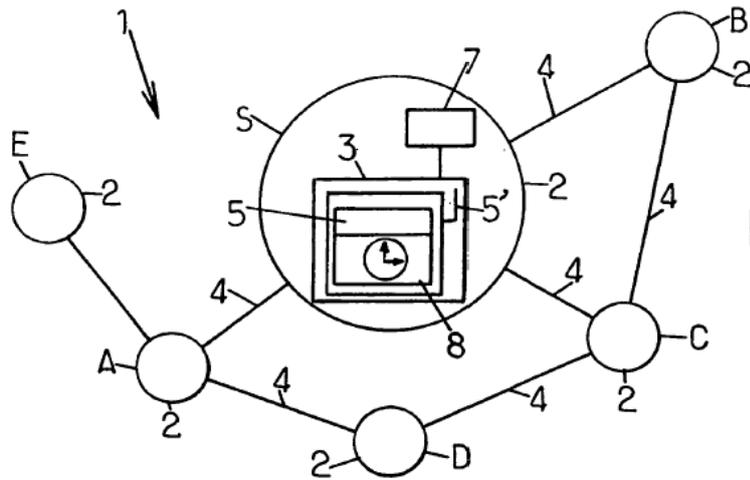


FIG. 1.

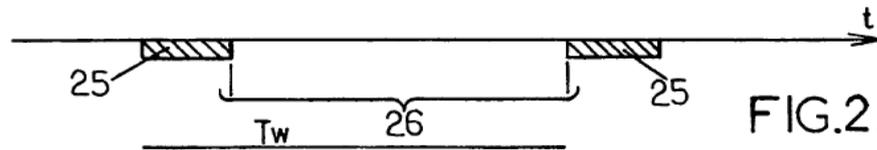


FIG. 2.

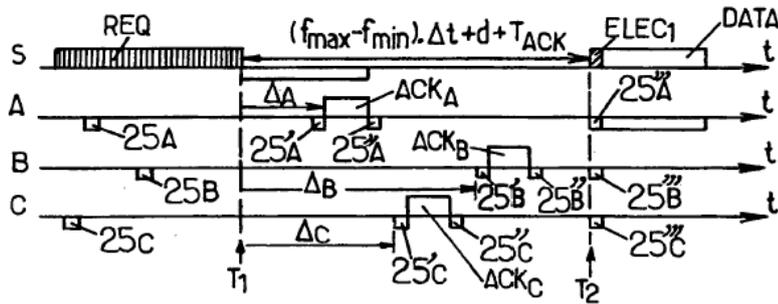


FIG. 3a.

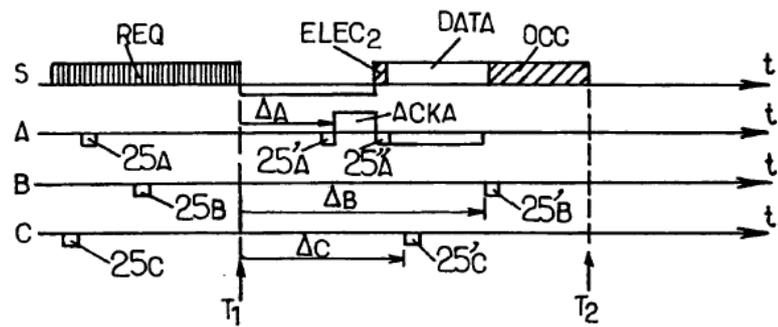


FIG. 3b.