

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 789**

51 Int. Cl.:
H04L 12/40 (2006.01)
H04W 74/08 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10163964 .9**
96 Fecha de presentación: **26.05.2010**
97 Número de publicación de la solicitud: **2256993**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.12.2010**

54 Título: **Procedimiento de acceso a un canal de comunicación para redes de comunicaciones**

30 Prioridad:
29.05.2009 IT TO20090413

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.05.2012

73 Titular/es:
**Istituto Superiore Mario Boella sulle Technologie
dell' Informazione e delle Telecomunicazioni
Via Pier Carlo Boggio 61 (Passo Carraio)
10138 Torino, IT**

72 Inventor/es:
**Scopigno, Riccardo y
Cozzetti, Hector Agustin**

74 Agente/Representante:
Curell Aguilá, Mireia

ES 2 380 789 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 acceso a un canal de comunicación para redes de comunicaciones.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de acceso a un canal de comunicación para redes de comunicaciones inalámbricas.

10 Como es sabido, dada una red de comunicaciones constituida por una pluralidad de nodos y dados unos medios físicos que conectan dichos nodos unos a otros para definir un canal de comunicación con una cierta capacidad, se dispone hoy en día de los denominados "protocolos de acceso al canal", es decir, protocolos que permiten a los nodos comunicarse unos con otros por el canal de comunicación, compartiendo la capacidad de este, aun en el caso de que los nodos se desplacen por el espacio.

15 Conforme al conocido modelo de capas de la International Standard Organization - Open Systems Interconnection (modelo ISO-OSI), dichos protocolos de acceso al canal pertenecen a la llamada "capa de enlace de datos", denominada también "capa de control de acceso al medio (MAC)" o "capa dos". Puesto que están comprendidos en la denominada "capa MAC", los protocolos de acceso al canal también se denominan, para abreviar, "protocolos MAC".

20 De forma más detallada, para comunicarse, los nodos acceden al canal de comunicación, es decir, transmiten señales (comúnmente señales eléctricas o electromagnéticas) a través del canal de comunicación. Dichas señales transmiten información, y la unidad elemental de información transmitida en el nivel MAC por un nodo individual se conoce generalmente como "trama". Los protocolos de acceso al canal conciben el control de los accesos de los nodos con el propósito de optimizar la explotación de la capacidad del canal de comunicación y reducir la probabilidad de colisión, es decir, la interferencia entre las señales transmitidas por los diferentes nodos.

25 En lo que concierne en particular a las redes de comunicaciones inalámbrica, se conoce por ejemplo el denominado protocolo "Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance" (CSMA/CA), que es utilizado, entre otras, por las normas de la familia IEEE 802,11, comúnmente conocidas como normas Wi-Fi.

30 El protocolo de CSMA/CA prevé que cada nodo verifique antes de transmitir, el estado del canal de comunicación, es decir, compruebe que los demás nodos de la red no estén realizando ninguna transmisión, y transmita solo en caso de que el canal de comunicación esté libre. En cambio, en caso de que el canal esté ocupado, es decir, si el canal está siendo utilizado por otro nodo, el nodo espera durante un período de tiempo aleatorio o "tiempo de espera" para verificar otra vez el estado del canal de comunicación y, en caso de que el canal de comunicación esté por fin libre, transmitir.

35 El protocolo de CSMA/CA prevé además que, después de la recepción por un nodo receptor de una trama enviada por un nodo emisor, el nodo de receptor envíe una trama de acuse de recibo, denominada "trama ACK".

40 En el caso de que un nodo emisor reciba la trama ACK, este considerará que el nodo receptor ha recibido correctamente la trama enviada previamente.

45 En su lugar, si el nodo emisor no recibe la trama ACK, este deduce que se ha producido una colisión. En tal caso, después de un nuevo tiempo de espera, se verifica el estado del canal de comunicación y, en caso de que el canal de comunicación esté libre, se repite la transmisión de la trama enviada previamente.

50 El protocolo CSMA/CA ha alcanzado un éxito considerable en el campo de las comunicaciones inalámbricas, en particular debido a la excelente explotación del canal de comunicación en el caso de una red que está substancialmente libre, es decir, en el caso de una red en la que el tráfico intercambiado, o sea, el conjunto de información intercambiada por los nodos, es muy inferior a la capacidad del canal de comunicación. No obstante, en presencia de tráfico intenso y, por lo tanto, en caso de congestión de la red, los nodos deben soportar tiempos de espera considerablemente largos para poder acceder al canal de comunicación, es decir, transmitir; con lo cual el protocolo CSMA/CA dista mucho de ser escalable. Además, dado que no está previsto ningún mecanismo de reserva de acceso al canal de comunicación, no es posible garantizar la denominada "calidad de servicio" (QoS).

55 Una posible alternativa al protocolo CSMA/CA es la representada por el protocolo descrito en el documento "A five-phase reservation protocol (FPRP) for mobile ad hoc networks", "Wireless Networks", 1 de enero de 2001, Kluwer Academic Publishers, Países Bajos, vol. 7, pp. 371-384, por Chenzi Zhu *et al.* En particular, el protocolo propuesto en ese documento prevé unas etapas de asignación de intervalos de tiempo a los nodos de la red. Sin embargo, a pesar de que en principio esto permite garantizar cierta calidad de servicio, dicho protocolo resulta óptimo en los casos en que, durante las etapas de asignación, la topología de la red permanece fija. En cambio, si durante las etapas de asignación uno o más nodos entran en la red o salen de ella, se produce un deterioro estadístico de los niveles de rendimiento de dicho protocolo.

65 Para superar los inconvenientes descritos y en particular para garantizar la calidad del servicio dependiendo menos

del comportamiento (entrada/salida, transmisión, etc.) de los nodos de la red, se ha propuesto el protocolo denominado "RR-Aloha", descrito en detalle en el documento *Wireless Networks* 10, 359-366, 2004, publicado en Holanda por Kluwer Academic Publishers. El protocolo RR-Aloha se menciona igualmente en el documento "Reuse Efficiency of Point-to-Point Connections in Ad Hoc Networks", Global Telecommunications Conference, 2007, Globecom '07, IEEE, Piscataway, NJ, USA, 1 de noviembre de 2007, pp. 4494-4499, de L. Campedelli *et al.*, donde se describe con referencia particular a las comunicaciones punto a punto en las redes fijas. Además, el protocolo RR-Aloha también se menciona en el documento "ADHOC MAC: New MAC Architecture for Ad Hoc Networks Providing Efficient and Reliable Point-to-Point and Broadcast Services", *Wireless Networks, The Journal of Mobile Communication, Computation and Information*, Kluwer Academic Publishers, DO, vol. 10, n.º 4, 1 de julio de 2004, pp. 359-366 de F. Borgonovo *et al.*

En particular, el protocolo RR-Aloha prevé que los nodos de la red presenten unas respectivas direcciones MAC y que, en primera instancia, estén sincronizados (mediante, por ejemplo, el sistema de posicionamiento global, GPS). Además, el protocolo RR-Aloha prevé que el canal de comunicación esté dividido en intervalos de tiempo elementales, es decir, sea uno de los denominados "canales ranurados".

Como se representa con mayor detalle en la figura 1, el protocolo RR-Aloha prevé dividir el tiempo en ciclos con el período T . Cada ciclo contiene una trama 1, que a su vez está dividida en un número N de intervalos de tiempo consecutivos 2 de igual duración d , dentro de los cuales los nodos de la red pueden transmitir. En particular, la información transmitida en un único intervalo de tiempo se denomina comúnmente "subtrama 3".

Como se representa también en la figura 1, la duración d del intervalo de tiempo 2 es la adecuada para permitir que se transmita una única subtrama 3 en un único intervalo de tiempo 2. En particular, teniendo en cuenta el área geográfica de la red de comunicaciones y los tiempos de propagación máximos empleados en la propagación de las señales a través de dicha área geográfica, la duración d es la adecuada para permitir que un nodo emisor envíe una única subtrama 3 en un único intervalo de tiempo 2, siendo posible la recepción de dicha única subtrama 3 por cualquier otro nodo de la red en dicho intervalo de tiempo 2.

Además, el protocolo RR-Aloha prevé que cada subtrama 3 comprenda una parte de carga útil 4, que contiene información de la capa dos, tal como por ejemplo un número de sucesión, una dirección MAC de origen, una dirección MAC de destino, un número de fragmento y un código de CRC. Asimismo, la parte de carga útil 4 suele contener la información de capa uno posible asociada al canal de comunicación. Cada subtrama 3 comprende además una parte adicional, que en lo sucesivo se denomina "vector de información de trama" (FI) 5, descrita en detalle más adelante. Está previsto igualmente que las subtramas 3 tengan una duración más corta que la duración d de los intervalos de tiempo 2, de tal manera que cada intervalo de tiempo 2 comprenda además un tiempo de seguridad T_g .

Dentro de una trama, cada nodo puede transmitir en uno o más intervalos de tiempo 2. El protocolo RR-Aloha funciona de tal manera que impide, en lo posible, que dos nodos diferentes colisionen cuando transmiten en uno y el mismo intervalo de tiempo 2. Por motivos de orden práctico, el protocolo RR-Aloha prevé la asociación, a cada nodo, de por lo menos un respectivo intervalo de tiempo de transmisión de los N intervalos de tiempo 2 mencionados anteriormente, dentro de los cuales el nodo puede transmitir.

Para determinar las asociaciones entre los nodos y los respectivos intervalos de tiempo de transmisión a fin de impedir las colisiones, cada nodo mantiene los estados de los N intervalos de tiempo anteriores en la memoria, en cada intervalo de tiempo, pudiendo ser cada uno de dichos estados, de forma alternativa, "libre" u "ocupado" por un nodo. En lo sucesivo, para abreviar se indicará que los intervalos de tiempo están libres u ocupados, debiéndose tener en cuenta que los términos "libre" y "ocupado" se refieren a los estados de los intervalos de tiempo. Además, también se dice que un nodo considera que un intervalo de tiempo está ocupado o libre para indicar que el nodo presenta en la memoria un estado relativo a dicho intervalo de tiempo, y que dicho estado es "ocupado" o "libre".

Cuando un nodo accede a un intervalo de tiempo determinado, es decir transmite una subtrama, este añade a dicha subtrama los estados de los $N-1$ intervalos de tiempo que preceden al intervalo de tiempo determinado, almacenados en su memoria, además del estado del intervalo de tiempo determinado, identificado como ocupado. En caso de que los intervalos de tiempo estén ocupados, el nodo también añade a la subtrama los correspondientes identificadores de los nodos que han ocupado dichos intervalos de tiempo. Por ejemplo, en cada subtrama está presente una indicación relativa al hecho de que el intervalo de tiempo en el que se ha transmitido la subtrama está ocupado, y un identificador del nodo que ha transmitido la subtrama.

En general, dada una sucesión de tramas, y por lo tanto de intervalos de tiempo, es posible establecer una correspondencia entre dichos intervalos de tiempo y N intervalos de tiempo de una trama arquetipo (no representada), que en lo sucesivo se denominan "intervalos de tiempo arquetipo". De hecho, en general, el k -ésimo intervalo de tiempo k de la sucesión de intervalos de tiempo corresponde a un intervalo de tiempo arquetipo $k \bmod N$ de la trama arquetipo; por ejemplo, suponiendo que N sea igual a diez, el intervalo de tiempo uno y el intervalo de tiempo once corresponden al intervalo de tiempo arquetipo uno. Consecuentemente, añadir a una subtrama los estados del intervalo de tiempo en el que se transmite la subtrama y el de los $N-1$ intervalos de tiempo anteriores

significa añadir los estados de cada uno de los intervalos de tiempo arquetipo que forman la trama arquetipo. Dicho de otro modo, sin tener en cuenta el número de tramas que se han transmitido realmente, cada subtrama contiene los estados de los N intervalos de tiempo arquetipo, almacenados en el momento de la transmisión por el nodo que ha transmitido la subtrama.

5 En particular, para transmitir los estados de los intervalos de tiempo determinados, los nodos recurren a los vectores FI 5 mencionados anteriormente.

10 Como se representa detalladamente también en la figura 1, dado un nodo emisor que transmite una subtrama en cierto intervalo de tiempo, el vector FI 5 de dicha subtrama comprende un número de campos 7 igual al número de intervalos de tiempo presentes en una trama, que en el caso en cuestión es igual a N. Cada campo 7 se refiere a un intervalo de tiempo correspondiente (y por lo tanto, a un intervalo de tiempo correspondiente arquetipo), que precede a dicho cierto intervalo de tiempo y contiene: un identificador temporal de origen (STI), formado por ocho bits, que en lo sucesivo se denominará también STI; un identificador de prioridad constituido por dos bits, también denominado campo de estado de prioridad (PSF); un identificador de ocupación, también denominado identificador "busy" (ocupado), que está constituido por un bit y está en función del estado del intervalo de tiempo correspondiente almacenado por el nodo emisor; y un identificador de transmisión punto a punto, constituido por un bit y denominado identificador FTP.

20 De forma más detallada, dado un campo 7, el identificador busy se establece en "1" si el nodo emisor considera que el intervalo de tiempo correspondiente está ocupado, es decir, tiene almacenado el estado ocupado para el intervalo de tiempo correspondiente; en caso contrario, se establece en "0". Además, en caso de que el intervalo de tiempo correspondiente esté ocupado, el identificador temporal de origen indica que el nodo ha ocupado dicho intervalo de tiempo. Para abreviar, también se dice que un vector FI indica que un intervalo de tiempo está ocupado por un nodo en el caso en el que el campo de dicho vector FI que corresponde a dicho intervalo de tiempo presenta el identificador busy igual a "1" y el indicador temporal de origen que identifica dicho nodo.

25 En comparación con las direcciones MAC (formadas por 6 bytes), el uso de un identificador temporal de origen formado solo por ocho bits permite reducir la información adicional asociada a los vectores FI, aunque los identificadores temporales pueden adoptar comúnmente doscientos cincuenta y seis valores diferentes, corriéndose pues el riesgo de que se asocien nodos diferentes a uno y el mismo identificador temporal de origen.

30 Con respecto al almacenamiento de los estados de los intervalos de tiempo por los nodos, el protocolo RR-Aloha permite, dado un nodo y el intervalo de tiempo k, por ejemplo, que el nodo considerado tenga en la memoria, antes de que se inicie dicho intervalo de tiempo k, los estados de los N intervalos de tiempo que han precedido al intervalo de tiempo k. En particular, dado un enésimo intervalo de tiempo n de los N intervalos de tiempo mencionados que han precedido al intervalo de tiempo k, el estado de dicho intervalo de tiempo n es el estado ocupado en los casos siguientes:

40 - el nodo considerado ha transmitido una subtrama en el intervalo de tiempo n, y en los intervalos de tiempo comprendidos entre el intervalo de tiempo n (excluido) y el intervalo de tiempo k (excluido) las posibles subtramas recibidas por el nodo considerado confirman la ocupación del intervalo de tiempo n por el nodo considerado; es decir, éstas presentan unos vectores FI cuyos campos correspondientes al intervalo de tiempo n presentan el identificador busy igual a "1" y el indicador temporal de origen que indica el nodo considerado;

45 - el nodo considerado ha recibido en el intervalo de tiempo n una subtrama transmitida por otro nodo, y en los intervalos de tiempo comprendidos entre el intervalo de tiempo n (excluido) y el intervalo de tiempo k (excluido) las posibles subtramas recibidas por el nodo considerado confirman la ocupación del intervalo de tiempo n por dicho otro nodo; es decir, éstas presentan vectores FI cuyos campos correspondientes al intervalo de tiempo n presentan el identificador busy igual a "1" y el indicador temporal de origen que indica el mencionado otro nodo.

50 En el resto de casos, el estado de dicho intervalo de tiempo es libre.

55 Los estados de los N intervalos de tiempo que han precedido al intervalo de tiempo k se refieren al nodo considerado; en otras palabras, tomando como hipótesis que el nodo considerado ha determinado que el estado de un intervalo de tiempo n es ocupado, por ejemplo, debido a que durante el intervalo de tiempo n ha recibido la transmisión de cierto nodo, es posible que un nodo diferente al nodo considerado haya determinado que el estado del intervalo de tiempo n es libre, debido por ejemplo a que, tras haberse alejado de ese cierto nodo, no ha recibido ninguna señal durante el intervalo de tiempo n. Para abreviar, en lo sucesivo, se dirá también que los intervalos de tiempo se consideran libres u ocupados por un nodo determinado, debiéndose tener en cuenta que los términos "libre" y "ocupado" hacen referencia a los correspondientes estados almacenados por el nodo determinado.

60 Sobre la base de lo descrito hasta aquí, los nodos propagan, dentro de la red, la información que tienen disponible para los estados de los intervalos de tiempo, estando contenida dicha información precisamente dentro de los vectores FI. Además, los nodos determinan si deben acceder a un intervalo de tiempo o no según los vectores FI contenidos en las subtramas recibidas desde otros nodos.

De forma más detallada, considerando otra vez el k -ésimo intervalo de tiempo k de una trama determinada y un nodo que desea transmitir pero que todavía no lo ha hecho en ningún intervalo de tiempo de la trama determinada, el nodo determina si debe transmitir o no en dicho intervalo de tiempo k conforme a los vectores FI presentes en las posibles subtramas recibidas en los N intervalos de tiempo que han precedido al intervalo de tiempo k .

En particular, el nodo considera que el intervalo de tiempo k está reservado y por consiguiente no transmite en dicho intervalo de tiempo, en el caso en el que el nodo ha recibido, en los intervalos de tiempo comprendidos entre el intervalo de tiempo $k-N$ (incluido) y el intervalo de tiempo $k-1$ (incluido), por lo menos una subtrama en la que el identificador busy del campo correspondiente al intervalo $k-N$ era igual a "1". En caso contrario, el nodo considera que el intervalo de tiempo k está accesible y accede a este con una cierta probabilidad.

En caso de que el nodo no acceda realmente al intervalo de tiempo k , en el intervalo de tiempo $k+1$ se repiten las operaciones descritas. En cambio, en caso de que el nodo transmita realmente una subtrama en el intervalo de tiempo k , entonces se selecciona como propio identificador temporal de origen, es decir, como identificador temporal de origen que se añade al campo del vector FI que corresponde al intervalo de tiempo k , un valor comprendido entre cero y doscientos cincuenta y cinco que todavía no haya sido utilizado por los nodos que han llevado a cabo transmisiones en los N intervalos de tiempo que preceden al intervalo de tiempo k . En lo que concierne, en cambio, a los posibles identificadores temporales de origen añadidos a los otros campos, estos son iguales a los mismos identificadores temporales de origen presentes en las subtramas recibidas previamente por el nodo y, en particular, presentes en los campos correspondientes a los intervalos de tiempo en los que se han transmitido dichas subtramas.

Después de la transmisión, el nodo mencionado debe esperar una trama antes de que se confirme que la transmisión ha sido correcta. En realidad, para establecer si la transmisión se ha realizado correctamente o no, el nodo verifica que todas las subtramas que recibe durante los $N-1$ intervalos de tiempo posteriores al intervalo de tiempo k presenten vectores FI en los que el identificador busy del campo correspondiente al intervalo de tiempo k sea igual a "1", y en los que el identificador temporal de origen indique el propio nodo. De ser así, el nodo recibe la confirmación de la correcta transmisión y puede continuar transmitiendo en los intervalos de tiempo $k+iN$, siendo $i=1, 2, \dots$, tomando debida cuenta de la necesidad de repetir en cada transmisión las comprobaciones mencionadas anteriormente. En caso contrario, la transmisión se considera infructuosa, en la medida en que se detecta una colisión en el intervalo de tiempo k , y por consiguiente se repiten las operaciones descritas.

El protocolo RR-Aloha en consunción permite la implementación de un mecanismo de reserva de acceso al canal de comunicación, sin necesidad de recurrir a un nodo de toma de decisiones, es decir, un nodo que asocia, de manera exclusiva para cada nodo de la red, un respectivo intervalo de tiempo en el cual se debe transmitir. La reserva se obtiene realmente de una manera distribuida a través de los nodos de la red.

El protocolo RR-Aloha ha demostrado ser efectivo en numerosas situaciones y, en particular, en el caso de redes de un solo clúster, es decir, en el caso de redes formadas por diversos nodos conectados entre sí, en las que la transmisión de un nodo es recibida por el resto de nodos. No obstante, existen campos de aplicación en los que el uso del protocolo RR-Aloha es propenso a deficiencias potenciales, como por ejemplo en el caso de redes cuyos nodos presentan una alta movilidad o de redes en las que se producen frecuentes entradas y salidas de los nodos, es decir, redes en las que no todos los nodos están interconectados. Las denominadas "redes *ad hoc* vehiculares" (VANET) representan ejemplos de dichas redes.

Una situación en la que el protocolo RR-Aloha puede generar fallos es, estrictamente a título de ejemplo, la de una red de comunicaciones representada en la figura 2 y constituida por siete nodos, designados respectivamente por n_1 - n_7 ; en la que se da por supuesto que el número de intervalos de tiempo N por ciclo es igual a diez. Además, como se representa en las figuras 3a-3c, que ilustran esquemáticamente los estados de los N intervalos de tiempo almacenados respectivamente por los nodos n_1 y n_3 (figura 3a), n_5 y n_6 (figura 3b) y n_7 (figura 3c), se supone que el nodo n_1 ha transmitido en el intervalo de tiempo cero (se supone convencionalmente que los intervalos de tiempo están numerados del cero al nueve) y que el nodo n_5 ha transmitido en el intervalo de tiempo uno. Como se representa en la figura 2, se supone por otra parte que durante el intervalo de tiempo dos tanto el nodo n_2 como el nodo n_4 transmiten unas respectivas subtramas. Además se da por supuesto que la subtrama transmitida por el nodo n_2 será recibida solamente por los nodos n_1 y n_3 , debido por ejemplo a fenómenos de atenuación de las señales, y que la subtrama transmitida por el nodo n_4 será recibida solamente por los nodos n_5 y n_6 . Asimismo se supone que, debido a la interferencia entre la subtrama transmitida por el nodo n_2 y la subtrama transmitida por el nodo n_4 , el nodo n_7 no detecta ninguna subtrama.

En dicha situación, los nodos n_1 y n_3 consideran que el intervalo de tiempo dos está ocupado por el nodo n_2 , mientras que los nodos n_5 y n_6 consideran que el intervalo de tiempo dos está ocupado por el nodo n_4 . En lo que concierne en cambio al nodo n_7 , este no detecta ninguna transmisión; por consiguiente, el nodo n_7 interpreta que no ha recibido ninguna subtrama en el intervalo de tiempo dos y, por lo tanto, considera que el intervalo de tiempo dos está libre.

Como se representa nuevamente en las figuras 3a-3c, en los intervalos de tiempo tres y cuatro no transmite ningún nodo. A continuación, el nodo n6 transmite en el intervalo de tiempo cinco, y el resto de nodos de la red reciben la subtrama transmitida por el nodo n6. En dicha subtrama, el vector FI indica, entre otras cosas, que el intervalo de tiempo dos está ocupado por el nodo n4. Entonces, los nodos n4, n5, n6 y n7 reciben la confirmación de que el intervalo de tiempo está ocupado por el nodo n4.

En su lugar, los nodos n1 y n3, aparte del nodo n2, detectan una colisión en el intervalo de tiempo dos y, por consiguiente, conforme al protocolo RR-Aloha, consideran que el intervalo de tiempo dos está libre. Esto genera pues una asimetría de los estados de los intervalos de tiempo almacenados por los nodos de la red. Además, en cuanto los nodos n1, n2 y n3 mencionados anteriormente envían una nueva subtrama, se propaga información incorrecta relativa al estado del intervalo de tiempo dos.

Otra situación en la que el protocolo RR-Aloha puede generar fallos es, tal como se ha dicho anteriormente, la representada por redes en las que se producen frecuentes entradas y salidas de nodos. A este respecto, para simplificar se parte del supuesto de una trama constituida por tres intervalos de tiempo y, por otra parte, del supuesto de una red (no representada) constituida por un primer nodo, que transmite en un primer intervalo de tiempo, y un segundo nodo, que transmite en un segundo intervalo de tiempo. En caso de que un tercer nodo entre en la red simultáneamente con un tercer intervalo de tiempo y, por consiguiente, después de que el primer y el segundo nodos hayan realizado sus transmisiones, dicho tercer nodo no habrá recibido las subtramas transmitidas por el primer y el segundo nodos. En consecuencia, suponiendo que el tercer nodo transmita precisamente en el tercer intervalo de tiempo, la subtrama transmitida por el mismo presentará un vector FI en el que se indica que el primer y segundo intervalos de tiempo están libres. Cuando el primer y el segundo nodos reciben dicha subtrama, se obtiene información incorrecta que posteriormente se propaga.

El objetivo de la presente invención es ofrecer un procedimiento para acceder a un canal de comunicación para las redes de comunicaciones, que supere por lo menos en parte los inconvenientes de la técnica conocida.

Según la presente invención, se da a conocer un procedimiento para acceder a un canal de comunicación, un nodo para una red de comunicaciones, una red de comunicaciones y un producto de software según las reivindicaciones 1, 10, 11 y 13, respectivamente.

Para alcanzar una comprensión más cabal de la presente invención, a continuación se describirán unas formas de realización de la misma únicamente a título de ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una ilustración esquemática de una sucesión de tramas, un intervalo de tiempo, un vector FI y un campo del vector FI;
- la figura 2 representa un ejemplo de red de comunicaciones;
- las figuras 3a-3c son ilustraciones esquemáticas y cualitativas de la información de las tramas transmitidas por nodos de la red de comunicaciones representada en la figura 2;
- la figura 4 es una ilustración cualitativa de una estructura de datos y
- la figura 5 representa otro ejemplo de red de comunicaciones.

El presente procedimiento para acceder a un canal de comunicación representa un tipo de protocolo RR-Aloha perfeccionado, en el que los nodos, que se desplazan en el espacio, detectan las colisiones en cada intervalo de tiempo, basándose en sus propias detecciones y en las de los vectores FI de las subtramas transmitidas por otros nodos.

Una posible forma de realización del presente procedimiento prevé añadir, a los campos de los vectores FI, indicaciones de estado que se componen cada una de por lo menos dos bits en lugar del identificador busy mencionado anteriormente (bit busy), tal como se describe más adelante. En particular, en lo sucesivo, el presente procedimiento se describe con referencia al caso en el que cada indicación de estado se compone de dos bits, que en adelante se denominan bit busy y bit CLS. De esta manera, es posible detectar colisiones mediante la comparación de vectores FI diferentes y mediante un aviso explícito de colisión contenido en las subtramas.

Según el presente procedimiento, en cada intervalo de tiempo, cada nodo considerado de los nodos de la red puede, de forma alternativa, transmitir una subtrama o permanecer a la espera de una posible subtrama transmitida por otro nodo, siendo posible en este último caso que el nodo considerado reciba realmente una subtrama o, debido por ejemplo a la inactividad o las colisiones, que el nodo considerado no reciba ninguna subtrama. El hecho de que, durante cada intervalo de tiempo, el nodo considerado transmita una subtrama o por el contrario permanezca a la espera de una posible subtrama es determinado por el nodo considerado tal como se describe más adelante. En lo sucesivo, en cambio, el presente procedimiento se describe con referencia a una situación en la que los nodos de la

red ya han determinado en qué ranuras van a transmitir o van a permanecer a la espera; es decir, la descripción subsiguiente considera la situación en la que los nodos de la red ya han enviado por lo menos una respectiva subtrama.

5 En caso de que el nodo considerado reciba una subtrama, el vector FI de la subtrama recibida se almacena, por ejemplo, en una respectiva memoria dispuesta para contener hasta N vectores FI. Además, al almacenar un vector FI recibido en un intervalo de tiempo, el nodo considerado asocia dicho vector FI al intervalo de tiempo arquetipo que corresponde a dicho intervalo de tiempo.

10 De forma más detallada, al principio de un k-ésimo intervalo de tiempo genérico k, el nodo considerado suprime de la memoria el vector FI asociado al intervalo de tiempo arquetipo $k \bmod N$.

15 Al final del intervalo de tiempo k, en caso de que el nodo considerado no haya transmitido, se almacena el vector FI de la posible subtrama recibida asociándolo al intervalo de tiempo arquetipo $k \bmod N$. En caso de que el nodo considerado no haya transmitido o recibido ninguna subtrama, se almacena un vector FI por defecto asociándolo al intervalo de tiempo arquetipo $k \bmod N$. La ausencia de recepción puede pues considerarse equivalente a la recepción de una subtrama que contenga un vector FI por defecto. En lo sucesivo se supone, a título de ejemplo, que el vector FI por defecto presenta campos de valor cero, incluidos los bits busy y CLS, es decir, bit busy = 0 y bit CLS = 0.

20 Suponiendo, sin que ello implique ninguna pérdida de generalidad, que el fin del intervalo de tiempo k coincida con el inicio del intervalo de tiempo $k+1$ y, por consiguiente, que el nodo considerado haya suprimido ya de la memoria el vector FI asociado al intervalo de tiempo arquetipo $k+1 \bmod N$, al final del intervalo de tiempo k el nodo considerado presentará en la memoria los N-1 vectores FI de las posibles subtramas recibidas en el intervalo de tiempo k y los N-2 intervalos de tiempo previos, o uno o más vectores por defecto en caso de ausencia de recepción.

25 Puesto que cada uno de los N campos de cada vector FI almacenado corresponde a un respectivo intervalo de tiempo arquetipo, al principio del intervalo de tiempo k el nodo considerado presenta en la memoria una estructura de datos matricial, que está constituida, por ejemplo, por N-1 filas y N columnas, los elementos de las cuales son campos de vectores FI almacenados que por lo tanto contienen indicaciones de estado, entre otras cosas. En lo sucesivo, los índices i y j se utilizan para indexar, respectivamente, las filas y las columnas de la estructura de datos matricial.

30 A título de ejemplo, la figura 4 representa un ejemplo de estructura de datos matricial, con respecto a un caso en el que $N = 3$. Además, los campos que forman los elementos de la estructura de datos matricial mencionada se representan de forma cualitativa con referencia exclusiva a las indicaciones de estado contenidas en los campos y, por consiguiente, a los correspondientes pares de bits busy y CLS, es decir, sin mostrar los correspondientes identificadores temporales de origen e identificadores de prioridad.

35 De forma más detallada, la figura 4 se refiere al instante de inicio de un intervalo de tiempo w como el instante en el que $w \bmod 3$ es igual a cero. En la práctica, cada fila i de la estructura de datos matricial se compone del vector FI almacenado por el nodo considerado durante un intervalo de tiempo h, siendo $w-3 < h < w$ y $h \bmod 3 = i$, donde $i = 1, 2$. Además, la figura 4 representa en línea discontinua la parte de la estructura de datos matricial que el nodo considerado suprime al inicio del intervalo de tiempo w, es decir, precisamente la fila que corresponde al vector FI almacenado durante el intervalo de tiempo $w-3$.

40 Generalizando lo que se representa a título de ejemplo en la figura 4, al principio de cada intervalo de tiempo, el nodo considerado presenta $(N-1) \times N$ indicaciones de estado disponibles, puesto que tiene N-1 vectores FI en la memoria, cada uno de los cuales contiene N indicaciones de estado. De forma equivalente, para cada intervalo de tiempo arquetipo, el nodo considerado tiene N-1 indicaciones de estado disponibles, contenidas respectivamente en N-1 campos, perteneciendo cada campo a un vector FI diferente almacenado. En la práctica, para un intervalo de tiempo arquetipo con $0 = u = N-1$, se dispone de N-1 indicaciones de estado contenidas en la columna $j=u$ de la estructura de datos matricial implementada por el nodo considerado.

45 Antes de describir de forma más detallada las indicaciones de estado mencionadas anteriormente, debe señalarse que en lo sucesivo, dado un intervalo de tiempo arquetipo A, el campo que i) pertenece al vector FI almacenado y asociado a dicho intervalo de tiempo arquetipo A y ii) corresponde a dicho intervalo de tiempo arquetipo A se denomina "campo de detección" y corresponde al intervalo de tiempo arquetipo A. En otras palabras, con referencia a la estructura de datos matricial mencionada anteriormente, el campo de detección del intervalo de tiempo arquetipo A está constituido por el elemento indexado por $i=A, j=A$. Además, dado un nodo genérico y un intervalo de tiempo arquetipo, el campo de detección correspondiente a dicho intervalo de tiempo arquetipo indica que el nodo genérico ha recibido realmente en el último intervalo de tiempo correspondiente a dicho intervalo de tiempo arquetipo.

50 En caso de que el nodo considerado transmita una subtrama en el intervalo de tiempo k tras suprimir de la memoria el vector FI asociado al intervalo de tiempo arquetipo $k \bmod N$, se añadirán N indicaciones de estado en el mismo

número de campos del vector FI de la subtrama, haciendo referencia cada indicación de estado a uno de los N intervalos de tiempo arquetipo que componen la trama arquetipo. Cada campo del vector FI de la subtrama al cual se ha accedido contiene una respectiva indicación de estado codificada, por ejemplo, tal como se ha mencionado anteriormente, mediante el bit busy y el bit CLS. En particular, son posibles cuatro indicaciones de estado diferentes que están asociadas, respectivamente, a unos correspondientes pares de valores del bit busy y el bit CLS del campo y están en función de los vectores FI almacenados por el nodo considerado. Dicho de otro modo, las indicaciones de estado añadidas a la subtrama están en función de las indicaciones de estado presentes en los vectores FI almacenados, tal como se describe más adelante.

De forma más detallada, las indicaciones de estado mencionadas anteriormente comprenden:

- una indicación de estado libre, asociada al par bit busy = 0 y bit CLS = 0;
- una indicación de estado ocupado, asociada al par bit busy = 1, bit CLS = 0;
- una indicación de colisión, asociada al par bit busy = 0, bit CLS = 1 y
- una indicación de conexión indirecta, asociada al par bit busy = 1, bit CLS = 1.

En la práctica, en caso de que las indicaciones de estado se codifiquen de la manera descrita y el vector FI por defecto presente campos de valor cero, el almacenamiento del vector FI por defecto equivaldrá al almacenamiento de un vector FI, la totalidad de cuyos campos presenten la indicación de estado libre. Sin embargo, para generalizar, en lo sucesivo se mantendrá la distinción entre indicación de estado libre e indicación por defecto, ya que en cualquier caso son posibles las formas de realización en las que las indicaciones de estado están codificadas, por ejemplo, mediante más de dos bits, y la indicación por defecto difiere de la indicación de estado libre, la indicación de estado ocupado, la indicación de colisión y la indicación de conexión indirecta, o las formas de realización en las que la indicación de estado libre no está asociada al par bit busy = 0, bit CLS = 0.

En términos operativos, dando por supuesto que el intervalo de tiempo k mencionado anteriormente corresponde a un intervalo de tiempo arquetipo TX1 ($k \bmod N = TX1$), el nodo considerado añade, al campo del vector FI de la subtrama transmitida (de manera más precisa, la que está a punto de transmitirse) que corresponde a dicho intervalo de tiempo TX1 arquetipo, la indicación de estado ocupado, el identificador temporal de origen del nodo considerado, que en lo sucesivo se denomina exactamente "identificador temporal de origen", y un identificador de prioridad dispuesto para su atribución a la subtrama.

En lo que concierne, en cambio, al resto de campos del vector FI de la subtrama transmitida, el nodo considerado procede tal como se describe más adelante. Dado uno de los campos restantes mencionados que corresponde a un intervalo de tiempo arquetipo B, el nodo considerado toma en cuenta los N-1 campos de los vectores FI almacenados que corresponden a dicho intervalo de tiempo arquetipo B (equivalente a leer la columna $j=B$ de la estructura de datos matricial implementada), y añade a dicho campo del vector FI de la subtrama transmitida,

1) la indicación de estado libre (bit busy = 0, bit CLS = 0), si todos los campos considerados contienen la indicación de estado libre o la indicación por defecto o si uno o más campos considerados contienen la indicación de conexión indirecta, y los campos restantes contienen la indicación de estado libre o la indicación por defecto;

2) la indicación de estado ocupado (bit busy = 1, bit CLS = 0), si entre los N-1 campos considerados, el campo de detección correspondiente al intervalo de tiempo arquetipo B contiene la indicación de estado ocupado y el identificador temporal de origen contenido en esta indica un nodo ocupante, conteniendo de forma alternativa el resto de N-2 campos considerados la indicación por defecto, la indicación de estado libre o la indicación de conexión indirecta, o conteniendo la indicación de estado ocupado y los identificadores temporales de origen que indican el nodo ocupante mencionado anteriormente;

3) la indicación de colisión (bit busy = 0, bit CLS = 1), si dos o más de los campos considerados contienen la indicación de estado ocupado, pero contienen identificadores temporales de origen diferentes;

4) la indicación de conexión indirecta (bit busy = 1, bit CLS = 1), si el campo de detección correspondiente al intervalo de tiempo arquetipo B contiene la indicación por defecto, y uno o más de los N-2 campos restantes considerados contienen la indicación de estado ocupado y los mismos identificadores temporales de origen, que se refieren a un nodo lejano.

Además, otra vez con referencia al campo mencionado anteriormente del vector FI de la subtrama transmitida:

en el caso 1), el nodo considerado no puede añadir ningún identificador temporal de origen ni ningún identificador de prioridad;

en el caso 2), el nodo considerado añade también el identificador temporal de origen del nodo ocupante, además del

identificador de prioridad contenido en el campo de detección correspondiente al intervalo de tiempo arquetipo B;

en el caso 3), el nodo considerado añade también el identificador temporal de origen contenido en el campo que presenta el identificador de prioridad máxima de los campos considerados que han provocado la colisión, además de dicho identificador de prioridad máxima, o, en el caso de que los identificadores de prioridad de los campos que han provocado la colisión sean iguales, un identificador temporal de origen elegido aleatoriamente entre los identificadores temporales de origen contenidos en los mismos, y

en el caso 4), el nodo considerado añade también el identificador temporal de origen del nodo lejano, siendo posible además, en este caso, añadir también el identificador de prioridad correspondiente al nodo lejano.

Como se ha mencionado, la descripción precedente se refiere a una situación en la que el nodo considerado ha determinado previamente en qué intervalos de tiempo va a transmitir y en qué intervalos de tiempo va a permanecer en un estado de espera. En particular, para determinar en qué intervalos de tiempo se va a transmitir y en qué intervalos de tiempo se va a permanecer en un estado de espera, el nodo considerado funciona tal como se describirá más adelante.

En particular, cuando el nodo considerado entra en la red (por ejemplo, se activa o se acerca a otro nodo de la red hasta encontrarse a una distancia de este que permite la transmisión de subtramas de uno a otro), se mantiene a la espera durante N primeros intervalos, en los que recibe las posibles subtramas transmitidas por otros nodos, y almacena los vectores FI contenidos en estas. Durante dichos N primeros intervalos de tiempo, el nodo considerado no suprime ningún vector FI de su propia estructura de datos matricial.

A continuación, basándose en los vectores FI almacenados, el nodo considerado determina si hay intervalos de tiempo accesibles entre los N futuros intervalos de tiempo (que todavía no han transcurrido y, por consiguiente, son posteriores a los N primeros intervalos de tiempo en los cuales el nodo se ha mantenido a la espera). En particular, un intervalo de tiempo z de los futuros intervalos de tiempo es accesible si todos los campos de los vectores FI almacenados que corresponden al intervalo arquetipo $z \bmod N$ (es decir, la columna $j = z \bmod N$ de la estructura de datos matricial) presentan la indicación de estado libre o la indicación por defecto.

Dados los posibles intervalos de tiempo accesibles, el nodo considerado selecciona entre estos el intervalo de tiempo elegido. Por ejemplo, en caso de que exista un único intervalo de tiempo accesible, el intervalo de tiempo elegido coincidirá con el intervalo de tiempo accesible; en su lugar, en caso de que existan varios intervalos de tiempo accesibles, el intervalo de tiempo elegido será uno de los intervalos de tiempo accesibles escogido al azar. En lo sucesivo, se supone, sin perjuicio de la generalidad de lo dispuesto, que el nodo considerado escogerá un p-ésimo intervalo de tiempo p como intervalo de tiempo elegido.

Una vez que se ha seleccionado el intervalo de tiempo elegido, el nodo considerado espera a que llegue el fin del intervalo de tiempo que precede al intervalo de tiempo elegido (el intervalo de tiempo p-1), mientras continúa almacenando los vectores FI de las posibles subtramas recibidas, tal como se ha descrito previamente, y suprimiendo, al principio de cada intervalo de tiempo k, el vector FI almacenado (es decir, la fila indexada por $i = k \bmod N$) y asociado al intervalo arquetipo $k \bmod N$. Al final del intervalo de tiempo p-1, el nodo considerado verifica que el intervalo de tiempo p esté realmente libre; es decir, verifica que los campos de los vectores FI almacenados que corresponden al intervalo de tiempo arquetipo $p \bmod N$ todavía contengan la indicación de estado libre o la indicación por defecto. En lo sucesivo, se supone que el intervalo de tiempo p corresponde al intervalo de tiempo arquetipo TX2 ($p \bmod N = TX2$).

Si el intervalo de tiempo elegido no está realmente libre, el nodo considerado repite las operaciones indicadas anteriormente para determinar nuevos intervalos de tiempo accesibles y, subsiguientemente, un nuevo intervalo de tiempo elegido.

En cambio, si el intervalo de tiempo p está realmente libre, el nodo considerado transmite la subtrama durante el intervalo de tiempo p, añadiendo indicaciones de estado a los campos del vector FI de la subtrama transmitida, tal como se ha descrito anteriormente. Además, el nodo considerado suprime, de la estructura de datos matricial, el vector FI asociado al intervalo de tiempo arquetipo $p \bmod N$ (equivalente a la fila indexada por $i = p \bmod N$).

Después de la transmisión de la subtrama en el intervalo de tiempo p, el nodo considerado recibe, en los N-1 intervalos de tiempo subsiguientes, las posibles subtramas transmitidas por otros nodos, almacena los vectores FI contenidos en estas y suprime, al principio de cada intervalo de tiempo k, el vector FI almacenado y asociado al intervalo de tiempo arquetipo $k \bmod N$. A continuación, el nodo examina los N-1 campos de los vectores FI almacenados que corresponden al intervalo de tiempo arquetipo TX2 y verifica que contengan la indicación por defecto, que contengan la indicación de estado libre o que contengan la indicación de estado ocupado y el indicador temporal de origen del nodo.

Si se cumple lo anterior, el nodo considerado interpreta que la transmisión se ha realizado correctamente y puede transmitir una nueva subtrama en el siguiente intervalo de tiempo, es decir, en el intervalo de tiempo p+N, que

corresponde también al intervalo de tiempo arquetipo TX2. Para verificar que la transmisión de la nueva subtrama se haya realizado correctamente, los nodos considerados repiten las operaciones descritas anteriormente, y así sucesivamente.

5 Por el contrario, es decir, en caso de que uno o más de los N-1 campos examinados contengan la indicación de estado ocupado y los identificadores temporales de origen de nodos ocupantes distintos al propio nodo o en caso de que presenten la indicación de colisión, el nodo considerado tomará en cuenta el propio identificador de prioridad, es decir, el identificador de prioridad añadido a la subtrama transmitida y los posibles identificadores de prioridad presentes en dicho uno o más de los N-1 campos examinados.

10 Si el identificador de prioridad máxima es el propio identificador de prioridad, el nodo considerado puede transmitir una nueva subtrama en el próximo intervalo de tiempo p+N. En su lugar, si el identificador de prioridad máxima está contenido en uno de los N-1 campos examinados, el nodo considerado estima que el intervalo de tiempo está ocupado por el nodo indicado por el identificador temporal de origen contenido en el campo examinado que contiene el identificador de prioridad máxima. En consecuencia, el nodo considerado se abstiene de transmitir y repite las operaciones descritas previamente, comenzando con la determinación de los posibles intervalos de tiempo accesibles.

15 En el caso particular de que haya dos o más identificadores de prioridad máxima entre los identificadores de prioridad considerados, y uno de esos identificadores de prioridad máxima sea el propio identificador de prioridad, el nodo considerado tratará de transmitir una nueva subtrama en el siguiente intervalo de tiempo p+N, se mantendrá a la espera de las subsiguientes N-1 subtramas y repetirá las verificaciones descritas anteriormente. Si se verifica nuevamente que hay dos o más identificadores de prioridad máxima, entre los cuales está presente el propio identificador de prioridad, el nodo considerado transmite, con una primera probabilidad, una nueva subtrama en el intervalo de tiempo p+2N, y se abstiene de transmitir, con una segunda probabilidad. En el último caso, el nodo considerado determina nuevos intervalos de tiempo accesibles, escoge un nuevo intervalo de tiempo elegido y continúa de la forma descrita anteriormente.

20 Según una forma de realización del presente procedimiento, en el momento de determinar el intervalo de tiempo elegido al final de los N primeros intervalos de tiempo mencionados anteriormente y en ausencia de intervalos de tiempo accesibles, el nodo considerado puede tomar en cuenta los N intervalos de tiempo siguientes a los N primeros intervalos de tiempo y transmitir, en el intervalo de tiempo que corresponde al intervalo de tiempo arquetipo, los correspondientes campos de vector FI almacenados por el nodo considerado que contienen la indicación de estado ocupado y el identificador de prioridad mínima, para garantizar de ese modo la calidad del servicio para el tráfico de alta prioridad.

25 Debe tenerse en cuenta por otro lado que, en el momento de realizar la transmisión de la primera subtrama después de entrar en la red, el nodo considerado presenta en la memoria N vectores FI. Dicho de otro modo, en ese momento, la estructura de datos matricial implementada por el nodo considerado presenta las dimensiones NxN. Una vez que se ha transmitido la primera subtrama, en cada instante el nodo considerado presenta en la memoria N-1 vectores FI, tal como se ha descrito anteriormente.

30 Según el presente procedimiento, es por lo tanto posible distinguir entre intervalos de tiempo libres y ocupados e intervalos de tiempo en los que se ha producido una colisión, propagar la información de colisión y, por consiguiente, prevenir fallos de la red. En particular, en comparación con el protocolo RR-Aloha, no solo se prevé la determinación, para cada uno de los N intervalos de tiempo arquetipo de la trama arquetipo, de una correspondiente indicación de estado escogida entre cuatro indicaciones de estado diferentes, sino que todas las N indicaciones de estado determinadas por cada nodo son propagadas además por el propio nodo, a través de la transmisión de sus subtramas propias, a los demás nodos de la red. De esta manera, el presente procedimiento garantiza una alta calidad del servicio, aunque sea en presencia de entornos de rápida evolución.

35 Otra vez con referencia al ejemplo descrito en la figura 2 relacionada, tras la recepción de la subtrama transmitida por el nodo n6 en el intervalo de tiempo cinco, los nodos n1, n2 y n3 detectan una colisión en el intervalo de tiempo dos, puesto que en el intervalo de tiempo dos se ha detectado la transmisión del nodo n2, mientras que el vector FI contenido en la subtrama transmitida por el nodo n6 indica que el intervalo de tiempo dos está ocupado por el nodo n4. Por consiguiente, conforme al presente procedimiento, los nodos n1, n2 y n3 transmitirán subtramas con vectores FI, en los que los campos correspondientes al intervalo de tiempo arquetipo dos presentan el bit busy igual a "0" y el bit CLS igual a "1", lo cual permitirá también a los otros nodos detectar la colisión.

40 Igualmente, según el presente procedimiento, la posibilidad de transmitir indicaciones de conexión indirecta permite impedir la posibilidad de que se propague información asociada a la transmisión por un nodo específico, a otros nodos de la red, a lo largo de más de dos saltos.

45 En este sentido, sin perjuicio de la generalidad de lo indicado, se considera que la red representada en la figura 5 está constituida por los nodos n_a , n_b , n_c y n_d . En particular, los nodos n_a y n_b están directamente conectados entre sí, es decir, el nodo n_b puede recibir las subtramas transmitidas por el nodo n_a , y viceversa. Igualmente, los nodos n_b y

n_c , así como los nodos n_c y n_d , también están directamente conectados. En cambio, el nodo n_c no puede recibir las subtramas transmitidas por el nodo n_a , por ejemplo debido a la excesiva distancia, y el nodo n_d no puede recibir las subtramas transmitidas por el nodo n_a ni las subtramas transmitidas por el nodo n_b . En consecuencia, en la jerga técnica se dice que el nodo n_b se halla a una distancia de un salto del nodo n_a , se dice que el nodo n_c se halla a una distancia de dos saltos del nodo n_a , es decir, está conectado indirectamente al nodo n_a por interposición de un nodo intermedio (el nodo n_b), y se dice que el nodo n_c se halla a una distancia de tres saltos del nodo n_a , es decir, está conectado al nodo n_a por interposición de dos nodos intermedios (los nodos n_b y n_c). Se supone también que el número N de intervalos de tiempo por trama es igual (por ejemplo) a diez, y que tanto los intervalos de tiempo como los intervalos de tiempo arquetipo están numerados empezando por el número uno. Por último, se supone que los nodos n_a , n_b , n_c y n_d transmiten, respectivamente, en el intervalo de tiempo dos, el intervalo de tiempo cinco, el intervalo de tiempo nueve y el intervalo de tiempo diez.

Según el presente procedimiento, el nodo n_a transmite en el intervalo de tiempo dos una primera subtrama, el vector FI de la cual contiene un campo correspondiente al intervalo de tiempo arquetipo dos, siendo el bit busy y el bit CLS presentes en dicho campo respectivamente iguales a "1" y "0". El nodo n_b recibe dicha primera subtrama; por consiguiente, el nodo n_b considera que el intervalo de tiempo doce está reservado, luego no transmite en este.

A continuación, cuando el nodo n_b transmite una segunda subtrama en el intervalo de tiempo cinco, la segunda subtrama contiene un vector FI en el que el campo correspondiente al intervalo de tiempo arquetipo dos todavía presenta el bit busy igual a "1" y el bit CLS igual a "0". La segunda subtrama es recibida no solo por el nodo n_a , sino también por el nodo n_c , que por consiguiente considera que el intervalo de tiempo doce está reservado.

Entonces, el nodo n_c transmite, en el intervalo nueve por ejemplo, una tercera subtrama en la que, entre otras cosas, el campo del vector FI que corresponde al intervalo de tiempo arquetipo dos presenta el bit busy igual a "1" y el bit CLS igual a "1". Por consiguiente, tras la recepción de la tercera subtrama, el nodo n_d considera que el intervalo de tiempo doce está reservado; no obstante, en el momento de transmitir una cuarta subtrama, en el intervalo de tiempo diez por ejemplo, dicho nodo pone a "0" el bit busy y el bit CLS del campo correspondiente al intervalo de tiempo dos arquetipo. De esta manera, cualquier posible nodo adicional (no representado) conectado al nodo n_d considerará que el intervalo de tiempo doce está accesible y podrá transmitir subtramas en el mismo, sin provocar ninguna colisión.

Por lo tanto, el presente procedimiento permite la reutilización de un intervalo de tiempo, en el que un cierto nodo ha realizado una transmisión, por nodos que están a una distancia de más de tres saltos del nodo que ha realizado la transmisión. De esta manera, los niveles de rendimiento de la red de comunicaciones se optimizan gracias a la reutilización de los intervalos de tiempo. Además, el presente procedimiento permite superar el denominado problema de "terminal oculto"; es decir, impide la generación de cualquier incongruencia entre las indicaciones de estado almacenadas por los diferentes nodos que se puede producir, por ejemplo, en situaciones en las que un nodo determinado es visible para un nodo adicional, pero no para otros nodos de la red.

Según otra forma de realización, cuando el nodo considerado entra en la red tras esperar N intervalos de tiempo, se determina el valor del propio identificador temporal de origen escogiendo cualquier valor comprendido (por ejemplo) entre cero y doscientos cincuenta y cinco, siempre y cuando este no esté siendo utilizado por otros nodos de los N anteriores. En caso de que no haya ningún valor no utilizado por otros nodos, el nodo considerado escoge al azar un valor entre cero y doscientos cincuenta y cinco. En lo sucesivo, el valor escogido como identificador temporal de origen por el nodo considerado en el momento de realizar la primera transmisión se denominará "primera etiqueta".

En particular, cuando el nodo considerado transmite por primera vez una subtrama, por ejemplo en un intervalo de tiempo de transmisión que corresponde al intervalo de tiempo arquetipo TX3, se añade la indicación de estado ocupado y la primera etiqueta al campo del vector FI que corresponde al intervalo de tiempo arquetipo TX3.

En el momento de la recepción, los otros nodos que reciben la subtrama almacenan, en lugar de la primera etiqueta, una segunda etiqueta, obtenida por ejemplo calculando una función que tiene como argumentos la primera etiqueta y la dirección MAC del nodo considerado, estando presente dicha dirección MAC en la parte de carga útil de la subtrama transmitida por el nodo considerado. Por ejemplo, dicha función puede calcular el valor hash de sus propios argumentos. Entonces, cuando los otros nodos transmiten a su vez las subtramas, en lugar de la primera etiqueta, se añade la segunda etiqueta al campo del vector FI que corresponde al intervalo de tiempo arquetipo TX3.

A continuación, para comprobar que la propia transmisión se haya realizado correctamente, el nodo considerado verifica que los N-1 campos correspondientes al intervalo de tiempo arquetipo TX3 de los N-1 vectores FI almacenados en los N-1 intervalos de tiempo posteriores a la transmisión comprendan, si contienen la indicación de estado ocupado, la segunda etiqueta mencionada anteriormente. Dicha segunda etiqueta es, en realidad, conocida por el nodo considerado, en la medida en que puede ser calculada basándose en la primera etiqueta y la propia dirección MAC.

En una subsiguiente transmisión, el nodo considerado utiliza una tercera etiqueta, obtenida (por ejemplo) calculando la función mencionada anteriormente y utilizando como argumentos de la función la segunda etiqueta y la propia

dirección MAC. En el momento de la recepción, los otros nodos calculan a su vez una cuarta etiqueta, y así sucesivamente.

5 De esta manera, también en caso de que dos nodos adopten, en las respectivas primeras transmisiones (en una única y misma trama), una única y misma primera etiqueta, es probable que las respectivas segundas etiquetas sean diferentes en la medida en que se calcularán con argumentos (direcciones MAC) diferentes, permitiendo de ese modo la detección de posibles colisiones que afecten a los dos nodos. Si las segundas etiquetas también son iguales, es probable que las respectivas terceras etiquetas sean diferentes en cualquier caso, y así sucesivamente. Además, también es posible detectar colisiones mediante etiquetas constituidas por un número limitado de bits, por ejemplo, menos de ocho bits, limitándose de ese modo la cantidad de información adicional presente en las subtramas.

15 Debe observarse además que el hecho de que los nodos no mantengan en la memoria más de N vectores FI significa que el uso, por cada nodo, de etiquetas diferentes en transmisiones diferentes no conlleva ninguna ambigüedad. En realidad, no es necesario que los nodos indiquen precisamente nodos situados a una distancia de más de un salto, sino que es suficiente que detecten la posible ocupación de los intervalos de tiempo o la presencia de posibles colisiones.

20 Las ventajas que brinda el presente procedimiento de acceso se ponen claramente de manifiesto en la descripción anterior.

Por último, como resultará evidente, es posible realizar modificaciones y variantes del procedimiento de acceso descrito sin apartarse del alcance de la presente invención.

25 Por ejemplo, es posible que los nodos no almacenen exactamente los vectores FI presentes en las subtramas recibidas, sino que en su lugar procesen las indicaciones de estado, recurriendo posiblemente a indicadores adicionales. Por ejemplo, en el caso de un campo de un vector FI recibido en un intervalo de tiempo de recepción y que contiene la indicación de conexión indirecta, es posible almacenar la indicación de estado libre, almacenando en un indicador adecuado la imposibilidad de transmitir en un siguiente intervalo de tiempo correspondiente al intervalo de tiempo arquetipo que corresponde al intervalo de tiempo de recepción. Nuevamente, no es necesario que las operaciones de supresión de los vectores FI almacenados se realicen al principio del intervalo de tiempo. Finalmente, es posible aplicar el presente procedimiento junto con otros protocolos de un tipo conocido, por ejemplo alternando períodos de tiempo en los que se aplica el presente procedimiento de acceso, a otros períodos de tiempo en los que se aplica un protocolo de tipo conocido.

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento para acceder a un canal de comunicación para una red de comunicaciones que comprende una pluralidad de nodos configurados para transmitir y recibir subtramas por medio de dicho canal de comunicación, comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

10 - definir una sucesión de tramas, estando cada trama formada por uno y el mismo primer número (N) de intervalos de tiempo, y estando cada intervalo de tiempo configurado para acoger la transmisión de una única subtrama y estando asociado a un correspondiente período de una trama de referencia formada por un número de períodos igual a dicho primer número (N) de intervalos de tiempo; y

15 - ejecutar selectivamente, en cada intervalo de tiempo y por cada nodo determinado de la red de comunicaciones, una de las operaciones siguientes:

20 - determinar, para cada período de la trama de referencia, una correspondiente indicación de estado, y transmitir una subtrama propia, comprendiendo dicha etapa de transmisión incluir en dicha subtrama propia un vector (FI) formado por un número de campos igual a dicho número de períodos, refiriéndose cada campo a un período correspondiente, e introducir en cada uno de dichos campos la indicación de estado determinada para el periodo correspondiente; y

25 - recibir una posible subtrama transmitida por otro nodo y almacenar información referente a las indicaciones de estado contenidas en el vector (FI) incluido en dicha subtrama recibida;

30 estando dicho procedimiento de acceso caracterizado porque dicha etapa de determinación de una correspondiente indicación de estado para cada período de la trama de referencia comprende seleccionar por el nodo determinado, alternativamente, una indicación de estado libre, una indicación de estado ocupado, una indicación de colisión o una indicación de conexión indirecta, las cuales son todas diferentes entre sí; y en el que dicha etapa de almacenamiento de información referente a las indicaciones de estado contenidas en el vector (F) incluido en dicha subtrama recibida comprende almacenar el vector (FI) incluido en dicha subtrama recibida y asociar dicho vector (FI) incluido en dicha subtrama recibida al período correspondiente al intervalo de tiempo de recepción por el nodo determinado de dicha subtrama recibida; comprendiendo además dicho procedimiento llevar a cabo, por el nodo determinado, en caso de que no se haya transmitido o recibido ninguna subtrama en un intervalo de tiempo, la etapa de almacenamiento de un vector por defecto, conteniendo los campos del mismo una indicación por defecto; y en el que dicha etapa de transmisión de una subtrama propia comprende, para cada campo considerado entre los campos del vector (FI) incluido en dicha subtrama propia, en caso de que la indicación de estado introducida en el campo considerado sea la indicación de estado ocupado, la indicación de colisión o la indicación de conexión indirecta, introducir además, un identificador de origen en el campo considerado, que identifica un respectivo nodo ocupante; y en el que dicha etapa de selección por el nodo determinado, alternativamente, de una indicación de estado libre, una indicación de estado ocupado, una indicación de colisión o una indicación de conexión indirecta comprende, en un primer intervalo:

35 - seleccionar, para el período correspondiente al primer intervalo de tiempo, la indicación de estado ocupado;

40 - seleccionar cada uno de los períodos restantes de la trama de referencia y, para cada período seleccionado, seleccionar los campos de los vectores (FI) almacenados que corresponden al período seleccionado y posteriormente seleccionar, para el período seleccionado:

45 - la indicación de estado libre, si los campos seleccionados contienen la indicación por defecto o la indicación de estado libre, o bien si por lo menos uno de entre los campos seleccionados contiene la indicación de conexión indirecta y los otros campos seleccionados contienen la indicación por defecto, o bien la indicación de estado libre;

50 - la indicación de estado ocupado, si un campo de detección que forma parte de los campos seleccionados y está contenido en el vector (FI) almacenado y asociado al período seleccionado contiene la indicación de estado ocupado y un primer identificador de origen, y los otros campos de entre dichos campos seleccionados contienen la indicación por defecto, o bien contienen la indicación de estado libre o la indicación de conexión indirecta, o bien contienen la indicación de estado ocupado y dicho primer identificador de origen;

55 - la indicación de colisión, si un primer campo y un segundo campo de entre dichos campos seleccionados contienen la indicación de estado ocupado e identificadores de origen diferentes y

60 - la indicación conexión indirecta, si dicho campo de detección contiene la indicación por defecto, y uno o más de los otros campos seleccionados contienen la indicación de estado ocupado y los mismos identificadores de origen.

65 2. Procedimiento de acceso según la reivindicación 1, que comprende además la realización, por cada nodo determinado de la red de comunicaciones, de las etapas siguientes:

- acceder a la red de comunicaciones; y
 - esperar durante un segundo número de intervalos de tiempo y posteriormente eliminar, en cada intervalo de tiempo sucesivo, el vector (FI) almacenado y asociado al período correspondiente a dicho intervalo de tiempo subsiguiente.
- 5
3. Procedimiento de acceso según la reivindicación 2, que comprende además la realización, por cada nodo determinado de la red de comunicaciones, de las etapas siguientes:
- durante dicho segundo número de intervalos de tiempo, ejecutar la operación de recepción y almacenamiento;
 - después de dicho segundo número de intervalos de tiempo, seleccionar, basándose en los vectores (FI) almacenados, un número de intervalos de tiempo accesibles de entre un número de intervalos de tiempo posteriores a dicho segundo número de intervalos de tiempo, siendo dicho número de intervalos de tiempo posteriores a dicho segundo número de intervalos de tiempo igual a dicho primer número (N) de intervalos de tiempo;
 - entre dicho número de intervalos de tiempo accesibles, seleccionar un intervalo de tiempo elegido, correspondiendo dicho intervalo de tiempo elegido a un período elegido;
 - ejecutar la operación de recepción y almacenamiento hasta el intervalo de tiempo que precede al intervalo de tiempo elegido, y verificar posteriormente un primer criterio que comprende verificar si los campos de los vectores (FI) almacenados y correspondientes al período elegido contienen, alternativamente, la indicación de estado libre o la indicación por defecto; y
 - en caso de que se cumpla dicho primer criterio, transmitir en el intervalo de tiempo elegido; en caso contrario, determinar un número de nuevos intervalos de tiempo accesibles y seleccionar un nuevo intervalo de tiempo elegido.
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

nodo determinado y de la información contenida en dichas subtramas recibidas previamente.

10. Nodo para una red de comunicaciones móviles, configurado para implementar todas las etapas del procedimiento de acceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

5

11. Red de comunicaciones móviles que comprende por lo menos un nodo según la reivindicación 10.

12. Red de comunicaciones móviles según la reivindicación 11, caracterizada porque es de tipo inalámbrico.

10

13. Producto de software que puede cargarse en una memoria de un nodo de una red de comunicaciones y está configurado para implementar, cuando se ejecuta, todas las etapas del procedimiento de acceso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

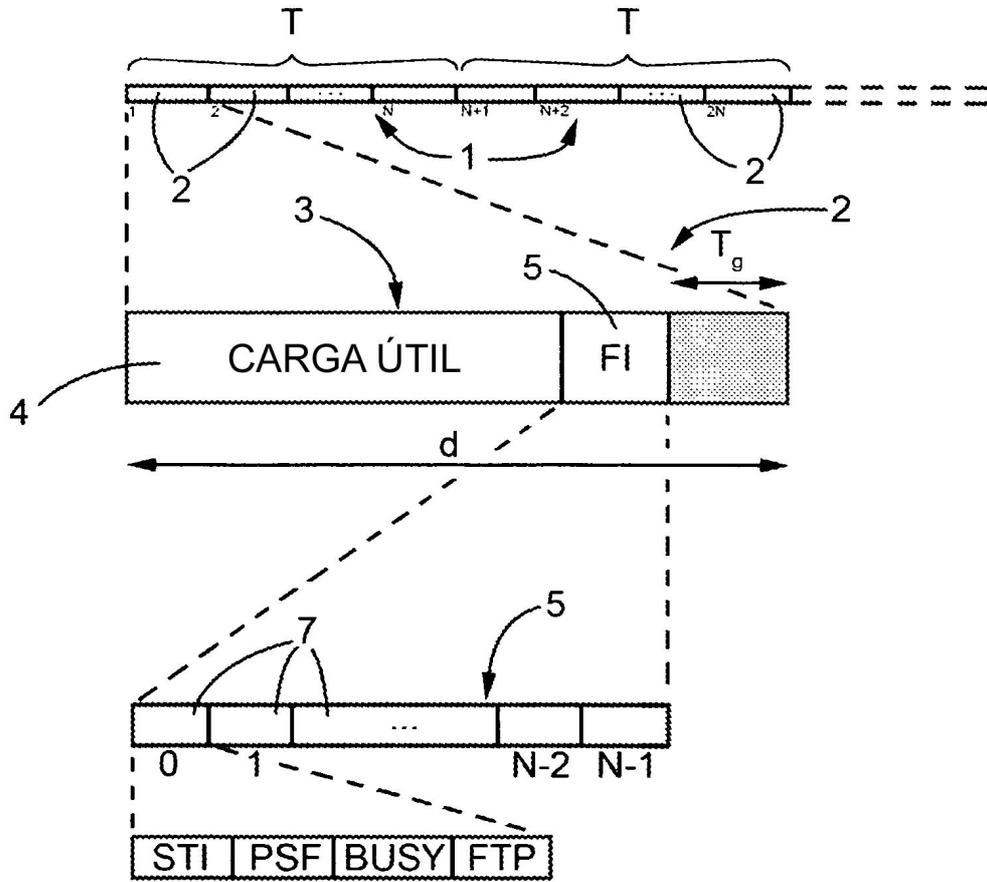


FIG. 1

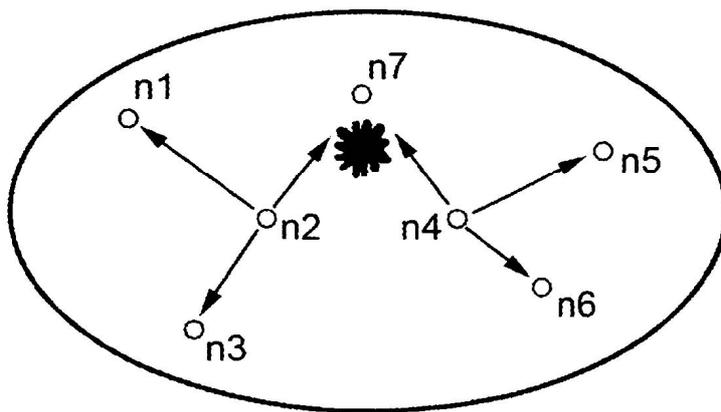


FIG. 2

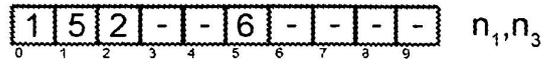


FIG. 3a

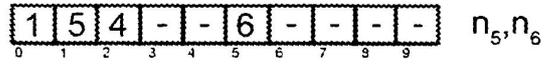


FIG. 3b

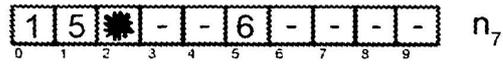


FIG. 3c

	j=0	j=1	j=2
i=0	BUSY ₂ , CLS ₂	BUSY ₂ , CLS ₂	BUSY ₁ , CLS ₁
i=1	BUSY ₁ , CLS ₁	BUSY ₂ , CLS ₂	BUSY ₁ , CLS ₁
i=2	BUSY ₄ , CLS ₄	BUSY ₃ , CLS ₃	BUSY ₃ , CLS ₃

FIG. 4

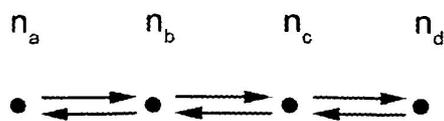


FIG. 5