

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 424 798**

51 Int. Cl.:

H04W 74/08 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2010 E 10170836 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2013 EP 2282599**

54 Título: **Procedimiento para acceder a un canal de comunicación compartido para redes de comunicación inalámbricas**

30 Prioridad:

27.07.2009 IT TO20090568

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

08.10.2013

73 Titular/es:

**ISTITUTO SUPERIORE MARIO BOELLA SULLE
TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE E DELLE
TELECOMUNICAZIONI (100.0%)
Via P.C. Boggio, 61 (passo carraio)
Torino, IT**

72 Inventor/es:

SCOPIGNO, RICCARDO

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 424 798 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 para acceder a un canal de comunicación compartido para redes de comunicación inalámbricas.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para acceder a un canal de comunicación compartido para redes de comunicación.

10 Tal como se conoce, dada una red de comunicación 1 formada por una pluralidad de nodos 2 (figura 1) y dado un medio físico (no ilustrado) que se conecta entre sí dichos nodos 2 definiendo un canal de comunicación con una cierta capacidad, hasta ahora hay disponibles los denominados "protocolos de acceso al canal", es decir, protocolos que permiten que los nodos 2 se comuniquen entre sí a través del canal de comunicación, compartiendo la capacidad de los mismos. Los protocolos de acceso al canal también se denominan "protocolos de acceso al medio".

15 De conformidad con el modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos de la Organización Internacional de Normalización (ISO-OSI) por capas conocido, dichos protocolos de acceso al canal pertenecen a la denominada "capa de enlace de datos", también denominada "capa dos". Más precisamente, dichos protocolos de acceso al canal pertenecen a una subcapa de capa dos, conocida como "subcapa de control de acceso al medio (MAC)". Puesto que los protocolos de acceso al canal van por debajo de la denominada subcapa de MAC, también se les denomina, por motivos de brevedad, "protocolos de MAC".

20 En mayor detalle, con el fin de comunicarse, los nodos 2 acceden el canal de comunicación, es decir, transmiten señales (normalmente, señales eléctricas o electromagnéticas) a través del canal de comunicación. Dichas señales transportan información.

25 En general, es común denominar la información transmitida por los nodos 2 como "paquetes de datos", o también, por motivos de brevedad, simplemente como "paquetes". Los protocolos de acceso al canal prevén un control de los accesos de los nodos 2 y, en particular, el envío de los paquetes con el fin de optimizar un aprovechamiento de la capacidad del canal de comunicación y reducir la probabilidad de que se produzcan colisiones, es decir, interferencia entre señales transmitidas por diferentes nodos 2.

35 Entre los protocolos de MAC hasta ahora conocidos, hay presentes algunos protocolos particulares que permiten, normalmente de una manera implícita, una asignación a cada nodo 2 de un respectivo nivel de prioridad. En otras palabras, dichos protocolos particulares garantizan que el acceso al canal de comunicación por cada nodo se produzca según el respectivo nivel de prioridad de tal manera que los nodos que presentan niveles de prioridad altos se ven favorecidos para acceder al canal de comunicación en comparación con los nodos que presentan niveles de prioridad bajos, permitiendo así una implementación, por ejemplo, de mecanismos de calidad de servicio (QoS) de tipo determinístico, o bien implementando denominadas "clases de servicio de prioridad" (CoS).

40 A modo de ejemplo, se conoce el denominado protocolo de "acceso múltiple por división de tiempo" (TDMA), que se usa ampliamente tanto en el caso de redes de comunicación como en el caso de redes de comunicación inalámbricas.

45 El protocolo TDMA prevé que los nodos 2 de la red de comunicación 1 presenten respectivas direcciones de MAC y se sincronicen en una primera aproximación, por ejemplo por medio de la utilización del sistema de posicionamiento global (GPS). Además, el protocolo TDMA prevé que el canal de comunicación sea del tipo dividido en ranuras de tiempo elementales, es decir, del denominado tipo "con ranuras de tiempo". De hecho, tal como se ilustra en detalle en la figura 2, el protocolo TDMA prevé la definición en el tiempo de una sucesión de tramas de comunicación 3, estando cada trama de comunicación formada a su vez por un número N de ranuras de tiempo 4 consecutivas de igual duración d, dentro de las cuales los nodos 2 pueden transmitir. En particular, normalmente dentro de una única ranura de tiempo 4 (también denominada simplemente como "ranura"), puede comunicarse un único nodo 2.

55 Para impedir que se produzcan colisiones, es decir, para impedir que dos nodos 2 transmitan respectivos paquetes en una misma ranura 4, con la consiguiente interferencia y pérdida de información, el protocolo TDMA prevé que los nodos 2 estén coordinados (normalmente, por un nodo maestro) de tal manera que se establezca, para cada ranura 4 considerada, un correspondiente nodo 2, que tiene derecho a transmitir un paquete propio en la ranura 4 considerada. En otras palabras, dada una trama de comunicación 3 considerada, se establecen N asociaciones de antemano entre las ranuras 4 de la trama de comunicación considerada y N correspondientes nodos 2. Todavía en otras palabras, cada ranura 4 está reservada para el correspondiente nodo 2. Normalmente, las asociaciones se establecen por un nodo central. Además, generalmente las asociaciones establecidas se mantienen válidas también para las tramas de comunicación posteriores.

60 De manera operativa, asociar una ranura dada a un nodo 2 dado significa que, durante la ranura dada, el nodo 2 dado tiene un nivel de prioridad máximo, mientras que los otros nodos 2 presentan un nivel de prioridad cero, sin permiso para transmitir. Además, según el protocolo TDMA, es posible asociar un mismo nodo 2 a varias ranuras 4, lo que equivale a aumentar el nivel de prioridad del propio nodo 2 con respecto a los otros nodos 2.

Por tanto, el protocolo TDMA permite una división de una manera determinística de la banda del canal de comunicación entre los nodos 2. Sin embargo, en caso de que uno o más nodos 2 no transmitan ningún paquete durante la correspondiente ranura 4, hay una falta de aprovechamiento del canal de comunicación, a menos que se implementen mecanismos de reasignación. En otras palabras, la introducción de los niveles de prioridad introduce la posibilidad de que la capacidad de transmisión del canal de comunicación no se aproveche de una manera óptima.

Una vez más a modo de ejemplo, y con referencia particular al caso de redes de comunicación inalámbricas, ese conoce asimismo el denominado acceso al canal distribuido mejorado (EDCA), que se define en la norma IEEE 802.11e. El protocolo EDCA representa una variante del protocolo de acceso múltiple por detección de portadora con evitación de colisión (CSMA/CA) conocido, que se utiliza, entre otras cosas, por las normas de la familia IEEE 802.11, denominadas comúnmente normas Wi-Fi/WLAN.

En particular, según el protocolo EDCA, el canal de comunicación no se divide en ranuras de tiempo elementales. Además, en cada instante de tiempo considerado el canal de comunicación presenta un estado; dicho estado es libre si, durante el instante de tiempo considerado, ningún nodo 2 está transmitiendo; en caso contrario, es ocupado.

En detalle, cuando un nodo emisor de entre los nodos 2 de la red de comunicación 1 tiene tráfico (información) que transmitir, detecta el estado del canal de comunicación durante un primer intervalo de tiempo. En caso de que el estado sea libre, es decir, en caso de que ningún nodo 2 haya transmitido durante el primer intervalo de tiempo, el nodo emisor detecta el estado del canal de comunicación durante un segundo intervalo de tiempo, y posteriormente, en caso de que el estado sea libre también durante el segundo intervalo de tiempo, accede al canal de comunicación, es decir, transmite un paquete nuevo. En cambio, en caso de que el nodo emisor detecte una transmisión por otro nodo 2 durante los intervalos de tiempo primero o segundo, se abstiene de transmitir y empieza de nuevo a detectar el estado del canal de comunicación, iterando las operaciones descritas.

El protocolo EDCA prevé además que, tras la recepción de cualquier paquete por un nodo receptor de entre los nodos 2 de la red de comunicación 1, el nodo receptor envía posiblemente un paquete para acusar recibo de la recepción del paquete, conocido generalmente como paquete de ACK. Por consiguiente, para verificar que la transmisión del paquete nuevo se ha realizado correctamente, el nodo emisor espera, después de haber transmitido el paquete nuevo, a recibir un correspondiente paquete de ACK. En caso de que el nodo emisor reciba el correspondiente paquete de ACK dentro de un tiempo preestablecido, considera que el paquete nuevo se ha transmitido correctamente; en caso contrario, el nodo emisor deduce que se ha producido una colisión. En este caso, el nodo emisor itera las operaciones descritas previamente con el fin de volver a transmitir el paquete nuevo.

Según el protocolo EDCA, los nodos 2 tienen a su disposición, tras una etapa de configuración inicial, cuatro niveles de prioridad diferentes. Además, cada nodo 2 discrimina el tráfico que ha generado basándose en el tipo de tráfico. En la práctica, siempre que los nodos 2 tengan tráfico que transmitir, asignan a dicho tráfico que va a transmitirse uno de los cuatro niveles de prioridad, basándose en el tipo de tráfico.

Además, y una vez más con referencia al nodo emisor, las duraciones de los intervalos de tiempo primero y segundo, además de posibles intervalos de tiempo posteriores, en los que el nodo emisor detecta el estado del canal de comunicación, dependen del nivel de prioridad asignado al tráfico que va a transmitirse generado por dicho nodo emisor, tal como se describe en mayor detalle en la norma IEEE 802.11e.

De manera operativa, las duraciones de los intervalos de tiempo primero y segundo mencionados anteriormente se determinan de manera que favorecen, en términos probabilísticos, el acceso al canal de comunicación por nodos 2 que presentan niveles de prioridad altos. En particular, la duración del primer intervalo de tiempo se forma mediante una contribución fija, mientras que la duración del segundo intervalo de tiempo se forma mediante una contribución aleatoria. La contribución fija es menor, cuanto mayor sea el nivel de prioridad del nodo emisor, mientras que la contribución aleatoria se extrae de una manera pseudoraleatoria dentro de una ventana, cuyos límites también dependen del nivel de prioridad del nodo emisor. En otras palabras, dada, por ejemplo, una red de comunicación que comprende un primer nodo que genera tráfico con un nivel de prioridad alto, y un segundo nodo que genera tráfico con un nivel de prioridad bajo, es probable que los intervalos de tiempo en los que el primer nodo detecta el estado del canal de comunicación (y por tanto se abstiene de transmitir) presenten una duración más larga que los correspondientes intervalos de tiempo para el segundo nodo.

Por tanto, el protocolo EDCA permite la implementación de mecanismos de asignación de prioridad también en el caso de un canal de comunicación sin ranuras de tiempo. Además, el protocolo EDCA permite una transmisión de diferentes maneras de tráfico de diferentes tipos, favoreciendo a algunos tipos de tráfico frente a otros. Una vez más, al igual que el protocolo CSMA/CA, también el protocolo EDCA permite una reasignación automática de la banda, lo que permite una transmisión eficaz también del tráfico de baja prioridad, en ausencia de tráfico de alta prioridad. Sin embargo, el protocolo EDCA no permite una división de una manera preestablecida de la banda del canal de comunicación entre los nodos.

La solicitud de patente europea nº EP 1 638 255 describe, en cambio, un sistema de comunicación inalámbrica en el

que los niveles de prioridad se modifican de manera dinámica según el tráfico intercambiado en el canal de comunicación con el fin de garantizar una utilización igual de dicho canal de comunicación por los nodos. En particular, el sistema de comunicación inalámbrica descrito en el mismo prevé la presencia de una estación base, que, con el fin de modificar los niveles de prioridad de los nodos dinámicamente, transmite periódicamente balizas ampliadas. De manera operativa, dicho sistema de comunicación permite utilizar el canal de comunicación de una manera justa, pero requiere la presencia de la estación base, y subordina la asignación de los niveles de prioridad al tráfico.

Se dan a conocer procedimientos de comunicaciones adicionales en los documentos US nº 4.707.829 y US 2002/154653. En particular, la patente US nº 4.707.829 da a conocer un protocolo de acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisión (CSMA/CD), en el que cada estación presenta una prioridad que cambia dinámicamente con el estado del sistema. El documento US 2002/0154653 da a conocer un procedimiento de acceso al medio aleatorio con una adaptación de retroceso al tráfico.

Se propone un enfoque diferente en el documento "ADHOC MAC: a new flexible and reliable MAC architecture for ad-hoc networks", de F. Borgonovo *et al.*, 16 de marzo de 2003, que proporciona una técnica de acceso distribuido basada en un canal ranurado, y en el que los nodos distribuyen sus vistas del estado de cada ranura de una trama de comunicaciones, para proporcionar información de ranura y acuse de recibo para cualquier transmisión en el canal.

Se propone un enfoque todavía diferente en el documento "Distributed priority scheduling and medium access in ad hoc networks", de V. Kanodia *et al.*, *Wireless Networks* 8, 455-466, 01 de septiembre de 2002, según el cual cada paquete presenta un índice de prioridad asociado que puede calcularse con información local, dependiendo el índice de prioridad de cada paquete del tráfico puesto en cola localmente por el nodo que transmite el paquete.

Finalmente, pueden encontrarse en general detalles adicionales con relación a protocolos de acceso al medio para redes de área local inalámbrica en el documento "IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications; norma IEEE 802.11-2007 (Revisión de la norma IEEE 802), 12 de junio 2007.

El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para acceder a un canal de comunicación compartido para redes de comunicación que supere al menos en parte los inconvenientes de la técnica conocida.

Según la invención se proporcionan un procedimiento para acceder a un canal de comunicación compartido, un nodo para una red de comunicación, una red de comunicación y un producto de software según se definen en las reivindicaciones 1, 17, 18 y 19, respectivamente.

En particular, el presente procedimiento prevé definir una sucesión de tramas de tiempo de prioridad, cada una formada por una sucesión de ranuras de prioridad. Además, el presente procedimiento prevé, en cada ranura de prioridad, asociar a cada nodo un respectivo índice de prioridad. Una vez más, cada nodo detecta un estado del canal de comunicación durante un intervalo de tiempo de detección, que es una función de un respectivo índice de prioridad. A continuación, si el estado detectado durante el intervalo de tiempo de detección es libre, el nodo accede al canal de comunicación, transmitiendo un paquete de datos.

Para un mejor entendimiento de la invención, a continuación se describen realizaciones de la misma, meramente a modo de ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 muestra un ejemplo de red de comunicación;
- la figura 2 es una ilustración esquemática de una sucesión de tramas según el protocolo TDMA;
- la figura 3 es una ilustración esquemática de una sucesión de tramas de comunicación según una realización del presente procedimiento;
- la figura 4 es una ilustración esquemática de una sucesión de tramas de prioridad según una realización del presente procedimiento;
- las figuras 5a-5c muestran gráficos de tiempo de niveles de prioridad asignados a tres nodos diferentes durante dos tramas de prioridad sucesivas;
- la figura 6 muestra un ejemplo adicional de red de comunicación;
- las figuras 7, 9 y 10 muestran diagramas de flujo de operaciones según realizaciones a modo de ejemplo del presente procedimiento; y

- la figura 8 es una ilustración esquemática de una ventana de tiempo y una ventana de extracción según el presente procedimiento.

5 El presente procedimiento de acceso se describe a continuación con referencia, a modo de ejemplo, a la red de comunicación 1 ilustrada en la figura 1, excepto cuando se especifique lo contrario.

10 En detalle, según una primera realización del presente procedimiento de acceso se define una sucesión de tramas de comunicación, ilustradas en la figura 3 y designadas por 6, estando cada trama de comunicación 6 formada por un número N_c de ranuras 8, que presentan una duración d_c y denominadas a continuación en el presente documento "ranuras de comunicación" 8; en la práctica, una ranura de comunicación es un intervalo de tiempo en el que, tal como se describe a continuación en el presente documento, puede producirse una transmisión de un paquete por un único nodo. Además, se define una sucesión de tramas de prioridad 10 (figura 4), estando cada trama de prioridad 10 formada por un número N_p de ranuras de prioridad 12 que presentan una duración d_p .

15 Las tramas de comunicación 6 y las tramas de prioridad 10 son sincrónicas. En particular, cada trama de prioridad 10 está alineada temporalmente, es decir, es simultánea, con respecto a una respectiva trama de comunicación 6. Además, el número N_p de ranuras de prioridad 12 de cada trama de prioridad 10 es preferiblemente igual al número N_c de ranuras de comunicación 8 de cada trama de comunicación 6 de tal manera que las ranuras de comunicación 8 y las ranuras de prioridad 12 presentan la misma duración, y cada ranura de comunicación 8 esté alineada temporalmente con respecto a una correspondiente ranura de prioridad 12. Además, las sucesiones de tramas de comunicación 6 y las sucesiones de tramas de prioridad 10 se comparten de una manera distribuida por los nodos 2. En otras palabras, el presente procedimiento prevé que los nodos 2 se sincronicen y que puedan identificar de una manera autónoma los instantes de inicio y fin de cada ranura de prioridad 12, sin necesidad de recurrir a una estación base.

25 Para cada nodo 2 de la red de comunicación 1 se asigna por tanto, para cada ranura de prioridad 12, un respectivo nivel de prioridad. A modo de ejemplo, las asignaciones de los niveles de prioridad a los nodos 2 pueden establecerse y notificarse a los nodos 2 antes del inicio de las operaciones de los propios nodos 2, y permanecen válidas hasta el fin de las operaciones de los nodos 2 o en cualquier caso hasta el momento en el que se realice una nueva asignación de niveles de prioridad a los nodos 2. Además, antes de asignar los niveles de prioridad, es posible compartir la banda del canal de comunicación entre los nodos 2, asignando a cada nodo 2 una respectiva fracción de banda, por ejemplo proporcional a la importancia del respectivo nodo 2.

30 En detalle, para cada ranura de prioridad 12, se asigna a cada nodo 2 un respectivo nivel de prioridad. Por consiguiente, considerando un único nodo 2, los niveles de prioridad asignados al mismo pueden cambiar sólo en una transición entre dos ranuras de prioridad 12 diferentes.

35 En mayor detalle, la asignación de los niveles de prioridad a los nodos 2 implica que, considerando un único nodo entre los nodos 2, los niveles de prioridad asignados al mismo definen en el tiempo una sucesión de niveles de prioridad.

40 Preferiblemente, los niveles de prioridad se asignan a los nodos 2 de tal manera que, dado un único nodo entre los nodos 2, los niveles de prioridad asignados al mismo definen en el tiempo una sucesión periódica de niveles de prioridad. En otras palabras, el nivel de prioridad asignado al único nodo 2 para una ranura de prioridad i es preferiblemente igual al nivel de prioridad asignado al único nodo 2 para las ranuras de prioridad $i + z \cdot N_p$, siendo $z = 1, 2, \dots$. Todavía en otras palabras, al único nodo 2 están asignados N_p niveles de prioridad, es decir, tantos niveles de prioridad como ranuras de prioridad 12 de una única trama de prioridad 10. Por consiguiente, en cada trama de prioridad 10, al único nodo 2 siempre están asignados los respectivos N_p niveles de prioridad, de los que cada uno es válido para una correspondiente ranura de prioridad 12. De esta manera, basta con notificar a cada nodo 2 sólo N_p niveles de prioridad. A continuación, el caso en el que los niveles de prioridad se asignan para definir sucesiones periódicas se denomina "caso de asignación periódica".

45 La asignación de los niveles de prioridad a cada nodo 2 puede realizarse como una función de la respectiva fracción de banda. Por ejemplo, en el caso de asignación periódica, es posible determinar, para cada nodo 2, los respectivos N_p niveles de prioridad como una función de la respectiva fracción de banda, de una manera conocida en sí misma.

50 Meramente a modo de ejemplo, las figuras 5a-5c muestran los gráficos de tiempo de los niveles de prioridad (identificados de manera cualitativa como máximo, medio, mínimo) asignados respectivamente a tres nodos 2a, 2b, 2c que forman parte de una red de comunicación 1a, ilustrada en la figura 6. En detalle, las figuras 5a-5c muestran los niveles de prioridad asignados a los tres nodos 2a, 2b, 2c durante una primera trama de prioridad 10a y una segunda trama de prioridad 10b; en particular, la primera trama de prioridad 10a comprende primeras tres ranuras de prioridad, designadas por 12a, 12b y 12c, mientras que la segunda trama de prioridad 10b comprende tres ranuras de prioridad adicionales, designadas por 12d, 12e y 12f. En este ejemplo, se supone por tanto que el número N_p de ranuras de prioridad 12 es igual a tres.

55 Una vez más con referencia a las figuras 5a-5c, puede observarse cómo, durante las ranuras de prioridad 12a-12c,

el nodo 2a presenta niveles de prioridad que son, respectivamente, máximo, medio y mínimo; en las mismas ranuras de prioridad 12a-12c, el nodo 2b presenta niveles de prioridad que son, respectivamente, medio, mínimo y máximo, mientras que el nodo 2c presenta niveles de prioridad que son, respectivamente, mínimo, máximo y medio. En cambio, por lo que respecta a las ranuras de prioridad 12d-12f, el nodo 2a presenta niveles de prioridad que son, respectivamente, máximo, medio y mínimo; además, el nodo 2b presenta niveles de prioridad que son, respectivamente, medio, mínimo y máximo, mientras que el nodo 2c presenta niveles de prioridad que son, respectivamente, mínimo, máximo y medio. En la práctica, en este ejemplo, la banda del canal de comunicación está distribuida de una manera justa entre los nodos 2a, 2b, 2c.

Dado esto, según la primera realización del presente procedimiento de acceso, el acceso a una ranura de comunicación 8 considerada por un nodo 2 considerado, que tiene información que transmitir, se produce según las operaciones ilustradas en la figura 7.

En particular, partiendo del inicio de la ranura de comunicación 8 considerada, el nodo 2 considerado espera (bloque 30) un tiempo de guarda T_g (figura 3), durante el cual detecta (bloque 32) el estado del canal de comunicación. A continuación, el nodo 2 considerado verifica (bloque 34) el estado detectado. En particular, en caso de que el nodo 2 considerado haya detectado el estado libre durante toda la duración del tiempo de guarda T_g (emite SÍ desde el bloque 34), accede al canal de comunicación (bloque 36); en caso contrario, el nodo 2 considerado se abstiene de transmitir (bloque 38). En cualquier caso, el nodo 2 considerado espera el inicio de una ranura de comunicación 8 posterior (bloque 40), y luego itera las operaciones de los bloques 30-40.

La duración del tiempo de guarda T_g es una función del nivel de prioridad que el nodo 2 considerado presenta durante la ranura de prioridad 12 que corresponde a la ranura de comunicación 8 considerada. Por consiguiente, en diferentes ranuras de comunicación 8, el nodo 2 considerado tendrá que esperar (bloque 30) tiempos de guarda T_g que difieren entre sí, dado que en las correspondientes ranuras de prioridad 12 el nodo 2 considerado puede presentar niveles de prioridad diferentes. En particular, niveles de prioridad altos implican tiempos de guarda T_g más cortos, mientras que niveles de prioridad bajos implican tiempos de guarda T_g más largos.

Además, debe observarse que la duración mínima del tiempo de guarda T_g puede ser cero, de modo que, en el caso en el que el nodo 2 considerado presenta el nivel de prioridad máximo de entre los niveles de prioridad asignados a los nodos 2, puede acceder al canal de comunicación sin esperar.

Además, suponiendo que entre dos nodos 2 cualesquiera de la red de comunicación 1 puede haber una distancia no mayor que una distancia máxima $D_{m\acute{a}x}$, y suponiendo que una señal transmitida por un nodo 2 tarda un tiempo de propagación T_d en abarcar la distancia máxima $D_{m\acute{a}x}$, es posible determinar el tiempo de guarda T_g como una función del tiempo de propagación T_d . En particular, suponiendo que los niveles de prioridad asignados a los nodos 2 se designan mediante un índice $k = 0, 1, 2, \dots$, que es inversamente proporcional al nivel de prioridad indicado, se prefiere que un nodo 2 genérico que presenta un nivel de prioridad k espere un tiempo de guarda T_g más largo que o igual a $k \cdot T_d$.

Además debe observarse que, suponiendo que son posibles K niveles de prioridad diferentes, concretamente que k está comprendido entre 0 y $K-1$, y suponiendo que los paquetes presentan una duración máxima $T_{m\acute{a}x}$, la duración d_c de cada ranura de comunicación 8 puede establecerse igual a $(K-1) \cdot T_d + T_{m\acute{a}x}$ para garantizar que los paquetes se transmiten cada uno dentro de una única ranura de comunicación 8. Además son posibles realizaciones en las que los nodos con niveles de prioridad altos pueden transmitir paquetes más largos que los paquetes que pueden transmitir nodos que presentan niveles de prioridad bajos. Además son posibles realizaciones que adaptan la longitud de cada paquete en función de la duración de las ranuras de comunicación 8.

Una vez más con referencia al ejemplo ilustrado en las figuras 5a-5c y 6, en una ranura de comunicación 8 hipotética a la que corresponde la ranura de prioridad 12a, el nodo 2a espera un primer tiempo de guarda T_g que presenta una duración mínima, preferiblemente cero, y transmite posteriormente, si tiene información que transmitir. El nodo 2b espera un segundo tiempo de guarda T_g que presenta una duración media, al final de la cual transmite, si tiene información que transmitir y si el nodo 2a no ha transmitido. En cambio, por lo que respecta al nodo 2c, espera un tercer tiempo de guarda T_g que presenta una duración máxima, al final de la cual transmite, si tiene información que transmitir y si ni el nodo 2a ni el nodo 2b han transmitido. En las siguientes ranuras de comunicación 8, los tiempos de guarda T_g durante los que los nodos 2a-2c esperan varían en función de los respectivos niveles de prioridad.

En una realización a modo de ejemplo del presente procedimiento de acceso, no se define ninguna trama de comunicación, ni se recurre a un canal de comunicación de tipo con ranuras de tiempo. Por consiguiente, las tramas de prioridad 10 no son sincrónicas con respecto a correspondientes tramas de comunicación 6, con la consecuencia de que los nodos 2 pueden acceder al canal de comunicación de manera asíncrona con respecto a las propias tramas de prioridad 10.

En el caso de la realización a modo de ejemplo, a cada nivel de prioridad hay asociados:

- un respectivo tiempo fijo, designado a continuación como T_f^i ;

- una respectiva ventana de tiempo CW^i (figura 8), comprendida entre un límite inferior CW_{\min}^i y un límite superior CW_{\max}^i ; y
- 5 - un respectivo valor inicial $CW_{\text{ist}}^i(0)$, estando comprendido dicho valor inicial $CW_{\text{ist}}^i(0)$ entre el límite inferior CW_{\min}^i y el límite superior CW_{\max}^i .

10 En particular, los tiempos fijos T_f^i se asocian de tal manera que niveles de prioridad más altos implican tiempos fijos T_f^i más cortos, y niveles de prioridad inferiores implican tiempos fijos T_f^i más largos. De la misma manera, tal como se describe a continuación en el presente documento, a niveles de prioridad altos pueden estar asociados límites inferiores y superiores CW_{\min}^i , CW_{\max}^i que presentan valores bajos, mientras que a niveles de prioridad bajos pueden estar asociados límites inferiores y superiores CW_{\min}^i , CW_{\max}^i que presentan valores altos.

15 Para acceder al canal de comunicación, cada nodo 2 que, en un instante de tiempo t considerado, genera información que debe transmitirse, denominándose dicho nodo a continuación en el presente documento "nodo de origen 2", realiza las operaciones ilustradas en la figura 9. En la descripción que sigue, se supone que el instante de tiempo t considerado en el que el nodo de origen genera información que debe transmitirse entra dentro de una ranura de prioridad de transmisión 12. Meramente a modo de ejemplo, el instante de tiempo t considerado puede coincidir con un instante de tiempo en el que el nodo de origen 2 determina, de una manera conocida en sí misma, que una determinada aplicación ha generado un paquete listo para transmitirse.

25 En detalle, el nodo de origen selecciona (bloque 86) el valor inicial $CW_{\text{ist}}^i(0)$ asociado al nivel de prioridad asignado al nodo de origen 2 en la ranura de prioridad de transmisión 12. Además, el nodo de origen establece (bloque 88) un límite instantáneo CW_{ist}^i (figura 8) igual al valor inicial $CW_{\text{ist}}^i(0)$.

A continuación, el nodo de origen selecciona (bloque 90) la ventana de tiempo CW^i y el tiempo fijo T_f^i asociado al nivel de prioridad asignado al nodo de origen 2 en la ranura de prioridad de transmisión 12.

30 A continuación, el nodo de origen 2 extrae (bloque 92) de una manera pseudoaleatoria un tiempo aleatorio, extraído de una ventana de extracción CWE (figura 8) que está comprendido entre cero y el límite instantáneo CW_{ist}^i . El nodo de origen 2 inicializa entonces (bloque 93) un contador de modo que indique el tiempo aleatorio extraído.

35 A continuación, el nodo de origen 2 ejecuta continuamente una primera etapa de detección del estado del canal de comunicación (bloque 94). La ejecución de la primera etapa de detección termina cuando se detecta el estado libre.

Tan pronto como el estado del canal de comunicación sea libre, el nodo de origen 2 ejecuta continuamente una segunda etapa de detección del estado del canal de comunicación (bloque 96). La segunda etapa de detección termina alternativamente cuando:

- 40 i) desde el inicio de las operaciones del bloque 96, ha transcurrido un tiempo igual al tiempo fijo T_f^i seleccionado, sin que se haya detectado el estado ocupado; o bien
- ii) se detecta el estado ocupado.

45 Para discriminar entre i) y ii), el nodo de origen 2 verifica (bloque 98) si, durante las operaciones del bloque 96, se ha detectado el estado ocupado.

50 En caso de que el nodo de origen 2 haya detectado el estado ocupado (emite SÍ desde el bloque 98), comienza de nuevo a realizar las operaciones del bloque 94. En cambio, si la segunda etapa de detección se ha ejecutado durante un tiempo igual al tiempo fijo T_f^i seleccionado sin que se haya detectado el estado ocupado, el nodo de origen 2 realiza continuamente una tercera etapa de detección (bloque 100) del estado del canal de comunicación. Cuando se detecta el estado del canal de comunicación, el nodo de origen 2 decrementa el contador.

55 La tercera etapa de detección, y por tanto también el decremento del contador, terminan alternativamente cuando:

- iii) se detecta el estado ocupado; o bien
- iv) el contador se reinicia, sin que se haya detectado el estado ocupado.

60 Para discriminar entre iii) y iv), el nodo de origen 2 verifica (bloque 102) si, durante las operaciones del bloque 100, se ha detectado el estado ocupado.

65 En caso de que el nodo de origen 2 haya detectado el estado ocupado (emite SÍ desde el bloque 102, lo que corresponde a iii)), y por tanto el decremento del contador se haya detenido en un valor distinto de cero, el nodo de origen 2 comienza de nuevo a realizar las operaciones del bloque 94. En el momento de iterar las operaciones del bloque 100, el nodo de origen 2 comenzará a decrementar el contador de nuevo partiendo del valor distinto de cero mencionado anteriormente.

En cambio, en caso de que el contador se haya reiniciado sin que se haya detectado el estado ocupado (emite NO desde el bloque 102, lo que corresponde a iv)), el nodo de origen 2 accede al canal de comunicación, para transmitir (bloque 104) un primer paquete, dirigido a un nodo destinatario 2, que, en caso de recepción del primer paquete, realiza las operaciones ilustradas en la figura 9 para transmitir al nodo de origen 2 un correspondiente paquete de ACK.

Después de transmitir el primer paquete, el nodo de origen 2 espera (bloque 106) un intervalo de tiempo de espera. A continuación, el nodo de origen 2 verifica (bloque 108) si durante el tiempo de espera ha recibido el correspondiente paquete de ACK.

Si el correspondiente paquete de ACK se ha recibido efectivamente antes del fin del tiempo de espera (emite SÍ desde el bloque 108), el nodo de origen 2 reduce (bloque 110) el límite instantáneo CW_{ist}^i , y luego itera las operaciones descritas comenzando desde las operaciones del bloque 90 con el fin de transmitir, si es necesario, un segundo paquete. En caso contrario (emite NO desde el bloque 108), el nodo de origen 2 incrementa (bloque 112) el límite instantáneo CW_{ist}^i , y luego itera las operaciones descritas, comenzando desde las operaciones del bloque 90 con el fin de transmitir el primer paquete de nuevo.

En mayor detalle, y meramente a modo de ejemplo, la operación de decremento realizada en el bloque 110 puede realizarse calculando la diferencia Δ (figura 8) entre el límite instantáneo CW_{ist}^i y el límite inferior CW_{min}^i seleccionado, dividiendo por la mitad dicha diferencia Δ , y estableciendo el límite instantáneo CW_{ist}^i igual a la suma del resultado de la división más el límite inferior CW_{min}^i . De la misma manera, la operación de incremento realizada en el bloque 112 puede realizarse calculando la diferencia Δ entre el límite instantáneo CW_{ist}^i y el límite inferior CW_{min}^i seleccionado, multiplicando dicha diferencia Δ por dos, y estableciendo el límite instantáneo CW_{ist}^i igual al valor máximo entre el límite superior CW_{max}^i y la suma del resultado de la multiplicación anteriores más el límite inferior CW_{min}^i .

Debe observarse que según dicha realización a modo de ejemplo, tal como ya se mencionó previamente, las tramas de prioridad 10 son asincrónicas con respecto a las transmisiones por los nodos. Además, suponiendo una vez más que los paquetes presentan una duración máxima T_{max} , la duración d_p de las ranuras de prioridad 12 puede establecerse al menos igual a la duración máxima T_{max} .

Según una variante de la realización a modo de ejemplo, además es posible realizar operaciones diferentes de las descritas. En particular, es posible asociar a cada nivel de prioridad una respectiva ventana de oportunidad TO^i . Además, tal como se ilustra en la figura 10, en la que los bloques idénticos a los correspondientes bloques ilustrados en la figura 9 se designan mediante los mismos números, es posible seleccionar (bloque 90a), después de las operaciones de los bloques 86-88, la ventana de oportunidad TO^i asociada al nivel de prioridad asignado al nodo de origen 2 en la ranura de prioridad de transmisión 12, además de la ventana de tiempo CW^i ya mencionada y del tiempo fijo T_f^i .

Además, después de haber transmitido el primer paquete (bloque 104), el nodo de origen 2 puede inicializar (bloque 105) un contador adicional en un valor igual a la ventana de oportunidad TO^i seleccionada. A continuación, el nodo de origen 2 realiza las operaciones del bloque 106a, que comprenden, además de esperar el intervalo de tiempo de espera, decrementar simultáneamente el contador adicional.

Una vez más, después de haber reducido (bloque 110) o incrementado (bloque 112) el límite instantáneo CW_{ist}^i , el nodo de origen puede verificar (bloque 114) si el contador adicional es cero, o bien si es distinto de cero.

En caso de que el contador adicional sea distinto de cero (emite NO desde el bloque 114), el nodo de origen 2 puede acceder una vez más al canal (bloque 115), alternativamente para transmitir el primer paquete, si el correspondiente paquete de ACK no se ha recibido, o bien para transmitir un paquete adicional; a continuación, el nodo de origen 2 itera las operaciones del bloque 106a y de los bloques posteriores.

En cambio, en caso de que el contador adicional sea cero (emite SÍ desde el bloque 114), el nodo de origen 2 itera las operaciones descritas, comenzando desde las operaciones del bloque 90a.

De manera operativa, las operaciones descritas implican que, una vez que el nodo de origen 2 ha obtenido acceso al canal, mantiene una especie de derecho preferente sobre el canal de comunicación, pudiendo transmitir paquetes sin tener que iterar las operaciones de los bloques 90a-105. Dicho control se mantiene durante un tiempo igual a la ventana de oportunidad TO^i seleccionada. Por consiguiente, asociando ventanas de oportunidad TO^i con duraciones que son más largas, cuanto más altos sean los niveles de prioridad a los que están asociadas, se favorecen las transmisiones por los nodos 2 que presentan niveles de prioridad altos.

Además es posible inicializar (bloque 105) el contador adicional en un valor diferente de la ventana de oportunidad TO^i seleccionada. Por ejemplo, suponiendo que el acceso al canal de comunicación (bloque 104) se produce en un instante T_a , que entra dentro de una ranura de prioridad de acceso (que no coincide necesariamente con la ranura

de prioridad de transmisión mencionada anteriormente), es posible inicializar el contador adicional en un valor igual a $T_T - T_a$, donde T_T es el momento (posterior al instante T_a) en el que el nodo de origen 2 cambia el nivel de prioridad con respecto al nivel de prioridad supuesto por el mismo en el instante T_a .

5 Las ventajas que permite el presente procedimiento de acceso se desprenden claramente a partir de la explicación anterior. En particular, el presente procedimiento permite una optimización del aprovechamiento de la capacidad del canal de comunicación, y simultáneamente una asignación a los nodos 2 de la red de comunicación 1 de diferentes niveles de prioridad. Además, el presente procedimiento permite una minimización del número de colisiones, de modo que aumenta el aprovechamiento del canal de comunicación. En particular, suponiendo que hay asociada al canal de comunicación una banda disponible, dicha banda disponible se divide entre los nodos 2 basándose en los
10 respectivo niveles de prioridad; además, el presente procedimiento permite una reasignación de la banda asignada a nodos que no transmiten a favor de nodos que tienen tráfico que transmitir.

15 En otras palabras, el presente procedimiento prevé la gestión de los niveles de prioridad de los nodos basándose en el tiempo, y no basándose en el tráfico para impedir colisiones entre paquetes de alta prioridad.

Además, el presente procedimiento es retrocompatible con los protocolos de capa dos de tipo conocido, tal como por ejemplo el protocolo TDMA, el protocolo CSMA/CA y el protocolo EDCA. Una vez más, el presente procedimiento puede aplicarse tanto a redes de tipo por cable como a redes de tipo inalámbrico.
20

Finalmente, es evidente que pueden realizarse modificaciones y variaciones del procedimiento de acceso descrito, sin apartarse por ello del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

25 Por ejemplo, las operaciones ilustradas en las figuras 9 y 10 pueden realizarse en un orden diferente del ilustrado. Además, las operaciones de los bloques 110 y 112 son opcionales, siendo posible no modificar el límite instantáneo CW_{ist}^i .

30 Además, las operaciones de selección realizadas en los bloques 90 y 90a pueden ejecutarse en un instante de tiempo diferente del instante de tiempo t considerado mencionado anteriormente, en el que el nodo de origen 2 genera información que debe transmitirse.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para acceder a un canal de comunicación compartido de una red de comunicación (1) formada por una pluralidad de nodos (2) conectados por medio de dicho canal de comunicación, comprendiendo dicho procedimiento un procedimiento de establecimiento de red y un procedimiento de operación, incluyendo el procedimiento de establecimiento de red las etapas siguientes:
- definir una sucesión de tramas de prioridad (10), estando cada trama de prioridad formada por una pluralidad de ranuras de prioridad (12);
 - para cada ranura de prioridad, asignar a cada nodo un respectivo nivel de prioridad para definir, para cada nodo, una respectiva sucesión preestablecida de niveles de prioridad;
 - definir una sucesión de tramas de comunicación (6), estando cada trama de comunicación formada por una sucesión de ranuras de comunicación (8), estando cada ranura de comunicación asociada a una correspondiente ranura de prioridad (12), en el que las sucesiones de tramas de prioridad (10) se comparten de una manera distribuida por dichos nodos (2), sin necesidad de recurrir a una estación base;
- determinar, para cada nodo, una respectiva fracción de banda, que indica una respectiva fracción de una banda de transmisión asociada al canal de comunicación; y en el que dicha etapa destinada a asignar a cada nodo un respectivo nivel de prioridad comprende, para cada ranura de prioridad, asignar a cada nodo considerado de entre dichos nodos un respectivo nivel de prioridad que es una función de la fracción de banda determinada para dicho nodo considerado;
- siendo el procedimiento de operación posterior a dicho procedimiento de establecimiento de red e incluyendo las etapas siguientes:
- detectar (32; 94, 96, 100), por un primer nodo, un estado del canal de comunicación durante un intervalo de tiempo de detección T_g , siendo dicho intervalo de tiempo una función del nivel de prioridad asignado al primer nodo, siendo dicho estado alternativamente libre, en caso de que el primer nodo no detecte ninguna transmisión por otros nodos, u ocupado, en caso de que el primer nodo detecte una transmisión de al menos un nodo adicional; y
 - si el estado detectado durante dicho intervalo de tiempo de detección T_g es libre, acceder (36; 104), por el primer nodo, al canal de comunicación, transmitiendo un paquete de datos.
2. Procedimiento de acceso según la reivindicación 1, en el que dicha etapa destinada a asignar a cada nodo, para cada ranura de prioridad, un respectivo nivel de prioridad comprende asignar a cada nodo niveles de prioridad, de manera que la respectiva sucesión preestablecida de niveles de prioridad sea periódica.
3. Procedimiento de acceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho intervalo de tiempo de detección T_g transcurre partiendo de un instante de inicio de una ranura de comunicación considerada de entre dichas ranuras de comunicación, siendo dicho nivel de prioridad de transmisión asignado al primer nodo (2) el nivel de prioridad asignado al primer nodo en la ranura de prioridad que corresponde a la ranura de comunicación considerada.
4. Procedimiento de acceso según la reivindicación 3, en el que dichas tramas de comunicación (6) y dichas tramas de prioridad (10) son sincrónicas.
5. Procedimiento de acceso según la reivindicación 4, en el que dichas tramas de comunicación (6) y dichas tramas de prioridad (10) presentan una única y la misma duración de trama, y en el que cada ranura de comunicación (8) está alineada temporalmente con respecto a la correspondiente ranura de prioridad (12).
6. Procedimiento de acceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho intervalo de tiempo de detección T_g es además una función de un tiempo de propagación que corresponde a una distancia admisible máxima entre dos nodos cualesquiera de entre dichos nodos (2).
7. Procedimiento de acceso según la reivindicación 6, en el que la duración de cada ranura de comunicación (8) es una función de dicho tiempo de propagación y de un número de posibles niveles de prioridad.
8. Procedimiento de acceso según la reivindicación 7, en el que dichos nodos (2) están configurados para transmitir paquetes de datos que presentan tamaños no mayores que un tamaño máximo, y en el que la duración de cada ranura de comunicación (8) es además una función de dicho tamaño máximo.
9. Procedimiento de acceso según cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en el que dicha etapa destinada a acceder (104) al canal de comunicación se ejecuta de manera asíncrona con respecto a las tramas de prioridad (10).

10. Procedimiento de acceso según la reivindicación 9, en el que dicha etapa de detectar (94, 96, 100) un estado del canal de comunicación comprende las etapas siguientes:

- 5 - ejecutar, por el primer nodo (2), una primera detección (96) del estado del canal de comunicación durante un primer tiempo T_f^i , siendo dicho primer tiempo una función del nivel de prioridad de transmisión asignado al primer nodo;
- 10 - extraer (92), de una manera pseudoaleatoria, un segundo tiempo desde una ventana de tiempo CWE, siendo dicha ventana de tiempo CWE una función del nivel de prioridad de transmisión asignado al primer nodo;
- ejecutar (100), por el primer nodo, una segunda detección del estado del canal de comunicación durante dicho segundo tiempo;

15 y en el que dicha etapa de acceder (104) al canal de comunicación se ejecuta en caso de que el primer nodo detecte el estado libre tanto durante el primer tiempo T_f^i como durante el segundo tiempo.

11. Procedimiento de acceso según la reivindicación 10, que comprende además la etapa que consiste en:

- 20 - esperar (106; 106a), por el primer nodo (2), un paquete de acuse de recibo relativo al paquete de datos transmitido.

12. Procedimiento de acceso según la reivindicación 11, que comprende además las etapas que consisten en:

- 25 - en caso de que no se reciba dicho paquete de acuse de recibo por el primer nodo (2), aumentar (112) la duración temporal de la ventana de tiempo CWE;
- en caso de que se reciba dicho paquete de acuse de recibo por el primer nodo, reducir (110) la duración temporal de la ventana de tiempo CWE.

30 13. Procedimiento de acceso según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que la etapa destinada a detectar (94, 96, 100) el estado del canal de comunicación se activa mediante una generación del paquete de datos, y en el que, si el estado detectado durante el intervalo de tiempo de detección es libre, se ejecuta la etapa destinada a determinar un intervalo de tiempo de oportunidad TO^i y, en caso de que se genere un paquete de datos adicional dentro de dicho intervalo de tiempo de oportunidad TO^i , transmitir el paquete de datos adicional sin detectar adicionalmente el estado del canal de comunicación.

35 14. Procedimiento de acceso según la reivindicación 13, en el que dicho intervalo de tiempo de oportunidad TO^i está comprendido entre un instante de acceso al canal de comunicación, en el que el primer nodo (2) accede al canal de comunicación, y un instante de modificación del nivel de prioridad asignado al primer nodo.

40 15. Procedimiento de acceso según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, que comprende la etapa destinada a detectar, por el primer nodo (2), la presencia del paquete de datos en un instante de paquete listo; siendo dicho nivel de prioridad de transmisión asignado al primer nodo (2) el nivel de prioridad asignado al primer nodo en el instante de paquete listo.

45 16. Procedimiento de acceso según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15, en el que dichos nodos (2) están configurados para transmitir paquetes de datos que presentan tamaños no mayores que un tamaño máximo, y en el que la duración de cada ranura de prioridad (12) es además una función de dicho tamaño máximo.

50 17. Nodo para una red de comunicación, configurado para implementar el procedimiento de acceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

55 18. Red de comunicación, que comprende una pluralidad de nodos según la reivindicación 17.

19. Producto de software que puede cargarse en una memoria de un nodo de una red de comunicación y está configurado para implementar, cuando se ejecuta, el procedimiento de acceso según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16.

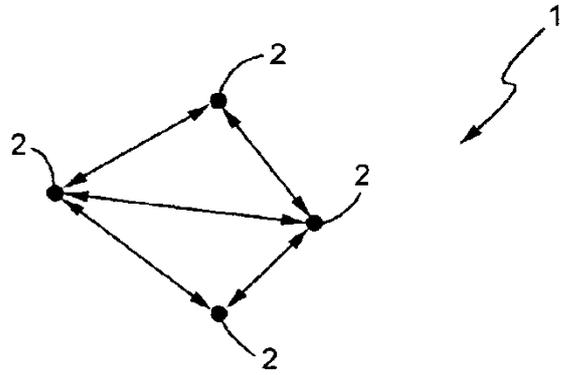


FIG. 1

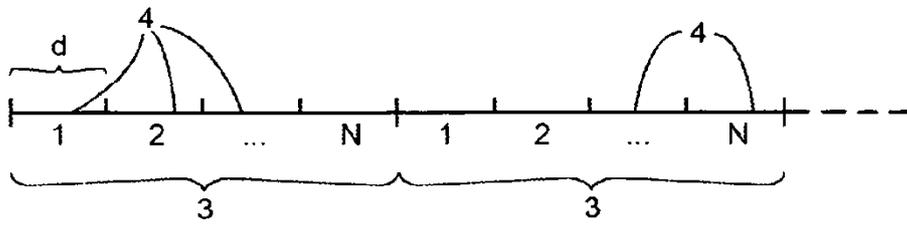


FIG. 2

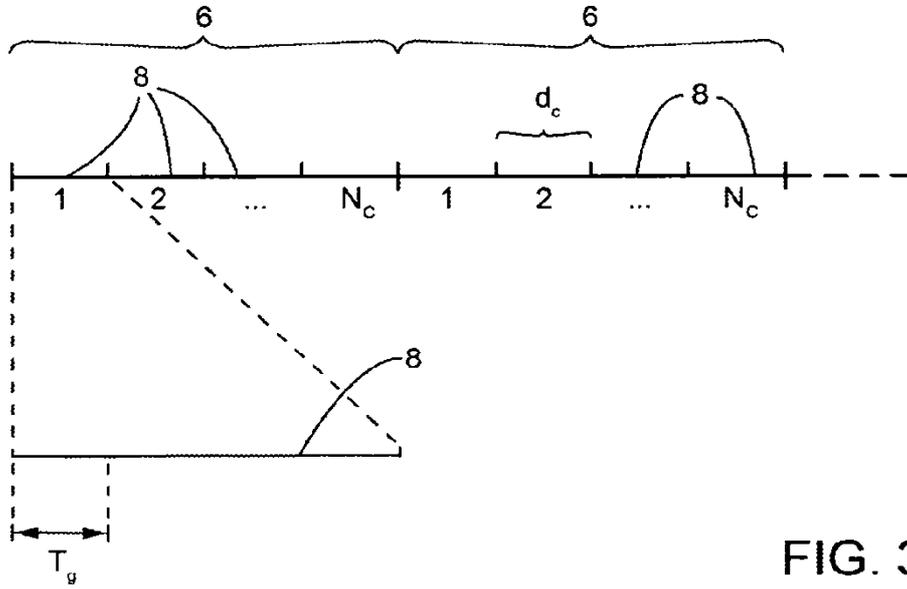


FIG. 3

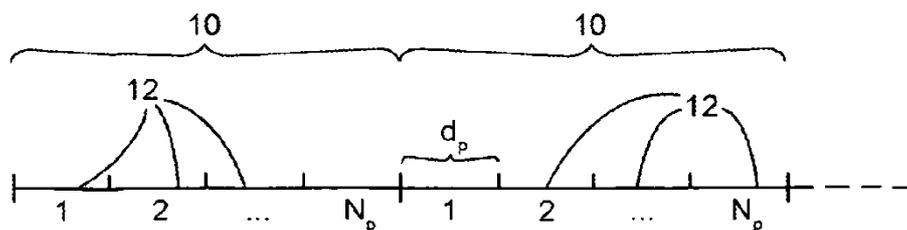


FIG. 4

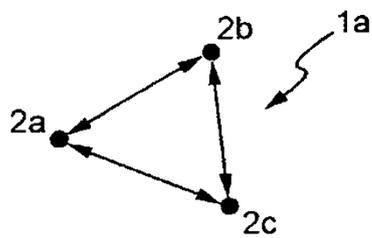
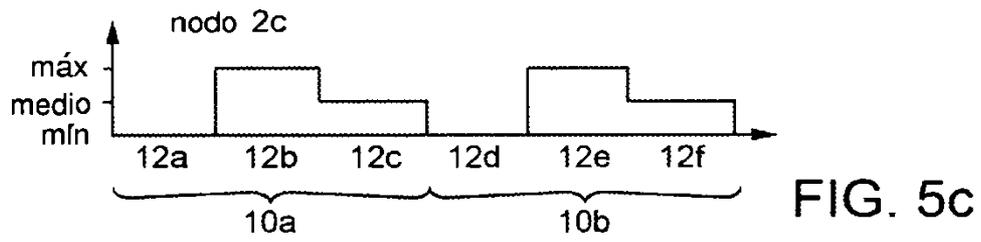
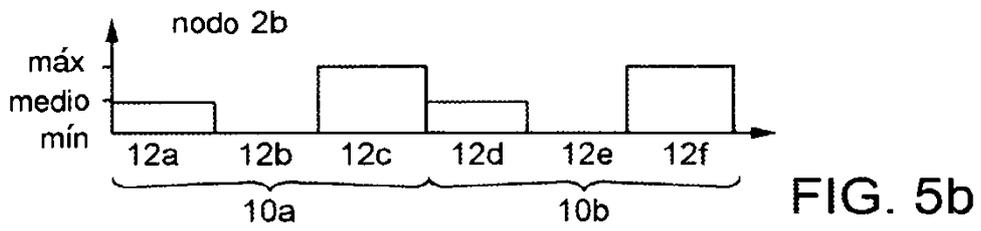
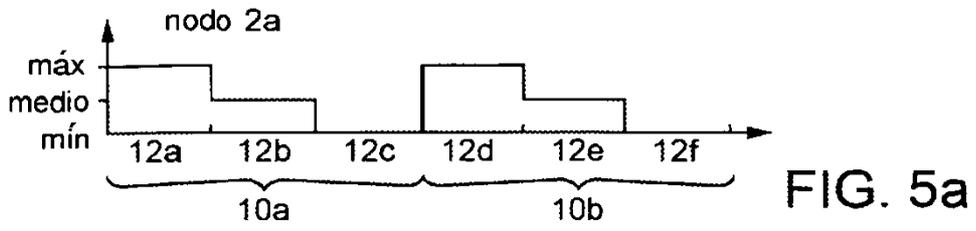


FIG. 6

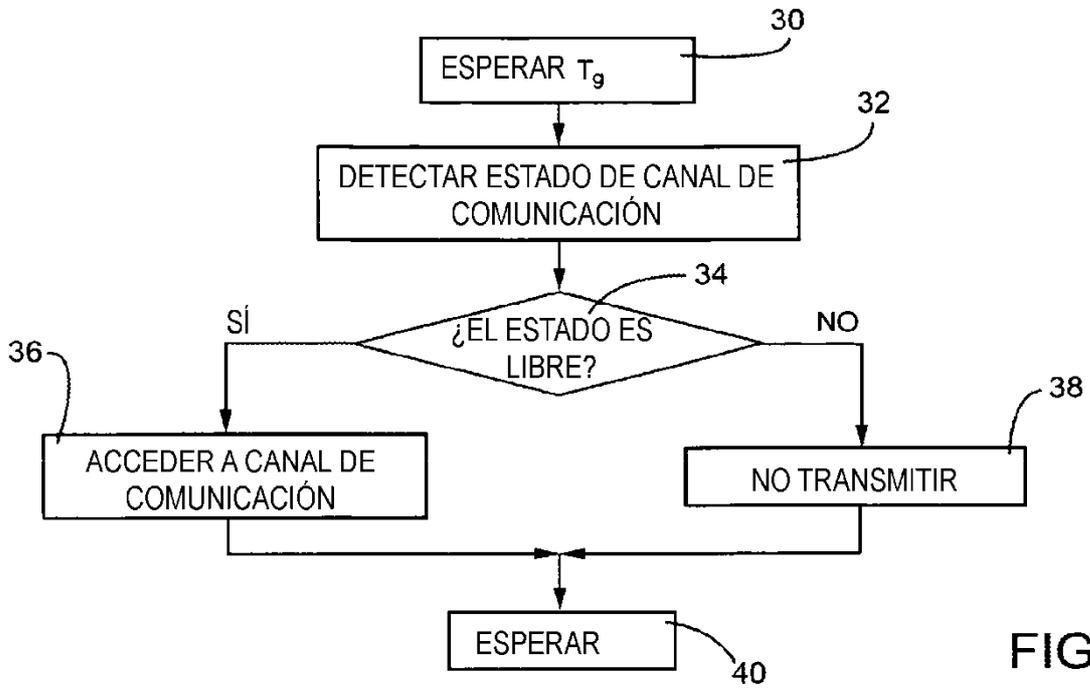


FIG. 7

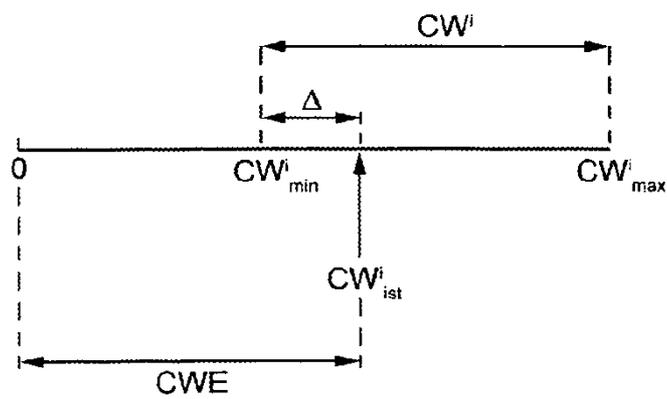


FIG. 8

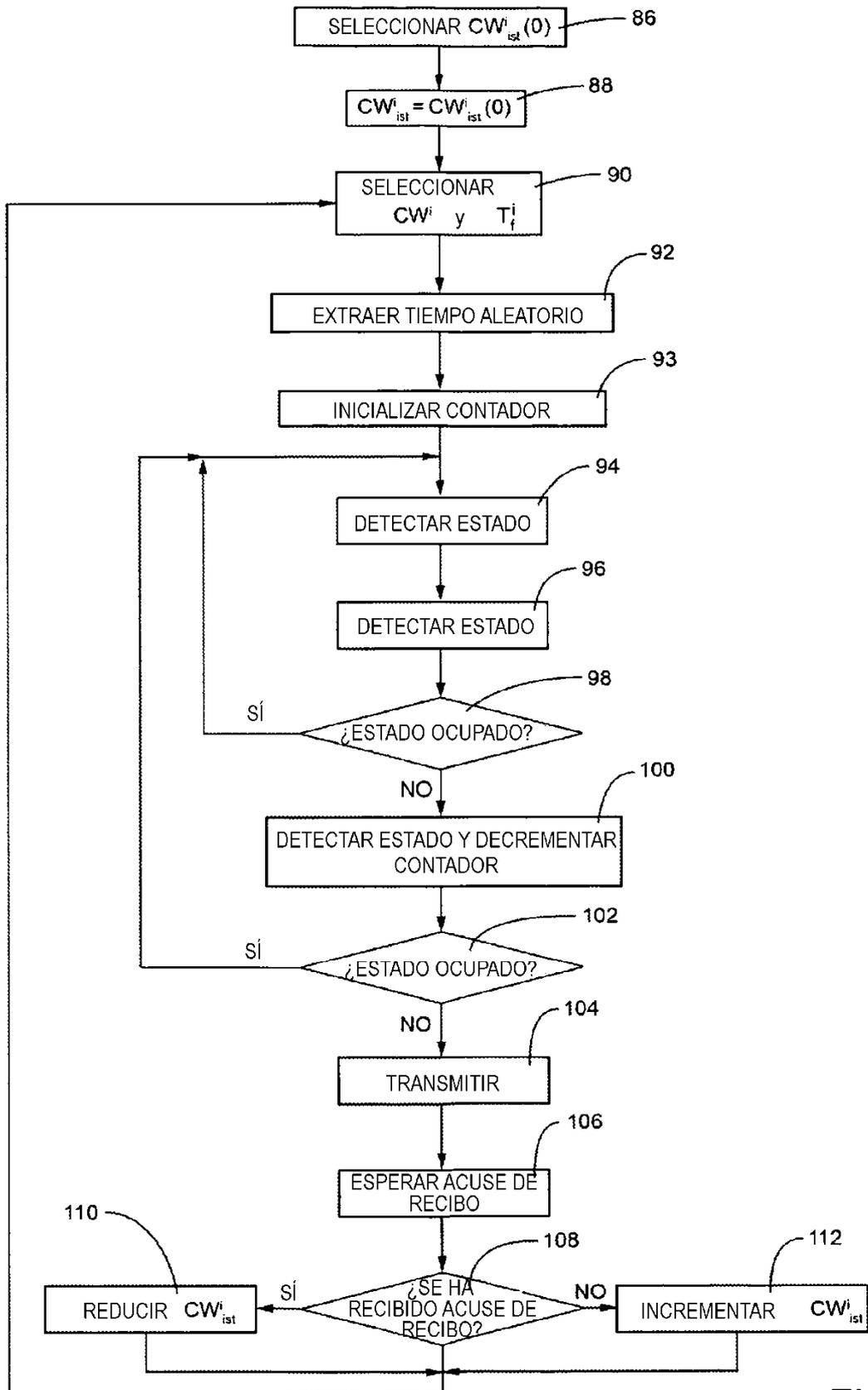


FIG. 9

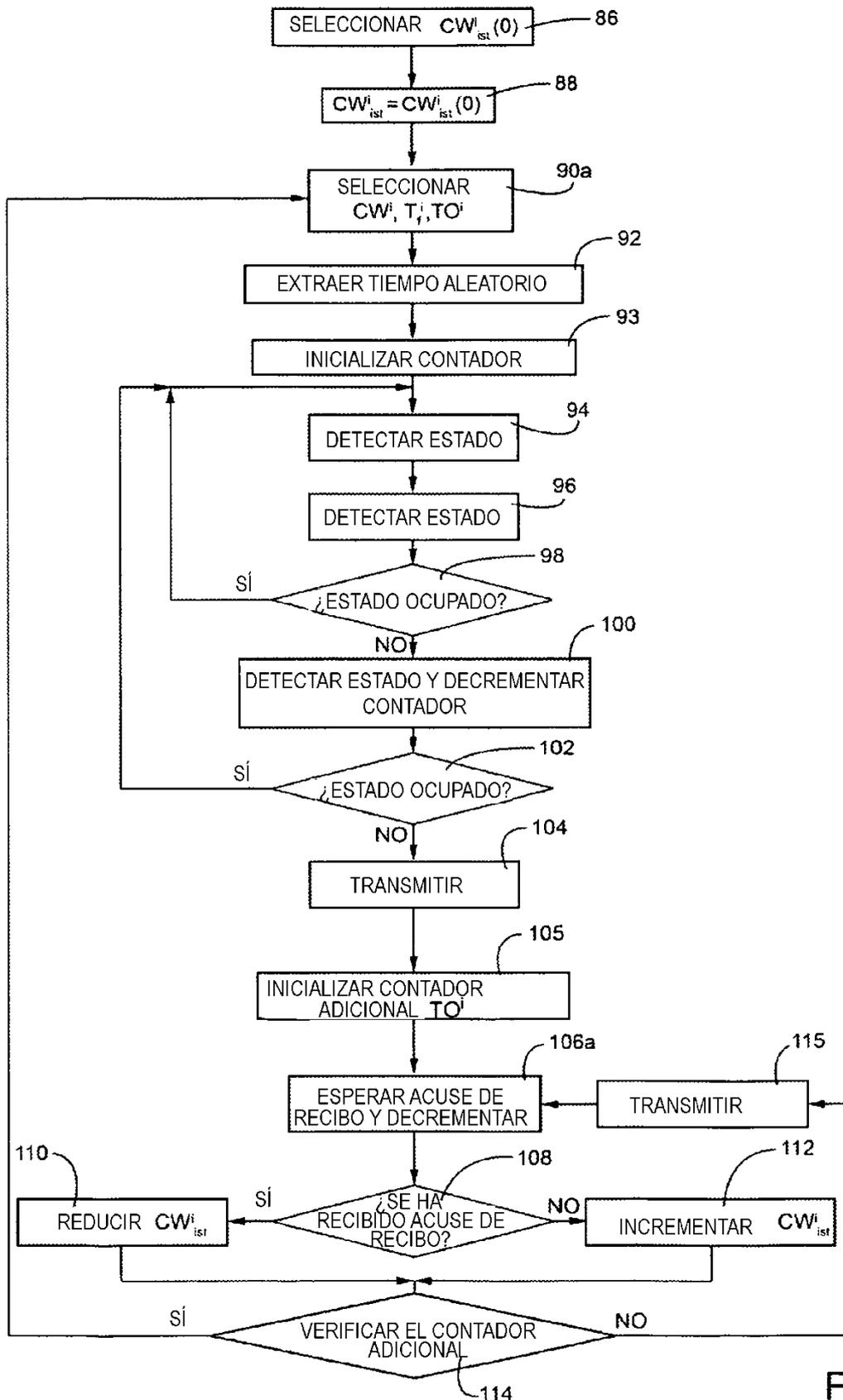


FIG. 10