

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 192**

51 Int. Cl.:  
**H04W 74/08** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08840175 .7**  
96 Fecha de presentación: **15.10.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2213134**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.08.2010**

54 Título: **SELECCIÓN RÁPIDA DE NODOS COOPERATIVOS.**

30 Prioridad:  
**19.10.2007 EP 07118842**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.02.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.02.2012**

73 Titular/es:  
**KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.**  
**GROENEWOUDSEWEG 1**  
**5621 BA EINDHOVEN, NL**

72 Inventor/es:  
**WANG, Xiangyu**

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 373 192 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

Selección rápida de nodos cooperativos

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a aparatos, a un sistema y a un método para seleccionar al menos un nodo cooperativo en un sistema de transmisión tal como, pero sin limitarse a, una red de área local inalámbrica (WLAN).

10

**Antecedentes de la invención**

Las redes de área local inalámbricas (WLAN) tal como se definen por ejemplo en las especificaciones de IEEE 802.11 son casi omnipresentes en la actualidad. La norma 802.11 obliga a que todas las estaciones implementen una función de coordinación distribuida (DCF) que es una forma de acceso múltiple por detección de portadora con evitación de colisión (CSMA/CA). CSMA/CA es un protocolo basado en contienda que asegura que todas las estaciones detecten en primer lugar el medio antes de transmitir. El objetivo principal es evitar que las estaciones transmitan al mismo tiempo, lo que da como resultado colisiones y retransmisiones correspondientes. Si una estación que desea enviar una trama detecta energía por encima de un umbral específico en el medio (lo que podría significar la transmisión de otra estación), la estación que desea acceder esperará hasta que el medio esté inactivo antes de transmitir la trama. El aspecto de evitación de colisión del protocolo se refiere al uso de acusos de recibo que envía una estación de recepción a la estación de envío para verificar la recepción libre de errores. Aunque de una forma más compleja, este proceso de acceder al medio puede considerarse como un encuentro en el que todos son amables y las personas solo hablan cuando nadie más lo hace. Además, los participantes que entienden lo que la persona está diciendo asienten con la cabeza indicando que están de acuerdo.

La tecnología de retransmisión de múltiples saltos, en la que una señal se retransmite a través de diversos nodos de red, es una solución prometedora para futuros sistemas de comunicaciones inalámbricas *ad hoc* y celulares, tales como por ejemplo WLAN o redes de sensores, con el fin de lograr una cobertura más amplia y mitigar una deficiencia de canales inalámbricos sin la necesidad de usar mucha potencia en el transmisor. Recientemente, un nuevo concepto que está estudiándose activamente en redes de múltiples saltos aumentadas es la diversidad cooperativa de múltiples usuarios, en la que varios terminales o nodos de red forman una especie de coalición para ayudarse entre sí con la transmisión de sus mensajes. En general, los sistemas de retransmisión cooperativa tienen un nodo de origen que multidifunde un mensaje a un número de nodos o retransmisiones cooperativas, que a su vez envían de nuevo una versión procesada al nodo de destino previsto. El nodo de destino combina la señal recibida desde las retransmisiones, posiblemente también teniendo en cuenta la señal original de la fuente.

En S. Shankar *et al.*, "Cooperative communication MAC (CMAC) - A New MAC protocol for Next Generation Wireless LANs", IEEE WireComm, junio de 2005, y Bletsas *et al.*, "A Simple Cooperative Diversity Method based on Network Path Selection", IEEE Journal on Selected Areas of Communications, marzo de 2006. (MIT), se describen dos métodos que se basan en el denominado "proceso de retardo de envío" (*backoff process*) que se usa ampliamente en sistemas de comunicaciones inalámbricos, especialmente en sistemas de WLAN y WPAN como IEEE 802.11 e IEEE 802.15 así como sistemas de comunicaciones cableados, tales como IEEE 802.3 (Ethernet). El proceso de retardo de envío se usa en sistemas de comunicaciones para un acceso aleatorio a un canal entre una serie de múltiples estaciones de contienda, tal como se indica por ejemplo en D. Bertsekas y R. Gallager, "Data Networks", capítulo 4, Prentice Hall, 1992. Habitualmente se combina con el protocolo de CSMA. Se ha introducido el proceso de retardo de envío para permitir un acceso justo a un canal por todas las estaciones participantes y para ajustar las transmisiones según el nivel de congestión de red de una manera distribuida.

Antes de que una estación inicie una transmisión, selecciona un número de retardo de envío aleatorio, BO, dentro de determinadas ventanas de contienda (CW), es decir [0, CW]. Una estación selecciona el número aleatorio, BO, uniformemente a través de la ventana de contienda para lograr un acceso justo al canal. Si una estación descubre después de enviar un paquete que la transmisión resultó en una colisión porque otras estaciones estaban transmitiendo, la estación duplicará su ventana de contienda a  $2 \cdot CW$  y repetirá el proceso. Para descubrir una colisión, una estación o bien usa un conjunto de circuitos de detección de colisión o se basa en el receptor para informarlo.

El proceso de retardo de envío puede usarse de nuevo para el propósito de selección de un nodo cooperativo. En ambas soluciones se diseña solamente un proceso de retardo de envío de una sola fase. En Bletsas *et al.*, "A Simple Cooperative Diversity Method based on Network Path Selection", IEEE Journal on Selected Areas of Communications, marzo de 2006. (MIT), se sugiere que el proceso de retardo de envío se use de nuevo para la selección de un mejor nodo cooperativo.

En A. Bletsas *et al.*, "A Simple Distributed Method for Relay Selection in Cooperative Diversity Wireless Networks, based on Reciprocity and Channel Measurements", Vehicular Technology Conference 2005. VTC 2005-SPRING,

páginas 1484-1488, publicado el 30.05.2005 se propone un método para retransmitir la selección en una red inalámbrica cooperativa que se basa en el procedimiento de retardo de envío. Todas las retransmisiones iniciarán su temporizador con un valor inicial, inversamente proporcional a la calidad de canal de extremo a extremo. La "mejor" retransmisión es aquella cuyo temporizador se reduce a cero en primer lugar. El resto de las retransmisiones se retardarán.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo de una operación básica según el proceso de retardo de envío que puede usarse para seleccionar un nodo cooperativo. En este caso según su condición de canal instantánea, cada nodo cooperativo determina en la etapa S101 un número de retardo de envío (BO) que es inversamente proporcional a la condición de canal instantánea (CC) con un factor de lambda. A continuación detecta el canal y si determina en el procedimiento de bucle de las etapas S102 a S105 que el canal está inactivo durante BO ranuras, entonces inicia una transmisión en la etapa S106. Por el contrario, si determina en la etapa S103 que el canal está ocupado, se aplaza y espera hasta que el canal esté inactivo de nuevo. Por eso un nodo cooperativo con la mejor condición de canal determinará un número de BO más pequeño y aprovechará el canal cuando el canal esté inactivo durante BO ranuras.

Mientras que este método es sencillo de implementar y puede aceptarse fácilmente porque el proceso de retardo de envío es bastante conocido, tiene la dificultad de elegir un factor lambda apropiado. Esto se debe a que la distribución de nodos cooperativos en realidad es desconocida y es muy poco probable que siga una distribución uniforme. Además, podría darse el caso de que todos los nodos cooperativos tengan o bien una condición de canal muy buena o bien una condición de canal muy mala. Por ejemplo, si los nodos cooperativos tienen una distribución logarítmica normal pero con diferentes valores medios, tiene que elegirse un número grande para el factor lambda para reducir una posible colisión entre los nodos cooperativos con distribuciones desconocidas. Sin embargo, se aumentará la sobrecarga porque un lambda más grande significa un número de BO más grande y un tiempo inactivo más largo antes de la contienda.

Esto conlleva al problema de que el proceso de retardo de envío apunta hacia una arbitración justa de estaciones que compiten mientras se pretende que no sea justo en la selección de un mejor nodo cooperativo. Por tanto la aplicación del proceso de retardo de envío sin conocer la distribución de nodos cooperativos no será eficaz. Si por ejemplo los nodos cooperativos tienen condiciones de canal relativas fuertes, un valor de lambda de por ejemplo 27 puede dar como resultado una selección exitosa del 95% de los mejores nodos cooperativos con un retardo promedio de por ejemplo 10 ranuras. Por el contrario, si los nodos cooperativos tienen condiciones de canal relativas débiles, el valor de lambda anterior de 27 puede dar como resultado una selección exitosa del 96% aunque el retardo promedio en la selección puede ser ahora de 55 ranuras, que es sustancialmente más grande. Por tanto, no será suficiente un procedimiento de selección basado en retardo de envío sencillo para proporcionar una selección rápida del mejor nodo cooperativo.

### Sumario de la invención

Es un objeto de la presente invención proporcionar un esquema de selección para la selección rápida del mejor nodo cooperativo.

Este objeto se logra mediante aparatos según la reivindicación 1 y 10 y mediante un método según la reivindicación 15. En una implementación basada en software, el objeto anterior puede lograrse mediante un producto de programa informático que comprende medios de código para producir las etapas del método anterior cuando se ejecuta en un dispositivo informático.

Por consiguiente, se propone una selección mejorada de un nodo cooperativo que se basa en el proceso de retardo de envío. Mediante la introducción de múltiples fases de selección y haciendo uso de una realimentación anticipada, puede identificarse un mejor nodo cooperativo con una menor sobrecarga. Otra ventaja es que la sobrecarga permanece casi sin cambios independientemente de las posibles distribuciones de nodos cooperativos. Por tanto, en el procedimiento de retardo de envío basado en múltiples fases propuesto, los mejores nodos cooperativos no se seleccionan en una sola vez, sino más bien en múltiples vueltas cortas. En la primera fase, el objetivo principal es que un remitente conozca la distribución de sus nodos cooperativos de forma aproximada. Con este conocimiento de la primera vuelta, un nodo de origen o remitente conduce la selección en un grado más fino en al menos una de las siguientes fases proporcionando (opcionalmente) una realimentación a sus nodos cooperativos. La existencia de nodos cooperativos puede ser conocida o desconocida para un remitente. El método propuesto es especialmente muy adecuado para casos prácticos en los que la distribución de nodos cooperativos en términos de condición de canal es desconocida para el nodo de origen, o en los que los nodos cooperativos están ocultos unos de otros y pueda producirse una colisión en el proceso de retardo de envío.

El método propuesto puede usarse de manera iterativa también para seleccionar no sólo un mejor nodo, sino también algunos mejores primeros modos para la cooperación.

El dentro de o en los nodos cooperativos candidatos puede estar adaptado para determinar basándose en la

reacción del nodo de origen al final de cada fase de retardo de envío, si una fase actual de dicho proceso de retardo de envío fue exitosa. Por tanto el esquema de selección propuesto permite una selección rápida de posibles nodos cooperativos. En un ejemplo más específico, el aparato dentro de o en el nodo cooperativo puede estar adaptado para determinar si la fase actual fue exitosa, basándose en al menos una de una ausencia de una respuesta desde el nodo de origen y una reacción realizada por otro nodo cooperativo candidato. Entonces el aparato puede determinar el segundo número de retardo de envío basándose en una información obtenida de la determinación de si la fase actual fue exitosa. En un ejemplo alternativo más específico, el aparato dentro de o en el nodo cooperativo puede estar adaptado para determinar si la fase actual fue exitosa, basándose en una realimentación desde el nodo de origen a los nodos cooperativos al final de la primera fase, comprendiendo la realimentación información acerca de si se realizó con éxito una selección de un nodo cooperativo o en qué ranura ha fallado la selección.

Como ejemplo, la realimentación desde el nodo de origen puede comprender una información que indica qué nodos cooperativos se excluyen de la segunda fase del proceso de retardo de envío.

Según otro ejemplo, el aparato dentro de o en el nodo cooperativo puede estar adaptado para usar una serie de ranuras inactivas en la primera fase del proceso de retardo de envío para calcular un número de condición de canal correspondiente. En un ejemplo específico, puede sustraerse el número de condición de canal correspondiente de un número de condición de canal original de la primera fase con el fin de calcular el segundo número de retardo de envío. Como opción, la realimentación desde el nodo de origen puede comprender un nuevo valor sugerido de un factor que va a combinarse con el número de condición de canal correspondiente para obtener el segundo número de retardo de envío.

Se definen desarrollos ventajosos adicionales en las reivindicaciones dependientes.

## 25 Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirá la presente invención basándose en diversas realizaciones con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

30 la figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemático de un entorno de red inalámbrica que implica un procedimiento de enlace según diversas realizaciones;

la figura 2 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para determinar un número de retardo de envío en un nodo cooperativo;

35 la figura 3 muestra un diagrama de señalización esquemático de un proceso de retardo de envío de una sola fase;

la figura 4 muestra un diagrama de flujo de un proceso de retardo de envío de múltiples fases en un nodo cooperativo según una primera realización;

40 la figura 5 muestra un diagrama de señalización esquemático de un proceso de retardo de envío de múltiples fases a modo de ejemplo según la primera realización;

45 la figura 6 muestra un diagrama de flujo de un proceso de retardo de envío de múltiples fases en un nodo cooperativo según una segunda realización;

la figura 7 muestra un diagrama de señalización esquemático de un proceso de retardo de envío de múltiples fases a modo de ejemplo según la segunda realización;

50 la figura 8 muestra un diagrama de flujo de un proceso de retardo de envío de múltiples fases en un nodo cooperativo según una tercera realización;

55 la figura 9 muestra un diagrama de señalización esquemático de un proceso de retardo de envío de múltiples fases a modo de ejemplo según la tercera realización;

la figura 10 muestra un diagrama de flujo de un proceso de retardo de envío de múltiples fases en un nodo de origen según una cuarta realización; y

60 la figura 11 muestra un diagrama de bloques esquemático de una implementación basada en software de diversas realizaciones.

## Descripción detallada de realizaciones

65 A continuación, se describen diversas realizaciones basándose en un entorno de red *ad-hoc* inalámbrica, por ejemplo WLAN, tal como se muestra en la figura 1 y que implica un procedimiento de enlace de RTS/CTS.

Según la figura 1, un nodo (o remitente) 10 de origen tiene acceso a un número a modo de ejemplo de tres nodos (o estaciones) 21 a 23 cooperativos candidatos.

5 Los nodos 21 a 23 cooperativos del nodo 10 de origen pueden tener buenas condiciones de canal relativas para el nodo de origen. Cuando el nodo de origen envía un paquete, como RTS (solicitud de envío), solicitando el mejor nodo cooperativo, cada nodo 21 a 23 cooperativo multiplica su potencia recibida, lo que indica su condición de canal CC al nodo 10 de origen, mediante un pequeño valor predeterminado de  $\lambda$ . La multiplicación da como resultado un número de retardo de envío BO que es proporcional a la condición de canal, y que determina las sincronizaciones de transmisión de las respuestas respectivas CTS1, CTS2 y CTS3 de los nodos 21 a 23 cooperativos. Un pequeño valor de  $\lambda$  significa un pequeño número de retardo de envío. Esto implica que el nodo 10 de origen y los nodos 21 a 23 cooperativos pueden conocer sus nodos cooperativos dentro de sólo algunas ranuras de retardo de envío.

15 La figura 3 muestra un diagrama de señalización esquemático de un proceso de retardo de envío de una sola fase. Para los tres nodos 21 a 23 cooperativos que reciben un paquete de RTS desde el nodo 10 de origen, cada uno determina un número de BO. En este caso, los nodos N1 21, N2 22 y N3 23 cooperativos tienen condiciones de canal CC de 0,1, 0,5 y 0,8 (los números más pequeños significan mejores condiciones) respectivamente. Se acordó de antemano un  $\lambda$  pequeño, que es 3. Por eso multiplicar las condiciones de canal CC y  $\lambda$  y redondear al número entero grande más cercano da 1, 2 y 3, respectivamente. Es decir, el primer nodo (N1) 21 cooperativo enviará en la ranura S11; N2 22 enviará en la ranura S12; y N3 23 enviará en la ranura S13.

25 El primer nodo (N1) 21 cooperativo envía un paquete de respuesta, tal como CTS (listo para envío), de vuelta al nodo 10 de origen en la ranura S11. La detección de portadora de los demás nodos N2 22 y N3 23 cooperativos detectará esta transmisión y retendrá su transmisión. Por eso el mejor nodo, N1 21 en este caso, se identificará como el mejor nodo cooperativo.

Este caso es un caso sencillo y la selección ya se termina en una fase.

30 Sin embargo, cuando todos los nodos 21 a 23 cooperativos tienen malas condiciones, es difícil realizar una selección con éxito en una sola fase de retardo de envío a menos que el valor de  $\lambda$  se elija para ser muy grande. Un ejemplo sería que los nodos 21 a 23 cooperativos tengan condiciones de 0,81, 0,82 y 0,83. Entonces, la penalización es un largo tiempo de espera antes de que el mejor nodo realice la cuenta atrás de su número de BO grande.

35 Según las realizaciones a continuación, por tanto se propone una selección de múltiples fases para las situaciones anteriores.

40 La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un proceso de retardo de envío de múltiples fases según una primera realización, que puede realizarse en cada uno de los nodos 21 a 23 cooperativos. En esta realización no se necesita realimentación desde el remitente después de la primera fase de contienda cuando todos los nodos pueden escucharse entre sí mediante el mecanismo de detección de portadora.

45 En la etapa S201, se realiza una primera fase de retardo de envío de manera similar a la figura 2. A continuación, el nodo cooperativo de interés comprueba en la etapa S202 si ha detectado un mejor nodo cooperativo durante la primera fase de retardo de envío, por ejemplo, si se ha recibido una respuesta de CTS anterior desde otro nodo cooperativo. En este caso, el procedimiento de retardo de envío de múltiples fases termina para este nodo cooperativo. Por el contrario, si no se ha detectado un mejor nodo cooperativo, se comprueba en la etapa S203 si se ha recibido una respuesta desde el nodo 10 de origen (o remitente). En este caso, el procedimiento de retardo de envío de múltiples fases termina para este nodo cooperativo. Por el contrario, si no se ha recibido ninguna respuesta desde el nodo 10 de origen, se deduce un nuevo valor de  $\lambda$  basándose en los hallazgos anteriores y las condiciones del propio canal (etapa S204), y se realiza una segunda fase de retardo de envío (similar a la figura 2) en la etapa S205 usando un segundo número de BO calculado basándose en el nuevo valor de  $\lambda$ .

55 La figura 5 muestra un diagrama de señalización esquemático de un proceso de retardo de envío de múltiples fases a modo de ejemplo según la primera realización. En este caso, se supone que los nodos 21 a 23 cooperativos tienen condiciones de canal CC de 0,45, 0,55 y 0,88 respectivamente. Un primer valor de  $\lambda$  (pequeño) de 3 dará los números de BO de 2, 2 y 3 para cada nodo respectivamente. Por tanto, los nodos 21 y 22 cooperativos no detectarán ninguna transmisión en la primera ranura S11 y transmitirán sus paquetes de CTS simultáneamente en la segunda ranura S12. Aún se producirá una colisión en el nodo 10 de origen. Entonces el tercer nodo 23 cooperativo puede conocer por la segunda ranura S12 mediante detección de portadora que hay nodos que tienen una mejor condición que las suyas (véase la etapa S202 en la figura 4). Por tanto, el procedimiento de retardo de envío de múltiples fases termina aquí para el tercer nodo 23 cooperativo.

65 Después de algún tiempo predefinido para permitir la recepción de CTS en el nodo 10 de origen, el nodo 10 de origen simplemente no hará nada puesto que hubo una colisión en la primera fase de retardo de envío o contienda.

En la segunda fase de retardo de envío o contienda los nodos 21 y 22 cooperativos primero y segundo conocerán por la ausencia de una posible respuesta desde el nodo 10 de origen que hubo una colisión en el nodo 10 de origen. Y también sabrán por su propio conocimiento que no había ningún nodo que enviara en la primera ranura en la primera fase de contienda. Por tanto, los nodos 21 cooperativos primero y segundo y el nodo 22 concluyen que deben competir una segunda vez aplicando un nuevo contador de retardo de envío para realizar la segunda fase de retardo de envío según la etapa S205 de la figura 4. Los nodos 21 y 22 cooperativos primero y segundo saben ahora que no hay colisión en la primera ranura del total de tres ranuras y que no hay ningún nodo con una condición mejor que 0,33 (1/3). Por eso, cada nodo deduce en la etapa S204 de la figura 4 el valor de 0,33 de su valor de condición de canal y lo multiplica de nuevo con un nuevo, valor de lambda posiblemente más grande, por ejemplo de 5. Entonces los nodos 21 y 22 cooperativos primero y segundo tendrán los siguientes números de BO para la segunda fase: 1, 2. Así, entonces el primer nodo 21 cooperativo podrá transmitir con éxito un CTS e identificarse como el mejor nodo cooperativo.

En general, los nodos 21 a 23 cooperativos pueden, por definición, alcanzarse por el nodo 10 de origen, pero pueden ocultarse unos de otros. En este caso, es probable que una selección de una sola fase falle de cualquier modo porque probablemente un paquete de CTS transmitido de vuelta por el mejor nodo cooperativo que espera un número más corto de ranuras se corromperá por otro paquete de CTS transmitido de vuelta por otro nodo cooperativo oculto ante el mejor nodo cooperativo y espera un número de ranuras más largo pero antes de que el primer CTS finalice.

La figura 6 muestra un diagrama de flujo de un proceso de retardo de envío de múltiples fases en un nodo cooperativo según una segunda realización que se refiere a una selección de múltiples fases muy adecuadas para las situaciones anteriores.

En la etapa S301, se realiza una primera fase de retardo de envío de manera similar a la figura 2. A continuación, el nodo cooperativo de interés comprueba en la etapa S302 si ha detectado un mejor nodo cooperativo durante la primera fase de retardo de envío, por ejemplo, si se ha recibido una repuesta de CTS anterior desde otro nodo cooperativo. En este caso, el procedimiento de retardo de envío de múltiples fases termina para este nodo cooperativo. Por el contrario, si no se ha detectado ningún mejor nodo cooperativo, se comprueba en la etapa S303 si se ha recibido un nuevo mensaje de RTS desde el nodo 10 de origen (o remitente). Si no, el procedimiento de retardo de envío de múltiples fases termina para este nodo cooperativo. Por el contrario, si se ha recibido un nuevo mensaje de RTS desde el nodo 10 de origen, se deduce un nuevo valor de lambda basándose en los hallazgos anteriores y las condiciones del propio canal (etapa S304), y se realiza una segunda fase de retardo de envío (similar a la figura 2) en la etapa S305 usando un segundo número de BO calculado basándose en el nuevo valor de lambda.

La figura 7 muestra un diagrama de señalización esquemático de un proceso de retardo de envío de múltiples fases a modo de ejemplo según la segunda realización. En este caso, se supone que los nodos 21 a 23 cooperativos tienen condiciones de canal CC de 0,68, 0,78 y 0,88, respectivamente. Un primer valor de lambda (pequeño) proporcionará números de BO de 3, 3 y 3 para todos los nodos. Por eso en la tercera ranura S13, todos los nodos 21 a 23 cooperativos están transmitiendo paquetes de CTS de vuelta, lo que da como resultado una colisión en el nodo 10 de origen. El nodo 10 de origen conoce que el canal está inactivo en las ranuras S11 y S12, pero el canal experimenta una colisión en la ranura S13. Se concluye que todos los nodos 21 a 23 cooperativos tienen más o menos las mismas (malas) condiciones de canal. Por eso, en la segunda fase de retardo de envío o contienda, el remitente realimenta esta información a todos los nodos 21 a 23 cooperativos en un segundo paquete de RTS. Todos los nodos cooperativos saben ahora que no hubo colisión en las dos primeras ranuras del total de tres ranuras y que no hubo ningún nodo con una condición mejor que 0,67 (2/3). Por eso, cada nodo deduce 0,67 de su propia condición de canal y se multiplica de nuevo con un nuevo valor de lambda posiblemente más grande, por ejemplo de 50. Entonces los nodos 21 a 23 cooperativos tendrán los siguientes números de BO para la segunda fase: 1, 6 y 11. Por tanto, el primer nodo 21 cooperativo podrá transmitir con éxito un CTS y se identificará como el mejor nodo cooperativo.

La figura 8 muestra un diagrama de flujo de un proceso de retardo de envío de múltiples fases en un nodo cooperativo según una tercera realización. Esta realización ilustra que el proceso de selección de múltiples fases propuesto puede usarse de manera iterativa para seleccionar no sólo un mejor nodo cooperativo, sino también los primeros pocos mejores nodos cooperativos. Esto puede ser muy útil en esquemas de comunicación cooperativa, tal como se describe por ejemplo en A. Nosratinia, T.E.Hunter, y A. Hedayat, "Cooperative communication in wireless networks", IEEE Communications Magazine, octubre de 2004.

En la etapa S401, se realiza una primera fase de retardo de envío de manera similar a la figura 2. A continuación, el nodo cooperativo de interés comprueba en la etapa S402 si se ha recibido un nuevo mensaje de RTS desde el nodo 10 de origen (o remitente). Si no, el procedimiento de retardo de envío de múltiples fases termina para este nodo cooperativo. Por el contrario, si se ha recibido un nuevo mensaje de RTS desde el nodo 10 de origen, se deduce un nuevo valor de lambda basándose en los hallazgos anteriores y las condiciones del propio canal (etapa S403), y se realiza una segunda fase de retardo de envío (similar a la figura 2) en la etapa S404 usando un segundo número de

BO calculado basándose en el nuevo valor de  $\lambda$ .

La figura 9 muestra un diagrama de señalización esquemático de un proceso de retardo de envío de múltiples fases a modo de ejemplo según la tercera realización, en el que se supone que ninguno de los nodos 21 a 23 cooperativos está oculto de otro.

En este caso, se supone que los nodos 21 a 23 cooperativos tienen condiciones de canal  $CC$  de 0,25, 0,55 y 0,85 respectivamente. Supóngase que  $\lambda$  es ahora 3 para la primera fase de retardo de envío en la etapa S401 de la figura 8. En la primera fase de retardo de envío, por tanto, se identifica el primer nodo 21 cooperativo como un mejor nodo cooperativo, puesto que transmite en la ranura S11. Sin embargo, el nodo 10 de origen aún necesita conocer un segundo mejor nodo cooperativo y por eso transmite una segunda RTS en la segunda fase de retardo de envío que solicita el segundo mejor nodo cooperativo. Puesto que el segundo mejor nodo cooperativo sólo puede estar en la segunda ranura S12 o la tercera ranura S13 en la primera fase de retardo de envío, los nodos 22 y 23 cooperativos segundo y tercero restantes deducen 0,33 (correspondiente a 1 ranura de 3 ranuras) y multiplican un nuevo valor de  $\lambda$ , es decir, 3 de nuevo. Ahora, el segundo mejor nodo cooperativo gana contienda enviando antes un CTS en la segunda fase de retardo de envío.

A continuación, se describe en más detalle un esquema de procesamiento a modo de ejemplo para el nodo 10 de origen.

La figura 10 muestra un diagrama de flujo de un proceso de retardo de envío de múltiples fases en el nodo 10 de origen según una cuarta realización.

En una primera etapa S500 inicial se establece una variable continua  $n$  a 1. Entonces, en la etapa S501, el nodo 10 de origen envía un mensaje de RTS para iniciar una primera fase de retardo de envío. Entonces comprueba en la etapa S502 si se ha producido una colisión entre las respuestas de CTS desde los nodos 21 a 23 cooperativos. Si no, el  $n$ -ésimo mejor nodo cooperativo se determina en la etapa S503 basándose en la respuesta de CTS más rápida. Entonces, la variable continua  $n$  se incrementa en la etapa S504 y se comprueba en la etapa S505 si se ha alcanzado un valor máximo  $n_{max}$ . En este caso, el procedimiento de retardo de envío de múltiples fases termina. Por el contrario, si aún no se ha alcanzado el valor máximo  $n_{max}$ , el procedimiento salta de vuelta a la etapa S501 y se envía un nuevo mensaje de RTS para determinar un segundo mejor nodo cooperativo, y así sucesivamente.

Sin embargo, si se determina una colisión en la etapa S502, se deducen las condiciones de canal para los nodos 21 a 23 cooperativos en la etapa S506 basándose en las respuestas de CTS recibidas y en la etapa S507 se envía un mensaje de RTS adicional para iniciar una fase de retardo de envío adicional. Las etapas S502, S506 y S507 se repiten hasta que no se detecte ninguna colisión en la etapa S502 y pueda determinarse el  $n$ -ésimo mejor nodo cooperativo en la etapa S503.

Por tanto, en la cuarta realización, el procedimiento de retardo de envío de múltiples fases propuesto se usa tanto para la selección más rápida de un único mejor nodo cooperativo como para la selección de varios mejores nodos cooperativos.

La figura 11 muestra un diagrama de bloques esquemático de una implementación basada en software del mecanismo de selección propuesto. En este caso, el nodo 10 de origen y los nodos 21 a 23 cooperativos comprenden cada uno una unidad 210 de procesamiento, que puede ser cualquier procesador o dispositivo informático con una unidad de control que realice un control basándose en rutinas de software de un programa de control almacenado en una memoria 212. Las instrucciones de código de programa se obtienen de la memoria 212 y se cargan en la unidad de control de la unidad 210 de procesamiento con el fin de realizar las etapas de procesamiento de las funcionalidades anteriores descritas en conexión con las figuras 4, 6, 8 y 10 respectivas. Estas etapas de procesamiento pueden realizarse basándose en los datos de entrada DI y pueden generar datos de salida DO, donde en el nodo 10 de origen los datos de entrada DI pueden corresponder a respuestas de CTS recibidas y los datos de salida DO pueden corresponder a o iniciar un nuevo mensaje de RTS o solicitud con información de realimentación adicional para la segunda fase de retardo de envío y fases adicionales. Por otro lado, en los nodos cooperativos, los datos de entrada pueden corresponder a la solicitud de RTS recibida (desde el nodo 10 de origen) o respuesta de CTS (desde otros nodos cooperativos) y los datos de salida pueden corresponder a o iniciar una respuesta de CTS.

En este punto, se indica que las funcionalidades de las figuras 4, 6, 8 y 10 también pueden implementarse como hardware discreto o unidades de procesamiento de señales.

En resumen, se han descrito un método, aparatos, un sistema y un producto de programa informático para seleccionar al menos un nodo de destino de múltiples nodos 21 a 23 de destino para recibir una señal desde un nodo 10 de origen, en el que se proporcionan al menos dos fases de un proceso de retardo de envío, donde los nodos 21 a 23 de destino candidatos determinan números de retardo de envío respectivos según sus condiciones de canal para el nodo 10 de origen, donde la segunda fase se realiza si la primera fase no fue exitosa o si debe

seleccionarse un segundo nodo de destino.

5 Se indica que la presente invención no está limitada a las realizaciones anteriores y que puede usarse para cualquier otro tipo de red, tales como redes celulares virtuales, en las que tiene lugar una comunicación de un salto entre estaciones móviles y puntos de acceso, o redes *ad hoc* de múltiples saltos, que incluyen redes de sensores. Además, la presente invención es aplicable a las normas IEEE 802.11 vigentes, por ejemplo, la normalización IEEE 802.15.5 y sus extensiones futuras. Además, el esquema de selección propuesto puede usarse para seleccionar otros nodos de destino, de modo que se pretende que la expresión “nodo cooperativo” cubra cualquier tipo de nodo de destino u objetivo que podría seleccionarse mediante un nodo de origen o de envío. Además, el número de  
10 retardo de envío que determinó la sincronización de respuesta puede calcularse usando cualquier parámetro adecuado distinto de la condición de canal y el valor de lambda.

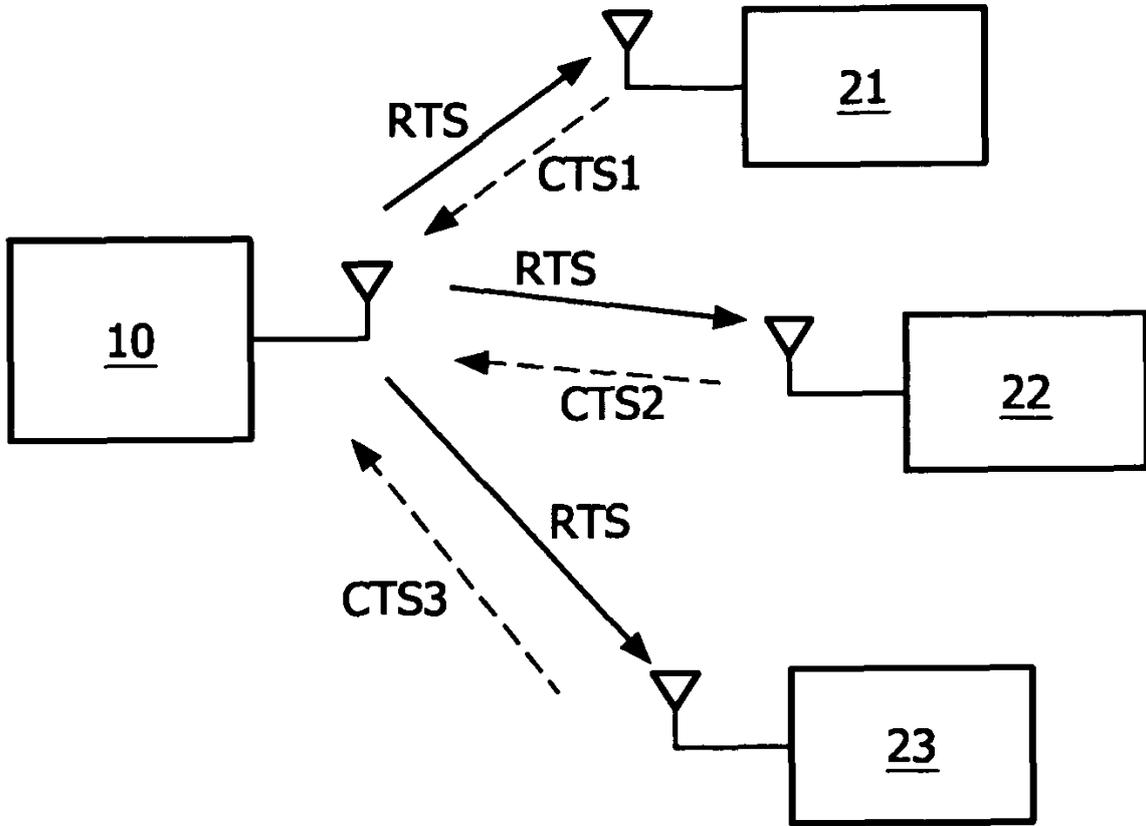
15 Finalmente pero aún importante, se indica que la expresión “comprende” o “que comprende” cuando se usa en la memoria descriptiva incluyendo las reivindicaciones pretende especificar la presencia de características, medios, etapas o componentes mencionados, pero no excluye la presencia o adición de una o más otras características, medios, etapas, componentes o grupo de los mismos. Además, la palabra “un” o “una” precediendo a un elemento en una reivindicación no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos. Además, ningún signo de referencia limita el alcance de las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato que va a seleccionarse como un nodo cooperativo al que va a transmitirse una señal desde un nodo de origen, estando adaptado dicho aparato (21-23) para determinar en una primera fase de un proceso de retardo de envío un primer número de retardo de envío basándose en una condición de canal para dicho nodo (10) de origen, y para determinar en una segunda fase posterior de dicho proceso de retardo de envío al menos un segundo número de retardo de envío basándose en una condición de canal posterior para dicho nodo (10) de origen y basándose en una reacción de al menos uno de dicho nodo (10) de origen y otros nodos cooperativos candidatos en dicha primera fase de dicho proceso de retardo de envío.
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho aparato (21 a 23) está adaptado para determinar basándose en dicha reacción de dicho nodo (10) de origen al final de cada fase de retardo de envío, si una fase actual de dicho proceso de retardo de envío fue exitosa.
3. Aparato según la reivindicación 2, en el que dicho aparato (21 a 23) está adaptado para determinar si dicha fase actual fue exitosa, basándose en al menos una de una ausencia de una respuesta desde dicho nodo (10) de origen y una reacción realizada por otro nodo cooperativo candidato.
4. Aparato según la reivindicación 2, en el que dicho aparato (21 a 23) está adaptado para determinar si dicha fase actual fue exitosa, basándose en una realimentación desde dicho nodo (10) de origen a nodos cooperativos al final de de dicha primera fase, comprendiendo dicha realimentación información acerca de si se realizó con éxito una selección de un nodo cooperativo o en qué ranura ha fallado dicha selección.
5. Aparato según la reivindicación 4, en el que dicha realimentación desde dicho nodo (10) de origen comprende una información que indica qué nodos cooperativos se excluyen de dicha segunda fase de dicho proceso de retardo de envío.
6. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho aparato (21 a 23) está adaptado para determinar dicho segundo número de retardo de envío basándose en una información obtenida de la determinación de si dicha fase actual fue exitosa.
7. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho aparato (21 a 23) está adaptado para usar un número de ranuras inactivas en dicha primera fase de dicho proceso de retardo de envío para calcular un número de condición de canal correspondiente.
8. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho aparato (21 a 23) está adaptado para sustraer dicho número de condición de canal correspondiente de un número de condición de canal original de dicha primera fase con el fin de calcular dicho segundo número de retardo de envío.
9. Aparato según la reivindicación 7 u 8, en el que una realimentación desde dicho nodo (10) de origen comprende un nuevo valor sugerido de un factor que va a combinarse con dicho número de condición de canal correspondiente para obtener dicho segundo número de retardo de envío.
10. Aparato para seleccionar al menos un nodo cooperativo al que va a transmitirse una señal desde dicho aparato (10), estando adaptado dicho aparato (10) para iniciar una primera fase de un proceso de retardo de envío en el que los nodos (21 a 23) cooperativos candidatos determinan números de retardo de envío según sus condiciones de canal para dicho aparato (10), y para iniciar una segunda fase posterior de dicho proceso de retardo de envío si dicha primera fase no fue exitosa o si debe seleccionarse un segundo nodo cooperativo.
11. Aparato según la reivindicación 10, en el que dicho aparato (10) está adaptado para:
  - generar una respuesta para dichos nodos (21 a 23) cooperativos candidatos en respuesta a una detección de una colisión durante dicha primera fase de dicho proceso de retardo de envío, y/o,- proporcionar una realimentación a dichos nodos (21 a 23) cooperativos candidatos al final de dicha primera fase, indicando dicha realimentación si dicha selección de dicho nodo cooperativo se realizó con éxito o en qué ranura ha fallado dicha selección.
12. Aparato según la reivindicación 11, en el que dicha realimentación comprende una de: - una información que indica qué nodos cooperativos se excluyen de dicha segunda fase de dicho proceso de retardo de envío, y
  - un nuevo valor sugerido de un factor que va a combinarse con dicho número de condición de canal correspondiente para obtener un número de retardo de envío en dichos nodos (21 a 23) cooperativos

candidatos.

- 5 13. Método para seleccionar al menos un nodo cooperativo de múltiples nodos (21 a 23) cooperativos para recibir una señal desde un nodo (10) de origen, comprendiendo dicho método al menos dos fases de un proceso de retardo de envío en el que dichos nodos (21 a 23) cooperativos candidatos determinan números de retardo de envío respectivos según sus condiciones de canal para dicho nodo (10) de origen, en el que dicha segunda fase se realiza si dicha primera fase no fue exitosa o si debe seleccionarse un segundo nodo cooperativo.
- 10 14. Producto de programa informático que comprende medios de código para producir las etapas del método de la reivindicación 13 cuando se ejecuta en un dispositivo informático.
- 15 15. Sistema para seleccionar al menos un nodo cooperativo de múltiples nodos (21 a 23) cooperativos comprendiendo cada uno un aparato según la reivindicación 1, en el que dicho sistema comprende además un aparato según la reivindicación 10 en un nodo (10) de origen desde el que va a transmitirse una señal a dicho al menos un nodo cooperativo.



**FIG. 1**

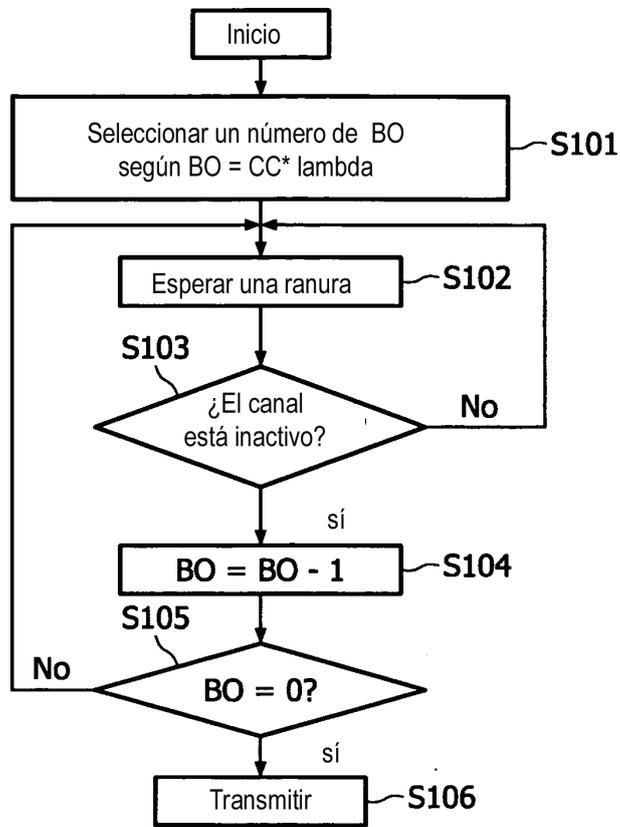


FIG. 2

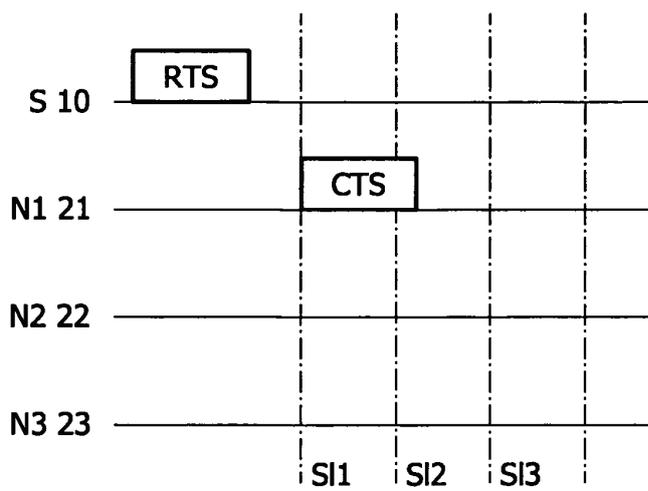


FIG. 3

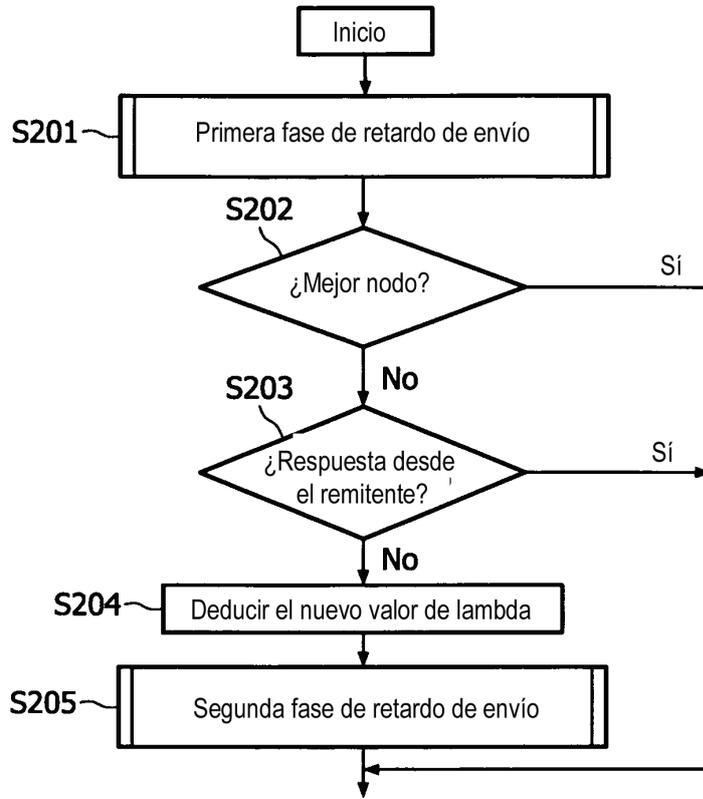


FIG. 4

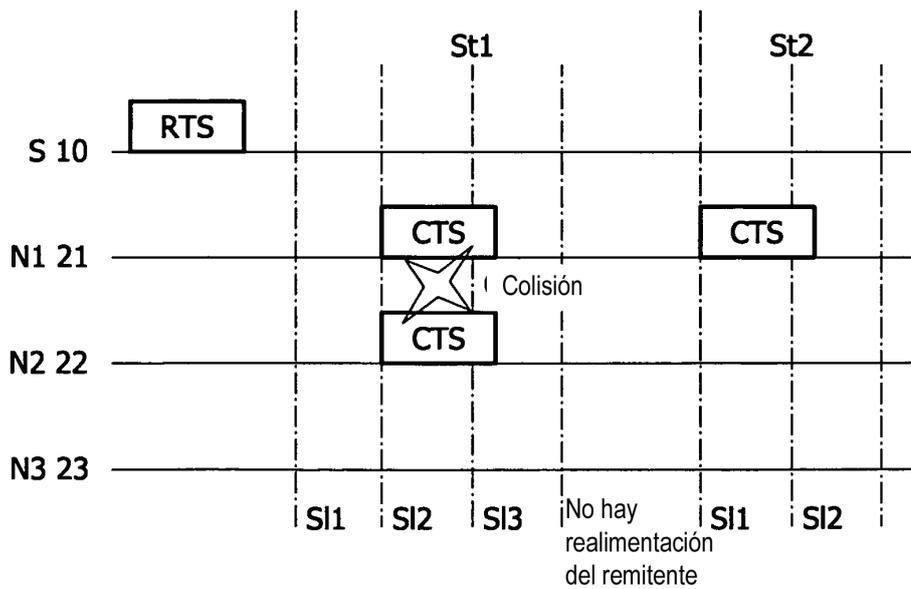


FIG. 5

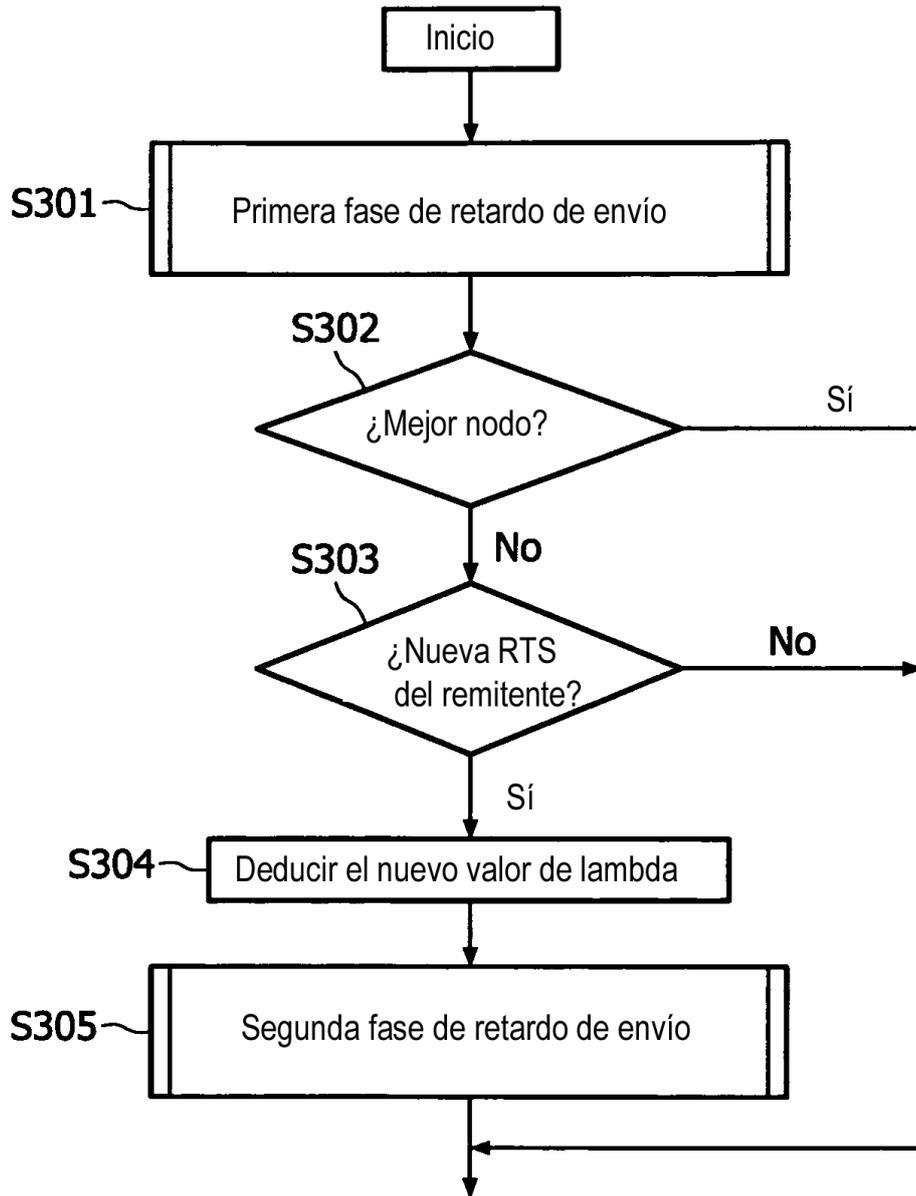


FIG. 6

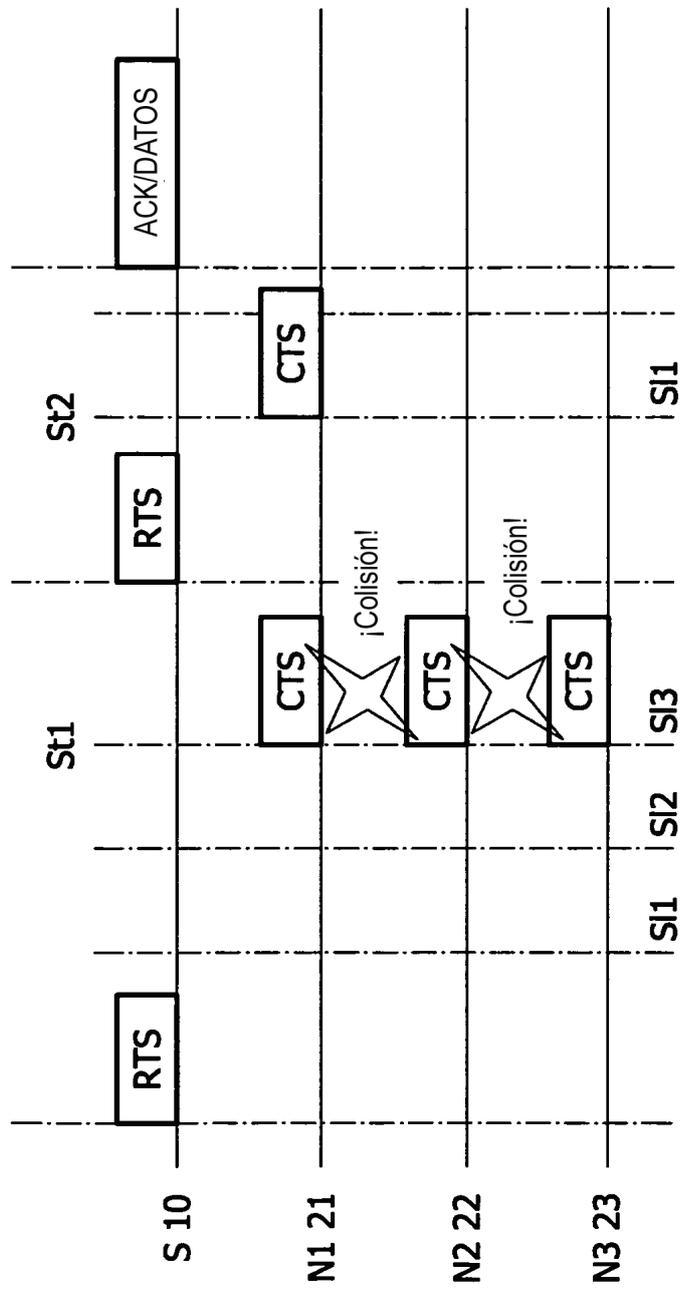


FIG. 7

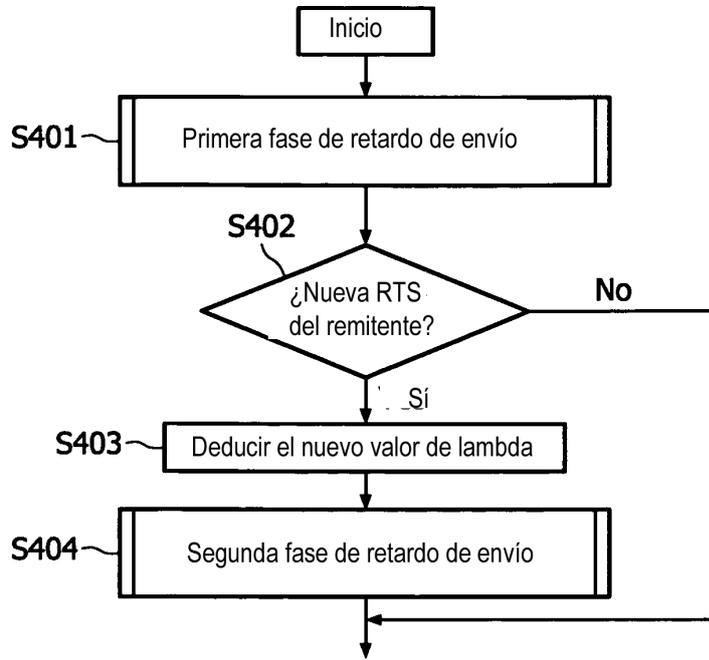


FIG. 8

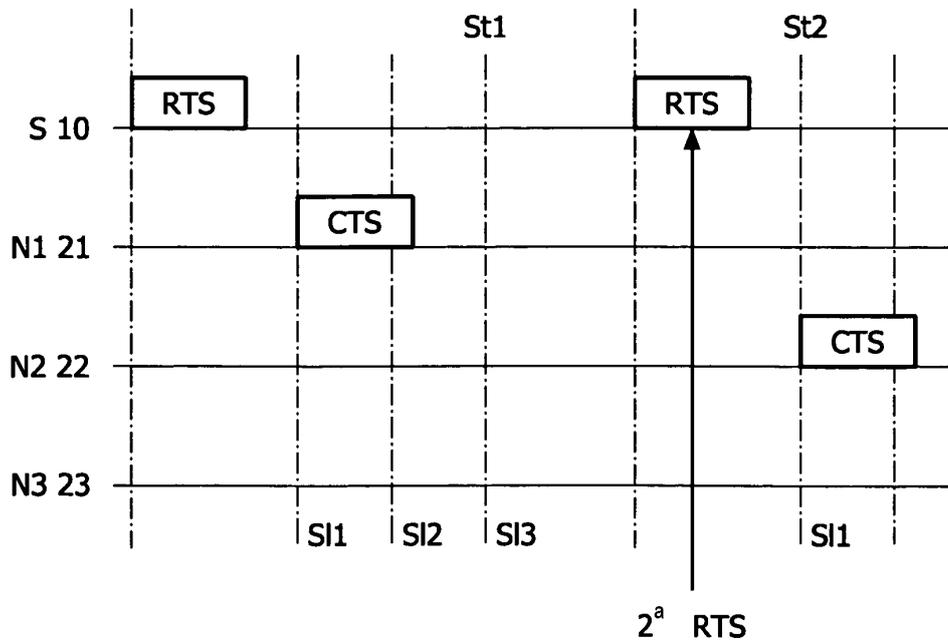


FIG. 9

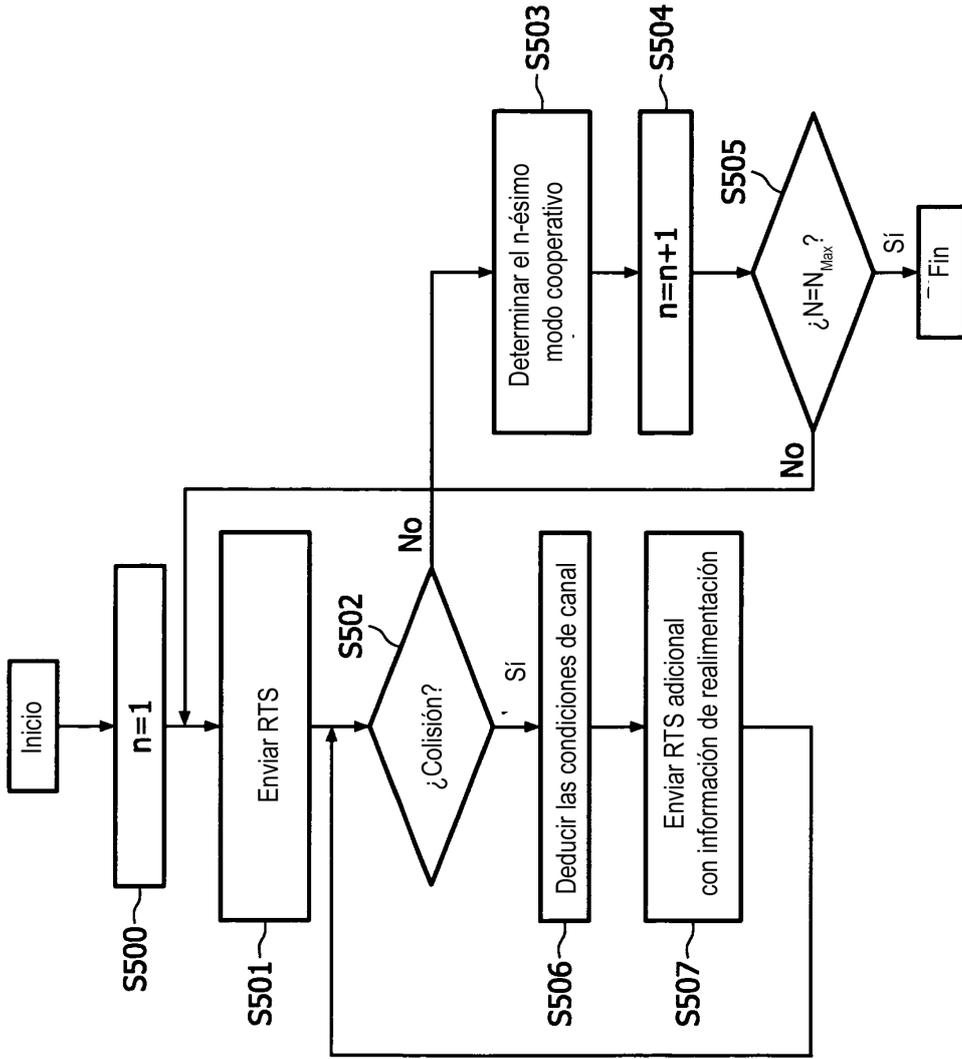
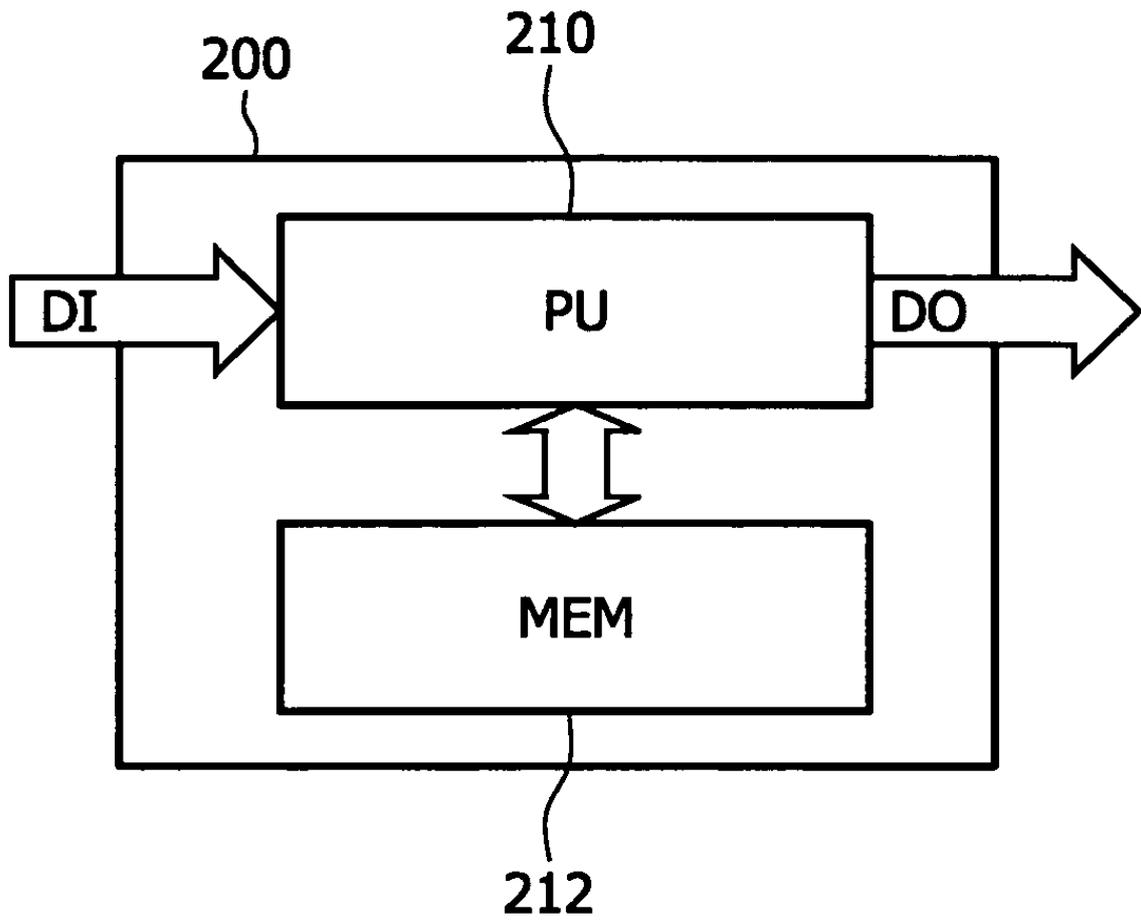


FIG. 10



**FIG. 11**