

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 776**

51 Int. Cl.:

**H04W 74/00** (2009.01)

**H04W 74/08** (2014.01)

**H04W 84/12** (2009.01)

**H04B 7/0452** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.10.2017** **E 21178389 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2024** **EP 3902365**

54 Título: **Gestión mejorada de AC en modo de transmisión EDCA multiusuario en redes inalámbricas**

30 Prioridad:

**21.10.2016 GB 201617880**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**01.07.2024**

73 Titular/es:

**CANON KABUSHIKI KAISHA (100.0%)**  
**30-2 SHIMOMARUKO 3-CHOME**  
**OHTA-KUTokyo 146-8501, JP**

72 Inventor/es:

**BARON, STÉPHANE;**  
**NEZOU, PATRICE y**  
**VIGER, PASCAL**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

**ES 2 974 776 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

Gestión mejorada de AC en modo de transmisión EDCA multiusuario en redes inalámbricas

5 SECTOR TÉCNICO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere, en general, a redes de comunicación y, más específicamente, a redes de comunicación que ofrecen accesos al canal a nodos a través de contienda y proporcionan accesos secundarios a los nodos a subcanales (o unidades de recurso) dividiendo una oportunidad de transmisión, TXOP, concedida a un punto de acceso, con el fin de transmitir datos.

La invención encuentra aplicación en redes de comunicación inalámbrica, en particular en redes 802.11ax, ofreciendo a los nodos un acceso a un canal compuesto 802.11ax y/o a unidades de recurso de OFDMA que forman, por ejemplo, un canal compuesto 802.11ax concedido al punto de acceso, y permitiendo que se lleve a cabo una comunicación de enlace ascendente.

15 ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

El estándar de MAC de IEEE 802.11 define la forma en la que las redes de área local inalámbricas (WLAN) deben funcionar en el nivel físico y de Control de Acceso al Medio (Medium Access Control, MAC). Habitualmente, el modo de funcionamiento de MAC (control de acceso al medio) 802.11 implementa la bien conocida Función de Coordinación Distribuida (Distributed Coordination Function, DCF), que se basa en un mecanismo basado en contienda basado en la denominada técnica de "acceso múltiple por detección de portadora con prevención de colisiones" (CSMA/CA).

El estándar del protocolo de acceso al medio 802.11 o su modo de funcionamiento está dirigido principalmente a la gestión de nodos de comunicación que esperan a que el medio inalámbrico esté inactivo para intentar acceder al medio inalámbrico.

El modo de funcionamiento de red definido por el estándar IEEE 802.11ac proporciona un rendimiento muy alto (Very High Throughput, VHT) mediante, entre otros medios, el desplazamiento desde la banda de 2,4 GHz, que se considera altamente susceptible a la interferencia, a la banda de 5 GHz, permitiendo así utilizar canales contiguos en frecuencia más anchos de 80 MHz, dos de los cuales se pueden combinar, opcionalmente, para obtener un canal de 160 MHz como la banda de funcionamiento de la red inalámbrica.

El estándar 802.11ac también adapta las tramas de control, tales como las tramas de solicitud de envío (Request-To-Send, RTS) y libre para envío (Clear-To-Send, CTS) para permitir canales compuestos de anchos de banda variables y predefinidos de 20, 40 u 80 MHz, estando formados los canales compuestos por uno o varios canales de comunicación que son contiguos dentro de la banda de funcionamiento. El canal compuesto de 160 MHz es posible mediante la combinación de dos canales compuestos de 80 MHz dentro de la banda de funcionamiento de 160 MHz. Las tramas de control especifican el ancho de canal (ancho de banda) para el canal compuesto objetivo.

Por lo tanto, un canal compuesto está formado por un canal principal en el que un nodo determinado lleva a cabo el procedimiento de contención EDCA para acceder al medio, y, como mínimo, un canal secundario de, por ejemplo, 20 MHz cada uno.

EDCA (Enhanced Distributed Channel Access, acceso al canal distribuido mejorado) define categorías de tráfico y cuatro categorías de acceso correspondientes que hacen posible tratar de forma diferente el tráfico de alta prioridad en comparación con el tráfico de baja prioridad.

La implementación de EDCA en los nodos se puede realizar utilizando una serie de colas de tráfico (conocidas como "Categorías de Acceso") para servir tráfico de datos a diferentes prioridades, estando asociada cada cola de tráfico con un valor de contención de cola respectivo. El valor de contención de cola se calcula a partir de los parámetros de contienda de cola respectivos, por ejemplo, los parámetros de EDCA, y se utiliza para competir por el acceso a un canal de comunicación con el fin de transmitir los datos almacenados en la cola de tráfico.

Los parámetros de EDCA convencionales incluyen  $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$  y AIFSN para cada cola de tráfico, en los que  $CW_{min}$  y  $CW_{max}$  son los límites inferior y superior de un intervalo de selección a partir del cual se selecciona una ventana de contienda de EDCA,  $CW$ , para una cola de tráfico determinada. AIFSN significa número de espaciado intertrama de arbitraje, y define el número de ranuras temporales (normalmente 9  $\mu s$ ), adicionales a un intervalo DIFS (definiendo el total el período AIFS) que el nodo debe detectar el medio como inactivo antes de decrementar el valor de contención de cola asociado con la cola de tráfico considerada.

Los parámetros de EDCA se pueden definir en una trama de baliza enviada por un nodo concreto en la red para difundir información de red.

Las ventanas de contienda, CW, y los valores de contención de cola son variables de EDCA.

5 El procedimiento de contención EDCA convencional consiste en que el nodo selecciona un valor de contención de cola para una cola de tráfico a partir de la ventana de contienda, CW, respectiva y, a continuación, lo decrementa al detectar el medio como inactivo después del período AIFS. Una vez que el valor de contención alcanza el cero, se permite que el nodo acceda al medio.

10 Así pues, los valores o contadores de contención de cola de EDCA realizan dos funciones. En primer lugar, dirigen a los nodos para acceder de forma eficiente al medio, reduciendo los riesgos de colisiones; en segundo lugar, ofrecen gestión de calidad de servicio, QoS, reflejando la antigüedad de los datos contenidos en la cola de tráfico (cuanto más antiguos sean los datos, menor será el valor de contención) y proporcionando así diferentes prioridades a las colas de tráfico a través de diferentes valores de los parámetros de EDCA (especialmente del parámetro AIFSN, que retarda el inicio del decremento de los valores de contención de cola de EDCA).

15 Por tanto, gracias al procedimiento de contención EDCA, el nodo puede acceder a la red de comunicación utilizando el mecanismo de acceso de tipo de contienda basándose en los parámetros de contienda de cola, habitualmente basándose en el contador o valor de contención de cola calculado.

20 Los nodos de comunicación utilizan el canal principal para detectar si el canal está o no inactivo, y el canal principal se puede ampliar utilizando el canal o canales secundarios para formar un canal compuesto. El canal principal también se puede utilizar solo.

25 Dado un desglose en árbol de la banda de funcionamiento en canales elementales de 20 MHz, algunos canales secundarios se denominan canales terciarios o cuaternarios.

30 En 802.11ac, todas las transmisiones y, por tanto, los posibles canales compuestos, incluyen el canal principal. Esto se debe a que los nodos llevan a cabo el seguimiento completo del acceso múltiple por detección de portadora/prevención de colisiones (CSMA/CA) y del vector de asignación de red (Network Allocation Vector, NAV) solo en el canal principal. Los otros canales se asignan como canales secundarios, en los cuales los nodos solo tienen capacidad de CCA (evaluación de canal libre), es decir, detección de un estado inactivo u ocupado de dicho canal secundario.

35 Un problema con la utilización de canales compuestos tal como se definen en el estándar 802.11n u 802.11ac (u 802.11ax) es que los nodos compatibles con una utilización de canales compuestos (es decir, nodos que cumplen los estándares 802.11n y 802.11ac o "nodos HT", que significa nodos de alto rendimiento) tienen que coexistir con nodos heredados que no son capaces de utilizar canales compuestos, sino que se basan solo en canales de 20 MHz convencionales (es decir, nodos no HT que cumplen solo, por ejemplo, 802.11a/b/g); existen dentro de la misma red inalámbrica y, por tanto, tienen que compartir los mismos canales de 20 MHz.

40 Para hacer frente a este problema, los estándares 802.11n, 802.11ac y 802.11ax proporcionan la posibilidad de duplicar las tramas de control (por ejemplo, tramas RTS/CTS o CTS a uno mismo (CTS-to-Self), o ACK para acusar recibo de la recepción correcta o errónea de los datos enviados) sobre cada canal de 20 MHz en un formato heredado 802.11a (denominado "no HT") para establecer la protección de la TXOP requerida sobre todo el canal compuesto.

45 Esto es para que cualquier nodo 802.11a heredado que utilice cualquiera de los canales de 20 MHz implicados en el canal compuesto tenga en cuenta las comunicaciones en curso en el canal de 20 MHz. Como resultado, se evita que el nodo heredado inicie una nueva transmisión hasta el final de la TXOP del canal compuesto actual concedida a un nodo 802.11n/ac/ax.

50 Como se proponía originalmente en 802.11n, se proporciona una duplicación de la transmisión 802.11a convencional o "no HT" para permitir enviar las dos tramas de control no HT de 20 MHz idénticas simultáneamente en los canales principal y secundarios que forman el canal compuesto utilizado.

55 Este enfoque se ha extendido a 802.11ac para permitir la duplicación sobre los canales que forman un canal compuesto de 80 MHz o 160 MHz. En el resto del presente documento, la "trama no HT duplicada" o la "trama de control no HT duplicada" o la "trama de control duplicada" significa que el dispositivo de nodo duplica la transmisión convencional o "no HT" de una trama de control determinada sobre el(los) canal(es) secundario(s) de 20 MHz de la banda de funcionamiento (40 MHz, 80 MHz o 160 MHz).

60 En la práctica, para solicitar un canal compuesto (mayor o igual que 40 MHz) para una nueva TXOP, un nodo 802.11n/ac lleva a cabo un procedimiento de contención EDCA en el canal de 20 MHz principal, como se menciona anteriormente. En paralelo, lleva a cabo un mecanismo de detección de canal, tal como la detección de la señal de evaluación de canal libre (CCA), en los canales secundarios para detectar el canal o canales secundarios que están inactivos (el estado del canal es "inactivo") durante un intervalo PIFS antes del comienzo de la

nueva TXOP (es decir, antes de que venza cualquier contador de contención de cola).

5 Más recientemente, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) aprobó oficialmente el grupo de trabajo de 802.11ax, como el sucesor de 802.11ac. El objetivo principal del grupo de trabajo de 802.11ax consiste en buscar una mejora de la velocidad de datos para dispositivos de comunicación inalámbrica utilizados en escenarios de despliegue denso.

10 Los desarrollos recientes del estándar 802.11ax buscaban optimizar la utilización del canal compuesto por múltiples nodos en una red inalámbrica que tiene un punto de acceso (Access Point, AP). De hecho, los contenidos típicos tienen cantidades importantes de datos relacionados, por ejemplo, con contenido audiovisual de alta definición en tiempo real e interactivo. Asimismo, es bien conocido que el rendimiento del protocolo CSMA/CA utilizado en el estándar IEEE 802.11 se deteriora rápidamente a medida que aumenta el número de nodos y la cantidad de tráfico, es decir, en escenarios de WLAN densa.

15 En este contexto, se ha considerado que la transmisión multiusuario (MU) permita múltiples transmisiones simultáneas a/desde diferentes usuarios en las direcciones del enlace descendente (DL) y del enlace ascendente (UL) desde/hasta el AP y durante una oportunidad de transmisión concedida al AP. En el enlace ascendente, las transmisiones multiusuario se pueden utilizar para mitigar la probabilidad de colisión permitiendo que múltiples estaciones o nodos no AP transmitan simultáneamente.

20 Para llevar a cabo realmente dicha transmisión multiusuario, se ha propuesto dividir un canal de comunicación concedido en subcanales, también denominados unidades de recurso (RU), que se comparten en el dominio de la frecuencia por múltiples usuarios (estaciones/nodos no AP), basándose, por ejemplo, en una técnica de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA). Cada RU se puede definir mediante un cierto número de tonos, conteniendo el canal de 80 MHz hasta 996 tonos utilizables.

25 OFDMA es una variación multiusuario de OFDM, que se ha convertido en una nueva tecnología clave para mejorar la eficiencia en redes inalámbricas avanzadas basadas en infraestructura. Combina OFDM en la capa física con acceso múltiple por división de frecuencia (Frequency Division Multiple Access, FDMA) en la capa MAC, permitiendo asignar diferentes subportadoras a diferentes estaciones/nodos con el fin de aumentar la concurrencia. Las subportadoras adyacentes a menudo experimentan condiciones del canal similares y, por tanto, se agrupan en subcanales: por tanto, un subcanal o RU de OFDMA es un conjunto de subportadoras.

30 Como se concibe actualmente, la granularidad de dichos subcanales de OFDMA es más fina que la de la banda del canal de 20 MHz original. Habitualmente, un subcanal de 2 MHz o 5 MHz se puede contemplar como un ancho mínimo, definiendo así, por ejemplo, 9 subcanales o unidades de recurso dentro de un único canal de 20 MHz.

35 La característica multiusuario de OFDMA permite que el AP asigne u ofrezca diferentes RU a diferentes estaciones/nodos no AP con el fin de aumentar la competencia. Esto puede ayudar a reducir la contienda y las colisiones de las redes 802.11.

40 Al contrario que en el OFDMA de enlace descendente, en el que el AP puede enviar directamente múltiples datos a múltiples estaciones (soportado mediante indicaciones concretas dentro de la cabecera PLCP), se ha adoptado un mecanismo de activación para que el AP active las comunicaciones OFDMA multiusuario de enlace ascendente (MU UL) de varios nodos.

45 Para soportar un enlace ascendente multiusuario, es decir, la transmisión de enlace ascendente al punto de acceso (AP) de 802.11ax durante una TXOP priorizada, el AP de 802.11ax tiene que proporcionar información de señalización para que los nodos heredados (nodos no 802.11ax) establezcan sus NAV y para que los nodos 802.11ax determinen la asignación de las unidades de recurso, RU, proporcionadas por el AP.

50 El estándar 802.11ax define una trama de activación (TF) que el AP envía a los nodos 802.11ax para activar las comunicaciones multiusuario de enlace ascendente.

55 El documento IEEE 802.11-15/0365 propone que el AP envíe una trama de activación (TF) para solicitar la transmisión de PPDU (OFDMA) multiusuario de enlace ascendente (UL) desde múltiples nodos. La TF define las unidades de recurso proporcionadas por el AP a los nodos. En respuesta, los nodos transmiten PPDU (OFDMA) MU de UL como respuestas inmediatas a la trama de activación. Todos los transmisores pueden enviar datos al mismo tiempo, pero utilizando conjuntos disjuntos de RU (es decir, de frecuencias en el esquema OFDMA), dando lugar a transmisiones con menos interferencia.

60 El ancho de banda o ancho del canal compuesto objetivo se señala en la trama TF, lo que significa que se añade el valor de 20, 40, 80 o 160 MHz. La trama TF se envía sobre el canal de 20 MHz principal y se duplica (replica) en cada uno del resto de canales de 20 MHz que forman el canal compuesto objetivo, si corresponde. Tal como se describe anteriormente para la duplicación de las tramas de control, se espera que cada nodo heredado cercano (nodos no HT o 802.11ac) que reciba la TF en su canal principal, establezca entonces su NAV al valor especificado en la TF. Esto evita

que estos nodos heredados accedan a los canales del canal compuesto objetivo durante la TXOP.

Se puede reservar una unidad de recurso, RU, para un nodo concreto, en cuyo caso el AP indica, en la TF, el nodo para el que está reservada la RU. Dicha RU se denomina RU planificada. El nodo indicado no necesita llevar a cabo la contienda para acceder a una RU planificada reservada al mismo.

El AP puede especificar en la TF el tipo de datos que el nodo tiene permitido transmitir en la RU planificada. Por ejemplo, la TF incluye un campo "AC preferente" de 2 bits en el que el AP indica una de las cuatro colas de tráfico de EDCA. Por otra parte, el AP puede dejar que la RU planificada se abra a cualquier tipo de datos. Para activar o no la "AC preferente", la TF incluye otro campo de 1 bit, concretamente "Nivel de preferencia de AC".

Con el fin de mejorar más la eficiencia del sistema con respecto al tráfico sin gestionar para el AP (por ejemplo, tramas de gestión de enlace ascendente procedentes de nodos asociados, nodos no asociados que pretenden alcanzar un AP o sencillamente tráfico de datos sin gestionar), el AP puede proponer las unidades de recurso a los nodos 802.11ax a través de un acceso basado en contienda. En otras palabras, más de un nodo (del grupo de nodos registrados con el AP) puede acceder aleatoriamente a la unidad de recurso, RU. Dicha RU se denomina RU aleatoria, y se indica como tal en la TF. Las RU aleatorias pueden servir como una base para la contienda entre nodos que desean acceder al medio de comunicación para enviar datos.

Un procedimiento de selección de recursos aleatorios ejemplar se define en el documento IEEE 802.11-15/1105. Según este procedimiento, cada nodo 802.11ax mantiene un motor de contención dedicado, denominado a continuación motor de contención de OFDMA o RU (unidad de recurso), que utiliza parámetros de contienda de RU, incluyendo un valor de contención de RU, para competir por el acceso a una de las RU aleatorias. Una vez que su valor de contención de OFDMA o RU alcanza el cero (por ejemplo, se decrementa en cada nueva trama TF-R en el número de RU aleatorias definidas en el mismo), un nodo se convierte en elegible para el acceso a la RU y, por tanto, selecciona aleatoriamente una RU de entre todas las RU aleatorias definidas en la trama de activación recibida. A continuación, utiliza la RU seleccionada para transmitir datos de por lo menos una de las colas de tráfico.

Como resulta muy evidente a partir de lo anterior, el esquema de acceso al medio de enlace ascendente multiusuario (o esquema de acceso de OFDMA o RU) permite que el número de colisiones generadas por intentos de acceso al medio simultáneos se reduzca, reduciendo al mismo tiempo la sobrecarga debida al acceso al medio, ya que el coste de acceso al medio se comparte entre varios nodos. Por tanto, el esquema de acceso de OFDMA o RU parece ser bastante más eficiente (con respecto al uso del medio) que el esquema de acceso al medio basado en contienda de EDCA convencional (en el contexto de una celda 802.11 de alta densidad).

Aunque el esquema de acceso de OFDMA o RU parece más eficiente, el esquema de acceso de EDCA también debe sobrevivir y, por tanto, coexistir con el esquema de acceso de OFDMA o RU.

Esto se debe principalmente a la existencia de nodos 802.11 heredados que deben seguir teniendo la oportunidad de acceder al medio, aunque no conozcan el esquema de acceso de OFDMA o RU. Y se debe garantizar la imparcialidad global sobre el acceso al medio.

También es incluso más necesario que los nodos 802.11ax también deberían tener la oportunidad de obtener acceso al medio a través del acceso al medio basado en contienda de EDCA convencional, por ejemplo, para enviar datos a otro nodo (es decir, para tráfico diferente del tráfico de enlace ascendente para el AP).

Por tanto, los dos esquemas de acceso al medio, los esquemas de acceso de EDCA y OFDMA/RU, tienen que coexistir.

Esta coexistencia tiene aspectos negativos.

Por ejemplo, los nodos 802.11ax y los nodos heredados tienen la misma probabilidad de acceso al medio utilizando el esquema de acceso de EDCA. Sin embargo, los nodos 802.11ax tienen oportunidades de acceso al medio adicionales utilizando el esquema de acceso de enlace ascendente multiusuario o de OFDMA o RU.

Esto da lugar a que el acceso al medio no sea completamente imparcial entre los nodos 802.11ax y los nodos heredados.

Para restaurar cierta imparcialidad entre los nodos, se han propuesto soluciones para modificar, después de transmitir con éxito datos sobre una unidad de recurso a la que se ha accedido (es decir, a través de una transmisión OFDMA de UL), un valor actual de por lo menos un parámetro de contienda de cola a un valor penalizado o degradado, para reducir la probabilidad de que el nodo acceda a un canal de comunicación a través de contienda (EDCA). Por ejemplo, el valor penalizado o degradado es más restrictivo que el valor original (o heredado).

Por ejemplo, el documento IEEE 802.11-16/1180, titulado "*Proposed text changes for MU EDCA parameters*" propone que, después de transmitir (OFDMA MU de UL) con éxito datos en una unidad de recurso, RU, reservada

5 por el AP, un nodo se establezca en un modo EDCA MU, durante una duración predeterminada que cuenta atrás un temporizador (indicado como HEMUEDCATimer a continuación, que significa Temporizador de EDCA multiusuario de alta eficiencia (High Efficiency Multi-User EDCA Timer)), en el que los parámetros de EDCA se establecen a valores, denominados valores de parámetros de EDCA MU o valores MU, diferentes de los valores heredados utilizados en el modo EDCA heredado. Los valores de parámetros MU se establecen a valores más restrictivos que los valores heredados: unos valores más restrictivos para los parámetros de EDCA significan que una probabilidad de que un nodo acceda al canal de comunicación a través del esquema de acceso de EDCA utilizando los valores MU se reduce con respecto a un acceso utilizando los valores heredados.

10 En otras palabras, tan pronto como el nodo transmite algunos datos desde una o varias colas de tráfico utilizando una RU planificada asignada al nodo por el AP, el nodo deberá modificar los parámetros de EDCA asociados con la(s) cola(s) de tráfico de transmisión (a continuación en el presente documento, cola(s) "degradada(s)", "penalizada(s)" o "bloqueada(s)"), por algunos valores ("MU" o "degradado(s)") especiales más restrictivos que puede proporcionar el AP en un elemento de información dedicado de una trama de baliza, que también incluye el valor que deben utilizar los nodos para su HEMUEDCATimer.

15 Por tanto, se puede observar que el AP envía a los nodos los valores más restrictivos para dirigir al nodo en la modificación de los valores actuales de sus parámetros de EDCA por los valores MU después de que el nodo transmite con éxito datos sobre la unidad de recurso a la que ha accedido. Esto también se hace para reducir la probabilidad de que el nodo acceda al canal de comunicación a través del esquema de acceso de EDCA.

Además, el AP puede determinar los valores más restrictivos basándose en un historial de datos recibido de los nodos (por ejemplo, a través de RU).

25 El enfoque que se da a conocer sugiere aumentar solo el valor de AIFSN para cada cola de tráfico de transmisión, manteniendo sin cambios  $CW_{min}$  y  $CW_{max}$ . A medida que el período AIFS correspondiente aumenta, se evita (o por lo menos se retarda sustancialmente) que la cola de tráfico en el modo EDCA MU decremente su valor o contador de contención de cola después de detectar el medio como libre, en particular en entornos de alta densidad en los que el medio no permanece libre durante mucho tiempo. Los nuevos accesos al medio utilizando el esquema de acceso de EDCA se reducen estadísticamente sustancialmente, o incluso dejan de ser posibles.

30 Después de cambiar al modo EDCA MU, el nodo inicia la cuenta atrás de su HEMUEDCATimer. El HEMUEDCATimer se reinicializa cada vez que el nodo transmite datos (OFDMA MU de UL) con éxito en una nueva RU reservada. Se sugiere que el valor de inicialización del HEMUEDCATimer sea alto (por ejemplo, decenas de milisegundos) con el fin de abarcar varias nuevas oportunidades de transmisiones MU de UL.

Cuando vence el HEMUEDCATimer, las colas de tráfico en el modo EDCA MU se vuelven a cambiar al modo EDCA heredado con parámetros de EDCA heredados, saliendo así las colas del modo EDCA MU.

40 Por tanto, este mecanismo de dos modos de funcionamiento, el modo EDCA convencional y el modo EDCA MU, favorece el uso del mecanismo MU de UL reduciendo la probabilidad de que un nodo de transmisión MU de UL obtenga acceso al medio utilizando el mecanismo de EDCA.

45 El mecanismo del HEMUEDCATimer de reinicializar el HEMUEDCATimer cada vez que el nodo transmite con éxito nuevos datos en las RU reservadas a las que ha accedido significa que el nodo permanece en el estado EDCA MU siempre que el AP proporcione RU (planificadas o aleatorias) al nodo.

Este enfoque tiene un inconveniente principal, como se explica a continuación.

50 Si el nodo transmite datos desde dos o más colas de tráfico en una o varias unidades de recurso proporcionadas por el AP (por ejemplo, si una cola de tráfico dedicada se vacía, el nodo selecciona otros datos a enviar de una cola de tráfico con mayor prioridad), las dos o más colas de tráfico cambian al modo EDCA más restrictivo y MU. Principalmente, se evita que accedan al medio a través del esquema de acceso de EDCA, ya que, por ejemplo, sus AIFSN respectivos son muy restrictivos.

55 Puede ocurrir que el AP proporcione regularmente unidades de recurso a ese nodo (que está en dicha situación) con una indicación de una cola de tráfico preferente de la que se deben seleccionar los datos.

60 Mientras continúe esta consulta con cola de tráfico preferente, el nodo vacía la cola de tráfico correspondiente después de acceder a las unidades de recurso proporcionadas, mientras mantiene las dos o más colas de tráfico en el modo EDCA MU. Esto significa que la(s) otra(s) cola(s) de tráfico permanece(n) bloqueada(s) en el modo EDCA más restrictivo y MU, y no se puede(n) limpiar accediendo al medio.

65 Por tanto, la QoS en la red se ve gravemente deteriorada.

El documento de Patente EP 3 527 028, técnica anterior según A54(3)EPC, propone utilizar varios temporizadores

dedicados a cada una de las colas de tráfico. Por tanto, todos los temporizadores de una estación determinada se actualizan cuando una de las colas de tráfico de la estación envía datos con éxito utilizando una RU proporcionada por el AP. Aunque la QoS se mejora con el procedimiento propuesto, sigue existiendo la necesidad de mejora.

5 CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

La presente invención busca superar las limitaciones anteriores. En particular, busca superar la pérdida de gestión de QoS resultante de la introducción de las transmisiones OFDMA MU de UL.

10 Los inventores han observado que el bloqueo de las otras colas de tráfico en un modo de contienda MU, tal como el modo EDCA MU anterior, surge a raíz del reinicio del HEMUEDCATimer cada vez que los datos de la misma cola de tráfico preferente se transmiten (regularmente) en unidades de recurso. Por tanto, la unicidad del HEMUEDCATimer para gestionar simultáneamente todas las colas de tráfico en el modo de contienda MU es sustancialmente perjudicial para la QoS.

15 Por tanto, la invención pretende restaurar una cierta QoS rompiendo la unicidad del HEMUEDCATimer.

En este contexto, la presente invención propone un dispositivo de comunicación como se define en la reivindicación 1 y un punto de acceso como se define en la reivindicación 6.

20 Por tanto, la presente invención propone utilizar un HEMUEDCATimer dedicado para cada cola de AC, con el fin de que éstas sean capaces de salir del modo de contienda MU independientemente de las otras colas de AC.

Se pueden utilizar temporizadores implementados mediante hardware o mediante software.

25 Por tanto, se restaura la imparcialidad entre los dos modos de contienda para los nodos 802.11ax.

30 Unos valores MU diferentes de los valores heredados para una cola de tráfico significa que los valores MU y heredados para por lo menos un mismo parámetro de contienda difieren entre sí, independientemente de si los valores MU y heredados de los otros parámetros de contienda son iguales o diferentes.

De forma correspondiente, la invención también se refiere a procedimientos de comunicación como se definen en las reivindicaciones 9 y 10.

35 Los procedimientos tienen las mismas ventajas que el dispositivo y el punto de acceso definidos anteriormente.

Características opcionales de la invención se definen en las reivindicaciones adjuntas.

40 Otro aspecto de la invención se refiere a un medio no transitorio legible por ordenador que almacena un programa que, cuando se ejecuta mediante un microprocesador o un sistema informático en un dispositivo, hace que el dispositivo lleve a cabo el procedimiento definido anteriormente.

45 El medio no transitorio legible por ordenador puede tener características y ventajas que son análogas a las expuestas anteriormente y más adelante en relación con los procedimientos y los dispositivos.

50 Como mínimo, partes de los procedimientos según la invención se pueden implementar por ordenador. En consecuencia, la presente invención puede tomar la forma de una realización completamente de hardware, una realización completamente de software (incluyendo firmware, software residente, microcódigo, etc.) o una realización que combina aspectos de software y de hardware que, en la presente memoria descriptiva, pueden denominarse, en general, un "circuito", "módulo" o "sistema". Asimismo, la presente invención puede tomar la forma de un producto de programa informático incorporado en cualquier medio o expresión tangible que tiene código de programa utilizable por ordenador incorporado en el medio.

55 Como la presente invención se puede implementar en software, la presente invención se puede realizar como código legible por ordenador para su provisión a un aparato programable en cualquier medio portador apropiado. Un medio portador tangible puede comprender un medio de almacenamiento tal como una unidad de disco duro, un dispositivo de cinta magnética o un dispositivo de memoria de estado sólido y similares. Un medio portador transitorio puede incluir una señal tal como una señal eléctrica, una señal electrónica, una señal óptica, una señal acústica, una señal magnética o una señal electromagnética, por ejemplo, una señal de microondas o de RF.

60 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Otras ventajas de la presente invención resultarán evidentes para los expertos en la materia después de examinar los dibujos y la descripción detallada. A continuación, se describirán las realizaciones de la invención, solo a modo de ejemplo, y haciendo referencia a los siguientes dibujos.

La **figura 1** ilustra un sistema de comunicación inalámbrica habitual, en el que se pueden implementar las realizaciones de la invención;

las **figuras 2a, 2b** ilustran el EDCA de IEEE 802.11e, que implica categorías de acceso;

la **figura 2c** ilustra un ejemplo de valores para el conjunto de parámetros de EDCA degradados;

la **figura 3a** ilustra el mecanismo de 802.11ac para la cuenta atrás del contador de contención;

la **figura 3b** ilustra un ejemplo de asignación entre ocho prioridades de clase de tráfico y las cuatro AC de EDCA;

la **figura 4** ilustra un ejemplo de un esquema de transmisión OFDMA de enlace ascendente 802.11ax, en el que el AP envía una trama de activación para reservar una oportunidad de transmisión de subcanales (unidades de recurso) OFDMA en un canal de 80 MHz como se conoce en la técnica;

la **figura 4a** ilustra la asignación de canales de 802.11ac que soporta un ancho de banda de canal de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz como se conoce en la técnica;

la **figura 5a** ilustra los estados de las colas de tráfico de transmisión cambiadas al modo EDCA MU como se conoce en la técnica anterior;

la **figura 5b** ilustra los estados de las colas de tráfico de transmisión cambiadas al modo EDCA MU según las realizaciones de la invención;

la **figura 6** muestra una representación esquemática de un dispositivo o estación de comunicación según las realizaciones de la presente invención;

la **figura 7** muestra una representación esquemática de un dispositivo de comunicación inalámbrica según realizaciones de la presente invención;

la **figura 8** ilustra un bloque de transmisión ejemplar de un nodo de comunicación según las realizaciones de la invención;

la **figura 9** ilustra, utilizando un diagrama de flujo, las etapas principales que lleva a cabo la capa MAC de un nodo, cuando recibe nuevos datos para transmitir, en las realizaciones de la invención;

la **figura 10** ilustra, utilizando un diagrama de flujo, las etapas del acceso al medio basado en el esquema de acceso al medio de EDCA, en situaciones con parámetros de EDCA no degradados o con parámetros de EDCA degradados, según las realizaciones de la invención;

la **figura 11** ilustra, utilizando un diagrama de flujo, las etapas del acceso a unidades de recurso basado en un esquema de acceso de RU u OFDMA después de recibir una trama de activación definiendo RU según las realizaciones de la invención;

la **figura 12** ilustra, utilizando un diagrama de flujo, la gestión del nodo para volver a cambiar al modo no degradado, según las realizaciones de la invención;

la **figura 13** ilustra la estructura de una trama de activación tal como se define en el estándar 802.11ax;

la **figura 14a** ilustra la estructura de un elemento de información estandarizado utilizado para describir los parámetros del EDCA en una trama de baliza; y

las **figuras 14b y 14c** ilustran estructuras ejemplares de un elemento de información dedicado para transmitir los valores de parámetros de EDCA degradados según las realizaciones de la invención, así como el valor del HEMUEDCATimer.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

A continuación, se describirá la invención por medio de realizaciones ejemplares no limitativas concretas y haciendo referencia a las figuras.

La **figura 1** ilustra un sistema de comunicación en el que varios nodos (o estaciones) de comunicación 101 a 107 intercambian tramas de datos sobre un canal de transmisión de radio 100 de una red de área local inalámbrica (WLAN), bajo la gestión de una estación central o punto de acceso (AP) 110 con el que se han registrado los nodos. El canal de transmisión de radio 100 se define mediante una banda de frecuencias de funcionamiento constituida por un único canal o una serie de canales que forman un canal compuesto.

El acceso al medio de radio compartido para enviar tramas de datos se basa en la técnica CSMA/CA, para detectar la portadora y evitar colisiones separando las transmisiones concurrentes en el espacio y el tiempo.

La detección de portadora en CSMA/CA se lleva a cabo mediante mecanismos físicos y virtuales. La detección virtual de portadora se consigue transmitiendo tramas de control para reservar el medio antes de la transmisión de las tramas de datos.

A continuación, un nodo de origen o de transmisión, incluyendo el AP, intenta en primer lugar a través del mecanismo físico, detectar un medio que ha estado inactivo durante como mínimo un período temporal DIFS (que significa espacio intertrama de DCF), antes de transmitir tramas de datos.

Sin embargo, si se detecta que el medio de radio compartido está ocupado durante el período DIFS, el nodo de origen sigue esperando hasta que el medio de radio se vuelve inactivo.

Para acceder al medio, el nodo inicia un contador de contención de cuenta atrás diseñado para vencer después de un cierto número de ranuras temporales, seleccionado aleatoriamente en una denominada ventana de contienda [0, CW], CW (número entero). Este mecanismo o procedimiento de contención, también denominado esquema de

acceso al canal, es la base del mecanismo de prevención de colisiones que difiere el tiempo de transmisión durante un intervalo aleatorio, reduciendo así la probabilidad de colisiones en el canal compartido. Después del período temporal de contención (es decir, el contador de contención alcanza el cero), el nodo de origen puede enviar tramas de datos o de control si el medio está inactivo.

5 Un problema de las comunicaciones de datos inalámbricas es que no es posible que el nodo de origen escuche mientras envía, impidiendo así que el nodo de origen detecte la corrupción de los datos debida a fenómenos de desvanecimiento o interferencia en el canal o de colisión. El nodo de origen sigue desconociendo la corrupción de las tramas de datos enviadas, y sigue transmitiendo las tramas innecesariamente, desperdiciando así tiempo de acceso.

10 El mecanismo de prevención de colisiones de CSMA/CA proporciona, por tanto, un acuse de recibo (ACK) positivo de las tramas de datos enviadas por el nodo de recepción si las tramas se reciben con éxito, para notificar al nodo de origen que no se ha producido ninguna corrupción de las tramas de datos enviadas.

15 El ACK se transmite al final de la recepción de la trama de datos, inmediatamente después de un período de tiempo denominado espacio corto intertrama (Short InterFrame Space, SIFS).

20 Si el nodo de origen no recibe el ACK dentro de un tiempo de espera de ACK especificado o si detecta la transmisión de una trama diferente en el canal, puede inferir la pérdida de la trama de datos. En ese caso, en general replanifica la transmisión de la trama según el procedimiento de contención mencionado anteriormente.

25 Para mejorar la eficiencia de la prevención de colisiones de CSMA/CA, se implementa, opcionalmente, un mecanismo de negociación en cuatro pasos. Una implementación se conoce como el intercambio de RTS/CTS, definido en el estándar 802.11.

30 El intercambio de RTS/CTS consiste en intercambiar tramas de control para reservar el medio de radio antes de transmitir las tramas de datos durante una oportunidad de transmisión denominada TXOP en el estándar 802.11, protegiendo así las transmisiones de datos frente a más colisiones. El mecanismo de negociación en cuatro pasos de CTS/RTS es bien conocido y, por tanto, no se describirá adicionalmente en la presente memoria descriptiva. Se hace referencia al estándar para obtener más detalles.

35 El mecanismo de negociación en cuatro pasos de RTS/CTS es muy eficiente en términos de rendimiento del sistema, en concreto con respecto a tramas grandes, ya que reduce la longitud de los mensajes implicados en el proceso de contienda.

40 En detalle, asumiendo una detección del canal perfecta por cada nodo de comunicación, la colisión solo puede producirse si se transmiten dos (o más) tramas dentro de la misma ranura temporal después de un DIFS (espacio intertrama de DCF), o si los contadores de contención de los dos (o más) nodos de origen han alcanzado el cero aproximadamente al mismo tiempo. Si ambos nodos de origen utilizan el mecanismo RTS/CTS, esta colisión solo puede producirse para las tramas RTS. Afortunadamente, los nodos de origen detectan dicha colisión de forma temprana después de no recibir una respuesta de CTS.

45 La gestión de la calidad de servicio (QoS) se ha introducido a nivel de nodo en dichas redes inalámbricas, a través del bien conocido mecanismo de EDCA definido en el estándar IEEE 802.11e.

50 De hecho, en el estándar de DCF original, un nodo de comunicación incluye solo una cola/memoria intermedia de transmisión. Sin embargo, dado que una trama de datos subsiguiente no se puede transmitir hasta que finaliza la transmisión/retransmisión de una trama precedente, el retardo en la transmisión/retransmisión de la trama precedente evita que la comunicación tenga QoS.

Las **figuras 2a y 2b** ilustran el mecanismo de EDCA de IEEE 802.11e, que implica categorías de acceso con el fin de mejorar la calidad de servicio (QoS).

55 El estándar 802.11e se basa en una función de coordinación, denominada función de coordinación híbrida (HCF), que tiene dos modos de funcionamiento: acceso al canal distribuido mejorado (EDCA) y acceso al canal controlado por HCF (HCCA).

60 EDCA mejora o amplía la funcionalidad del procedimiento de DCF de acceso original: EDCA se ha diseñado para soportar tráficos priorizados del mismo modo que DiffServ (servicios diferenciados), que es un protocolo para especificar y controlar el tráfico de red por clase, de modo que determinados tipos de tráfico obtienen preferencia.

65 EDCA es el esquema o mecanismo de acceso al canal dominante en WLAN, porque consiste en un mecanismo distribuido y de fácil implementación. El esquema compete por el acceso a por lo menos un canal de comunicación de la red de comunicación utilizando parámetros de contienda, con el fin de que el nodo transmita datos almacenados localmente sobre un canal de comunicación al que ha accedido.

La deficiencia anterior de no tener una QoS satisfactoria debido al retardo en la retransmisión de tramas se ha solucionado con una serie de colas/memorias intermedias de transmisión.

5 El soporte para la QoS en EDCA se consigue con la introducción de cuatro categorías de acceso (AC) y, por lo tanto, de cuatro colas o memorias intermedias de transmisión/tráfico correspondientes (210). Normalmente, las cuatro AC son las siguientes en orden de prioridad descendente: voz (o "AC\_VO"), vídeo (o "AC\_VI"), mejor esfuerzo (o "AC\_BE") y segundo plano (o "AC\_BG").

10 Por supuesto, se puede contemplar otro número de colas de tráfico.

Cada AC tiene su propia cola/memoria intermedia de tráfico para almacenar tramas de datos correspondientes a transmitir sobre la red. Las tramas de datos, concretamente las MSDU, procedentes de una capa superior de la pila de protocolos, se asignan a una de las cuatro colas/memorias intermedias de AC y, por tanto, se introducen en la memoria intermedia de la AC asignada.

15 Cada AC también tiene su propio conjunto de parámetros de contienda de cola, y está asociada con un valor de prioridad, definiendo por tanto tráfico de mayor o menor prioridad de MSDU. Por tanto, existe una serie de colas de tráfico para servir tráfico de datos a diferentes prioridades. Los parámetros de contienda de cola normalmente incluyen los parámetros  $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$ , AIFSN y TXOP\_Limit para cada cola de tráfico.  $CW_{min}$  y  $CW_{max}$  son los límites inferior y superior de un intervalo de selección a partir del cual se selecciona la ventana de contienda de EDCA, CW, para una cola de tráfico determinada. AIFSN significa número de espaciado intertrama de arbitraje, y define un número de ranuras temporales (normalmente 9  $\mu$ s), adicionales a un intervalo DIFS (definiendo el total el período AIFS) que el nodo debe detectar el medio como inactivo antes de decrementar el valor/contador de contención de cola asociado con la cola de tráfico considerada. TXOP\_Limit define el tamaño máximo de una TXOP que puede solicitar el nodo.

20 Eso significa que cada AC (y memoria intermedia correspondiente) actúa como una entidad de contienda de DCF independiente, incluyendo su motor de contención de cola 211 respectivo. Por tanto, cada motor de contención de cola 211 se asocia con una cola de tráfico 210 respectiva para utilizar parámetros de contienda y establecer un valor/contador de contención de cola respectivo (seleccionado aleatoriamente a partir de la CW), a utilizar para competir por el acceso a por lo menos un canal de comunicación con el fin de transmitir datos almacenados en la cola de tráfico respectiva sobre un canal de comunicación al que se ha accedido.

35 La ventana de contienda, CW, y el valor/contador de contención de cola se conocen como variables de EDCA.

Por consiguiente, las AC dentro del mismo nodo de comunicación compiten entre sí para acceder al medio inalámbrico y para obtener una oportunidad de transmisión, utilizando, por ejemplo, el esquema de acceso de EDCA convencional como se ha explicado anteriormente.

40 La diferenciación de servicio entre las AC se consigue estableciendo diferentes parámetros de contención de cola entre las AC, tales como diferentes  $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$ , AIFSN y/o diferentes límites de duración de oportunidad de transmisión (TXOP\_Limit). Esto contribuye a ajustar la QoS.

45 El uso del parámetro AIFSN y los valores de contención de cola para acceder al medio en el mecanismo de EDCA se describe a continuación haciendo referencia a la **figura 3a**.

La **figura 2b** ilustra los valores predeterminados para los parámetros  $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$  y AIFSN.

50 En esta tabla, los valores respectivos habituales para  $aCW_{min}$  y  $aCW_{max}$  se definen en el estándar mencionado anteriormente como 15 y 1023, respectivamente. Un nodo en la red (habitualmente un punto de acceso) puede establecer otros valores y compartirse entre los nodos. Esta información se puede difundir en una trama de baliza.

55 Para determinar el retardo, AIFS[i], entre la detección del medio como libre y el comienzo del decremento del valor de contención de cola para la cola de tráfico 'i', el nodo multiplica el valor indicado en el parámetro AIFSN para la cola de tráfico 'i', es decir, AIFSN[i], por la duración de una ranura temporal (habitualmente 9 microsegundos), y suma este valor a la duración de DIFS.

60 Como se muestra en la **figura 3a**, resulta que cada cola de tráfico espera un período AIFS[i] (que incluye el período DIFS que difiere el acceso al medio) antes de decrementar su valor/contador de contención de cola asociado. La figura muestra dos AIFS[i] correspondientes a dos AC diferentes. Se puede ver que una cola de tráfico priorizada comienza a decrementar su valor de contención antes que la otra cola de tráfico menos priorizada. Esta situación se repite después de cada nuevo acceso al medio por cualquier nodo en la red.

65 Este mecanismo de diferimiento por decremento, adicional a la utilización de una CW menor en promedio, hace que el tráfico de alta prioridad en EDCA tenga una mayor posibilidad de transmitirse que el tráfico de baja prioridad: un

nodo con tráfico de alta prioridad estadísticamente espera un poco menos antes de enviar su paquete, en promedio, que un nodo con tráfico de baja prioridad.

Así pues, los valores o contadores de contención de cola de EDCA realizan dos funciones. En primer lugar, dirigen a los nodos para acceder de forma eficiente al medio, reduciendo los riesgos de colisiones. En segundo lugar, ofrecen gestión de la calidad de servicio, QoS, reflejando la antigüedad de los datos contenidos en la cola de tráfico (cuanto más antiguos sean los datos, menor será el valor de contención) y proporcionando así diferentes prioridades a las colas de tráfico a través de diferentes valores de los parámetros de EDCA (especialmente el parámetro AIFSN que retarda el inicio del decremento de los valores de contención de cola de EDCA).

Haciendo referencia a la **figura 2a**, las memorias intermedias AC3 y AC2 se reservan normalmente para aplicaciones en tiempo real (por ejemplo, transmisión de voz AC\_VO o de vídeo AC\_VI). Tienen, respectivamente, la mayor prioridad y la penúltima mayor prioridad.

Las memorias intermedias AC1 y AC0 se reservan para tráfico de mejor esfuerzo (AC\_BE) y de segundo plano (AC\_BG). Tienen, respectivamente, la penúltima menor prioridad y la menor prioridad.

Cada unidad de datos, MSDU, que llega a la capa MAC desde una capa superior (por ejemplo, la capa de enlace) con una prioridad se asigna a una AC según unas reglas de asignación. La **figura 3b** muestra un ejemplo de asignación entre ocho prioridades de clase de tráfico (prioridades de usuario o UP, 0 a 7 según IEEE 802.1d) y las cuatro AC. La trama de datos se almacena entonces en la memoria intermedia correspondiente a la AC asignada.

Cuando el procedimiento de contención para una cola de tráfico (o una AC) finaliza, el controlador de MAC (referencia 704 en la **figura 7** a continuación) del nodo de transmisión transmite una trama de datos de esta cola de tráfico a la capa física para su transmisión sobre la red de comunicación inalámbrica.

Dado que las AC funcionan de forma simultánea al acceder al medio inalámbrico, puede ocurrir que en dos AC del mismo nodo de comunicación su contención finalice simultáneamente. En dicha situación, un gestor de colisiones virtuales (212) del controlador de MAC realiza una selección de la AC que tiene la mayor prioridad (como se muestra en la **figura 3b**) entre las AC en conflicto, y detiene la transmisión de tramas de datos de las AC que tienen menores prioridades.

A continuación, el gestor de colisiones virtuales ordena que las AC que tienen menores prioridades inicien de nuevo una operación de contención utilizando un valor de CW incrementado.

La QoS resultante de la utilización de las AC se puede señalar en las tramas de datos de MAC, por ejemplo, en un campo de control de QoS incluido en la cabecera de la trama de MAC de IEEE 802.11e.

Para cumplir la demanda creciente de redes inalámbricas más rápidas que soporten aplicaciones intensivas en ancho de banda, 802.11ac tiene como objetivo una transmisión de ancho de banda más grande a través de operaciones multicanal. La **figura 4a** ilustra la asignación de canales de 802.11ac, que soporta un ancho de banda del canal compuesto de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz.

IEEE 802.11ac introduce el soporte de un número restringido de subconjuntos predefinidos de canales de 20 MHz para formar las configuraciones de único canal compuesto predefinido que están disponibles para que cualquier nodo 802.11ac en la red inalámbrica las reserve para transmitir datos.

Los subconjuntos predefinidos se muestran en la figura, y corresponden a anchos de banda de canal de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz y 160 MHz, en comparación con solo los 20 MHz y 40 MHz soportados por 802.11n. En efecto, los canales componentes de 20 MHz 300-1 a 300-8 se concatenan para formar canales compuestos de comunicación más anchos.

En el estándar 802.11ac, los canales de cada subconjunto de 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz predefinido son contiguos dentro de la banda de frecuencias de funcionamiento, es decir, no se permite ningún hueco (canal faltante) en el canal compuesto ordenado en la banda de frecuencias de funcionamiento.

El ancho de banda de canal de 160 MHz está compuesto por dos canales de 80 MHz que pueden o no ser contiguos en frecuencia. Los canales de 80 MHz y 40 MHz están compuestos, respectivamente, por dos canales de 40 MHz y 20 MHz adyacentes o contiguos en frecuencia. Sin embargo, la presente invención puede tener realizaciones con cualquier composición del ancho de banda del canal, es decir, incluyendo solo canales contiguos o formado por canales no contiguos dentro de la banda de funcionamiento.

Una TXOP se concede a un nodo a través del mecanismo de acceso al canal distribuido mejorado (EDCA) en el "canal principal" (400-3). En efecto, para cada canal compuesto que tiene un ancho de banda, 802.11ac designa un canal como "principal", lo que significa que se utiliza para competir por el acceso al canal compuesto. El canal de 20 MHz principal es común a todos los nodos (STA) que pertenecen al mismo conjunto básico, es decir, gestionados o

registrados en el mismo punto de acceso (AP) local.

Sin embargo, para asegurarse de que ningún otro nodo heredado (es decir, que no pertenece al mismo conjunto) utiliza los canales secundarios, se prevé que las tramas de control (por ejemplo, trama RTS/trama CTS) que reserven el canal compuesto se dupliquen sobre cada canal de 20 MHz de dicho canal compuesto.

Como se ha indicado antes, el estándar IEEE 802.11ac permite unir hasta cuatro, o incluso ocho, canales de 20 MHz. Debido al número limitado de canales (19 en la banda de 5 GHz en Europa), la saturación de canales se vuelve problemática. En efecto, en áreas muy pobladas, la banda de 5 GHz seguramente tenderá a saturarse incluso con una utilización de ancho de banda de 20 o 40 MHz por celda LAN inalámbrica.

Los desarrollos en el estándar 802.11ax buscan mejorar la eficiencia y la utilización del canal inalámbrico para entornos densos.

Desde esta perspectiva, se pueden considerar características de transmisión multiusuario (MU), que permiten múltiples transmisiones simultáneas hasta/desde diferentes usuarios, en las direcciones del enlace descendente (DL) y del enlace ascendente (UL) con un nodo principal, normalmente un AP. En el enlace ascendente, las transmisiones multiusuario se pueden utilizar para mitigar la probabilidad de colisión permitiendo que múltiples nodos transmitan simultáneamente al AP.

Para llevar a cabo realmente dicha transmisión multiusuario, se ha propuesto dividir un canal de 20 MHz (400-1 a 400-4) concedido en subcanales 410 (subcanales elementales), también denominados subportadoras o unidades de recurso (RU), que se comparten en el dominio de la frecuencia por múltiples usuarios, basándose, por ejemplo, en una técnica de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (Orthogonal Frequency Division Multiple Access, OFDMA).

Esto se ilustra haciendo referencia a la **figura 4**.

La característica multiusuario de OFDMA permite que un nodo, normalmente un punto de acceso, AP, asigne diferentes RU a diferentes nodos con el fin de aumentar la competencia. Esto puede ayudar a reducir la contienda y las colisiones de las redes 802.11.

Al contrario que en el OFDMA de enlace descendente MU, en el que el AP puede enviar directamente múltiples datos a múltiples nodos (soportado por indicaciones concretas dentro de la cabecera PLCP), se ha adoptado un mecanismo de activación para que el AP active las comunicaciones de enlace ascendente MU de varios nodos.

Para soportar una transmisión de enlace ascendente MU (durante una TXOP priorizada por el AP), el AP de 802.11ax tiene que proporcionar información de señalización tanto para que los nodos heredados (nodos no 802.11ax) ajusten su NAV como para que los nodos 802.11ax determinen la asignación de las unidades de recurso.

En la siguiente descripción, el término 'heredado' se refiere a nodos no 802.11ax, que significa nodos 802.11 de tecnologías anteriores que no soportan comunicaciones OFDMA.

Como se muestra en el ejemplo de la **figura 4**, el AP envía una trama de activación (TF) 430 a los nodos 802.11ax objetivo. El ancho de banda o ancho del canal compuesto objetivo se señala en la trama TF, lo que significa que se señala el valor de 20, 40, 80 o 160 MHz. La trama TF se envía sobre el canal de 20 MHz principal y se duplica (replica) en cada uno del resto de canales de 20 MHz que forman el canal compuesto objetivo. Tal como se ha descrito anteriormente para la duplicación de las tramas de control, se espera que cada nodo heredado cercano (nodos no HT o 802.11ac) que reciba la trama TF (o un duplicado de la misma) en su canal principal, ajuste entonces su NAV al valor especificado en la trama TF. Esto evita que estos nodos heredados accedan a los canales del canal compuesto objetivo durante la TXOP.

Basándose en la decisión del AP, la trama de activación TF puede definir una serie de unidades de recurso (RU) 410, o "RU aleatorias", a las que los nodos de la red pueden acceder aleatoriamente. En otras palabras, las RU aleatorias designadas o asignadas por el AP en la TF pueden servir como base para la contienda entre nodos que desean acceder al medio de comunicación para enviar datos. Una colisión se produce cuando dos o más nodos intentan transmitir al mismo tiempo sobre la misma RU.

En ese caso, la trama de activación se denomina una trama de activación para acceso aleatorio (TF-R). El AP puede emitir una TF-R para permitir que múltiples nodos lleven a cabo un acceso aleatorio MU de UL (multiusuario de enlace ascendente) para obtener una RU para sus transmisiones de UL.

La trama de activación TF también puede designar unidades de recurso planificadas, además o en sustitución de las RU aleatorias. El AP puede reservar RU planificadas para ciertos nodos, en cuyo caso no se necesita ninguna contienda para que estos nodos accedan a dichas RU. Dichas RU y sus nodos planificados correspondientes se

indican en la trama de activación. Por ejemplo, un identificador de nodo, tal como el ID de asociación (AID) asignado a cada nodo después del registro, se añade, en la trama TF, en asociación con cada RU planificada con el fin de indicar explícitamente el nodo que tiene permitido utilizar cada RU planificada.

5 Un AID igual a 0 se puede utilizar para identificar RU aleatorias.

La característica multiusuario de OFDMA permite que el AP asigne diferentes RU a diferentes nodos con el fin de aumentar la competencia. Esto puede ayudar a reducir la contienda y las colisiones de las redes 802.11.

10 En el ejemplo de la **figura 4**, cada canal de 20 MHz (400-1, 400-2, 400-3 o 400-4) se subdivide en el dominio de la frecuencia en cuatro subcanales o RU 410, habitualmente de tamaño 5 MHz.

Por supuesto, el número de RU que dividen un canal de 20 MHz puede ser distinto de cuatro. Por ejemplo, se pueden proporcionar entre dos y nueve RU (teniendo cada una, por tanto, un tamaño entre 10 MHz y 15 aproximadamente 2 MHz).

Una vez que los nodos han utilizado las RU para transmitir datos al AP, el AP responde con un acuse de recibo, ACK (no mostrado en la figura), para acusar recibo de los datos en cada RU, haciendo posible que cada nodo conozca cuándo su transmisión de datos es exitosa (recepción del ACK) o no (no se recibe ACK después del vencimiento de un tiempo de espera). 20

El documento IEEE 802.11-15/1105 da a conocer un procedimiento de asignación aleatoria ejemplar que pueden utilizar los nodos para acceder a las RU aleatorias indicadas en la TF. Este procedimiento de asignación aleatoria, denominado esquema de contienda de RU, se gestiona por un módulo de acceso a RU dedicado independiente del 25 módulo de acceso al canal mencionado anteriormente y se configura para gestionar el acceso a por lo menos una unidad de recurso proporcionada por el otro nodo (normalmente el AP) dentro de una oportunidad de transmisión concedida al otro nodo sobre el canal de comunicación, con el fin de transmitir datos almacenados localmente sobre una unidad de recurso a la que se ha accedido. Preferentemente, el módulo de acceso a RU incluye un motor de contención de RU independiente de los motores de contención de cola, que utiliza parámetros de contienda de RU, 30 incluyendo un valor de contención de RU calculado, para competir por el acceso a las RU aleatorias.

En otras palabras, el esquema de contienda de RU se basa en un nuevo contador de contención, denominado contador/valor de contención de OFDMA o RU (u OBO), dentro de los nodos 802.11ax para permitir una contienda dedicada cuando se accede a una RU aleatoria para enviar datos. 35

Cada nodo STA1 a STAn es un nodo de transmisión con respecto al AP de recepción, y, como consecuencia, cada nodo tiene un motor de contención de RU activo independiente de los motores de contención de cola, para calcular un valor de contención de RU (OBO) a utilizar para competir por el acceso a por lo menos una unidad de recurso aleatoria dividiendo una oportunidad de transmisión concedida sobre el canal de comunicación, con el fin de 40 transmitir datos almacenados en cualquier cola de tráfico, AC.

El procedimiento de asignación aleatoria en la presente memoria descriptiva comprende, para un nodo de una serie de nodos que tienen un valor de contención de RU activo, OBO, una primera etapa de determinar, a partir de la trama de activación, los subcanales o RU aleatorios del medio de comunicación disponibles para la contienda, una 45 segunda etapa de verificar si el valor del valor de contención de RU activo, OBO, local del nodo considerado no es mayor que el número de RU aleatorias detectadas como disponibles, y, a continuación, en caso de una verificación exitosa, una tercera etapa de seleccionar aleatoriamente una RU aleatoria entre las RU aleatorias detectadas como disponibles para enviar datos. En caso de que no se verifique la segunda etapa, se lleva a cabo la cuarta etapa (en lugar de la tercera) con el fin de decrementar el valor de contención de RU, OBO, en el número de RU detectadas 50 como disponibles.

Como se muestra en la figura, es posible que algunas unidades de recurso no se utilicen (410u) porque ningún nodo con un valor de contención de RU, OBO, menor que el número de RU aleatorias disponibles ha seleccionado aleatoriamente una de estas RU aleatorias, mientras que otros han colisionado (por ejemplo, 410c) porque dos de 55 estos nodos han seleccionado aleatoriamente la misma RU.

El esquema de acceso al medio de enlace ascendente (UL) MU, incluyendo RU planificadas y RU aleatorias, demuestra ser muy eficiente en comparación con el esquema de acceso de EDCA convencional. Esto se debe a que se reducen el número de colisiones generadas por intentos simultáneos de acceso al medio y la sobrecarga debida al acceso al medio. 60

Sin embargo, el esquema de acceso de EDCA y el esquema de acceso OFDMA/RU MU de UL tienen que coexistir, en particular para permitir que los nodos 802.11 heredados accedan al medio y para permitir incluso que los nodos 802.11ax inicien una comunicación con nodos distintos del AP. 65

Aunque el esquema de acceso de EDCA tomado por sí solo proporciona un acceso al medio imparcial a todos los

5 nodos, su asociación con el esquema de acceso OFDMA/RU MU de UL introduce una desviación en la imparcialidad. Esto se debe a que, en comparación con los nodos heredados, los nodos 802.11ax tienen oportunidades adicionales de enviar datos a través de las unidades de recurso ofrecidas en las oportunidades de transmisión concedidas a otro nodo, en particular al AP.

Para restaurar cierta imparcialidad entre los nodos, se han propuesto soluciones.

10 Por ejemplo, en la Patente codependiente UK1612151.9, presentada el 13 de julio de 2016, un valor actual de por lo menos un parámetro de EDCA se modifica a diferentes valores (parámetros de EDCA MU), después de transmitir con éxito los datos sobre una unidad de recurso a la que se ha accedido (es decir, a través de una transmisión OFDMA de UL). Esto se realiza para reducir la probabilidad de que el nodo acceda a un canal de comunicación a través de contienda (EDCA convencional).

15 En esta estructura, se ha propuesto un mecanismo para reducir la probabilidad del nodo de una transmisión basada en EDCA (es decir, utilizando el esquema de acceso al medio de EDCA) tan pronto como el nodo utiliza con éxito el mecanismo MU de UL para transmitir sus datos. Esta reducción se realiza modificando los bien conocidos parámetros de EDCA.

20 El mecanismo propuesto, tal como se describe en el documento IEEE 802.11-16/1180, titulado "*Proposed text changes for MU EDCA parameters*", establece cada cola de tráfico de transmisión en un modo EDCA MU en respuesta a transmitir los datos con éxito en la unidad de recurso de OFDMA MU de UL a la que se ha accedido. El establecimiento se realiza durante una duración predeterminada, conocida como HEMUEDCATimer. El modo EDCA MU es un modo en el que los parámetros de EDCA respectivos se establecen en valores MU, diferentes de los valores heredados utilizados en un modo EDCA heredado diferente.

25 Para cambiar del modo de acceso de contienda EDCA heredado al modo EDCA MU, el nodo puede modificar sus parámetros de EDCA ( $AIFS_N$ ,  $CW_{min}$  y/o  $CW_{max}$ ) para todas las colas de tráfico que han transmitido con éxito algunos datos en la unidad de recurso a la que se ha accedido. Cambiar de nuevo al modo EDCA heredado se puede producir después del vencimiento del HEMUEDCATimer, observándose que este temporizador se restablece a su valor inicial cada vez que el nodo transmite de nuevo nuevos datos (de cualquier AC) durante unidades de recurso a las que se ha accedido nuevamente proporcionadas por el AP. Se sugiere que el valor de inicialización del HEMUEDCATimer sea alto (por ejemplo, decenas de milisegundos) con el fin de abarcar varias nuevas oportunidades de transmisiones MU de UL.

35 El AP puede transmitir los valores MU para los parámetros de EDCA en un elemento de información dedicado, que habitualmente se envía dentro de una trama de baliza que difunde información de red a los nodos.

40 El enfoque que se da a conocer sugiere aumentar solo el valor de  $AIFS_N$  para cada cola de tráfico de transmisión, manteniendo sin cambios  $CW_{min}$  y  $CW_{max}$ . A medida que el período AIFS correspondiente aumenta, se evita (o por lo menos se retarda sustancialmente) que cada cola de tráfico en el modo EDCA MU decremente su valor o contador de contención de cola después de detectar el medio libre de nuevo. Los nuevos accesos al medio utilizando el esquema de acceso de EDCA se reducen estadísticamente sustancialmente, o incluso dejan de ser posibles, durante la duración predeterminada mencionada anteriormente.

45 El valor del  $AIFS_N$  en el modo MU puede ser muy restrictivo. Por tanto, en entornos de alta densidad donde el medio está ocupado la mayor parte del tiempo (y, por tanto, permanece libre durante muy poco tiempo), el nodo en el modo EDCA MU debe esperar durante el período AIFS muy restrictivo correspondiente, y, por tanto, no decremente el valor de contención de la cola de AC en el modo EDCA MU con mucha frecuencia. El resultado es que el nodo no puede competir mediante EDCA por el acceso al medio con mucha frecuencia.

50 Se debe observar que una configuración concreta en la publicación tiende a impedir totalmente (excepto si la red no se utiliza en absoluto) que las colas de tráfico de transmisión accedan mediante EDCA al medio mientras están en el modo EDCA MU. El AP especifica este modo de funcionamiento particular indicando un valor concreto del parámetro  $AIFS_N$  (habitualmente 0) en el conjunto de parámetros de EDCA MU. Dicho valor concreto significa para el nodo que deberá utilizar un valor muy alto para su  $AIFS_N$ , cuyo valor es igual al HEMUEDCATimer transmitido por el AP (se recuerda que su valor debe ser alto, de aproximadamente decenas de milisegundos, en comparación con menos de 0,1 milisegundos para el peor  $AIFS[i]$  en el modo EDCA heredado).

60 Desafortunadamente, siempre que el nodo accede regularmente a RU de OFDMA para transmitir datos, sus colas de tráfico en el modo EDCA MU permanecen en el mismo modo MU. Esto se aplica, en particular, para aquellas colas de tráfico en el modo MU que incluso no envían ningún dato en las RU de OFDMA a las que se ha accedido durante un período potencialmente largo de accesos de OFDMA regulares. Esto es contrario al principio de QoS descrito en el estándar 802.11e.

65 Esta situación se ilustra a continuación haciendo referencia a la **figura 5a**, que describe un ejemplo de aplicación que utiliza parámetros de EDCA MU como se describe en la publicación mencionada anteriormente.

En el escenario de esta figura, el AP 501 consulta a un nodo 502 enviando una trama de activación estandarizada 1300 que solicita al nodo que transmita algunos datos con QoS de la categoría de acceso AC\_VI. Esto se puede realizar proporcionando una o varias RU planificadas a ese nodo. La categoría se puede indicar en el campo "AC preferente" 1330 mostrado en la **figura 13**.

Después de un tiempo SIFS, el nodo 502 inicia una transmisión OFDMA MU de UL 510 tomando algunos datos con QoS (511) de la cola de tráfico solicitada AC\_VI. En este escenario ejemplar, no hay suficientes datos con QoS listos para enviarse en la cola de tráfico solicitada AC\_VI. En este contexto, se permite que el nodo 502 recupere otros datos con QoS (512) de una cola de tráfico de mayor prioridad, por ejemplo, la categoría de acceso AC\_VO en el ejemplo. Esta regla de recuperación de datos hace posible maximizar la utilización del ancho de banda, tal como se especifica en el estándar 802.11.

Por tanto, el nodo 502 transmite datos de AC\_VI 511 y datos de AC\_VO 512 al AP utilizando la RU planificada. Las dos colas de tráfico de transmisión correspondientes, AC\_VI y AC\_VO, cambian así al modo EDCA MU (simbolizado con símbolos blancos en cajas negras), en el que el nodo 502 ahora utiliza parámetros de EDCA MU para cada una de estas colas de tráfico de transmisión. En particular, se pueden utilizar valores más altos para el parámetro AIFSN, y opcionalmente para los parámetros  $CW_{min}$  y  $CW_{min}$ .

En paralelo, se lanza la cuenta atrás del HEMUEDCATimer 590 cuando se permite que el nodo 502 vuelva a cambiar al modo EDCA heredado con parámetros de EDCA heredados. El cambio se puede producir después de que vence una duración predeterminada, es decir, cuando el HEMUEDCATimer alcanza el 0.

Sin embargo, el HEMUEDCATimer se reinicializa a su valor inicial (la duración predeterminada) cada vez que el nodo 502 transmite datos en una unidad de recurso a la que ha accedido proporcionada por el AP dentro de cualquier oportunidad de transmisión subsiguiente concedida al AP sobre el canal de comunicación. En otras palabras, el temporizador se reinicializa cada vez que el AP consulta de nuevo al nodo 502.

Esto se produce en el ejemplo de la **figura 5a** cuando el AP 501 envía una nueva trama de activación 1300-2 con una nueva RU para el nodo 502, mientras el HEMUEDCATimer 590 todavía no ha vencido. El AP consulta de nuevo al nodo 502 para enviar datos con QoS desde la categoría de acceso AC\_VI.

El nodo 502 transmite de nuevo datos con QoS 520 desde la categoría de acceso AC\_VI y el HEMUEDCATimer 590 se reinicializa a su valor inicial, la duración predeterminada. Ocurre lo mismo cuando el AP 501 consulta de nuevo al nodo 502 para enviar nuevos datos con QoS de la categoría de acceso AC\_VI, enviando una nueva trama de activación 1300-3.

En este escenario, el AP consulta regularmente al nodo 502 para la transmisión OFDMA de datos con QoS de la AC\_VI. Finalmente, siempre que la categoría AC\_VI proporcione suficientes datos, la categoría AC\_VO nunca se verá implicada en una nueva transmisión OFDMA y permanecerá bloqueada en el modo EDCA MU.

Además, debido a su valor de AIFSN en el modo MU (normalmente un valor más restrictivo, es decir, un valor alto), se evita (o se retarda mucho) que la cola de tráfico AC\_VO decremente el valor de contención asociado para competir mediante EDCA por el medio.

Por consiguiente, la categoría AC\_VO, que por esencia tiene la prioridad de QoS más alta, permanece bloqueada en el modo EDCA MU sin tener nuevas oportunidades para enviar sus datos mediante EDCA. Por tanto, los requisitos de QoS de 802.11ax permanecen gravemente deteriorados.

Es dentro de esta estructura donde la presente invención propone restaurar la imparcialidad de QoS rompiendo la unicidad del HEMUEDCATimer por la cual las colas de tráfico en el modo MU se bloquean en caso de que el AP consulte regularmente al nodo.

En particular, después de transmitir (preferentemente con éxito) datos almacenados en dos o más colas de tráfico, en cada una de una o varias unidades de recurso a las que ha accedido proporcionadas por el otro nodo dentro de una o varias oportunidades de transmisión concedidas al otro nodo sobre el canal de comunicación, el nodo 502 puede establecer cada cola de tráfico de transmisión (es decir, que transmite en la unidad de recurso a la que ha accedido) en un modo EDCA MU, diferente del modo de EDCA heredado, durante una duración predeterminada que cuenta atrás un temporizador respectivo asociado con la cola de tráfico de transmisión. A continuación, después del vencimiento de cualquier temporizador, el nodo 502 puede volver a cambiar la cola de tráfico asociada al modo EDCA heredado, en el que los parámetros de EDCA respectivos se vuelven a establecer a los valores heredados.

Por tanto, la presente invención proporciona al nodo una serie de temporizadores, estando asociado cada uno de ellos con una de las colas de tráfico. Como se dedica un HEMUEDCATimer concreto para cada cola de AC, la última puede salir del modo EDCA MU independientemente de las otras colas de AC. Por tanto, se restaura la QoS a nivel de cola de AC.

El resultado de una implementación de la presente invención se ilustra a continuación haciendo referencia a la **figura 5b**, que describe, con la misma secuencia que en la **figura 5a**, la restauración de la QoS a través de la gestión de los HEMUEDCATimer independientes.

Después de la primera TF 1300, ambas colas de tráfico de transmisión, AC\_VI y AC\_VO, están en el modo EDCA MU. Sus respectivos HEMUEDCATimer, 591 para la AC\_VI y 592 para la AC\_VO, se inician simultáneamente para la cuenta atrás cuando se permite que cada cola de tráfico respectiva vuelva a cambiar al modo EDCA heredado con los parámetros de EDCA heredados.

Según la invención, la evolución de estos temporizadores independientes es independiente entre ellos.

Como se explica a continuación, se pueden utilizar diferentes duraciones predeterminadas para inicializar los dos temporizadores asociados con AC\_VI y AC\_VO. Esto se hace para mejorar la gestión de la QoS.

Por tanto, cuando se recibe la siguiente TF 1300-2 y se transmiten los datos de AC\_VI en la RU de OFDMA a la que se ha accedido según requiere el AP, el HEMUEDCATimer 591 asociado con AC\_VI se reinicializa con su duración predeterminada inicial correspondiente, mientras que el HEMUEDCATimer 592 asociado con AC\_VO continúa transcurriendo (porque no se han transmitido datos de VO en la RU a la que se ha accedido después de la TF 1300-2).

En consecuencia, el HEMUEDCATimer 592 asociado con AC\_VO vence antes que el HEMUEDCATimer 591 asociado con AC\_VI, relajando las restricciones de EDCA MU sobre la cola de tráfico AC\_VO. Prácticamente, la cola de tráfico AC\_VO se vuelve a cambiar al modo EDCA heredado, en el que se utilizan parámetros de EDCA heredados. Por tanto, el valor de contención de la cola de tráfico AC\_VO se puede decrementar de la forma habitual permitiendo que la cola AC\_VO compita de forma eficiente por el medio.

La **figura 6** ilustra esquemáticamente un dispositivo de comunicación 600 de la red de radio 100, configurado para implementar por lo menos una realización de la presente invención. El dispositivo de comunicación 600 puede ser, preferentemente, un dispositivo tal como un microordenador, una estación de trabajo o un dispositivo portátil ligero. El dispositivo de comunicación 600 comprende un bus de comunicación 613 al que se conectan, preferentemente:

- una unidad central de procesamiento 611, tal como un microprocesador, denominada CPU;
- una memoria de solo lectura 607, denominada ROM, para almacenar programas informáticos para implementar la invención;
- una memoria de acceso aleatorio 612, denominada RAM, para almacenar el código ejecutable de procedimientos según las realizaciones de la invención, así como los registros adaptados para registrar las variables y los parámetros necesarios para implementar procedimientos según las realizaciones de la invención; y
- por lo menos una interfaz de comunicación 602 conectada a la red de comunicación de radio 100 sobre la que se transmiten paquetes o tramas de datos digitales o tramas de control, por ejemplo, una red de comunicación inalámbrica según el protocolo 802.11ax. Las tramas se escriben desde una memoria de envío FIFO de la RAM 612 en la interfaz de red para su transmisión, o se leen desde la interfaz de red para su recepción y escritura en una memoria de recepción FIFO de la RAM 612 bajo el control de una aplicación de software que se ejecuta en la CPU 611.

Opcionalmente, el dispositivo de comunicación 600 también puede incluir los siguientes componentes:

- medios de almacenamiento de datos 604, tales como un disco duro, para almacenar programas informáticos para implementar procedimientos según una o varias realizaciones de la invención;
- una unidad de disco 605 para un disco 606, estando adaptada la unidad de disco para leer datos del disco 606 o para escribir datos en dicho disco;
- una pantalla 609 para visualizar datos descodificados y/o para servir como una interfaz gráfica con el usuario, por medio de un teclado 610 o cualquier otro medio de apuntamiento.

El dispositivo de comunicación 600 se puede conectar, opcionalmente, a varios periféricos, tales como, por ejemplo, una cámara digital 608, estando conectado cada uno de ellos a una tarjeta de entrada/salida (no mostrada) para suministrar datos al dispositivo de comunicación 600.

Preferentemente, el bus de comunicación proporciona comunicación e interoperabilidad entre los diversos elementos incluidos en el dispositivo de comunicación 600 o conectados al mismo. La representación del bus no es limitativa, y, en particular, la unidad central de procesamiento se puede operar para comunicar instrucciones a cualquier elemento del dispositivo de comunicación 600 directamente o por medio de otro elemento del dispositivo de comunicación 600.

El disco 606 se puede sustituir, opcionalmente, por cualquier medio de información, tal como, por ejemplo, un disco compacto (CD-ROM), regrabable o no, un disco ZIP, una llave USB o una tarjeta de memoria, y, en términos generales, por un medio de almacenamiento de información que se pueda leer mediante un microordenador o

mediante un microprocesador, integrado o no en el aparato, posiblemente extraíble y adaptado para almacenar uno o varios programas cuya ejecución permite implementar el procedimiento según la invención.

5 El código ejecutable se puede almacenar, opcionalmente, en una memoria de solo lectura 607, en el disco duro 604 o en un medio digital extraíble, tal como, por ejemplo, un disco 606, tal como se ha descrito anteriormente. Según una variante opcional, el código ejecutable de los programas se puede recibir por medio de la red de comunicación 603, a través de la interfaz 602, con el fin de almacenarse en uno de los medios de almacenamiento del dispositivo de comunicación 600, tal como el disco duro 604, antes de ejecutarse.

10 La unidad central de procesamiento 611 está adaptada, preferentemente, para controlar y dirigir la ejecución de las instrucciones o partes de código de software del programa o programas según la invención, cuyas instrucciones están almacenadas en uno de los medios de almacenamiento mencionados anteriormente. Al encender, el programa o programas que están almacenados en una memoria no volátil, por ejemplo, en el disco duro 604, o en la memoria de solo lectura 607, se transfieren a la memoria de acceso aleatorio 612, que contiene entonces el código ejecutable del programa o programas, así como los registros para almacenar las variables y los parámetros necesarios para implementar la invención.

15 En una realización preferente, el aparato es un aparato programable que utiliza software para implementar la invención. Sin embargo, alternativamente, la presente invención se puede implementar en hardware (por ejemplo, en la forma de un circuito integrado específico de la aplicación o ASIC).

20 La **figura 7** es un diagrama de bloques que ilustra esquemáticamente la arquitectura de un dispositivo de comunicación o nodo 600, en particular uno de los nodos 100 a 107, adaptada para realizar, por lo menos parcialmente, la invención. Como se ilustra, el nodo 600 comprende un bloque de capa física (PHY) 703, un bloque de capa MAC 702 y un bloque de capa de aplicación 701.

25 El bloque de capa PHY 703 (aquí una capa PHY estandarizada según 802.11) tiene la tarea de formatear tramas, modular tramas en o desmodular tramas desde cualquier canal de 20 MHz o el canal compuesto, y, por tanto, enviar o recibir tramas sobre el medio de radio utilizado 100. Las tramas pueden ser tramas 802.11, por ejemplo, tramas de activación de acceso al medio TF 430 para definir unidades de recurso en una oportunidad de transmisión concedida, tramas de datos MAC y de gestión basadas en un ancho de 20 MHz para interactuar con estaciones 802.11 heredadas, así como tramas de datos MAC de tipo de OFDMA que tienen un ancho más pequeño que las heredadas de 20 MHz (habitualmente 2 o 5 MHz) a/desde ese medio de radio.

30 El bloque o controlador de capa MAC 702 preferentemente comprende una capa MAC 802.11 704 que implementa operaciones de MAC 802.11 ax convencionales, y un bloque adicional 705 para realizar la invención, como mínimo parcialmente. El bloque de capa MAC 702 puede implementarse, opcionalmente, en software, cuyo software se carga en la RAM 512 y se ejecuta mediante la CPU 511.

35 Preferentemente, el bloque adicional, denominado módulo de gestión de modo EDCA MU 705, implementa la parte de la invención que se refiere al nodo 600, es decir, gestiona el cambio entre los modos EDCA heredado y MU, y gestiona los diversos temporizadores utilizados para controlar cada cola de tráfico en el modo EDCA MU.

40 Desde la perspectiva del AP, este módulo de gestión de modo EDCA MU 705 se puede proporcionar para enviar, a los nodos, el conjunto de valores heredados de los parámetros de EDCA y el conjunto de valores MU de los parámetros de EDCA, diferentes del conjunto de valores heredados, y un conjunto de valores de inicialización para los HEMUEDCATimer para dirigir a los nodos que entran en el modo EDCA MU para permanecer en dicho modo por lo menos la duración correspondiente. Por tanto, estos valores dirigen a cada nodo en su propia configuración cuando una de sus colas de tráfico cambia entre un modo EDCA heredado, en el que los parámetros de EDCA respectivos se establecen a los valores heredados, y un modo EDCA MU, que se mantendrá durante una duración predeterminada inicializada basándose en el valor de inicialización asociado y que cuenta atrás un temporizador asociado, en el que los parámetros de EDCA respectivos se establecen en los valores MU.

45 La capa MAC 802.11 704 y el módulo de gestión de modo EDCA MU 705 interactúan entre sí con el fin de proporcionar gestión del módulo de acceso al canal, que gestiona los motores de contención de cola, y un módulo de acceso a RU, que gestiona el motor de contención de RU, tal como se describe a continuación.

50 En la parte superior de la figura, el bloque de capa de aplicación 701 ejecuta una aplicación que genera y recibe paquetes de datos, por ejemplo, paquetes de datos de un flujo de vídeo. El bloque de capa de aplicación 701 representa todas las capas apiladas por encima de la capa MAC según la estandarización ISO.

55 Las realizaciones de la presente invención se ilustran a continuación utilizando diversas realizaciones ejemplares. Aunque los ejemplos propuestos utilizan la trama de activación 430 (véase la **figura 4**) enviada por un AP para una transmisión de enlace ascendente multiusuario, se pueden utilizar mecanismos equivalentes en un entorno centralizado o en un entorno *ad hoc* (es decir, sin un AP). Esto significa que cualquier nodo en un entorno *ad hoc* puede llevar a cabo las operaciones descritas a continuación con referencia al AP.

Estas realizaciones se describen principalmente en el contexto de IEEE 802.11ax considerando unidades de recurso de OFDMA. Sin embargo, la aplicación de la invención no se limita al contexto de IEEE 802.11ax.

5 Además, la presente invención no se basa necesariamente en el uso de un esquema de acceso MU tal como se describe en 802.11ax. También se puede utilizar cualquier otro esquema de acceso a RU que defina esquemas de acceso al medio alternativos que permitan el acceso simultáneo de los nodos al mismo medio.

10 El conjunto de valores MU puede ser más restrictivo que el conjunto de valores heredados, lo que da lugar a que una cola de tráfico que esté en el modo EDCA MU acceda con menos frecuencia al medio utilizando el esquema de acceso de contienda de EDCA.

Sin embargo, el conjunto de valores MU puede ser más permisivo en algunas realizaciones.

15 Con fines de mayor claridad, las siguientes explicaciones se centran en un conjunto de valores MU que es más restrictivo. En este contexto, el modo EDCA MU se denomina modo "degradado", mientras que el modo EDCA heredado se denomina modo "no degradado".

20 La **figura 8** ilustra un bloque de transmisión ejemplar de un nodo de comunicación 600 según las realizaciones de la invención.

Como se ha mencionado anteriormente, el nodo incluye un módulo de acceso al canal y posiblemente un módulo de acceso a RU, ambos implementados en el bloque de capa MAC 702. El módulo de acceso al canal incluye:

25 una serie de colas de tráfico 210 para servir tráfico de datos a diferentes prioridades;  
una pluralidad de motores de contención de cola 211, cada uno de ellos asociado con una cola de tráfico respectiva para utilizar parámetros de EDCA, en particular para calcular un valor de contención de cola respectivo, a utilizar para competir por el acceso a por lo menos un canal de comunicación con el fin de transmitir datos almacenados en la cola de tráfico respectiva. Este es el esquema de acceso de EDCA.

30 Según las realizaciones de la presente invención, cada motor de contención de cola 211 tiene su propio HEMUEDCATimer 2110. Esto significa que el nodo comprende una serie de temporizadores, estando asociado cada uno de ellos con una de las colas de tráfico.

35 Además, se proporciona un conmutador de modo EDCA 213 en el nodo que gestiona el cambio entre modo EDCA MU degradado y el modo EDCA heredado, actualizando los parámetros de EDCA según las enseñanzas de la invención. El conmutador de modo EDCA funciona en respuesta a cada transmisión de OFDMA en una RU por el nodo.

40 El módulo de acceso a RU incluye un motor de contención de RU 800 independiente de los motores de contención de cola, para utilizar parámetros de contienda de RU, en particular, para calcular un valor de contención de RU, a utilizar para competir por el acceso a las unidades de recurso aleatorias de OFDMA definidas en una TF recibida (enviada por el AP, por ejemplo), con el fin de transmitir datos almacenados en cualquier cola de tráfico en una RU de OFDMA. El motor de contención de RU 800 se asocia con un módulo de transmisión, denominado muxer de OFDMA 801. Por ejemplo, el muxer de OFDMA 801 se encarga, cuando el valor de contención de RU, OBO, descrito a continuación alcanza el cero, de seleccionar los datos a enviar de las colas de AC 210.

50 Los registros de contención de cola de AC convencionales 211 dirigen la solicitud de acceso al medio siguiendo el protocolo de EDCA (esquema de acceso al canal por contienda), mientras que, en paralelo, el motor de contención de RU 800 dirige la solicitud de acceso al medio siguiendo el protocolo multiusuario de OFDMA (esquema de acceso a RU por contienda).

Como estos dos esquemas de acceso por contienda coexisten, el nodo de origen implementa un mecanismo de acceso al medio con prevención de colisiones basado en un cálculo de valores de contención:

55 - un valor de contador de contención de cola correspondiente a un número de ranuras temporales que espera el nodo (además de un período DIFS), después de que se ha detectado el medio de comunicación como libre, antes de acceder al medio. Se trata de EDCA, independientemente de si está en un estado degradado o no degradado;  
60 - un valor de contador de contención de RU (OBO) correspondiente a un número de RU aleatorias inactivas que detecta el nodo, después de que se ha concedido una TXOP al AP o a cualquier nodo sobre un canal compuesto formado por RU, antes de acceder al medio. Se trata de OFDMA. Una variante de la cuenta atrás de OBO basada en el número de RU aleatorias inactivas se puede basar en una cuenta atrás basada en el tiempo.

65 La **figura 9** ilustra, utilizando un diagrama de flujo, las etapas principales que lleva a cabo la capa MAC 702 del nodo 600, cuando recibe nuevos datos para transmitir. Ilustra una alimentación FIFO convencional en el contexto de 802.11.

- 5 Justo al comienzo, ninguna cola de tráfico 210 almacena datos para transmitir. Como consecuencia, no se ha calculado ningún valor de contención de cola 211. Se dice que el motor de contención de cola correspondiente o la AC (categoría de acceso) correspondiente está inactivo. Tan pronto como hay datos almacenados en una cola de tráfico, se calcula un valor de contención de cola (a partir de los parámetros de contención de cola correspondientes), y se dice que el motor de contención de cola o la AC asociados están activos.
- 10 Cuando un nodo tiene datos listos para transmitirse en el medio, los datos se almacenan en una de las colas de AC 210, y el valor de contención asociado 211 debe actualizarse.
- 15 En la etapa 901, se reciben nuevos datos desde una aplicación que se ejecuta en el dispositivo (desde la capa de aplicación 701, por ejemplo), desde otra interfaz de red, o desde cualquier otra fuente de datos. Los nuevos datos están listos para ser enviados por el nodo.
- 20 En la etapa 902, el nodo determina en qué cola de AC 210 deberían almacenarse los datos. Esta operación normalmente se lleva a cabo comprobando el valor del TID (identificador de tráfico) adjunto a los datos (según la correspondencia mostrada en la **figura 3b**).
- 25 A continuación, la etapa 903 almacena los datos en la cola de AC determinada. Esto significa que los datos se almacenan en la cola de AC que tiene el mismo tipo de datos que los datos.
- 30 En la etapa 904, el motor de contención de cola asociado con la cola de AC determinada lleva a cabo un cálculo de contención de AC según 802.11 convencional.
- 35 Si la cola de AC determinada estaba vacía justo antes del almacenamiento de la etapa 903 (es decir, la AC está inicialmente inactiva), entonces existe la necesidad de calcular un nuevo valor de contención de cola para el contador de contención correspondiente.
- 40 Por tanto, el nodo calcula el valor de contención de cola como igual a un valor aleatorio seleccionado en el intervalo  $[0, CW]$ , donde  $CW$  es el valor actual de la  $CW$  para la categoría de acceso considerada (tal como se define en el estándar 802.11). Se recuerda aquí que el valor de contención de cola se añadirá al AIFSN (que se puede degradar en el modo EDCA MU) con el fin de implementar las prioridades relativas de las diferentes categorías de acceso.  $CW$  es un valor de la ventana de congestión que se selecciona del intervalo de selección  $[CW_{min}, CW_{max}]$ , donde ambos límites  $CW_{min}$  y  $CW_{max}$  (posiblemente degradados) dependen de la categoría de acceso considerada.
- 45 Como resultado, la AC se vuelve activa.
- 50 Los parámetros anteriores  $CW$ ,  $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$ , AIFSN y el valor de contención forman los parámetros y las variables de EDCA asociados con cada AC. Se utilizan para establecer las prioridades relativas para acceder al medio para las diferentes categorías de datos.
- 55 Los parámetros de EDCA normalmente tienen un valor fijo (por ejemplo,  $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$  y AIFSN), mientras que las variables de EDCA ( $CW$  y el valor de contención) evolucionan con el tiempo y con la disponibilidad del medio. Como resulta muy evidente a partir de lo anterior, la presente invención proporciona una evolución de los parámetros de EDCA a través del cambio entre valores de parámetros degradados y no degradados.
- 60 Además, la etapa 904 puede incluir el cálculo del valor de contención de RU, OBO, si es necesario. Un valor de contención de RU, OBO, debe calcularse si el motor de contención de RU 800 estaba inactivo (por ejemplo, porque no había datos en las colas de tráfico hasta la etapa anterior 903) y se han recibido nuevos datos a dirigir al AP.
- 65 El valor de contención de RU, OBO, se puede calcular de una forma similar al valor de contención de EDCA, es decir, utilizando parámetros de contienda de RU dedicados, tales como una ventana de contienda  $[0, CWO]$  y un intervalo de selección  $[CWO_{min}, CWO_{max}]$  dedicados.
- Se debe observar que algunas realizaciones pueden proporcionar una distinción entre los datos que se pueden enviar a través de unidades de recurso (es decir, compatibles con la transmisión de OFDMA MU de UL) y los que no. Dicha decisión se puede realizar durante la etapa 902, y se puede añadir un elemento de marca correspondiente a los datos almacenados.
- En dicho caso, el valor de contención de RU, OBO, se calcula solo si los datos recién almacenados están marcados como compatibles con la transmisión de OFDMA MU de UL.
- Después de la etapa 904, el proceso de la **figura 9** finaliza.
- Una vez que los datos se almacenan en las colas de AC, el nodo puede acceder al medio directamente a través del esquema de acceso de EDCA (con el modo EDCA heredado o con el modo EDCA MU degradado), tal como se

ilustra a continuación haciendo referencia a la **figura 10**, o a través de unidades de recurso proporcionadas por el AP a través de una o varias tramas de activación, como se ilustra a continuación haciendo referencia a la **figura 11**.

5 La **figura 10** ilustra, utilizando un diagrama de flujo, las etapas de acceso al medio basadas en el esquema de acceso al medio de EDCA (heredado o MU degradado).

Las etapas 1000 a 1020 describen una espera convencional introducida en el mecanismo de EDCA para reducir las colisiones en un medio inalámbrico compartido. En la etapa 1000, el nodo 600 detecta el medio esperando a que esté disponible (es decir, la energía detectada está por debajo de un umbral determinado en el canal principal).

10 Cuando el medio se vuelve libre durante un período AIFS[*i*] (incluyendo un período DIFS y el período AIFSN[*i*], véase la **figura 3a**), se ejecuta la etapa 1010, en la que el nodo 600 decreta en uno todos los contadores de contención de cola, AC[*i*], activos (distintos de cero) 211. En otras palabras, el nodo decreta los valores de contención de cola cada unidad de tiempo elemental que el canal de comunicación se detecta como inactivo.

15 A continuación, en la etapa 1020, el nodo 600 determina si por lo menos uno de los contadores de contención de AC alcanza el cero.

20 Si ningún contador de contención de cola de AC alcanza el cero, el nodo 600 espera otra ranura temporal de contención (habitualmente 9  $\mu$ s), y, por tanto, vuelve a la etapa 1000 con el fin de detectar el medio de nuevo durante la siguiente ranura temporal de contención. Esto hace posible decrementar los contadores de contención de AC en cada nueva ranura temporal de contención cuando el medio se detecta como inactivo, tan pronto como sus AIFS[*i*] respectivos hayan vencido.

25 Si por lo menos un valor de contención de cola de AC alcanza el cero, se ejecuta la etapa 1030, en la que el nodo 600 (más concretamente, el gestor de colisiones virtuales 212) selecciona la cola de AC activa que tiene un contador de contención de cola igual a cero y que tiene la mayor prioridad.

30 En la etapa 1040, se selecciona una cantidad apropiada de datos de esta AC seleccionada para su transmisión, para adaptarse al ancho de banda de la TXOP.

35 A continuación, en la etapa 1050, el nodo 600 inicia una transmisión EDCA, en caso de que, por ejemplo, se haya llevado a cabo con éxito un intercambio RTS/CTS para que se conceda una TXOP. Por tanto, el nodo 600 envía los datos seleccionados sobre el medio, durante la TXOP concedida.

A continuación, en la etapa 1060, el nodo 600 determina si la transmisión EDCA ha finalizado, en cuyo caso se ejecuta la etapa 1070.

40 En la etapa 1070, el nodo 600 actualiza la ventana de contienda, CW, de la cola de tráfico seleccionada basándose en el estado de la transmisión (ACK positivo o negativo, o ACK no recibido). Habitualmente, el nodo 600 duplica el valor de CW si la transmisión falló, hasta que CW alcanza el valor máximo  $CW_{max}$  (degradado o no), que depende del tipo de AC de los datos. Por otra parte, si la transmisión EDCA tiene éxito, la ventana de contienda CW se establece al valor mínimo  $CW_{min}$  (degradado o no), que también depende del tipo de AC de los datos.

45 A continuación, si la cola de tráfico seleccionada no está vacía después de la transmisión de datos de EDCA, se selecciona aleatoriamente un nuevo contador de contención de cola asociado a partir de  $[0, CW]$ , de forma similar a la etapa 904.

50 Esto finaliza el proceso de la **figura 10**.

La **figura 11** ilustra, utilizando un diagrama de flujo, las etapas del acceso a unidades de recurso basado en un esquema de acceso de RU u OFDMA después de recibir una trama de activación que define RU. Por ejemplo, esto ilustra el comportamiento del nodo 502 en la **figura 5b**.

55 En la etapa 1110, el nodo determina si se recibe una trama de activación desde el punto de acceso en la red de comunicación, reservando la trama de activación una oportunidad de transmisión concedida al punto de acceso sobre el canal de comunicación y definiendo unidades de recurso, RU, que forman el canal de comunicación. En caso afirmativo, el nodo analiza el contenido de la trama de activación recibida.

60 En la etapa 1120, el nodo determina si puede transmitir o no datos sobre una de las RU definidas en la trama de activación recibida. La determinación puede implicar una o las dos de dos condiciones, relativas en particular al tipo de RU.

65 Analizando el contenido de la TF recibida, el nodo determina si una RU definida es o no una unidad de recurso planificada asignada al nodo por el punto de acceso. Esto se puede hacer buscando su propio AID en la TF recibida, cuyo AID se asocia con una RU planificada concreta a utilizar para la transmisión OFDMA MU de UL.

Además, analizando el contenido de la TF recibida, el nodo determina si se definen o no una o varias RU aleatorias en la TF, es decir, RU cuyo acceso se realiza a través de contienda utilizando parámetros de contienda de RU (incluyendo el valor de OBO 800 mencionado anteriormente). En ese caso, el nodo determina también si su valor de OBO 800 actual permite o no seleccionar una RU aleatoria (por ejemplo, si OBO 800 es menor que el número de RU aleatorias en la TF).

Si una RU planificada se asigna al nodo o se permite que este último acceda (después de la contienda) a una RU aleatoria, el nodo determina el tamaño de la(s) RU aleatoria(s)/planificada(s) a utilizar y se ejecuta la etapa 1130. De otro modo, el nodo decrementa el valor de contención de RU, OBO, 800 basándose en el número de unidades de recurso aleatorias definidas en la trama de activación recibida, y el proceso finaliza, ya que el nodo no puede acceder a ninguna RU definida por la TF recibida.

En la etapa 1130, el nodo selecciona por lo menos una de las colas de tráfico 210 de las que se seleccionan los datos a transmitir, y añade datos de la cola o colas seleccionadas a la memoria intermedia de transmisión hasta que la cantidad de datos alcanza el tamaño de la unidad de recurso seleccionada a utilizar.

Pueden existir diversos criterios para seleccionar una cola de tráfico actual.

Por ejemplo, se puede hacer de los siguientes modos:

- seleccionando la cola de tráfico 210 que tiene el valor de contención de cola asociado más bajo. La selección de la cola de tráfico depende así de los valores de las contenciones de EDCA 211, garantizando de este modo que el nodo respeta el principio de EDCA y que se implementa la QoS correcta para sus datos;
- seleccionando aleatoriamente una cola de tráfico no vacía de entre las colas de tráfico;
- seleccionando la cola de tráfico que almacena la mayor cantidad de datos (es decir, la más cargada);
- seleccionando una cola de tráfico no vacía que tiene la prioridad de tráfico asociada más alta (dadas las categorías AC mostradas en la **figura 3b**);
- seleccionando una cola de tráfico no vacía asociada con un tipo de datos que se corresponde con un tipo de datos asociado con la unidad de recurso sobre la que se van a transmitir los datos a seleccionar. Dicho tipo de datos especificado puede ser una cola de tráfico indicada por el AP en la trama de activación, utilizando, por ejemplo, el campo "AC preferente" 1340 de la **figura 13** cuando el campo de nivel de preferencia de AC se establece a 1. Este es el criterio de selección utilizado en el ejemplo de la **figura 5b**.

Después de la etapa 1130, la etapa 1140 indica que el nodo establece o actualiza una lista de colas de emisión/transmisión insertando la cola de tráfico actual de la que provienen los datos seleccionados en la etapa 1130. La lista mantiene el orden de inserción de las colas de emisión/transmisión, de modo que, por ejemplo, una cola de emisión/transmisión principal (la primera cola seleccionada en la etapa 1030) y las colas de emisión/transmisión subsiguientes se puedan identificar fácilmente.

Además, el nodo puede almacenar durante la etapa 1140 un elemento de información que representa la cantidad de datos seleccionados así de la cola de tráfico actual, para su transmisión en la RU. Por ejemplo, el nodo actualiza la lista de colas de emisión insertando también la cantidad de datos seleccionada de la cola de tráfico actual.

Esta lista de colas de emisión/transmisión se puede implementar a través de una tabla que contiene, para cada cola de tráfico, el rango de la cola de transmisión (que se puede simplificar a cola "principal" o "secundaria") y la cantidad de datos puestos en la memoria intermedia de transmisión.

En la etapa 1150, el nodo determina si la cantidad de datos almacenada en la memoria intermedia de transmisión es o no suficiente para llenar la unidad de recurso seleccionada.

En caso negativo, todavía hay espacio para datos adicionales en la unidad de recurso. Por tanto, el proceso vuelve a la etapa 1130, durante la cual se puede seleccionar otra cola de tráfico, utilizando el mismo criterio de selección. De este modo, la memoria intermedia de transmisión se llena progresivamente hasta alcanzar el tamaño de la unidad de recurso seleccionada.

Por tanto, se puede observar que una serie de colas de tráfico de transmisión del mismo nodo pueden estar implicadas durante una transmisión OFDMA MU de UL, lo que da como resultado, en consecuencia, que la serie de colas entran en el modo EDCA MU.

En una variante que evita mezclar datos de dos o más colas de tráfico (es decir, los datos para la RU seleccionada se seleccionan desde una única cola de tráfico), se pueden añadir datos de relleno para llenar completamente la RU seleccionada. Esto se hace para garantizar que toda la duración de la RU tenga energía que puedan detectar los nodos heredados.

En otra variante que implementa una regla de agregación de datos concreta, si la primera cola de tráfico

seleccionada no tiene suficientes datos para llenar completamente la unidad de recurso a la que se ha accedido, se pueden seleccionar datos de colas de tráfico de mayor prioridad.

5 Una vez que la memoria intermedia de transmisión está llena para la RU seleccionada, la etapa 1160 inicia la transmisión OFDMA MU de UL de los datos almacenados en la memoria intermedia de transmisión al AP. La transmisión OFDMA se basa en los subcanales y la modulación de OFDMA definidos en la trama de activación recibida, y, especialmente, en la definición de la RU.

10 A continuación, una vez que se ha llevado a cabo la transmisión, y preferentemente después de una transmisión con éxito (es decir, se recibe un acuse de recibo del AP), la etapa 1170 determina el nuevo valor o valores a aplicar a uno o varios parámetros de EDCA de la cola o colas de tráfico, con el fin de modificarlo(s) a valor o valores penalizados.

15 Las colas de transmisión añadidas a la lista en la etapa 1140 entran, por tanto, en el modo EDCA MU, lo que significa que su conjunto de parámetros de EDCA o de "contienda de cola" se debe modificar, en particular a valores de parámetros degradados que se deben determinar. Una o varias colas de transmisión pueden estar ya en el modo EDCA MU. Sin embargo, los valores de los parámetros degradados también se deben determinar (se pueden modificar mediante una trama de baliza recibida recientemente con nuevos valores degradados).

20 Durante la etapa 1170, se determinan los valores de los parámetros degradados.

25 En las realizaciones, los valores degradados de los parámetros de EDCA incluyen un número de espaciado intertrama de arbitraje, AIFSN, degradado en comparación con los valores no degradados de los parámetros de EDCA utilizados para las colas de tráfico que no se establecen en el modo EDCA MU. En otras palabras, los AIFSN de las colas de transmisión se establecen a valores degradados.

30 En algunas realizaciones, el AIFSN es el único parámetro modificado cuando se cambia al modo EDCA MU. Esto significa que los valores degradados de los parámetros de EDCA incluyen el mismo límite inferior  $CW_{min}$  y/o límite superior  $CW_{max}$  que los valores no degradados utilizados para el modo EDCA heredado, definiendo  $CW_{min}$  y  $CW_{max}$  un intervalo de selección a partir del cual se selecciona un tamaño de la ventana de contienda.

35 Los valores degradados utilizados para esta etapa se seleccionan preferentemente en el último elemento de información dedicado recibido, normalmente formando parte de una trama de baliza transmitida por el AP. Por tanto, para un nodo que recibe periódicamente una trama de baliza desde el punto de acceso, difundiendo cada trama de baliza información de red sobre la red de comunicación a la serie de nodos, la trama de baliza recibida incluye, por tanto, normalmente además de valores no degradados (o de EDCA heredados), los valores degradados para los parámetros de EDCA de la pluralidad de colas de tráfico que cambian al modo EDCA MU.

40 Si dichos valores degradados no se reciben desde el AP, se pueden utilizar valores predeterminados, tal como se describe en el estándar.

45 La etapa 1170 incluye también determinar el valor de la duración de la degradación predeterminada HEMUEDCATimer[AC] para cada cola de tráfico de transmisión, AC. Esta duración define el período durante el cual el nodo debe permanecer en el modo EDCA MU para la cola de tráfico degradada asociada. Esta información también se puede obtener del AP, por ejemplo, de un elemento de información dedicado concreto de una trama de baliza recibida, tal como se representa en la **figura 14b** o **14c** a continuación.

50 Después de la etapa 1170, la etapa 1180 sustituye realmente los valores actuales de los parámetros de EDCA asociados con la(s) cola(s) de tráfico de transmisión por los valores degradados determinados en la etapa 1170.

55 En caso de que los parámetros  $CW_{min}$  y/o  $CW_{max}$  tengan nuevos valores, la CW actual de una o varias colas de tráfico puede estar desactualizada. En ese caso, se puede seleccionar una nueva CW a partir del intervalo recién definido [ $CW_{min}$ ,  $CW_{max}$ ].

60 A continuación, en la etapa 1190, el temporizador 2110 asociado con cada cola de tráfico de transmisión 210 se inicializa con la duración de la degradación predeterminada respectiva HEMUEDCATimer[AC], tal como se determina en la etapa 1170. A continuación, se lanza el temporizador 2110 y transcurre progresivamente a medida que pasa el tiempo.

65 Se debe observar que si el temporizador ya estaba transcurriendo cuando se lleva a cabo la etapa 1180 (lo que significa que la cola de tráfico asociada ya estaba en el modo EDCA MU), el temporizador se reinicializa (es decir, se restablece) de nuevo al valor de HEMUEDCATimer[AC] con el fin de mantener el nodo en el modo EDCA MU durante el siguiente período HEMUEDCATimer[AC]. Este es el caso del temporizador 591 en el ejemplo de la **figura 5b**.

65 La **figura 12** ilustra, utilizando un diagrama de flujo, la gestión del nodo a nivel de cola para volver a cambiar al modo heredado no degradado en los ejemplos anteriores. Esta gestión se basa en el HEMUEDCATimer[AC]

dedicado a la cola de tráfico, AC, afectada. En realidad, la cola de tráfico, AC, puede permanecer en el modo EDCA MU siempre que este temporizador HEMUEDCATimer[AC] no haya vencido.

5 Por tanto, en la etapa 1210, se comprueba si el HEMUEDCATimer[AC] ha vencido/expirado o no, es decir, si ha alcanzado el valor 0.

10 En caso afirmativo, la cola de tráfico, AC, se vuelve a cambiar al modo EDCA en la etapa 1220. Esto puede incluir restablecer los parámetros de EDCA a los valores no degradados, por ejemplo, tal como los proporcionados por el AP a los nodos utilizando la trama de baliza de la **figura 14a** a continuación.

15 Se debe observar que, debido a la reinicialización del temporizador en cada nueva etapa 1190, el vencimiento del HEMUEDCATimer[AC] solo se produce cuando no se transmite ningún dato de la cola de tráfico, AC, desde el nodo, en ninguna unidad de recurso de OFDMA proporcionada por el AP dentro de las TXOP subsiguientes concedidas al AP durante la duración de la degradación predeterminada.

A continuación, el proceso finaliza en la etapa 1230.

20 El proceso de la **figura 12** se lleva a cabo en paralelo y de forma independiente para cada cola de tráfico en el modo EDCA MU degradado (es decir, para la cual está transcurriendo un temporizador) Esto se debe a que los temporizadores 2110 son independientes, según las enseñanzas de la invención.

La **figura 13** ilustra la estructura de una trama de activación como se define en el borrador del estándar 802.11ax.

25 La trama de activación 1300 está formada por un campo dedicado 1310 denominado Campo de información de usuario. Este campo contiene un campo "Información común dependiente de la activación" 1320, que contiene el campo "Nivel de preferencia de AC" 1330 y el campo "AC preferente" 1340.

30 El campo "AC preferente" 1340 es un campo de 2 bits que indica la cola de AC (valor de 0 a 3) de la que el nodo debe enviar datos en la RU asignada a ese nodo en la trama de activación.

35 El campo "Nivel de preferencia de AC" 1330 es un bit que indica si el valor del campo "AC preferente" 1340 es significativo o no. Si el campo 1340 se establece a 1, entonces el nodo debe tener en cuenta el campo "AC preferente" 1340 al seleccionar datos en la etapa 1130. Si el campo 1330 se establece a 0, se permite que el nodo envíe datos desde cualquier cola de AC, independientemente del valor del campo "AC preferente" 1340.

Los otros campos de la trama de activación se definen en el estándar 802.11ax.

40 El AP también puede encargarse de difundir los parámetros de EDCA para el modo EDCA y el modo EDCA MU, así como uno o varios valores de inicialización a utilizar para inicializar o restablecer los temporizadores 2110 asociados con las colas de tráfico 210. El AP preferentemente lleva a cabo la difusión utilizando una trama de baliza bien conocida, dedicada para configurar todos los nodos en una celda 802.11. Se debe observar que, si el AP no logra difundir los parámetros de EDCA, los nodos están configurados para utilizar los valores predeterminados, tal como se define en el estándar 802.11ax.

45 La **figura 14a** ilustra la estructura de un elemento de información estandarizado 1410 utilizado para describir los parámetros del EDCA en una trama de baliza.

50 Los campos 1411, 1412, 1413 y 1414 describen los parámetros asociados con cada cola de tráfico 210. Para cada cola de tráfico, un subcampo 1415 incluye los parámetros de EDCA: AIFSN como un retardo antes de empezar a decrementar el valor de contención asociado,  $ECW_{min}$  y  $ECW_{max}$  como los valores mínimo,  $CW_{min}$ , y máximo,  $CW_{max}$ , de la ventana de contienda, y, finalmente, el límite de TXOP como el tiempo de transmisión de datos máximo para un dispositivo 802.11.

55 El resto de campos del elemento de información son los descritos en el estándar 802.11.

60 La **figura 14b** ilustra una estructura ejemplar de un elemento de información dedicado 1420 para transmitir los valores de los parámetros de EDCA degradados según la invención, así como un valor de inicialización común para los temporizadores HEMUEDCATimer[AC] de todas las colas de tráfico. El elemento de información dedicado 1420 se puede incluir en una trama de baliza enviada por el AP.

El elemento de información dedicado 1420 incluye, para cada cola de AC, los parámetros de EDCA degradados (1421, 1422, 1423, 1424) a utilizar por los nodos en el modo EDCA MU. También incluye un subcampo 1425 que especifica el valor de inicialización común para los HEMUEDCATimer.

65 Cada subcampo 1421, 1422, 1423, 1424 incluye el valor del AIFSN degradado para la cola de tráfico correspondiente, así como el valor de  $ECW_{min}$  degradado y el valor de  $ECW_{max}$  degradado (pueden ser iguales a los

valores de EDCA heredados).

5 En esta realización, las duraciones de degradación predeterminadas utilizadas para inicializar los temporizadores HEMUEDCATimer[AC] asociados con las colas de tráfico, AC, respectivas se calculan a partir de un valor de inicialización común 1425 recibido del AP y de un parámetro de ajuste específico de cada cola de tráfico respectiva.

Utilizando diferentes parámetros de ajuste, se pueden obtener diferentes duraciones de degradación predeterminadas utilizadas para inicializar los temporizadores asociados con dos colas de tráfico respectivas.

10 En una realización, el valor de inicialización común proporcionado por el AP se puede multiplicar por un valor constante (parámetro de ajuste) basado en la prioridad de cada cola de tráfico, AC. Por ejemplo, el valor constante puede ser igual a 1 para las categorías de acceso AC\_VO y AC\_VI e igual a 3 para las categorías de acceso AC\_BE y AC\_BG.

15 La **figura 14c** ilustra otra estructura ejemplar de un elemento de información dedicado 1430 para transmitir los valores de los parámetros de EDCA degradados según la invención, así como un valor de inicialización para cada temporizador HEMUEDCATimer[AC] implementado por los nodos. El elemento de información dedicado 1430 se puede incluir en una trama de baliza enviada por el AP.

20 El elemento de información dedicado 1430 incluye, para cada cola de AC, un conjunto de parámetros degradados (1431, 1432, 1433, 1434) a utilizar por los nodos en el modo EDCA MU. También incluye un subcampo 1425 que especifica el valor de inicialización común para los HEMUEDCATimer.

25 Cada subcampo 1431, 1432, 1433, 1434 incluye el valor del AIFSN degradado para la cola de tráfico correspondiente, así como el valor de  $ECW_{min}$  degradado y el valor de  $ECW_{max}$  degradado (pueden ser iguales a los valores de EDCA heredados), y finalmente el valor de inicialización a utilizar para el HEMUEDCATimer de la cola de tráfico afectada.

30 Esto significa que el AP se encarga de calcular y, a continuación, de enviar un valor de inicialización dedicado para cada cola de tráfico. En esta realización, las duraciones de degradación predeterminadas utilizadas para inicializar los temporizadores HEMUEDCATimer[AC] asociados con las colas de tráfico respectivas se establecen a valores de inicialización respectivos recibidos directamente del AP.

35 Para mejorar la gestión de la QoS, los valores de inicialización calculados por el AP se basan preferentemente en la prioridad de cada AC.

Aunque la presente invención se ha descrito anteriormente haciendo referencia a realizaciones específicas, la presente invención no se limita a las realizaciones específicas, y para un experto en la materia habrá modificaciones evidentes que se encuentren dentro del alcance de la presente invención.

40 Por ejemplo, mientras que los parámetros de EDCA y los parámetros de EDCA MU degradados se difunden en elementos de información dedicados de la misma trama de baliza en las explicaciones anteriores, las variaciones pueden contemplar alternar entre una trama de baliza que envía los parámetros de EDCA y otra trama de baliza que difunde los parámetros de EDCA MU degradados.

45 Muchas modificaciones y variaciones diferentes se plantearán por sí solas a los expertos en la materia después de hacer referencia a las realizaciones ilustrativas anteriores, que se proporcionan solo a modo de ejemplo, y que no pretenden limitar el alcance de la invención, determinándose el mismo únicamente por las reivindicaciones adjuntas. En particular, las diferentes características de las diferentes realizaciones se pueden intercambiar si es apropiado.

50 En las reivindicaciones, la palabra "comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. El mero hecho de que diferentes características se citen en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que no se pueda utilizar ventajosamente una combinación de estas características.

55

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de comunicación, que comprende:

5 un transmisor configurado para transmitir datos que se categorizan en cualquiera de una pluralidad de diferentes categorías de acceso, AC, en una oportunidad de transmisión, TXOP, de acceso al canal distribuido mejorado, EDCA, utilizando parámetros de contienda, en el que cada una de las diferentes categorías de acceso tiene sus propios parámetros de contienda; y  
 una pluralidad de temporizadores, estando asociado cada uno con una de las AC;  
 10 en el que, en un caso en el que datos que se categorizan en una AC específica de entre la pluralidad de diferentes AC se transmiten correctamente en una unidad de recurso multiusuario proporcionada por un punto de acceso dentro de una oportunidad de transmisión concedida al punto de acceso, el dispositivo de comunicación se configura para actualizar uno específico de la pluralidad de temporizadores asociado con la AC específica para mantener los parámetros de contienda establecidos a parámetros de EDCA MU para la AC específica durante una duración predeterminada antes de que se vuelvan a establecer a parámetros de EDCA diferentes de los parámetros de EDCA MU, mientras que los otros temporizadores no se actualizan.

2. Dispositivo de comunicación, según la reivindicación 1, configurado para reinicializar la AC específica a la duración predeterminada cada vez que se transmiten datos de la AC específica en una unidad de recurso multiusuario proporcionada por el punto de acceso dentro de una oportunidad de transmisión subsiguiente concedida al punto de acceso.

3. Dispositivo de comunicación, según la reivindicación 1, que comprende, además, un receptor que se configura para recibir periódicamente una trama de baliza del punto de acceso, en el que la trama de baliza recibida incluye los parámetros de EDCA, los parámetros de EDCA MU y un valor de inicialización para inicializar el temporizador asociado con la AC específica a la duración predeterminada.

4. Dispositivo de comunicación, según la reivindicación 1, configurado para establecer los parámetros de contienda para la AC específica a los parámetros de EDCA MU solo tras transmitir correctamente datos de la AC específica en una unidad de recurso multiusuario proporcionada por el punto de acceso dentro de una oportunidad de transmisión concedida al punto de acceso.

5. Dispositivo de comunicación, según la reivindicación 1, en el que los parámetros de EDCA MU incluyen un número de espaciado intertrama de arbitraje, AIFSN, degradado, en comparación con un AIFSN de los parámetros de EDCA.

6. Punto de acceso para una red de comunicación que comprende un dispositivo de comunicación que tiene un transmisor para transmitir datos que se categorizan en cualquiera de una pluralidad de diferentes categorías de acceso, AC, en una oportunidad de transmisión, TXOP, de acceso al canal distribuido mejorado, EDCA, utilizando parámetros de contienda, en el que cada una de las diferentes categorías de acceso tiene sus propios parámetros de contienda, comprendiendo el punto de acceso:

un transmisor configurado para transmitir parámetros de EDCA, parámetros de EDCA MU diferentes de los parámetros de EDCA y un valor que indica una duración predeterminada al dispositivo de comunicación;  
 en el que, en un caso en el que datos que se categorizan en una AC específica de entre la pluralidad de diferentes AC se transmiten correctamente desde el dispositivo de comunicación en una unidad de recurso multiusuario proporcionada por el punto de acceso dentro de una oportunidad de transmisión concedida al punto de acceso, uno específico de los temporizadores del dispositivo de comunicación asociado con la AC específica se actualiza para mantener los parámetros de contienda establecidos a parámetros de EDCA MU para la AC específica durante la duración predeterminada indicada por el valor antes de volver a establecerse a parámetros de EDCA diferentes de los parámetros de EDCA MU, mientras que los otros tiempos no se actualizan.

7. Punto de acceso, según la reivindicación 6, en el que el transmisor se configura para transmitir periódicamente una trama de baliza, en el que una trama de baliza transmitida incluye los parámetros de EDCA, los parámetros de EDCA MU y el valor.

8. Punto de acceso, según la reivindicación 6, en el que los parámetros de EDCA MU incluyen un número de espaciado intertrama de arbitraje, AIFSN, degradado, en comparación con un AIFSN de los parámetros de EDCA.

9. Procedimiento de comunicación en un dispositivo de comunicación que tiene un transmisor para transmitir datos que se categorizan en cualquiera de una pluralidad de diferentes categorías de acceso, AC, en una oportunidad de transmisión, TXOP, de acceso al canal distribuido mejorado, EDCA, utilizando parámetros de contienda, y que tiene una pluralidad de temporizadores, estando cada uno asociado con una de las AC, en el que cada una de las diferentes categorías de acceso tiene sus propios parámetros de contienda, comprendiendo el procedimiento de comunicación:

en un caso en el que datos que se categorizan en una AC específica de entre la pluralidad de diferentes AC se transmiten correctamente en una unidad de recurso multiusuario proporcionada por un punto de acceso dentro de

una oportunidad de transmisión concedida al punto de acceso, actualizar uno específico de la pluralidad de temporizadores asociado con la AC específica para mantener los parámetros de contienda establecidos a parámetros de EDCA MU para la AC específica durante una duración predeterminada antes de que se vuelvan a establecer a parámetros de EDCA diferentes de los parámetros de EDCA MU, mientras que los otros temporizadores no se actualizan.

5

10. Procedimiento de comunicación en un punto de acceso de una red de comunicación que comprende un dispositivo de comunicación que tiene un transmisor para transmitir datos que se categorizan en cualquiera de una pluralidad de diferentes categorías de acceso, AC, en una oportunidad de transmisión, TXOP, de acceso al canal distribuido mejorado, EDCA, utilizando parámetros de contienda, en el que cada una de las diferentes categorías de acceso tiene sus propios parámetros de contienda, comprendiendo el procedimiento de comunicación:

10

transmitir parámetros de EDCA, parámetros de EDCA MU diferentes de los parámetros de EDCA y un valor que indica una duración predeterminada al dispositivo de comunicación,

15

en el que, en un caso en el que datos que se categorizan en una AC específica de entre la pluralidad de diferentes AC se transmiten correctamente desde el dispositivo de comunicación en una unidad de recurso multiusuario proporcionada por el punto de acceso dentro de una oportunidad de transmisión concedida al punto de acceso, uno específico de los temporizadores del dispositivo de comunicación asociado con la AC específica se actualiza para mantener los parámetros de contienda establecidos a parámetros de EDCA MU para la AC específica durante la duración predeterminada indicada por el valor antes de que se vuelvan a establecer a parámetros de EDCA diferentes de los parámetros de EDCA MU, mientras que los otros tiempos no se actualizan.

20

11. Medio no transitorio legible por ordenador que almacena un programa que, cuando se ejecuta mediante un microprocesador o sistema informático en un dispositivo, hace que el dispositivo lleve a cabo el procedimiento de comunicación de la reivindicación 9 o 10.

25

12. Trama de baliza a enviar por un punto de acceso en una red de comunicación que comprende un dispositivo de comunicación que tiene un transmisor para transmitir datos que se categorizan en cualquiera de una pluralidad de diferentes categorías de acceso, AC, en una oportunidad de transmisión, TXOP, de acceso al canal distribuido mejorado, EDCA, utilizando parámetros de contienda, en el que cada una de las diferentes categorías de acceso tiene sus propios parámetros de contienda, comprendiendo la trama de baliza:

30

un elemento de información que comprende parámetros de EDCA, parámetros de EDCA MU diferentes de los parámetros de EDCA y valores de temporizador que indican duraciones predeterminadas, en el que cada uno de los valores de temporizador se asocia con cada una de las diferentes AC.

35

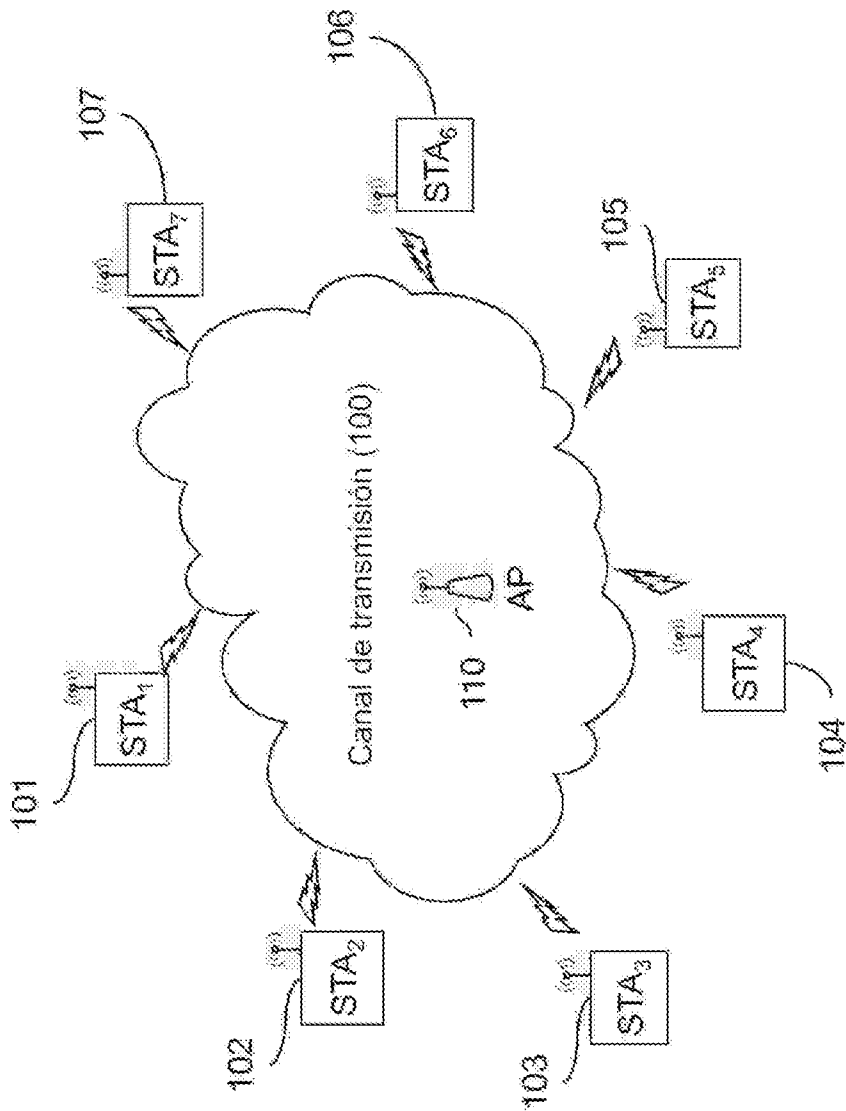


Fig. 1

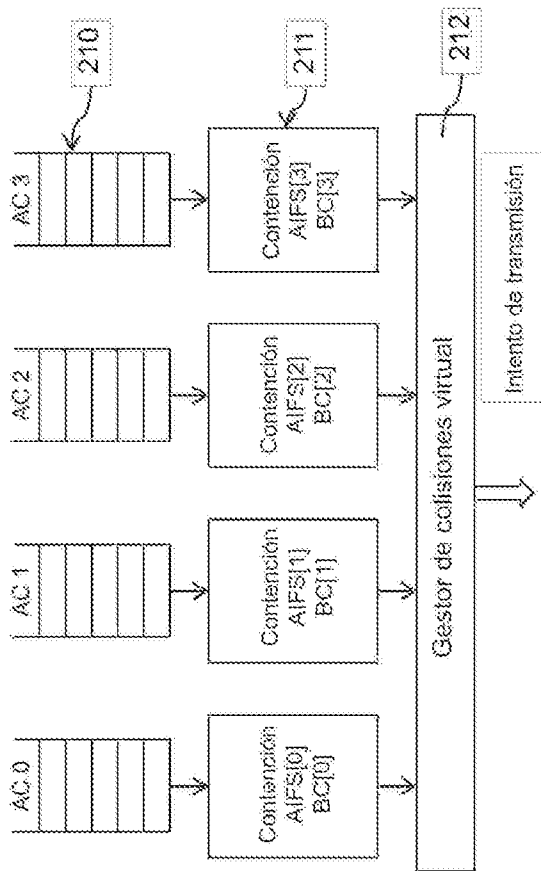


Fig. 2a

AC	CW <sub>min</sub>	CW <sub>max</sub>	AIFSN
AC_BG	aCW <sub>min</sub>	aCW <sub>max</sub>	7
AC_BE	aCW <sub>min</sub>	aCW <sub>max</sub>	3
AC_VI	$\{aCW_{min}+1\}/2-1$	aCW <sub>min</sub>	2
AC_VO	$\{aCW_{min}+1\}/4-1$	$\{aCW_{min}+1\}/2-1$	2

Fig. 2b

AC	MU CW <sub>min</sub>	MU CW <sub>max</sub>	MU AIFSN
AC_BG	aCW <sub>min</sub>	aCW <sub>max</sub>	14
AC_BE	aCW <sub>min</sub>	aCW <sub>max</sub>	10
AC_VI	$\{aCW_{min}+1\}/2-1$	aCW <sub>min</sub>	9
AC_VO	$\{aCW_{min}+1\}/4-1$	$\{aCW_{min}+1\}/2-1$	9

Fig. 2c

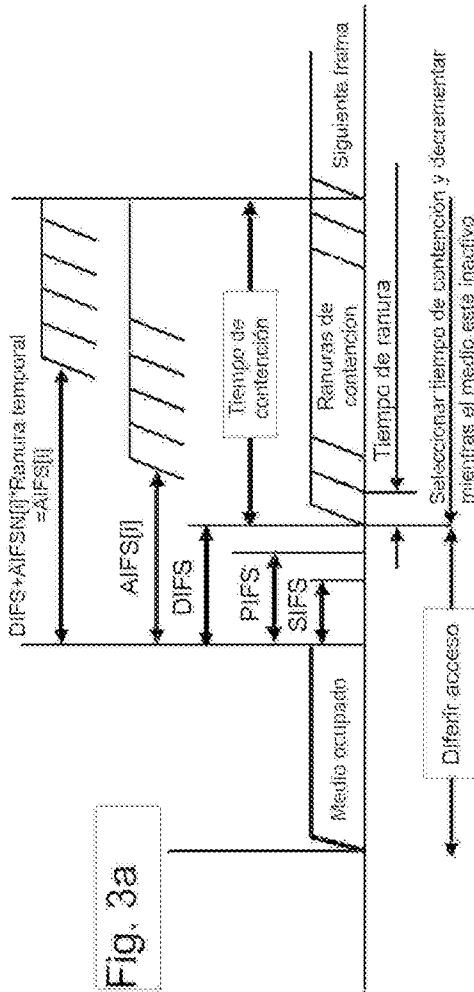


Fig. 3a

Fig. 3b

Asignaciones de prioridad a categoría de acceso		
Prioridad	Categoría de acceso (AC)	Designación (informativo)
1	0	Mejor esfuerzo
2	0	Mejor esfuerzo
0	0	Mejor esfuerzo
3	1	Sondeo de vídeo
4	2	Vídeo
5	2	Vídeo
6	3	Voz
7	3	Voz

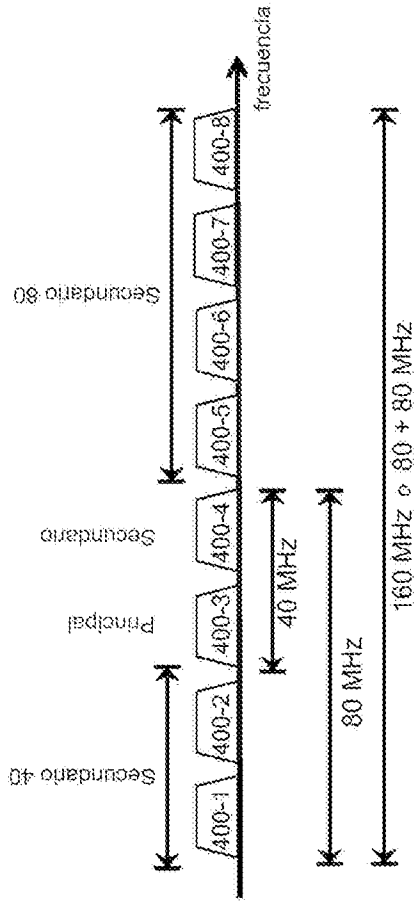


Fig. 4a

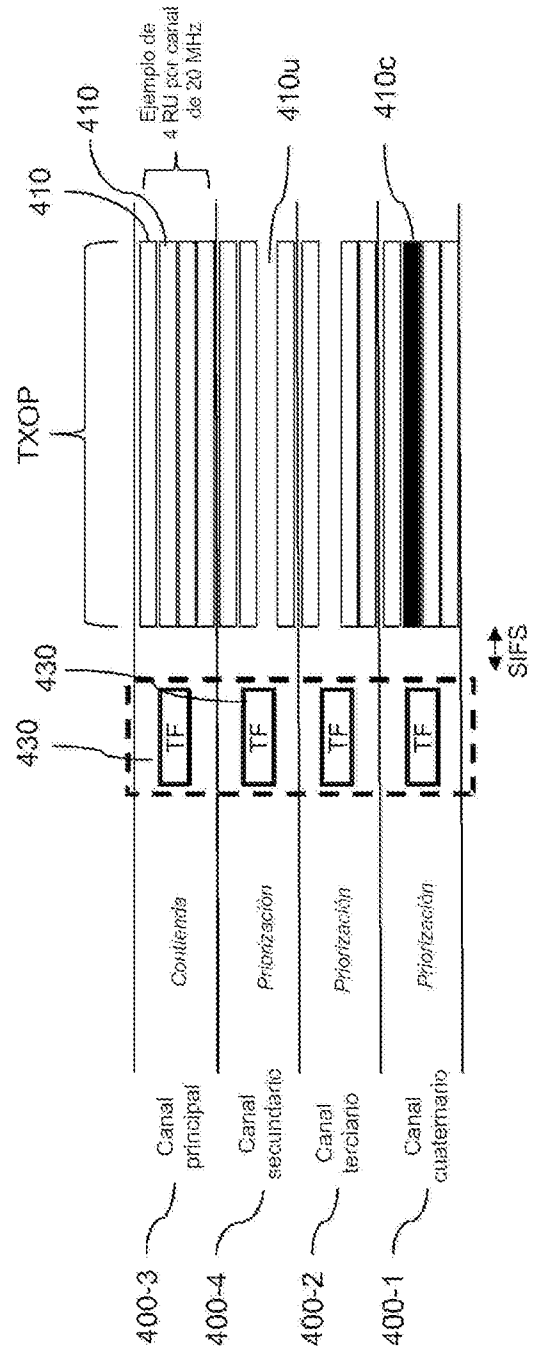


Fig. 4

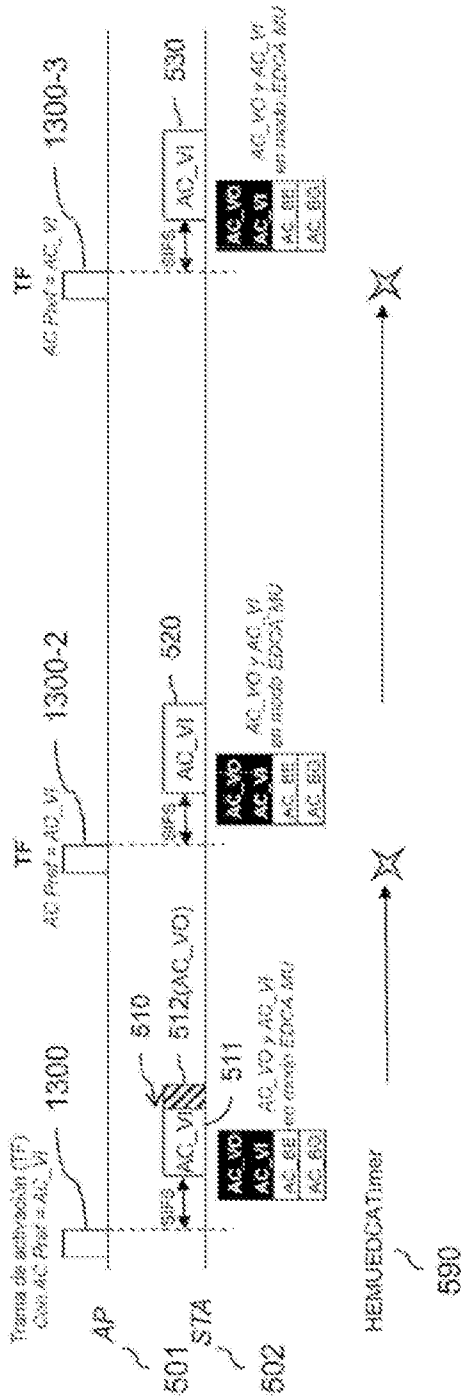


Fig. 5a

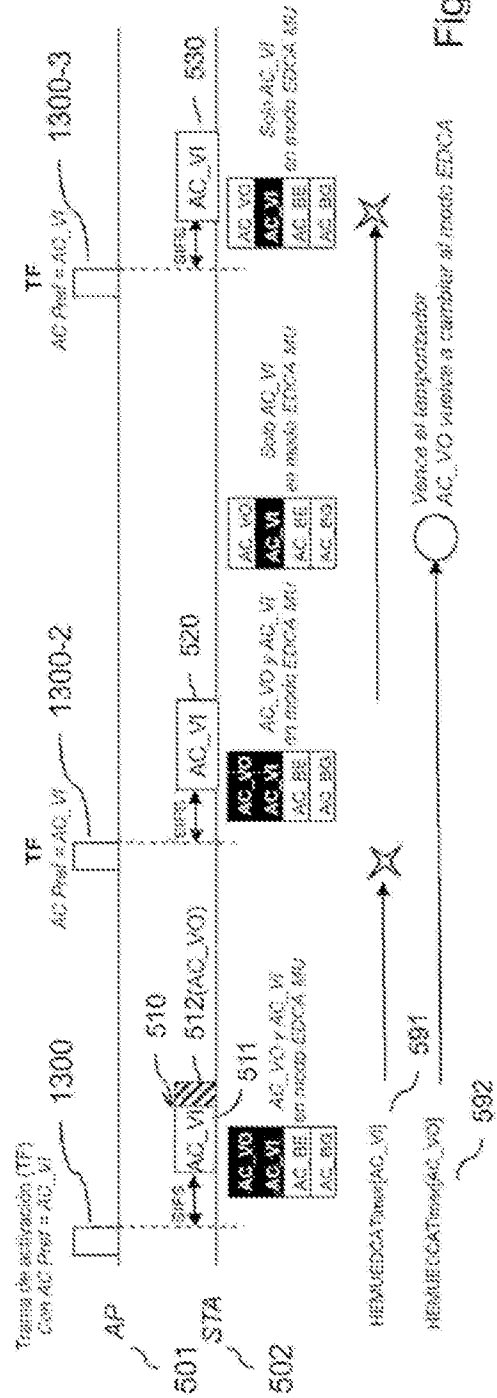
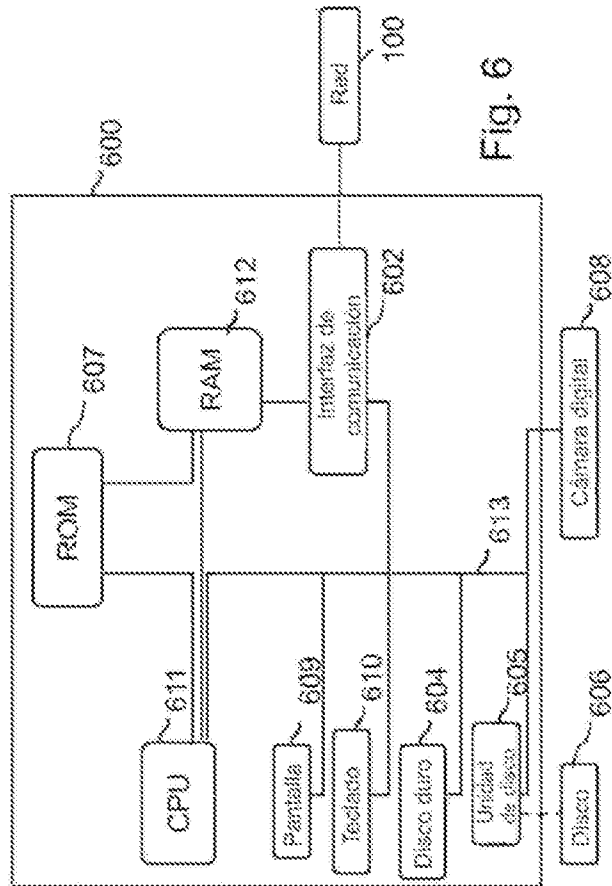
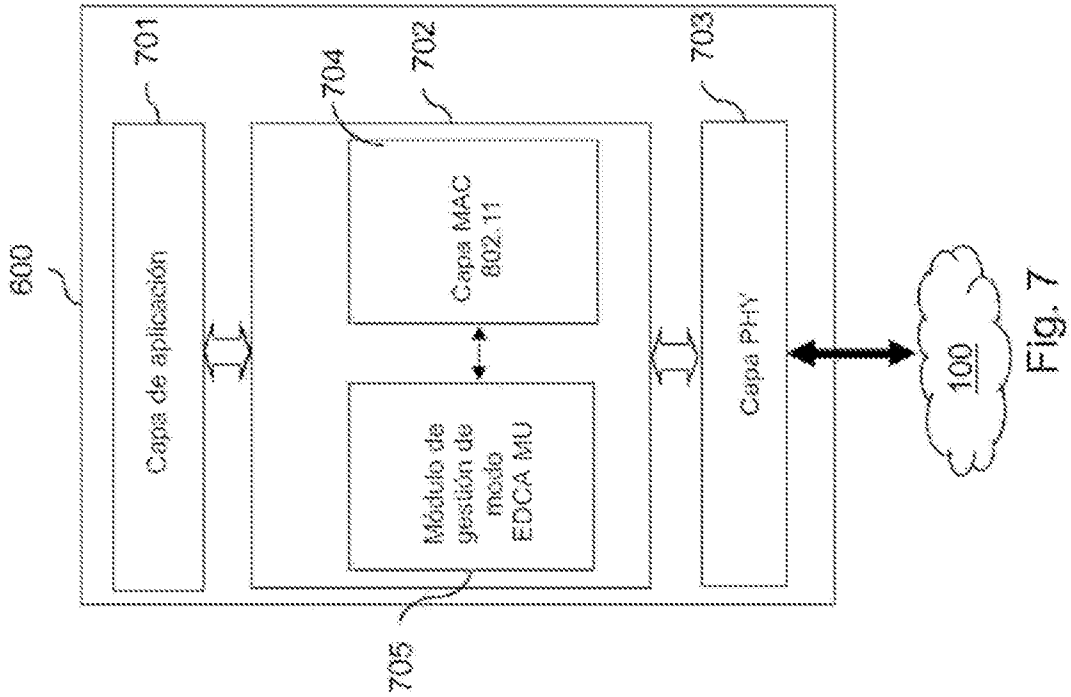


Fig. 5b



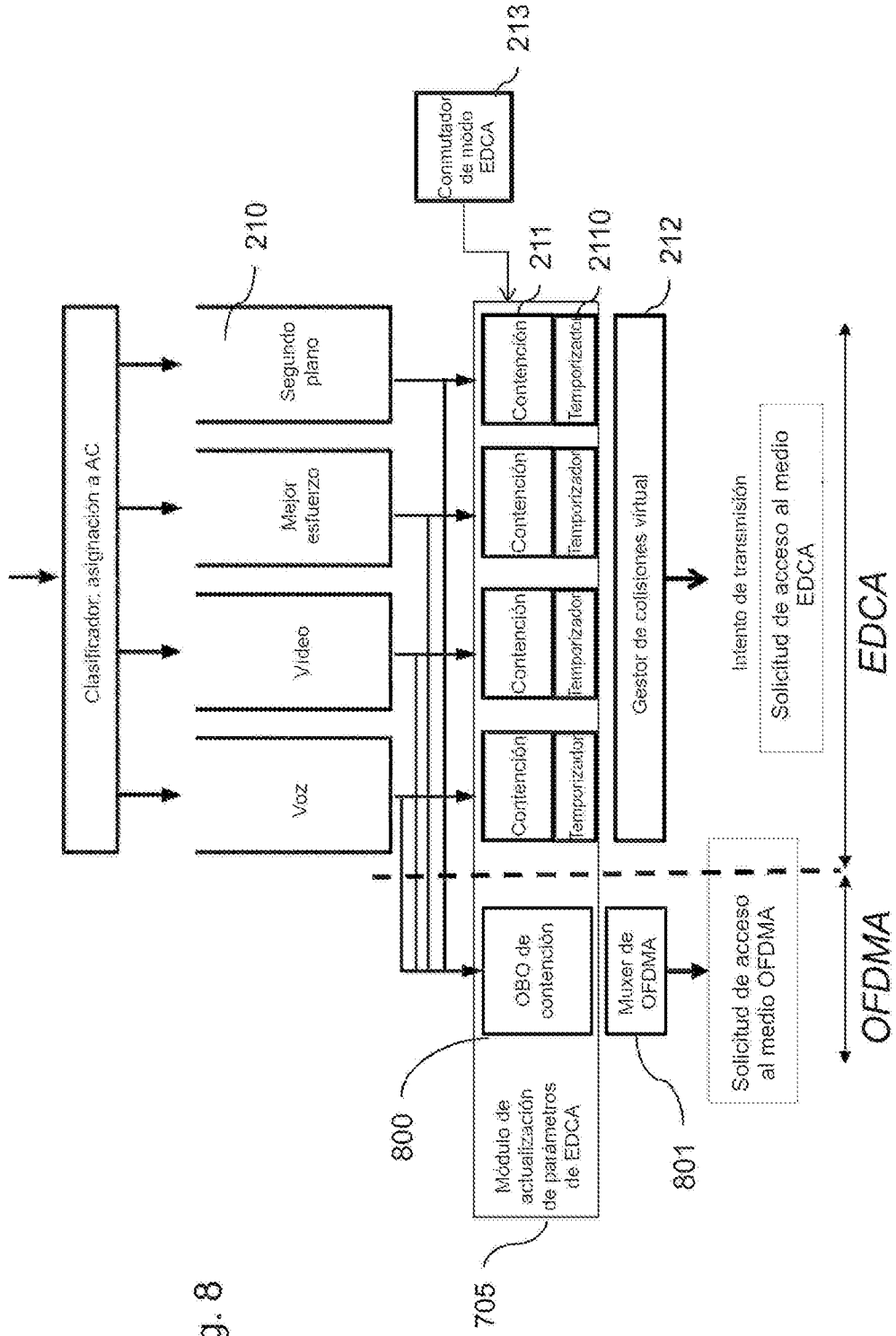


Fig. 8

Fig. 9

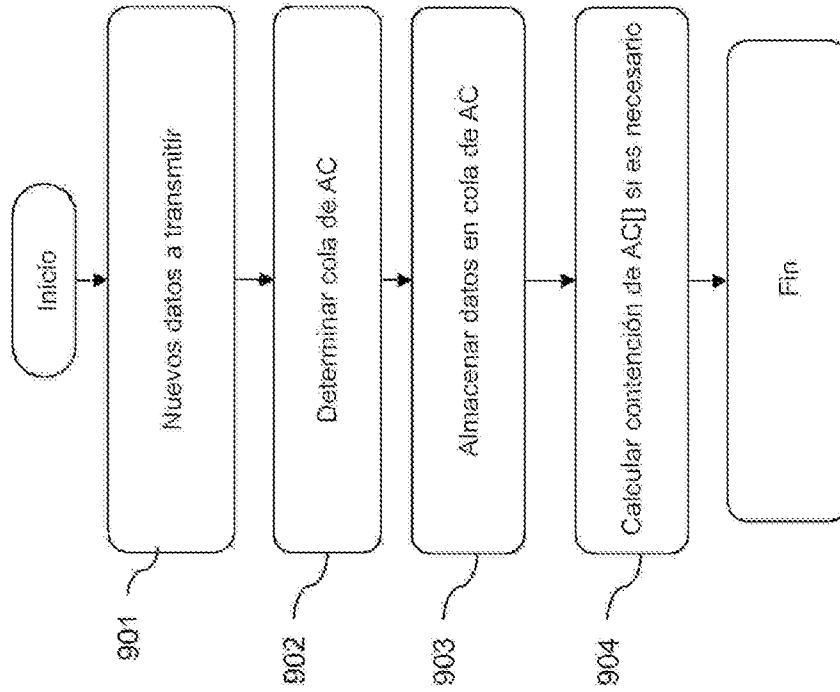


Fig. 10

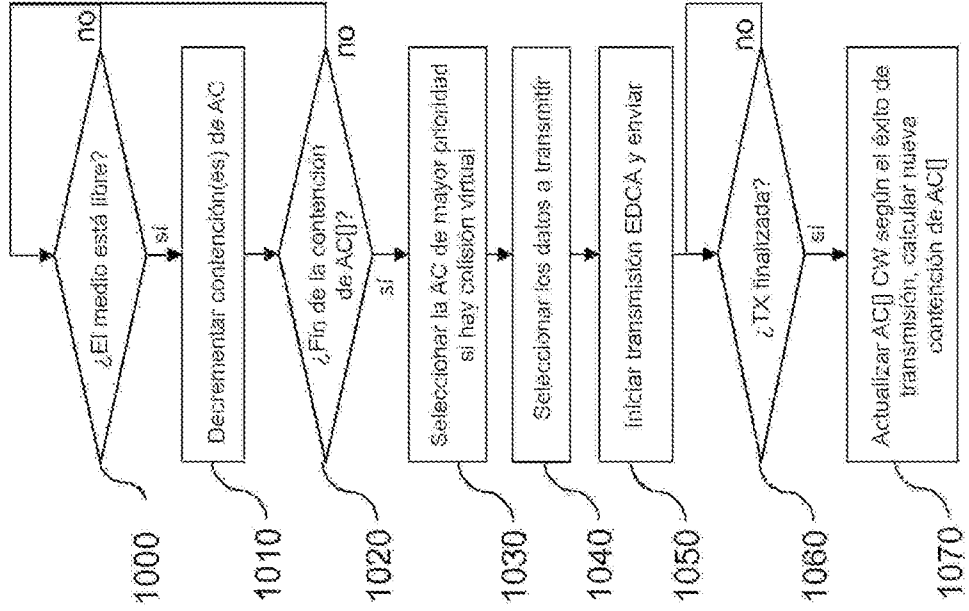


Fig. 11

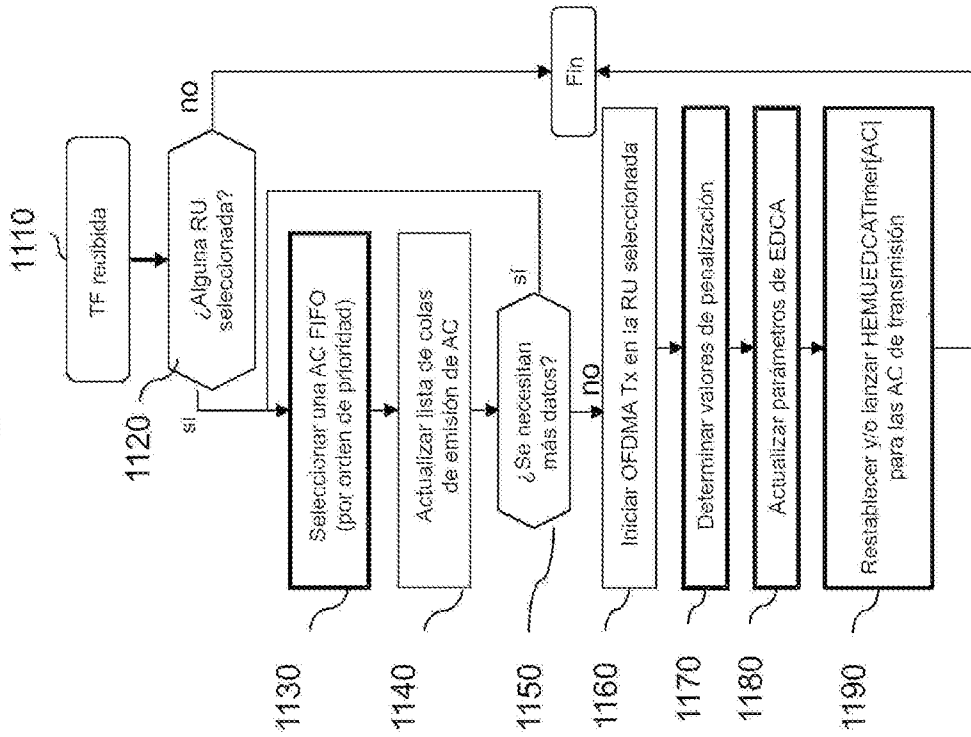
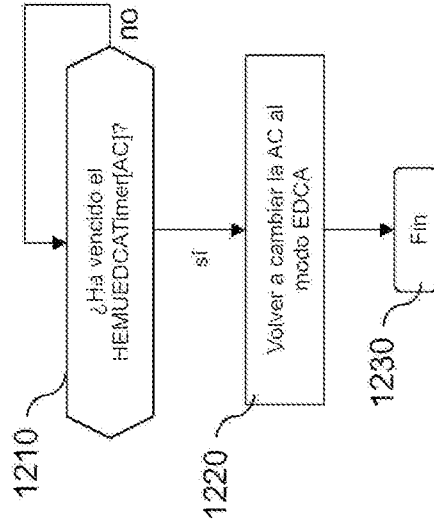


Fig. 12



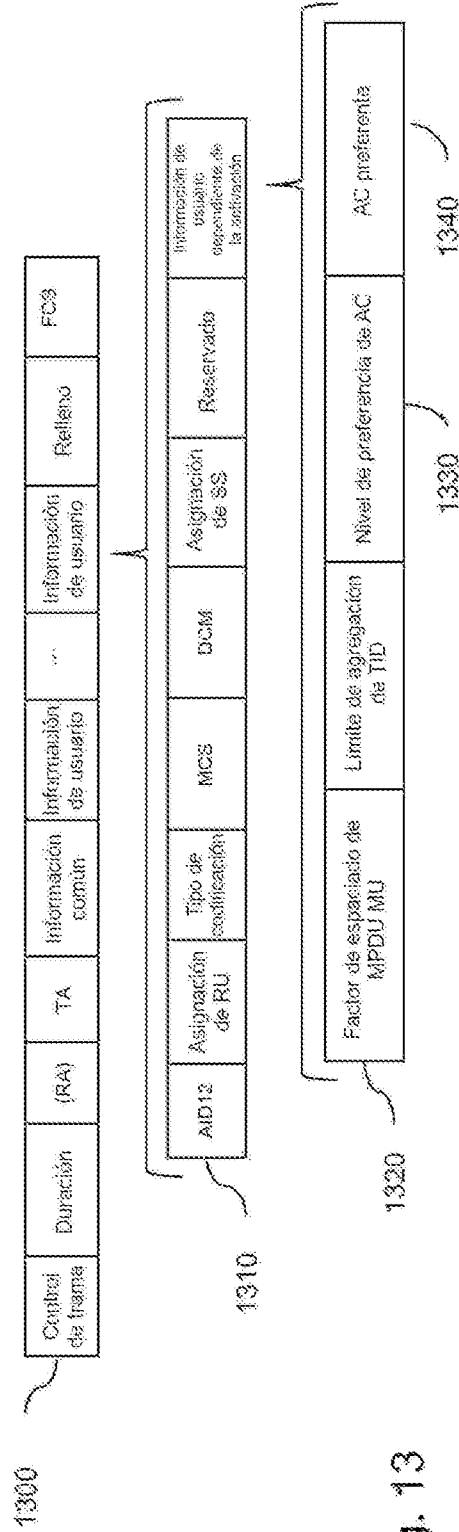
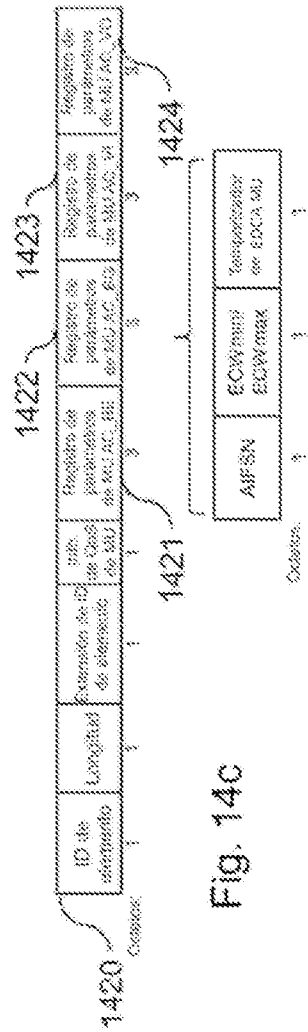
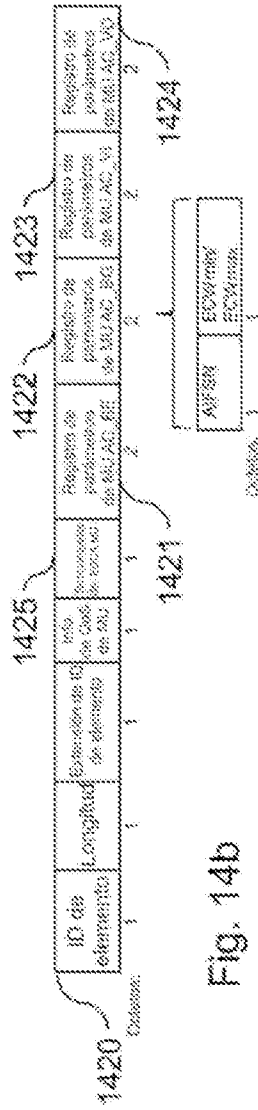
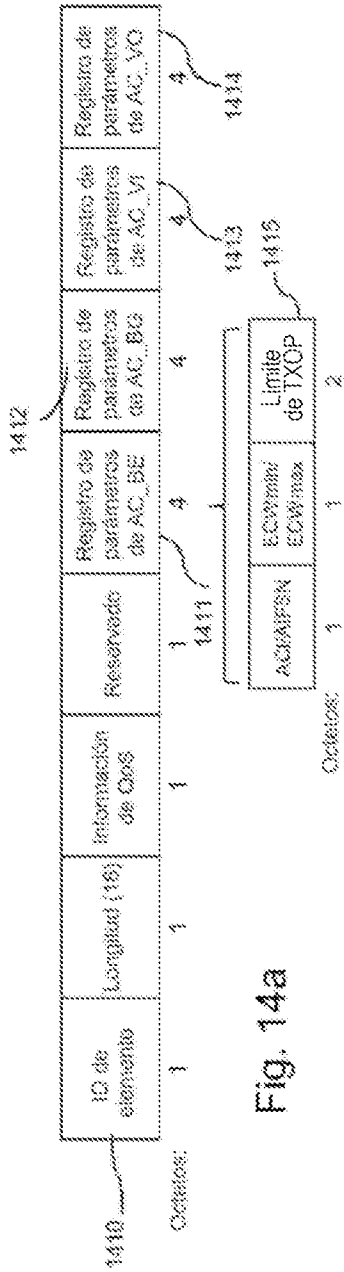


Fig. 13



**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

*Esta lista de referencias citada por el solicitante es únicamente para mayor comodidad del lector. No forman parte del documento de la Patente Europea. Incluso teniendo en cuenta que la compilación de las referencias se ha efectuado con gran cuidado, los errores u omisiones no pueden descartarse; la EPO se exime de toda responsabilidad al respecto.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

• EP 3527028 A

• GB 1612151 A