

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 966 718**

51 Int. Cl.:

H04W 74/08 (2009.01)

H04B 7/0452 (2007.01)

H04W 84/12 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2016** **E 20209011 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.11.2023** **EP 3799512**

54 Título: **Indicación de trama de activación para la detección de energía de un canal de comunicación 802.11 antes de transmitir**

30 Prioridad:

24.06.2015 GB 201511149

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

23.04.2024

73 Titular/es:

CANON KABUSHIKI KAISHA (100.0%)
30-2, Shimomaruko 3-chome Ohta-ku
Tokyo 146-8501, JP

72 Inventor/es:

VIGER, PASCAL;
NEZOU, PATRICE;
BARON, STÉPHANE y
GUIGNARD, ROMAIN

74 Agente/Representante:

DURAN-CORRETJER, S.L.P

ES 2 966 718 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

Indicación de trama de activación para la detección de energía de un canal de comunicación 802.11 antes de transmitir

SECTOR DE LA INVENCION

La presente invención se refiere, en general, a las redes de comunicación inalámbricas.

ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR

El estándar MAC IEEE 802.11 define que las redes inalámbricas de área local (WLAN, Wireless Local Area Network) deben funcionar en el nivel físico y de control de acceso al medio (MAC). Habitualmente, el modo de funcionamiento del estándar MAC (Medium Access Control) 802.11 implementa la bien conocida Función de coordinación distribuida (DCF, Distributed Coordination Function) que se basa en un mecanismo basado en la resolución de conflictos en la llamada técnica de "Acceso múltiple por detección de portadora con prevención de colisión" (CSMA/CA, Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

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

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

El estándar 802.11ac ajusta, asimismo, las tramas de control, tales como las tramas de Solicitud de envío (RTS, Request To Send) y Preparado para enviar (CTS, Clear To Send), para permitir canales compuestos de anchos de banda variables y predefinidos de 20 MHz, 40 MHz u 80 MHz, estando formados los canales compuestos por uno o varios canales que son contiguos dentro de la banda de funcionamiento. El canal compuesto de 160 MHz es posible gracias a 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 del canal (ancho de banda) para el canal compuesto objetivo.

Por lo tanto, un canal compuesto consiste en un canal principal en el que un nodo determinado lleva a cabo un procedimiento de espera EDCA para acceder al medio, y de, como mínimo, un canal secundario, por ejemplo, de 20 MHz cada uno. Los nodos de comunicación utilizan el canal principal para detectar si el canal está inactivo o no, y el canal principal puede ser extendido utilizando el canal o canales secundarios para formar un canal compuesto.

La detección de la inactividad del canal se realiza utilizando CCA ("Clear Channel Assessment", evaluación de canal libre) y, más concretamente, CCA-ED, que significa CCA-Detección de Energía (CCA-Energy Detect). CCA-ED es la capacidad de cualquier nodo para detectar energía no perteneciente al estándar 802.11 en un canal y mantener en espera la transmisión de datos. Un umbral ED basado en la comparación de la energía detectada en el canal se define, por ejemplo, como 20 dB por encima de la sensibilidad mínima de la capa física PHY del nodo. Si la energía de la señal en banda supera este umbral, la CCA se mantiene ocupada hasta que la energía media vuelve a estar de nuevo por debajo del umbral.

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

En el estándar 802.11ac, todas las transmisiones y, por lo tanto, los posibles canales compuestos, incluyen el canal principal. Esto se debe a que los nodos realizan el seguimiento completo del acceso múltiple por detección de portadora/prevención de colisión (CSMA/CA, Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) y del vector de asignación de red (NAV, Network Allocation Vector) solamente en el canal principal. Los otros canales son asignados como canales secundarios, en los cuales los nodos solo tienen capacidad de CCA ("Clear Channel Assessment", evaluación de canal libre), es decir, detección de un estado inactivo u ocupado de dicho canal secundario.

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 802.11n y 802.11ac (es decir, los nodos HT (High Throughput), que quiere decir nodos de alto rendimiento) y los otros nodos heredados (es decir, los nodos no HT que solo cumplen, por ejemplo, con el estándar 802.11a/b/g) deben coexistir dentro de la misma red inalámbrica y, por lo tanto, deben compartir los canales de 20 MHz.

Para hacer frente a este problema, los estándares 802.11n y 802.11ac dan a conocer la posibilidad de duplicar

tramas de control (por ejemplo, tramas RTS/CTS o CTS-to-Self o ACK, para realizar un acuse de recibo de la recepción correcta o errónea de los datos enviados) en un formato heredado del estándar 802.11a (denominado "no HT") para establecer una protección del intervalo de tiempo TXOP ("Transmit Opportunity", Oportunidad para transmitir) solicitado en todo el canal compuesto.

Esto es para cualquier nodo heredado del estándar 802.11a que utilice cualquiera de los canales de 20 MHz involucrados en el canal compuesto para estar al tanto de las comunicaciones en curso en el canal de 20 MHz. Como resultado, se impide que el nodo heredado inicie una nueva transmisión en el canal compuesto hasta el final del intervalo de tiempo TXOP actual concedido a un nodo 802.11n/ac.

Tal como el estándar 802.11n propuso originalmente, se da a conocer una duplicación de la transmisión convencional según el estándar 802.11a o "no HT", para permitir que las dos tramas de control idénticas no HT de 20 MHz sean enviadas de manera simultánea tanto en el canal principal como en el secundario que forman el canal compuesto utilizado.

Este enfoque se ha ampliado para el estándar 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 duplicada no HT" o la "trama de control duplicada no HT" o la "trama de control duplicada" significan que el dispositivo del nodo duplica la transmisión convencional o "no HT" de una trama de control determinada sobre el canal o los canales secundarios de 20 MHz de la banda de funcionamiento de 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz.

En la práctica, para solicitar un canal compuesto (igual o mayor de 40 MHz) para un nuevo intervalo de tiempo TXOP, un nodo 802.11n/ac lleva a cabo un procedimiento de espera EDCA en el canal principal de 20 MHz. En paralelo, lleva a cabo un mecanismo de detección del canal, tal como una detección de 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 ("PCF (Point Coordination Function) Interframe Space", espacio entre tramos según el método PCF (función de coordinación puntual)) antes del inicio del nuevo intervalo de tiempo TXOP (es decir, antes de que expire el contador de espera).

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

Recientes desarrollos del estándar 802.11ax buscaron optimizar la utilización del canal compuesto por múltiples nodos en una red inalámbrica que tiene un punto de acceso (AP, Access Point). De hecho, los contenidos habituales tienen una cantidad importante de datos, por ejemplo, relacionados con el contenido audiovisual de alta definición en tiempo real e interactivo. Además, es bien conocido que el rendimiento del protocolo CSMA/CA utilizado en el estándar IEEE 802.11 se deteriora rápidamente a medida que la cantidad de nodos y la cantidad de tráfico aumentan, es decir, en escenarios densos de WLAN.

En este contexto, se ha considerado que la transmisión de múltiples usuarios permite múltiples transmisiones simultáneas a diferentes usuarios o desde los mismos, tanto en las direcciones de enlace descendente como ascendente. En el enlace ascendente, las transmisiones de múltiples usuarios se pueden utilizar para mitigar la probabilidad de colisión, permitiendo que múltiples nodos transmitan de manera simultánea.

De hecho, para realizar una transmisión de múltiples usuarios de este tipo, se ha propuesto dividir un canal de 20 MHz concedido en canales secundarios (canales secundarios elementales), denominados asimismo unidades de recursos (RU, Resource Units), que son compartidas en el dominio de la frecuencia por múltiples usuarios, en base, por ejemplo, a la técnica de acceso múltiple por división ortogonal de la frecuencia (OFDMA, Orthogonal Frequency Division Multiple Access).

El OFDMA es una variación de múltiples usuarios de la OFDM ("Orthogonal Frequency Division Multiplexing", multiplexación por división ortogonal de la frecuencia) 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 la frecuencia (FDMA, Frequency Division Multiple Access) en la capa de MAC, lo que permite asignar diferentes subportadoras a diferentes nodos para aumentar la simultaneidad. Las subportadoras contiguas a menudo experimentan condiciones similares de canal y, por lo tanto, se agrupan en canales secundarios: un canal secundario de OFDMA o RU es, por lo tanto, un conjunto de subportadoras.

Tal como se ha diseñado actualmente, la granularidad de dichos canales secundarios de OFDMA es más fina que la banda de canal original de 20 MHz. Habitualmente, un canal secundario de 2 MHz o 5 MHz puede ser contemplado como un ancho mínimo, definiendo, por lo tanto, por ejemplo, 9 canales secundarios o unidades de recursos dentro de un solo canal de 20 MHz.

Para soportar el enlace ascendente de múltiples usuarios, es decir, la transmisión de enlace ascendente al punto de

acceso (AP) según el estándar 802.11ax durante el intervalo de tiempo TxOP concedido, el AP según el estándar 802.11ax tiene que facilitar información de señalización para los nodos heredados (nodos no pertenecientes al estándar 802.11ax) para configurar su NAV y para que los nodos según el estándar 802.11ax determinen la asignación de las unidades de recursos RU.

Se ha propuesto que el AP envíe una trama de activación (TF, Trigger Frame) a los nodos según el estándar 802.11ax para activar las comunicaciones de enlace ascendente.

El documento IEEE 802.11-15/0365 propone que el AP envíe una trama "Trigger" (TF) para solicitar la transmisión de unidades de datos del protocolo de convergencia de la capa física (PPDU, "(PLCP, "Physical Layer Convergence Protocol") Protocol Data Units") (OFDMA) múltiples usuarios por enlace ascendente (UL) desde múltiples nodos. En respuesta, los nodos transmiten PPDU (OFDMA) de MU por UL como respuesta inmediata a la trama de activación. Todos los transmisores pueden enviar datos al mismo tiempo, pero utilizando conjuntos discontinuados de RU, lo que da como resultado transmisiones con menos interferencia.

El ancho de banda o ancho del canal compuesto objetivo se indica en la trama TF, lo que significa que se agregan los valores de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz. La trama TF es enviada a través del canal principal de 20 MHz, y duplicada (replicada) en cada uno de los canales de 20 MHz que forman el canal compuesto objetivo. Tal como ha descrito anteriormente para la duplicación de tramas de control, se espera que cada nodo heredado cercano (nodos no HT o 802.11ac) que reciba la TF en su canal principal, ajuste posteriormente su NAV al valor especificado en la trama TF en orden. Esto evita que estos nodos heredados accedan a los canales del canal compuesto objetivo durante el intervalo de tiempo TXOP.

Una unidad de recursos RU puede ser reservada para un nodo específico, en cuyo caso el AP indica, en la TF, el nodo para el que está reservada la RU. Dicha RU se llama RU programada. Los nodos no necesitan realizar resolución de conflictos al acceder a las RU programadas.

El documento IEEE 802.11-15/0612 da a conocer más detalles sobre este procedimiento para tener en cuenta el efecto de transmisiones (OFDMA) MU por UL de disponibilidad de canal, debido a nodos ocultos.

Para mejorar más la eficiencia del sistema con respecto al tráfico no gestionado hacia el AP (por ejemplo, tramas de gestión de enlace ascendente desde nodos asociados, nodos no asociados con la intención de llegar a un AP o simplemente tráfico de datos no gestionado), el documento IEEE 802.11-15/0604 propone una nueva trama de activación (TF-R) por encima del procedimiento de MU por UL anterior, lo que permite el acceso aleatorio al intervalo de tiempo TXOP de OFDMA. En otras palabras, más de un nodo puede acceder de manera aleatoria a la unidad de recursos RU. Dicha RU se denomina RU aleatoria y se indica como tal en la TF. Las RU aleatorias pueden servir como base para la resolución de conflictos entre nodos dispuestos a acceder al medio de comunicación para enviar datos.

El procedimiento de selección aleatoria de recursos aún no está definido. Todo lo que se sabe es que la trama de activación puede definir solo RU programadas, o solo RU aleatorias dentro del canal compuesto objetivo.

No existe ninguna garantía de que las RU programadas o aleatorias sean utilizadas por los nodos.

Concretamente, es el caso para las RU aleatorias, porque cualquier regla utilizada por los nodos para seleccionar una RU aleatoria puede dar como resultado que las RU no sean asignadas en absoluto a ningún nodo. Además, el AP no sabe si algunos nodos necesitan o no ancho de banda. Adicionalmente, algunas RU proporcionadas por el AP pueden no ser accesibles para algunos nodos debido a nodos heredados ocultos.

También es el caso de las RU programadas (que están reservadas por el AP porque algunos nodos han solicitado explícitamente el ancho de banda) si los nodos especificados no envían datos.

El resultado es que el ancho de banda del canal no se utiliza de manera óptima.

Además, cuantas más RU no utilizadas existan dentro de un canal de 20 MHz, menor es la energía media sobre este canal de 20 MHz.

Sin embargo, puesto que los nodos heredados no registrados en el AP utilizan esta energía media sobre sus 20 MHz principales para detectar si está inactivo u ocupado, la presencia de RU no utilizadas aumenta el riesgo de que los nodos heredados detecten el canal correspondiente de 20 MHz como inactivo. Los nodos heredados pueden entonces transmitir datos en este canal de 20 MHz, colisionando de este modo con el tráfico de datos transportado sobre las RU utilizadas.

CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

Un objetivo general de la presente invención es dar a conocer procedimientos y dispositivos de comunicación

inalámbrica en una red inalámbrica. La red inalámbrica incluye un punto de acceso y una pluralidad de nodos, compartiendo todos ellos el medio físico de la red inalámbrica.

La presente invención se ha ideado para superar una o varias de las limitaciones anteriores.

En este contexto, la presente invención busca dar a conocer procedimientos de comunicación inalámbrica que comprenden mecanismos mejorados contra colisiones en canales de comunicación.

La invención se puede aplicar a cualquier red inalámbrica en la que un punto de acceso proporcione a los nodos registrados una pluralidad de canales secundarios (o unidades de recursos) que forman un canal de comunicación. El canal de comunicación es el canal elemental en el que los nodos llevan a cabo la detección para determinar si está inactivo u ocupado.

La invención es especialmente adecuada para la transmisión de datos al AP de una red según el estándar IEEE 802.11ax (y versiones futuras).

La presente invención da a conocer un aparato de comunicación tal como el definido en la reivindicación 1.

El aparato de comunicación comprende:

medios de transmisión para transmitir una trama de activación que incluye información que indica una pluralidad de unidades de recursos que dividen un canal de comunicación en un dominio de frecuencia e información que indica si es necesaria la detección de energía del canal de comunicación, en el que, en un caso en el que la información incluida en la trama de activación indica que es necesaria la detección de la energía del canal de comunicación, por lo menos uno de los otros aparatos de comunicación que han recibido la trama de activación detecta la energía del canal de comunicación, y transmite una señal a por lo menos una de la pluralidad de unidades de recursos en un caso en el que la energía detectada es inferior a un umbral predeterminado; y medios de recepción para recibir la señal transmitida en respuesta a la trama de activación.

La invención da a conocer, asimismo, un procedimiento de comunicación tal como el definido en la reivindicación 5, que comprende etapas correspondientes a los medios mencionados anteriormente.

Otro aspecto de la invención se refiere a un medio no transitorio legible por ordenador que almacena un programa que, cuando es ejecutado por un aparato de comunicación, hace que el aparato de comunicación lleve a cabo el método definido anteriormente.

El medio legible por ordenador, no transitorio, puede tener características y ventajas que son análogas a las establecidas anteriormente y posteriormente en relación con los procedimientos y dispositivos del nodo.

Como mínimo, partes de los procedimientos según la invención pueden ser implementados por ordenador. En consecuencia, la presente invención puede adoptar la forma de una realización completamente de hardware, una realización completamente de software (incluyendo firmware, software residente, microcódigo, etc.) o una realización que combine aspectos de software y hardware que, en general, se pueden denominar en el presente documento como "circuito", "módulo" o "sistema". Además, la presente invención puede adoptar la forma de un programa informático incorporado en cualquier medio de expresión tangible que tenga un código de programa que un ordenador incorporado en el medio puede utilizar.

Puesto que la presente invención puede ser implementada en software, la presente invención puede ser implementada como código legible por ordenador para provisión a un aparato programable en cualquier medio portador adecuado. 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.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Otras ventajas de la presente invención serán evidentes para el experto en la materia tras el examen de los dibujos y la descripción detallada. A continuación, se describirán realizaciones de la invención, solo a modo de ejemplo, y haciendo referencia a los siguientes dibujos.

La figura 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrico habitual, en el que pueden estar implementadas realizaciones de la invención;

la figura 2 es un cronograma que muestra esquemáticamente un mecanismo de comunicación convencional según el estándar IEEE 802.11;

la **figura 3** muestra la asignación de canales según el estándar 802.11ac que soportan un ancho de banda de canal de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz tal como se conoce en la técnica;

la **figura 4** muestra un ejemplo de esquema de transmisión de OFDMA por enlace ascendente según el estándar 802.11ax, en el que el AP emite una trama de activación para reservar una oportunidad de transmisión de canales secundarios (unidades de recursos) de OFDMA en un canal de 80 MHz tal como se conoce en la técnica;

la **figura 5** muestra líneas de comunicación a modo de ejemplo según una asignación aleatoria a modo de ejemplo;

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 inalámbrico según realizaciones de la presente invención;

la **figura 8** muestra, utilizando dos diagramas de flujo, las etapas generales de una realización de la presente invención, para permitir que las estaciones heredadas detecten transmisiones en canales secundarios (unidades de recursos de OFDMA) en un medio inalámbrico según el estándar 802.11ax;

la **figura 9** muestra líneas de comunicación a modo de ejemplo según la invención;

la **figura 10** presenta el formato de un "elemento de información de RU" (1010), que puede ser utilizado según otras realizaciones de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La invención se describirá a continuación por medio de realizaciones específicas a modo de ejemplo no limitativas, y haciendo referencia a las figuras.

La **figura 1** muestra un sistema de comunicación en el que varios nodos (o estaciones) de comunicación 101 a 107 intercambian tramas de datos a través de 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. El canal de transmisión de radio 100 está definido por una banda de frecuencia de funcionamiento constituida por un solo canal o por una pluralidad 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 la colisión separando las transmisiones simultáneas en espacio y tiempo.

La detección de portadora en CSMA/CA se realiza, por tanto, mediante mecanismos tanto físicos como virtuales. La detección de portadora virtual se consigue transmitiendo tramas de control para reservar el medio antes de la transmisión de tramas de datos.

Posteriormente, un nodo de origen intenta en primer lugar a través del mecanismo físico, detectar un medio que ha estado inactivo durante, como mínimo, un período de tiempo DIFS ("DCF (Distributed Coordination Function) InterFrame Space", espacio entre tramas según el método DCF (Función de coordinación distribuida), 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 continúa esperando hasta que el medio de radio está inactivo. Para ello, inicia un contador de espera diseñado para expirar después de varios intervalos de tiempo, elegidos aleatoriamente entre [0, CW], CW (entero) por sus siglas en inglés "Contention Windows" hace referencia a ventana de resolución de conflictos. Este mecanismo o procedimiento de espera es la base del mecanismo de prevención de colisión, que retrasa el tiempo de transmisión durante un intervalo aleatorio, reduciendo de este modo la probabilidad de colisiones en el canal compartido. Después del período de espera, el nodo de origen puede enviar datos o tramas de control si el medio está inactivo.

Un problema de las comunicaciones de datos inalámbricas es que no es posible que el nodo de origen escuche mientras envía, evitando de este modo que el nodo de origen detecte corrupción de datos debido a fenómenos de desvanecimiento del canal o a interferencia o colisión. Un nodo de origen permanece sin detectar la corrupción de las tramas de datos enviadas y continúa transmitiendo las tramas innecesariamente, desperdiciando de este modo tiempo de acceso.

El mecanismo para evitar colisiones de CS-MA/CA proporciona de este modo un acuse de recibo (ACK, ACKnowledgement) positivo de las tramas de datos enviadas por parte del nodo de recepción si las tramas se reciben con éxito, para notificar al nodo de origen que no se produjeron alteraciones en las tramas de datos enviadas.

El ACK es transmitido al final de la recepción de la trama de datos, inmediatamente después de un período de tiempo llamado espacio corto entre tramas (SIFS).

Si el nodo de origen no recibe el ACK dentro de un tiempo de espera ACK especificado o detecta la transmisión de una trama diferente en el canal, puede inferir la pérdida de tramas de datos. En ese caso, en general, se reprograma la transmisión de trama según el procedimiento de espera mencionado anteriormente. Sin embargo, esto se puede

considerar como un desperdicio de ancho de banda si solo el ACK ha sido alterado pero las tramas de datos fueron recibidas correctamente por el nodo de recepción.

Para mejorar la eficacia en la prevención de colisiones de CSMA/CA, se implementa opcionalmente un mecanismo de comunicación o "handshaking" de cuatro vías. Se conoce una implementación tal como el intercambio RTS/CTS, definido en el estándar 802.11.

El intercambio RTS/CTS consiste en intercambiar tramas de control para reservar el medio de radio antes de transmitir tramas de datos durante una oportunidad de transmisión llamada TXOP en el estándar 802.11 tal como se describe a continuación, protegiendo de este modo las transmisiones de datos de cualquier colisión posterior.

La **figura 2** muestra el comportamiento de tres grupos de nodos durante una comunicación convencional a través de un canal de 20 MHz del medio 802.11: nodo de transmisión o de origen 20, nodo de recepción o destinatario o de destino 21 y otros nodos 22 no involucrados en la comunicación actual.

Tras comenzar el proceso de espera 270 antes de transmitir datos, una estación, por ejemplo, el nodo de origen 20, inicializa su contador de tiempo de espera a un valor aleatorio, tal como se ha explicado anteriormente. El contador de tiempo de espera se reduce una vez cada ventana de tiempo del intervalo 260 durante el tiempo que el medio de radio es detectado como inactivo (la cuenta atrás comienza desde T0, 23, tal como se muestra en la figura).

La detección de canal se realiza, por ejemplo, utilizando la detección de señal mediante la evaluación de canal libre (CCA, Clear Channel Assessment).

CCA es un mecanismo de detección de portadora de WLAN definido en los estándares IEEE 802.11-2007 como parte de la capa del protocolo dependiente del medio físico (PMD, Physical Medium Dependent) y del protocolo de convergencia de capa física (PLCP, Physical Layer Convergence Protocol). Implica dos funciones: detección de portadora (CCA-CS), que es la capacidad del nodo de recepción para detectar y decodificar un preámbulo de trama según el estándar 802.11. Desde el campo de cabecera de PLCP, se puede inferir la duración del tiempo durante el cual se ocupará el medio y, cuando se detecta dicho preámbulo de trama según el estándar 802.11, un indicador de CCA se mantiene ocupado hasta el final de la transmisión de datos.

Detección de energía (CCA-ED) es la capacidad del nodo receptor para detectar energía no 802.11 en un canal específico de 20MHz y mantener en espera la transmisión de datos. En la práctica, se detecta un nivel de energía en el canal de 20 MHz y se compara con un umbral de ED que discrimina entre un estado de canal con o sin canal de energía 802.11. El umbral de ED se define, por ejemplo, como 20 dB por encima de la sensibilidad mínima de una capa PHY del nodo. Si la energía de la señal en banda cruza este umbral, la CCA se mantiene ocupada hasta que la energía media vuelve a estar por debajo del umbral.

La unidad de tiempo en el estándar 802.11 es el intervalo de tiempo llamado parámetro 'aSlotTime'. Este parámetro se especifica mediante la capa PHY (física) (por ejemplo, aSlot-Time es igual a 9 µs para el estándar 802.11n). Todas las duraciones de espacio dedicado (por ejemplo, espera) agregan múltiplos de esta unidad de tiempo al valor SIFS.

El contador de tiempo de espera se 'congela' o se suspende cuando se detecta una transmisión en el canal del medio de radio (la cuenta atrás se detiene en T1, 24 para otros nodos 22 que tienen su contador de tiempo de espera decrementado).

La cuenta atrás del contador de tiempo de espera se reanuda o se reactiva cuando el medio de radio es detectado de nuevo como inactivo, después de un período de tiempo DIFS. Este es el caso de los otros nodos en T2, 25 tan pronto como finaliza la oportunidad de transmisión TXOP concedida al nodo de origen 20 y transcurre el período DIFS 28. DIFS 28 (espacio entre tramas según el método DCF) define de este modo el tiempo de espera mínimo para un nodo de origen antes de intentar transmitir algunos datos. En la práctica, DIFS = SIFS + 2 * aSlotTime

Cuando el contador de tiempo de espera llega a cero (26) en T1, el temporizador expira, el nodo correspondiente 20 solicita acceso al medio para que se le conceda un parámetro TXOP, y el contador de tiempo de espera es reiniciado 29 utilizando un nuevo valor de espera aleatorio.

En el ejemplo de la figura que implementa el esquema RTS/CTS, en T1, el nodo de origen 20 que desea transmitir tramas de datos 230 envía una trama corta especial o un mensaje que actúa como una solicitud de acceso a medio para reservar el medio de radio, en lugar de las propias tramas de datos, justo después de que el canal haya sido detectado como inactivo durante un DIFS o después del período de espera tal como se ha explicado anteriormente.

La solicitud de acceso al medio se conoce como un mensaje o trama de solicitud de envío (RTS, Request to send). La trama RTS, en general, incluye las direcciones de los nodos de origen y de recepción ("destino 21") y la duración para la que se debe reservar el medio de radio para transmitir las tramas de control (RTS/CTS) y las tramas de datos 230.

Tras la recepción de la trama de RTS, y si se detecta el medio de radio como inactivo, el nodo de recepción 21 responde, después de un período de tiempo SIFS 27 (por ejemplo, SIFS es igual a 16 μ s para el estándar 802.11n), con una respuesta de acceso al medio, conocida como trama de preparado para enviar (CTS, Clear to send). La trama CTS incluye, asimismo, las direcciones de los nodos de origen y de recepción, e indica el tiempo restante necesario para transmitir las tramas de datos, calculado desde el momento en el que se comienza a enviar la trama CTS.

La trama CTS es considerada por el nodo de origen 20 como un acuse de recibo de su solicitud para reservar el medio de radio compartido durante un tiempo determinado.

Por lo tanto, el nodo de origen 20 espera recibir una trama de CTS 220 desde el nodo de recepción 21 antes de enviar datos 230 utilizando tramas únicas y de unidifusión (una dirección de origen y una dirección de destinatario o de destino).

De este modo, el nodo de origen 20 tiene permiso para enviar las tramas de datos 230 tras recibir correctamente la trama de CTS 220 y después de un nuevo período de tiempo SIFS 27.

Una trama ACK 240 es enviada por el nodo de recepción 21 después de haber recibido correctamente las tramas de datos enviadas, después de un nuevo período de tiempo SIFS 27.

Si el nodo de origen 20 no recibe el ACK 240 en un plazo de tiempo de espera ACK especificado (en general, dentro del intervalo de tiempo TXOP), o si detecta la transmisión de una trama diferente en el medio de radio, reprograma la transmisión de la trama utilizando de nuevo el procedimiento de espera.

Puesto que el mecanismo de comunicación de cuatro vías RTS/CTS 210/220 es opcional en el estándar 802.11, es posible que el nodo de origen 20 envíe tramas de datos 230 inmediatamente después de que su contador de tiempo de espera llegue a cero (es decir, en T1).

La duración de tiempo solicitada para la transmisión definida en las tramas de RTS y de CTS define la duración de la oportunidad de transmisión concedida TXOP, y puede ser leída por cualquier nodo de escucha ("otros nodos 22" en la figura 2) en la red de radio.

Para ello, cada nodo tiene en memoria una estructura de datos conocida como vector de asignación de red o NAV, para almacenar la duración temporal durante la cual se sabe que el medio permanecerá ocupado. Cuando se escucha una trama de control (RTS 210 o CTS 220) no dirigida a sí mismo, un nodo de escucha 22 actualiza sus NAV (NAV 255 asociados con RTS y NAV 250 asociados con CTS) con la duración temporal de la transmisión solicitada especificada en la trama de control. Los nodos de escucha 22 mantienen de este modo en memoria la duración temporal durante la cual el medio de radio permanecerá ocupado.

El acceso al medio de radio para los otros nodos 22 se aplaza consecuentemente 30 suspendiendo 31 su temporizador asociado y reanudando más tarde 32 el temporizador cuando el NAV ha expirado.

Esto evita que los nodos de escucha 22 transmitan cualquier dato o tramas de control durante ese período.

Es posible que el nodo de recepción 21 no reciba correctamente la trama de RTS 210 debido a una colisión de trama/mensaje o por desvanecimiento. Incluso si la recibe, el nodo de recepción 21 puede no responder siempre con una CTS 220 porque, por ejemplo, su NAV está configurado (es decir, otro nodo ya ha reservado el medio). En cualquier caso, el nodo de origen 20 entra en un nuevo procedimiento de espera.

El mecanismo de comunicación de cuatro vías RTS/CTS es muy eficiente en términos de rendimiento del sistema, en particular con respecto a las tramas grandes, ya que reduce la longitud de los mensajes implicados en el proceso de resolución de conflictos.

En detalle, suponiendo una detección de canal perfecta por cada nodo de comunicación, la colisión solo puede ocurrir cuando dos (o más) tramas son transmitidas durante el mismo intervalo de tiempo después de una DIFS 28 (espacio entre tramas según el método DCF) o cuando su propio contador de espera ha llegado a cero casi al mismo tiempo T1. Si ambos nodos de origen utilizan el mecanismo de RTS/CTS, esta colisión solo puede ocurrir para las tramas RTS. Afortunadamente, una colisión de este tipo es detectada pronto por los nodos de origen, al determinarse rápidamente que no se ha recibido ninguna respuesta CTS.

Tal como se ha descrito anteriormente, la capa MAC original según el estándar de IEEE 802.11 siempre envía una trama 240 de acuse de recibo (ACK) después de cada trama de datos 230 recibida.

Sin embargo, las colisiones de este tipo limitan el funcionamiento óptimo de la red de radio. Tal como se ha descrito anteriormente, intentos simultáneos de transmisión desde diversos nodos inalámbricos conducen a colisiones. El

procedimiento de espera según el estándar 802.11 se introdujo por primera vez para el modo de DCF como la solución básica para prevenir colisiones. En los estándares emergentes IEEE 802.11n/ac/ax, el procedimiento de espera todavía se utiliza como el enfoque fundamental para soportar el acceso distribuido entre nodos o estaciones móviles.

Para satisfacer la creciente demanda de redes inalámbricas más rápidas para soportar aplicaciones que utilizan un gran ancho de banda, el estándar 802.11ac tiene como objetivo una transmisión de mayor ancho de banda a través de operaciones de múltiples canales. La figura 3 muestra la asignación de canales según el estándar 802.11ac que soportan un ancho de banda de canal compuesto de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz.

El estándar IEEE 802.11ac introduce el soporte de un número restringido de subconjuntos predefinidos de canales de 20 MHz para formar las configuraciones del único canal compuesto predefinido disponibles para la reserva por parte de cualquier nodo según el estándar 802.11ac en la red inalámbrica 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 anchos de banda de 20 MHz y 40 MHz soportados según el estándar 802.11n. De hecho, los canales componentes de 20 MHz 300-1 a 300-8 están concatenados para formar canales compuestos de comunicación más amplios.

En el estándar 802.11ac, los canales de cada subconjunto predefinido de 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz están contiguos entre sí dentro de la banda de frecuencia de funcionamiento, es decir, no se permite ningún agujero (canal) en el canal compuesto según lo ordenado en la banda de frecuencia de funcionamiento.

El ancho de banda del canal de 160 MHz está compuesto por dos canales de 80 MHz que pueden o no estar contiguos entre sí 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 respectivamente.

A un nodo se le concede un intervalo de tiempo TxOP a través del mecanismo de acceso de canal distribuido mejorado (EDCA, Enhanced Distributed Channel Access) en el "canal principal" (300-3). De hecho, para cada canal compuesto que tiene un ancho de banda, el estándar 802.11ac designa un canal como "principal", que se utiliza para la resolución de conflictos para acceder al canal compuesto. El canal principal de 20 MHz es común a todos los nodos (STA) que pertenecen al mismo conjunto básico, es decir, está gestionado por el mismo punto de acceso local (AP) o registrado en el mismo.

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

Tal como se ha mencionado anteriormente, el estándar IEEE 802.11ac permite la unión de hasta cuatro, o incluso ocho, canales de 20 MHz. Debido al limitado número de canales (19 en la banda de 5 GHz en Europa), la saturación del canal se vuelve problemática. De hecho, en áreas densamente pobladas, la banda de 5 GHz seguramente tenderá a saturarse incluso con una utilización de ancho de banda de 20 MHz o 40 MHz por celda de LAN inalámbrica.

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

En esta perspectiva, se pueden considerar características de transmisión de múltiples usuarios, permitiendo múltiples transmisiones simultáneas a diferentes usuarios en direcciones de enlace descendente y enlace ascendente. En el enlace ascendente, las transmisiones de múltiples usuarios se pueden utilizar para mitigar la probabilidad de colisión, permitiendo que múltiples nodos transmitan de manera simultánea.

Para realizar realmente una transmisión de múltiples usuarios de este tipo, se ha propuesto dividir un canal concedido de 20 MHz (300-1 a 300-4) en canales secundarios 410 (canales secundarios elementales), también conocidos como subportadoras o unidades de recursos (RU), que son compartidos en el dominio de la frecuencia por múltiples usuarios, en base, por ejemplo, a la técnica de acceso múltiple por división ortogonal de la frecuencia (OFDMA).

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

La característica de múltiples usuarios mediante OFDMA permite que el AP asigne diferentes RU a diferentes nodos para aumentar la competencia. Esto puede ayudar a reducir la resolución de conflictos y las colisiones dentro de las redes según el estándar 802.11.

Contrariamente al OFDMA de enlace descendente, en el que el AP puede enviar directamente múltiples datos a múltiples estaciones (soportado por indicaciones específicas dentro de la cabecera de PLCP), se ha adoptado un

mecanismo de activación para que el AP active comunicaciones de enlace ascendente desde diversos nodos.

Para soportar una transmisión de múltiples usuarios de enlace ascendente (durante un intervalo de tiempo TxOP anticipado), el AP según el estándar 802.11ax tiene que proporcionar información de señalización para ambas estaciones heredadas (nodos no compatibles con el estándar 802.11ax) para configurar su NAV y para los nodos según el estándar 802.11ax para determinar la asignación de unidades de recursos.

En la siguiente descripción, el término heredado hace referencia a nodos no compatibles con el estándar 802.11ax, es decir, nodos compatibles con el estándar 802.11 de tecnologías anteriores que no soportan comunicaciones por OFDMA.

Tal como se muestra en el ejemplo de la **figura 4**, el AP envía una trama de activación (TF) 430 a los nodos según el estándar 802.11ax objetivos. El ancho de banda o ancho del canal compuesto objetivo se indica en la trama TF, lo que significa que se agrega el valor de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz. La trama TF es enviada a través del canal principal de 20 MHz y duplicada (replicada) en cada uno de los canales de 20 MHz que forman el canal compuesto objetivo. Tal como se ha descrito anteriormente para la duplicación de tramas de control, se espera que cada nodo heredado cercano (nodos no HT o 802.11ac) que reciba la TF en su canal principal, ajuste posteriormente su NAV al valor especificado en la trama TF en orden. Esto evita que estos nodos heredados accedan a los canales del canal compuesto objetivo durante el intervalo de tiempo TXOP.

La trama de activación TF puede designar, como mínimo, una unidad de recursos (RU) 410, o "RU aleatoria", a la que puede acceder aleatoriamente más de un nodo. En otras palabras, las RU aleatorias designadas o asignadas por el AP en la TF pueden servir como base para la resolución de conflictos entre nodos dispuestos a acceder al medio de comunicación para enviar datos. Una realización a modo de ejemplo de dicha asignación aleatoria se muestra en la **figura 5**.

La trama de activación TF puede designar asimismo unidades de recursos programadas, además de las RU aleatorias o en sustitución de las mismas. Las RU programadas pueden ser reservadas para ciertos nodos, en cuyo caso no se necesita resolución de conflictos para acceder a las RU de este tipo.

En este contexto, la TF incluye información que especifica el tipo (programada o aleatoria) de las RU. Por ejemplo, se puede utilizar una etiqueta para indicar que todas las RU definidas en la TF son programadas (etiqueta = 1) o aleatorias (etiqueta = 0). En caso de que las RU aleatorias y las RU programadas se mezclen dentro de la TF, se puede utilizar un mapa de bits (o cualquier otra información equivalente) para definir el tipo de cada RU (el mapa de bits puede seguir un orden conocido de las RU a través de los canales de comunicación).

La característica de múltiples usuarios mediante OFDMA permite que el AP asigne diferentes RU a diferentes nodos para aumentar la competencia. Esto puede ayudar a reducir la resolución de conflictos y las colisiones dentro de redes según el estándar 802.11.

En el ejemplo de la **figura 4**, cada canal de 20 MHz está subdividido en el dominio de la frecuencia en cuatro canales secundarios o RU 410, habitualmente de tamaño 5 MHz. Estos canales secundarios (o unidades de recursos) se denominan, asimismo, "subportadoras" o "canales de tráfico".

Por supuesto, el número de RU que dividen un canal de 20 MHz puede ser diferente de cuatro. Por ejemplo, pueden estar dispuestas entre dos y nueve RU (por lo tanto, cada una con un tamaño de entre 10 MHz y 2 MHz aproximadamente).

La **figura 5** muestra líneas de comunicación a modo de ejemplo según un procedimiento de asignación aleatoria a modo de ejemplo, que pueden ser utilizadas por los nodos para acceder a las RU aleatorias indicadas en la TR. Este procedimiento de asignación aleatoria se basa en la reutilización de los valores del contador de espera de los nodos para asignar una RU a un nodo de la red para enviar datos.

Un AP envía una trama de activación TR que define las RU con acceso aleatorio. En el ejemplo de la figura, se definen ocho RU con el mismo ancho de banda para un canal compuesto de 40 MHz, y el TF 430 se duplica en los dos canales de 20 MHz que forman el canal compuesto. En otras palabras, la red está configurada para soportar cuatro unidades de recursos por OFDMA por cada canal de 20 MHz.

Cada nodo STA1 a STAn es un nodo de transmisión con respecto al AP de recepción, y, como consecuencia, cada nodo tiene, como mínimo, un valor de espera activo.

El procedimiento de asignación aleatoria comprende, para un nodo de una pluralidad de nodos que tiene una espera activa, una primera etapa, para determinar a partir de la trama de activación los canales secundarios o RU del medio de comunicación disponible para la resolución de conflictos, una segunda etapa, para verificar si el valor de la espera local activa para el nodo considerado no es mayor que el número de RU detectadas como disponibles, y, posteriormente, se lleva a cabo una etapa de envío de datos en la RU cuyo número es igual al valor de espera.

En otras palabras, las RU aleatorias pueden estar indexadas en la TF, y cada nodo utiliza las RU que tienen un índice igual al valor de espera del nodo.

5 Tal como se muestra en la figura, algunas unidades de recursos no se pueden utilizar, por ejemplo, las RU indexadas 2 (410-2), 5, 7 y 8. Esto se debe al proceso de aleatorización, y en el presente ejemplo, al hecho de que ninguno de los nodos tiene un valor de espera igual a 2, 5, 7 u 8 cuando se envía la TF.

10 Los nodos heredados según el estándar 802.11a/n/ac que funcionan a una granularidad de 20 MHz de ancho de canal pueden detectar la trama de activación de varias maneras.

15 En caso de que un nodo heredado (802.11a/n/ac) tenga su canal principal funcionando en uno de los canales de 20 MHz (300) en el que la TF está duplicada, el nodo puede diferir su actividad utilizando el mecanismo de evaluación de canal preparado (CCA). Para ser precisos, el nodo utiliza una CCA completa en el canal principal, incluida la detección de paquete de preámbulo (denominada detección de señal SD (Signal Detection)), y realiza una detección de portadora tanto física como virtual. En otras palabras, el nodo descodifica el preámbulo de PLCP (protocolo de convergencia de capa física) detectado a partir de la TF recibida en su canal principal, y utiliza esa información para ajustar su contador NAV (Vector de asignación de red).

20 En caso de que un nodo heredado (802.11n/ac) no tenga su canal principal dentro del canal compuesto utilizado por el AP, pero tenga uno o varios canales secundarios en el canal compuesto, el nodo utiliza una CCA reducida (denominada detección de energía (ED)), ya que la señal no puede ser descodificada en el canal secundario y, por lo tanto, no configura el contador NAV.

25 La CCA en el canal principal se configura solo si el nodo heredado ha recibido con éxito la trama de activación. Téngase en cuenta que otras transmisiones de RU por OFDMA no pueden ser descodificadas por nodos heredados.

30 Surge un problema con los recién llegados a la red, o, de manera más clásica con los nodos que experimentan nodos ocultos. Dichos nodos pueden realizar una nueva detección por CCA durante el intervalo de tiempo TXOP en OFDMA (es decir, después de que se haya transmitido la TF).

35 Sin embargo, un nodo heredado puede no ser capaz de detectar una señal significativa en su canal principal si la medición de la potencia o energía RF (radiofrecuencia) total recibida dentro del ancho de banda del canal definido de 20 MHz tiene RU libres durante el intervalo de tiempo TXOP 230. El problema proviene principalmente del hecho de que los nodos heredados según el estándar 802.11 evalúan la disponibilidad del medio en base a porciones de 20 MHz, mientras que las asignaciones de UL en OFDMA podrían ser más estrechas y variables a lo largo de la cobertura de los BSS ("Basic Service Set", Conjunto de servicio básico).

40 El problema antes mencionado de infrautilización de las unidades de recursos debe ser manejado con cuidado, ya que la energía de la señal resultante en un canal específico de 20 MHz podría caer por debajo del umbral de detección de energía (ED) utilizado por los nodos heredados (por ejemplo, el umbral de detección de energía es de 62dBm para un ancho de canal de 20 MHz).

45 De hecho, se pueden producir colisiones en un canal de 20 MHz infrautilizado (es decir, un canal en el que no se utilizan algunas RU) tan pronto como los nodos heredados no detecten suficiente energía de la señal. En otras palabras, un intervalo de tiempo TXOP de OFDMA 230 que tiene varias RU sin utilizar es un factor de aumento de colisiones (que conduce a un nuevo tipo de colisión), lo que es opuesto a la utilización prevista de las RU aleatorias.

50 La no utilización de las RU programadas puede conducir al mismo problema de tener nodos heredados que colisionan con el tráfico de OFDMA en algunas RU.

55 La presente invención encuentra una aplicación concreta en las mejoras del estándar 802.11ac, y, de manera más precisa en el contexto del estándar 802.11ax en el que los entornos inalámbricos densos están más expuestos a sufrir limitaciones previas.

La presente invención da a conocer comunicaciones inalámbricas mejoradas con una utilización más eficiente del ancho de banda, a la vez que limita los riesgos de colisión.

60 Una red inalámbrica a modo de ejemplo es una red según el estándar IEEE 802.11ac (y versiones superiores). Sin embargo, la invención se aplica a cualquier red inalámbrica que comprende un punto de acceso AP 110 y una pluralidad de nodos 101 a 107 que transmiten datos al AP por medio de una transmisión de múltiples usuarios. La invención es especialmente adecuada para la transmisión de datos en una red según el estándar IEEE 802.11ax (y versiones futuras) que requieren una mejor utilización del ancho de banda.

65 Una gestión a modo de ejemplo de la transmisión de múltiples usuarios en dicha red se ha descrito anteriormente haciendo referencia a las **figuras 1 a 5**.

Las primeras realizaciones de la presente invención dan a conocer que, después de que una trama de activación reserve, como mínimo, un canal de comunicación de la red inalámbrica y defina una pluralidad de unidades de recursos que forman el canal de comunicación, uno o varios dispositivos en la red realizan las siguientes etapas:

detectar, como mínimo, una unidad de recursos no utilizada en la que no existe transmisión de datos en curso durante un período de detección (o monitorización) después del envío o la recepción de la trama de activación; y emitir una señal en la unidad o unidades de recursos no utilizadas detectadas.

Preferentemente, el dispositivo implicado es el AP. De manera alternativa, uno de los nodos 100 a 107 puede estar implicado.

El nivel total de energía sobre el canal de comunicación de 20 MHz se puede, por tanto, elevar por encima del umbral ED. El resultado es que ningún nodo heredado está a punto de detectar este canal como inactivo. Se evitan las colisiones.

Las segundas realizaciones de la presente invención están dirigidas a los casos en que las tramas de activación duplicadas son enviadas para reservar una pluralidad de canales de comunicación, cada uno formado por una pluralidad ordenada de unidades de recursos, definiendo las tramas de activación duplicadas una o varias unidades de recursos programadas en las que los nodos específicos respectivos están autorizadas para transmitir datos y una o varias unidades de recursos aleatorios a las que los nodos acceden de manera aleatoria (es decir, utilizando un esquema de resolución de conflictos). En las segundas realizaciones, se prevé que las unidades de recursos programadas y las unidades de recursos aleatorias estén sustancialmente distribuidas de manera uniforme en la pluralidad de canales de comunicación. "Distribuido sustancialmente de manera uniforme" significa que se busca tener sustancialmente el mismo número de unidades de recursos programadas en los canales (es decir, la diferencia en número de RU programadas entre dos canales es como máximo 1).

Puesto que las RU programadas son más susceptibles de ser utilizadas por los nodos asociados, las segundas realizaciones reducen el riesgo de que un canal de comunicación tenga un nivel total de energía muy bajo. Los nodos heredados detectarán de manera estadística con más frecuencia los canales como ocupados, evitando, por lo tanto, que se produzcan colisiones.

Las primera y segunda realizaciones se pueden implementar por separado, o en combinación, tal como se describe adicionalmente a continuación.

La **figura 6** muestra esquemáticamente un dispositivo de comunicación 600 de la red de radio 100, configurado para implementar, como mínimo, 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 preferentemente están conectados:

- 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 variables y parámetros necesarios para llevar a cabo procedimientos según las realizaciones de la invención; y
- como mínimo, una interfaz de comunicación 602, conectada a la red de comunicación por radio 100 a través de la cual se transmiten paquetes de datos digitales o tramas o tramas de control, por ejemplo, una red de comunicación inalámbrica según el protocolo 802.11ac. Las tramas son escritas desde una memoria de envío FIFO en la RAM 612 a la interfaz de red para transmisión o son leídas desde la interfaz de red para recepción y escritura en una memoria de recepción FIFO en la RAM 612 bajo el control de una aplicación de software que se ejecuta en la CPU 611.

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

- un medio de almacenamiento de datos 604, tal como un disco duro, para almacenar programas informáticos para llevar a cabo 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 mostrar datos descodificados y/o servir como una interfaz gráfica con el usuario, por medio de un teclado 610 o cualquier otro medio de señalización.

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

datos al dispositivo de comunicación 600.

Preferentemente, el bus de comunicación facilita una 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 concreto, la unidad central de procesamiento puede comunicar instrucciones a cualquier elemento del dispositivo de comunicación 600 de manera directa o por medio de otro elemento del dispositivo de comunicación 600.

El disco 606 puede ser sustituido, opcionalmente, por cualquier medio de información, tal como, por ejemplo, un disco compacto (CD-ROM), grabable o no, un disco ZIP, una memoria USB o una tarjeta de memoria y, en términos generales, por un medio de almacenamiento de información que puede ser leído por un microordenador o por un microprocesador, integrado o no en el aparato, posiblemente extraíble y adaptado para almacenar uno o varios programas cuya ejecución permite un procedimiento según la invención a implementar.

El código ejecutable puede estar almacenado, opcionalmente, en la 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 puede ser recibido por medio de la red de comunicación 603, a través de la interfaz 602, para ser almacenado en uno de los medios de almacenamiento del dispositivo de comunicación 600, tal como el disco duro 604, antes de ser ejecutado.

La unidad central de procesamiento 611 está adaptada, preferentemente, para controlar y dirigir la ejecución de las instrucciones o porciones de código de software del programa o programas según la invención, cuyas instrucciones están almacenadas en uno de los medios de almacenamiento mencionados anteriormente. Tras el encendido, 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, son transferidos a la memoria de acceso aleatorio 612, que, por lo tanto, contienen el código ejecutable del programa o programas, así como registros para almacenar las variables y parámetros necesarios para implementar la invención.

En una realización preferente, el aparato es un aparato programable que utiliza software para implementar la invención. No obstante, de manera alternativa, la presente invención puede ser implementada en hardware (por ejemplo, en forma de un circuito integrado de aplicación específica o ASIC, Application Specific Integrated Circuit).

La **figura 7** es un diagrama de bloques que muestra esquemáticamente la arquitectura de un dispositivo o nodo de comunicación 600, ya sea el AP 110 o uno de los nodos 100 a 107, adaptado para llevar a cabo la invención, como mínimo parcialmente. Tal como se muestra, 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.

El bloque de capa PHY 703 (en el presente documento, una capa PHY según el estándar 802.11) tiene la tarea de formatear, modular o demodular desde cualquier canal de 20 MHz o el canal compuesto, y, de este modo enviar o recibir tramas sobre el medio de radio 100 utilizado, tal como tramas de 802.11, por ejemplo, tramas de activación TF de acceso a medio 430 para reservar un espacio de transmisión, datos de MAC y tramas de gestión basadas en un ancho de 20 MHz para interactuar con las estaciones heredadas según el estándar 802.11, así como de tramas de datos MAC en OFDMA que tienen un ancho menor que los 20 MHz heredados (habitualmente 2 MHz o 5 MHz) hacia/desde ese medio de radio.

El bloque de capa PHY 703 incluye la capacidad mediante CCA para detectar el estado inactivo u ocupado de los canales de 20 MHz e informar del resultado al bloque de capa MAC 702 según el estándar 802.11. Tras la detección de una señal con una intensidad de señal recibida significativa, se genera una indicación de la utilización del canal.

El bloque de capa MAC o el controlador 702, preferentemente, comprende una capa de MAC 704 según el estándar 802.11 que implementa operaciones MAC según el estándar 802.11ax convencionales, y un bloque adicional 705 para llevar a cabo, como mínimo parcialmente, la invención. El bloque de capa MAC 702 puede ser implementado, opcionalmente, en un software, que está cargado en la RAM 612 y es ejecutado mediante la CPU 611.

Preferentemente, el bloque adicional, denominado módulo 705 de detección de energía RU por OFDMA, implementa la parte de la invención que se refiere al nodo 600, es decir, detecta la utilización de la RU de OFDMA y la energía sobre un canal de 20 MHz basado en la capa PHY 703. El módulo 705 de detección de energía de RU por OFDMA realiza, asimismo, operaciones de transmisión y recepción en las RU.

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 una secuencia de video. El bloque de la capa de aplicación 701 representa todas las capas de la pila por encima de la capa MAC según el estándar ISO ("International Organization for Standardization", Organización Internacional de Normalización).

La **figura 8** muestra, utilizando dos diagramas de flujo, etapas generales de realizaciones de la presente invención. Estas realizaciones dan a conocer una gestión eficiente de las transmisiones de las RU por OFDMA de múltiples usuarios (enlace ascendente) en un medio inalámbrico según el estándar 802.11ax, para reducir el riesgo de

colisiones con nodos heredados.

El procedimiento de la **figura 8** es implementado, como mínimo, por un nodo 600. Un nodo es el punto de acceso AP 110 para realizar el **diagrama de flujo 8a**, y uno o varios otros nodos o el mismo AP pueden participar para llevar a cabo el **diagrama de flujo 8b**.

El **diagrama de flujo 8a** muestra el algoritmo llevado a cabo para preparar una trama de activación TF y transmitirla por el canal inalámbrico. Este algoritmo lo realiza el punto de acceso AP.

Según las realizaciones de la presente invención, la TF presenta una distribución eficiente de las RU por OFDMA, en particular, un perfil de trama de activación que tiene las unidades de recursos programadas y las unidades de recursos aleatorias distribuidas de manera sustancialmente uniforme en la pluralidad de canales de comunicación que componen el canal compuesto objetivo. En particular, tanto las RU aleatorias como las programadas están entrelazadas entre sí.

Un objetivo de este enfoque es promediar la energía de la señal en un canal de 20 MHz, si es posible por encima del umbral mínimo de detección de energía del nodo heredado, en lugar de tener toda la energía concentrada en unos pocos canales de 20 MHz.

El **diagrama de flujo 8b** muestra el comportamiento de al menos un nodo 600 (ya sea AP 110 o cualquier nodo 100 a 107) para monitorizar la energía de las RU activas que forman un espacio de transmisión por OFDMA de enlace ascendente y realizar un análisis de intensidad de señal por cada canal de comunicación de 20 MHz. Esto significa que el nodo evalúa la intensidad general de la señal en el canal de comunicación durante el período de detección (a partir de un tiempo de inicio predefinido en el que el nodo o los nodos comienzan a transmitir datos en la unidad o unidades de recursos).

En caso de señal insuficiente (es decir, energía por debajo del umbral ED), el nodo de monitorización 600 está autorizado para comunicar, sobre al menos una RU vacía, es decir, una RU no utilizada. En otras palabras, el nodo de monitorización emite una señal en la unidad o unidades de recursos no utilizadas detectadas, dependiendo de la intensidad total de la señal evaluada.

Preferentemente, el nodo de monitorización 600 es el propio punto de acceso AP, porque es el destino de los tráficos de enlace ascendente y está bien posicionado para detectar las señales recibidas. En una variante, puede ser uno de los nodos de transmisión 100 a 107.

Téngase en cuenta que un nodo de transmisión y monitorización 600 tiene, preferentemente, dos o más cadenas de transmisiones para enviar de manera simultánea datos en una RU y monitorizar la utilización de otras RU según la invención. El AP todavía puede designar un nodo que tenga una sola cadena de transmisión para que actúe como nodo de monitorización, pero no podrá enviar datos de manera simultánea en una RU: solo le está permitido monitorizar la energía de uno o varios canales de comunicación.

Aunque el ejemplo de la **figura 8** combina el entrelazado de RU programadas y aleatorias con la emisión de una señal en RU no utilizadas, estas dos características pueden ser utilizadas solas, ya que ambas contribuyen a aumentar la energía total por canal a través del canal compuesto y, por lo tanto, a reducir los riesgos de que los nodos heredados transmitan en un canal que tiene RU utilizadas.

Aunque no está limitado a este respecto, una forma de implementar el **algoritmo 8a** es la siguiente.

En la etapa 800, el AP determina el número de unidades de recursos a considerar para el intervalo de tiempo TXOP de múltiples usuarios tras serle concedido. Esta determinación se basa en el entorno de configuración de los BSS, es decir, el ancho de banda de funcionamiento básico (es decir, los canales de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz que incluyen el canal principal de 20 MHz según el estándar 802.11ac).

Por sencillez, se puede considerar que el estándar 802.11ax asigna un número fijo de RU por OFDMA por banda de 20 MHz (por ejemplo, nueve): en ese caso, la señalización de ancho de banda en las tramas TF (esto es, se agregan los valores de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz) es suficiente para que los nodos sepan el número de RU. Habitualmente, dicha información se indica en el campo SERVICIO de la sección DATOS de las tramas no HT según el estándar 802.11, manteniendo de este modo el cumplimiento del mecanismo de acceso a medio para los nodos heredados.

La TF puede incluir una indicación de elemento de información de que el intervalo de tiempo TXOP de múltiples usuarios incluye unidades de recursos 410 tanto del tipo aleatorio como programadas; es decir, múltiples nodos pueden acceder a una RU dentro del intervalo de tiempo TXOP por OFDMA, ya sea de manera aleatoria, mediante un procedimiento de asignación aleatoria o en una ubicación de RU fija atribuida por el AP. En otras palabras, la trama de activación define qué unidad o unidades de recursos del canal o canales de comunicación están reservados para nodos específicos y a qué unidad o unidades de recursos del canal de comunicaciones acceden los

5 nodos de manera aleatoria (utilizando un esquema de resolución de conflictos).

En realizaciones de la invención, si la asignación incluye alguna asignación fija (es decir, RU programadas), esas asignaciones fijas se distribuyen de manera uniforme entre los canales compuestos completos para garantizar un reparto medio de la energía del canal. Por ejemplo, si se deben asignar ocho RU programadas entre 32 RU que forman cuatro canales de 20 MHz, se pueden colocar dos RU programadas en cada uno de los cuatro canales de 20 MHz.

10 Posteriormente a la etapa 800, la etapa 801 consiste en que el AP determina un nodo para ser declarado como la estación de monitorización para un canal determinado de 20 MHz.

En una realización preferente, el AP se considera a sí mismo como la estación de monitorización para todos los canales de 20 MHz que forman el canal compuesto, en cuyo caso el diagrama de flujo de la figura 8b se lleva a cabo únicamente por el AP.

15 En una variante, el AP puede seleccionar un nodo registrado por cada canal de 20 MHz para monitorizar el canal de 20 MHz considerado, en cuyo caso el diagrama de flujo de la **figura 8b** se lleva a cabo por este nodo para el canal de 20 MHz considerado. Gracias al proceso de registro de los nodos en el AP, el AP puede identificar, para el canal de 20 MHz apropiado, el nodo de monitorización correspondiente por su identificador de asociación (AID, Association IDentifier), en la TF. En ese caso, la trama de activación indica un nodo específico que tiene permiso para emitir una señal en cada unidad de recursos no utilizada del canal de comunicación considerado.

20 En otras variantes, en lugar de asociar un nodo de monitorización por cada canal de 20 MHz, se puede definir un nodo de monitorización para cada RU. En ese caso, la trama de activación indica un nodo específico por cada unidad de recursos, que permite emitir una señal en esta unidad de recursos si no está utilizada.

25 La **figura 10** propone un formato para un elemento de información dentro de una trama TF para indicar la asignación de un nodo de monitorización con una unidad de recursos dada.

30 Téngase en cuenta que otras variantes pueden considerar un procedimiento dinámico para asignar qué nodo es un nodo de monitorización, sin que el AP lo especifique en la TF. Por ejemplo, el procedimiento dinámico puede asignar un nodo que transmite en una RU para monitorizar la RU contigua o la siguiente en el mismo canal de 20 MHz. En otras palabras, el nodo puede transmitir datos (cargando datos al AP) en una unidad de recursos durante el período de detección, y determinar en qué unidad o unidades de recursos no utilizadas emitir la señal, en base a qué unidad de recursos transmite datos el nodo. Si las unidades de recursos están ordenadas dentro del canal de comunicación, la unidad o unidades de recursos no utilizadas sobre las cuales emitir la señal se pueden determinar en relación con el orden de las unidades de recursos, por ejemplo, la siguiente unidad o unidades de recursos (téngase en cuenta que el AP puede estar a cargo de la primera o primeras RU del canal de 20 MHz si no está utilizado).

40 Posteriormente a la etapa 801, la etapa 802 consiste en que el AP envía una trama TF (y, posiblemente, duplicados de la misma, si el canal compuesto incluye más de un canal de 20 MHz) con una indicación del ancho de banda del intervalo de tiempo TXOP objetivo.

45 La TF define asimismo las RU y sus tipos (programadas o aleatorias).

Cuando sea apropiado, la TF incluye, asimismo, una indicación de qué nodo es un nodo de monitorización para canales y/o RU específicos de 20 MHz.

50 Se espera que cada nodo cercano (heredado o según el estándar 802.11ac) puede recibir la TF en su canal principal. Cada uno de estos nodos configura su NAV en el valor especificado en la trama TF: el medio está, por tanto, teóricamente reservado por el AP.

55 Para evitar que los nodos heredados no reciban la trama de activación para detectar erróneamente un canal de 20 MHz como disponible, el algoritmo continúa con la etapa 803, durante la cual el AP espera el inicio de las transmisiones por OFDMA por parte de los nodos en las RU. Esta hora de inicio predefinida en la que el nodo o nodos comienzan a transmitir datos en las RU ocurre, por ejemplo, un intervalo SIFS después de la emisión (o recepción) de la trama TF.

60 El tiempo de inicio predefinido inicia el período de detección o monitorización tal como se ha definido anteriormente.

Posteriormente, en la etapa 804, se verifica si el AP es o no un nodo de monitorización.

65 Si la respuesta es afirmativa, el AP realiza las etapas de monitorización y emisión de señal (850 a 856) según las realizaciones de la invención. Estas etapas se describen, a continuación, haciendo referencia al **diagrama de flujo 8b**.

Posteriormente a las etapas 850 a 856 y en caso de respuesta negativa de la prueba 804 (el AP no monitoriza ningún canal de 20 MHz), el AP espera (etapa 805) el final del intervalo de tiempo TXOP de OFDMA 230 tal como se define en la TF.

5 Posteriormente, en la etapa 806, el AP envía una trama de acuse de recibo (trama ACK) relacionada con las unidades de datos de protocolo de MAC (MPDU, "MAC Protocol Data Unit") recibidas desde los nodos múltiples dentro del intervalo de tiempo TXOP de OFDMA 230.

10 Preferentemente, la trama ACK se transmite en un formato duplicado no HT en cada canal de 20 MHz del canal compuesto. Este acuse de recibo es necesario para que los múltiples nodos de transmisión determinen si el destino (AP) ha recibido correctamente las MPDU de OFDMA, ya que los nodos de transmisión no pueden detectar colisiones dentro de sus RU seleccionadas (por ejemplo, colisión en RU#4 de la **figura 5**, ya que dos nodos tienen el mismo valor de espera igual a 4).

15 Haciendo referencia a continuación al **diagrama de flujo 8b**, este muestra el comportamiento de al menos un nodo de monitorización 600 (bien sea el AP 110 o el nodo de transmisión 100 a 107), para monitorizar la energía debida por las RU activas sobre un canal de 20 MHz, cuando se implementa la transmisión por OFDMA de enlace ascendente.

20 En ciertas realizaciones, si la intensidad de la señal analizada en un canal de 20 MHz es menor que un umbral heredado (como ejemplo, -62dBm), el nodo de monitorización envía entonces una transmisión por OFDMA con respecto al nivel de energía faltante. Por ejemplo, emite una señal en la unidad o unidades de recursos no utilizadas.

25 Según una variante, se puede evitar llevar a cabo el análisis de intensidad de señal, y se emite de manera automática una señal en cada unidad o unidades de recursos no utilizadas.

30 Tal como se ha descrito anteriormente haciendo referencia a la figura 8a, el AP que actúa como un nodo de monitorización, solo realiza las etapas 850 a 856 (si la respuesta de la prueba 804 es positiva). Todos los nodos de transmisión registrados en el AP realizan la totalidad del **diagrama de flujo 8b** (discriminando la prueba 811 que se describe posteriormente, entre los nodos de monitorización y los otros nodos).

35 El proceso comienza en la etapa 810 durante el cual un nodo de transmisión 600 verifica si ha recibido o no una trama según el estándar 802.11a en un formato no HT. Preferentemente, el tipo/subtipo indica un tipo de trama de activación TF, y la dirección del receptor (RA, "Receiver Address") de la TF es una dirección de difusión general o de grupo (esta no es una dirección de unidifusión que corresponde a la dirección MAC del nodo 600).

40 Tras la recepción de la trama de activación TF, el ancho del canal compuesto ocupado por la trama de control TF se señala en el campo SERVICIO de la trama de datos según el estándar 802.11 (el campo DATOS está compuesto por las partes SERVICIO, PSDU ("PLCP Service Data Unit", Unidad de datos de servicio por PLCP), cola y relleno).

En la etapa 811, el nodo de transmisión 600 verifica si tiene que actuar o no como un nodo de monitorización para, como mínimo, un canal de 20 MHz del ancho del canal compuesto.

45 Por ejemplo, puede buscar cualquier elemento de información dentro de la trama de activación que especifique que el nodo de transmisión 600 (el formato de dicha indicación se facilita como ejemplo con respecto a la **figura 10**) está designado como un nodo de monitorización para un canal específico de 20 MHz.

50 En una variante basada en un procedimiento dinámico, el nodo de transmisión es automáticamente un nodo de monitorización tan pronto como transmite en una RU. En el ejemplo anterior, está a cargo de la siguiente o las siguientes RU en caso de que no sean utilizadas por otros nodos.

Una verificación positiva conduce a aplicar las etapas 850 a 856.

55 En el caso de que el nodo de transmisión no tenga que actuar como un nodo de monitorización, el algoritmo se detiene en la etapa 812. Es decir, el nodo continúa cualquier acción habitual independiente de la invención actual: el nodo STA responde a la TF recibida, como mínimo, con una trama PPDU de 802.11 (PPDU significa unidad de datos de protocolo PLCP, siendo PLCP el protocolo de convergencia de capa física; básicamente, una PPDU hace referencia a una trama física del estándar 802.11) en un formato del estándar 802.11ax después de un período SIFS en una unidad de recursos programada del intervalo de tiempo TXOP de OFDMA 230 si está dedicada a ella, o en una RU aleatoria si un esquema de asignación de RU aleatoria lo asigna con dicha RU aleatoria.

60 Se hace referencia, a continuación, a las etapas 850 a 856 realizadas por el nodo de monitorización (ya sea el AP o nodo de transmisión).

65 En la etapa 850, el nodo de monitorización monitoriza el nivel de energía del canal considerado de 20 MHz utilizando un mecanismo de detección convencional. Gracias al bucle 851, el período de detección o monitorización tiene una

duración predefinida, por ejemplo, dos unidades de tiempo "aSlotTime", desde un tiempo de inicio predefinido (por ejemplo, un intervalo SIFS, después de la TF) en el que el nodo o nodos comienzan a transmitir datos en la unidad o unidades de recursos. Esta duración corresponde a 'DIFS – SIFS', en la que el parámetro DIFS (representa el espacio entre tramas según el método DCF) corresponde al período de tiempo en que un nodo según el estándar 802.11 debería detectar un medio como inactivo antes de transmitir nuevas tramas de datos.

El período de detección o monitorización tiene, por lo tanto, una duración conocida.

Durante el período de monitorización, el módulo 705 calcula la energía de la señal sobre el canal de 20 MHz asignado al nodo de monitorización para la monitorización.

Una vez que finaliza el período de detección, el nodo de monitorización ha evaluado la energía de la señal para el canal de 20 MHz, y puede compararla con un umbral ED en la etapa 852.

Si hay suficiente energía de señal, el proceso continúa en la etapa 856.

De lo contrario, el nodo de monitorización determina (etapa 853) qué RU (programadas y/o aleatorias) dentro del canal de 20 MHz monitorizado no están utilizadas. Esto se puede realizar analizando la señal OFDMA recibida para detectar qué espacios de OFDMA no están utilizados (es decir, sin una PPDU OFDMA de UL).

Posteriormente, en la etapa 854, la monitorización emite una señal en la unidad o unidades de recursos no utilizadas detectadas. Y la señal se emite hasta un tiempo final en el que todos los nodos dejan de transmitir en todas las unidades de recursos que forman el canal de comunicación. Este es el tiempo de finalización del intervalo de tiempo TXOP 230 tal como se especifica en la TF.

La señal comprende, preferentemente, datos de relleno (es decir, sin contenido inteligible para el AP). Sin embargo, en una variante, se puede prever que la señal incluya datos al punto de acceso (más posibles datos de relleno para alcanzar la duración de transmisión del intervalo de tiempo TXOP 230).

En una primera realización, cada RU permanece ocupada durante el tiempo indicado por el AP (TXOP 230). Significa que se emite una señal en cualquier RU detectada como vacía (caso 910a de la figura 9). El nodo de monitorización emite la señal con requisitos de energía de estación no de AP (que, a menudo, son menores que el valor de energía permitido para los puntos de acceso).

Una transmisión de relleno puede ser equivalente al relleno según el método A-MPDU ("Aggregate-MAC Protocol Data Unit", Agregación de Unidad de datos del protocolo MAC) tal como se define en las especificaciones del estándar 802.11ac, que se utiliza si un nodo no tiene suficientes datos para llenar los bytes de la PSDU disponible.

Para ahorrar energía, la señal emitida en la o las RU no utilizadas tiene su propia intensidad de señal, de tal manera que la intensidad global de la señal sobre el canal de comunicación de 20 MHz está por encima del umbral ED. En otras palabras, la señal adicional emitida por el nodo de monitorización está ligeramente por encima de la falta de energía detectada en la etapa 852 (es decir, equivalente para alcanzar el umbral ED).

En una segunda realización, si se detectan, como mínimo, dos RU sin utilizar dentro del canal de 20 MHz, el nodo de monitorización puede emitir una señal en una subparte solo de las RU no utilizadas del canal de 20 MHz, siempre que la propia intensidad de señal de la señal emitida hace que la intensidad total de la señal resultante sobre el canal de comunicación de 20 MHz esté por encima del umbral ED.

En una variante, el nodo de monitorización puede agregar varias RU contiguas para enviar un solo dato de relleno (caso 910b de la **figura 9**).

Téngase en cuenta que, en una realización en la que no se realiza detección de energía en el canal de 20 MHz, se pueden evitar las etapas 850 a 852. El nodo de monitorización emite de manera automática una señal en las RU no utilizadas.

Posteriormente a la etapa 854, la etapa 855 consiste en que el nodo de monitorización deja de emitir la señal (transmisión de relleno) tras observar el final de la duración del intervalo de tiempo TXOP.

El algoritmo termina de este modo para los nodos de transmisión (prueba 856). Por lo que respecta al AP, este vuelve al modo habitual, es decir, enviando un ACK para los datos recibidos en las RU utilizadas (etapa 807).

La **figura 9** muestra líneas de comunicación a modo de ejemplo según la invención. Aunque estos ejemplos muestran un sistema WLAN que utiliza un canal múltiple que incluye un canal compuesto de ancho de banda de 80 MHz que tiene un conjunto de 16 unidades de recursos de OFDMA, formando el número de bandas de 20 MHz el canal compuesto general, y/o el número de unidades de recursos de OFDMA por cada canal de 20 MHz de ancho de banda puede variar.

Asimismo, la aplicación de la invención se plantea a través de ejemplos que utilizan el mecanismo de trama de activación enviado por un AP para transmisiones de enlace ascendente de múltiples usuarios según el estándar 802.11ax. Por supuesto, se pueden utilizar mecanismos equivalentes en un entorno ad-hoc (no AP), lo que significa que un nodo envía una TF. Los ejemplos de nodos de monitorización incluyen los nodos a los que se asignan las RU programadas.

Un AP envía una trama de activación para transmisiones de enlace ascendente de múltiples usuarios en un canal compuesto global de 80 MHz a modo de ejemplo (lo que significa que la TF 430 está duplicada en cuatro canales de 20 MHz). Este ejemplo sugiere que la red está configurada para manejar cuatro unidades de recursos de OFDMA por cada canal de 20 MHz (todos los nodos conocen esta configuración, o en cualquier otro lugar la configuración está especificada por la trama de activación).

Algunas unidades de recursos no están utilizadas (tal como, por ejemplo, los índices 2, 5, 6, 9 a 12, 13 y 14) durante el período 900 debido al esquema de asignación de RU implementado por los nodos.

La referencia 900 indica el período de detección o monitorización correspondiente al bucle entre las etapas 850 a 851 del **diagrama de flujo 8b**.

Posteriormente, después de que ha finalizado el período de detección 900, se lleva a cabo la etapa 854 para obtener varias señales de relleno 910. 910a es un único relleno sobre una RU. 910b es un relleno a modo de ejemplo realizado sobre RU contiguas agregadas.

La referencia 920 muestra una realización opcional correspondiente al caso de inactividad total sobre un canal secundario de 20 MHz 300. Puesto que no se produce ninguna comunicación por OFDMA, es posible que el nodo de monitorización que ejecuta el **diagrama de flujo 8b** decida liberar el canal completo de 20 MHz para garantizar la equidad ambiental. En otras palabras, si el nodo de monitorización detecta que todas las unidades de recursos que forman un canal de comunicación no se utilizan, el nodo no emite una señal en esas unidades de recursos que forman el canal de comunicación.

La **figura 10** presenta el formato de un 'elemento de información de RU' (1010), que puede ser utilizado según las realizaciones de la presente invención.

El 'elemento de información de RU' (1010) es utilizado por el AP para incrustar información adicional dentro de la trama de activación relacionada con el intervalo de tiempo TXOP de OFDMA. Su formato sigue el formato del 'elemento de información específico para un proveedor' tal como se define en el estándar IEEE 802.11-2007.

El 'Elemento de información de RU' (RU IE, 1010) es un contenedor de uno o varios atributos de RU (1020), comprendiendo cada uno un ID de atributo dedicado para identificación. La cabecera del IE de RU puede ser estandarizada (y, por lo tanto, identificada fácilmente por parte de los nodos) a través de los valores de ID de elemento, OUI, tipo de OUI.

Los atributos de RU 1020 están definidos para tener un formato general común, que consiste en un campo ID de atributo de RU de un byte, un campo de longitud de dos bytes y campos de información específica de atributo de longitud variable.

La utilización del elemento de información dentro de la carga útil de la trama MAC se facilita solo con fines ilustrativos, cualquier otro formato puede ser compatible.

La elección de incorporar información adicional en la carga útil de MAC es ventajosa para mantener el cumplimiento heredado con el mecanismo de acceso a medio, porque cualquier modificación realizada dentro de la cabecera de la capa PHY según el estándar 802.11 habría inhibido cualquier descodificación con éxito de la cabecera MAC por parte de dispositivos heredados.

Con respecto a la etapa 801, el punto de acceso puede querer designar un nodo de transmisión como un nodo de monitorización para un canal completo de 20 MHz. La trama de activación contiene una lista de atributos de RU 1020, cada uno de los cuales se utiliza para especificar el nodo de transmisión responsable de un canal de 20 MHz determinado.

Para ello, la TF contiene un elemento de información 1010 específico en el cuerpo de trama de la trama MAC según el estándar 802.11, que contiene el atributo RU 1020 según la **figura 10**.

Tal como se muestra en la figura, un atributo RU dedicado sigue el siguiente formato:

- El ID de atributo es un valor dedicado que identifica la 'Información de RU' (RU info). Se puede seleccionar un valor no utilizado en el estándar, por ejemplo, en el rango comprendido entre 19 y 221. Este valor de un byte es una

etiqueta que comienza con la 'Información de RU' (RU info).

- El campo de canal (1021) proporciona el número de canal que se debe considerar. Por ejemplo, sigue el número de identificación convenido de los canales de 20 MHz según el estándar 802.11.

- 5 - El campo AID (1022) incluye el identificador del nodo que está designado para monitorizar la energía del canal correspondiente (identificado por el campo de canal 1021) y enviar tráfico de relleno, si es necesario. Esta podría ser la dirección MAC, o el Identificador de asociación (AID), o el AID parcial del nodo.

Tal como se puede observar, las diversas realizaciones alternativas presentadas en las **figuras 8a, 8b y 10** son compatibles entre sí, y pueden ser combinadas para aprovechar sus respectivas ventajas.

- 10 Aunque la presente invención se ha descrito anteriormente haciendo referencia a realizaciones específicas, la presente invención no se limita a las realizaciones específicas, y ciertas modificaciones que se encuentran dentro del alcance de la presente invención resultarán evidentes para el experto en la materia.

- 15 A los expertos en la materia se les ocurrirán muchas otras modificaciones y variaciones adicionales al hacer referencia a las realizaciones ilustrativas anteriores, que se dan solo a modo de ejemplo y que no pretenden limitar el alcance de la invención, que está determinada únicamente por las reivindicaciones adjuntas. En concreto, las diferentes características de las diferentes realizaciones pueden ser intercambiadas, cuando sea apropiado.

- 20 En las reivindicaciones, la expresión "que comprende" no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. El simple hecho de que se mencionen características diferentes en reivindicaciones dependientes diferentes unas de otras no indica que una combinación de estas características no pueda ser utilizada de manera ventajosa.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de comunicación (110, 600), que comprende:

5 medios de transmisión para transmitir una trama de activación (430) que incluye una primera información que indica una pluralidad de unidades de recursos (410) que dividen un canal de comunicación (300-1, 300-2, 300-3, 300-4) en un dominio de frecuencia y una segunda información que indica si es necesaria la detección de energía del canal de comunicación,
 10 en el que, en un caso en el que la segunda información incluida en la trama de activación (430) indica que es necesaria la detección de la energía del canal de comunicación, por lo menos uno de los otros aparatos de comunicación (101 a 107) identificado por un AID, ID de asociación, incluido en la trama de activación detecta la energía del canal de comunicación, y transmite una señal a por lo menos una de la pluralidad de unidades de recursos en un caso en el que la energía detectada es inferior a un umbral predeterminado; y
 15 medios de recepción para recibir la señal (230, 910) transmitida en respuesta a la trama de activación.

2. Aparato de comunicación, según la reivindicación 1, en el que el AID incluido en la trama de activación identifica al por lo menos otro aparato de comunicación (101 a 107) que detecta la energía del canal de comunicación.

3. Aparato de comunicación, según las reivindicaciones 1 o 2, en el que la trama de activación (430) incluye, además, información relativa a un tiempo en el que debe detenerse la transmisión de la señal por el por lo menos otro aparato de comunicación.

4. Aparato de comunicación, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la trama de activación (430) incluye información que indica que un aparato de comunicación desde el que se va a transmitir una señal se determina aleatoriamente para por lo menos una parte de la pluralidad de unidades de recursos.

5. Procedimiento de comunicación que comprende:

30 transmitir (802) una trama de activación (430) que incluye una primera información que indica una pluralidad de unidades de recursos (410) que dividen un canal de comunicación (300-1, 300-2, 300-3, 300-4) en un dominio de frecuencia y una segunda información que indica si es necesaria la detección de energía del canal de comunicación, en el que, en un caso en el que la segunda información incluida en la trama de activación (430) indica que es necesaria la detección de la energía del canal de comunicación, por lo menos uno de otros aparatos de comunicación (101 a 107) identificado por un AID, ID de asociación, incluido en la trama de activación detecta (850)
 35 la energía del canal de comunicación, y transmite (854) una señal a por lo menos una de la pluralidad de unidades de recursos en un caso en el que la energía detectada es inferior a un umbral predeterminado; y
 recibir (806) la señal (230, 910) transmitida en respuesta a la trama de activación.

6. Procedimiento de comunicación, según la reivindicación 5, en el que el AID incluido en la trama de activación identifica al por lo menos otro aparato de comunicación que detecta la energía del canal de comunicación.

7. Procedimiento de comunicación, según las reivindicaciones 5 o 6, en el que la trama de activación (430) incluye, además, información relativa a un tiempo en el que se debe detener la transmisión de la señal por el por lo menos otro aparato de comunicación.

8. Procedimiento de comunicación, según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que la trama de activación (430) incluye información que indica que un aparato de comunicación desde el que se va a transmitir una señal se determina aleatoriamente para por lo menos una parte de la pluralidad de unidades de recursos.

9. Medio no transitorio legible por ordenador que almacena un programa que, cuando se ejecuta mediante un microprocesador o un sistema informático en un aparato de comunicación, hace que el aparato realice el procedimiento de comunicación de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8.

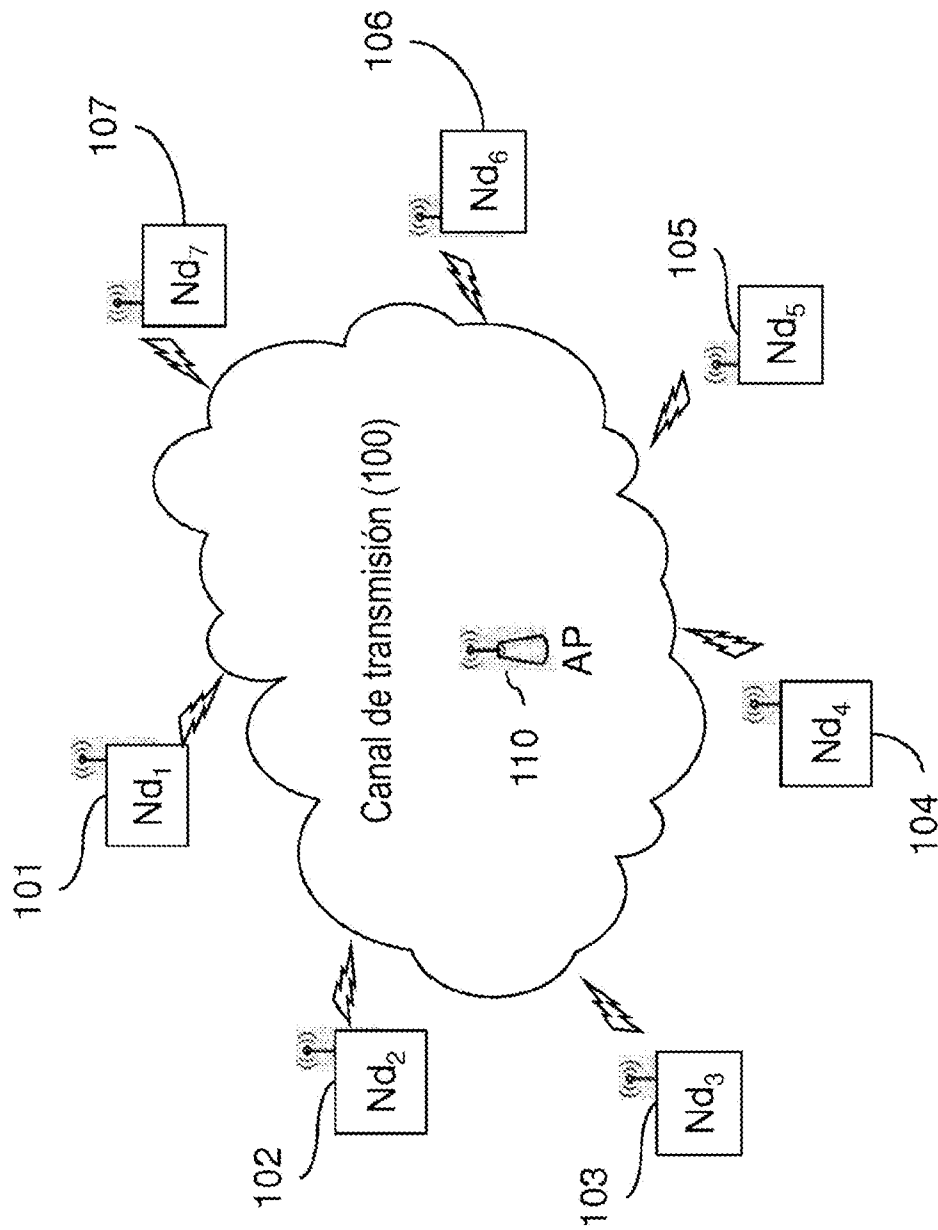


Fig. 1

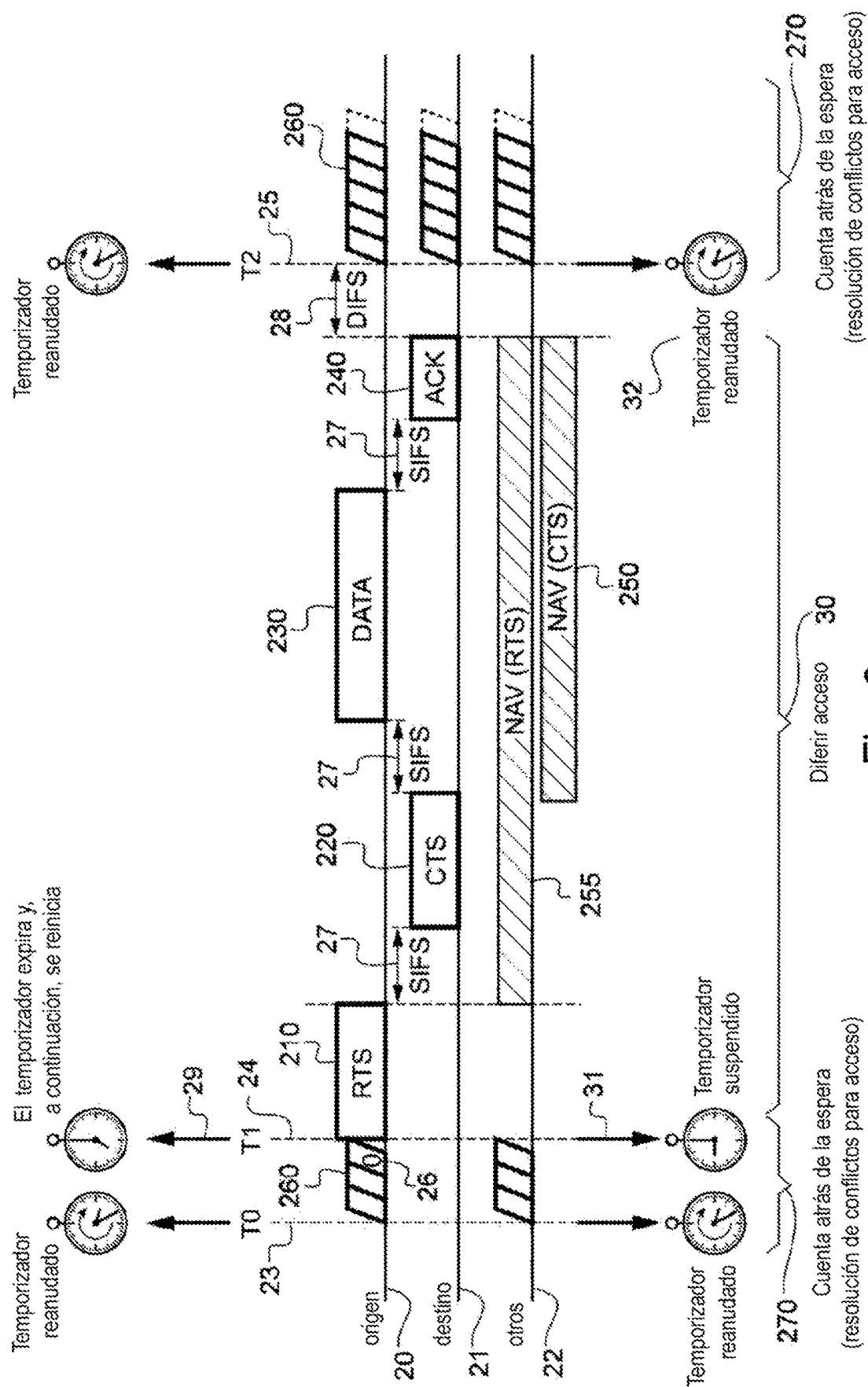


Fig. 2

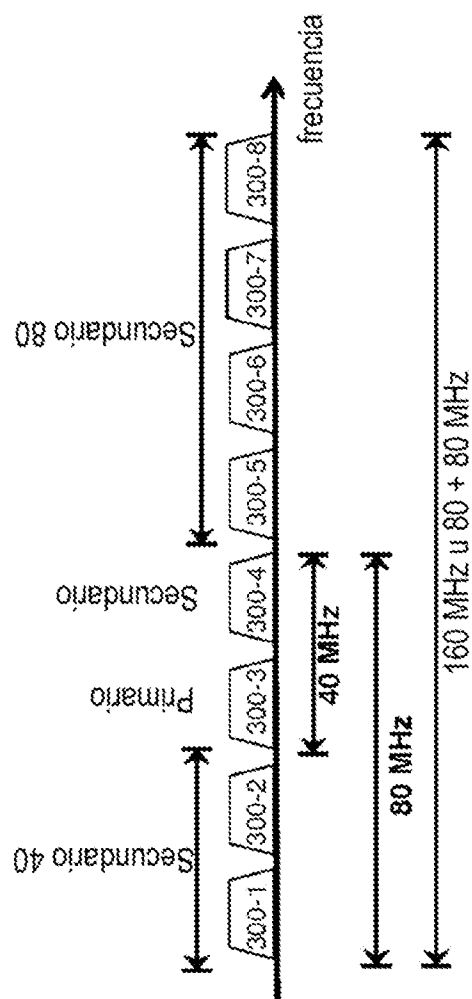


Fig. 3

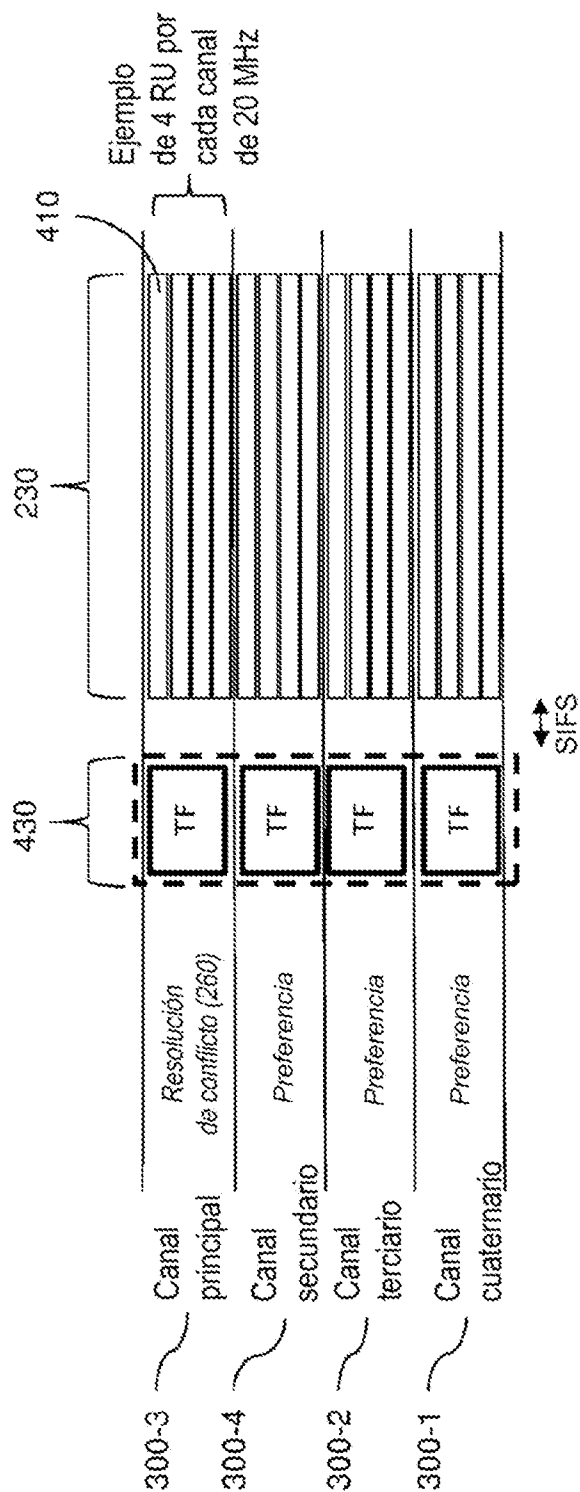
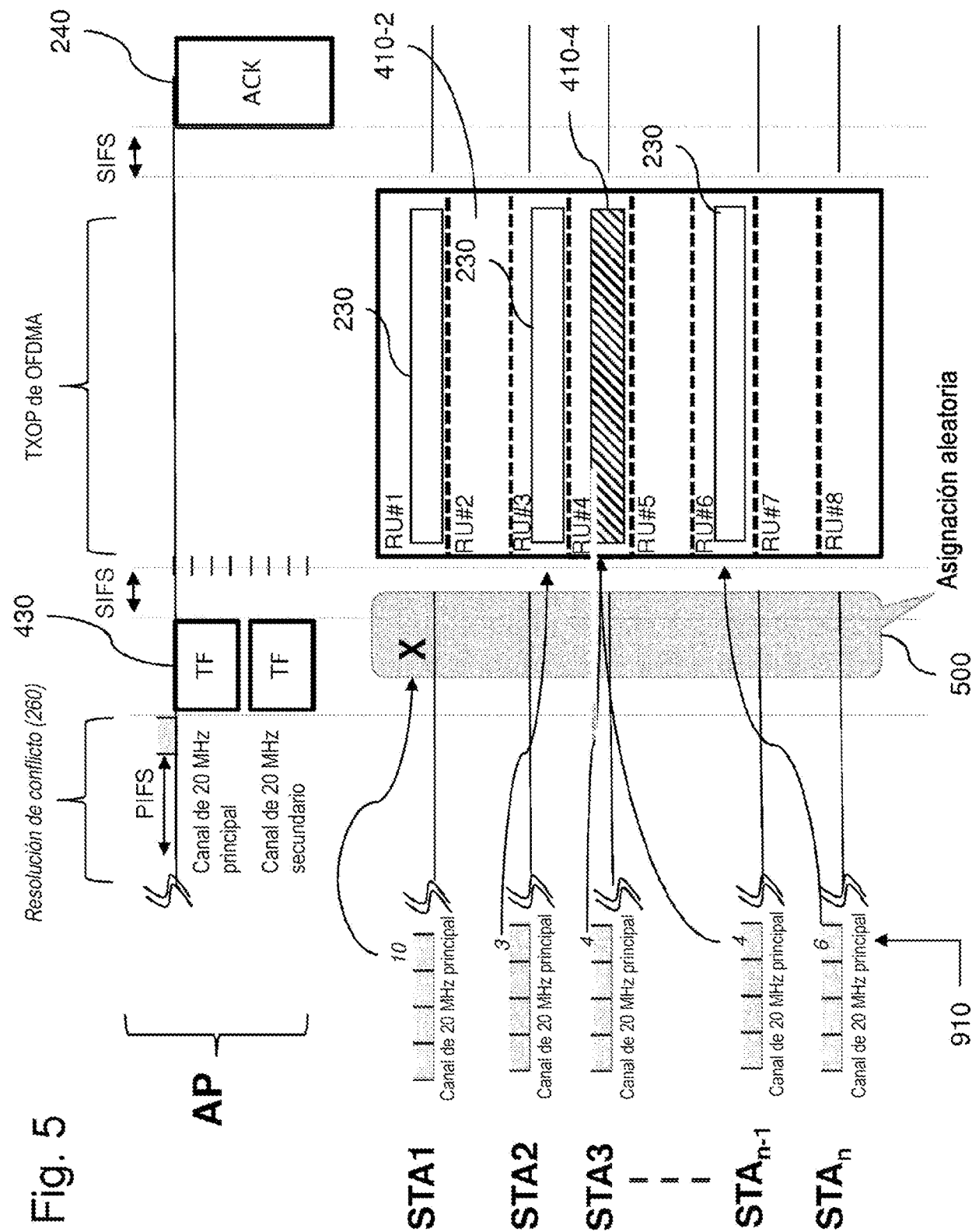


Fig. 4



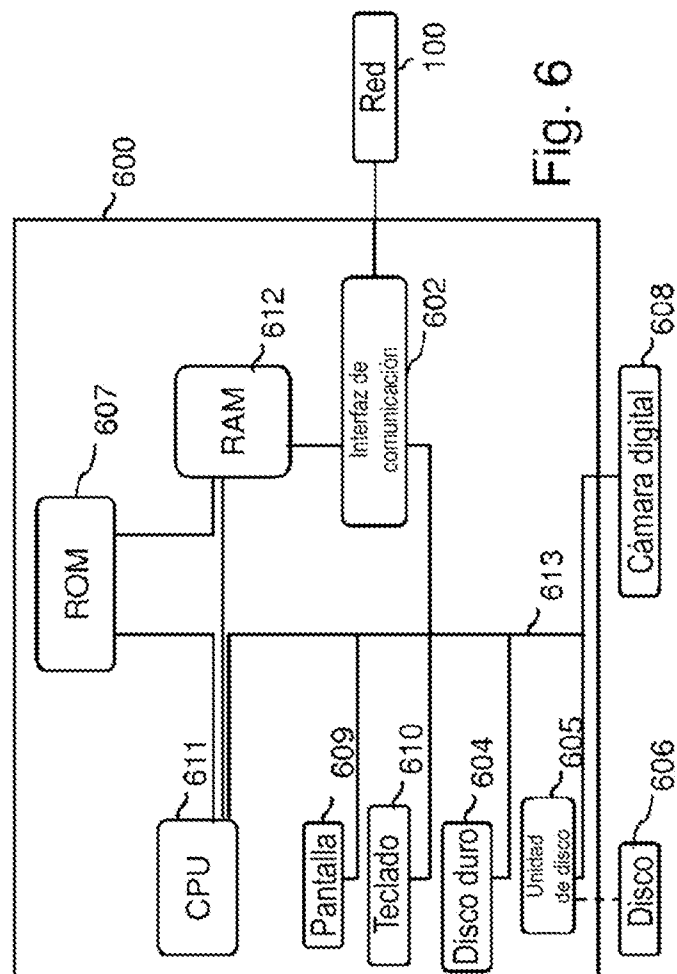
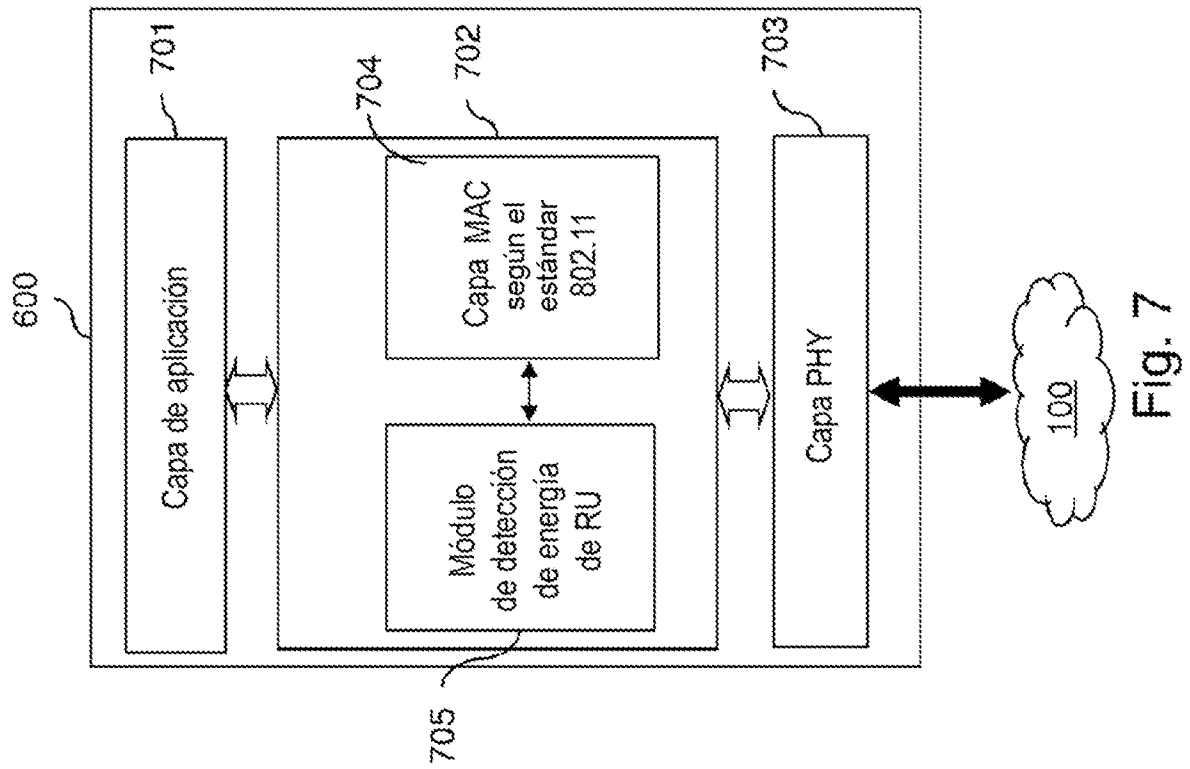


Fig. 8a

AP:

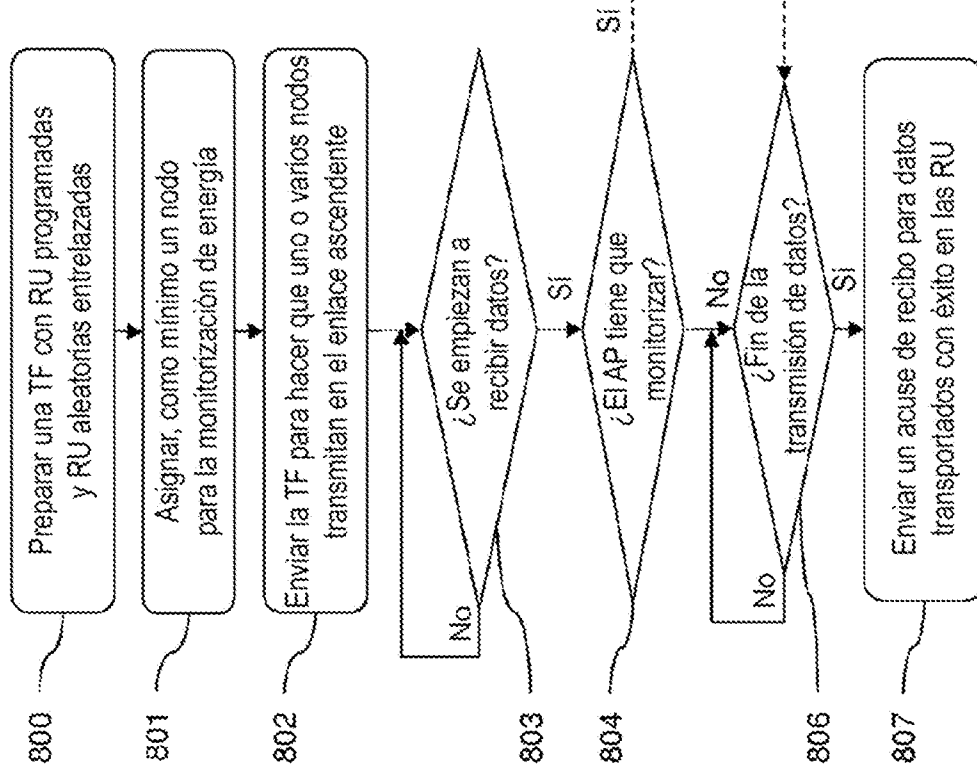


Fig. 8b

AP/STA:

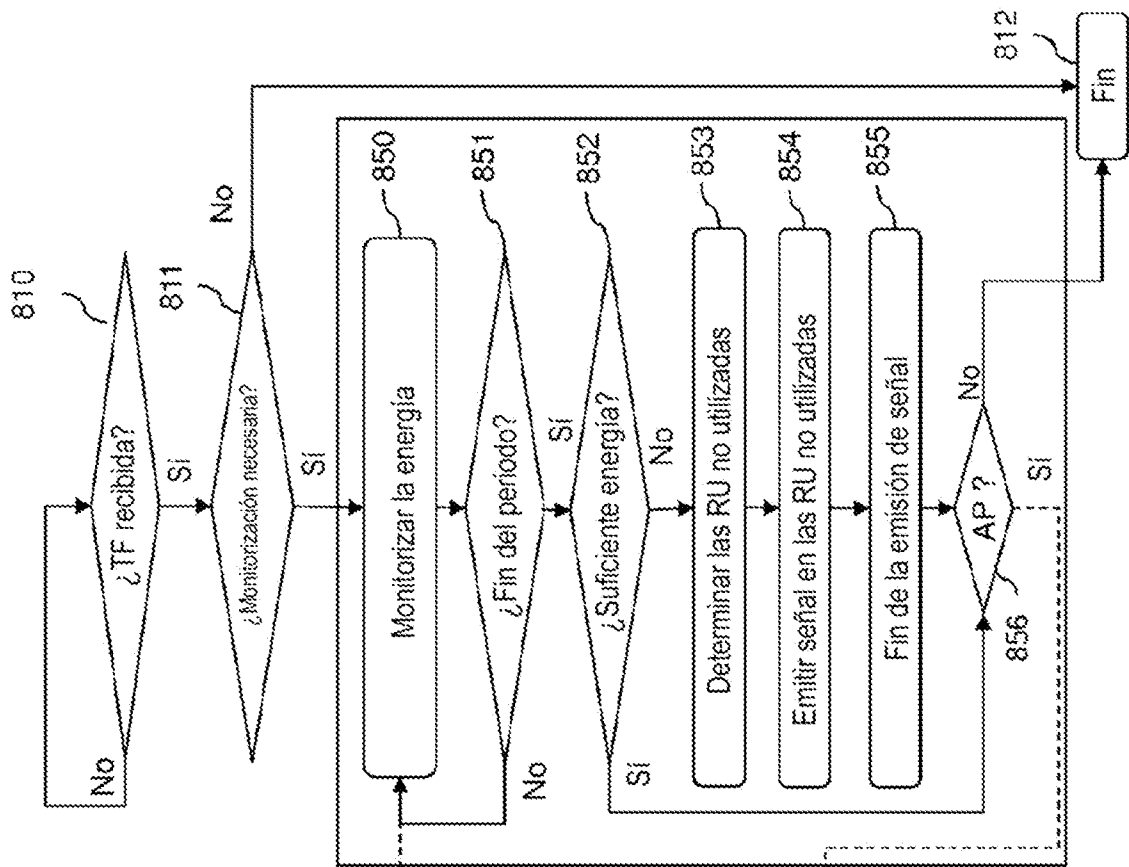


Fig. 9

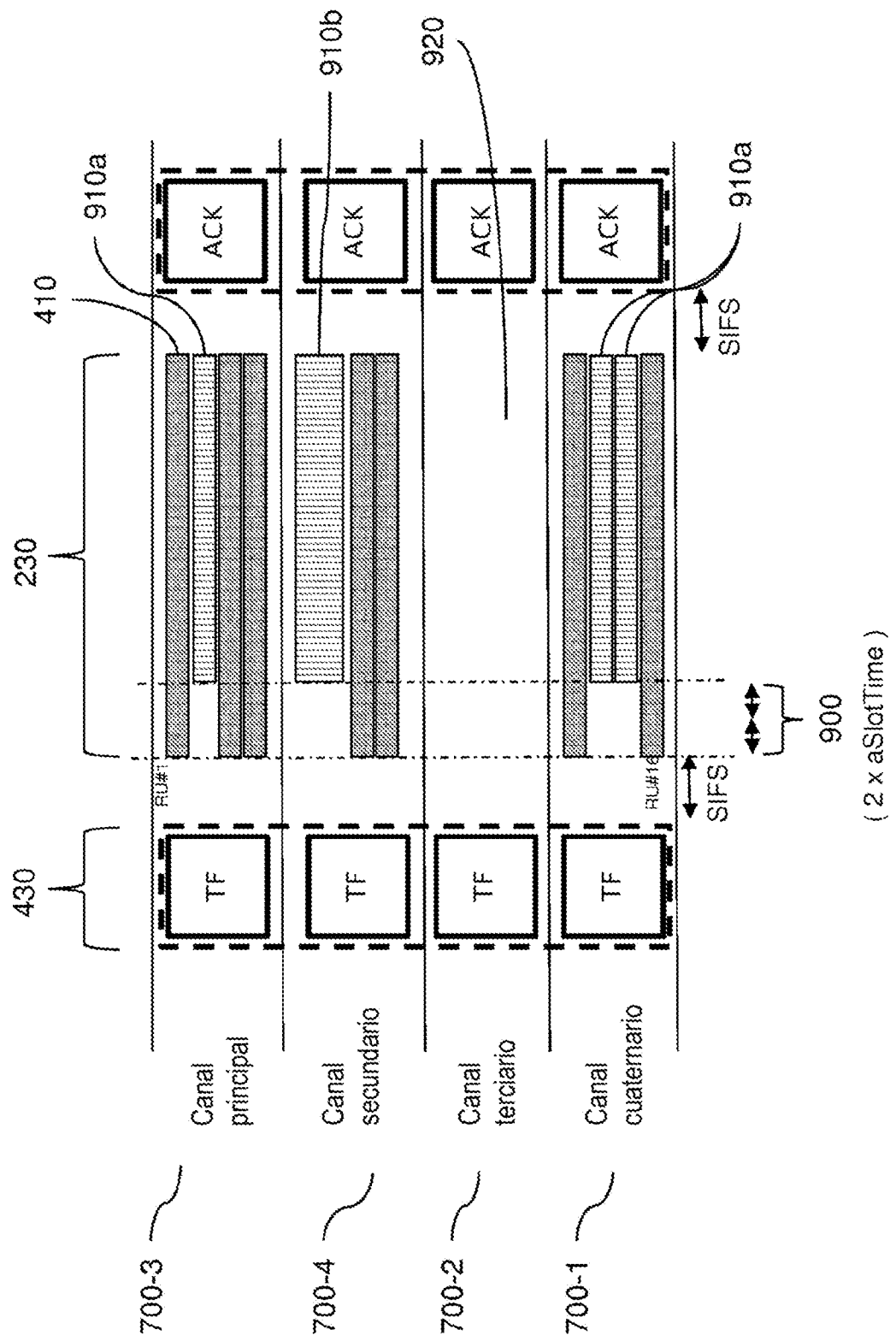


Fig. 10

