(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 530 993**

(51) Int. Cl.:

H04L 12/66 (2006.01)
H04L 29/08 (2006.01)
H04L 12/18 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2004 E 13172780 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.11.2014 EP 2642703**

(54) Título: **Control de acceso al medio de alta velocidad y protocolo de enlace directo**

(30) Prioridad:

15.10.2003 US 511904 P 15.10.2003 US 511750 P
21.10.2003 US 513239 P 01.12.2003 US 526356 P
01.12.2003 US 526347 P 23.12.2003 US 532791 P
18.02.2004 US 545963 P 02.06.2004 US 576545 P
08.07.2004 US 586841 P 11.08.2004 US 600960 P
13.10.2004 US 964314

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.03.2015

(73) Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121-1714, US

(72) Inventor/es:

WALTON, JAY RODNEY y
NANDA, SANJIV

(74) Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

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).

ES 2 530 993 T3

DESCRIPCIÓN

Control de acceso al medio de alta velocidad y protocolo de enlace directo

Descripción

La presente solicitud de patente reivindica la prioridad de las siguientes solicitudes de patente provisionales estadounidenses:
Número de publicación US200330511750 con derecho a solicitud provisional nº 60/511.750, titulada "*Method and Apparatus for Providing Interoperability and Backward Compatibility in Wireless Communication Systems*" presentada el 15 de octubre de 2003;
Número de publicación US20030511904 con derecho a solicitud provisional nº. 60/511.904, titulada "*Method, Apparatus, and System for Medium Access Control in a High Performance Wireless LAN Environment*" presentada el 15 de octubre de 2003;
Número de publicación US20030513239 con derecho a solicitud provisional nº60/513.239, titulada "*Peer-to-Peer Connections in MIMO WLAN System*" presentada el 21 de octubre de 2003;
Número de publicación US20030526347 con derecho a solicitud provisional nº60/526.347, titulada "*Method, Apparatus, and System for Sub-Network Protocol Stack for Very High Speed Wireless LAN*" presentada el 1 de diciembre de 2003;
Número de publicación US20030526356 con derecho a solicitud provisional nº60/526.356, titulada "*Method, Apparatus, and System for Multiplexing Protocol data Units in a High Performance Wireless LAN Environment*" presentada el 1 de diciembre de 2003;
Número de publicación US20030532971 con derecho a solicitud provisional nº60/532.791, titulada "*Wireless Communications Medium Access Control (MAC) Enhancements*" presentada el 23 de diciembre de 2003;
Número de publicación US20040545963 con derecho a solicitud provisional nº60/545.963, titulada "*Adaptive Coordination Function (ACF)*" presentada el 18 de febrero de 2004;
Número de publicación US20040576545 con derecho a solicitud provisional nº60/576.545, titulada "*Method and Apparatus for Robust Wireless Network*" presentada el 2 de junio de 2004;
Número de publicación US200440586841 con derecho a solicitud provisional nº60/586.841, titulada "*Method and Apparatus for Distribution Communication Resources Among Multiple Users*" presentada el 8 de julio de 2004; y
Número de publicación US20040600960 con derecho a solicitud provisional nº60/600.960, titulada "*Method, Apparatus, and System for Wireless Communications*" presentada el 11 de agosto de 2004; todas ellas transferidas al cesionario de las mismas.

ANTECEDENTES

Campo

La presente invención se refiere en general a comunicaciones y, más específicamente, al control de acceso al medio.

Antecedentes

Los sistemas de comunicaciones inalámbricas se utilizan de manera generalizada para proporcionar varios tipos de comunicación, tal como voz y datos. Un sistema, o red, típico de datos inalámbrico proporciona a múltiples usuarios acceso a uno o más recursos compartidos. Un sistema puede usar varias técnicas de acceso múltiple, tales como multiplexación por división de frecuencia (FDM), multiplexación por división de tiempo (TDM), multiplexación por división de código (CDM) y otras.
Redes inalámbricas de ejemplo incluyen sistemas de datos basados en células. A continuación se muestran algunos ejemplos: (1) la norma "*TIA/EIA-95-B Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System*" (la norma IS-95), (2) la norma ofrecida por el consorcio llamado "Proyecto de Colaboración de Tercera Generación" (3GPP) y materializada en un conjunto de documentos que incluyen los documentos nº 3G TS 25.211, 3G TS 25.212, 3G TS 25.213 y 3G TS 25.214 (la norma W-CDMA), (3) la norma ofrecida por el consorcio llamado "Proyecto 2 de Colaboración de Tercera Generación" (3GPP2) y materializada en "*TR-45.5 Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems*" (la norma IS-2000), y (4) el sistema de alta velocidad de transferencia de datos (HDR) que se ajusta a la norma TIA/EIA/IS-856 (la norma IS-856).

Otros ejemplos de sistemas inalámbricos incluyen redes de área local inalámbricas (WLAN) tales como las normas IEEE 802.11 (es decir, 802.11(a), (b) o (g)). Pueden conseguirse mejoras en estas redes implantando una WLAN de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) que comprende técnicas de modulación de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM). Se ha introducido la norma IEEE 802.11(e) para resolver algunas de las deficiencias de las normas 802.11 anteriores.

A medida que han avanzado los diseños de los sistemas inalámbricos, se han obtenido velocidades de transferencia de datos más altas. Las velocidades de transferencia de datos más altas han permitido la posibilidad de aplicaciones avanzadas, entre las cuales se incluyen la rápida transferencia de datos, vídeo y voz y otras diversas aplicaciones.

Sin embargo, diversas aplicaciones pueden tener requisitos diferentes para sus respectivas transferencias de datos. Muchos tipos de datos pueden tener requisitos de latencia y de caudal de tráfico, o necesitar alguna garantía de calidad de servicio (QoS). Sin una gestión de recursos, la capacidad de un sistema puede reducirse y el sistema puede no funcionar de manera eficaz.

Los protocolos de control de acceso al medio (MAC) se usan comúnmente para asignar un recurso de comunicación compartido entre una pluralidad de usuarios. Los protocolos MAC interconectan habitualmente capas superiores con la capa física usada para transmitir y recibir datos. Para sacar partido del aumento de las velocidades de transferencia de datos, un protocolo MAC debe diseñarse para utilizar el recurso compartido de manera eficaz. También es generalmente deseable mantener la interoperabilidad con normas de comunicación alternativas o heredadas. Por lo tanto, existe una necesidad en la técnica de un procesamiento MAC para usar de manera eficaz sistemas con un alto caudal de tráfico. También existe una necesidad en la técnica de que tal procesamiento MAC sea compatible con versiones anteriores de varios tipos de sistemas heredados.

El documento US 6 563 816 B1 divulga un sistema de portadoras de bucle virtual con mediación por protocolo de pasarela. El sistema comprende una red de área local doméstica que presenta una pluralidad de módulos telefónicos y un concentrador acoplado al cableado telefónico doméstico. US 6 563 816 B1 proporciona una pasarela entre la red de banda ancha y la PSTN, proporcionando al mismo tiempo la distribución de múltiples líneas de voz en una red de área local doméstica.

RESUMEN

Las realizaciones divulgadas en este documento se dirigen a la necesidad de un procesamiento MAC para usar de manera eficaz sistemas con un alto caudal de tráfico y que sea compatible con versiones anteriores de varios tipos de sistemas heredados. En un aspecto se genera una trama de datos que comprende una parte común para su transmisión en un formato que puede recibirse en varias estaciones, tales como puntos de acceso y estaciones remotas. La trama de datos comprende además una parte dedicada, formateada para su transmisión a una estación remota específica. En otro aspecto, la parte común no está orientada y la parte dedicada está orientada. En otro aspecto, un punto de acceso planifica una asignación en respuesta a una indicación de datos incluida en una parte común de una trama de datos transmitida desde una estación remota a otra.

En otro aspecto, una primera estación transmite una referencia a una segunda estación, la cual mide la referencia y genera información de retorno a partir de la misma. Tras recibir la información de retorno desde la segunda estación, la primera estación transmite datos a la segunda estación según la información de retorno. También se presentan otros diversos aspectos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una realización de ejemplo de un sistema que incluye una WLAN de alta velocidad.

La Figura 2 ilustra una realización de ejemplo de un dispositivo de comunicaciones inalámbricas que puede estar configurado como un punto de acceso o un terminal de usuario.

La Figura 3 ilustra parámetros de separación entre tramas 802.11.

La Figura 4 ilustra un segmento de transmisión de capa física (PHY) de ejemplo que ilustra el uso de DIFS más periodo de inactividad para el acceso según la DCF.

La Figura 5 ilustra un segmento de transmisión de capa física (PHY) de ejemplo que ilustra el uso de SIFS antes de una ACK, con más prioridad que un acceso DIFS.

La Figura 6 ilustra la segmentación de grandes paquetes en fragmentos más pequeños con SIFS asociadas.

La Figura 7 ilustra un segmento de transmisión de capa física (PHY) de ejemplo que ilustra una TXOP con confirmación de recepción por trama.

La Figura 8 ilustra una TXOP con confirmación de recepción de bloque.

La Figura 9 ilustra un segmento de transmisión de capa física (PHY) de ejemplo que ilustra una TXOP sondeada que usa HCCA.

La Figura 10 es una realización de ejemplo de una TXOP que incluye múltiples transmisiones consecutivas sin ningún espacio intermedio.

La Figura 11 ilustra una realización de ejemplo de una TXOP que ilustra la reducción de la cantidad de transmisión de preámbulo requerida.

La Figura 12 ilustra una realización de ejemplo de un procedimiento para incorporar varios aspectos, incluyendo la consolidación de preámbulos, la eliminación de espacios intermedios tales como SIFS y la inserción de GIF, según sea apropiado.

La Figura 13 ilustra un segmento de transmisión de capa física (PHY) de ejemplo que ilustra sondeos consolidados y sus TXOP respectivas.

La Figura 14 ilustra una realización de ejemplo de un procedimiento para consolidar sondeos.

La Figura 15 ilustra una trama MAC de ejemplo.

La Figura 16 ilustra una PDU MAC de ejemplo.

La Figura 17 ilustra una comunicación entre homólogos de ejemplo.

La Figura 18 ilustra una ráfaga de capa física de la técnica anterior.

La Figura 19 ilustra una ráfaga de capa física de ejemplo que puede implantarse para la transmisión entre homólogos.

La Figura 20 ilustra una realización de ejemplo de una trama MAC que incluye un segmento *ad hoc* opcional.

La Figura 21 ilustra una ráfaga de capa física de ejemplo.

La Figura 22 ilustra un procedimiento de ejemplo de una transmisión de datos entre homólogos.

La Figura 23 ilustra un procedimiento de ejemplo de una comunicación entre homólogos.

La Figura 24 ilustra un procedimiento de ejemplo para proporcionar información de retorno sobre velocidad para su uso en una conexión entre homólogos.

La Figura 25 ilustra una conexión gestionada entre homólogos entre dos estaciones y un punto de acceso.

La Figura 26 ilustra una conexión entre homólogos basada en contienda (o *ad hoc*).

La Figura 27 ilustra una trama MAC de ejemplo que ilustra una comunicación gestionada entre homólogos entre estaciones.

La Figura 28 ilustra el soporte de estaciones tanto heredadas como de nueva clase en la misma asignación de frecuencia.

La Figura 29 ilustra la combinación de control de acceso al medio heredado y de nueva clase.

La Figura 30 ilustra un procedimiento de ejemplo para obtener una oportunidad de transmisión.

La Figura 31 ilustra un procedimiento de ejemplo para compartir un única FA con múltiples BSS.

La Figura 32 ilustra BSS solapados que usan una única FA.

La Figura 33 ilustra un procedimiento de ejemplo para llevar a cabo una comunicación entre homólogos a alta velocidad durante el interfuncionamiento con un BSS heredado.

La Figura 34 ilustra una comunicación entre homólogos que usa técnicas MIMO en la que se compite por el acceso en un BSS heredado.

La Figura 35 ilustra la encapsulación de una o más tramas (o fragmentos) MAC en una trama compuesta.

La Figura 36 ilustra una trama MAC heredada.

La Figura 37 ilustra una trama de ejemplo no comprimida.

La Figura 38 ilustra una trama de ejemplo comprimida.

La Figura 39 ilustra otra trama de ejemplo comprimida.

La Figura 40 ilustra una cabecera de agregación de ejemplo.

La Figura 41 ilustra una realización de ejemplo de una trama de periodo de acceso planificado (SCAP) para su uso en la ACF.

La Figura 42 ilustra cómo el SCAP puede usarse junto con HCCA y EDCA.

La Figura 43 ilustra intervalos de baliza que comprenden una pluralidad de SCAP intercalados con periodos de acceso basados en contienda.

La Figura 44 ilustra un funcionamiento de baja latencia con un gran número de STA MIMO.

La Figura 45 ilustra un mensaje SCHED de ejemplo.

La Figura 46 ilustra un campo Gestión de Potencia de ejemplo.

La Figura 47 ilustra un campo MAP de ejemplo.

La Figura 48 ilustra tramas de control SCHED de ejemplo para asignaciones de TXOP.

La Figura 49 ilustra una PPDU 802.11 heredada.

La Figura 50 ilustra un formato de PPDU MIMO de ejemplo para las transmisiones de datos.

La Figura 51 ilustra una PPDU SCHED de ejemplo.

La Figura 52 ilustra una PPDU FRACH de ejemplo.

La Figura 53 ilustra una realización alternativa de un procedimiento de interoperabilidad con sistemas heredados.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

En este documento se divulgan realizaciones de ejemplo que soportan un funcionamiento altamente eficaz junto con capas físicas de velocidades binarias muy altas para una LAN inalámbrica (o aplicaciones similares que usan tecnologías de transmisión de última generación). La WLAN de ejemplo soporta velocidades binarias superiores a 100 Mbps (un millón de bits por segundo) en anchos de banda de 20 MHz.

Varias realizaciones de ejemplo mantienen la simplicidad y robustez del funcionamiento de coordinación distribuido de los sistemas WLAN heredados, cuyos ejemplos pueden encontrarse en la norma 802.11 (a-e). Las ventajas de las diversas realizaciones pueden conseguirse manteniendo una compatibilidad con versiones anteriores de tales sistemas heredados. (Debe observarse que, en la siguiente descripción, los sistemas 802.11 se describen como sistemas heredados de ejemplo. Los expertos en la técnica reconocerán que las mejoras también son compatibles con sistemas y normas alternativos).

Una WLAN de ejemplo puede comprender una pila de protocolos de subred. La pila de protocolos de subred puede soportar altas velocidades de transferencia de datos, mecanismos de transporte de capa física de gran ancho de banda en general, incluyendo, pero sin limitarse a, aquellos basados en modulación OFDM, técnicas de modulación de única portadora, sistemas que usan múltiples antenas de transmisión y múltiples antenas de recepción (sistemas de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO), incluyendo sistemas de múltiples entradas y única salida (MISO)) para un funcionamiento eficaz con un gran ancho de banda, sistemas que usan múltiples antenas de transmisión y múltiples antenas de recepción junto con técnicas de multiplexación espacial para transmitir datos hacia o desde múltiples terminales de usuario durante el mismo intervalo de tiempo, y sistemas que usan técnicas de acceso múltiple por división de código (CDMA) que permiten transmisiones con múltiples usuarios de manera simultánea. Ejemplos alternativos incluyen sistemas de única entrada y múltiples salidas (SIMO) y sistemas de única entrada y única salida (SISO).

Una o más realizaciones a modo de ejemplo descritas en este documento se exponen en el contexto de un sistema inalámbrico de comunicaciones de datos. Aunque su uso en este contexto es ventajoso, diferentes realizaciones de la invención pueden incorporarse en diferentes entornos o configuraciones. En general, los diversos sistemas descritos en este documento pueden formarse usando procesadores controlados por software, circuitos integrados o lógica discreta. Los datos, instrucciones, comandos, información, señales, símbolos y fragmentos de información a los que puede hacerse referencia a lo largo de la solicitud se representan de manera ventajosa mediante tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, partículas o campos magnéticos, partículas o campos ópticos, o una combinación de los mismos. Además, los bloques mostrados en cada diagrama de bloques pueden representar hardware o etapas de procedimiento. Las etapas de procedimiento pueden intercambiarse sin apartarse del alcance de la presente invención. La expresión "a modo de ejemplo" se usa en este documento en el sentido de que "sirve como ejemplo, instancia o ilustración". Cualquier realización descrita en este documento como "a modo de ejemplo"

no debe considerarse necesariamente como preferida o ventajosa sobre otras realizaciones.

La Figura 1 es una realización de ejemplo de un sistema 100 que comprende un punto de acceso (AP) 104 conectado a uno o más terminales de usuario (UT) 106A a N. Según la terminología 802.11, en este documento el AP y los UT también se denominan estaciones o STA. El AP y los UT se comunican a través de una red inalámbrica de área local (WLAN) 120. En la realización de ejemplo, la WLAN 120 es un sistema OFDM MIMO de alta velocidad. Sin embargo, la WLAN 120 puede ser cualquier LAN inalámbrica. El punto de acceso 104 se comunica con cualquier número de dispositivos o procesos externos a través de una red 102. La red 102 puede ser Internet, una intranet o cualquier otra red cableada, inalámbrica u óptica. Una conexión 110 transporta las señales de capa física desde la red hasta el punto de acceso 104. Los dispositivos o los procesos pueden estar conectados a la red 102 o como UT (o través de conexiones con los mismos) en la WLAN 120. Ejemplos de dispositivos que pueden conectarse a la red 102 o la WLAN 120 incluyen teléfonos, asistentes digitales personales (PDA), ordenadores de varios tipos (ordenadores portátiles, ordenadores personales, estaciones de trabajo, terminales de cualquier tipo), dispositivos de vídeo tales como cámaras, videocámaras, webcams y casi cualquier otro tipo de dispositivo de datos. Los procesos pueden incluir comunicaciones de voz, vídeo, datos, etc. Varios flujos de datos pueden tener diversos requisitos de transmisión, los cuales pueden satisfacerse usando diversas técnicas de calidad de servicio (QoS).

El sistema 100 puede implantarse con un AP centralizado 104. Todos los UT 106 se comunican con el AP en una realización de ejemplo. En una realización alternativa puede implementarse una comunicación directa entre homólogos entre dos UT, modificando el sistema, como resultará evidente a los expertos en la técnica, cuyos ejemplos se ilustran posteriormente. El acceso puede ser gestionado por un AP, o ser un acceso *ad hoc* (es decir, basado en contienda), como se describe posteriormente.

En una realización, el AP 104 proporciona una adaptación Ethernet. En este caso, un enrutador IP puede implantarse además del AP para proporcionar conexión con la red 102 (no se muestran los detalles). Las tramas de Ethernet pueden transferirse entre el enrutador y los UT 106 a través de la subred WLAN (descrita posteriormente). La adaptación y conectividad de Ethernet son muy conocidas en la técnica.

En una realización alternativa, el AP 104 proporciona una adaptación IP. En este caso, el AP actúa como un enrutador de pasarela para el conjunto de UT conectados (no se muestran los detalles). En este caso, el AP 104 puede enrutar datagramas IP hacia y desde los UT 106. La adaptación y conectividad IP son muy conocidas en la técnica.

La Figura 2 ilustra una realización de ejemplo de un dispositivo de comunicaciones inalámbricas, el cual puede estar configurado como un punto de acceso 104 o un terminal de usuario 106. En la Figura 2 se muestra una configuración de punto de acceso 104. Un transceptor 210 recibe y transmite a través de una conexión 110 conforme a los requisitos de capa física de la red 102. Los datos hacia o desde dispositivos o aplicaciones conectados a la red 102 se suministran a un procesador MAC 220. Estos datos se denominan en este documento flujos 260. Los flujos pueden tener diferentes características y pueden requerir diferente procesamiento en función del tipo de aplicación asociada al flujo. Por ejemplo, el vídeo o la voz pueden caracterizarse como flujos de baja latencia (el vídeo tiene por lo general mayores requisitos de caudal de tráfico que la voz). Muchas aplicaciones de datos son menos sensibles a la latencia, pero pueden tener mayores requisitos de integridad de datos (es decir, la voz puede tolerar la pérdida de algunos paquetes, pero la transferencia de archivos no tolera por lo general la pérdida de paquetes).

El procesador MAC 220 recibe flujos 260 y los procesa para su transmisión en la capa física. El procesador MAC 220 también recibe datos de capa física y procesa los datos para formar paquetes para flujos salientes 260. El control interno y la señalización también se comunican entre el AP y los UT. Unidades de datos de protocolo MAC (PDU MAC), también denominadas unidades de datos de protocolo de capa física (PHY) (PPDU), o tramas (en la nomenclatura 802.11) se suministran hacia y se reciben desde un transceptor LAN inalámbrico 240 a través de una conexión 270. Posteriormente se describirán técnicas de ejemplo para la conversión de flujos y comandos en PDU MAC, y viceversa. Realizaciones alternativas pueden utilizar cualquier técnica de conversión. Puede devolverse información de retorno 280 correspondiente a los diversos ID MAC desde la capa física (PHY) 240 hasta el procesador MAC 220 con varios fines. La información de retorno 280 puede comprender cualquier información de capa física, incluyendo velocidades que pueden soportar los canales (incluyendo canales de multidifusión y de unidifusión), el formato de modulación y otros diversos parámetros.

En una realización de ejemplo, la capa de adaptación (ADAP) y la capa de control de enlace de datos (DLC) están implantadas en el procesador MAC 220. La capa física (PHY) está implantada en el transceptor LAN inalámbrico 240. Los expertos en la técnica reconocerán que la segmentación de las diversas funciones puede hacerse en cualquiera de varias configuraciones. El procesador MAC 220 puede llevar a cabo parte o todo el procesamiento de la capa física. Un transceptor LAN inalámbrico puede incluir un procesador para llevar a cabo un procesamiento MAC, o subpartes del mismo. Puede implantarse cualquier número de procesadores, hardware de propósito especial o una combinación de los mismos.

El procesador MAC 220 puede ser un microprocesador de propósito general, un procesador de señales digitales (DSP) o un procesador de propósito especial. El procesador MAC 220 puede estar conectado a hardware de

propósito especial para ayudar en varias tareas (no se muestran los detalles). Varias aplicaciones pueden ejecutarse en procesadores conectados externamente, tales como un ordenador conectado externamente o a través de una conexión de red, pueden ejecutarse en un procesador adicional de un punto de acceso 104 (no mostrado), o pueden ejecutarse en el propio procesador MAC 220. El procesador MAC 220 se muestra conectado a la memoria 255, que puede usarse para almacenar datos así como instrucciones para llevar a cabo los diversos procedimientos y procedimientos descritos en este documento. Los expertos en la técnica reconocerán que la memoria 255 puede comprender uno o más componentes de memoria de varios tipos, los cuales pueden estar incluidos totalmente o en parte en el procesador MAC 220.

Además de almacenar instrucciones y datos para llevar a cabo las funciones descritas en este documento, la memoria 255 también puede usarse para almacenar datos asociados a varias colas.

El transceptor LAN inalámbrico 240 puede ser cualquier tipo de transceptor. En una realización de ejemplo, el transceptor LAN inalámbrico 240 es un transceptor OFDM que puede hacerse funcionar con una interfaz MIMO o MISO. OFDM, MIMO y MISO son conocidos por los expertos en la técnica. Varios transceptores OFDM, MIMO y MISO de ejemplo se describen en la solicitud de patente estadounidense en tramitación junto con la presente con número de serie 10/650.295 titulada "*FREQUENCY-INDEPENDENT SPATIAL-PROCESSING FOR WIDEBAND MISO AND MIMO SYSTEMS*", presentada el 27 de agosto de 2003, transferida al cesionario de la presente invención. Realizaciones alternativas pueden incluir sistemas SIMO o SISO.

El transceptor LAN inalámbrico 240 se muestra conectado a antenas 250 A a N. En varias realizaciones puede soportarse cualquier número de antenas. Las antenas 250 pueden usarse para transmitir y recibir a través de la WLAN 120.

El transceptor LAN inalámbrico 240 puede comprender un procesador espacial conectado a cada una de las una o más antenas 250. El procesador espacial puede procesar de manera independiente los datos de transmisión de cada antena o procesar conjuntamente las señales recibidas en todas las antenas. Ejemplos del procesamiento independiente pueden basarse en estimaciones de canal, información de retorno del UT, inversión de canal u otras diversas técnicas conocidas en la técnica. El procesamiento se lleva a cabo usando cualquiera de una variedad de técnicas de procesamiento espacial. Diversos transceptores de este tipo pueden usar conformación de haz, orientación de haz, orientación propia u otras técnicas espaciales para aumentar el caudal de tráfico hacia y desde un terminal de usuario dado. En una realización de ejemplo, en la que se transmiten símbolos OFDM, el procesador espacial puede comprender procesadores subespaciales para procesar cada uno de los subcanales, o contenedores, OFDM.

En un sistema de ejemplo, el AP puede tener N antenas y un UT de ejemplo puede tener M antenas. Por tanto, hay M x N trayectorias entre las antenas del AP y el UT. En la técnica se conocen varias técnicas espaciales para mejorar el caudal de tráfico usando estas múltiples trayectorias. En un sistema de diversidad de transmisión de espacio-tiempo (STTD) (también denominado en este documento “diversidad”), los datos de transmisión se formatean, codifican y envían a través de todas las antenas como un único flujo de datos. Con M antenas de transmisión y N antenas de recepción pueden formarse MIN (M, N) canales independientes. La multiplexación espacial utiliza estas trayectorias independientes y puede transmitir datos diferentes en cada una de las trayectorias independientes para aumentar la velocidad de transmisión.

Se conocen varias técnicas para obtener o adaptarse a las características del canal entre el AP y un UT. Pueden transmitirse señales piloto únicas desde cada antena de transmisión. Las señales piloto se reciben en cada antena de recepción y se miden. Después, puede devolverse información de retorno sobre el estado de canal al dispositivo transmisor para su uso en la transmisión. Puede llevarse a cabo una descomposición propia de la matriz de canales medidos para determinar los modos propios de canal. Una técnica alternativa, para evitar la descomposición propia de la matriz de canales en el receptor, es usar orientación propia de la señal piloto y de los datos para simplificar el procesamiento espacial en el receptor.

Por tanto, dependiendo de las condiciones de canal actuales, pueden obtenerse diferentes velocidades de transferencia de datos para la transmisión a varios terminales de usuario a través del sistema. En particular, el enlace específico entre el AP y cada UT puede tener un mejor rendimiento que un enlace de multidifusión o de radiodifusión que puede compartirse desde el AP hasta más de un UT. Ejemplos de esto se describen posteriormente en mayor detalle. El transceptor LAN inalámbrico 240 puede determinar la velocidad soportable en función del procesamiento espacial que esté usándose en el enlace físico entre el AP y el UT. Esta información puede devolverse a través de la conexión 280 para usarse en el procesamiento MAC.

El número de antenas puede implantarse dependiendo de las necesidades de datos del UT, así como del factor de tamaño y de forma. Por ejemplo, un dispositivo de visualización de vídeo de alta definición puede comprender, por ejemplo, cuatro antenas debido a sus altos requisitos de ancho de banda, mientras que un PDA puede necesitar dos. Un punto de acceso de ejemplo puede tener cuatro antenas.

Un terminal de usuario 106 puede implantarse de manera similar con respecto al punto de acceso 104 ilustrado en la Figura 2. En lugar de tener flujos 260 conectados a un transceptor LAN (aunque un UT puede incluir un transceptor

de este tipo, ya sea cableado o inalámbrico), los flujos 260 se reciben generalmente desde o se suministran a una o más aplicaciones o procesos que se ejecutan en el UT o en un dispositivo conectado al mismo. Los niveles superiores conectados al AP 104 o al UT 106 pueden ser de cualquier tipo. Las capas descritas en este documento son solamente ilustrativas.

MAC 802.11 heredado

Tal y como se ha mencionado anteriormente, varias realizaciones descritas en este documento pueden implantarse para que sean compatibles con sistemas heredados. El conjunto de características IEEE 802.11(e) (que es a su vez compatible con normas 802.11 anteriores), incluye varias características que se resumirán en esta sección junto con características introducidas en normas anteriores. Para una descripción detallada de estas funciones, consúltese la norma IEEE 802.11 respectiva.

El MAC 802.11 básico consiste en una función de coordinación distribuida (DCF) y una función de coordinación puntual (PCF) basadas en acceso múltiple por detección de portadora/evitación de colisiones (CSMA/CA). La DCF permite el acceso del medio sin control central. La PCF se implanta en un AP para proporcionar control central. La DCF y la PCF utilizan varios espacios intermedios entre transmisiones consecutivas para evitar colisiones. Las transmisiones se denominan tramas y un espacio intermedio entre tramas se denomina separación entre tramas (IFS). Las tramas pueden ser tramas de datos de usuario, tramas de control o tramas de gestión.

Las duraciones de tiempo de las separaciones entre tramas varían dependiendo del tipo de espacio intermedio insertado. La Figura 3 ilustra parámetros de separación entre tramas 802.11: una separación corta entre tramas (SIFS), una separación entre tramas de la función de coordinación puntual (PIFS) y una separación entre tramas de la función de coordinación distribuida (DIFS). Debe observarse que SIFS < PIFS < DIFS. Por tanto, una transmisión que sigue a una duración de tiempo más corta tendrá mayor prioridad que una que debe esperar más tiempo antes de intentar acceder al canal.

Según la característica de detección de portadora (CSMA) de CSMA/CA, una estación (STA) puede obtener acceso al canal después de detectar que el canal ha estado inactivo durante al menos una duración DIFS. (Tal y como se usa en este documento, el término STA puede referirse a cualquier estación que acceda a una WLAN, y puede incluir puntos de acceso así como terminales de usuario). Para evitar colisiones, cada STA permanece en espera durante un periodo de inactividad seleccionado de manera aleatoria además de un DIFS antes de acceder al canal. Las STA con un periodo de inactividad más largo sabrán cuándo una STA de mayor prioridad empieza a transmitir en el canal, evitándose por tanto colisiones con esa STA. (Cada STA que permanece en espera puede reducir su periodo de inactividad respectivo en la cantidad de tiempo que esperó antes de detectar una transmisión alternativa en el canal, manteniendo así su prioridad relativa). Por tanto, después de la característica de evitación de colisiones (CA) del protocolo, la STA permanece inactiva durante un periodo de tiempo aleatorio entre [0, CW], donde CW se elige inicialmente para que sea CWmin, pero aumenta en un factor de dos en cada colisión hasta un valor máximo CWmax.

La Figura 4 ilustra un segmento de transmisión de capa física (PHY) 400 de ejemplo, que ilustra el uso de DIFS más un periodo de inactividad para el acceso según la DCF. Una transmisión existente 410 utiliza el canal. Cuando la transmisión 410 finaliza, en este ejemplo, no se producen accesos de mayor prioridad y, por tanto, se inicia una nueva transmisión 420 después de la DIFS y el periodo de inactividad asociado. En el siguiente análisis, se dice que la STA que lleva a cabo la transmisión 420 ha ganado esta oportunidad de transmitir, en este caso mediante contienda.

La SIPS se usa durante una secuencia de tramas en la que solo se espera que una STA específica responda a la transmisión actual. Por ejemplo, cuando una confirmación de recepción (ACK) se transmite en respuesta a una trama de datos recibida, esa ACK puede transmitirse inmediatamente después de los datos recibidos más SIFS. Otras secuencias de transmisión también pueden usar SIFS entre tramas. Una trama Petición de Envío (RTS) puede ir seguida, después de una SIFS, por una trama Libre para Envío (CTS), transmitiéndose datos posteriormente, una SFIS después de la CTS, tras lo cual una ACK puede seguir a los datos después de la SIFS. Como puede observarse, tales secuencias de tramas están todas intercaladas con SIFS. La duración SIFS puede usarse para (a) la detección de energía en el canal y determinar si se ha agotado la energía (es decir, el canal queda libre), (b) el momento de descodificar el mensaje anterior y determinar si una trama ACK indicará que la transmisión se recibió correctamente, y (c) el momento en que los transceptores de la STA pasan de la recepción a la transmisión, y viceversa.

La Figura 5 ilustra un segmento de transmisión de capa física (PHY) 500 de ejemplo, que ilustra el uso de SIFS antes de una ACK, con mayor prioridad que un acceso DIFS. Una transmisión existente 510 utiliza el canal. Cuando la transmisión 510 finaliza, en este ejemplo, la ACK 520 se envía al finalizar la transmisión 510 después de una SFIS. Debe observarse que la ACK 520 comienza antes de que expire una DIFS, por lo que cualquier otra STA que trate de realizar una transmisión no tendrá éxito. En este ejemplo, después de que finalice la ACK 520 no se producen accesos de mayor prioridad, por lo que se inicia una nueva transmisión 530 después de la DIFS y el periodo de inactividad asociado, si lo hubiera.

La secuencia de tramas RTS/CTS (además de proporcionar características de control de flujo) puede usarse para mejorar la protección de la transmisión de tramas de datos. La RTS y la CTS incluyen información de duración para la trama de datos y la ACK subsiguientes y cualquier SIFS que intervenga. Las STA que detectan la RTS o la CTS delimitan la duración ocupada en su vector de asignaciones de red (NAV) y consideran que el medio está ocupado durante ese tiempo. Normalmente, tramas más largas que una longitud específica están protegidas con RTS/CTS, mientras que tramas más cortas se transmiten sin protección.

La PCF puede usarse para permitir que un AP proporcione un control centralizado del canal. Un AP puede obtener el control del medio después de detectar que el medio ha estado inactivo durante una duración PIFS. La PIFS es más corta que la DIFS y, por tanto, tiene mayor prioridad que la DIPS. Una vez que el AP ha accedido al canal, puede proporcionar oportunidades de acceso sin contienda a otras STA y, por tanto, mejorar la eficacia del MAC en comparación con la DCF. Debe observarse que la SIFS tiene mayor prioridad que la PIFS, de modo que la PCF debe esperar a que finalice cualquier secuencia SIFS antes de tomar el control del canal.

Una vez que el AP obtiene acceso al medio usando la PIFS puede establecer un periodo sin contienda (CFP) durante el cual el AP puede proporcionar acceso sondeado a STA asociadas. El sondeo sin contienda (sondeo CF), o simplemente sondeo, se transmite por el AP y va seguido por una transmisión desde la STA sondeada hasta el AP. De nuevo, la STA debe permanecer en espera durante una duración SIFS después del sondeo CF, aunque la STA sondeada no necesita permanecer en espera durante una DIFS o cualquier periodo de inactividad. La norma 802.11(e) introdujo varias mejoras, incluyendo mejoras en el sondeo, donde un ejemplo se describe posteriormente en mayor detalle con respecto a la Figura 9.

La baliza transmitida por el AP establece la duración del CFP. Esto es similar a usar RTS o CTS para impedir el acceso mediante contienda. Sin embargo, aún pueden producirse problemas ocultos de terminal en terminales que no pueden detectar la baliza, pero cuyas transmisiones pueden interferir en las transmisiones planificadas por el AP. Una protección adicional es posible mediante el uso de una CTS a uno mismo (*CTS-to-self*) en cada terminal que inicie una transmisión en el CFP.

Se permite la introducción de ACK y sondeos CF en una trama y pueden incluirse con tramas de datos para mejorar la eficacia del MAC. Debe observarse que la relación SIFS < PIFS < DIFS proporciona un mecanismo de prioridad determinista para el acceso al canal. El acceso mediante contienda entre las STA en la DCF es probabilístico en función del mecanismo de *back-off*.

Las primeras normas 802.11 también proporcionaron la segmentación de grandes paquetes en fragmentos más pequeños. Un beneficio de tal segmentación es que un error en un segmento requiere menos retransmisión que un error en un paquete más grande. Una desventaja de la segmentación en estas normas es, en lo que respecta a la confirmación de la transmisión, el requisito de transmitir una ACK para cada segmento, con la SIFS adicional correspondiente a las transmisiones de ACK adicionales y las transmisiones de fragmentos. Esto se ilustra en la Figura 6. El segmento de transmisión de capa física (PHY) 600 de ejemplo ilustra la transmisión de N segmentos y su confirmación de recepción respectiva. Una transmisión existente 610 está transmitiéndose. Al final de la transmisión 610, una primera STA permanece en espera durante la DIPS 620 y el periodo de inactividad 630 para acceder al canal. La primera STA transmite N fragmentos 640A a 640N a una segunda STA, tras lo cual deben producirse N retardos respectivos de SIFS 650A a 650N. La segunda STA transmite N tramas ACK 660A a 660N. Entre cada fragmento, la primera STA debe permanecer en espera durante una SIFS, de manera que también hay N-1 SIFS 670A a 670N-1. Por tanto, a diferencia de enviar un paquete, una ACK y una SIFS, un paquete segmentado requiere el mismo tiempo de transmisión de paquete, con N ACK y 2N-1 SIFS.

La norma 802.11(e) añade mejoras en el MAC anterior con respecto a las normas 802.11 (a), (b) y (g). Las normas 802.11 (g) y (a) son sistemas OFDM, los cuales son muy similares, pero funcionan en bandas diferentes. Varias características de protocolos MAC de menor velocidad, tales como 802.11 (b), se implementaron en sistemas con velocidades binarias mucho mayores, introduciendo ineficiencias, lo que se describe posteriormente en mayor detalle.

En la norma 802.11(e), la DCF se mejora y se denomina acceso a canal distribuido mejorado (EDCA). Las mejoras en la calidad de servicio (QoS) primaria del EDCA son la introducción de una separación arbitraria entre tramas (AIFS). Una AIFS[i] está asociada a una clase de tráfico (TC) identificada con un índice i. El AP puede usar valores AIFS[i] diferentes de los valores AIFS[i] que otras STA pueden usar. Solamente el AP puede usar un valor AIFS[i] que sea igual a la PIFS. En caso contrario, la AIFS[i] es mayor o igual que la DIFS. Por defecto, la AIFS para las clases de tráfico de “voz” y “vídeo” se elige para que sea igual a la DIPS. Una AIFS más grande que implica una menor prioridad se elige para clases de tráfico de “mayor esfuerzo” y de “segundo plano”.

El tamaño de la ventana de contienda también se determina en función de la TC. La clase con la prioridad más alta puede fijar CW = 1, es decir, sin tiempos de espera. Para otras TC, los diferentes tamaños de la ventana de contienda proporcionan una prioridad relativa probabilística, pero no pueden usarse para obtener garantías de retardo.

La norma 802.11(e) introdujo la oportunidad de transmisión (TXOP). Para mejorar la eficacia del MAC, cuando una

STA adquiere el medio a través de EDCA o a través de un acceso sondeado en HCCA, la STA puede transmitir más de una sola trama. La una o más tramas se denominan TXOP. La longitud máxima de una TXOP en el medio depende de la clase de tráfico y es establecido por el AP. Además, en el caso de una TXOP sondeada, el AP indica la duración permitida de la TXOP. Durante la TXOP, la STA puede transmitir una serie de tramas, intercaladas con SIFS y ACK del destino. Además de suprimir la necesidad de permanecer en espera durante una DIFS más un periodo de inactividad para cada trama, la STA que ha obtenido una TXOP tiene la seguridad de que puede conservar el canal en transmisiones subsiguientes.

Durante la TXOP, las ACK del destino puede ser por cada trama (como en los primeros MAC 802.11), o puede usar una ACK de bloque inmediata o retardada, como se describe posteriormente. Además, no se permiten políticas de ACK para determinados flujos de tráfico, por ejemplo, radiodifusión o multidifusión.

La Figura 7 ilustra un segmento de transmisión de capa física (PHY) 700 de ejemplo que ilustra una TXOP con confirmación de recepción por trama. Una transmisión existente 710 está transmitiéndose. Después de la transmisión 710 y después de permanecer en espera durante una DIFS 720 y un periodo de inactividad 730, si lo hubiera, una STA obtiene una TXOP 790. La TXOP 790 comprende N tramas 740A a 740N, cada trama seguida de N SIFS 750A a 750N respectivas. La STA receptora responde con N ACK 760A a 760N respectivas. Las ACK 760 van seguidas de N-1 SIFS 770A a 770N-1. Debe observarse que cada trama 740 comprende un preámbulo 770 así como una cabecera y un paquete 780. Realizaciones de ejemplo, descritas posteriormente, permiten reducir en gran medida la cantidad de tiempo de transmisión reservado a los preámbulos.

La Figura 8 ilustra una TXOP 810 con una confirmación de recepción de bloque. La TXOP 810 puede obtenerse mediante contienda o sondeo. La TXOP 810 comprende N tramas 820A a 820N, donde cada trama va seguida de N SIFS 830A a 830N respectivas. Después de la transmisión de las tramas 820 y de la SIFS 830, se transmite una solicitud de ACK de bloque 840. La STA receptora responde a la solicitud de ACK de bloque en un momento posterior. La ACK de bloque puede seguir inmediatamente a la finalización de la transmisión de un bloque de tramas, o puede retardarse para permitir un procesamiento de receptor en software.

Realizaciones de ejemplo, descritas posteriormente, permiten reducir en gran medida la cantidad de tiempo de transmisión entre tramas (SIFS en este ejemplo). En algunas realizaciones, no hay necesidad de retardo entre transmisiones consecutivas (es decir, tramas).

Debe observarse que, en la norma 802.11(a) y otras normas, para determinados formatos de transmisión, se define una extensión de señal que añade retardo adicional al final de cada trama. Aunque no se incluyen técnicamente en la definición de SIFS, varias realizaciones, descritas posteriormente, también permiten la eliminación de las extensiones de señal.

La característica de ACK de bloque proporciona una mayor eficacia. En un ejemplo, una STA puede transmitir hasta 64 unidades de datos de servicio (SDU) MAC (cada una posiblemente fragmentada en 16 fragmentos) correspondientes a 1024 tramas, mientras que la STA de destino puede proporcionar una única respuesta al final del bloque de tramas que indica el estado ACK de cada una de las 1024 tramas. Normalmente, a altas velocidades, la SDU MAC no se fragmentará y, para bajas latencias, pueden transmitirse menos de 64 SDU MAC antes de adquirir una ACK de bloque del destino. En este caso, para transmitir M tramas, el tiempo total se reduce de M tramas + M SIFS + M ACK + M-1 SIFS, a M tramas + M SIFS + ACK de bloque. Realizaciones descritas posteriormente mejorar aún más la eficacia de la ACK de bloque.

El protocolo de enlace directo (DLP), introducido por la norma 802.11(e), permite a una STA reenviar tramas directamente a otra STA destino de un conjunto de servicios básicos (BSS) (controlado por el mismo AP). El AP puede habilitar una TXOP sondeada para esta transferencia directa de tramas entre las STA. Antes de la introducción de esta característica, durante un acceso sondeado, el destino de las tramas de la STA sondeada siempre era el AP, el cual reenvía a su vez las tramas a la STA destino. Eliminando el reenvío de tramas de dos saltos, se mejora la eficacia del medio. Realizaciones descritas posteriormente en mayor detalle añaden una eficacia sustancial en las transferencias DLP.

La norma 802.11(e) introduce además una PCF mejorada, llamada función de coordinación híbrida (HCF). En el acceso a canal controlado HCF (HCCA), el AP puede acceder al canal en cualquier momento para establecer una fase de acceso controlado (CAP), que es como el CFP y se utiliza para proporcionar oportunidades de transmisión en cualquier momento durante la fase de contienda, no solo justo después de la baliza. El AP accede al medio permaneciendo en espera durante una PIFS sin periodo de inactividad.

La Figura 9 ilustra un segmento de transmisión de capa física (PHY) 900 de ejemplo, que ilustra una TXOP sondeada usando HCCA. En este ejemplo, el AP compite por el sondeo. Una transmisión existente 910 está transmitiéndose. Después de la transmisión 910, el AP permanece en espera durante una PIFS y después transmite el sondeo 920, dirigido a una STA. Debe observarse que otras STA que compiten por el canal tienen que permanecer en espera durante al menos una DIFS, la cual no se produce debido al sondeo transmitido 920, como se muestra. La STA sondeada transmite la TXOP sondeada 940 después del sondeo 920 y la SIFS 930. El AP puede continuar con el sondeo, permanecer en espera durante una PIFS entre cada TXOP sondeada 940 y el

sondeo 920. En un escenario alternativo, el AP puede establecer una CAP permaneciendo en espera durante una PIFS de una transmisión 910. El AP puede transmitir uno o más sondeos durante la CAP.

Mejoras en el MAC

Tal y como se ha descrito anteriormente, varias características ineficaces de los MAC anteriores se introdujeron en versiones posteriores. Por ejemplo, preámbulos muy largos, diseñados para 11 Mbps vs. 64 Mbps, son ineficaces. A medida que la unidad de datos de protocolo MAC (MPDU) sigue reduciendo su tamaño a medida que aumentan las velocidades, mantener constante las diversas separaciones entre tramas y/o los preámbulos da lugar a una correspondiente reducción en la utilización del canal. Por ejemplo, una transmisión de MPDU MIMO de alta velocidad de transferencia de datos puede tener una longitud de algunos microsegundos, en comparación con la norma 802.11 (g), que tiene un preámbulo de 72 μs. Eliminar o reducir los retardos, tales como las SIFS, las extensiones de señal y/o los preámbulos aumentará el caudal de tráfico y la utilización del canal.

La Figura 10 es una realización de ejemplo de una TXOP 1010 que incluye múltiples transmisiones consecutivas sin ningún espacio intermedio. La TXOP 1010 comprende N tramas 1020A a 1020N que se transmiten secuencialmente sin ningún espacio intermedio (compárese esto con la SIFS requerida en la TXOP 810, ilustrada en la Figura 8). El número de tramas en la TXOP está limitado solamente por la memoria intermedia y la capacidad de descodificación del receptor. Cuando una STA está transmitiendo tramas consecutivas con una ACK de bloque en una TXOP 1010, no es necesario intercalar duraciones SIFS ya que ninguna otra STA necesita obtener acceso al medio entre tramas consecutivas. Una solicitud de ACK de bloque opcional 1030 se añade a las N tramas. Determinadas clases de tráfico pueden no necesitar confirmación de recepción. Puede responderse a una solicitud de ACK de bloque justo después de la TXOP o puede transmitirse en un momento posterior. Las tramas 1020 no requieren extensiones de señal. La TXOP 1010 puede implantarse en cualquiera de las realizaciones descritas en este documento en las que se requiera una TXOP.

Tal y como se muestra en la Figura 10, la transmisión de SFIS entre tramas consecutivas en una TXOP, cuando todas las tramas se transmiten por la misma STA, puede eliminarse. En la norma 802.11(e), tales espacios intermedios se mantuvieron para limitar el requisito de complejidad en el receptor. En la norma 802.11(e), el periodo SIFS de 10 μs y la extensión de señal OFDM de 6 μs proporcionan al receptor un total de 16 μs para procesar la trama recibida (incluyendo desmodulación y descodificación). Sin embargo, a grandes velocidades PHY, estos 16 μs dan como resultado una gran ineficiencia. En algunas realizaciones, con la introducción del procesamiento MIMO, incluso los 16 μs pueden ser insuficientes para completar el procesamiento. En cambio, en esta realización de ejemplo, la SIFS y la extensión de señal OFDM entre transmisiones consecutivas desde una STA hasta el AP o hasta otra STA (usando el protocolo de enlace directo) se eliminan. Por tanto, un receptor que requiere un periodo adicional después de la finalización de la transmisión, para el procesamiento de receptor MIMO y la descodificación de canal (por ejemplo, descodificación turbo/convolucional/LDPC) puede llevar a cabo esas funciones cuando el medio está siendo utilizado para una transmisión adicional. Una confirmación de recepción puede transmitirse en un momento posterior, como se ha descrito anteriormente (usando una ACK de bloque, por ejemplo).

Debido a los diferentes retardos de propagación entre las STA, las transmisiones entre diferentes pares de STA pueden estar separadas por periodos de protección para evitar colisiones en un receptor entre transmisiones consecutivas en el medio desde diferentes STA (lo que no se muestra en la Figura 10 pero se describirá posteriormente en mayor detalle). En una realización de ejemplo, un periodo de protección de un símbolo OFDM (4 μs) es suficiente para todos los entornos operativos de la norma 802.11. Las transmisiones desde la misma STA hasta diferentes STA destino no necesitan estar separadas por periodos de protección (como se muestra en la Figura 10). Estos periodos de protección, descritos posteriormente en mayor detalle, pueden denominarse separaciones entre tramas mediante bandas de protección (GIFS).

En lugar de usar SIFS y/u una extensión de señal, el tiempo de procesamiento requerido del receptor (para el procesamiento MIMO y la descodificación, por ejemplo) puede proporcionarse usando un esquema ARQ basado en ventana (por ejemplo, almacenamiento de N bloques o repetición selectiva), técnicas conocidas por los expertos en la técnica. La ACK de capa MAC de finalización y espera de la norma 802.11 heredada se ha mejorado en la norma 802.11(e) creando un mecanismo a modo de ventana con un máximo de 1024 tramas y ACK de bloque, en este ejemplo. Puede ser preferible introducir un mecanismo ARQ estándar basado en ventanas en lugar del esquema ACK de bloque *ad hoc* diseñado en la norma 802.11(e).

La máxima ventana permitida puede determinarse mediante la complejidad de procesamiento y el almacenamiento intermedio del receptor. El transmisor puede transmitir suficiente información como para llenar la ventana del receptor a la máxima velocidad PHY que puede conseguirse entre el par transmisor-receptor. Por ejemplo, puesto que el procesamiento del receptor puede no ir al mismo ritmo que la velocidad PHY, el receptor puede necesitar almacenar salidas de desmodulador programables hasta que puedan descodificarse. Por lo tanto, los requisitos de almacenamiento intermedio para el procesamiento de capa física a la máxima velocidad PHY pueden usarse para determinar la máxima ventana permitida.

En una realización de ejemplo, el receptor puede difundir el tamaño máximo permitido de bloque PHY que puede procesar a una velocidad PHY dada sin desbordar sus memorias intermedias de capa física. Como alternativa, el

receptor puede difundir el tamaño máximo permitido de bloque PHY que puede procesar a la máxima velocidad PHY sin desbordar sus memorias intermedias de capa física. A velocidades PHY más bajas pueden procesarse tamaños de bloque más grandes sin desbordar las memorias intermedias. Los transmisores pueden usar una fórmula conocida para calcular el tamaño máximo permitido de bloque PHY para una velocidad PHY dada a partir del tamaño máximo permitido difundido de bloque PHY a la máxima velocidad PHY.

Si el tamaño máximo difundido de bloque PHY es un parámetro estático, entonces la cantidad de tiempo antes de poder procesar las memorias intermedias de capa física y de que el receptor esté listo para la siguiente ráfaga PHY es otro parámetro de receptor que puede conocerse en el transmisor y también en el planificador. Como alternativa, el tamaño máximo difundido de bloque PHY puede variar dinámicamente según la ocupación de las memorias intermedias de capa física.

El retardo de procesamiento de receptor puede usarse para determinar el retardo de ida y vuelta para la ARQ, que a su vez puede usarse para determinar los retardos observados por las aplicaciones. Por lo tanto, para permitir servicios de baja latencia, puede limitarse el tamaño permitido de bloque PHY.

La Figura 11 ilustra una realización de ejemplo de una TXOP 1110 que ilustra la reducción de la cantidad de transmisión de preámbulo requerida. La TXOP 1110 comprende un preámbulo 1120 seguido de N transmisiones consecutivas 1130A a 1130N. Puede añadirse una solicitud opcional de ACK de bloque 1140. En este ejemplo, una transmisión 1130 comprende una cabecera y un paquete. Compárese la TXOP 1110 con la TXOP 790 de la Figura 7, en la que cada trama 740 comprende un preámbulo, además de la cabecera y el paquete. Al enviar un único preámbulo, la transmisión de preámbulo requerida es un preámbulo en lugar de N preámbulos para la misma cantidad de datos transmitidos.

Por tanto, el preámbulo 1120 puede eliminarse en transmisiones sucesivas. El preámbulo inicial 1120 puede usarse por el receptor para adquirir la señal, así como para la adquisición precisa de frecuencia para OFDM. En transmisiones MIMO, el preámbulo inicial 1120 puede ampliarse en comparación con el preámbulo OFDM actual para permitir que el receptor estime los canales espaciales. Sin embargo, tramas subsiguientes en la misma TXOP pueden no requerir preámbulos adicionales. Los tonos piloto de los símbolos OFDM son suficientes, por lo general, para llevar a cabo un seguimiento de la señal. En una realización alternativa, símbolos adicionales (a modo de preámbulo) pueden intercalarse periódicamente durante la TXOP 1110. Sin embargo, la información de control global de preámbulo puede reducirse significativamente. El preámbulo puede enviarse solamente según sea necesario, y puede enviarse de diferente manera en función de la cantidad de tiempo transcurrido desde un preámbulo transmitido anteriormente.

Debe observarse que la TXOP 1110 puede incorporar además características de sistemas heredados. Por ejemplo, la ACK de bloque es opcional. Pueden soportarse ACK más frecuentes. Aun así, un espacio intermedio más pequeño, tal como una GIFS, puede sustituirse por una SIFS más grande (más extensión de señal, si se utiliza). Las transmisiones consecutivas 1130 también pueden incluir segmentos de un paquete más grande, como se ha descrito anteriormente. Debe observarse además que la cabecera de transmisiones consecutivas 1130 para la misma STA receptora puede comprimirse. Un ejemplo de compresión de cabeceras se describirá posteriormente en mayor detalle.

La Figura 12 ilustra una realización de ejemplo de un procedimiento 1200 que incorpora varios aspectos que acaban de describirse, incluyendo la consolidación de preámbulos, la eliminación de espacios intermedios tales como SIFS y la inserción de GIFS, según sea apropiado. El proceso comienza en el bloque 1210, en el que una STA obtiene una TXOP usando cualquiera de las técnicas descritas en este documento. En el bloque 1220 se transmite un preámbulo, según sea necesario. De nuevo, el preámbulo puede ser más largo o más corto que un preámbulo heredado y puede variar dependiendo de varios parámetros tales como el tiempo transcurrido desde el último preámbulo transmitido, según sea necesario, para permitir que la STA receptora estime el canal espacial MIMO. En el bloque 1230, la STA transmite uno o más paquetes (o, más en general, transmisiones consecutivas de cualquier tipo), a un destino. Debe observarse que no es necesario transmitir preámbulos adicionales. En una realización alternativa, uno o más preámbulos adicionales pueden transmitirse opcionalmente, o un símbolo a modo de preámbulo puede intercalarse, según se desee. En el bloque 1240, la STA puede transmitir opcionalmente a una STA receptora adicional. En este caso se inserta una GIFS según sea necesario, y una o más transmisiones consecutivas pueden transmitirse a la STA receptora adicional. Después, el proceso puede finalizar. En varias realizaciones, la STA puede seguir transmitiendo a más de dos STA, insertar GIFS y/o preámbulos según sea necesario para el nivel de rendimiento deseado.

Por tanto, como se ha descrito anteriormente, la eficacia del MAC puede mejorarse adicionalmente consolidando las transmisiones desde una STA hasta múltiples STA destino en transmisiones consecutivas, eliminándose de ese modo muchos o todos los periodos de protección y reduciéndose la sobrecarga de preámbulos. Un único preámbulo (o transmisión de señal piloto) puede usarse en múltiples transmisiones consecutivas desde la misma STA hasta diferentes STA destino.

Puede lograrse una eficacia adicional a través de la consolidación de sondeos. En una realización de ejemplo, varios sondeos pueden consolidarse en un canal de control, cuyos ejemplos se describen a continuación. En un ejemplo, el

AP puede transmitir a múltiples STA destino una señal que incluye mensajes de sondeo para asignar TXOP. Por el contrario, en la norma 802.11 (e), cada TXOP va precedida por un sondeo CF procedente del AP seguida de una SIFS. Se produce una eficacia mejorada cuando varios de estos mensajes de sondeo CF se consolidan en un único mensaje de canal de control (denominado mensaje SCHED en una realización de ejemplo, descrita posteriormente) usado para asignar varias TXOP. En una realización general, cualquier periodo de tiempo puede asignarse para sondeos consolidados y sus TXOP respectivas. A continuación se describe una realización de ejemplo con respecto a la Figura 15, y ejemplos adicionales también se incluyen en este documento.

Un mensaje de canal de control (es decir, SCHED), puede codificarse con una estructura de velocidad por niveles para mejorar adicionalmente la eficacia. Por consiguiente, un mensaje de sondeo a cualquier STA puede codificarse según la calidad de canal entre el AP y la STA. No es necesario que el orden de transmisión de los mensajes de sondeo sea el orden de las TXOP asignadas, sino que pueden ordenarse según la robustez de la codificación.

La Figura 13 muestra un segmento de transmisión de capa física (PHY) 1300 de ejemplo, que ilustra sondeos consolidados y sus TXOP respectivas. Se están transmitiendo sondeos consolidados 1310. Los sondeos pueden transmitirse usando una estructura de canal de control, cuyos ejemplos se describen en este documento, o pueden transmitirse usando varias técnicas alternativas, las cuales resultarán evidentes a los expertos en la técnica. En este ejemplo, para eliminar la necesidad de una separación entre tramas entre los sondeos y cualquier TXOP de enlace directo, las TXOP de enlace directo 1320 se transmiten directamente después de los sondeos consolidados 1310. Después de las TXOP de enlace directo 1320 se transmiten varias TXOP de enlace inverso 1330A a 1330N, con GIFS 1340 insertadas según sea apropiado. Debe observarse que no es necesario incluir GIFS cuando se llevan a cabo transmisiones secuenciales desde una STA (similar a la ausencia de requisitos de GIFS en transmisiones de enlace directo que se establecen desde el AP hasta varias STA). En este ejemplo, las TXOP de enlace inverso incluyen TXOP (usando DLP, por ejemplo) de STA a STA (es decir, de igual a igual). Debe observarse que el orden de transmisión mostrado es simplemente ilustrativo. TXOP de enlace directo y de enlace inverso (incluyendo transmisiones de igual a igual) pueden intercambiarse o intercalarse. Algunas configuraciones pueden no dar como resultado la eliminación de tantos espacios intermedios como otras configuraciones. Los expertos en la técnica adaptarán fácilmente varias realizaciones alternativas en vista de las enseñanzas de este documento.

La Figura 14 ilustra una realización de ejemplo de un procedimiento 1400 para consolidar sondeos. El proceso comienza en el bloque 1410, donde recursos de canal se asignan en una o más TXOP. Puede implantarse cualquier función de planificación para hacer la determinación de asignación de TXOP. En el bloque 1420 se consolidan sondeos para asignar TXOP según el reparto. En el bloque 1430, los sondeos consolidados se transmiten a una o más STA en uno o más canales de control (es decir, los segmentos CTRLJ del mensaje SCHED, en una realización de ejemplo descrita posteriormente). En una realización alternativa puede implantarse cualquier técnica de mensajería para transmitir los sondeos consolidados. En el bloque 1440, las STA transmiten TXOP según las asignaciones sondeadas en los sondeos consolidados. Después, el proceso puede finalizar. Este procedimiento puede implantarse junto con intervalos de sondeos consolidados de cualquier longitud, que pueden comprender todo o parte del intervalo de baliza del sistema. El sondeo consolidado puede usarse de manera intermitente con acceso basado en contienda, o sondeo heredado, como se ha descrito anteriormente. En una realización de ejemplo, el procedimiento 1400 puede repetirse periódicamente o según otros parámetros, tales como la carga del sistema o la demanda de transmisión de datos.

Una realización de ejemplo de un protocolo MAC que ilustra varios aspectos se describe con respecto a las Figuras 15 y 16. Este protocolo MAC se describe en detalle en las solicitudes de patente estadounidenses en tramitación junto con la presente con números de serie XX/XXX.XXX, XX/XXX.XXX y XX/XXX.XXX (números de expediente del apoderado 030428, 030433, 030436) tituladas "*WIRELESS LAN PROTOCOL STACK*", presentadas junto con la presente, transferidas al cesionario de la presente invención.

En la Figura 15 se ilustra un intervalo de trama MAC TDD 1500 de ejemplo. El uso del término intervalo de trama MAC TDD en este contexto se refiere al periodo de tiempo en el que están definidos los diversos segmentos de transmisión descritos posteriormente. El intervalo de trama MAC TDD 1500 se diferencia del uso genérico del término trama para describir una transmisión en un sistema 802.11. En términos de la norma 802.11, el intervalo de trama MAC TDD 1500 puede ser análogo al intervalo de baliza o a una fracción del intervalo de baliza. Los parámetros descritos con respecto a las Figuras 15 y 16 son simplemente ilustrativos. Un experto en la técnica adaptará fácilmente este ejemplo a varias realizaciones alternativas usando algunos o todos los componentes descritos y con varios valores de parámetro. Una función MAC 1500 se asigna entre los siguientes segmentos de canal de transporte: radiodifusión, control, tráfico directo e inverso (denominado fase de enlace descendente y fase de enlace ascendente, respectivamente) y acceso aleatorio.

En la realización de ejemplo, un intervalo de trama MAC TDD 1500 se duplexa por división de tiempo (TDD) en un intervalo de tiempo de 2 ms, dividido en cinco segmentos de canal de transporte 1510 a 1550, como se muestra. Órdenes alternativos y tamaños de trama diferentes pueden implantarse en realizaciones alternativas. Las duraciones de las asignaciones en el intervalo de trama MAC TDD 1500 pueden cuantificarse con respecto a algún pequeño intervalo de tiempo común.

Los cinco canales de transporte de ejemplo del intervalo de trama MAC TDD 1500 incluyen: (a) el canal de

radiodifusión (BCH) 1510, que transporta el canal de control de radiodifusión (BCCH); (b) el canal de control (CCH) 1520, que transporta el canal de control de trama (FCCH) y el canal de realimentación de acceso aleatorio (RFCH) en el enlace directo; (c) el canal de tráfico (TCH), que transporta datos de usuario e información de control y que está subdividido en (i) el canal de tráfico directo (F-TCH) 1530 en el enlace directo y (ii) el canal de tráfico inverso (R-TCH) 1540 en el enlace inverso; y (d) el canal de acceso aleatorio (RCH) 1550, que transporta el canal de solicitud de acceso (ARCH) (para solicitudes de acceso de UT). En el segmento 1510 también se transmite una baliza piloto.

La fase de enlace descendente de la trama 1500 comprende los segmentos 1510 a 1530. La fase de enlace ascendente comprende los segmentos 1540 y 1550. El segmento 1560 indica el inicio de un intervalo de trama MAC TDD posterior. Una realización alternativa que abarca transmisiones entre homólogos se ilustra posteriormente en detalle.

El AP transmite el canal de radiodifusión (BCH) y la baliza 1510. La primera parte del BCH 510 contiene información de control de capa física común, tal como señales piloto, incluyendo señales piloto de adquisición de frecuencia y temporización. En una realización de ejemplo, la baliza consiste en 2 símbolos OFDM cortos usados para la adquisición de temporización y frecuencia por parte de los UT, seguidos de 8 símbolos OFDM cortos de señales piloto MIMO comunes usadas por los UT para estimar el canal.

La segunda parte del BCH 1510 es la parte de datos. La parte de datos BCH define la asignación del intervalo de trama MAC TDD con respecto a los segmentos de canal de transporte: CCH 1520, F-TCH 1530, R-TCH 1540 y RCH 1550, y también define la composición del CCH con respecto a los subcanales. En este ejemplo, el BCH 1510 define la cobertura de la LAN inalámbrica 120 y, de este modo, se transmite en el modo de transmisión de datos más robusto disponible. La longitud de todo el BCH es fija. En una realización de ejemplo, el BCH define la cobertura de una WLAN MIMO y se transmite en el modo de diversidad de transmisión de espacio-tiempo (STTD) usando modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK) codificada a 1/4 de velocidad. En este ejemplo, la longitud del BCH está fijada a 10 símbolos OFDM cortos. Otras técnicas de señalización pueden implantarse en realizaciones alternativas.

El canal de control (CCH) 1520, transmitido por el AP, define la composición del resto del intervalo de trama MAC TDD e ilustra el uso de sondeos consolidados. El CCH 1520 se transmite usando modos de transmisión altamente robustos en múltiples subcanales, cada subcanal con una velocidad de transferencia de datos diferente. El primer subcanal es el más robusto y se espera a que pueda ser descodificado por todos los UT. En una realización de ejemplo, se usa BPSK codificada a 1/4 de velocidad para el primer subcanal CCH. Otros subcanales de menor robustez (y mayor eficacia) también están disponibles. En una realización de ejemplo se usa hasta un máximo de tres subcanales adicionales. Cada UT trata de descodificar todos los subcanales en orden hasta que falle una descodificación. El segmento de canal de transporte CCH en cada trama tiene una longitud variable, dependiendo la longitud del número de mensajes CCH en cada subcanal. Confirmaciones de recepción de ráfagas de acceso aleatorio de enlace inverso se transportan en el (primer) subcanal más robusto del CCH.

El CCH contiene asignaciones de ráfagas de capa física en los enlaces directo e inverso (de manera análoga a los sondeos consolidados para las TXOP). Las asignaciones pueden ser para la transferencia de datos en el enlace directo o en el enlace inverso. En general, una asignación de ráfaga de capa física comprende: (a) un ID MAC; (b) un valor que indica el momento de inicio de la asignación en la trama (en el F-TCH o el R-TCH); (c) la longitud de la asignación; (d) la longitud de la información de control de capa física dedicada; (e) el modo de transmisión; y (f) el esquema de codificación y modulación a usar para la ráfaga de capa física.

Otros tipos de asignaciones de ejemplo en el CCH incluyen: una asignación en el enlace inverso para la transmisión de una señal piloto dedicada desde un UT, o una asignación en el enlace inverso para la transmisión de información de estado de enlace y de memoria intermedia desde un UT. El CCH también puede definir partes de la trama que van a dejarse sin usar. Estas partes no usadas de la trama pueden usarse por los UT para hacer estimaciones de umbral mínimo de ruido (y de interferencias), así como medir balizas de sistemas vecinos.

El canal de acceso aleatorio (RCH) 1550 es un canal de enlace inverso en el que un UT puede transmitir una ráfaga de acceso aleatorio. La longitud variable del RCH se especifica para cada trama en el BCH.

El canal de tráfico directo (F-TCH) 1530 comprende una o más ráfagas de capa física transmitidas desde el AP 104. Cada ráfaga está dirigida a un ID MAC particular indicado en la asignación CCH. Cada ráfaga comprende información de control de capa física dedicada, tal como una señal piloto (si la hubiera) y una PDU MAC transmitida según el modo de transmisión y el esquema de codificación y modulación indicados en la asignación CCH. El F-TCH tiene longitud variable. En una realización de ejemplo, la información de control de capa física dedicada puede incluir una señal piloto MIMO dedicada. Una PDU MAC de ejemplo se describe con respecto a la Figura 16.

El canal de tráfico inverso (R-TCH) 1540 comprende transmisiones de ráfagas de capa física desde uno o más UT 106. Cada ráfaga se transmite por un UT particular indicado en la asignación CCH. Cada ráfaga puede comprender un preámbulo de señal piloto dedicada (si lo hubiera) y una PDU MAC transmitida según el modo de transmisión y el esquema de codificación y modulación indicados en la asignación CCH. El R-TCH tiene longitud variable.

En la realización de ejemplo, el F-TCH 530, el R-TCH 540, o ambos, pueden usar multiplexación espacial o técnicas de acceso múltiple por división de código para permitir la transmisión simultánea de PDU MAC asociadas a diferentes UT. Un campo que contiene el ID MAC con el que la PDU MAC está asociada (es decir, el emisor en el enlace ascendente o el destinatario previsto en el enlace descendente) puede estar incluido en la cabecera de la PDU MAC. Esto puede usarse para resolver cualquier ambigüedad de direccionamiento que pueda surgir cuando se use multiplexación espacial o CDMA. En realizaciones alternativas, cuando la multiplexación está basada estrictamente en técnicas de división de tiempo, el ID MAC no es necesario en la cabecera de la PDU MAC, ya que la información de direccionamiento está incluida en el mensaje CCH que asigna un periodo de tiempo dado del intervalo de trama MAC TDD a un ID MAC específico. Puede implantarse cualquier combinación de multiplexación espacial, multiplexación por división de código, multiplexación por división de tiempo y cualquier otra técnica conocida.

La Figura 16 ilustra la formación de una PDU MAC de ejemplo 1660 de un paquete 1610, que en este ejemplo puede ser un datagrama IP o un segmento Ethernet. En esta ilustración se describen ejemplos de tamaños y tipos de campos. Los expertos en la técnica reconocerán que otros diversos tamaños, tipos y configuraciones se contemplan dentro del alcance de la presente invención.

Tal y como se muestra, el paquete de datos 1610 está segmentado en una capa de adaptación. Cada PDU de subcapa de adaptación 1630 transporta uno de estos segmentos 1620. En este ejemplo, el paquete de datos 1610 está segmentado en N segmentos 1620A a N. Una PDU de subcapa de adaptación 1630 comprende datos útiles 1634 que contienen el segmento respectivo 1620. Un campo Tipo 1632 (un octeto en este ejemplo) se ha añadido a la PDU de subcapa de adaptación 1630.

Una cabecera de enlace lógico (LL) 1642 (4 octetos en este ejemplo) se ha añadido a los datos útiles 1644, que comprende la PDU de capa de adaptación 1630. Información de ejemplo para la cabecera LL 1642 incluye un identificador de flujo, información de control y números de secuencia. Una CRC 1646 se calcula con respecto a la cabecera 1642 y los datos útiles 1644, y se añade para formar una PDU de subcapa de enlace lógico (PDU LL) 1640. PDU de control de enlace lógico (LLC) y de control de enlace de radio (RLC) pueden formarse de manera similar. Las PDU LL 1640, así como las PDU LLC y las PDU RLC, se introducen en colas (por ejemplo, una cola de alta QoS, una cola de mejor esfuerzo o una cola de mensajes de control) para ser atendidas por una función MUX.

Una cabecera MUX 1652 se añade en cada PDU LL 1640. Una cabecera MUX 1652 de ejemplo puede comprender una longitud y un tipo (la cabecera 1652 tiene una longitud de dos octetos en este ejemplo). Una cabecera similar puede formarse para cada PDU de control (es decir, PDU LLC y RLC). La PDU LL 1640 (o PDU LLC o RLC) forma los datos útiles 1654. La cabecera 1652 y los datos útiles 1654 forman la PDU de subcapa MUX (MPDU) 1650 (las PDU de subcapa MUX también se denominan en este documento PDU MUX).

Recursos de comunicación en el medio compartido se asignan por el protocolo MAC en una serie de intervalos de trama MAC TDD, en este ejemplo. En realizaciones alternativas, cuyos ejemplos se describen posteriormente en detalle, estos tipos de intervalos de trama MAC TDD pueden intercalarse con otras funciones MAC, incluyendo funciones basadas en contienda o sondeadas, e incluyendo interacción con sistemas heredados usando otros tipos de protocolos de acceso. Tal y como se ha descrito anteriormente, un planificador puede determinar el tamaño de ráfagas de capa física asignadas a uno o más ID MAC en cada intervalo de trama MAC TDD (de manera análoga a las TXOP sondeadas consolidadas). Debe observarse que no a todos los ID MAC con datos a transmitir se les asignará necesariamente espacio en cualquier intervalo de trama MAC TDD particular. Cualquier esquema de control de acceso o de planificación puede implantarse dentro del alcance de la presente invención. Cuando se hace una asignación para un ID MAC, una función MUX respectiva para ese ID MAC formará una PDU MAC 1660, incluyendo una o más PDU MUX 1650 para su inclusión en el intervalo de trama MAC TDD. Una o más PDU MUX 1660, para uno o más ID MAC asignados, se incluirán en un intervalo de trama MAC TDD (es decir, el intervalo de trama MAC TDD 1500 descrito en la anterior Figura 15).

En una realización de ejemplo, un aspecto permite transmitir una MPDU parcial 1650, permitiendo un empaquetado eficaz en una PDU MAC 1660. En este ejemplo, los octetos no transmitidos de cualquier MPDU parcial 1650 sobrante de una transmisión anterior pueden incluirse e identificarse por una MPDU parcial 1664. Estos octetos 1664 se transmitirán delante de cualquier PDU nueva 1666 (es decir, las PDU LL o las PDU de control) en la trama actual. La cabecera 1662 (dos octetos en este ejemplo), incluye un puntero MUX, el cual apunta al inicio de la primera MPDU nueva (MPDU 1666A en este ejemplo) que va a transmitirse en la trama actual. La cabecera 1662 también puede incluir una dirección MAC.

La PDU MAC 1660 comprende el puntero MUX 1662, una posible PDU MUX parcial 1664 al principio (que sobró de una asignación anterior), seguida de cero o más PDU MUX completas 1666A a N, y una posible PDU MUX parcial 1668 (de la asignación actual) u otro relleno, para llenar la parte asignada de la ráfaga de capa física. La PDU MAC 1660 se transporta en la ráfaga de capa física asignada al ID MAC.

Por tanto, la PDU MAC 1660 de ejemplo ilustra una transmisión (o trama, en terminología 802.11), que puede transmitirse desde una STA a otra, incluyendo partes de datos de uno o más flujos dirigidos a esa STA destino. Se obtiene un empaquetado eficaz usando opcionalmente PUD MUX parciales. Cada PDU MAC puede transmitirse en

una TXOP (usando terminología 802.11), en un tiempo indicado en el sondeo consolidado incluido en el CCH.

La realización de ejemplo detallada en las Figuras 15 y 16 ilustra varios aspectos, incluyendo sondeos consolidados, transmisión de preámbulos reducidos y eliminación de espacios intermedios mediante la transmisión secuencial de ráfagas de capa física desde cada STA (incluyendo el AP). Estos aspectos pueden aplicarse a cualquier protocolo MAC, incluyendo sistemas 802.11. Posteriormente se describen en detalle realizaciones alternativas que ilustran otras técnicas para obtener eficacia en el MAC, que soportan transmisiones entre homólogos y que se integran en y/o actúan conjuntamente con protocolos o sistemas heredados existentes.

Tal y como se ha descrito anteriormente, varias realizaciones descritas en este documento pueden utilizar estimación de canal y control preciso de velocidad. Puede lograrse una mayor eficacia en el MAC minimizando transmisiones innecesarias en el medio, pero una información de retorno inadecuada sobre el control de velocidad puede reducir, en algunos casos, el caudal de tráfico global. Por tanto, pueden proporcionarse suficientes oportunidades para la estimación de canal y la información de retorno para maximizar la velocidad de transmisión en todos los modos MIMO, con el fin de impedir que se deteriore el caudal de tráfico debido a una estimación de canal inadecuada, lo que puede afectar a cualquier ganancia en la eficacia del MAC. Por lo tanto, como se ha descrito anteriormente y se describirá posteriormente en detalle, pueden diseñarse realizaciones MAC de ejemplo para proporcionar suficientes oportunidades de transmisión de preámbulos, así como oportunidades para que los receptores proporcionen al transmisor información de retorno sobre control de velocidad.

En un ejemplo, el AP intercala periódicamente señales piloto MIMO en sus transmisiones (al menos cada TP ms, donde TP puede ser un parámetro fijo o variable). Cada STA también puede iniciar su TXOP sondeada con una señal piloto MIMO que puede usarse por otras STA y el AP para estimar el canal. Para el caso de una transmisión al AP o a otra STA usando el protocolo de enlace directo (descrito posteriormente en detalle), la señal piloto MIMO puede ser una referencia orientada para ayudar a simplificar el procesamiento del receptor en la STA destino.

El AP también puede proporcionar oportunidades a la STA destino para proporcionar información de retorno sobre ACK. La STA destino también puede usar estas oportunidades de información de retorno para proporcionar a la STA transmisora información de retorno sobre control de velocidad para modos MIMO disponibles. Tal información de retorno sobre control de velocidad no está definida en los sistemas 802.11 heredados, incluyendo los 802.11 (e). La introducción de MIMO puede aumentar la cantidad total de información de control sobre velocidad (por modo MIMO). En algunos casos, para maximizar el beneficio de las mejoras en la eficacia del MAC, puede complementarse con información de retorno sobre control preciso de velocidad.

Otro aspecto introducido aquí, y descrito posteriormente en mayor detalle, es información de retraso acumulado y planificación para las STA. Cada STA puede iniciar su TXOP con un preámbulo seguido de una duración solicitada de la siguiente TXOP. Esta información está destinada al AP. El AP recopila información en la siguiente TXOP solicitada de diferentes STA y determina la asignación de duración en el medio de las TXOP para un intervalo de trama MAC TDD posterior. El AP puede usar diferentes reglas QoS o de prioridad para determinar cómo compartir el medio, o puede usar reglas muy sencillas para compartir de manera proporcional el medio según las solicitudes procedentes de las STA. También puede implantarse cualquier otra técnica de planificación. Las asignaciones para las TXOP para el siguiente intervalo de trama MAC TDD se asignan en el mensaje de canal de control subsiguiente del AP.

Punto de acceso designado

En realizaciones descritas en este documento, una red puede soportar el funcionamiento con o sin un punto de acceso real. Cuando hay un AP real, puede estar conectado, por ejemplo, a una conexión de banda ancha cableada (es decir, cable, fibra, DSL o T1/T3, Ethernet) o a un servidor de entretenimiento doméstico. En este caso, el AP real puede ser el origen y el colector de la mayoría de datos que fluyen entre los dispositivos de la red.

Cuando no hay AP reales, las estaciones pueden comunicarse entre sí usando técnicas como la función de coordinación distribuida (DCF) de la norma 802.11b/g/a, o el acceso a canal distribuido mejorado de la norma 802.11e, como se ha descrito anteriormente. Tal y como se describirá posteriormente en mayor detalle, cuando se necesitan recursos adicionales, un uso más eficaz del medio puede conseguirse con un esquema de planificación centralizada. Esta arquitectura de red puede implantarse, por ejemplo, en un domicilio en el que muchos dispositivos diferentes necesitan comunicarse entre sí (es decir, DVD-TV, CD-Amp-Altavoces, etc.). En este caso, las estaciones de red designan automáticamente una estación para que se convierta en el AP. Debe observarse, como se describirá posteriormente, que puede usarse una función de coordinación adaptativa (ACF) con un punto de acceso designado, y puede implantarse con planificación centralizada, acceso aleatorio, comunicación *ad-hoc* o cualquier combinación de los mismos.

Algunos dispositivos, no necesariamente todos, que no sean AP pueden tener una capacidad MAC mejorada y ser adecuados para funcionar como un AP designado. Debe observarse que no todos los dispositivos necesitan estar diseñados para soportar una capacidad MAC AP designada. Cuando la QoS (por ejemplo, latencia garantizada), un alto caudal de tráfico y/o la eficacia son cruciales, puede ser necesario que uno de los dispositivos de la red sea capaz de un funcionamiento de AP designado.

Esto significa que la capacidad de AP designado se asociará generalmente a dispositivos de mayor capacidad, por ejemplo, con uno o más atributos tales como línea de energía, un gran número de antenas y/o de cadenas de transmisión/recepción, o un requisito de alto caudal de tráfico. (Factores adicionales para seleccionar un AP designado se describen posteriormente en mayor detalle). Por tanto, un dispositivo de baja gama, tal como una cámara o teléfono de baja gama, no necesitan implementar la capacidad de AP designado, mientras que un dispositivo de alta gama, tal como una fuente de vídeo de alta gama o una pantalla de alta definición, puede estar equipado con la capacidad de AP designado.

En una red sin AP, el AP designado adopta el rol del AP real y puede tener o no una funcionalidad reducida. En varias realizaciones, un AP designado puede llevar a cabo lo siguiente: (a) establecer el ID de conjunto de servicios básicos (BSS) de la red; (b) fijar la temporización de red transmitiendo una baliza e información de configuración de red de canal de radiodifusión (BCH) (el BCH puede definir la composición del medio hasta el siguiente BCH); (c) gestionar las conexiones planificando las transmisiones de las estaciones de la red usando un canal de control directo (FCCH); (d) gestionar las asociaciones; (e) proporcionar control de admisión para flujos QoS; y/o (f) otras funciones diversas. El AP designado puede implementar un planificador sofisticado o cualquier tipo de algoritmo de planificación. Puede implantarse un planificador sencillo, cuyo ejemplo se describe posteriormente en detalle.

A continuación se describe una cabecera de protocolo de convergencia de capa física (PLCP) modificada con respecto a las comunicaciones de igual a igual, que también pueden aplicarse en AP designados. En una realización, la cabecera PLCP de todas las transmisiones se transmite a la velocidad básica de transferencia de datos que puede descodificarse por todas las estaciones (incluyendo el AP designado). La cabecera PLCP de las transmisiones desde las estaciones contiene una acumulación de datos en la estación asociada a una prioridad o flujo dados. Como alternativa, contiene una solicitud sobre la duración de una oportunidad de transmisión subsiguiente para una prioridad o flujo dados.

El AP designado puede determinar el retraso acumulado o las duraciones de oportunidades de transmisión solicitadas por las estaciones "espiando" las cabeceras PLCP de todas las transmisiones de estación. El AP designado puede determinar la fracción de tiempo que se asignará a un acceso basado en EDCA (acceso distribuido) y la fracción de tiempo asignada a un acceso sondeado sin contiendas (centralizado) en función de la carga, colisiones u otras mediciones de congestión. El AP designado puede ejecutar un planificador rudimentario que asigna ancho de banda de acuerdo con las solicitudes y que las planifica en el periodo sin contiendas. Se permiten planificadores mejorados, pero no es indispensable. Las transmisiones planificadas pueden difundirse por el AP designado a través del CCH (canal de control).

Puede no ser necesario que un AP designado reenvíe la transmisión de una estación a otra estación (es decir, sirva como un punto de salto), aunque esta funcionalidad está permitida. Un AP real puede ser capaz de realizar reenvíos.

Cuando se selecciona un punto de acceso designado, puede crearse una jerarquía para determinar qué dispositivo debe servir como punto de acceso. Factores de ejemplo que pueden incorporarse en la selección de un punto de acceso designado incluyen los siguientes: (a) anulación por parte del usuario, (b) mayor nivel de preferencia; (c) nivel de seguridad; (c) capacidad: línea de energía; (e) capacidad: número de antenas; (f) capacidad: máxima potencia de transmisión; (g) interrumpir una conexión según otros factores: dirección de control de acceso al medio (MAC); (h) primer dispositivo encendido; (i) cualquier otro(s) factor(es).

En la práctica, puede ser deseable que el AP designado ocupe una posición central y tenga la mejor CDF SNR Rx agregada (es decir, pueda recibir todas las estaciones con una buena SNR). En general, cuantas más antenas tenga una estación, mejor será la sensibilidad de recepción. Además, el AP designado puede tener una mayor potencia de transmisión, de manera que el AP designado puede ser detectado por un gran número de estaciones. Estos atributos pueden evaluarse y utilizarse para permitir que la red se reconfigure dinámicamente a medida que se añadan y/o se desplacen las estaciones.

Pueden soportarse conexiones entre homólogos en casos en los que la red está configurada con un AP real o un AP designado. Las conexiones entre homólogos se describen de manera genérica en la sección posterior. En una realización pueden soportarse dos tipos de conexiones entre homólogos: (a) conexiones gestionadas entre homólogos, donde el AP planifica transmisiones para cada estación implicada; y (b) *ad-hoc*, donde el AP no está implicado en la gestión o planificación de las transmisiones de las estaciones.

El AP designado puede fijar el intervalo de trama MAC y transmitir una baliza al inicio de la trama. Los canales de radiodifusión y de control pueden especificar duraciones asignadas en la trama para que las estaciones transmitan. En estaciones que han solicitado asignaciones para transmisiones entre homólogos (y estas solicitudes son conocidas por el AP), el AP puede proporcionar asignaciones planificadas. El AP puede difundir estas asignaciones en el canal de control como, por ejemplo, con cada trama MAC.

Opcionalmente, el AP también puede incluir un segmento A-TCH (*ad hoc*) en la trama MAC (descrita posteriormente en mayor detalle). La presencia del A-TCH en la trama MAC puede indicarse en el BCH y en el FCCH. Durante el A-TCH, las estaciones pueden llevar a cabo comunicaciones entre homólogos usando procedimientos CSMA/CA. Los procedimientos CSMA/CA de la norma 802.11 del IEEE sobre LAN inalámbrica pueden modificarse para suprimir el

requisito de una ACK inmediata. Una estación puede transmitir una PDU (unidad de datos de protocolo) MAC que consiste en múltiples PDU LLC cuando la estación se apodera del canal. La duración máxima que puede ocupar una estación en el A-TCH puede indicarse en el BCH. Para un LLC confirmado, el tamaño de ventana y el máximo retardo de confirmación de recepción pueden negociarse según el retardo de aplicación requerido. Una trama MAC modificada con un segmento A-TCH, para usarse tanto con AP reales como con AP designados, se describe posteriormente en mayor detalle con respecto a la Figura 20.

En una realización, la señal piloto MIMO no orientada puede permitir que todas las estaciones detecten el canal entre ellas mismas y la estación transmisora. Esto puede ser útil en algunos escenarios. Además, el AP designado puede usar la señal piloto MIMO no orientada para permitir la estimación de canal y facilitar la desmodulación del PCCH a partir del cual pueden obtenerse las asignaciones. Una vez que el AP designado recibe todas las asignaciones solicitadas en una trama MAC dada, puede planificarlas para la trama MAC subsiguiente. Debe observarse que la información de control de velocidad no tiene por qué estar incluida en el FCCH.

En una realización, el planificador puede llevar a cabo las siguientes operaciones: en primer lugar, el planificador recopila todas las asignaciones solicitadas para la siguiente trama MAC y calcula la asignación solicitada agregada (Solicitadas Totales). En segundo lugar, el planificador calcula el recurso total disponible para su asignación al F-TCH y al R-TCH (Disponibles Totales). En tercer lugar, si el valor Solicitadas Totales es mayor que el valor Disponibles Totales, todas las asignaciones solicitadas se escalan mediante la relación definida mediante Disponibles Totales/Solicitadas Totales. En cuarto lugar, para cualquier asignación escalada que sea menor que 12 símbolos OFDM, estas asignaciones se incrementan hasta 12 símbolos OFDM (en la realización de ejemplo; realizaciones alternativas pueden implantarse con parámetros alternativos). En quinto lugar, para permitir las asignaciones resultantes en el F-TCH + R-TCH, puede permitirse cualquier símbolo OFDM y/o tiempo de protección sobrantes reduciendo todas las asignaciones superiores a 12 símbolos OFDM, un símbolo cada vez según el algoritmo de turnos rotativos empezando por la más grande.

Un ejemplo ilustra la realización que acaba de describirse. Considérese las siguientes solicitudes de asignación: 20, 40, 12, 48. Por tanto, el valor Solicitadas Totales = 120. Supóngase que el valor Disponibles Totales = 90. Supóngase también que el tiempo de protección requerido es de 0,2 símbolos OFDM. Entonces, como se describe en la tercera operación anterior, las asignaciones escaladas son: 15, 30, 9, 36. Como se describió en la cuarta operación anterior, una asignación de 9 aumenta hasta 12. Según la quinta operación, añadiendo las asignaciones revisadas y el tiempo de protección, la asignación total es de 93,8. Esto significa que las asignaciones se reducirán en 4 símbolos. Empezando por la más grande, y eliminando un símbolo cada vez, se determina una asignación final de 14, 29, 12, 34 (es decir, un total de 89 símbolos y 0,8 símbolos para tiempos de protección).

En una realización de ejemplo, cuando el AP designado está presente, puede establecer la baliza para el BSS y fijar la temporización de la red. Los dispositivos se asocian con el AP designado. Cuando dos dispositivos asociados con un AP designado requieren una conexión QoS, por ejemplo un enlace HDTV con baja latencia y requisito de alto caudal de tráfico, proporcionan la especificación de tráfico al AP designado para el control de admisión. El AP designado puede admitir o denegar la solicitud de conexión.

Si la utilización del medio es suficientemente baja, toda la duración del medio entre balizas puede fijarse aparte para el funcionamiento EDCA usando CSMA/CA. Si el funcionamiento EDCA se está llevando a cabo de manera fluida, por ejemplo, no hay demasiadas colisiones, periodos de inactividad o retardos, no es necesario que el AP designado proporcione una función de coordinación.

El AP designado puede seguir supervisando la utilización del medio escuchando las cabeceras PLCP de las transmisiones de las estaciones. En función de la observación del medio, así como del retraso acumulado o de las solicitudes de duración de oportunidad de transmisión, el AP designado puede determinar cuándo el funcionamiento EDCA no está cumpliendo la QoS requerida de los flujos admitidos. Por ejemplo, puede observar las tendencias de los retrasos acumulados notificados o de las duraciones solicitadas, y compararlas con los valores esperados en función de los flujos admitidos.

Cuando el AP designado determina que la QoS requerida no está cumpliéndose en un acceso distribuido, puede hacer que el funcionamiento del medio pase a un funcionamiento con sondeo y planificación. Este último proporciona una latencia más determinista y una mayor eficacia del caudal de tráfico. Ejemplos de este funcionamiento se describirán posteriormente en mayor detalle.

Por tanto, puede implantarse una transición adaptativa desde el EDCA (esquema de acceso distribuido) hasta un funcionamiento planificado (centralizado) en función de la observación de la utilización del medio, de las colisiones, la congestión, así como de la observación de las solicitudes de oportunidad de transmisión de las estaciones transmisoras y de la comparación de las solicitudes con flujos de QoS admitidos.

Tal y como se ha mencionado anteriormente en cualquier realización descrita a lo largo de esta memoria descriptiva, cuando se describe un punto de acceso, un experto en la técnica reconocerá que la realización puede adaptarse para funcionar con un punto de acceso real o un punto de acceso designado. Un punto de acceso designado también puede implantarse y/o seleccionarse como se describe en este documento, y puede funcionar según

cualquier protocolo, incluyendo protocolos no descritos en esta memoria descriptiva, o cualquier combinación de protocolos.

Transmisión entre homólogos y protocolo de enlace directo (DLP)

Tal y como se ha descrito anteriormente, la transmisión entre homólogos (o denominada simplemente "homólogo-homólogo") permite a una STA transmitir datos directamente a otra STA sin enviar los datos primero a un AP. Varios aspectos descritos en este documento pueden adoptarse para usarse con transmisiones entre homólogos. En una realización, el protocolo de enlace directo (DLP) puede adaptarse según se describe posteriormente en mayor detalle. La Figura 17 ilustra un ejemplo de comunicación entre homólogos en un sistema 100. En este ejemplo, el sistema 100, que puede ser similar al sistema 100 descrito en la Figura 1, está adaptado para permitir la transmisión directa desde un UT a otro (en este ejemplo, se ilustra una transmisión entre el UT 106A y el UT 106B). Los UT 106 pueden llevar a cabo directamente cualquier comunicación con el AP 104 en la WLAN 120, como se describe en este documento.

En varias realizaciones de ejemplo pueden soportarse dos tipos de conexiones entre homólogos: (a) conexión gestionada entre homólogos, en la que el AP planifica transmisiones para cada STA implicada, y (b) *Ad-hoc*, en la que el AP no está implicado en la gestión o planificación de las transmisiones de las STA. Una realización puede incluir cualquiera o ambos tipos de conexión. En una realización de ejemplo, una señal transmitida puede comprender una parte que incluye información común que puede recibirse en una o más estaciones, incluyendo posiblemente un punto de acceso, así como información específicamente formateada para su recepción en una estación receptora homóloga. La información de común puede usarse para la planificación (como se muestra en la Figura 25, por ejemplo) o para un periodo de inactividad por contienda por parte de varias estaciones vecinas (lo que se muestra en la Figura 26, por ejemplo).

Varias realizaciones de ejemplo, descritas posteriormente, ilustran un control de velocidad en bucle cerrado para conexiones entre homólogos. Este control de velocidad puede implantarse para sacar partido de las altas velocidades disponibles de transferencia de datos.

Para facilitar la descripción, en las realizaciones de ejemplo no es necesario describir en detalle diversas características (es decir, la confirmación de recepción). Los expertos en la técnica reconocerán que las características divulgadas en este documento pueden combinarse para formar cualquier número de conjuntos y subconjuntos en varias realizaciones.

La Figura 18 ilustra una ráfaga de capa física 1800 de la técnica anterior. Puede transmitirse un preámbulo 1810 seguido de una cabecera de protocolo de convergencia de capa física (PLCP) 1820. Los sistemas 802.11 heredados definen una cabecera PLCP para incluir un tipo de velocidad y un formato de modulación para los datos transmitidos como símbolos de datos 1830.

La Figura 19 ilustra una ráfaga de capa física 1900 de ejemplo, que puede implantarse para transmisiones entre homólogos. Como en la Figura 18, puede incluirse el preámbulo 1810 y la cabecera PLCP 1820, seguidos de una transmisión entre homólogos, llamada P2P 1940. La P2P 1940 puede comprender una señal piloto MIMO 1910 para su uso en el UT receptor. Puede incluirse información de retorno sobre velocidad MIMO 1920 para usarse por el UT receptor en una futura transmisión hacia el UT emisor. La información de retorno sobre velocidad puede generarse en respuesta a una transmisión anterior desde la estación receptora hasta la estación transmisora. Después, los símbolos de datos 1930 pueden transmitirse según la velocidad y el formato de modulación seleccionados para la conexión entre homólogos. Debe observarse que una ráfaga de capa física, tal como una ráfaga PHY 1900, puede usarse con una conexión entre homólogos gestionada por AP, así como con una transmisión *ad hoc* entre homólogos. A continuación se describirán ejemplos de realizaciones de información de retorno sobre velocidad. También se incluirán a continuación realizaciones alternativas de ráfagas de transmisión de capa física que incluyen estos aspectos.

En una realización de ejemplo, un AP fija el intervalo de trama MAC TDD. Canales de radiodifusión y de control pueden implantarse para especificar duraciones asignadas en el intervalo de trama MAC TDD. Para las STA que han solicitado asignaciones para transmisiones entre homólogos (y conocidas por el AP), el AP puede proporcionar asignaciones planificadas y difundirlas en el canal de control en cada intervalo de trama MAC TDD. Un sistema de ejemplo se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 15.

La Figura 20 ilustra una realización de ejemplo de un intervalo de trama MAC TDD 2000 que incluye un segmento *ad hoc* opcional, identificado como A-TCH 2010. Las secciones numeradas de manera similar del intervalo de trama MAC TDD 2000 pueden incluirse para un funcionamiento similar al descrito anteriormente con respecto a la Figura 15. La presencia del A-TCH 2010 en el intervalo de trama MAC TDD 2000 puede indicarse en el BCH 510 y/o el CCH 520. Durante el A-TCH 2010, las STA pueden llevar a cabo comunicaciones entre homólogos usando cualquier procedimiento de contienda. Por ejemplo, pueden implantarse técnicas 802.11, tales como SIFS, DIFS, periodo de inactividad, etc., descritas anteriormente. Opcionalmente, pueden implantarse técnicas QoS, como las introducidas en la norma 802.11(e) (es decir, AIFS). Asimismo pueden implantarse otros diversos esquemas basados en contienda.

En una realización de ejemplo, procedimientos CSMA/CA de contienda, tales como los definidos en la norma 802.11, pueden modificarse de la siguiente manera. No se requieren ACK inmediatas. Una STA puede transmitir una unidad de datos de protocolo MAC (PDU MAC) que consiste en múltiples PDU (es decir, PDU LLC) cuando se apodera del canal. La duración máxima ocupada por una STA en el A-TCH puede indicarse en el BCH. Cuando se desee una transmisión confirmada, un tamaño de ventana y un retardo máximo de confirmación de recepción pueden negociarse según el retardo de aplicación requerido.

En este ejemplo, el F-TCH 530 es la parte del intervalo de trama MAC TDD para las transmisiones desde el AP hasta las STA. Las comunicaciones entre homólogos entre las STA que usan técnicas de contienda pueden llevarse a cabo en el A-TCH 2010. Las comunicaciones planificadas entre homólogos entre las STA pueden llevarse a cabo en el R-TCH 540. Cualquiera de estos tres segmentos puede fijarse a nulo.

La Figura 21 ilustra una ráfaga de capa física 2100 de ejemplo, también denominada “ráfaga PHY”. La ráfaga PHY 2100 puede implantarse con conexiones planificadas entre homólogos, tales como durante el R-TCH 540, o durante conexiones *ad hoc* tales como A-TCH 2010, descritas anteriormente con respecto a la Figura 20. La ráfaga PHY 2100 comprende una señal piloto MIMO no orientada 2110, un canal de control común homólogo (PCCH) 2120 y uno o más símbolos de datos 2130. La señal piloto MIMO no orientada 2110 puede recibirse en una o más estaciones y puede usarse como una referencia por una estación receptora para estimar el canal respectivo entre la estación transmisora y la estación receptora. Este PCCH de ejemplo comprende los siguientes campos: (a) un ID-MAC destino, (b) una solicitud de asignación para una duración de transmisión deseada para el siguiente intervalo de trama MAC TDD, (c) un indicador de velocidad de transmisión para indicar el formato de transmisión para el paquete de datos actual, (d) un subcanal de canal de control (es decir, CCH) para recibir cualquier asignación desde el AP, y (e) una CRC. El PCCH 2120, junto con la señal piloto MIMO no orientada 2110, es un segmento común que puede recibirse en varias estaciones que están escuchando, incluyendo el punto de acceso. Una solicitud de asignación puede introducirse en el PCCH para permitir una conexión gestionada entre homólogos en un futuro intervalo de trama MAC TDD. Una ráfaga PHY de este tipo puede incluirse en una conexión *ad-hoc* y puede solicitar todavía una asignación para una conexión planificada entre homólogos en un futuro intervalo de trama MAC TDD. En la realización de ejemplo, la señal piloto MIMO no orientada tiene una longitud de ocho símbolos OFDM (en realizaciones alternativas, descritas posteriormente, menos símbolos pueden ser suficientes para la estimación de canal) y el PCCH tiene una longitud de dos símbolos OFDM. Después del segmento común, que comprende la señal piloto MIMO no orientada 2110 y el PCCH 2120, se transmiten uno o más símbolos de datos 2130 usando multiplexación espacial y/o formatos de mayor modulación según determine cada STA en la conexión entre homólogos. Esta parte de la transmisión se codifica según información de control de velocidad incluida en la parte de datos de la transmisión. Por tanto, una parte de la ráfaga PHY 2100 puede recibirse por múltiples estaciones circundantes, mientras que la transmisión de datos real se ajusta para una transmisión eficaz hacia una o más estaciones entre homólogos conectadas específicas o hacia el AP. Los datos en 2130 pueden transmitirse como fueron asignados por un punto de acceso, o pueden transmitirse según una conexión *ad-hoc* (es decir, procedimientos basados en contienda CSMA/CA).

Una realización de ejemplo de una ráfaga PHY comprende un preámbulo que consiste en 8 símbolos OFDM de referencia MIMO no orientada. Una cabecera PDU MAC de canal de control común homólogo (PCCH) está incluida en los 2 símbolos OFDM subsiguientes, usando el modo STTD, codificados con una BPSK de R = 1/2. El ID-MAC tiene una longitud de 12 bits. Una solicitud de asignación de 8 bits está incluida para su recepción en el AP durante un periodo de tiempo deseado en el siguiente intervalo de trama MAC TDD (por tanto, la solicitud máxima tiene una longitud de 256 símbolos OFDM cortos). El campo Velocidad TX tiene una longitud de 16 bits para indicar la velocidad que está usándose en el paquete actual. La preferencia del subcanal FCCH tiene una longitud dos bits, correspondiente a una preferencia de entre un máximo de cuatro subcanales, en los que el AP debería hacer cualquier asignación aplicable. La CRC tiene una longitud de 10 bits. En una realización alternativa de una ráfaga PHY puede incluirse cualquier número de campos y/o cualquier tamaño de campo.

En este ejemplo, el resto de la transmisión PDU MAC usa multiplexación espacial y mayores modulaciones según determina cada STA en la conexión entre homólogos. Esta parte de la transmisión se codifica según la información de control de velocidad incluida en la parte de datos de la transmisión.

La Figura 22 ilustra un procedimiento de ejemplo 2200 para transmisiones de datos entre homólogos. El proceso comienza en el bloque 2210, donde una estación transmite una señal piloto MIMO no orientada. En el bloque 2220, la estación transmite información que se descodifica de manera común. Por ejemplo, la señal piloto MIMO no orientada 2110 y el PCCH 2120 sirven como un ejemplo de un mecanismo para solicitar asignación en una conexión gestionada para la que el AP, u otra estación de planificación, necesitaría poder descodificar la parte de la señal que comprende la solicitud. Los expertos en la técnica reconocerán varios mecanismos de solicitud alternativos para planificar conexiones entre homólogos en un canal compartido. En el bloque 2230, los datos se transmiten desde una estación a otra según formatos de transmisión negociados. En este ejemplo, datos orientados se transmiten usando velocidades y parámetros determinados según las mediciones de la señal piloto MIMO no orientada 2110. Los expertos en la técnica reconocerán varios medios alternativos para transmitir datos personalizados para un canal entre homólogos específico.

La Figura 23 ilustra un procedimiento de ejemplo 2300 para comunicaciones entre homólogos. Este procedimiento

de ejemplo 2300 ilustra varios aspectos, cuyos subconjuntos pueden implantarse en cualquier realización dada. El proceso comienza en el bloque de decisión 2310. En el bloque de decisión 2310, si hay datos para una trasferencia STA-STA, se avanza hasta el bloque de decisión 2320. Si no, se avanza hasta el bloque 2370 y se lleva a cabo otro tipo cualquiera de comunicación, incluyendo otros tipos de acceso, si los hubiera. Se avanza hasta el bloque de decisión 2360, en el que el proceso puede repetirse volviendo al bloque de decisión 2310, o el proceso puede finalizar.

En el bloque de decisión 2320, si hay que transmitir datos STA-STA, se determina si la conexión entre homólogos va a ser planificada o *ad hoc*. Si la transmisión va a ser planificada, se avanza hasta el bloque 2320 y se solicita una asignación para obtener una TXOP. Debe observarse que una solicitud de asignación puede hacerse durante una parte de acceso aleatorio de un intervalo de trama MAC TDD, como se ha descrito anteriormente, o puede incluirse en una transmisión *ad hoc*. Una vez que se haga una asignación, en el bloque 2350 puede transmitirse una ráfaga física STA-STA. En una realización de ejemplo, el procedimiento 2200 puede servir como un tipo de ráfaga PHY STA-STA.

En el bloque de decisión 2320, si no se desea una conexión planificada entre homólogos, se avanza hasta el bloque 2340 para competir por el acceso. Por ejemplo, puede usarse el segmento A-TCH 2010 del intervalo de trama MAC TDD 2000. Cuando se ha obtenido con éxito un acceso mediante contienda, se avanza hasta el bloque 2350 y se transmite una ráfaga PHY STA-STA, como se ha descrito anteriormente.

Desde el bloque 2350 se avanza hasta el bloque de decisión 2360, donde el proceso puede repetirse, como se ha descrito anteriormente, o puede finalizar.

La Figura 24 ilustra un procedimiento de ejemplo 2400 para proporcionar información de retorno sobre velocidad para su uso en una conexión entre homólogos. Esta figura ilustra varias transmisiones y otras etapas que pueden llevarse a cabo por dos estaciones, STA 1 y STA 2. La STA 1 transmite una señal piloto no orientada 2410 a la STA 2. La STA 2 mide el canal 2420 mientras recibe la señal piloto no orientada 2410. En una realización de ejemplo, la STA 2 determina una velocidad soportable para la transmisión en el canal, según la medición. Esta determinación de velocidad se transmite como información de retorno sobre velocidad 2430 a la STA 1. En varias realizaciones alternativas pueden proporcionarse parámetros alternativos para permitir tomar una decisión de información de retorno sobre velocidad en la STA 1. En 2440, la STA 1 recibe una asignación planificada o compite por una oportunidad de transmisión, por ejemplo durante el A-TCH. Una vez que se haya obtenido una oportunidad de transmisión, en 2450, la STA 1 transmite a la STA 2 datos a una velocidad y un formato de modulación determinados según la información de retorno sobre velocidad 2430.

El procedimiento ilustrado en la Figura 24 puede generalizarse y aplicarse a varias realizaciones, como les resultará evidente a los expertos en la técnica. Algunos ejemplos que incorporan información de retorno sobre velocidad entre homólogos, así como otros aspectos, se describen posteriormente en mayor detalle.

La Figura 25 describe un procedimiento 2500 que ilustra una conexión gestionada entre homólogos entre dos estaciones, STA 1 y STA 2, y un punto de acceso (AP). En 2505, la STA 1 transmite una señal piloto no orientada, así como una solicitud para una asignación. Los datos también pueden transmitirse según una asignación anterior e información de retorno sobre velocidad previa, como se ilustra posteriormente. Además, cualquier dato de este tipo puede transmitirse según información de retorno sobre velocidad de una conexión gestionada entre homólogos anterior o de una comunicación *ad hoc* originada por la STA 1 o la STA 2. La señal piloto no orientada y la solicitud de transmisión se reciben tanto en la STA 2 como en el punto de acceso (y pueden recibirse en otras estaciones de la zona).

El punto de acceso recibe la solicitud de transmisión y, según uno de varios algoritmos de planificación, determina cuándo hacer, y si debe hacer, una asignación para la comunicación entre homólogos. La STA 2 mide el canal mientras la señal piloto no orientada en 2505 se transmite, y puede determinar la velocidad soportable para la comunicación entre homólogos con la STA 1. Opcionalmente, la STA 2 también puede recibir información de retorno sobre velocidad y/o datos desde la STA 1 según una transmisión anterior.

En este ejemplo, el punto de acceso ha determinado una asignación que se hará para la transmisión solicitada. En 2515, una asignación se transmite desde el punto de acceso hasta la STA 1. En este ejemplo, asignaciones en el R-TCH 540 se transmiten durante el canal de control, tal como el CCH 520, ilustrado anteriormente. Asimismo, en 2520 se hace una asignación en el R-TCH para la STA 2. En 2525, la STA 1 recibe la asignación desde el punto de acceso. En 2530, la STA 2 recibe la asignación desde el punto de acceso.

La STA 2 transmite información de retorno sobre velocidad en 2535, según la asignación 2520. Opcionalmente, puede incluirse una solicitud de transmisión planificada, descrita anteriormente, así como cualquier dato que vaya a transmitirse según una solicitud anterior. La información de retorno sobre velocidad transmitida se selecciona según la medición de canal 2510, como se ha descrito anteriormente. La ráfaga PHY de 2535 también puede incluir una señal piloto no orientada. En 2540, la STA 1 mide el canal desde la STA 2, recibe la información de retorno sobre velocidad y también puede recibir datos opcionales.

En 2545, según la asignación 2515, la STA 1 transmite datos según la información de retorno sobre velocidad recibida. Además, puede generarse una solicitud para una futura asignación, así como información de retorno sobre velocidad según la medición de canal en 2540. Los datos se transmiten según la medición de canal específica para la comunicación entre homólogos. En 2550, la STA 2 recibe los datos así como cualquier información de retorno sobre velocidad transmitida opcionalmente. La STA 2 también puede medir el canal para proporcionar información de retorno sobre velocidad para futuras transmisiones.

Debe observarse que ambas transmisiones 2535 y 2545 pueden recibirse en el punto de acceso, al menos la parte no orientada, como se ha descrito anteriormente. Por tanto, para cualquier solicitud incluida, el punto de acceso puede hacer asignaciones adicionales para futuras transmisiones, según indican las asignaciones 2555 y 2560 para la STA 1 y la STA 2, respectivamente. En 2565 y 2570, la STA 1 y la STA 2 reciben sus asignaciones respectivas. Después, el proceso puede iterar indefinidamente, donde el punto de acceso gestiona el acceso al medio compartido y la STA 1 y la STA 2 transmiten comunicaciones entre homólogos directamente entre sí a velocidades y formatos de modulación seleccionados que pueden soportarse en el canal entre homólogos. Debe observarse que, en una realización alternativa, una comunicación *ad hoc* entre homólogos también puede realizarse junto con la comunicación gestionada entre homólogos ilustrada en la Figura 25.

La Figura 26 ilustra una conexión entre homólogos basada en contienda (o *ad hoc*). La STA 1 y la STA 2 se comunican entre sí. Otras STA también pueden estar dentro del alcance de recepción y pueden acceder al canal compartido. En 2610, la STA 1, que tiene que transmitir datos a la STA 2, supervisa el canal compartido y compite por el acceso. Una vez que se ha obtenido una oportunidad de transmisión, la ráfaga PHY entre homólogos 2615 se transmite a la STA 2, que también puede recibirse en otras STA. En 2620, otras STA, que supervisan el canal compartido, pueden recibir la transmisión desde la STA 1 y saber que tienen que evitar acceder al canal. Por ejemplo, un PCCH, descrito anteriormente, puede estar incluido en la transmisión 2615. En 2630, la STA 2 mide el canal según una señal piloto no orientada y compite por el acceso de retorno en el canal compartido. La STA 2 también puede transmitir datos, según sea necesario. Debe observarse que el tiempo de contienda puede variar. Por ejemplo, puede devolverse una ACK después de una SIFS en un sistema 802.11 heredado. Puesto que la SIFS tiene la prioridad más alta, la STA 2 puede responder sin perder el canal. Varias realizaciones pueden permitir un menor retardo y pueden proporcionar datos de retorno de alta prioridad.

En 2635, la STA 2 transmite información de retorno sobre velocidad junto con datos opcionales a la STA 1. En 2640, la STA 1 recibe la información de retorno sobre velocidad, compite una vez más para acceder al medio compartido y transmite en 2645 a la STA 2 según la información de retorno recibida sobre velocidad. En 2640, la STA 1 también puede medir el canal para proporcionar información de retorno sobre velocidad a la STA 2 para futuras transmisiones, y puede recibir cualquier dato opcional transmitido por la STA 2. En 2650, la STA 2 recibe la transmisión de datos 2645 según la velocidad y el formato de modulación determinados por las condiciones de canal medidas. La STA 2 también puede recibir información de retorno sobre velocidad para usarse en la devolución de una transmisión a la STA 1. La STA 2 también puede medir el canal para proporcionar una futura información de retorno sobre velocidad. Por tanto, el proceso puede repetirse volviendo a 2635 para que la STA 2 devuelva información de retorno sobre velocidad, además de datos.

Por tanto, dos estaciones pueden llevar a cabo comunicaciones *ad hoc* en ambas direcciones compitiendo por el acceso. La propia conexión entre homólogos es eficaz usando la información de retorno sobre velocidad y ajustando la transmisión a la estación receptora. Cuando se implanta una parte de la ráfaga PHY que puede recibirse de manera común, tal como el PCCH, entonces, como se ilustra en 2620, otras STA pueden acceder a la información y pueden evitar interferir en el canal en momentos en los que se sabe que está ocupado, como se indica en el PCCH. Al igual que en la Figura 25, la comunicación entre homólogos gestionada o *ad hoc* puede iniciar la transferencia de datos antes de las etapas ilustradas en la Figura 26 y puede usarse para seguir posteriormente con comunicaciones de igual a igual. Por tanto, puede implantarse cualquier combinación de comunicación de igual a igual planificada y *ad hoc*.

La Figura 27 ilustra un intervalo de trama MAC TDD 2700 de ejemplo, que ilustra una comunicación gestionada entre homólogos entre estaciones. En este ejemplo, las duraciones del F-TCH y del A-TCH se han fijado a cero. La baliza/BCH 510 y el CCH 520 se transmiten como anteriormente. La baliza/BCH 560 indica el inicio de la siguiente trama. El CCH 520 indica asignaciones para comunicaciones entre homólogos. Según estas asignaciones, la STA 1 transmite a la STA 2 en la ráfaga asignada 2710. Debe observarse que, en el mismo intervalo de trama MAC TDD, la STA 2 tiene asignado el segmento 2730 para responder a la STA 1. Cualquiera de los diversos componentes, descritos anteriormente, tales como información de retorno sobre velocidad, solicitudes, señales piloto orientadas y/o no orientadas, y datos orientados y/o no orientados, puede incluirse en cualquier ráfaga dada de capa PHY entre homólogos. La STA 3 transmite a la STA 4 en la asignación 2720. La STA 4 transmite a la STA 3 en la asignación 2740, de manera similar. Otras transmisiones de enlace inverso, incluyendo conexiones que son entre homólogos, pueden incluirse en el R-TCH. Realizaciones de ejemplo adicionales que ilustran estos y otros aspectos se describen posteriormente en mayor detalle.

Debe observarse que, en la Figura 27, intervalos de protección pueden estar planificados entre segmentos, según sea necesario. Un aspecto crucial en lo que respecta a las comunicaciones entre homólogos es que, generalmente, no se conoce el retardo de trayectoria entre las dos STA. Un procedimiento para controlar esto es hacer que cada

STA mantenga fijos sus tiempos de transmisión para que lleguen al AP en sincronía con el reloj del AP. En este caso, el AP puede proporcionar un tiempo de protección en cualquier lado de cada asignación entre homólogos para compensar los retardos de trayectoria desconocidos entre las dos STA que están comunicándose. En muchos casos, un prefijo cíclico será adecuado y no será necesario hacer ningún ajuste en los receptores de las STA. Por tanto, las STA deben determinar sus desfases de tiempo respectivos para saber cuándo recibir la transmisión de la otra STA. Puede ser necesario que los receptores de las STA mantengan dos relojes de recepción: uno para la temporización de tramas AP y otro para la conexión entre homólogos.

Tal y como se ha ilustrado en varias realizaciones anteriores, las confirmaciones de recepción y la información de retorno sobre canal pueden obtenerse por un receptor durante su asignación y enviarse a un transmisor. Incluso si todo el flujo de tráfico es unidireccional, el receptor envía referencia y solicitudes para obtener asignaciones. El planificador del AP garantiza que se proporcionen recursos adecuados para la información de retorno.

Interoperabilidad con estaciones heredadas y puntos de acceso

Tal y como se describe en este documento, varias realizaciones descritas proporcionan mejoras con respecto a sistemas heredados. Sin embargo, debido a la gran implantación de los sistemas heredados todavía presentes, puede ser deseable que un sistema sea compatible con versiones anteriores de sistemas heredados y/o de terminales de usuario heredados existentes. Tal y como se utiliza en este documento, el término “nueva clase” se usará para la distinción con respecto a sistemas heredados. Un sistema de nueva clase puede incorporar uno o más de los aspectos o características descritos en este documento. Un ejemplo de sistema de nueva clase es el sistema OFDM MIMO descrito posteriormente con respecto a las Figuras 35 a 52. Además, los aspectos descritos posteriormente para hacer funcionar un sistema de nueva clase con un sistema heredado también pueden aplicarse a otros sistemas, todavía sin desarrollar, tanto si cualquier detalle de mejora particular descrito en este documento se incluye o no en tal sistema.

En una realización de ejemplo, la compatibilidad con versiones anteriores de sistemas alternativos puede proporcionarse usando diferentes asignaciones de frecuencia (FA) para permitir el funcionamiento de un sistema de nueva clase en una FA distinta de usuarios heredados. Por tanto, un sistema de nueva clase puede buscar una FA disponible en la que funcionar. Un algoritmo de selección de frecuencia dinámica (DFS) puede implementarse en la WLAN de nueva clase para permitir esto. Puede ser deseable implantar un AP para que sea de tipo multiportadora.

Las STA heredadas que intentan acceder a una WLAN pueden utilizar dos procedimientos de barrido: pasivo y activo. Con el barrido pasivo, una STA genera una lista de conjuntos de servicios básicos (BSS) viables en sus proximidades llevando a ca un barrido de las bandas de funcionamiento. Con el barrido activo, una STA transmite una consulta para solicitar una respuesta desde otras STA del BSS.

Las normas heredadas no explican cómo una STA decide a qué BSS unirse pero, una vez que se toma una decisión, puede intentarse la asociación. Si no es satisfactoria, la STA recorrerá su lista BSS hasta que sea satisfactoria. Una STA heredada puede no tratar de asociarse con una WLAN de nueva clase cuando la STA no entiende la información de baliza transmitida. Sin embargo, un AP de nueva clase (así como los UT) pueden ignorar solicitudes de las STA heredadas como un procedimiento para mantener una única clase WLAN en una única FA.

Una técnica alternativa es que un AP de nueva clase o las STA de nueva clase rechacen cualquier solicitud de las STA heredadas usando mensajería heredada válida (es decir, 802.11). Si un sistema heredado soporta tal mensajería, puede proporcionarse a la STA heredada un mensaje de redirección.

Una compensación evidente asociada al funcionamiento en distintas FA es el espectro adicional requerido para soportar ambas clases de STA. Un beneficio es la facilidad de gestionar las diferentes WLAN, conservando características tales como la QoS y similares. Sin embargo, tal y como se describe a lo largo de esta memoria descriptiva, los protocolos MAC CSMA heredados (tales como los descritos en las normas 802.11 heredadas), son generalmente ineficaces para altas velocidades de transferencia de datos soportadas en los sistemas de nueva clase, tales como la realización del sistema MIMO descrita en este documento. Por tanto, es deseable implantar modos de funcionamiento compatibles con versiones anteriores que permitan que un MAC de nueva clase coexista con un MAC heredado en la misma FA. Posteriormente se describen varias realizaciones de ejemplo en las que los sistemas heredados y de nueva clase pueden compartir la misma FA.

La Figura 28 ilustra un procedimiento 2800 para soportar estaciones tanto heredadas como de nueva clase en la misma asignación de frecuencia. En este ejemplo, por claridad, se supone que el BSS está funcionando solo (es decir, no hay coordinación entre múltiples BSS solapados). El proceso comienza en el bloque 2810, donde se usa señalización heredada para establecer un periodo sin contiendas.

A continuación se muestran varios ejemplos ilustrativos, para su uso en sistemas 802.11 heredados, en los que la AP de WLAN de nueva clase puede usar las características presentes en la norma 802.11 heredada para reservar tiempo y usarse exclusivamente en estaciones de nueva clase. Puede usarse cualquier número de técnicas de señalización adicionales, además de éstas, para establecer un periodo sin contiendas en diversos tipos de sistemas heredados.

Una técnica es establecer periodos sin contiendas (CFP) en modo PCF/HCF. El AP puede establecer un intervalo de baliza y anunciar un periodo sin contiendas en el intervalo de baliza, donde puede dar servicio tanto a STA de nueva clase como heredadas, en modo sondeado. Esto hace que todas las STA heredadas fijen sus vectores de asignación de red (NAV), que son contadores usados para llevar a cabo un seguimiento del CFP, a la duración del CFP anunciado. Como resultado, las STA heredadas que reciben la baliza no pueden usar el canal durante el CFP, a no ser que las sondee el AP.

Otra técnica es establecer un CFP, y fijar los NAV, a través de una RTS/CTS y un campo Duración/ID. En este caso, el AP de nueva clase puede enviar una RTS especial que tiene una dirección reservada (RA) que indica a todas las STA de nueva clase que el AP está reservando el canal. Las STA heredadas interpretan que el campo RA está dirigido a una STA específica y no responden. Las STA de nueva clase responden con una CTS especial para dejar libre el BSS durante el periodo de tiempo especificado en el campo Duración/ID del par de mensajes CTS/RTS. En este momento, las estaciones de nueva clase pueden usar el canal libremente y sin conflictos durante el tiempo reservado.

En bloque 2820, las STA de clase heredada, después de haber recibido la señal para establecer el periodo sin contiendas, esperan a que termine el periodo sondeado o sin contiendas. Por tanto, el punto de acceso ha asignado con éxito el medio compartido para su uso con el protocolo MAC de nueva clase. En el bloque 2830, las nuevas STA pueden acceder según este protocolo. Cualquier conjunto o subconjunto de los aspectos descritos en este documento puede implantarse en un protocolo MAC de nueva clase de este tipo. Por ejemplo, pueden implantarse transmisiones planificadas de enlace directo e inverso, así como transmisiones gestionadas entre homólogos, comunicación *ad hoc* o basada en contiendas (incluyendo comunicación entre iguales), o cualquier combinación de lo anterior. En el bloque 2840, el periodo de acceso de nueva clase finaliza, usando cualquiera de varios tipos de señal, el cual puede variar según el sistema heredado implantado. En la realización de ejemplo se transmite una señal de finalización de periodo sin contiendas. En una realización alternativa, las STA heredadas también pueden sondearse durante un periodo sin contiendas. Tales accesos pueden ser posteriores a accesos de nueva clase o pueden intercalarse con los mismos.

En el bloque 2850, todas las STA pueden competir por el acceso si se define un periodo de contienda para el sistema heredado. Esto permite que los sistemas heredados, que no pueden comunicarse durante el periodo sin contiendas, generen solicitudes y/o intenten transmitir. En el bloque de decisión 2860, el proceso puede continuar volviendo al bloque 2810, o puede finalizar.

La Figura 29 ilustra la combinación de control de acceso al medio heredado y de nueva clase. Un protocolo MAC heredado 2910 se muestra encima de un protocolo de nueva clase 2930, los cuales, cuando se combinan, forman un protocolo MAC, como el protocolo MAC combinado 2950. En este ejemplo, la señalización heredada 802.11 se usa con fines ilustrativos. A los expertos en la técnica les resultará evidente que las técnicas descritas en este documento pueden aplicarse a cualquiera de varios sistemas heredados, y a cualquier protocolo MAC de nueva clase, que incluya cualquier combinación de las características descritas en este documento.

El protocolo MAC heredado 2910 comprende balizas 2902, que identifican el intervalo de baliza. El intervalo de baliza heredado comprende un periodo sin contiendas 2904 seguido de un periodo de contienda 2906. Varios sondeos sin contiendas 2908A a N pueden generarse durante el periodo sin contiendas 2904. El periodo sin contiendas 2904 termina con una indicación de finalización 2910 del periodo sin contiendas. Cada baliza 2902 se transmite en el tiempo de transmisión de baliza objetivo (TBTT) en las realizaciones de ejemplo 802.11. El protocolo MAC de nueva clase 2930 comprende tramas MAC 2932A a N.

El intervalo de baliza combinado 2950 ilustra la interoperabilidad de protocolos MAC heredados y de nueva clase durante el periodo sin contiendas 2904. Los intervalos de trama MAC TDD de nueva clase 2932 se incluyen seguidos de sondeos CF heredados 2908A a N. El periodo sin contiendas termina con CFPEND 2910, seguido de un periodo de contienda 2906. Los intervalos de trama MAC TDD de nueva clase 2932 pueden ser de cualquier tipo, incluyendo opcionalmente varios aspectos descritos en este documento. En una realización de ejemplo, el intervalo de trama MAC TDD de nueva clase 2932 comprende varios segmentos, como los ilustrados con relación a la anterior Figura 20. Por tanto, en este ejemplo, un intervalo de trama MAC TDD de nueva clase comprende una señal piloto 510, un canal de control 520, un canal de transmisión directo 530, una sección *ad hoc* entre homólogos (A-TCH) 2010, un canal de transmisión de enlace inverso 540 y un canal de acceso aleatorio 550.

Debe observarse que, durante el CFP 2904, las STA heredadas no deben interferir en ninguna transmisión de WLAN de nueva clase. El AP puede sondear cualquier STA heredada durante el CFP, permitiendo un funcionamiento de modo mixto en el segmento. Además, el AP puede reservar todo el CFP 2904 para un uso de nueva clase y llevar todo el tráfico heredado al periodo de contienda (CP) 2906 casi al final del intervalo de baliza.

La norma heredada 802.11 de ejemplo requiere que el CP 2906 sea lo bastante largo como para soportar un intercambio entre dos terminales heredados. Por tanto, la baliza puede retardarse, dando como resultado una fluctuación de tiempo en el sistema. Si se desea, para mitigar la fluctuación, el intervalo CFP puede acortarse para mantener un intervalo de baliza fijo. Los temporizadores usados para establecer el CFP y el CP pueden fijarse de manera que el CFP sea largo (es decir, de 1,024 s aproximadamente) con respecto al CP (es decir, inferior a 10 ms).

Sin embargo, si durante el CFP, el AP sondea terminales heredados, la duración de su transmisión puede no ser conocida y puede generar una fluctuación de tiempo adicional. Como resultado, debe procurarse mantener la QoS para las STA de nueva clase cuando se permiten STA heredadas en la misma FA. La norma 802.11 heredada se sincroniza con unidades de tiempo (TU) de 1,024 ms. El MAC de nueva clase puede estar diseñado para que sea síncrono con un sistema heredado, utilizando una duración de trama MAC de 2 TU o 2,048 ms, en este ejemplo.

En algunas realizaciones, puede ser deseable garantizar que la trama MAC de nueva clase sea síncrona. Es decir, el reloj de tramas MAC del sistema puede ser continuo y los límites de tramas MAC, cuando se transmiten, comienzan en múltiplos del intervalo de trama de 2,048 ms. De esta manera, el modo inactivo de las STA puede mantenerse fácilmente.

No es necesario que las transmisiones de nueva clase sean compatibles con las transmisiones heredadas. Las cabeceras, preámbulos, etc., pueden ser únicos con respecto al sistema de nueva clase, cuyos ejemplos se describen a lo largo de esta memoria descriptiva. Las STA heredadas pueden tratar de desmodularlos, pero no podrán descodificarlos correctamente. Las STA heredadas en modo inactivo no se verán afectadas por lo general.

La Figura 30 ilustra un procedimiento 3000 para obtener una oportunidad de transmisión. El procedimiento 3000 puede implantarse como el bloque 2830 en una realización de ejemplo del procedimiento 2800 ilustrado anteriormente. El proceso comienza con el bloque de decisión 3010, en el que un acceso puede estar planificado o no planificado. Los expertos en la técnica reconocerán que, aunque este ejemplo ilustra dos tipos de acceso, en cualquier realización dada puede soportarse cualquiera o ambos de estos tipos de acceso. En el bloque de decisión 3010, si se desea un acceso no planificado, se avanza hasta el bloque 3040 para competir por el acceso. Puede implantarse cualquier número de técnicas de acceso basadas en contienda. Una vez que se ha obtenido una oportunidad de transmisión (TXOP), se transmite según la oportunidad de transmisión en el bloque 3050. Después, el proceso puede finalizar.

En el bloque 3010, si se desea un acceso planificado, se avanza hasta el bloque 3020 para solicitar acceso. Esta solicitud de acceso puede hacerse en un canal de acceso aleatorio, durante una contienda *ad hoc*, o cualquiera de las otras técnicas divulgadas en este documento. En el bloque 3030, cuando se concede la solicitud de acceso, se recibe una asignación. Se avanza hasta el bloque 3050 para transmitir la TXOP según la asignación recibida.

En algunos casos puede ser deseable permitir el interfuncionamiento entre un AP de nueva clase, y su BSS asociado, con un BSS heredado solapado, en la misma asignación de frecuencia. El BSS heredado puede estar funcionando en el modo DCF o PCF/HCF y, por tanto, no siempre se podrá obtener una sincronización entre el BSS de nueva clase y el BSS heredado.

Si el BSS heredado está funcionando en el modo PCF o HCF, el AP de nueva clase puede tratar de sincronizarse con el TBTT. Si esto es posible, el AP de nueva clase puede apoderarse del canal durante el periodo de contienda, usando cualquiera de varios mecanismos, cuyos ejemplos se han descrito anteriormente, para funcionar en la zona de BSS solapada. Si el BSS heredado está funcionando según la DCF, el AP de nueva clase también puede tratar de apoderarse del canal y anunciar un CFP para dejar libre el canal.

Puede haber situaciones en las que algunas o todas las STA del BSS heredado no reciben las transmisiones de AP de nueva clase. En este caso, esas STA heredadas pueden interferir en el funcionamiento de la WLAN de nueva clase. Para evitar esta interferencia, las estaciones de nueva clase pueden tener por defecto un funcionamiento basado en CSMA y depender de transmisiones entre homólogos (esto se describe posteriormente en detalle con respecto a las Figuras 33 y 34).

La Figura 31 ilustra un procedimiento de ejemplo 3100 para compartir una única FA con múltiples BSS. En el bloque 3110, un punto de acceso heredado transmite una baliza. Un punto de acceso de nueva clase, que comparte la misma asignación de frecuencia, puede sincronizarse con el TBTT asociado a la baliza (opcional). En el bloque 3120, si un periodo sin contiendas heredado se ha definido según la baliza, se lleva a cabo. Una vez que ha finalizado el periodo sin contiendas, si lo hubiera, todas las STA pueden competir por el acceso durante un periodo de contienda especificado. En el bloque 3130, el punto de acceso de nueva clase compite por el acceso durante el periodo de contienda. En el bloque 3140, las STA de nueva clase pueden acceder al medio compartido durante el periodo por el cual el punto de acceso de nueva clase ha competido por el acceso. Los tipos de acceso durante este acceso de nueva clase pueden incluir cualquiera de los aspectos descritos en este documento. Pueden usarse varias técnicas, como las descritas anteriormente, para indicar a las STA heredadas la cantidad de tiempo durante el cual el punto de acceso tiene reservado el canal. Una vez que ha finalizado este periodo, las STA heredadas pueden competir en el bloque 3150. En el bloque de decisión 3160, el proceso puede proseguir volviendo al bloque 3110 o puede finalizar.

La Figura 32 ilustra BSS que se solapan que usan una única FA. El sistema heredado 3210 transmite balizas 3205 (la 3205A y la 3205B mostradas ilustran el TBTT y el intervalo de baliza global del sistema heredado). La baliza 3205A identifica el periodo sin contiendas 3210 y el periodo de contienda 3215. Durante el periodo sin contiendas 3210, los sondeos sin contiendas heredados 3220A a N pueden llevarse a cabo seguidos del indicador del final del periodo sin contiendas 3225.

Las estaciones de la WLAN de nueva clase 3240 supervisan el canal, reciben las balizas 3205 y se abstienen de acceder al medio hasta que llegue una oportunidad para competir por el acceso. En este ejemplo, la oportunidad más temprana se produce durante el periodo sin contiendas. Después de la PIFS 3230, el punto de acceso de nueva clase transmite una señal heredada 3245 para indicar a las estaciones heredadas la cantidad de tiempo que el canal estará ocupado. Pueden usarse varios símbolos para llevar a cabo esta función, cuyos ejemplos se han descrito anteriormente. Pueden implantarse otras señales dependiendo del sistema heredado con el que se desee la interoperabilidad. Las STA heredadas dentro del alcance de recepción de la señal heredada 3245 pueden evitar acceder a un canal hasta el final del periodo de acceso de nueva clase 3250. El periodo 3250 comprende uno o más intervalos de trama MAC TDD 3260 (3260A a N, en este ejemplo). Los intervalos de trama MAC TDD 3260 pueden ser de cualquier tipo, cuyos ejemplos comprenden uno o más de los aspectos descritos en este documento.

En una realización de ejemplo, el AP de nueva clase se apodera del canal a intervalos temporizados (es decir, cada 40 ms el AP de nueva clase se apodera del canal durante 20 ms). El AP de nueva clase puede mantener un temporizador para garantizar que solo tiene posesión del canal durante un tiempo deseado, garantizando de ese modo una compartición equitativa del canal. Cuando se apodera del canal, el AP de nueva clase puede usar varias técnicas de señalización. Por ejemplo, puede transmitirse una CTS/RTS o una baliza heredada que anuncia un nuevo CFP.

Durante el intervalo de nueva clase 3250, un primer intervalo de trama MAC TDD de ejemplo puede definirse de la siguiente manera: en primer lugar, se envía una baliza más un F-CCH que indica los UT de la lista que van a sondearse en la trama MAC actual. Después del F-CCH, se difunde una parte correspondiente a una señal piloto MIMO para permitir que las STA adquieran y generen una medida precisa del canal MIMO. En una realización de ejemplo, puede obtener un excelente rendimiento con 2 símbolos OFDM cortos por antena. Esto implica que el F-TCH en la trama MAC inicial puede estar compuesto aproximadamente de 8 símbolos piloto MIMO. La parte R-TCH de la primera trama MAC puede estar estructurada de manera que las STA de la lista de sondeo transmitan una señal piloto MIMO orientada y un indicador de velocidad (para el enlace descendente) devolviendo una confirmación de recepción al AP. En este punto, en este ejemplo, todos los terminales de la lista de sondeo están listos para funcionar de una manera planificad habitual en el siguiente intervalo de trama MAC TDD. Los intervalos de trama MAC TDD posteriores al primer intervalo de trama MAC TDD pueden usarse después para intercambiar datos, coordinados por el AP, usando cualquiera de las técnicas descritas en este documento.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, las estaciones de nueva clase pueden tener por defecto un funcionamiento basado en CSMA y depender de transmisiones entre homólogos en determinadas situaciones (por ejemplo, situaciones en las que algunas o todas las STA del BSS heredado no reciben las transmisiones de AP de nueva clase). En tales casos, el ciclo de actividad/inactividad descrito anteriormente puede no ser ventajoso, o incluso posible. En estos casos, las estaciones de nueva clase pueden tener por defecto un funcionamiento entre homólogos.

La Figura 33 ilustra un procedimiento de ejemplo 3300 para llevar a cabo una comunicación entre homólogos de alta velocidad usando varias técnicas divulgadas en este documento, durante el interfuncionamiento con un BSS heredado. El proceso comienza en el bloque 3310, donde una primera STA que tiene que enviar datos a una segunda STA compite por el acceso. En el bloque 3320, después de haber competido con éxito por el acceso, la estación deja libre el medio usando una señal heredada, como las descritas anteriormente. En el bloque 3330, la primera STA transmite una solicitud (junto con una señal piloto) a una segunda STA. La segunda STA puede medir el canal según la señal piloto transmitida. La segunda STA transmite información de retorno sobre canal a la primera STA. Por tanto, en el bloque 3340, la primera estación recibe una respuesta con información de retorno sobre canal (información de retorno sobre velocidad, por ejemplo). En el bloque 3350, la primera STA transmite la señal piloto y datos orientados a la segunda estación según la información de retorno. En el bloque 3360, la segunda STA puede transmitir una confirmación de recepción a la primera STA, y puede transmitir información de retorno continua sobre velocidad para su uso en transmisiones adicionales. La señal heredada usada para dejar libre el medio permite que los bloques 3330 a 3360 se lleven a cabo usando cualquier técnica de alta velocidad y cualquier mejora en los sistemas heredados, como las divulgadas en este documento. Una vez que una STA ha dejado libre el medio, puede implantarse cualquier protocolo MAC entre homólogos dentro del alcance del periodo de la presente invención. Como se muestra en el bloque de decisión 3370, el proceso puede continuar, volviendo al bloque 3310, o el proceso puede finalizar.

En una realización de ejemplo, en el modo entre homólogos, la toma de posesión del canal se lleva a cabo según las reglas heredadas de CSMA. En este ejemplo, no se utilizan la PCF ni la HCF, y no tiene que haber necesariamente una arquitectura de red centralizada. Cuando una STA de nueva clase desea comunicarse con otra STA (o AP) de nueva clase, la STA se apodera del canal. La primera transmisión consiste en una señal piloto MIMO suficiente más algún mensaje que solicita el establecimiento de una conexión. Puede usarse CTS y RTS para dejar libre el área y reservar tiempo. El mensaje de la STA solicitante debe contener el ID BSS de la STA, el ID MAC de la STA y el ID MAC de la STA objetivo (si se conoce). La respuesta debe contener el ID BSS de la STA respondedora. Esto permite a las STA determinar si necesitan llevar a cabo una corrección en el receptor de los vectores de orientación de transmisión, si se usa orientación. Debe observarse que la orientación de transmisión no tiene por qué usarse en este caso, aunque puede ser ventajosa su utilización si todas las STA se han calibrado con un AP designado que coordina el BSS.

Tal y como se ha descrito con relación a la Figura 33, una respuesta puede incluir una señal piloto MIMO (orientada, si se utiliza) más alguna indicación de velocidad. Una vez que se ha producido este intercambio, la orientación es posible en cada enlace. Sin embargo, si las STA pertenecen a diferentes BSS, la primera transmisión orientada entre la STA que inició la conexión puede incluir una señal piloto MIMO orientada para permitir que el receptor de la STA respondedora corrija el diferencial de fase entre los diferentes BSS.

En esta realización de ejemplo, una vez que se han producido los intercambios iniciales, la orientación es posible. Los intercambios deben ceñirse al intervalo SIFS entre transmisiones de enlace descendente y de enlace ascendente. Debido a los posibles retardos de procesamiento en el cálculo de vectores propios para la orientación, esto puede requerir que las STA usen el procesamiento basado en el mínimo error cuadrático medio (MMSE) en lugar del procesamiento de vectores propios. Una vez que se han calculado los vectores de orientación, las STA pueden empezar a usar los vectores propios en el lado de transmisión, y el lado de recepción puede seguir usando el procesamiento MMSE, ajustándose a la solución óptima espacial de filtro adaptado. El seguimiento y el control de la velocidad pueden facilitarse mediante información de retorno periódica entre las dos STA. El intervalo SIFS debe respetarse para que las STA controlen el canal.

La Figura 34 ilustra una comunicación entre homólogos usando técnicas MIMO en las que se compite por el acceso (es decir, no gestionadas) en un BSS heredado. En este ejemplo, la estación origen 106A compite por el acceso en el canal. Cuando se ha apoderado con éxito del canal, se transmite la señal piloto MIMO 3405, seguida de la solicitud 3410. El mensaje puede incluir el ID BSS, el ID MAC de la STA origen y un ID MAC de la STA objetivo, si se conoce. Puede usarse otra señalización para despejar adicionalmente el canal, tal como CTS y RTS. La STA respondedora 106B transmite una señal piloto orientada 3420 seguida de una confirmación de recepción y de información de retorno sobre velocidad 3425. La señal piloto orientada 3420 se transmite después de la SIFS 3415 tras la solicitud 3410. En la realización de ejemplo, en la que el punto de acceso heredado es un punto de acceso 802.11, debe recordarse que la SIFS tiene la prioridad más alta y, por tanto, la estación respondedora 106B mantendrá el control del canal. Las diversas transmisiones descritas en la Figura 34 pueden transmitirse con separaciones SIFS entre sí para mantener el control del canal hasta que finalice la comunicación entre homólogos.

En una realización de ejemplo puede determinarse la duración máxima de la ocupación de canal. La señal piloto orientada 3430, posterior a la información de retorno sobre velocidad 3425, y los datos 3435 se transmiten desde la STA origen 106A hasta la STA respondedora 106B según esa información de retorno sobre velocidad. Después de los datos 3435, la STA respondedora STA 106B transmite la señal piloto orientada 3440, además de una confirmación de recepción y control de velocidad 3445. En respuesta, la estación origen 106A transmite una señal piloto orientada 3450 seguida de datos 3455.

El proceso puede continuar indefinidamente o hasta el tiempo máximo permitido para el acceso al canal, dependiendo del periodo implantado. Aunque no se muestra en la Figura 34, la STA respondedora también puede transmitir datos, y la estación origen puede transmitir asimismo control de velocidad. Estos segmentos de datos pueden combinarse con los mostrados en la Figura 34 para maximizar la eficacia (es decir, no es necesario intercalar las SIFS entre estas transmisiones).

Cuando dos o más BSS se solapan, puede ser deseable implantar mecanismos que permitan que el canal se comparta de manera coordinada. A continuación se describen varios mecanismos de ejemplo, junto con procedimientos de funcionamiento de ejemplo asociados a cada uno. Estos mecanismos pueden implantarse de manera combinada.

Un primer mecanismo de ejemplo es la selección de frecuencia dinámica (DFS). Antes de establecer un BSS, puede ser necesario que las WLAN busquen el medio inalámbrico para determinar la mejor asignación de frecuencia (FA) para establecer operaciones para el BSS. En el proceso de buscar las FA candidatas, un AP también puede crear una lista de vecinos para facilitar el redireccionamiento y el traspaso entre AP. Además, la WLAN puede sincronizar la temporización de tramas MAC con BSS vecinos (descritos posteriormente en mayor detalle). La DFS puede usarse para distribuir los BSS para minimizar la necesidad de sincronización entre BSS.

Un segundo mecanismo de ejemplo es la sincronización entre BSS. Durante un procedimiento DFS, un AP puede adquirir la temporización de los BSS vecinos. En general, puede ser deseable sincronizar todos los BSS (en una única FA en una realización, o a través de múltiples FA en una realización alternativa) para facilitar el traspaso entre BSS. Sin embargo, con este mecanismo, al menos esos BSS que funcionan en la misma FA en gran cercanía entre sí, sincronizan sus tramas MAC. Además, si los BSS cocanal están solapados (es decir, los AP pueden detectarse entre sí), el AP recién llegado puede avisar al AP establecido de su presencia e instaurar un protocolo de compartición de recursos, como se describe a continuación.

Un tercer mecanismo de ejemplo es un protocolo de compartición de recursos. Los BSS solapados en la misma FA pueden compartir de manera equitativa el canal. Esto puede hacerse alternando tramas MAC entre los BSS de alguna manera definida. Esto permite que el tráfico en cada BSS use el canal sin riesgo de interferencias de BSS vecinos. La compartición puede hacerse entre todos los BSS solapados. Por ejemplo, con 2 BSS solapados, un AP usa tramas MAC de numeración par y el otro AP usa tramas MAC de numeración impar. Con 3 BBS solapados, la

compartición puede llevarse a cabo con módulo 3, etc. Realizaciones alternativas pueden implementar cualquier tipo de esquema de compartición. Los campos de control del mensaje de información de control BCH pueden indicar si se permite la compartición de recursos y el tipo de ciclos de compartición. En este ejemplo, la temporización de todas las STA en el BSS se ajusta al ciclo de compartición apropiado. En este ejemplo, la latencia aumentará con los BSS solapados.

Un cuarto mecanismo de ejemplo es la resincronización asistida por STA. Es posible que dos BSS no se detecten entre sí, pero una nueva STA en el área solapada puede detectar a ambos. La STA puede determinar la temporización de ambos BSS y notificarla a los mismos. Además, la STA puede determinar el desfase de tiempo e indicar qué AP debería reajustar su temporización de trama y en qué cantidad. Esta información tiene que propagarse a todos los BSS conectados al AP y todos ellos deberán reestablecer la temporización de tramas para lograr la sincronización. La resincronización de tramas puede anunciarse en el BCH. El algoritmo puede generalizarse para tratar más BSS solapados ajenos.

A continuación se describen procedimientos de ejemplo, los cuales pueden implantarse en uno o más de los mecanismos que acaban de describirse.

La sincronización puede llevarse a cabo durante el encendido del AP o en otros momentos designados. La temporización del sistema puede determinarse buscando todas las FA para sistemas cercanos. Para facilitar la sincronización, puede usarse un conjunto de códigos ortogonales para ayudar a distinguir diferentes AP. Por ejemplo, los AP tienen balizas conocidas que se repiten en cada trama MAC. Estas balizas pueden estar cubiertas con secuencias Walsh (por ejemplo, de longitud 16). Por tanto, un dispositivo, como un AP o una STA, pueden llevar a cabo mediciones de intensidad de señal piloto (PSM) de los AP locales para determinar los BSS solapados. Como se describe posteriormente en mayor detalle, las STA activas, asociadas a un AP, pueden transmitir ecos para ayudar en la sincronización. Los ecos pueden usar temporización y un recubrimiento correspondiente al recubrimiento de AP. Por tanto, cuando los BSS se solapan pero los AP respectivos de esos BSS no pueden detectar señales entre sí, un eco de una STA puede recibirse en un AP vecino, proporcionando así información acerca de su AP y una señal con la que el AP vecino puede sincronizarse. Debe observarse que los códigos de recubrimiento ortogonal pueden reutilizarse en diferentes FA.

La selección de un recubrimiento Walsh puede hacerse de manera determinista en función del conjunto de recubrimientos Walsh no detectados (es decir, seleccionar un recubrimiento Walsh que no se ha detectado en un AP vecino). Si todos los recubrimientos están presentes, el código correspondiente al nivel de señal recibida (RSL) más débil puede reutilizarse por el nuevo AP. Si no, en una realización, puede seleccionarse el código que maximice el punto de funcionamiento para el AP (véase la reducción de potencia estructurada para una reutilización adaptativa, descrita posteriormente).

En este ejemplo, los contadores de trama transmitidos por cada AP están escalonados entre sí. El escalonamiento usado corresponde al índice de recubrimiento Walsh. Por tanto, un AP0 usa código Walsh 0. Un APj usa un recubrimiento Walsh *j*, y su contador de tramas valdrá 0 cada vez que el contador de tramas AP0 sea igual a *j*.

Durante el encendido, o en cualquier momento en que vaya a llevarse a cabo la sincronización, un AP escucha balizas de AP vecinos y/o ecos de STA. Tras no detectarse ningún sistema vecino, el AP establece su propia referencia de tiempo. Esto puede ser arbitrario o estar relacionado con GPS o con cualquier otra referencia de tiempo local. Tras detectarse un único sistema, la temporización local se establece de manera correspondiente. Si el AP detecta dos o más sistemas que funcionan con diferentes líneas de tiempo, el AP puede sincronizarse con el sistema que tenga la señal más intensa. Si los sistemas están funcionando en la misma asignación de frecuencia (FA), el AP puede tratar de asociarse con el AP más débil para informarle sobre el otro AP cercano que está funcionando conforme a un reloj independiente. El nuevo AP trata de informar al AP más débil acerca del reajuste de tiempo requerido para sincronizar ambas zonas de AP. El AP de zona más débil puede reajustar su temporización. Esto puede repetirse en múltiples AP vecinos. El nuevo AP puede establecer su temporización con la temporización sincronizada de los dos o más sistemas. En una situación en la que todos los AP vecinos no pueden, por cualquier motivo, sincronizarse a una única temporización, el nuevo AP puede sincronizarse con cualquiera de los AP vecinos.

La selección de frecuencia dinámica puede llevarse a cabo durante el encendido del AP. Tal y como se ha indicado anteriormente, normalmente es deseable minimizar el solapamiento de los BSS con la selección de DFS para minimizar el número de BSS que necesitan sincronizarse y cualquier retardo o reducción del caudal de tráfico que pueda estar asociado con la sincronización (es decir, un BSS con acceso a todo el medio en una FA puede ser más eficaz que un BSS que debe compartir el medio con uno o más BSS vecinos). Después de la sincronización, el nuevo AP puede seleccionar la FA que tenga el RSL mínimo asociado al mismo (es decir, cuando se miden AP vecinos o durante el periodo de eco). El AP puede consultar periódicamente las STA para obtener mediciones de señales piloto de AP. Asimismo, el AP puede planificar periodos de silencio para permitir la valoración de los niveles de interferencia en el AP provocados por las STA de otras zonas (es decir, BSS vecinos). Si los niveles RSL son excesivos, el AP puede tratar de encontrar otra FA durante periodos no planificados y/o establecer una política de reducción de potencia, como se describe posteriormente.

Tal y como se ha descrito anteriormente, los AP pueden estar organizados según un código de recubrimiento de señales piloto. Cada AP puede usar un recubrimiento de secuencia Walsh de longitud 16, en este ejemplo. Puede usarse cualquier número de códigos de diversas longitudes. El recubrimiento de señal piloto se usa para modular el signo de la baliza con respecto a un periodo de supertrama. En este ejemplo, el periodo de supertrama equivale a 32 ms (es decir, 16 balizas de trama MAC consecutivas). Después, las STA pueden integrarse de manera coherente en el intervalo de supertrama para determinar la potencia de señal piloto asociada a un AP dado. Como se ha descrito anteriormente, un AP puede seleccionar su código Walsh a partir del sondeo de códigos Walsh no detectados disponibles. Si se detectan todos los códigos (en la misma FA), entonces el AP puede clasificarlos del más robusto al más débil. El AP puede reutilizar el código Walsh correspondiente al código Walsh detectado más débil.

Para facilitar la identificación de los AP vecinos, las STA pueden usarse para transmitir un eco para identificar su AP respectivo. Por tanto, como se ha descrito anteriormente, un AP que no detecte un AP vecino puede detectar un eco de STA correspondiente, identificando por tanto el AP y su temporización. Cada AP puede transmitir información de configuración en su baliza, y cada STA puede funcionar como un repetidor para retransmitir la información de configuración de AP, así como temporización, a cualquier AP vecino receptor.

Puede ser necesario que las STA activas transmitan, a petición del AP, un patrón predefinido que permita a los AP cercanos que funcionan en la misma FA detectar la presencia del sistema vecino. Una manera sencilla de facilitar esto es definir un intervalo de observación en la trama MAC (por ejemplo, entre los segmentos FCH y RCH) no utilizado por el AP para ningún tráfico. La duración del intervalo de observación puede definirse para que sea lo suficiente larga como para permitir el máximo retardo de propagación diferencial entre las STA asociadas al AP y las STA asociadas a un AP vecino (por ejemplo, 160 fragmentos de información o 2 símbolos OFDM). Por ejemplo, las STA asociadas al AP que usa código de recubrimiento Walsh j, pueden transmitir el eco siempre que su contador de tramas MAC sea igual a 0. El eco se codifica con información necesaria para permitir que los AP vecinos detecten la presencia y coexistan de manera eficaz con las STA de la zona de AP adyacente.

Puede implantarse una reducción de potencia estructurada para una reutilización adaptativa. Cuando un sistema se congestiona hasta el punto en que cada FA debe reutilizarse cerca de otro AP, puede ser deseable imponer un esquema de reducción de potencia estructurada para permitir que los terminales de ambas zonas funcionen con la máxima eficacia. Cuando se detecta la congestión, puede usarse control de potencia para mejorar la eficacia del sistema. Es decir, en lugar de transmitir a toda potencia todo el tiempo, los AP pueden usar un esquema de reducción de potencia estructurada que está sincronizado con su contador de tramas MAC.

Como un ejemplo, supóngase que dos AP están funcionando en la misma FA. Una vez que los AP detectan esta condición, pueden establecer una política de reducción de potencia conocida. Por ejemplo, ambos AP usan un esquema de reducción que permite potencia total, Ptot, en la trama MAC 0, Ptot(15/16) en la trama MAC 1, …, Ptot/16 en la trama MAC 15. Puesto que los AP están sincronizados, y sus contadores de tramas escalonados, ninguna zona de AP está usando simultáneamente la potencia total. El objetivo es seleccionar el patrón de reducción que permita a las STA de cada zona de AP funcionar con el mayor caudal de datos posible.

El patrón de reducción usado por un AP dado puede depender del grado de interferencia detectado. En este ejemplo, un AP dado puede usar hasta 16 patrones de reducción conocidos. El patrón de reducción usado puede transportarse por los AP en el BCH y en los ecos transmitidos por las STA asociadas a un AP.

Un esquema de reducción de ejemplo se describe en la patente estadounidense nº 6.493.331, titulada "*Method and apparatus for controlling transmissions of a communications systems*", a nombre de Walton et al., transferida al cesionario de la presente invención.

Otra realización de ejemplo de una técnica de interoperabilidad con sistemas heredados se describe en la Figura 53. Se muestra una trama MAC 1500 de ejemplo, como la descrita anteriormente con respecto a la Figura 15. Se introduce un modo ranurado en el que hay definidos intervalos de ranura 5310. Un intervalo de ranura 5310 comprende un intervalo de señal piloto MIMO 5315 y un espacio intermedio entre ranuras 5320. Las señales piloto 5315 se insertan, como se muestra, para proteger al canal contra las interferencias de otras estaciones (incluyendo AP) que funcionan según determinadas reglas, como el EDCA. La trama MAC modificada 5330 comprende sustancialmente la trama MAC 1500 con señales piloto 5315 insertadas para conservar el control del medio. La Figura 53 es simplemente ilustrativa, como resultará evidente a un experto en la técnica. Un modo ranurado puede incorporarse en cualquier tipo de trama MAC, donde varios ejemplos se describen en este documento.

En este ejemplo, con fines ilustrativos, se supone un sistema 802.11 heredado que usa tramas MAC que son múltiplos de 1,204 ms. La trama MAC puede fijarse para que tenga una longitud de 2,048 ms y ser síncrona. En el tiempo de transmisión de baliza objetivo (TBTT), se anuncia una duración CFP para hacer que las STA fijen sus NAV. Durante el CFP, las STA del BSS no deben transmitir a no ser que se sondeen. Opcionalmente, tal y como se ha descrito anteriormente, un AP puede enviar una RTS y hacer que las STA propaguen una CTS idéntica para despejar adicionalmente el BSS. Esta CTS puede ser una transmisión sincronizada desde todas las STA. En este ejemplo, la fluctuación puede eliminarse garantizando que las tramas MAC siempre empiecen en los límites de 2,048 ms. Esto mantiene la sincronización de tiempo entre BSS adyacentes/solapados incluso con TBTT reducidos con

anterioridad. Otras técnicas, como las descritas anteriormente, pueden combinarse con la técnica descrita a continuación. Una vez que el medio se haya reservado para la trama MAC modificada 5330, usando cualquier técnica disponible, puede implantarse el modo ranurado para mantener la posesión del medio, para impedir que una STA heredada interfiera en las transmisiones planificadas, reduciéndose por tanto posiblemente las ganancias de caudal de tráfico de un sistema de nueva clase (es decir, uno que usa un esquema como el mostrado en la Figura 15 o en la Figura 53, u otros descritos en este documento).

En este ejemplo, el AP de nueva clase está sujeto a reglas CSMA para apoderarse del canal. Sin embargo, antes de esto, debe tratar de determinar la presencia de otro BSS, ya sea detectando la baliza u otras STA. Sin embargo, la sincronización no es necesaria para permitir una compartición de recursos equitativa.

Una vez que se ha(n) detectado el/los BSS vecino(s), el AP de nueva clase puede apoderarse del canal transmitiendo su baliza. Para bloquear a otros usuarios, el AP de nueva clase transmite señales piloto con una frecuencia que impide que otras STA usen el canal (es decir, no hay periodos de inactividad superiores a una PIFS = 25 μs).

El AP de nueva clase puede fijar un temporizador que le permita ocupar el canal durante un tiempo fijo determinado de manera equitativa. Éste puede estar sincronizado de manera aproximada con el periodo de baliza de un AP heredado o ser asíncrono (es decir, 100 ms cada 200 ms).

El AP de nueva clase puede apropiarse del canal en cualquier instante durante su intervalo permitido, que puede estar retardado por usuarios de BSS heredados. El AP de nueva clase puede renunciar al canal antes de que su tiempo haya expirado si no hay tráfico al que prestar servicio. Cuando el AP de nueva clase se apodera del canal, su uso está limitado a un periodo de tiempo equitativo. Además, la temporización establecida por el AP de nueva clase puede ser compatible con la temporización de tramas MAC establecida. Es decir, balizas de nueva clase se producen en los límites de 2,048 ms del reloj de AP de nueva clase. De esta manera, las STA de nueva clase pueden mantener la sincronización consultando estos intervalos específicos para determinar si el AP HT se ha apoderado del canal.

El AP de nueva clase puede difundir sus parámetros de trama en una baliza. Parte de los parámetros de trama puede incluir la separación entre intervalos de señal piloto que indica la frecuencia de la transmisión de señales piloto a través de la trama MAC. Debe observarse que el AP de nueva clase puede planificar las STA de modo que su transmisión se solape con la señal piloto de ráfaga periódica. En este caso, la STA cuya asignación está solapada, sabe esto e ignora la señal piloto durante ese periodo. Otras STA no saben esto y, por lo tanto, usan un detector de umbrales para validar si la señal piloto se transmitió durante el intervalo especificado.

Es posible que una STA pueda transmitir una señal piloto en el momento en que se supone que el AP va a transmitir, o que el AP esté transmitiendo una señal piloto orientada a una STA durante este intervalo. Para evitar que otras STA usen esta señal piloto, corrompiendo de este modo sus estimaciones de canal, la señal piloto de AP puede usar recubrimientos Walsh que sean ortogonales a los recubrimientos Walsh de señales piloto comunes. Puede implantarse una estructura para asignar recubrimientos Walsh. Por ejemplo, cuando las STA y los AP usan diferentes recubrimientos Walsh, el espacio Walsh puede incluir 2N recubrimientos, donde N recubrimientos están reservados a los AP y el resto a las STA asociadas a un AP dado que usa un recubrimiento que está acoplado de manera conocida al recubrimiento Walsh del AP respectivo.

Cuando el AP de nueva clase transmite una asignación a una STA, se espera que el STA la transmita durante el intervalo especificado. Es posible que la STA no pueda recibir la asignación, en cuyo caso el canal puede estar sin usar durante un intervalo más grande que una PIFS. Para evitar que esto suceda, el AP puede detectar el canal para $t < SIFS$ y determinar si está ocupado. Si no, el AP puede apoderarse inmediatamente del canal transmitiendo una señal piloto, en una fase correspondiente.

Las asignaciones de canal de nueva clase pueden estar ranuradas en intervalos de SIFS (16 μs). De esta manera puede garantizarse la ocupación del canal para evitar la presencia de usuarios heredados durante el periodo de uso exclusivo de nueva clase.

El RCH debe estar diseñado para permitir la interoperabilidad, ya que la duración del RCH podría superar los 16 μs. Si el RCH no puede soportarse fácilmente en una realización dada, el RCH puede asignarse para funcionar en los modos heredados cuando el MAC de nueva clase no controla el canal (es decir, coexiste en el modo heredado). El F-RCH puede soportarse permitiendo que las STA transmitan solicitudes de acceso en cualquier momento después de la transmisión de una seña piloto (es decir, esperar 4 μs y transmitir durante 8 μs), como se ilustra en la Figura 53.

Realización de ejemplo: WLAN MIMO 802.11 mejorada

A continuación se describe una realización de ejemplo que ilustra varios aspectos introducidos anteriormente, así

como aspectos adicionales. En este ejemplo se ilustra una WLAN 802.11 mejorada que usa MIMO. Se describen varias mejoras en el MAC, así como estructuras de datos y mensajería correspondientes para su uso en la capa MAC y la capa física. Los expertos en la técnica reconocerán que solo se describe un subconjunto ilustrativo de características de una WLAN, y adaptarán fácilmente las enseñanzas de este documento a la interoperabilidad con sistemas heredados 802.11, así como a la interoperabilidad con otros sistemas.

La realización de ejemplo, descrita a continuación, incluye interoperabilidad con STA 802.11a, 802.11g heredadas, así como con el borrador 802.11e y la norma final anticipada. La realización de ejemplo comprende un AP OFDM MIMO, llamado así para distinguirlo de los AP heredados. Debido a la compatibilidad con versiones anteriores, como se describe a continuación, las STA heredadas pueden asociarse con un AP OFDM MIMO. Sin embargo, el AP OFDM MIMO puede rechazar explícitamente una solicitud de asociación procedente de una STA heredada, si se desea. Procedimientos DFS pueden dirigir la STA rechazada a otro AP que soporte un funcionamiento heredado (el cual puede ser un AP heredado u otro AP OFDM MMO).

Las STA OFDM MIMO pueden asociarse a un BSS 802.11a o 802.11g o a un BSS independiente (IBSS) cuando no hay ningún AP presente. Por tanto, para este funcionamiento, una STA de este tipo implementará todas las características obligatorias de las normas 802.11a, 802.11g, así como del borrador final anticipado de la norma 802.11e.

Cuando las STA OFDM MIMO y heredadas comparten el mismo canal de RF, ya sea en un BSS o un IBSS, se soportan varias características: la máscara espectral PHY OFDM MIMO propuesta es compatible con la máscara espectral 802.11a, 802.11g existente, de manera que no se introduce ninguna interferencia de canal adyacente adicional en las STA heredadas. El campo SEÑAL ampliado de la cabecera PLCP (descrita posteriormente) es compatible con versiones anteriores del campo SEÑAL de la norma 802.11 heredada. Valores de VELOCIDAD no usados del campo SEÑAL heredado se fijan para definir nuevos tipos de PPDU (descritos posteriormente). La función de coordinación adaptativa (ACF) (descrita posteriormente) permite una compartición arbitraria del medio entre STA OFDM MIMO y heredadas. Periodos de EDCA 802.11e, de CAP 802.11e y el SCAP (introducido posteriormente) pueden intercalarse de manera arbitraria en cualquier intervalo de baliza, según determine el planificador de AP.

Tal y como se ha descrito anteriormente, se requiere un MAC de alto rendimiento para soportar de manera eficaz las altas velocidades de transferencia de datos permitidas por la capa física WLAN MIMO. A continuación se describen varios atributos de esta realización de MAC de ejemplo. En lo que sigue se mostrarán varios atributos de ejemplo.

La adaptación de las velocidades y los modos de transmisión PHY utilizan de manera eficaz la capacidad del canal MIMO.

El servicio de baja latencia de la PHY proporciona pequeños retardos de extremo a extremo para afrontar los requisitos de aplicaciones (por ejemplo, multimedia) de alto caudal de tráfico. Un funcionamiento de baja latencia puede conseguirse con técnicas MAC basadas en contienda a baja carga, o usando planificación centralizada o distribuida en sistemas altamente cargados. La baja latencia proporciona muchos beneficios. Por ejemplo, la baja latencia permite una rápida adaptación de la velocidad para maximizar la velocidad de transferencia de datos en la capa física. La baja latencia permite una implementación MAC económica con pequeñas memorias intermedias, sin ARQ de demora. La baja latencia también minimiza el retardo de extremo a extremo en aplicaciones multimedia y de alto caudal de tráfico.

Otro atributo es una alta eficacia MAC y una baja sobrecarga por contienda. En los MAC basados en contienda, a altas velocidades de transferencia de datos, el tiempo ocupado por transmisiones útiles se reduce, mientras que se malgasta una mayor fracción de tiempo en periodos de sobrecarga, de colisiones y de inactividad. El tiempo perdido en el medio puede reducirse mediante planificación, así como agregando múltiples paquetes de capa superior (por ejemplo, datagramas IP) en una única trama MAC. Las tramas compuestas también pueden formarse para minimizar el preámbulo y la información de control de acondicionamiento.

Las altas velocidades de transferencia de datos permitidas por la PHY permiten un tratamiento simplificado de la QoS.

Las mejoras de ejemplo en el MAC, descritas a continuación, están diseñadas para afrontar los anteriores criterios de rendimiento de una manera compatible con versiones anteriores de 802.11g y 802.11a. Además, la adquisición de y la mejora con respecto a características incluidas en el borrador de la norma 802.11e, descrita anteriormente, incluyen características tales como la TXOP y el protocolo de enlace directo (DLP), así como el mecanismo de Ack de bloque opcional.

En la descripción de las siguientes realizaciones de ejemplo se utiliza nueva terminología para algunos conceptos introducidos anteriormente. La Tabla 1 muestra una correspondencia con la nueva tecnología.

Tabla 1. Correspondencia entre terminologías

Terminología anterior Términos usados en párrafos anteriores	**Correspondencia con la nueva terminología** Términos usados en los párrafos siguientes
PDU MUX o MPDU	Trama MAC
MPDU parcial	Fragmento de trama MAC
MACPDU	PPDU
Mensaje de canal de radiodifusión (BCH) y mensaje de canal de control (CCH)	Mensaje SCHED
Subcanales de mensaje de canal de control	Segmentos CTRLJ del mensaje SCHED
Intervalo de trama MAC TDD	Periodo de acceso planificado (SCAP)
F-TCH (canal de tráfico directo)	Transmisiones AP-STA planificadas
R-TCH (canal de tráfico inverso)	Transmisiones STA-AP o STA-STA planificadas
A-TCH (canal de tráfico *ad-hoc* entre homólogos)	EDCA protegido o EDCA OFDM MIMO
PCCH (canal de control entre homólogos)	Campo SEÑAL de cabecera PLCP
RCH	FRACH

Agregación de tramas flexible

En esta realización de ejemplo se proporciona la agregación de tramas flexible. La Figura 35 ilustra la encapsulación de una o más tramas (o fragmentos) MAC en una trama compuesta. La agregación de tramas permite la encapsulación de una o más tramas (o fragmentos) MAC 3510 en una trama compuesta 3520, que puede incorporar compresión de cabecera, descrita posteriormente. La trama MAC compuesta 3520 forma una PSDU 3530, que puede transmitirse como una única PPDU. La trama compuesta 3520 puede incluir tramas (o fragmentos) encapsulados 3510 de datos tipo, gestión o control. Cuando se permite la privacidad, los datos útiles de trama pueden cifrarse. La cabecera de trama MAC de una trama cifrada se transmite sin cifrar.

Esta agregación de tramas de nivel MAC que acaba de describirse permite la transmisión de tramas con cero IFS o BIFS (separación entre tramas mediante ráfaga, descrita posteriormente en mayor detalle) a la misma STA receptora. En determinadas aplicaciones, es deseable permitir que el AP transmita tramas sin IFS, o tramas compuestas, a múltiples STA receptoras. Esto se permite usando la trama SCHED, descrita posteriormente. La trama SCHED define el tiempo de inicio de múltiples TXOP. Los preámbulos y las IFS pueden eliminarse cuando el AP hace transmisiones contiguas a múltiples STA receptoras. Esto se denomina agregación PPDU para diferenciarlo de la agregación de tramas de nivel MAC.

Una transmisión de trama MAC compuesta (es decir, una PPDU) de ejemplo empieza con un preámbulo seguido de la cabecera PLCP OFDM MIMO (que incluye un campo SEÑAL, que comprende dos campos, SEÑAL1 y SEÑAL2), seguida de símbolos de acondicionamiento OFDM MIMO (si los hubiera). Posteriormente se describen en mayor detalle formatos de PPDU de ejemplo con respecto a las Figuras 49 a 52. La trama MAC compuesta agrega de manera flexible una o más tramas o fragmentos encapsulados que van a transmitirse a la misma STA receptora. (El mensaje SCHED, descrito posteriormente, permite la agregación de TXOP desde el AP hasta múltiples STA receptoras). No hay ninguna restricción en el número de tramas y fragmentos que pueden agregarse. Puede haber un límite en el tamaño máximo de una trama compuesta, el cual se establece mediante negociación. Normalmente, la primera y la última trama de la trama compuesta pueden ser fragmentos que se crean para un empaquetado eficaz. Cuando varias tramas de datos encapsuladas se incluyen en una trama compuesta, las cabeceras MAC de las tramas de datos de QoS y de datos pueden comprimirse, como se describe posteriormente.

El MAC de transmisión puede tratar de minimizar la información de control PHY y PLCP y los periodos de inactividad usando la agregación de tramas flexible. Esto puede conseguirse agregando tramas para eliminar la separación entre tramas y las cabeceras PLCP, así como la fragmentación de tramas flexible, para ocupar totalmente el espacio disponible en una TXOP. En una técnica de ejemplo, el MAC calcula en primer lugar el número de octetos que han de proporcionarse a la PHY en función de la velocidad actual de transferencia de datos y la duración de la TXOP asignada o basada en contienda. Después, tramas MAC completas y fragmentadas pueden empaquetarse para ocupar toda la TXOP.

Si una trama completa no cabe en el espacio restante de una TXOP, el MAC puede fragmentar la siguiente trama para ocupar tantos octetos restantes de la TXOP como sea posible. Las tramas pueden fragmentarse de manera arbitraria para un empaquetado eficaz. En una realización de ejemplo, esta fragmentación arbitraria está sujeta a la restricción de un máximo de 16 fragmentos por trama. En realizaciones alternativas, esta limitación puede no ser necesaria. El/los fragmento(s) restante(s) de la trama MAC puede(n) transmitirse en una TXOP subsiguiente. En la TXOP subsiguiente, el MAC puede dar mayor prioridad a los fragmentos de una trama no transmitida completamente, si se desea.

Una cabecera de agregación (2 octetos en este ejemplo), descrita posteriormente en mayor detalle, se inserta en la cabecera MAC de cada trama (o fragmento) encapsulada que se inserta en la trama compuesta. Un campo Longitud de la cabecera de agregación indica la longitud (en octetos) de la trama MAC encapsulada y se usa por el receptor para extraer tramas (y fragmentos) de la trama compuesta. El campo Tamaño de PPDU del campo SEÑAL propuesto proporciona el tamaño de la transmisión PPDU OFDM MIMO (número de símbolos OFDM), mientras que la longitud de cada trama MAC encapsulada (en octetos) se indica mediante la cabecera de agregación.

Compresión de cabecera de tramas encapsuladas

La Figura 36 ilustra una trama MAC heredada 3600, que comprende una cabecera MAC 3660, seguida de un cuerpo de trama 3650 (que puede incluir un número variable de octetos, N) y un símbolo de comprobación de trama (FCS) 3655 (4 octetos en este ejemplo). Este formato de trama MAC de la técnica anterior está descrito en la norma 802.11e. La cabecera MAC 3660 comprende un campo Control de Trama 3610 (2 octetos), un campo Duración/ID 3615 (2 octetos), un campo Control de Secuencia 3635 (2 octetos) y un campo Control de QoS 3645 (2 octetos). Además, se incluyen cuatro campos de dirección, Dirección 1 3620, Dirección 2 3625, Dirección 3 3630 y Dirección 4 3640 (cada uno de 6 octetos). Estas direcciones también pueden denominarse TA, RA, SA y DA, respectivamente. La TA es la dirección de la estación transmisora. La RA es la dirección de la estación receptora. La SA es la dirección de la estación origen. La DA es la dirección de la estación destino.

Cuando varias tramas de datos encapsuladas se incluyen en una trama compuesta, las cabeceras MAC de las tramas de datos QoS y de datos pueden comprimirse. Cabeceras MAC comprimidas de ejemplo de tramas de datos QoS se muestran en las Figuras 37 a 39. Debe observarse que el FCS se calcula con respecto a la cabecera MAC comprimida y en los datos útiles (cifrados o no cifrados).

Tal y como se muestra en las Figuras 37 a 39, cuando las tramas se transmiten usando una PPDU de datos MIMO (tipo 0000), un campo de cabecera de agregación se introduce en la cabecera MAC 3660 de la trama MAC 3600 para crear una trama MAC encapsulada, es decir, 3705, 3805 ó 3905, respectivamente. La cabecera MAC, que incluye el campo Cabecera de Agregación, se llama Cabecera MAC Ampliada (es decir, 3700, 3800 ó 3900). Una o más tramas encapsuladas de gestión, control y/o datos (incluyendo datos QoS) pueden agregarse en una trama MAC compuesta. Cuando se usa la privacidad de datos, los datos útiles de las tramas de datos QoS o de datos pueden cifrarse.

La Cabecera de Agregación 3710 se inserta para cada trama (o fragmento) insertada en la trama compuesta (3705, 3805 ó 3905, respectivamente). La compresión de cabeceras se indica por el campo Tipo de Cabecera de Agregación, descrito posteriormente. Las cabeceras de trama de las tramas de datos QoS y de datos pueden comprimirse para eliminar campos redundantes. La trama compuesta 3705, mostrada en la Figura 37, ilustra una trama no comprimida, que incluye las cuatro direcciones y el campo Duración/ID.

Después de transmitir una trama compuesta no comprimida, no es necesario que tramas compuestas adicionales identifiquen las direcciones de las estaciones transmisoras y receptoras ya que son idénticas. Por tanto, la Dirección 1 3620 y la Dirección 2 3625 pueden omitirse. No es necesario incluir el campo Duración/ID 3615 para tramas subsiguientes en la trama compuesta. La duración puede usarse para fijar el NAV. El campo Duración/ID contiene información de control según el contexto. En mensajes de sondeo, contiene el ID de acceso (AID). En otros mensajes, el mismo campo especifica la duración para fijar el NAV. La trama correspondiente 3805 se ilustra en la Figura 38.

Una compresión adicional es disponible cuando la dirección de estación origen y la dirección de estación destino contienen información duplicada. En este caso, la Dirección 3 3630 y la Dirección 4 3640 también pueden eliminarse, dando como resultado la trama 3905 ilustrada en la Figura 39.

Cuando se han eliminado los campos, para llevar a cabo la descompresión el receptor puede insertar el campo correspondiente de la cabecera anterior (después de la descompresión) en la trama compuesta. En este ejemplo, la primera trama de una trama compuesta siempre usa la cabecera descomprimida. El descifrado de los datos útiles puede necesitar algunos campos de la cabecera MAC que puedan haberse eliminado para la compresión de la cabecera. Después de la descompresión de la cabecera de trama, estos campos pueden volverse disponibles para el motor de descifrado. El campo Longitud es usado por el receptor para extraer tramas (y fragmentos) de la trama compuesta. El campo Longitud indica la longitud de la trama con la cabecera comprimida (en octetos).

Después de la extracción, el campo Cabecera de Agregación se elimina. La trama descomprimida se proporciona después al motor de descifrado. Los campos de las cabeceras MAC (descomprimidas) pueden ser necesarios para verificar la integridad del mensaje durante el descifrado.

La Figura 40 ilustra una Cabecera de Agregación 3710 de ejemplo. El campo Cabecera de Agregación se añade a cada cabecera de trama (o fragmento) para una o más tramas (cifradas o no cifradas) que se transmiten en una PPDU de datos MIMO. La Cabecera de Agregación comprende un campo Tipo de Cabecera de Agregación 4010 de 2 bits (para indicar si se utiliza o no la compresión de cabecera, y qué tipo) y un campo Longitud 4030 de 12 bits. Las tramas de tipo 00 no utilizan compresión de cabecera. Las tramas de tipo 01 no incluyen los campos Duración/ID, Dirección 1 y Dirección 2. Las tramas de tipo 10 no incluyen los mismos campos eliminados de las tramas de tipo 01, no incluyendo además los campos Dirección 3 y Dirección 4. El campo Longitud 4030 de la Cabecera de Agregación indica la longitud de la trama en octetos con la cabecera comprimida. 2 bits 4020 están reservados. Los tipos de Cabecera de Agregación se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Tipo de Cabecera de Agregación

Bit 0	**Bit 1**	**Significado**
0	0	No comprimida
0	1	Campos Duración/ID, Dirección 1 y Dirección 2 son eliminados
1	0	Campos Duración/ID, Dirección 1, Dirección 2, Dirección 3 y Dirección 4 son eliminados
1	1	Reservados

En esta realización de ejemplo, todas las tramas de gestión y de control que están encapsuladas en una trama compuesta usan la cabecera de trama no comprimida con el tipo de Cabecera de Agregación 00. Las tramas de gestión siguientes pueden encapsularse junto con tramas de datos en una trama compuesta: solicitud de asociación, respuesta de asociación, solicitud de reasociación, respuesta de reasociación, solicitud de sonda, respuesta de sonda, disasociación, autenticación y desautenticación. Las tramas de control siguientes pueden encapsularse junto con tramas de datos en una trama compuesta: Ack de bloque y solicitud de Ack de bloque. En realizaciones alternativas puede encapsularse cualquier tipo de trama.

Función de coordinación adaptativa

La función de coordinación adaptativa (ACF) es una extensión del HCCA y del EDCA que permite un funcionamiento planificado de baja latencia, flexible y altamente eficaz adecuado para el funcionamiento con las altas velocidades de transferencia de datos permitidas por la PHY MIMO. La Figura 41 ilustra una realización de ejemplo de una trama de periodo de acceso planificado (SCAP) para su uso en la ACF. Usando un mensaje SCHED 4120, un AP puede planificar simultáneamente una o más TXOP AP-STA, STA-AP o STA-STA en el periodo conocido como periodo de acceso planificado 4130. Estas transmisiones planificadas se identifican como transmisiones planificadas 4140. El mensaje SCHED 4120 es una alternativa al sondeo HCCA heredado, descrito anteriormente. En la realización de ejemplo, el máximo valor permitido del SCAP es de 4 ms.

En la Figura 41 se muestran transmisiones planificadas 4140 de ejemplo con fines ilustrativos, incluyendo transmisiones de AP a STA 4142, transmisiones de STA a AP 4144 y transmisiones de STA a STA 4146. En este ejemplo, el AP transmite a la STA B 4142A, después a la STA D 4142B y después a la STA G 4142C. Debe observarse que no es necesario introducir espacios intermedios entre estas TXOP, ya que el origen (el AP) es el mismo en cada transmisión. Los espacios intermedios se muestran entre las TXOP cuando el origen cambia (posteriormente se describen en mayor detalle separaciones de ejemplo). En esta ilustración, después de las transmisiones de AP a STA 4142, la STA C transmite al AP 4144A; después de un espacio intermedio, la STA G transmite al AP 4144B y, después de un espacio intermedio, la STA E transmite al AP 4144C. Después se planifica una TXOP entre homólogos 4146. En este caso, la STA E sigue siendo el origen (transmitiendo a la STA F), por lo que no es necesario introducir ningún espacio intermedio si la potencia de transmisión de la STA E no cambia; en caso contrario, puede usarse una separación BIFS. Pueden planificarse transmisiones de STA a STA adicionales, pero no se muestran en este ejemplo. Puede planificarse cualquier combinación de TXOP, en cualquier orden. El orden de los tipos de TXOP mostrados es solamente una convención de ejemplo. Aunque puede ser deseable planificar las TXOP para minimizar el número requerido de espacios intermedios, esto no es obligatorio.

El periodo de acceso planificado 4130 también puede incluir un periodo FRACH 4150 dedicado a transmisiones de canal de acceso aleatorio rápido (FRACH) (en las que una STA puede generar una solicitud de asignación) y/o un periodo EDCA OFDM MIMO 4160 en el que las STA MIMO pueden usar procedimientos EDCA. Estos periodos de acceso basados en contienda están protegidos por el NAV fijado para el SCAP. Durante el periodo EDCA OFDM MIMO 4160, las STA MIMO usan procedimientos EDCA para acceder al medio sin tener que competir con STA heredadas. Las transmisiones durante cualquier periodo de contienda protegido usan la cabecera PLCP MIMO

(descrita posteriormente en mayor detalle). En esta realización, el AP no proporciona ninguna planificación TXOP durante el periodo de contienda protegido.

Cuando solo hay presentes STA MIMO, el NAV del SCAP puede fijarse mediante un campo Duración de la trama SCHED (la trama SCHED se describe posteriormente en mayor detalle). Opcionalmente, si se desea protección contra las STA heredadas, el AP puede anteponer a la trama SCHED 4120 una CTS a uno mismo 4110 para establecer el NAV para el SCAP en todas las STA del BSS.

En esta realización, las STA MIMO respetan los límites del SCAP. La última STA que transmite en un SCAP debe finalizar su TXOP al menos una duración PIFS antes del final del SCAP. Las STA MIMO también respetan los límites de las TXOP planificadas y finalizan su transmisión antes del final de la TXOP asignada. Esto permite a las STA planificadas subsiguientes iniciar su TXOP sin detectar que el canal está inactivo.

El mensaje SCHED 4120 define la planificación. Las asignaciones de TXOP (AP-STA, STA-AP y/o STA-STA) se incluyen en los elementos CTRLJ (4515 a 4530 en la Figura 45, descrita posteriormente) de la trama SCHED. El mensaje SCHED también puede definir la parte del SCAP 4100 dedicada al FRACH 4150, si lo hubiera, y una parte protegida para el funcionamiento EDCA 4160, si lo hubiera. Si no hay ninguna asignación de TXOP planificada incluida en la trama SCHED, entonces todo el SCAP se ignora en las transmisiones EDCA (incluyendo cualquier FRACH) protegidas contra las STA heredadas mediante el NAV fijado para el SCAP.

La longitud máxima de una TXOP planificada o basada en contienda, permitida durante el SCAP puede indicarse en un elemento de capacidades ACF. En esta realización, la longitud del SCAP no cambia durante un intervalo de baliza. La longitud puede indicarse en el elemento de capacidades ACF. Un elemento ACF de ejemplo comprende un campo Longitud SCAP (10 bits), un campo Longitud Máxima de TXOP SCAP (10 bits), un campo Duración IFS de Protección (GIFS) (4 bits), y un campo RESPUESTA FRACH (4 bits). La Longitud SCAP indica la longitud del SCAP para el intervalo de baliza actual. El campo está codificado en unidades de 4 µs. El campo Longitud Máxima de TXOP SCAP indica la longitud máxima permitida de TXOP durante un SCAP. El campo está codificado en unidades de 4 µs. El campo Duración GIFS es el intervalo de protección entre TXOP STA planificadas consecutivas. El campo está codificado en unidades de 800 ns. El campo RESPUESTA FRACH se indica en unidades de SCAP. El AP debe responder a una solicitud recibida usando una PPDU FRACH proporcionando a la STA una TXOP planificada dentro de los SCAP de RESPUESTA FRACH.

La Figura 42 muestra un ejemplo de cómo el SCAP puede usarse junto con el HCCA y el EDCA. En cualquier intervalo de baliza (ilustrado con balizas 4210A a C), el AP tiene total flexibilidad para intercalar de manera adaptativa la duración de un acceso basado en contienda EDCA con la CAP 802.11e y el SCAP OFDM MIMO.

Por tanto, usando la ACF, el AP puede funcionar como un HCCA, pero con la capacidad adicional de asignar periodos para el SCAP. Por ejemplo, el AP puede usar CFP y CP como en la PCF, asignar una CAP para el funcionamiento sondeado como en el HCCA, o puede asignar un SCAP para un funcionamiento planificado. Tal y como se muestra en la Figura 42, en un intervalo de baliza, el AP puede usar cualquier combinación de periodos para accesos basados en contienda (EDCA) 4220A a F, CAP 4230A a F, y SCAP 4100A a I. (Por simplicidad, el ejemplo de la Figura 42 no muestra ninguna CFP). El AP adapta la proporción del medio ocupado mediante diferentes tipos de mecanismos de acceso basándose en sus algoritmos de planificación y sus observaciones de la ocupación del medio. Puede implantarse cualquier técnica de planificación. El AP determina si se están satisfaciendo flujos QoS admitidos y puede usar otras observaciones, incluyendo la ocupación medida del medio para su adaptación.

Anteriormente se han descrito el HCCA y las CAP asociadas. Una CAP 4230 de ejemplo ilustrativo se muestra en la Figura 42. Una TXOP AP 4232 va seguida de un sondeo 4234A. Una TXOP HCCA 4236A va seguida de un sondeo 4234A. Se transmite otro sondeo 4234B, seguido de otra TXOP HCCA respectiva 4236B.

El EDCA se ha descrito anteriormente. Un EDCA 4220 de ejemplo ilustrativo se muestra en la Figura 42. Se muestran varias TXOP EDCA 4222A a C. En este ejemplo se omite un CFP.

Un SCAP 4100, como el mostrado en la Figura 42, puede tener el formato descrito en la Figura 41, incluyendo un campo CTS a uno mismo 4110 opcional, un campo SCHED 4120 y un campo Periodo de Acceso Planificado 4130.

El AP indica un funcionamiento planificado usando el mensaje de indicación de tráfico de suministro (DTIM) 802.11 de la siguiente manera. El DTIM contiene un mapa de bits de ID de acceso (AID) para los que el AP u otra STA del BSS ha recopilado datos. Usando el DTIM, se indica a todas las STA que soportan MIMO que permanezcan activas después de la baliza. En un BSS en el que hay STA MIMO y heredadas, las STA heredadas se planifican en primer lugar, inmediatamente después de la baliza. Justo después de las transmisiones heredadas se transmite el mensaje SCHED, el cual indica la composición del periodo de acceso planificado. Las STA MIMO no planificadas en un periodo de acceso planificado particular pueden permanecer inactivas durante el resto del SCAP y pueden activarse para detectar mensajes SCHED subsiguientes.

También se permiten otros modos de funcionamiento con la ACF. La Figura 43 muestra un funcionamiento de ejemplo en el que cada intervalo de baliza comprende una pluralidad de SCAP 4100 intercalados con periodos de acceso basados en contienda 4220. Este modo permite una compartición "equitativa" del medio, donde los flujos QoS MIMO están planificados durante el SCAP, mientras que flujos MIMO que no son de QoS usan periodos de contienda junto con STA heredadas, si las hay. Periodos intercalados permiten un servicio de baja latencia para STA MIMO y heredadas.

Tal y como se ha descrito anteriormente, el mensaje SCHED del SCAP puede ir precedido de una CTS a uno mismo para la protección contra STA heredadas. Si no hay STA heredadas, no es necesario una CTS a uno mismo (u otra señal de supresión de herencia). La baliza 4210 puede fijar un CFP largo para proteger todos los SCAP contra cualquier STA heredada entrante. Un CP al final del intervalo de baliza permite que las STA heredadas recién llegadas accedan al medio.

Puede permitirse un funcionamiento optimizado de baja latencia con un gran número de STA MIMO usando el funcionamiento de ejemplo mostrado en la Figura 44. En este ejemplo, se supone que las STA heredadas, si las hubiera, solo necesitan recursos limitados. El AP transmite una baliza, estableciendo un CFP largo 4410 y un CP corto 4420. Una baliza 4210 va seguida de cualquier mensaje de radiodifusión/multidifusión para STA heredadas. Después, los SCAP 4100 se planifican de manera contigua. Este modo de funcionamiento también proporciona una gestión de potencia optimizada, ya que las STA necesitan activarse periódicamente para detectar mensajes SCHED y pueden desactivarse durante el intervalo SCAP si no están planificadas en el SCAP actual.

El acceso protegido basado en contienda para las STA MIMO es proporcionado a través de periodos FRACH o EDCA MIMO incluidos en el periodo de acceso planificado 4130 del SCAP 4100. Las STA heredadas pueden acceder mediante contienda al medio durante el CP 4420.

Transmisiones planificadas consecutivas desde el AP pueden planificarse inmediatamente después de la transmisión de la trama SCHED. La trama SCHED puede transmitirse con un preámbulo. Transmisiones de AP planificadas subsiguientes pueden transmitirse sin un preámbulo (puede transmitirse un indicador de si un preámbulo está incluido o no). Un preámbulo PLCP de ejemplo se describe posteriormente en mayor detalle. Las transmisiones de STA planificadas comenzarán con un preámbulo en la realización de ejemplo.

Recuperación tras un error

El AP puede usar varios procedimientos para recuperarse de errores de recepción SCHED. Por ejemplo, si una STA no puede descodificar un mensaje SCHED, no podrá usar su TXOP. Si una TXOP planificada no comienza en el tiempo de inicio asignado, el AP puede iniciar su recuperación transmitiendo en una PIFS después del inicio de la TXOP planificada no usada. El AP puede usar el periodo de la TXOP planificada no usada como una CAP. Durante la CAP, el AP puede transmitir a una o más STA o sondear una STA. El sondeo puede ser en la STA que no captó la TXOP planificada u otra STA. La CAP finaliza antes de la siguiente TXOP planificada.

También pueden usarse los mismos procedimientos cuando una TXOP planificada termina antes de tiempo. El AP puede iniciar su recuperación transmitiendo en una PIFS después del final de la última transmisión en la TXOP planificada. El AP puede usar el periodo no utilizado de una TXOP planificada como una CAP, como acaba de describirse.

Contienda protegida

Tal y como se ha descrito anteriormente, un SCAP también puede contener una parte dedicada a las transmisiones FRACH y/o una parte en la que las STA MIMO pueden usar procedimientos EDCA. Estos periodos de acceso basados en contienda pueden estar protegidos por el NAV fijado para el SCAP.

La contienda protegida complementa el funcionamiento planificado de baja latencia permitiendo que las STA indiquen solicitudes TXOP para ayudar al AP en la planificación. En el periodo EDCA protegido, las STA OFDM MIMO pueden transmitir tramas usando acceso basado en EDCA (protegido contra contiendas con STA heredadas). Usando técnicas heredadas, las STA pueden indicar la solicitud de duración TXOP o el estado de memorias intermedias en el campo Control de QoS 802.11e de la cabecera MAC. Sin embargo, el FRACH es un medio más eficaz que proporciona la misma función. Durante el periodo FRACH, las STA pueden usar contienda basada en el protocolo Aloha ranurado para acceder al canal en ranuras FRACH de tamaño fijo. La PPDU FRACH puede incluir la solicitud de duración de TXOP.

En la realización de ejemplo, las transmisiones de trama MIMO usan la cabecera PLCP MIMO, descrita posteriormente. Puesto que las STA heredadas 802.11b, 802.11a y 802.11g solo pueden descodificar el campo SEÑAL 1 de la cabecera PLCP MIMO (descrita con respecto a la siguiente Figura 50), en presencia de STA que no son MIMO, las tramas MIMO deben transmitirse con protección. Cuando hay STA MIMO y heredadas, las STA que usan procedimientos de acceso EDCA pueden usar una secuencia RTS/CTS heredada para la protección. Las RTS/CTS heredadas se refieren a la transmisión de tramas RTS/CTS usando formatos heredados de trama MAC,

de cabecera PLCP y de preámbulo.

Las transmisiones MIMO también pueden usar los mecanismos de protección proporcionados por la norma 802.11e y el HCCA. Por tanto, las transmisiones desde el AP hasta las STA, las transmisiones sondeadas desde las STA hasta el AP o desde una STA hasta otra STA (usando el protocolo de enlace directo) pueden protegerse usando el periodo de acceso controlado (CAP).

El AP también puede usar CTS a uno mismo heredada para proteger al periodo de acceso planificado (SCAP) MIMO contra las STA heredadas.

Cuando un AP determina que todas las STA presentes en el BSS pueden descodificar la cabecera PLCP MIMO, indica esto en un elemento de capacidades MIMO en la baliza. Esto se denomina BSS MIMO.

En un BSS MIMO, sujeto al EDCA y al HCCA, las transmisiones de trama usan la cabecera PLCP MIMO y símbolos de acondicionamiento OFDM MIMO según reglas de envejecimiento de símbolos de acondicionamiento OFDM MIMO. Las transmisiones en el BSS MIMO usan PLCP MIMO.

Separación reducida entre tramas

Anteriormente se han descrito varias técnicas para reducir de manera genérica la separación entre tramas. En esta sección se ilustran varios ejemplos para reducir la separación entre tramas en esta realización de ejemplo. En transmisiones planificadas, el tiempo de inicio de la TXOP se indica en el mensaje SCHED. La STA transmisora puede iniciar su TXOP planificada en el tiempo de inicio preciso indicado en el mensaje SCHED sin determinar que el medio está inactivo. Tal y como se ha descrito anteriormente, transmisiones de AP planificadas consecutivas durante un SCAP se transmiten sin ninguna IFS mínima.

En la realización de ejemplo, transmisiones de STA planificadas consecutivas (de diferentes STA) se transmiten con una IFS de al menos una IFS de protección (GIFS). El valor por defecto de la GIFS es de 800 ns. Puede elegirse un valor más grande hasta el valor de una IFS de ráfaga (BIFS) definida a continuación. El valor de la GIFS puede indicarse en el elemento de capacidades ACF, descrito anteriormente. Realizaciones alternativas pueden usar cualquier valor para la GIFS y la BIFS.

Transmisiones de PPDU OFDM MIMO consecutivas desde la misma STA (conjunto de TXOP) están separadas por una BIFS. Durante el funcionamiento en la banda de 2,4 GHz, la BIFS es igual a 10 μs y la PPDU OFDM MIMO no incluye la extensión de señal OFDM de 6 μs. Durante el funcionamiento en la banda de 5 GHz, la BIFS vale 10 μs. En una realización alternativa, la BIFS puede fijarse a un valor más grande o más pequeño, incluyendo 0. Para permitir que el control de ganancia automática (AGC) de las STA receptoras conmute entre transmisiones, puede usarse un espacio intermedio mayor que 0 cuando la potencia de transmisión de las STA transmisoras cambia.

Las tramas que requieren una respuesta inmediata de la STA receptora no se transmiten usando una PPDU OFDM MIMO. En cambio, se transmiten usando la PPDU heredada subyacente, es decir, la cláusula 19 de la banda de 2,4 GHz o la cláusula 17 de la banda de 5 GHz. A continuación se muestran algunos ejemplos de cómo se multiplexan en el medio PPDU OFDM MIMO y heredadas.

En primer lugar, considérese una RTS/CTS heredada seguida de un conjunto de PPDU OFDM MIMO. La secuencia de transmisión es la siguiente: RTS heredada - SIFS - CTS heredada - SIFS - PPDU OFDM MIMO - BIFS - PPDU OFDM MIMO. A 2,4 GHz, la PPDU CTS o RTS heredada usa una extensión de señal OFDM y la SIFS vale 10 μs. A 5 GHz, no hay ninguna extensión OFDM, pero la SIFS vale 16 μs.

En segundo lugar, considérese una TXOP EDCA que usa PPDU OFDM MIMO. La secuencia de transmisión es la siguiente: PPDU OFDM MIMO - BIFS - Solicitud de Ack de bloque heredada - SIFS - ACK. La TXOP EDCA se obtiene usando procedimientos EDCA para la clase de acceso (AC) apropiada. Tal y como se ha descrito anteriormente, el EDCA define clases de acceso que pueden usar diferentes parámetros por AC, tales como AIFS[AC], CWmin[AC] y CWmax[AC]. La solicitud de Ack de bloque heredada se transmite con una extensión de señal o una SIFS de 16 μs. Si la solicitud de Ack de bloque se transmite en la trama compuesta dentro de la PPDU OFDM MIMO, no hay ninguna ACK.

En tercer lugar, considérense TXOP planificadas consecutivas. La secuencia de transmisión es la siguiente: PPDU OFDM MIMO STA A - GIFS - PPDU OFDM MIMO STA B. Puede haber un periodo de inactividad después de la transmisión de la PPDU OFDM MIMO STA A si la transmisión de PPDU es más corta que el tiempo máximo permitido asignado de TXOP.

Tal y como se ha descrito anteriormente, la descodificación y desmodulación de las transmisiones OFDM codificadas impone requisitos de procesamiento adicionales en la STA receptora. Para permitir esto, la norma 802.11a y la norma 802.11g permiten un tiempo adicional en la STA receptora antes de que deba transmitirse la ACK. En la norma 802.11a, el tiempo SIFS está fijado a 16 μs. En la norma 802.11g, el tiempo SIFS está fijado a 10 μs, pero se introduce una extensión de señal OFDM adicional de 6 μs.

Puesto que la descodificación y la desmodulación de las transmisiones OFDM MIMO pueden imponer una carga de procesamiento incluso mayor, siguiendo la misma lógica, puede diseñarse una realización para aumentar la SIFS o la extensión de señal OFDM, dando lugar a una mayor reducción en la eficacia. En la realización de ejemplo, ampliando los mecanismos de ACK de bloque y de ACK de bloque retardada de la norma 802.11e, el requisito de una ACK inmediata para todas las transmisiones OFDM MIMO se elimina. En lugar de aumentar el SIFS o la extensión de señal, la extensión de señal se elimina y, en muchas situaciones, la separación entre tramas requerida entre transmisiones consecutivas se reduce o se elimina, dando lugar a una mayor eficacia.

Mensaje SCHED

La Figura 45 ilustra el mensaje SCHED, introducido anteriormente con respecto a la Figura 41 y descrito a continuación en detalle. El mensaje SCHED 4120 es un mensaje de sondeo múltiple que asigna una o más TXOP AP-STA, STA-AP y STA-STA durante un periodo de acceso planificado (SCAP). El uso del mensaje SCHED permite una menor sobrecarga de sondeo y contienda, además de eliminar IFS innecesarias.

El mensaje SCHED 4120 define la planificación durante el SCAP. El mensaje SCHED 4120 comprende una cabecera MAC 4510 (15 octetos en la realización de ejemplo). En la realización de ejemplo, cada uno de los segmentos CTRL0, CTRL1, CTRL2 y CTRL3 (denominados genéricamente en este documento CTRLJ, donde J puede valer de 0 a 3, para ilustrar segmentos 4515 a 4530, respectivamente) tienen una longitud variable y pueden transmitirse a 6, 12, 18 y 24 Mbps, respectivamente, cuando están presentes.

La cabecera MAC 4510 de ejemplo comprende un campo Control de Trama 4535 (2 octetos), un campo Duración 4540 (2 octetos), un campo BSSID 4545 (6 octetos), un campo Gestión de Potencia 4550 (2 octetos) y un campo MAP 4555 (3 octetos). Los bits 13 a 0 del campo Duración 4540 especifican la longitud del SCAP en microsegundos. El campo Duración 4540 es usado por STA que pueden realizar transmisiones OFDM MIMO para fijar el NAV durante el SCAP. Cuando hay STA heredadas en el BSS, el AP puede usar otros medios para proteger el SCAP, por ejemplo, una CTS a uno mismo heredada. En la realización de ejemplo, el valor máximo del SCAP es de 4 ms. El campo BSSID 4545 identifica el AP.

El campo Gestión de Potencia 4550 se muestra en la Figura 46. El campo Gestión de Potencia 4550 comprende un Contador SCHED 4610, un campo reservado 4620 (2 bits), un campo Potencia de Transmisión 4630 y un campo Potencia de Recepción 4640. La potencia de transmisión de AP y la potencia de recepción de AP son como se indica en el campo Gestión de Potencia, y el nivel de potencia de recepción de STA se mide en la STA.

El Contador SCHED es un campo que se incrementa en cada transmisión SCHED (6 bits en este ejemplo). El Contador SCHED se reinicia en cada transmisión de baliza. El Contador SCHED puede usarse con varios fines. Por ejemplo, posteriormente se describe una característica de ahorro de energía que usa el Contador SCHED.

El campo Potencia de Transmisión 4630 representa el nivel de potencia de transmisión que está usando el AP. En la realización de ejemplo, el campo de 4 bits se codifica de la siguiente manera: el valor representa el número de etapas de 4 dB en las que el nivel de potencia de transmisión está por debajo del nivel máximo de potencia de transmisión (en dBm) para ese canal, como se indica en un elemento de información de la baliza.

El campo Potencia de Recepción 4640 representa el nivel de potencia de recepción esperado en el AP. En la realización de ejemplo, el campo de 4 bits se codifica de la siguiente manera: el valor representa el número de etapas de 4 dB en las que el nivel de potencia de recepción está por encima del nivel mínimo de sensibilidad del receptor (-82 dBm). En función del nivel de potencia recibida en una STA, una STA puede calcular su nivel de potencia de transmisión de la siguiente manera: potencia de transmisión de STA (dBm) = potencia de transmisión de AP (dBm) + potencia de recepción de AP (dBm) - potencia de recepción de STA (dBm).

En la realización de ejemplo, durante las transmisiones STA-STA planificadas, el segmento de control se transmite a un nivel de potencia que puede descodificarse tanto en el AP como en la STA receptora. Una notificación de control de potencia del AP o el campo Gestión de Potencia 4550 de la trama SCHED permite que la STA determine el nivel de potencia de transmisión requerido para que el segmento de control pueda descodificarse en el AP. Este aspecto general se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 22. En una transmisión STA-STA planificada, cuando la potencia necesaria para la descodificación en el AP es diferente de la potencia necesaria para la descodificación en la STA receptora, la PPDU se transmite al mayor de los dos niveles de potencia.

El campo MAP 4555, mostrado en la Figura 47, especifica la presencia y la duración de periodos protegidos de acceso basado en contienda durante el SCAP. El campo MAP 4555 comprende un Contador FRACH 4710, un campo Desfase FRACH 4720 y un campo Desfase EDCA 4730. El Contador FRACH 4710 (4 bits) de ejemplo es el número de ranuras FRACH planificadas que empiezan en el Desfase FRACH 4720 (10 bits). Cada ranura FRACH tiene una duración de 28 μs. El valor ‘0’ del Contador FRACH indica que no hay ningún periodo FRACH en el periodo de acceso planificado actual. El Desfase EDCA 4730 es el inicio del periodo EDCA protegido. El campo Desfase EDCA 4730 de ejemplo tiene 10 bits. Tanto el Desfase FRACH 4720 como el Desfase EDCA 4730 están en

unidades de 4 μs empezando por el principio de la transmisión de la trama SCHED.

El mensaje SCHED 4120 se transmite como una PPDU SCHED especial 5100 (Tipo 0010), descrita posteriormente en mayor detalle con respecto a la Figura 51. La presencia dentro del mensaje SCHED 4120 y la longitud de los segmentos CTRL0 4515, CTRL1 4520, CTRL2 4525 y CTRL3 4530 se indican en el campo SEÑAL (5120 y 5140) de la cabecera PLCP de la PPDU SCHED 5100.

La Figura 48 ilustra tramas de control SCHED para la asignación de TXOP. Cada uno de los segmentos CTRL0 4515, CTRL1 4520, CTRL2 4525 y CTRL3 4530 tiene una longitud variable y comprende cero o más elementos de asignación (4820, 4840, 4860 y 4880, respectivamente). Un FCS de 16 bits (4830, 4850, 4870 y 4890, respectivamente) y 6 bits de cola (no mostrados) se añaden por segmento CTRLJ. Para el segmento CTRL0 4515, el FCS se calcula con respecto a la cabecera MAC 4510 y cualquiera de los elementos de asignación CTRL0 4820 (por tanto, la cabecera MAC se muestra añadida delante de CTRL0 4515 en la Figura 48). En la realización de ejemplo, el FCS 4830 para el CTRL0 4515 se incluye incluso si no hay ningún elemento de asignación incluido en el segmento CTRL0.

Tal y como se describe en este documento, el AP transmite asignaciones para transmisiones AP-STA, STA-AP y STA-STA en la trama SCHED. Los elementos de asignación a diferentes STA se transmiten en un segmento CTRLJ según indica la STA en el campo Velocidad SCHED de la cabecera PLCP de sus transmisiones. Debe observarse que los CTRL0 a CTRL3 corresponden a una robustez creciente. Cada STA comienza descodificando la cabecera PLCP de la PPDU SCHED. El campo SEÑAL indica la presencia y la longitud de los segmentos CTRL0, CTRL1, CTRL2 y CTRL3 en la PPDU SCHED. El receptor de la STA empieza descodificando la cabecera MAC y el segmento CTRL0, descodificando cada elemento de asignación hasta el FCS, y prosigue descodificando posteriormente CTRL1, CTRL2 y CTRL3, deteniéndose en el segmento CTRLJ cuyo FCS no puede verificar.

Se definen cinco tipos de elementos de asignación, como se muestra en la Tabla 3. Varios elementos de asignación pueden empaquetarse en cada segmento CTRLJ. Cada elemento de asignación especifica el ID de acceso (AID) de STA transmisora, el AID de STA receptora, el tiempo de inicio de la TXOP planificada y la máxima longitud permitida de la TXOP planificada.

Tabla 3. Tipos de elementos de asignación

Tipo (3 bits)	Tipo de elemento de asignación	Campos (Longitudes en bits)		Longitud total en bits
000	AP-STA símplex	Preámbulo presente AID Inicio de desfase Duración de TXOP	(1) (16) (10) (10)	40
001	STA-AP símplex	AID Inicio de desfase Duración de TXOP	(16) (10) (10)	39
010	AP-STA dúplex	Preámbulo presente AID Inicio de desfase de AP Duración de TXOP de AP Inicio de desfase de STA Duración de TXOP de STA	(1) (16) (10) (10) (10) (10)	60
011	STA-STA símplex	AID de transmisión AID de recepción Inicio de desfase Tamaño máximo de PPDU	(16) (16) (10) (10)	55
100	STA-STA dúplex	AID 1 AID 2 Inicio de desfase de STA 1 Tamaño máximo de PPDU de STA 1 Inicio de desfase de STA 2 Tamaño máximo de PPDU de STA 2	(16) (16) (10) (10) (10) (10)	75

El preámbulo puede eliminarse en transmisiones consecutivas del AP. El bit Preámbulo Presente se fija a 0 si el AP no va a transmitir ningún preámbulo para una transmisión de AP planificada. Un beneficio de ejemplo de la eliminación de preámbulos es cuando el AP tiene un bajo ancho de banda, flujos de baja latencia hacia varias STA,

tal como en un BSS con muchos flujos de voz sobre IP (VoIP). Por lo tanto, la trama SCHED permite la agregación de transmisiones desde el AP hasta varias STA receptoras (es decir, la agregación de PPDU, descrita anteriormente). La agregación de tramas, como se ha definido anteriormente, permite la agregación de tramas para una STA receptora.

El campo Inicio de Desfase está en múltiplos de 4 μs a los que se hace referencia desde el tiempo de inicio del preámbulo de mensaje SCHED. El AID es el ID de acceso de la(s) STA asignada(s).

En todos los tipos de elementos de asignación excepto las transmisiones STA-STA planificadas, el campo Duración TXOP es la máxima longitud permitida de la TXOP planificada en múltiplos de 4 μs. El tamaño de PPDU real de la PPDU transmitida se indica en el campo SEÑAL1 de la PPDU (descrito posteriormente en detalle).

En transmisiones STA-STA planificadas (tipos de elementos de asignación 011 y 100), el campo Tamaño Máximo de PPDU es también la máxima longitud permitida de la TXOP planificada en múltiplos de 4 μs, aunque pueden aplicarse reglas adicionales. En la realización de ejemplo, en transmisiones STA-STA planificadas, la TXOP solo incluye una PPDU. La STA receptora usa el Tamaño Máximo de PPDU indicado en el elemento de asignación para determinar el número de símbolos OFDM en la PPDU (ya que el campo Tamaño de PPDU es sustituido por un campo Solicitud en SEÑAL1, descrito posteriormente con respecto a la Figura 51). Si el flujo STA-STA usa símbolos OFDM con el intervalo de protección (GI) estándar, la STA receptora fija el Tamaño de PPDU para la TXOP planificada al Tamaño Máximo de PPDU indicado en el elemento de asignación. Si el flujo STA-STA usa símbolos OFDM con un GI reducido, la STA receptora determina el Tamaño de PPDU escalando de manera ascendente el campo Tamaño Máximo de PPDU en un factor de 10/9 y redondeando por defecto. La STA transmisora puede transmitir una PPDU más corta que el Tamaño Máximo de PPDU asignado. El Tamaño de PPDU no proporciona al receptor la longitud de la trama MAC compuesta. La longitud de las tramas encapsuladas se incluye en la cabecera Agregación de cada trama MAC.

La inclusión de la STA transmisora y receptora en los elementos de asignación permite ahorrar energía en las STA que no están planificadas para la transmisión o la recepción durante el SCAP. Recuérdese el campo Contador SCHED descrito anteriormente. Cada asignación planificada por el mensaje SCHED especifica el AID de STA transmisora, el AID de STA receptora, el tiempo de inicio de la TXOP planificada y la máxima longitud permitida de la TXOP planificada. El Contador SCHED se incrementa en cada transmisión SCHED y se reinicia en cada transmisión de baliza. Las STA pueden indicar una operación de ahorro de energía al AP y, por tanto, se proporcionan valores de Contador SCHED específicos durante los cuales pueden tener asignadas TXOP planificadas de transmisión o recepción por parte del AP. Las STA pueden activarse periódicamente solo para detectar mensajes SCHED con un Contador SCHED apropiado.

Formatos de PPDU

La Figura 49 ilustra una PPDU 802.11 heredada 4970, que comprende un preámbulo PLCP 4975 (12 símbolos OFSM), una cabecera PLCP 4910, una PSDU de longitud variable 4945, una cola de 6 bits 4950 y un relleno de longitud variable 4955. Una parte 4960 de la PPDU 4970 comprende un campo SEÑAL (1 símbolo OFDM) transmitido usando BPSK a una velocidad = 1/2 y un campo de datos de longitud variable 4985, transmitidos con el formato de modulación y la velocidad indicados en el campo SEÑAL 4980. La cabecera PLCP 4910 comprende el campo SEÑAL 4980 y el campo Servicio 4940 de 16 bits (incluido en el campo DATOS 4985 y transmitido según su formato). El campo SEÑAL 4980 comprende el campo Velocidad 4915 (4 bits), un campo reservado 4920 (1 bit), un campo Longitud 4925 (12 bits), un bit de paridad 4930 y una cola 4935 (6 bits).

Los campos SEÑAL extendidos (descritos posteriormente) de la cabecera PLCP de ejemplo (descrita posteriormente) es compatible con versiones anteriores del campo SEÑAL 4980 de la norma 802.11 heredada. Los valores no usados del campo VELOCIDAD 4915 del campo SEÑAL heredado 4980 se fijan para definir nuevos tipos de PPDU (descritos posteriormente).

Se introducen nuevos tipos de PPDU. Para una compatibilidad con versiones anteriores de STA heredadas, el campo VELOCIDAD del campo SEÑAL de la cabecera PLCP se modifica a un campo VELOCIDAD/Tipo. Valores no usados de VELOCIDAD están designados como Tipo de PPDU. El Tipo de PPDU también indica la presencia y la longitud de una extensión del campo SEÑAL designada como SEÑAL2. En la Tabla 4 se definen nuevos valores del campo VELOCIDAD/Tipo. Estos valores del campo VELOCIDAD/Tipo no están definidos para STA heredadas. Por lo tanto, las STA heredadas dejarán de descodificar la PPDU después de descodificar de manera satisfactoria el campo SEÑAL1 y hallar un valor no definido en el campo VELOCIDAD.

Como alternativa, el bit reservado del campo SEÑAL heredado puede fijarse a '1' para indicar una transmisión OFDM MIMO a una STA de nueva clase. Las STA receptoras pueden ignorar el bit reservado y seguir tratando de descodificar el campo SEÑAL y la transmisión restante.

El receptor puede determinar la longitud del campo SEÑAL2 basándose en el tipo de PPDU. La PPDU FRACH

aparece solamente en una parte designada del SCAP y solo necesitar ser descodificada por el AP.

Tabla 4. Tipos de PPDU MIMO

VELOCIDAD/Tipo (4 bits)	PPDU MIMO	Longitud de Campo SEÑAL2 (símbolos OFDM)
0000	Transmisión AP MIMO o IBSS BSS MIMO (excepto PPDU SCHED)	1
0010	PPDU SCHED BSS MIMO	1
0100	PPDU FRACH BSS MIMO	2

La Figura 50 ilustra un formato de PPDU MIMO 5000 para las transmisiones de datos. La PPDU 5000 se denomina Tipo de PPDU 0000. La PPDU 5000 comprende un preámbulo PLCP 5010, un campo SEÑAL1 5020 (1 símbolo OFDM), un campo SEÑAL2 5040 (1 símbolo OFDM), símbolos de acondicionamiento 5060 (0, 2, 3 ó 4 símbolos), y un campo Datos 5080 de longitud variable. El preámbulo PLCP 5010, cuando está presente, tiene una duración de 16 μs en la realización de ejemplo. Los campos SEÑAL1 5020 y SEÑAL2 5040 se transmiten usando la velocidad y el formato de modulación del segmento de control PPDU. Los datos 5080 comprenden un campo Servicio 5082 (16 bits), un campo Información de Retorno 5084 (16 bits), una PSDU 5086 de longitud variable, una cola 5088 (6 bits por flujo), donde un código de canal convolucional distinto se aplica a cada flujo, y un relleno 5090 de longitud variable. Los datos 5080 se transmiten usando la velocidad y el formato de modulación del segmento de datos PPDU.

La cabecera PLCP MIMO para el tipo de PPDU 0000 comprende los campos SEÑAL (que incluye SEÑAL1 5020 y SEÑAL2 5040), un campo SERVICIO 5082 y un campo INFORMACIÓN DE RETORNO 5084. El campo SERVICIO es el mismo que el de la norma 802.11 heredada y se transmite usando la velocidad y el formato del segmento de datos.

El campo INFORMACIÓN DE RETORNO 5084 se transmite usando la velocidad y el formato del segmento de datos. El campo INFORMACIÓN DE RETORNO comprende el campo ES (1 bit), el campo Información de Retorno de Vector de Velocidad de Datos (DRVF) (13 bits) y un campo Control de Potencia (2 bits).

El campo ES indica el procedimiento de orientación preferido. En la realización de ejemplo, se selecciona la orientación de vector propio (ES) cuando el bit ES está fijado, seleccionándose el ensanchamiento espacial (SS) en caso contrario.

El campo Información de Retorno de Vector de Velocidad de Datos (DRVF) proporciona información de retorno a la estación homóloga con relación a la velocidad sostenible en cada uno de hasta cuatro modos espaciales.

La información de retorno sobre velocidad explícita permite que las estaciones maximicen de manera rápida y precisa sus velocidades de transmisión, mejorando drásticamente la eficacia del sistema. Se desea información de retorno de baja latencia. Sin embargo, no es necesario que las oportunidades de información de retorno sean síncronas. Las oportunidades de transmisión pueden obtenerse de cualquier manera, por ejemplo mediante contienda (es decir, EDCA), sondeo (es decir, HCF) o planificación (ACF). Por lo tanto, pueden transcurrir diferentes cantidades de tiempo entre oportunidades de transmisión e información de retorno sobre velocidad. En función de la antigüedad de la información de retorno sobre velocidad, el transmisor puede aplicar un periodo de inactividad para determinar la velocidad de transmisión.

La adaptación de la velocidad del segmento de datos PPDU para las transmisiones desde una STA A hasta una STA B se basa en información de retorno proporcionada por la STA B a la STA A (lo que se ha descrito anteriormente, véase la Figura 24, por ejemplo). Para el modo de funcionamiento ES o SS, cada vez que la STA B recibe símbolos de acondicionamiento OFDM MIMO desde la STA A, estima las velocidades de transferencia de datos que pueden conseguirse en cada flujo espacial. En cualquier transmisión posterior desde la STA B hasta la STA A, la STA B incluye esta estimación en el campo DRVF de la INFORMACIÓN DE RETORNO 5084. El campo DRVF se transmite a la velocidad del segmento de datos 5080.

Cuando está transmitido a la STA B, la STA A determina qué velocidades de transmisión usar basándose en la DRVF que recibió desde la STA B, con un periodo de inactividad opcional según sea necesario para tener en cuenta los retardos. El campo SEÑAL (descrito posteriormente) contiene el campo DRV 5046 de 13 bits, que permite a la STA B receptora descodificar la trama transmitida desde la STA A. El DRV 5046 se transmite a la velocidad del segmento de control.

El campo DRVF se codifica comprendiendo un campo STR (4 bits), un campo R2 (3 bits), un campo R3 (3 bits) y un campo R4 (3 bits). El campo STR indica la velocidad del flujo 1. El campo se codifica con un valor STR mostrado en la Tabla 5. R2 indica la diferencia entre el valor STR del flujo 1 y el valor STR del flujo 2. El valor “111” de R2 indica que el flujo 2 está inactivo. R3 indica la diferencia entre el valor STR del flujo 2 y el valor STR del flujo 3. El valor “111” de R3 indica que el flujo 3 está inactivo. Si R2 = “111”, entonces R3 está fijado a “111”. R4 indica la diferencia entre el valor STR del flujo 3 y el valor STR del flujo 4. El valor “111” de R4 indica que el flujo 4 está inactivo. Si R3 = “111”, entonces R4 está fijado a “111”.

Cuando ES = 0, es decir, el ensanchamiento espacial, una codificación alternativa del DRVF es la siguiente: número de flujos (2 bits), velocidad por flujo (4 bits). El campo Velocidad por Flujo se codifica como el Valor STR anterior. Los 7 bits restantes están reservados.

Tabla 5. Codificación STR

Valor STR	**Velocidad de codificación**	**Formato de modulación**	**Bits/símbolo por flujo**
0000	1/2	BPSK	0,5
0001	3/4	BPSK	0,75
0010	1/2	QPSK	1,0
0011	3/4	QPSK	1,5
0100	1/2	16 QAM	2,0
0101	5/8	16 QAM	2,5
0110	3/4	16 QAM	3,0
0111	7/12	64 QAM	3,5
1000	2/3	64 QAM	4,0
1001	3/4	64 QAM	4,5
1010	5/6	64 QAM	5,0
1011	5/8	256 QAM	5,0
1100	3/4	256 QAM	6,0
1101	7/8	256 QAM	7,0

Además de la DRVF, la STA B también proporciona información de retorno de control de potencia a la STA A transmisora. Esta información de retorno está incluida en el campo Control de Potencia y también se transmite a la velocidad de segmento de datos. Este campo tiene 2 bits e indica si aumentar o disminuir la potencia o dejar el nivel de potencia tal cual. El nivel de potencia de transmisión resultante se denomina nivel de potencia de transmisión de segmento de datos.

En la Tabla 6 se ilustran valores de ejemplo del campo Control de Potencia. Realizaciones alternativas pueden utilizar campos de control de potencia de varios tamaños y con valores de ajuste de potencia alternativos.

Tabla 6. Valores del campo Control de Potencia

Campo Control de Potencia	**Significado**
00	Sin cambios
01	Aumentar potencia en 1 dB
10	Disminuir potencia en 1 dB
11	Reservado

El nivel de potencia de transmisión permanece constante durante toda la PPDU. Cuando el nivel de potencia de transmisión de segmento de datos y la potencia de transmisión de STA en bucle abierto (es decir, el nivel de potencia requerido para que el AP descodifique la transmisión, descrito anteriormente) son diferentes, la PPDU se transmite al máximo de los dos niveles de potencia. Es decir, el nivel de potencia de transmisión PPDU es el máximo

de la potencia de transmisión de STA en bucle abierto (dBm) y la potencia de transmisión de segmento de datos (dBm).

En la realización de ejemplo, el campo Control de Potencia está fijado a “00” en la primera trama de cualquier secuencia de intercambio de tramas. En tramas subsiguientes, indica el aumento o la reducción de potencia en etapas de 1dB. La STA receptora usará esta información de retorno en todas las transmisiones de trama subsiguientes hacia esa STA.

El campo SEÑAL1 5020 comprende el campo VELOCIDAD/Tipo 5022 (4 bits), 1 bit reservado 5024, un campo Tamaño de PPDU/Solicitud 5026 (12 bits), un bit de paridad 5028 y una cola de 6 bits 5030. El campo SEÑAL1 5020 se transmite usando la velocidad y el formato del segmento de control (6 Mbit/s, en la realización de ejemplo). El campo VELOCIDAD/Tipo 5022 está fijado a 0000. El bit reservado 5024 puede estar fijado a 0.

El campo Tamaño de PPDU/Solicitud 5026 tiene dos funciones, dependiendo del modo de transmisión. En transmisiones de STA basadas en contienda y en todas las transmisiones de AP, este campo denota el tamaño de la PPDU. En este primer modo, el bit 1 indica que la PPDU usa símbolos OFDM extendidos, el bit 2 indica que la PPDU usa símbolos OFDM con un GI reducido, y los bits 3 a 12 indican el número de símbolos OFDM.

En las transmisiones planificadas de STA que no son AP, el campo Tamaño de PPDU/Solicitud 5096 denota solicitud. En este segundo modo, los bits 1 y 2 indican la velocidad SCHED. La velocidad SCHED indica el campo SCHED con el mayor número (0, 1, 2 ó 3) que puede usarse para transmitir una asignación a la STA. Durante las transmisiones de símbolos de acondicionamiento desde el AP, cada STA que no es un AP estima la velocidad a la que puede recibir de manera robusta las transmisiones de trama SCHED desde el AP. En transmisiones planificadas subsiguientes desde la STA, esta máxima velocidad permisible está incluida en el campo Velocidad SCHED. Este campo se descodifica por el AP. El AP usa esta información para planificar TXOP subsiguientes para la STA y determina el CTRLJ (0, 1, 2 ó 3) para emitir esas asignaciones a la STA.

En el segundo modo, los bits 3 y 4 indican el campo QoS, que identifica la fracción (en tercios) de la solicitud que es para la TC 0 ó 1 (es decir, 0%, 33%, 67%, 100%). Los bits 5 a 12 indican la longitud solicitada de TXOP (en múltiplos de 16 μs, en la realización de ejemplo).

El campo SEÑAL1 5020 se comprueba mediante 1 bit de paridad 5028 y se determina con una cola de 6 bits 5030 para el codificador convolucional.

La presencia y la longitud del campo SEÑAL2 5040 se indica por el campo VELOCIDAD/Tipo 5022 en SEÑAL1 5020. El campo SEÑAL2 5040 se transmite usando la velocidad y el formato del segmento de control. El campo SEÑAL2 5040 comprende un bit reservado 5042, un campo Tipo de Acondicionamiento 5044 (3 bits), un campo Vector de Velocidad de Datos (DRV) 5046 (13 bits), un bit de paridad 5048 y una cola 5050 (6 bits). El campo Tipo de Acondicionamiento de 3 bits indica la longitud y el formato de los símbolos de acondicionamiento OFDM MIMO. Los bits 1 y 2 indican el número de símbolos de acondicionamiento OFDM MIMO 5060 (0, 2, 3 ó 4 símbolos OFDM). El bit 3 es el campo Tipo de Acondicionamiento: 0 indica SS, 1 indica ES. El DRV 5046 proporciona la velocidad para cada uno de hasta cuatro modos espaciales. El DRV 5046 se codifica de la misma manera que la DRVF (incluida en el campo INFORMACIÓN DE RETORNO 5048, descrito anteriormente). El campo SEÑAL2 5040 se comprueba mediante 1 bit de paridad 5048 y termina con una cola 5050 de 6 bits para el codificador convolucional.

La Figura 51 ilustra una PPDU SCHED 5100 (Velocidad/Tipo = 0010). La PPDU SCHED 5100 comprende un preámbulo PLCP 5110, un campo SEÑAL1 5120 (1 símbolo OFDM), un campo SEÑAL2 5140 (1 símbolo OFDM), símbolos de acondicionamiento 5160 (0, 2, 3 ó 4 símbolos) y una trama SCHED 5180 de longitud variable. El preámbulo PLCP 5010, cuando está presente, tiene una duración de 16 μs en la realización de ejemplo. Los campos SEÑAL1 5020 y SEÑAL2 5040 se transmiten usando el formato de modulación y la velocidad del segmento de control PPDU. La trama SCHED 5180 puede incluir varias velocidades, como se ha descrito anteriormente, con respecto a la descripción de la ACF.

El campo SEÑAL1 5120 comprende un campo VELOCIDAD/Tipo 5122 (4 bits), un bit reservado 5124, un campo Tamaño CTRL0 5126 (6 bits), un campo Tamaño CTRL1 5128 (6 bits), un bit de paridad 5130 y una cola 5132 (6 bits). El campo VELOCIDAD/Tipo 5122 está fijado a 0010. El bit reservado 5124 puede estar fijado a 0. El campo Tamaño CTRL0 5126 indica la longitud del segmento de la PPDU SCHED transmitida a la velocidad más baja (6 Mbps en este ejemplo). Este segmento incluye el campo SERVICIO de la cabecera PLCP, la cabecera MAC y el segmento CTRL0 5126. El valor está codificado en múltiplos de 4 μs, en este ejemplo. El campo Tamaño CTRL1 5128 indica la longitud del segmento de la PPDU SCHED transmitida a la siguiente velocidad más alta (12 Mbps en este ejemplo). El valor está codificado en múltiplos de 4 μs, en este ejemplo. Un tamaño CTRL1 de ‘0’ indica que el segmento CTRL1 correspondiente no está presente en la PPDU SCHED. El campo SEÑAL1 5120 se comprueba mediante 1 bit de paridad 5130 y termina con una cola 5132 de 6 bits para el codificador convolucional.

El campo SEÑAL2 5140 comprende un bit reservado 5142, un campo Tipo de Acondicionamiento 5144 (3 bits), un campo Tamaño CTRL2 5146 (5 bits), un campo Tamaño CTRL3 5148 (5 bits), un campo FCS 5150 (4 bits) y una cola 5152 (6 bits). El bit reservado 5142 puede estar fijado a 0. El campo Tipo de Acondicionamiento 5144 es como

se especifica para el campo Tipo de PPDU 0000 (Tipo de Acondicionamiento 5044).

El campo Tamaño CTRL2 5146 indica la longitud del segmento de la PPDU SCHED transmitida a la siguiente velocidad más alta (18 Mbps en este ejemplo). El valor está codificado en múltiplos de 4 μs, en este ejemplo. Un tamaño CTRL2 de '0' indica que el segmento CTRL2 correspondiente no está presente en la PPDU SCHED. El tamaño CTRL3 5148 indica la longitud del segmento de la PPDU SCHED transmitida a la velocidad más alta (24 Mpbs en este ejemplo). El valor está codificado en múltiplos de 4 μs, en este ejemplo. Un tamaño CTRL2 de '0' indica que el segmento CTRL3 correspondiente no está presente en la PPDU SCHED.

El campo FCS 5150 se calcula con respecto a los campos SEÑAL1 y SEÑAL2. El campo SEÑAL2 5152 finaliza con una cola 5152 de 6 bits para el codificador convolucional.

La Figura 52 muestra una PPDU FRACH 5200 (Velocidad/Tipo = 0100). La PPDU FRACH 5200 comprende un preámbulo PLCP 5210, un campo SEÑAL1 5220 (1 símbolo OFDM) y un campo SEÑAL2 5240 (2 símbolos OFDM). El preámbulo PLCP 5210, cuando está presente, tiene una duración de 16 μs en la realización de ejemplo. El campo SEÑAL1 5220 y el campo SEÑAL2 5240 se transmiten usando el formato de modulación y la velocidad del segmento de control PPDU. La PPDU FRACH 5200 se transmite por una STA durante el periodo FRACH dentro del periodo de acceso planificado MIMO. El periodo FRACH es establecido, y por tanto conocido, por el AP (como se ha descrito anteriormente).

El campo SEÑAL1 5220 comprende un campo VELOCIDAD/Tipo 5222 (4 bits), un bit reservado 5224, un campo Solicitud 5226 (12 bits), un bit de paridad 5228 y una cola 5230 (6 bits). El campo VELOCIDAD/Tipo 5222 está fijado a 0100. El bit reservado 5124 puede estar fijado a 0. El campo Solicitud 5226 es como el especificado para el campo Tipo de PPDU 0000 (5000), descrito anteriormente. El campo SEÑAL1 5220 se comprueba mediante 1 bit de paridad 5228 y termina con una cola 5230 de 6 bits para el codificador convolucional.

El campo SEÑAL2 5240 comprende un bit reservado 5242, un campo AID origen 5244 (16 bits), un campo AID destino 5246 (16 bits), un campo FCS 5248 (4 bits) y una cola 5250 (6 bits). El bit reservado 5242 puede estar fijado a 0. El campo AID origen 5244 identifica la STA que transmite en el FRACH. El campo AID destino 5246 identifica la STA destino para la que se está solicitando una TXOP. En la realización de ejemplo, en caso de que el destino sea el AP, el valor del campo AID destino 5246 está fijado a 2048. Un FCS 5248 de 4 bits se calcula con respecto a los campos SEÑAL1 y SEÑAL2. Una cola de 6 bits 5250 se añade antes de la codificación convolucional.

En la realización de ejemplo, las STA pueden usar el protocolo Aloha ranurado para acceder al canal y transmitir el mensaje de solicitud en el FRACH. Si se recibe con éxito en el AP, el AP proporciona a la STA solicitante una TXOP planificada en un periodo de acceso planificado subsiguiente. El número de ranuras FRACH para el periodo de acceso planificado actual se indica en el mensaje SCHED, N_FRACH.

La STA también puede mantener un B_FRACH variable. Después de una transmisión en el FRACH, si la STA recibe una asignación TXOP desde el AP, reinicia el B_FRACH. Si la STA no recibe una asignación TXOP en un número predeterminado, RESPUESTA FRACH, de transmisiones SCHED desde el AP, el B_FRACH se incrementa en 1 hasta un valor máximo de 7. El parámetro RESPUESTA FRACH está incluido en un elemento ACF de la baliza. Durante cualquier FRACH, la STA elige una ranura FRACH con probabilidad $(N_FRACH)^{-1}*2^{-B_FRACH}$.

Si ningún periodo FRACH es planificado por el AP, las STA MIMO pueden competir durante el periodo de contienda protegido durante el SCAP usando reglas EDCA.

Los expertos en la técnica entenderán que la información y las señales pueden representarse utilizando cualquiera de una variedad de diferentes tecnologías y técnicas. Por ejemplo, los datos, instrucciones, comandos, información, señales, bits, símbolos y fragmentos de información a los que puede haberse hecho referencia a lo largo de la anterior descripción pueden representarse mediante tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, partículas o campos magnéticos, partículas o campos ópticos, o cualquier combinación de los mismos.

Los expertos en la técnica apreciarán además que los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos y etapas de algoritmo ilustrativos descritos en relación con las realizaciones divulgadas en este documento pueden implementarse como hardware electrónico, como software informático o como combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, varios componentes, bloques, módulos, circuitos y etapas ilustrativos se han descrito anteriormente de manera genérica en lo que respecta a su funcionalidad. Si tal funcionalidad se implementa en hardware o en software depende de la aplicación particular y de las limitaciones de diseño impuestas en el sistema global. Los expertos en la técnica pueden implementar la funcionalidad descrita de diferentes maneras para cada aplicación particular, pero no debe interpretarse que tales decisiones de implementación suponen un apartamiento del alcance de la presente invención.

Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en relación con las realizaciones divulgadas en este documento pueden implementarse o llevarse a cabo con un procesador de propósito general, con un procesador de señales digitales (DSP), con un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), con una matriz de puertas de campo programable (FPGA) o con otro dispositivo de lógica programable, puerta discreta o lógica de

transistor, componentes de hardware discretos, o con cualquier combinación de los mismos diseñada para llevar a cabo las funciones descritas en este documento. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador pero, como alternativa, el procesador puede ser cualquier máquina de estados, microcontrolador, controlador o procesador convencionales. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

Las etapas de un procedimiento o algoritmo descrito en relación con las realizaciones divulgadas en este documento pueden llevarse a cabo directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en memoria RAM, memoria flash, memoria ROM, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o en cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. Un medio de almacenamiento a modo de ejemplo está acoplado al procesador de manera que el procesador pueda leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. Como alternativa, el medio de almacenamiento puede ser una parte integrante del procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en un terminal de usuario. Como alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en un terminal de usuario.

En este documento se incluyen encabezamientos a modo de referencia y para ayudar a localizar varias secciones. Estos encabezamientos no pretenden limitar el alcance de los conceptos descritos con relación a los mismos. Tales conceptos pueden aplicarse a lo largo de toda la memoria descriptiva.

La anterior descripción de las realizaciones divulgadas se proporciona para permitir que cualquier experto en la técnica pueda llevar a cabo o usar la presente invención. Diversas modificaciones de estas realizaciones resultarán fácilmente evidentes a los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en este documento pueden aplicarse a otras realizaciones sin apartarse del alcance de la invención. Por tanto, la presente invención no pretende limitarse a las realizaciones mostradas en este documento, sino que se le concede el alcance más amplio compatible con los principios y características novedosas divulgados en este documento.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (1200) para mejorar el Control de Acceso al Medio, MAC, en un sistema de comunicación inalámbrica para las transmisiones desde una única estación, STA, a múltiples estaciones de destino, comprendiendo el procedimiento:

ganar (1210) una oportunidad de transmisión;
transmitir (1220) un único preámbulo;
transmitir (1230) al menos un paquete desde la estación única a una primera estación de destino de las múltiples estaciones de destino; y
antes de transmitir al menos un paquete a una segunda estación de destino de las múltiples estaciones de destino, insertar (1240) una separación entre tramas mediante bandas de protección, GIFS.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además continuar transmitiendo a más de dos destinos, insertar GIFS y/o preámbulos tal y como se requiere para un nivel de rendimiento deseado.

3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que las transmisiones a al menos una segunda estación de destino comprenden segmentos de un paquete más grande.

4. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además añadir una solicitud de acuse de recibo, ACK, opcional.

5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la oportunidad de transmisión incorpora características de sistemas heredados.

6. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además comprimir cabeceras para transmisiones consecutivas a un mismo destino.

7. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además transmitir a múltiples destinos, incluyendo mensajes de sondeo para asignar TXOP.

8. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que varios mensajes de sondeo se consolidan en un único mensaje de canal de control.

9. Un aparato para mejorar el Control de Acceso al Medio, MAC, en un sistema de comunicación inalámbrica para las transmisiones desde una única estación, STA, a múltiples estaciones de destino, comprendiendo el aparato:

medios para ganar una oportunidad de transmisión;
medios para transmitir un único preámbulo;
medios para transmitir al menos un paquete de la estación única a una primera estación de destino de las múltiples estaciones de destino; y
medios para insertar una separación entre tramas mediante bandas de protección, GIFS, en el que la inserción se realiza antes de transmitir al menos un paquete a una segunda estación de destino de las múltiples estaciones de destino.

10. El aparato según la reivindicación 9, que comprende además medios para continuar transmitiendo a más de dos destinos, insertar GIFS y/o preámbulos tal y como se requiere para un nivel de rendimiento deseado.

11. El aparato según la reivindicación 9, en el que las transmisiones a al menos una segunda estación de destino comprenden segmentos de un paquete más grande.

12. El aparato según la reivindicación 9, que comprende además medios para añadir una solicitud de acuse de recibo, ACK, opcional.

13. El aparato según la reivindicación 9, en el que la oportunidad de transmisión incorpora características de sistemas heredados.

14. El aparato según la reivindicación 9, que comprende además medios para comprimir cabeceras para transmisiones consecutivas a un mismo destino.

15. Un producto de programa de ordenador que comprende instrucciones que cuando se ejecutan en un ordenador llevan a cabo cualquiera de los procedimientos según las reivindicaciones 1 a 8.

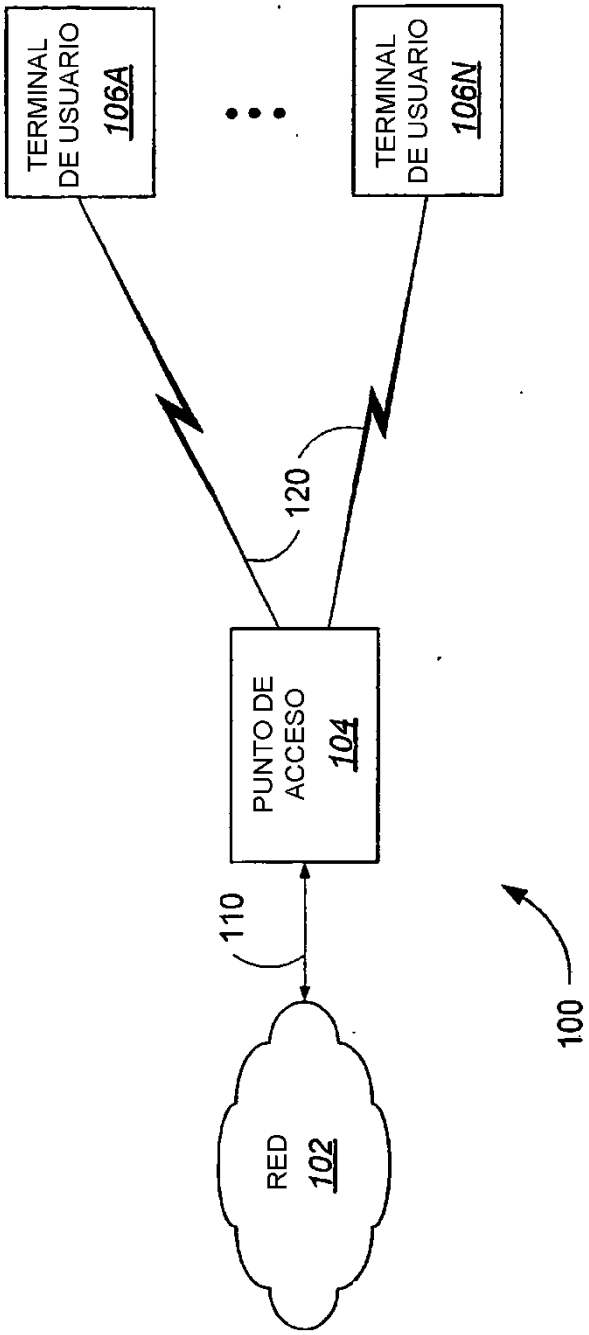

TERMINAL DE USUARIO 106A
TERMINAL DE USUARIO 106N
120
PUNTO DE ACCESO 104
110
RED 102
100

FIG. 1

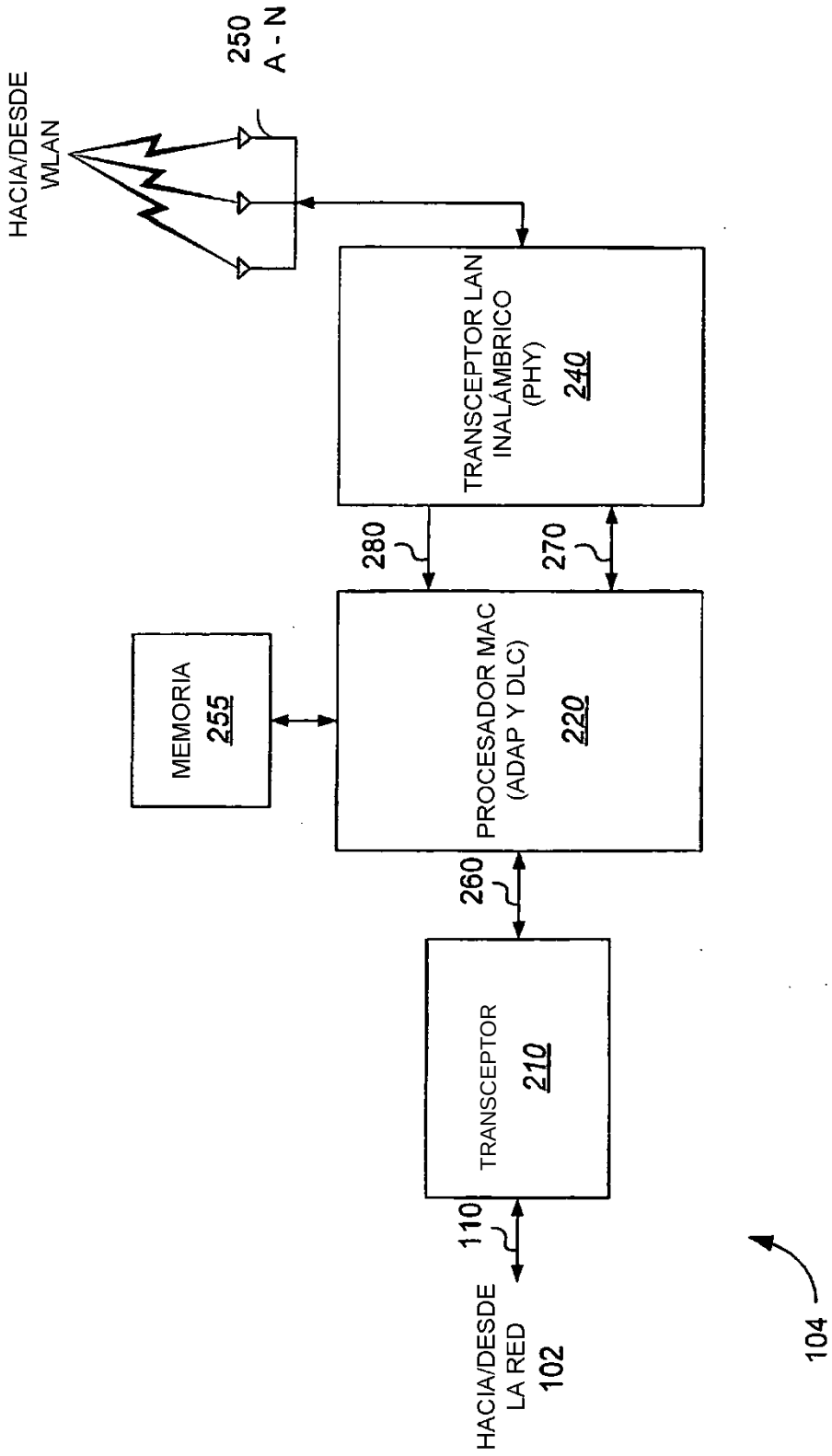
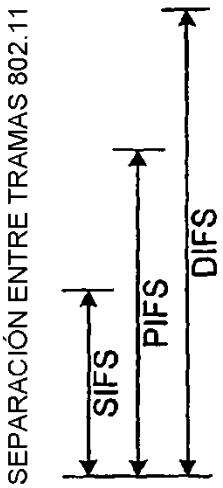
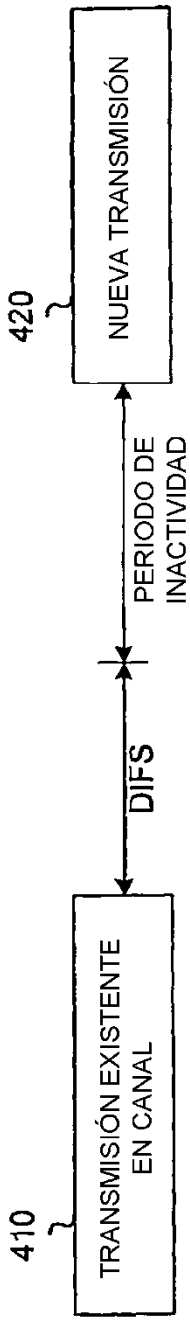

HACIA/DESDE
WLAN
250
A - N
TRANSCEPTOR LAN
INALÁMBRICO
(PHY)
240
280
270
MEMORIA
255
PROCESADOR MAC
(ADAP Y DLC)
220
260
TRANSCEPTOR
210
110
HACIA/DESDE
LA RED
102
104

FIG. 2



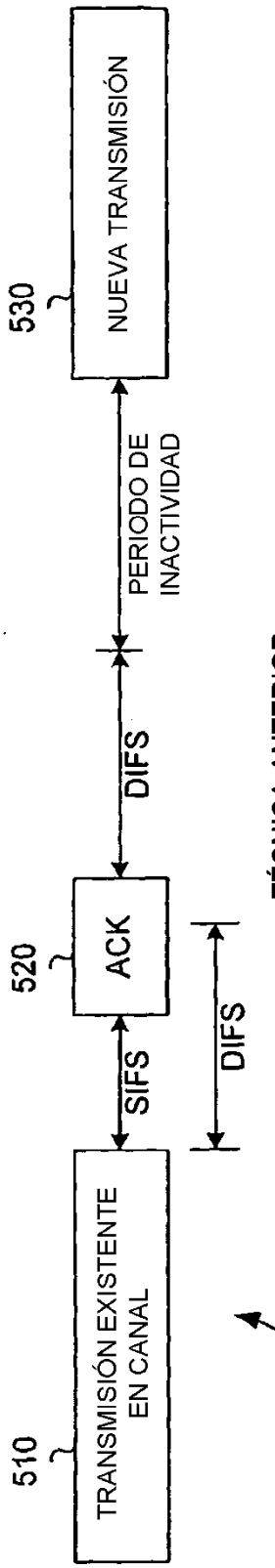
TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 3



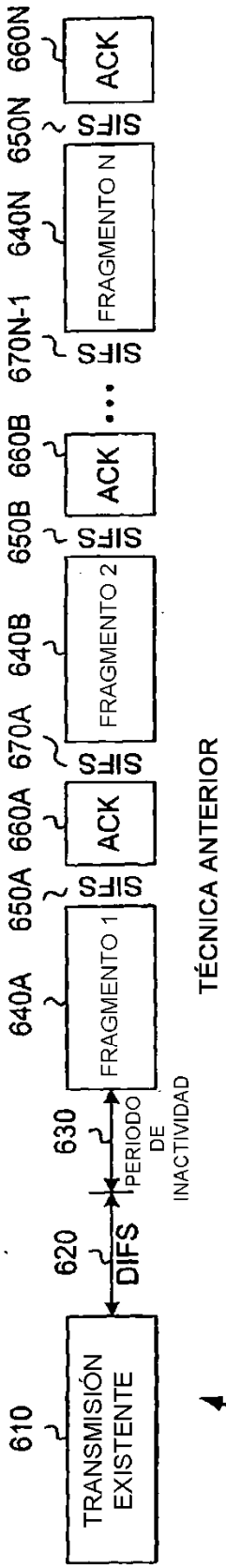
TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 4



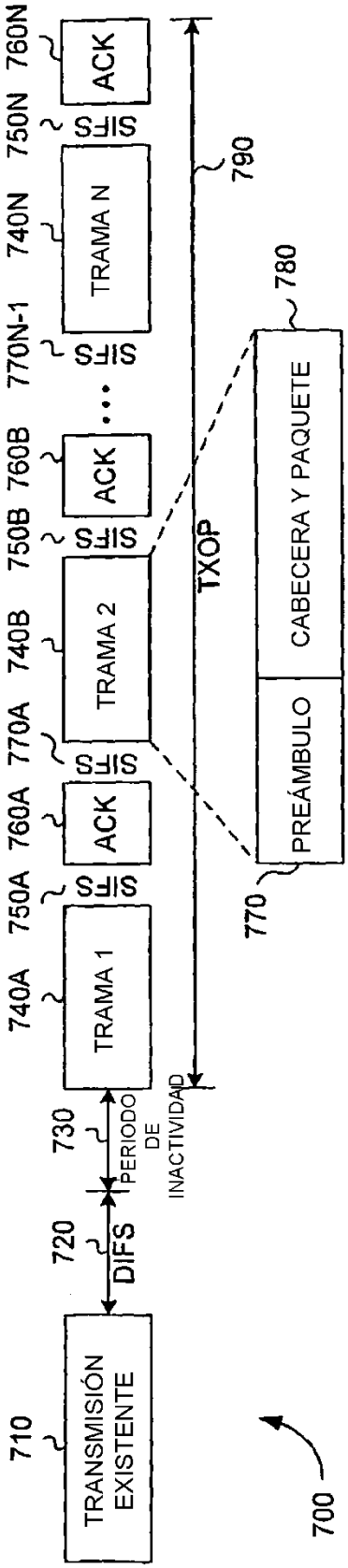
TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 5



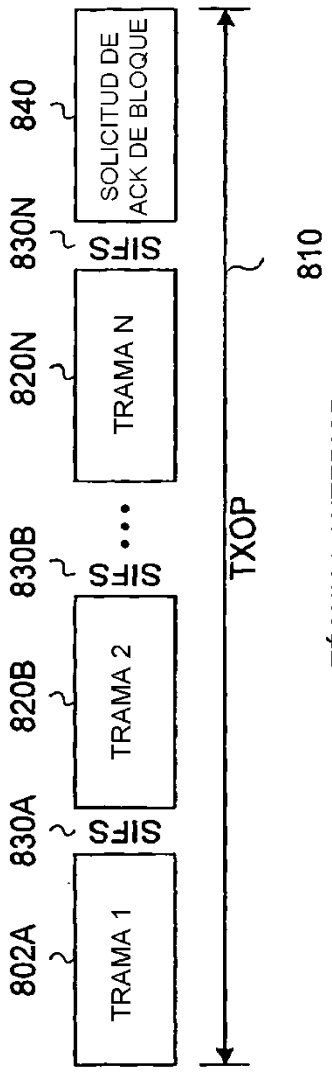
TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 6



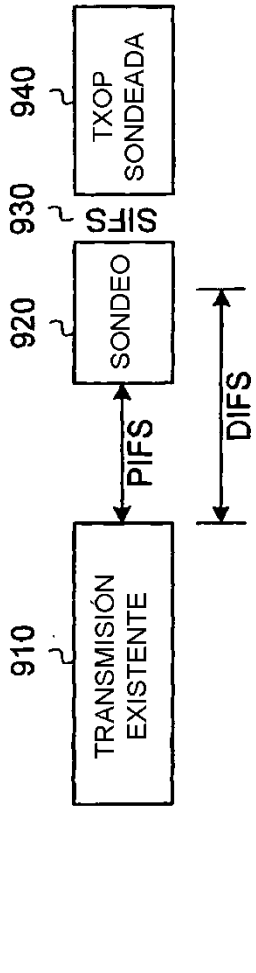
TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 7



TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 8



TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 9

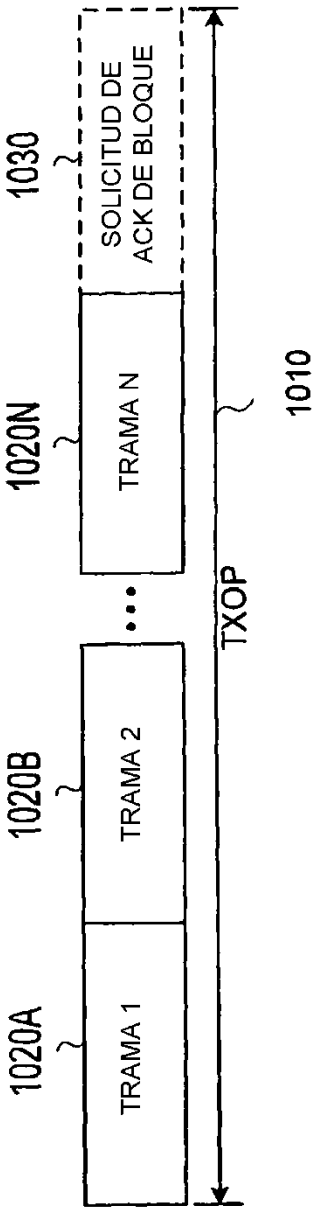

1020A
TRAMA 1
1020B
TRAMA 2
1020N
TRAMA N
1030
SOLICITUD DE ACK DE BLOQUE
TXOP
1010

FIG. 10

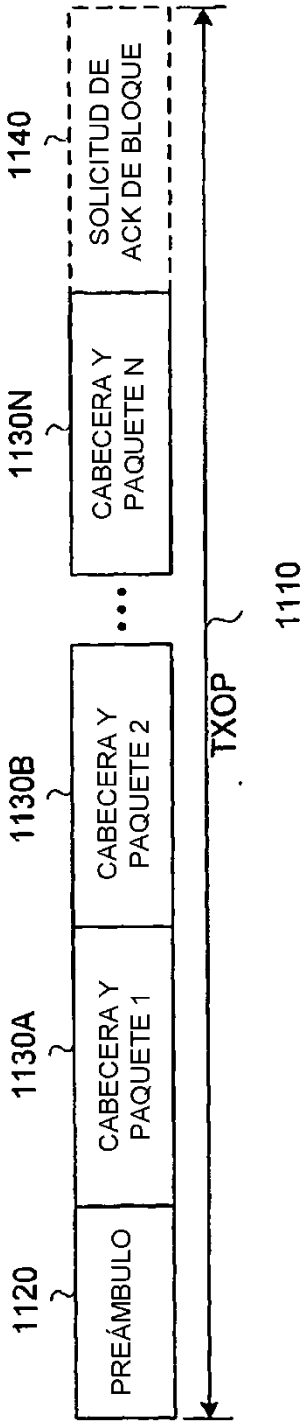

1120
PREÁMBULO
1130A
CABECERA Y PAQUETE 1
1130B
CABECERA Y PAQUETE 2
1130N
CABECERA Y PAQUETE N
1140
SOLICITUD DE ACK DE BLOQUE
TXOP
1110

FIG. 11

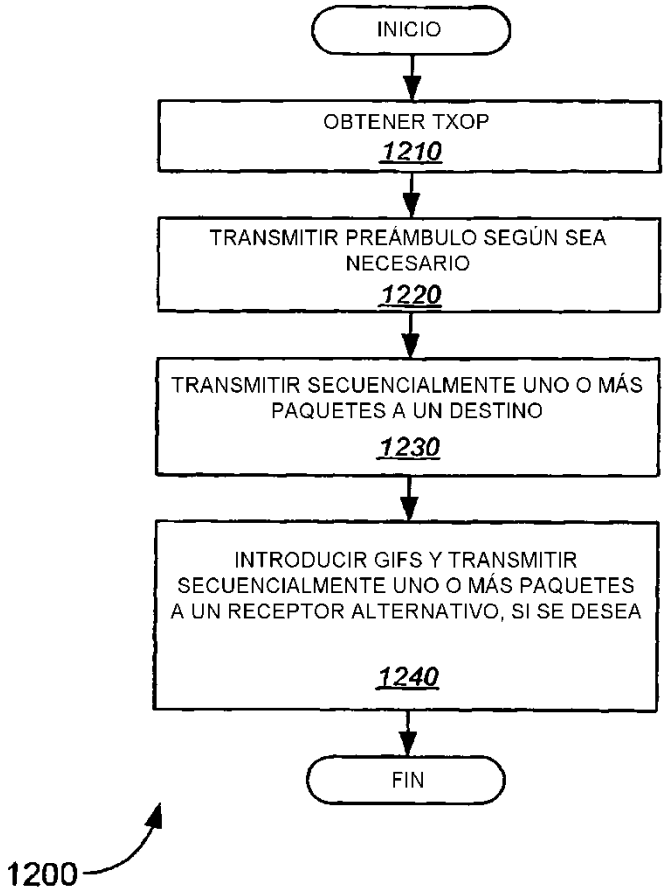

INICIO
OBTENER TXOP
1210
TRANSMITIR PREÁMBULO SEGÚN SEA NECESARIO
1220
TRANSMITIR SECUENCIALMENTE UNO O MÁS PAQUETES A UN DESTINO
1230
INTRODUCIR GIFS Y TRANSMITIR SECUENCIALMENTE UNO O MÁS PAQUETES A UN RECEPTOR ALTERNATIVO, SI SE DESEA
1240
FIN
1200

FIG. 12

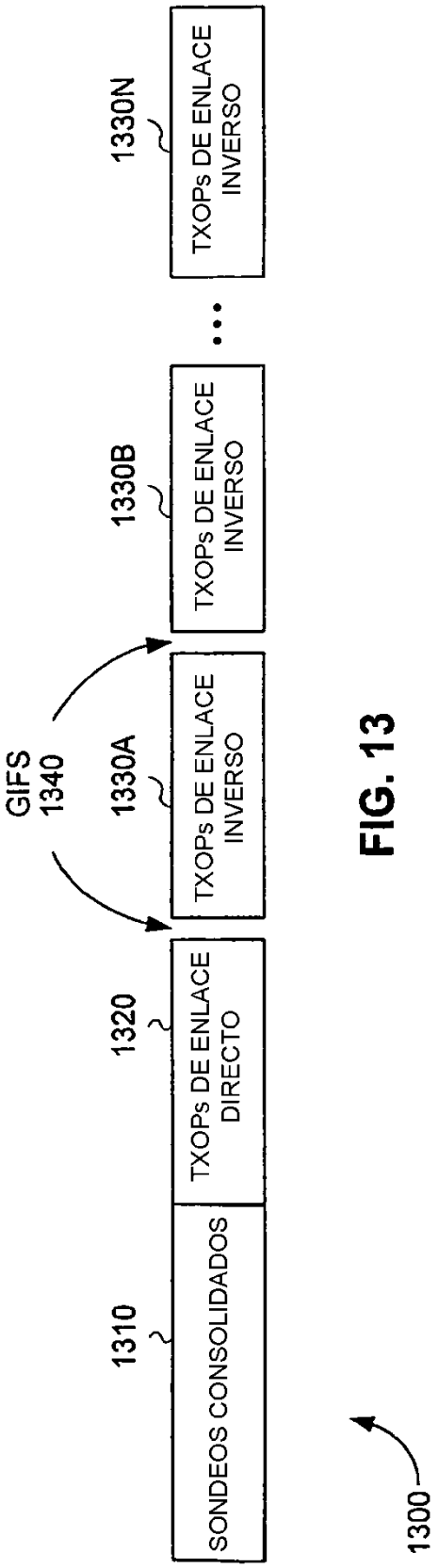

1300
1310
SONDEOS CONSOLIDADOS
1320
TXOPs DE ENLACE DIRECTO
GIFS
1340
1330A
TXOPs DE ENLACE INVERSO
1330B
TXOPs DE ENLACE INVERSO
1330N
TXOPs DE ENLACE INVERSO

FIG. 13

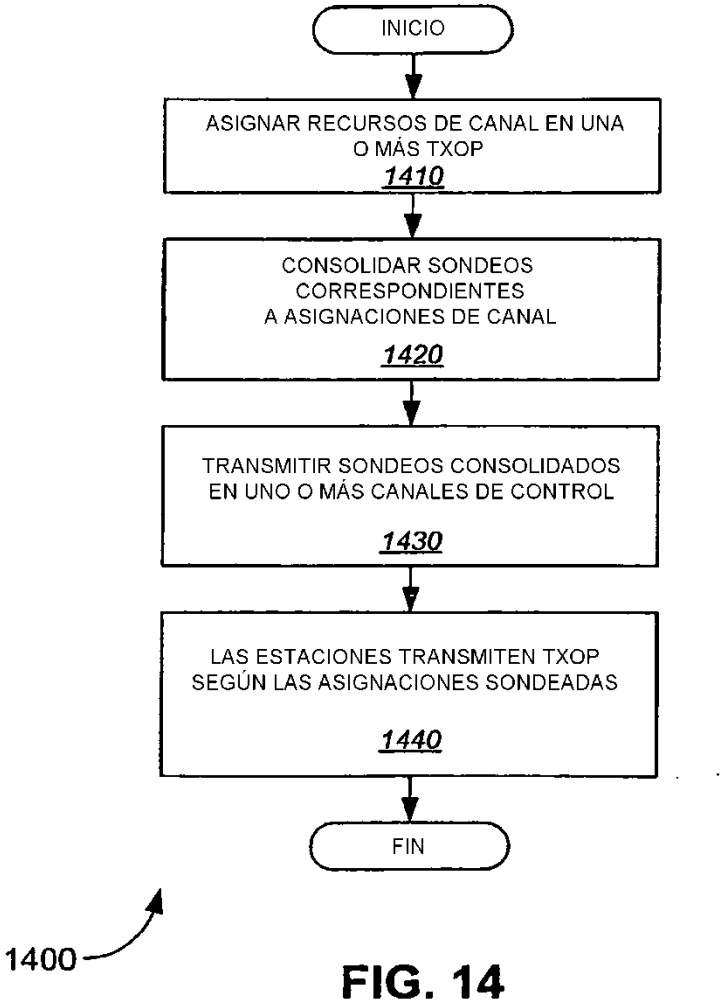

INICIO
ASIGNAR RECURSOS DE CANAL EN UNA O MÁS TXOP
1410
CONSOLIDAR SONDEOS CORRESPONDIENTES A ASIGNACIONES DE CANAL
1420
TRANSMITIR SONDEOS CONSOLIDADOS EN UNO O MÁS CANALES DE CONTROL
1430
LAS ESTACIONES TRANSMITEN TXOP SEGÚN LAS ASIGNACIONES SONDEADAS
1440
FIN
1400

FIG. 14

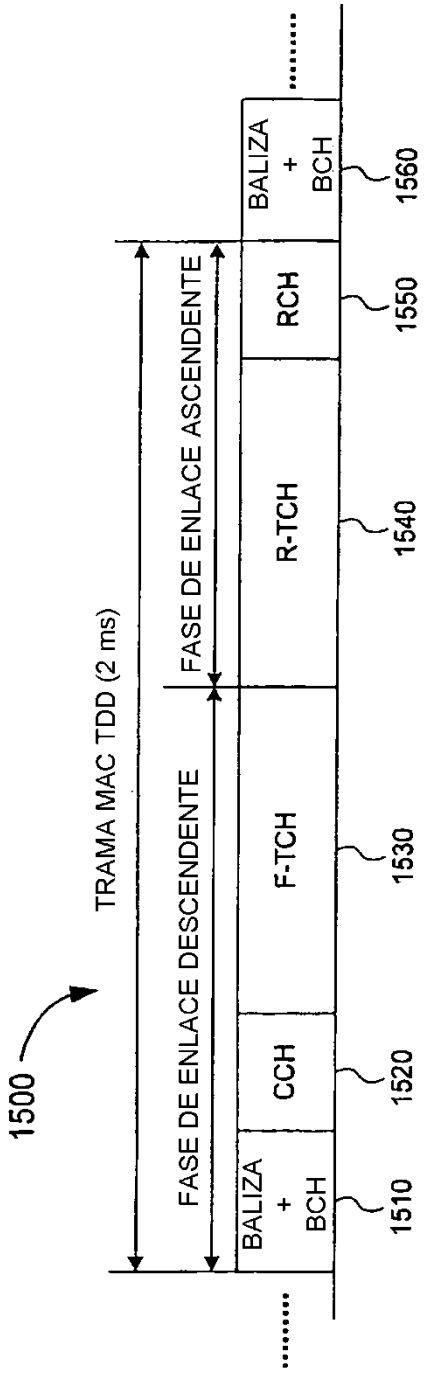

1500
TRAMA MAC TDD (2 ms)
FASE DE ENLACE DESCENDENTE
FASE DE ENLACE ASCENDENTE
BALIZA + BCH
1510
CCH
1520
F-TCH
1530
R-TCH
1540
RCH
1550
BALIZA + BCH
1560

FIG. 15

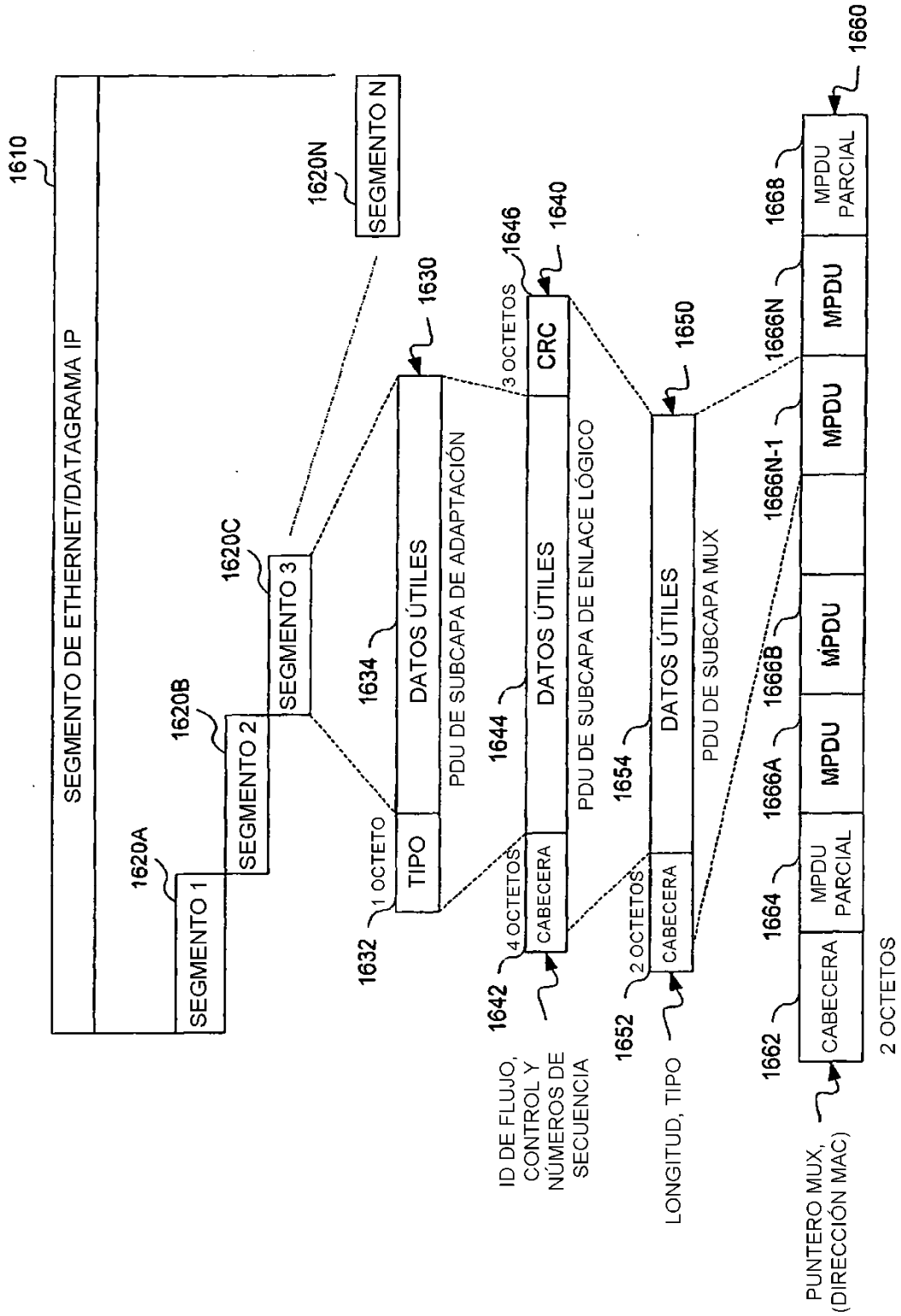

1610
SEGMENTO DE ETHERNET/DATAGRAMA IP
1620A
SEGMENTO 1
1620B
SEGMENTO 2
1620C
SEGMENTO 3
1620N
SEGMENTO N
1630
1632
1634
1 OCTETO
TIPO
DATOS ÚTILES
PDU DE SUBCAPA DE ADAPTACIÓN
1640
1642
1644
1646
4 OCTETOS
CABECERA
DATOS ÚTILES
3 OCTETOS
CRC
PDU DE SUBCAPA DE ENLACE LÓGICO
ID DE FLUJO, CONTROL Y NÚMEROS DE SECUENCIA
1650
1652
1654
2 OCTETOS
CABECERA
DATOS ÚTILES
PDU DE SUBCAPA MUX
LONGITUD, TIPO
1660
1662
1664
1666A
1666B
1666N-1
1666N
1668
CABECERA
MPDU PARCIAL
MPDU
MPDU
MPDU
MPDU
MPDU PARCIAL
2 OCTETOS
PUNTERO MUX, (DIRECCIÓN MAC)

FIG. 16

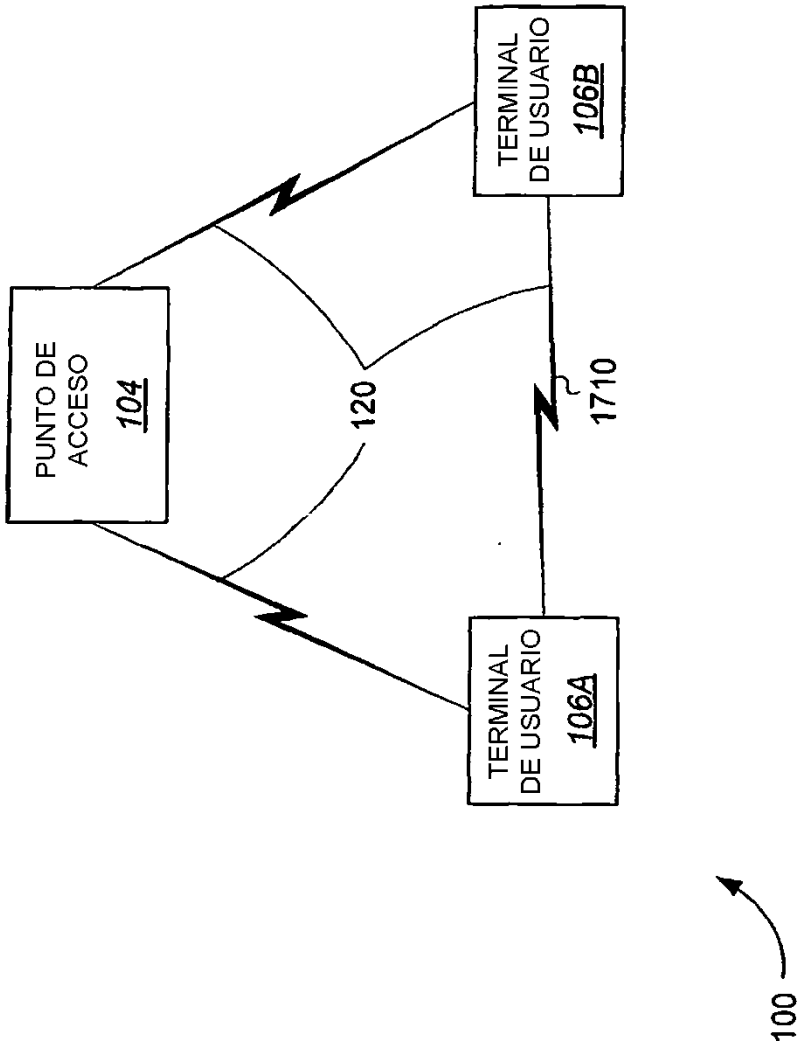
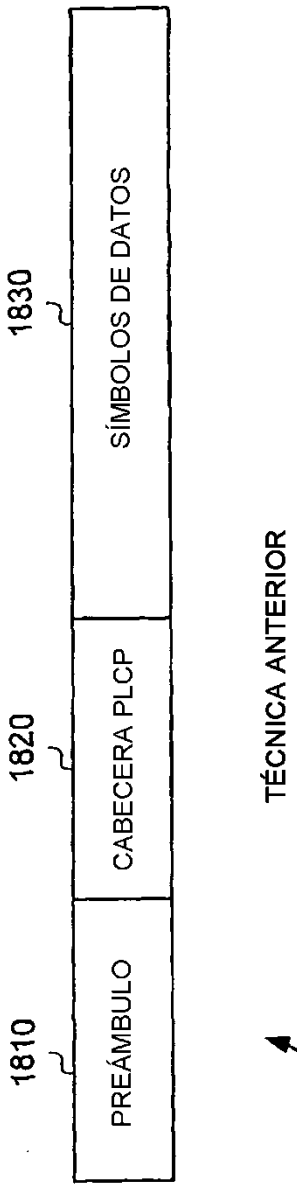

PUNTO DE ACCESO
104
TERMINAL DE USUARIO
106A
TERMINAL DE USUARIO
106B
120
1710
100

FIG. 17



TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 18

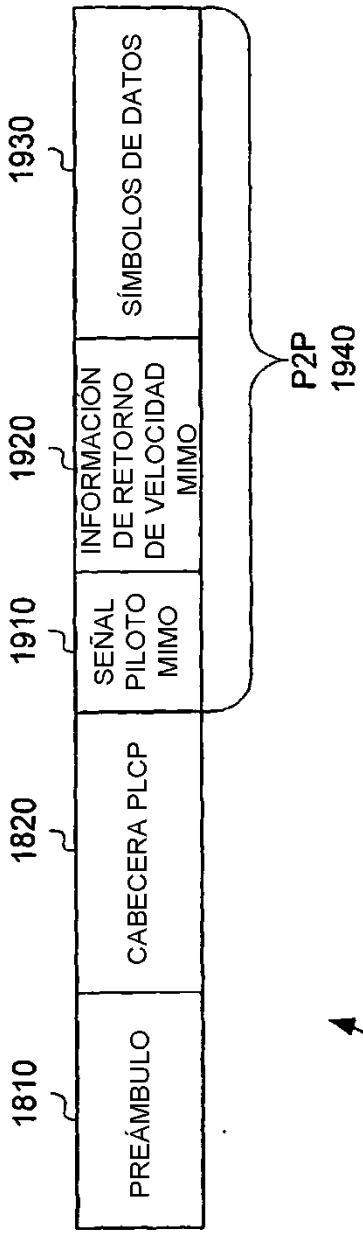


FIG. 19

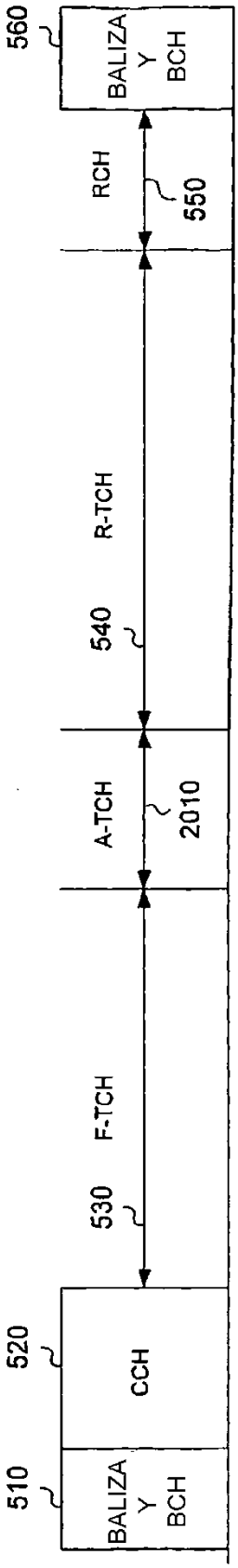

560
BALIZA Y BCH
RCH
550
R-TCH
540
A-TCH
2010
F-TCH
530
520
CCH
510
BALIZA Y BCH
2000

FIG. 20

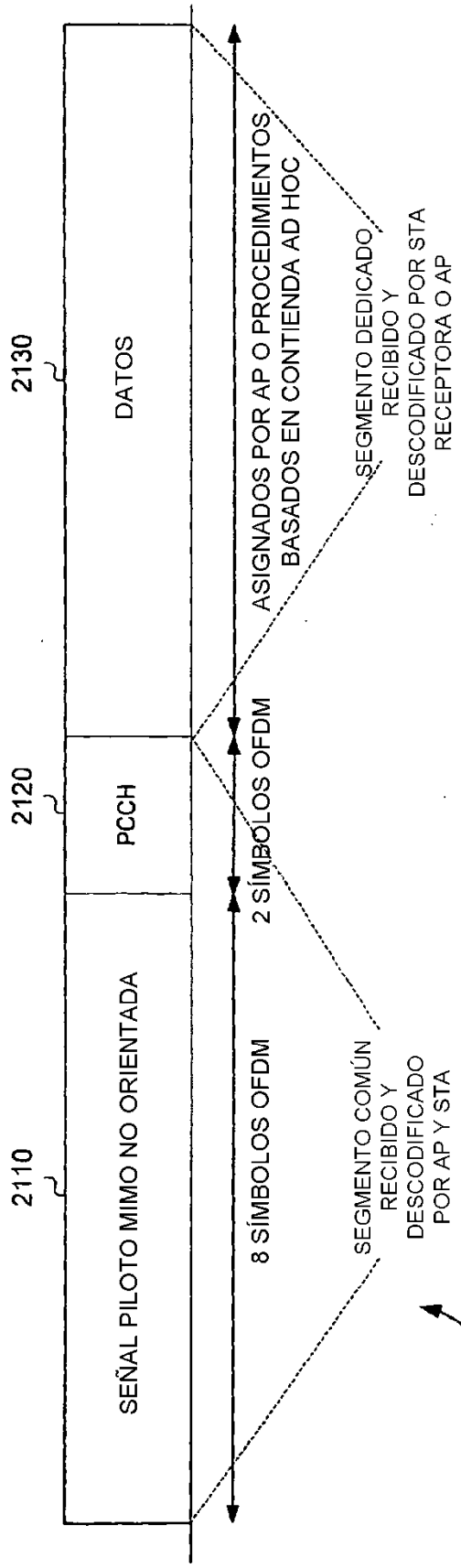

2130
DATOS
2120
PCCH
2110
SEÑAL PILOTO MIMO NO ORIENTADA
ASIGNADOS POR AP O PROCEDIMIENTOS BASADOS EN CONTIENDA AD HOC
2 SÍMBOLOS OFDM
8 SÍMBOLOS OFDM
SEGMENTO DEDICADO RECIBIDO Y DESCODIFICADO POR STA RECEPTORA O AP
SEGMENTO COMÚN RECIBIDO Y DESCODIFICADO POR AP Y STA
2100

FIG. 21

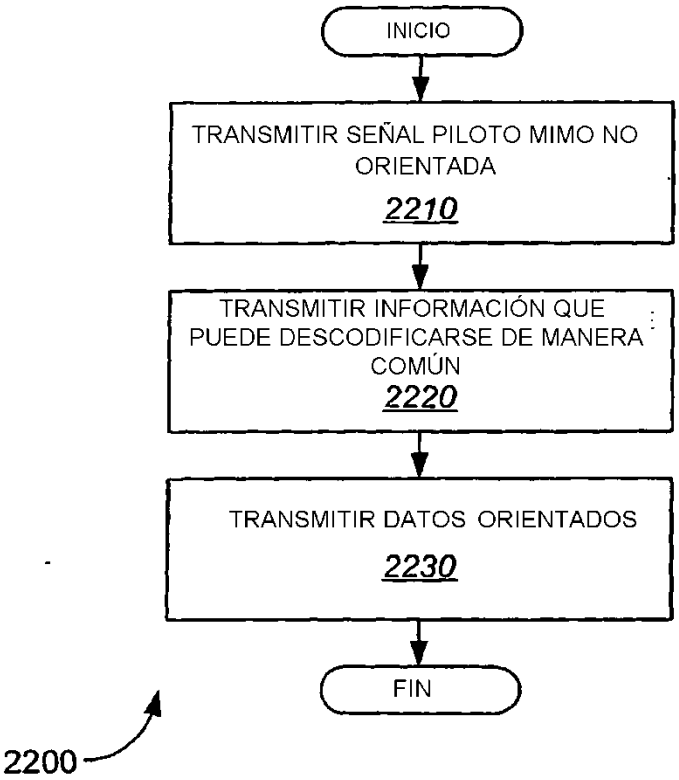

INICIO
TRANSMITIR SEÑAL PILOTO MIMO NO ORIENTADA
2210
TRANSMITIR INFORMACIÓN QUE PUEDE DESCODIFICARSE DE MANERA COMÚN
2220
TRANSMITIR DATOS ORIENTADOS
2230
FIN
2200

FIG. 22

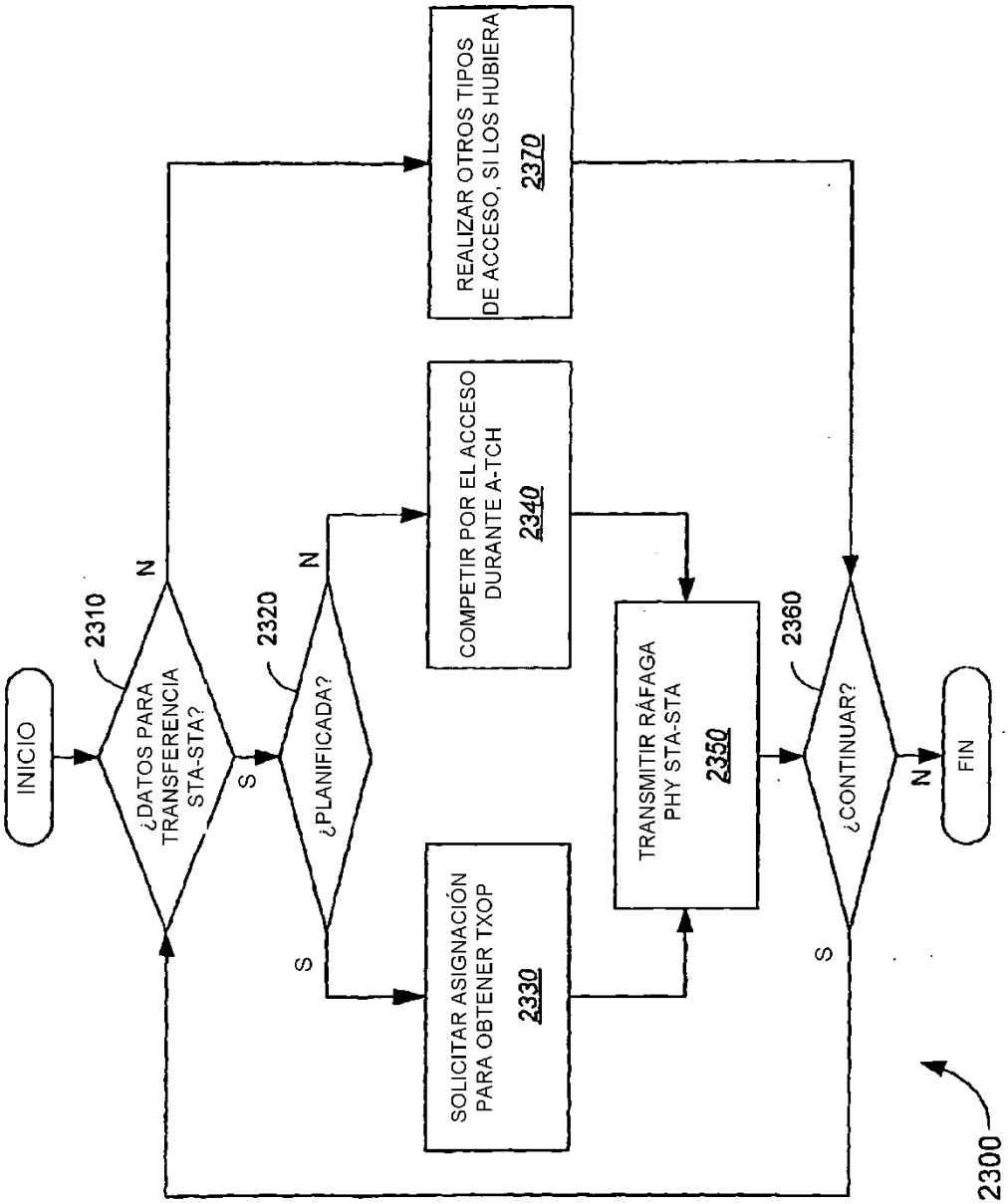

INICIO
¿DATOS PARA TRANSFERENCIA STA-STA?
2310
N
S
¿PLANIFICADA?
2320
N
S
REALIZAR OTROS TIPOS DE ACCESO, SI LOS HUBIERA
2370
COMPETIR POR EL ACCESO DURANTE A-TCH
2340
SOLICITAR ASIGNACIÓN PARA OBTENER TXOP
2330
TRANSMITIR RÁFAGA PHY STA-STA
2350
¿CONTINUAR?
2360
N
S
FIN
2300

FIG. 23

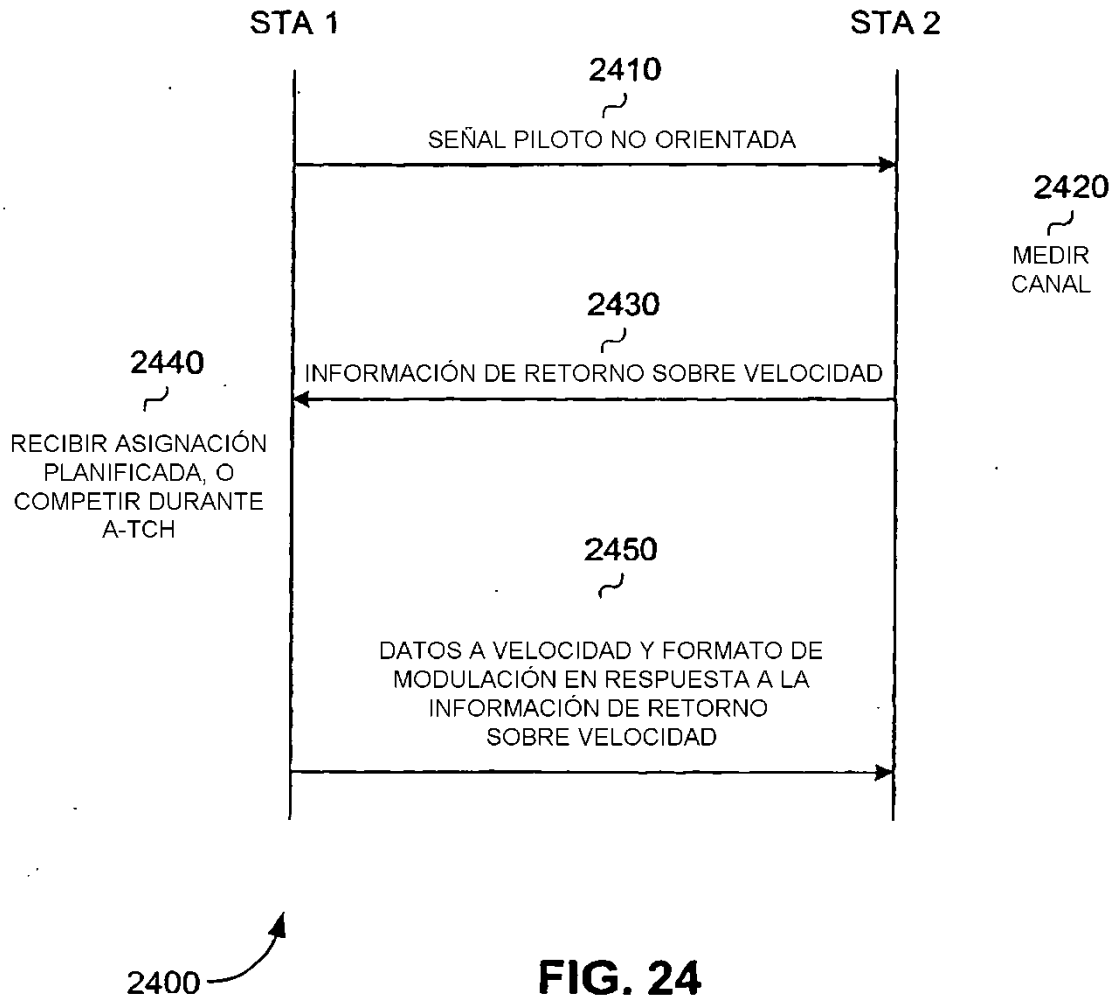

STA 1
STA 2
2410
SEÑAL PILOTO NO ORIENTADA
2420
MEDIR CANAL
2430
INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE VELOCIDAD
2440
RECIBIR ASIGNACIÓN PLANIFICADA, O COMPETIR DURANTE A-TCH
2450
DATOS A VELOCIDAD Y FORMATO DE MODULACIÓN EN RESPUESTA A LA INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE VELOCIDAD
2400

FIG. 24

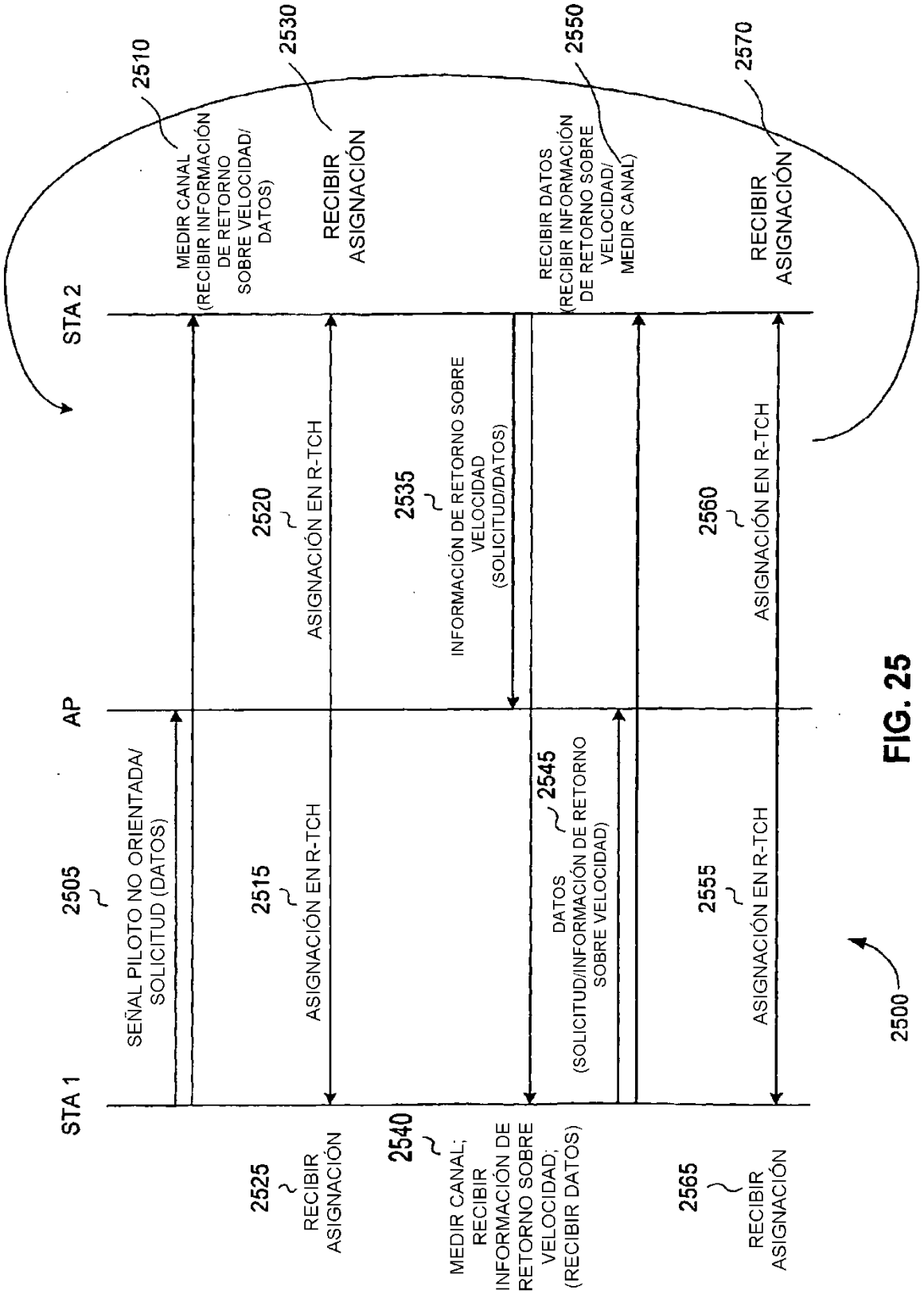

STA 1
AP
STA 2
2505
SEÑAL PILOTO NO ORIENTADA/ SOLICITUD (DATOS)
2510
MEDIR CANAL (RECIBIR INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE VELOCIDAD/ DATOS)
2515
ASIGNACIÓN EN R-TCH
2520
ASIGNACIÓN EN R-TCH
2525
RECIBIR ASIGNACIÓN
2530
RECIBIR ASIGNACIÓN
2535
INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE VELOCIDAD (SOLICITUD/DATOS)
2540
MEDIR CANAL; RECIBIR INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE VELOCIDAD; (RECIBIR DATOS)
2545
DATOS (SOLICITUD/INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE VELOCIDAD)
2550
RECIBIR DATOS (RECIBIR INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE VELOCIDAD/ MEDIR CANAL)
2555
ASIGNACIÓN EN R-TCH
2560
ASIGNACIÓN EN R-TCH
2565
RECIBIR ASIGNACIÓN
2570
RECIBIR ASIGNACIÓN
2500

FIG. 25

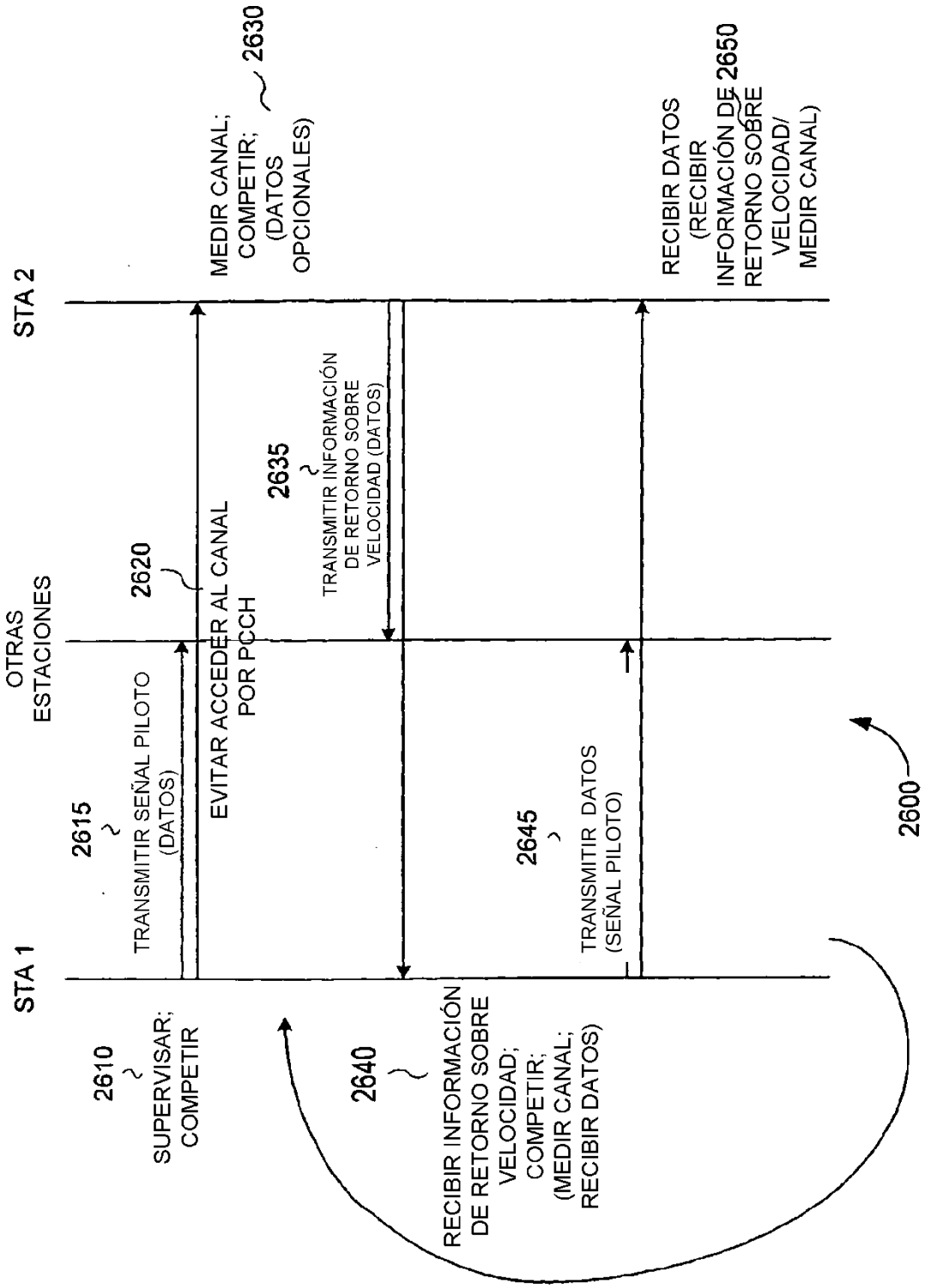

STA 1
OTRAS ESTACIONES
STA 2
2610
SUPERVISAR; COMPETIR
2615
TRANSMITIR SEÑAL PILOTO (DATOS)
2620
EVITAR ACCEDER AL CANAL POR PCCH
MEDIR CANAL; COMPETIR; (DATOS OPCIONALES)
2630
2635
TRANSMITIR INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE VELOCIDAD (DATOS)
2640
RECIBIR INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE VELOCIDAD; COMPETIR; (MEDIR CANAL; RECIBIR DATOS)
2645
TRANSMITIR DATOS (SEÑAL PILOTO)
RECIBIR DATOS (RECIBIR INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE VELOCIDAD/ MEDIR CANAL)
2650
2600

FIG. 26

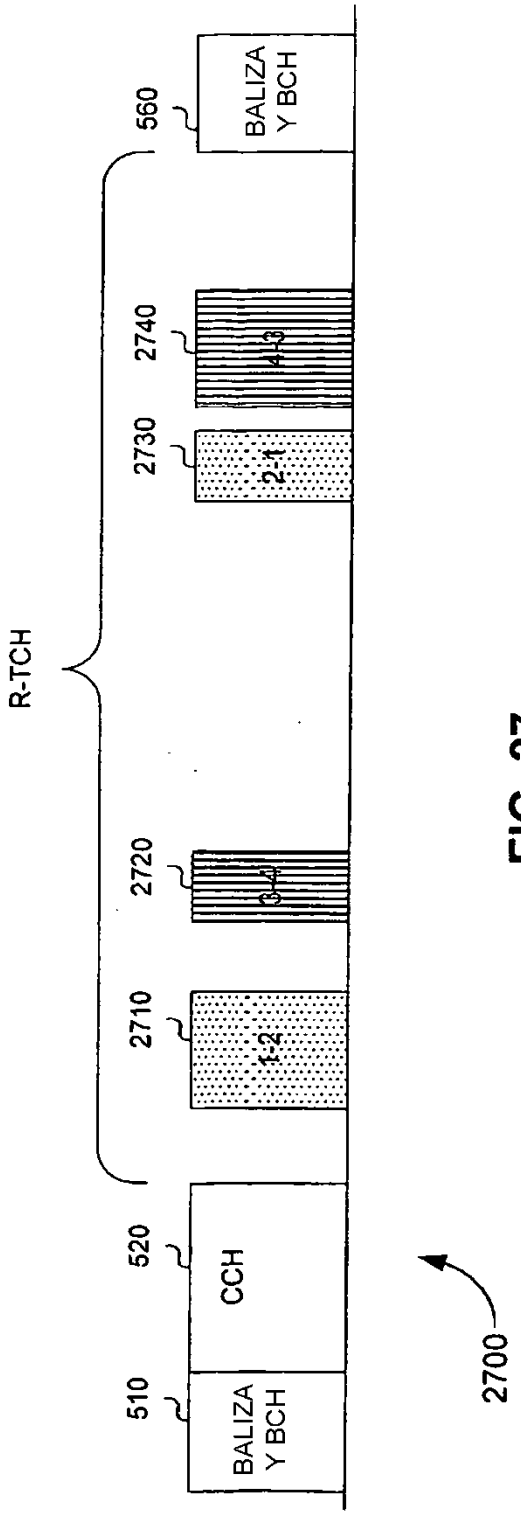

R-TCH
510
BALIZA
Y BCH
520
CCH
2710
1-2
2720
3-2
2730
2-1
2740
4-3
560
BALIZA
Y BCH
2700

FIG. 27

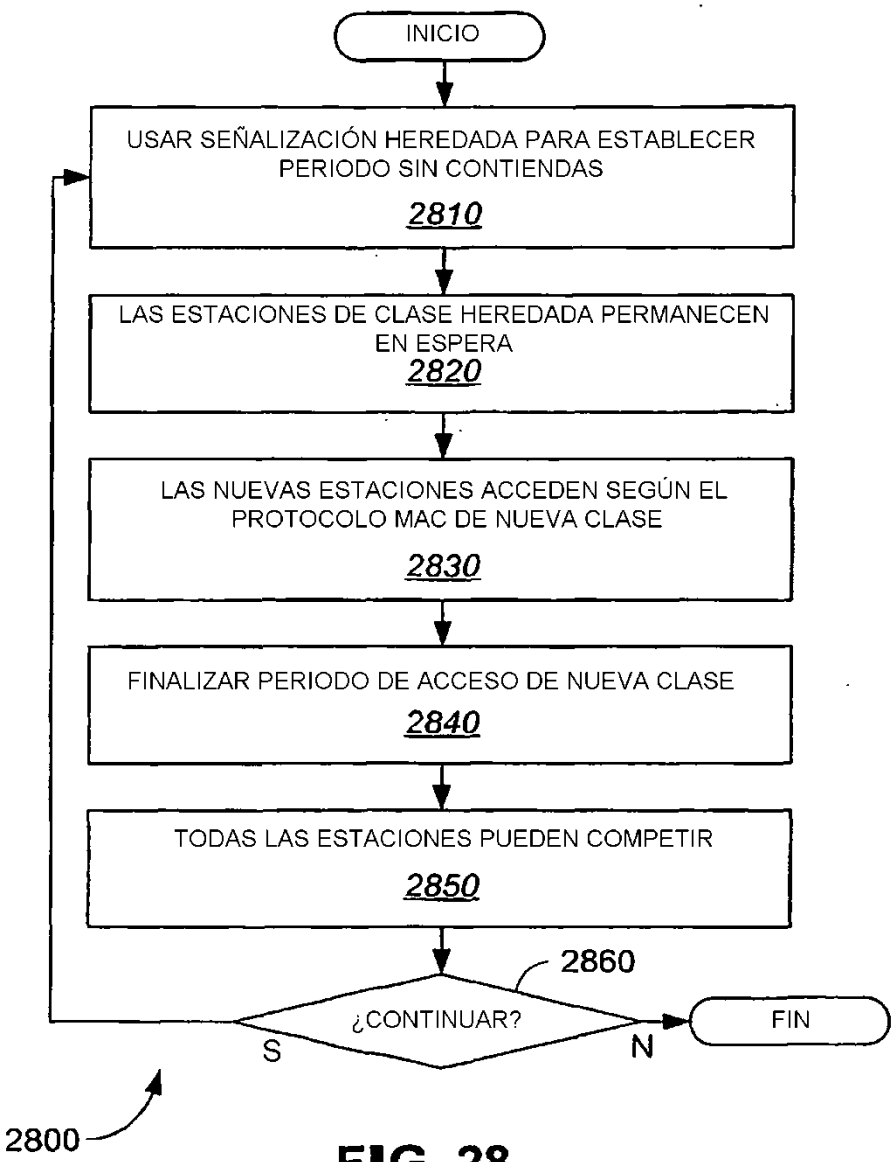

INICIO
USAR SEÑALIZACIÓN HEREDADA PARA ESTABLECER PERIODO SIN CONTIENDAS
2810
LAS ESTACIONES DE CLASE HEREDADA PERMANECEN EN ESPERA
2820
LAS NUEVAS ESTACIONES ACCEDEN SEGÚN EL PROTOCOLO MAC DE NUEVA CLASE
2830
FINALIZAR PERIODO DE ACCESO DE NUEVA CLASE
2840
TODAS LAS ESTACIONES PUEDEN COMPETIR
2850
2860
¿CONTINUAR?
S
N
FIN
2800

FIG. 28

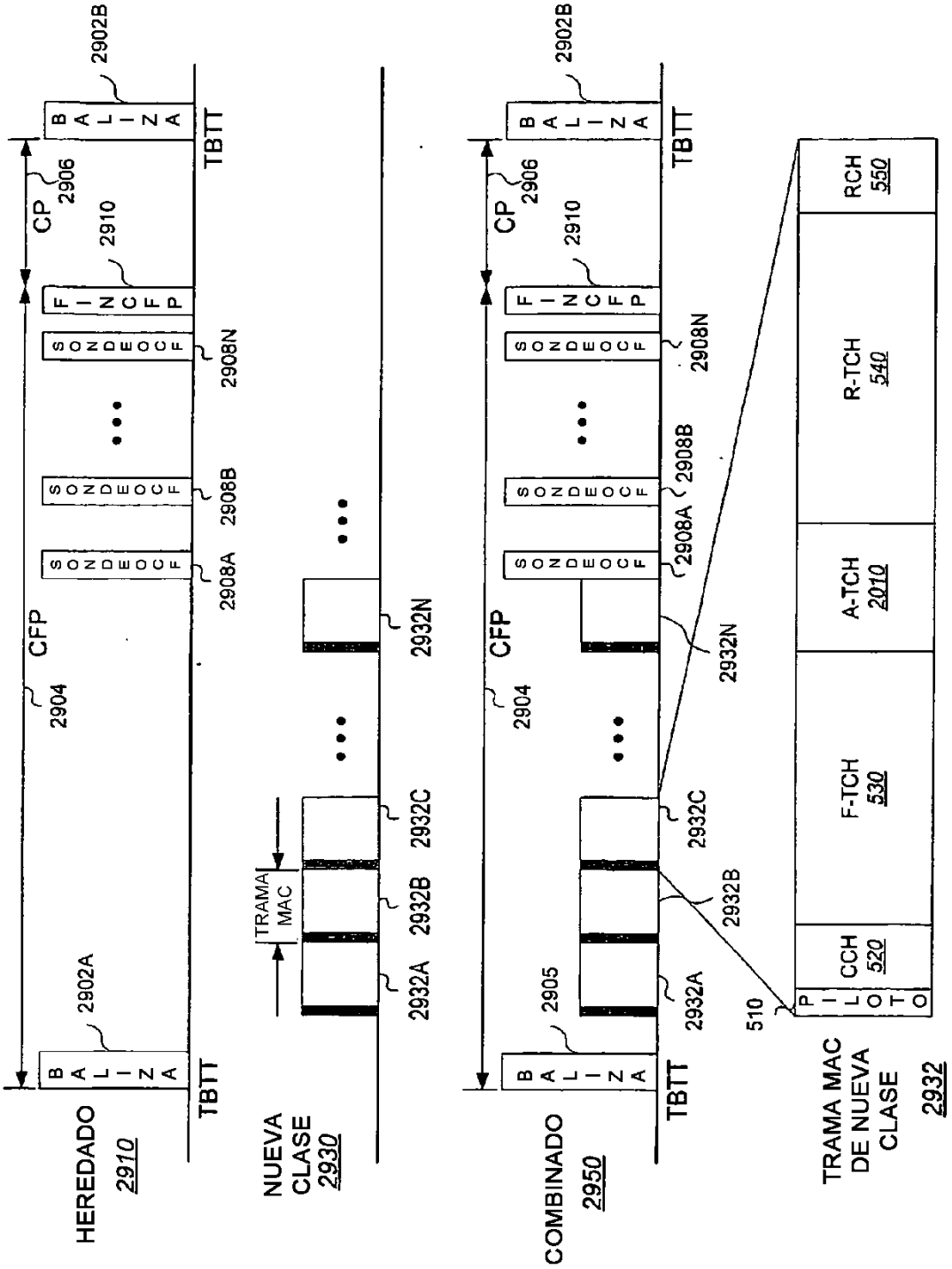

HEREDADO
2910
NUEVA CLASE
2930
COMBINADO
2950
TRAMA MAC DE NUEVA CLASE
2932
CFP
CP
TBTT
BALIZA
SONDEO CFP
FIN CFP
TRAMA MAC
2902A
2902B
2904
2905
2906
2908A
2908B
2908N
2910
2932A
2932B
2932C
2932N
510
PILOTO
CCH 520
F-TCH 530
A-TCH 2010
R-TCH 540
RCH 550

FIG. 29

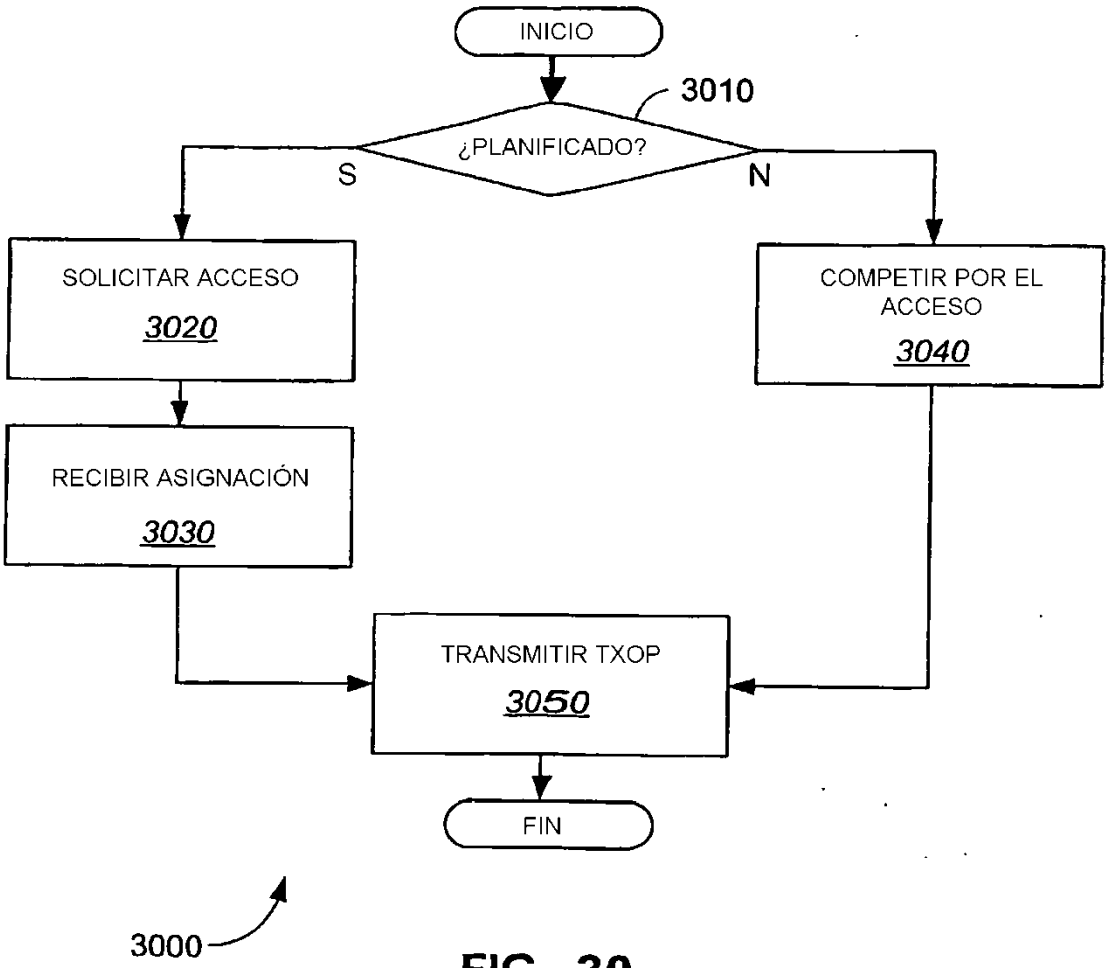

INICIO
3010
¿PLANIFICADO?
S
N
SOLICITAR ACCESO
3020
COMPETIR POR EL ACCESO
3040
RECIBIR ASIGNACIÓN
3030
TRANSMITIR TXOP
3050
FIN
3000

FIG. 30

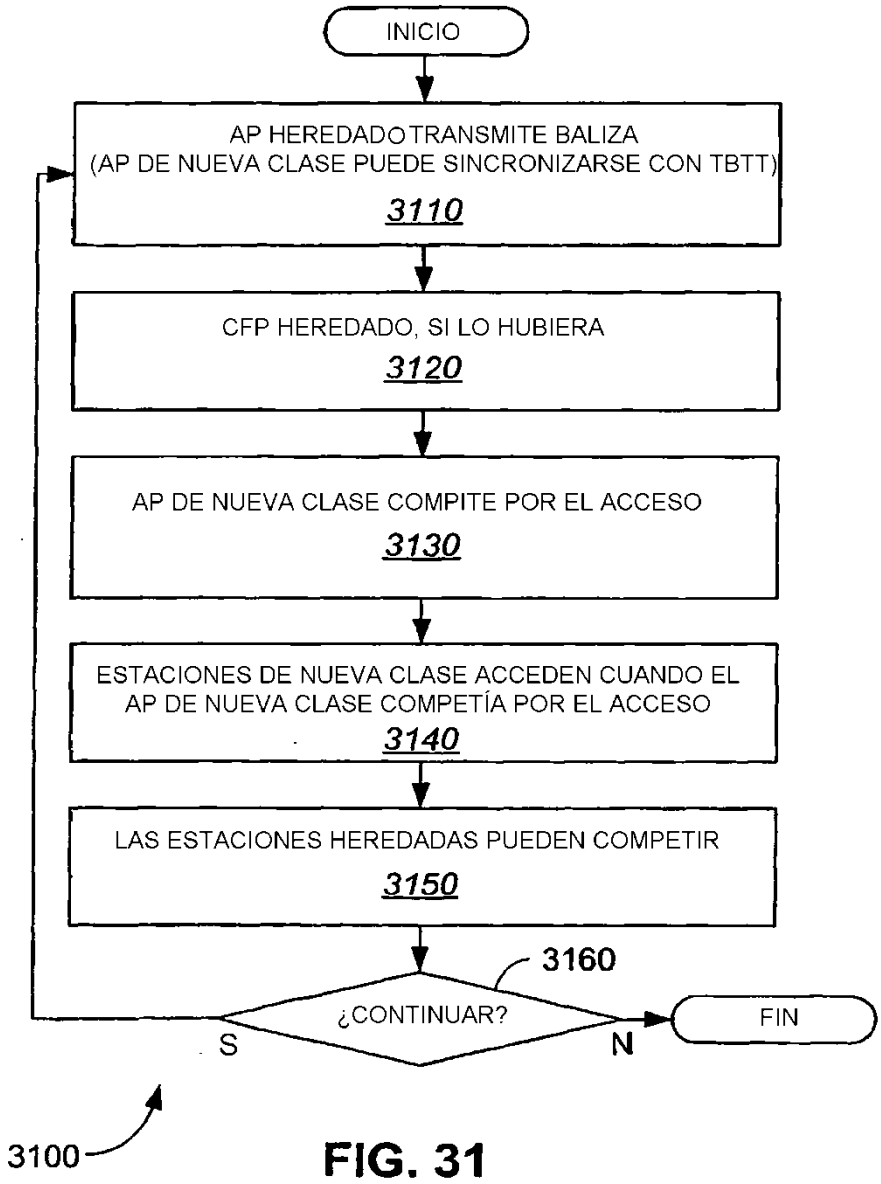

INICIO
AP HEREDADO TRANSMITE BALIZA
(AP DE NUEVA CLASE PUEDE SINCRONIZARSE CON TBTT)
3110
CFP HEREDADO, SI LO HUBIERA
3120
AP DE NUEVA CLASE COMPITE POR EL ACCESO
3130
ESTACIONES DE NUEVA CLASE ACCEDEN CUANDO EL
AP DE NUEVA CLASE COMPETÍA POR EL ACCESO
3140
LAS ESTACIONES HEREDADAS PUEDEN COMPETIR
3150
3160
¿CONTINUAR?
S
N
FIN
3100

FIG. 31

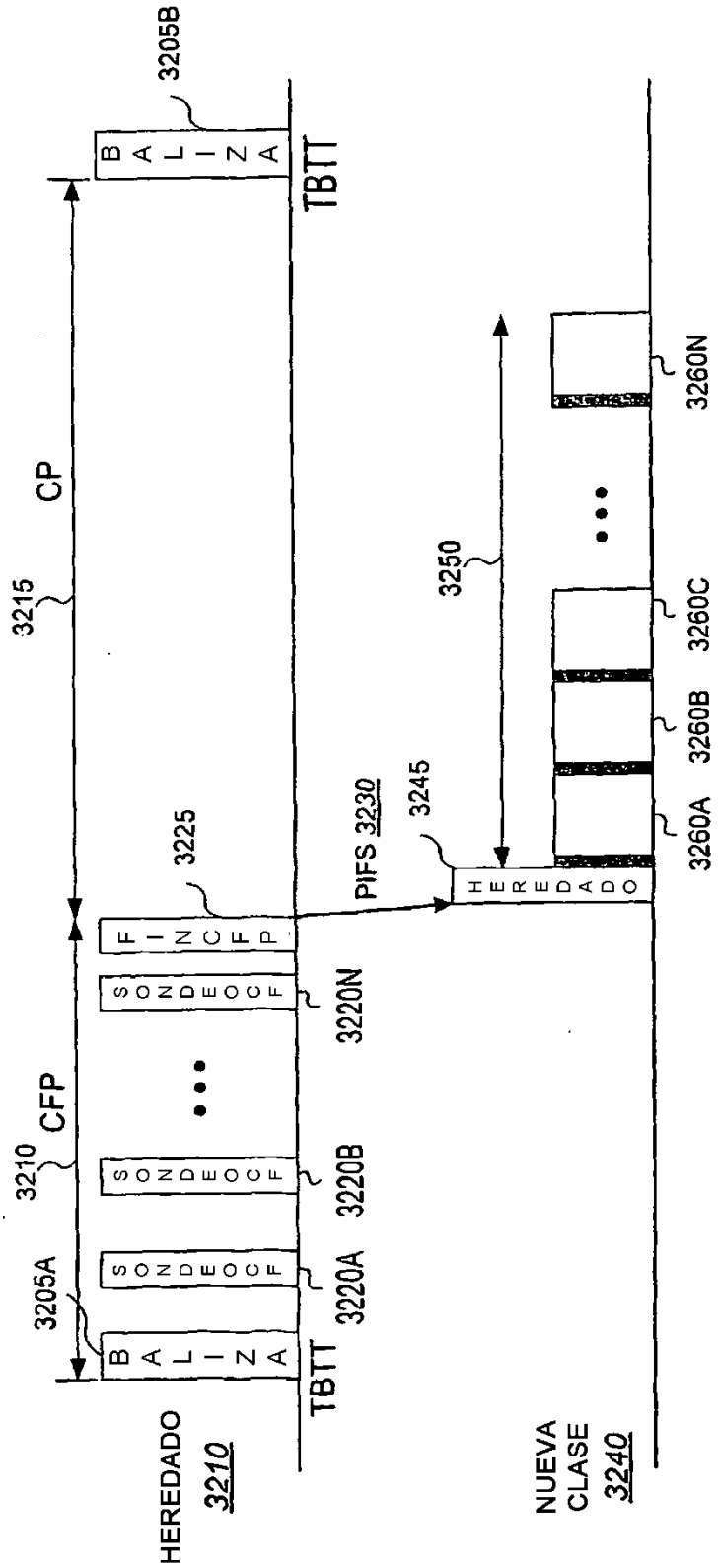

3205B
BALIZA
TBTT
CP
3215
3250
3260N
3260C
3260B
3260A
3245
PIFS 3230
3225
FINCFP
SONDEOCF
3220N
CFP
3210
3220B
3220A
3205A
BALIZA
TBTT
HEREDADO
HEREDADO
3210
NUEVA CLASE
3240

FIG. 32

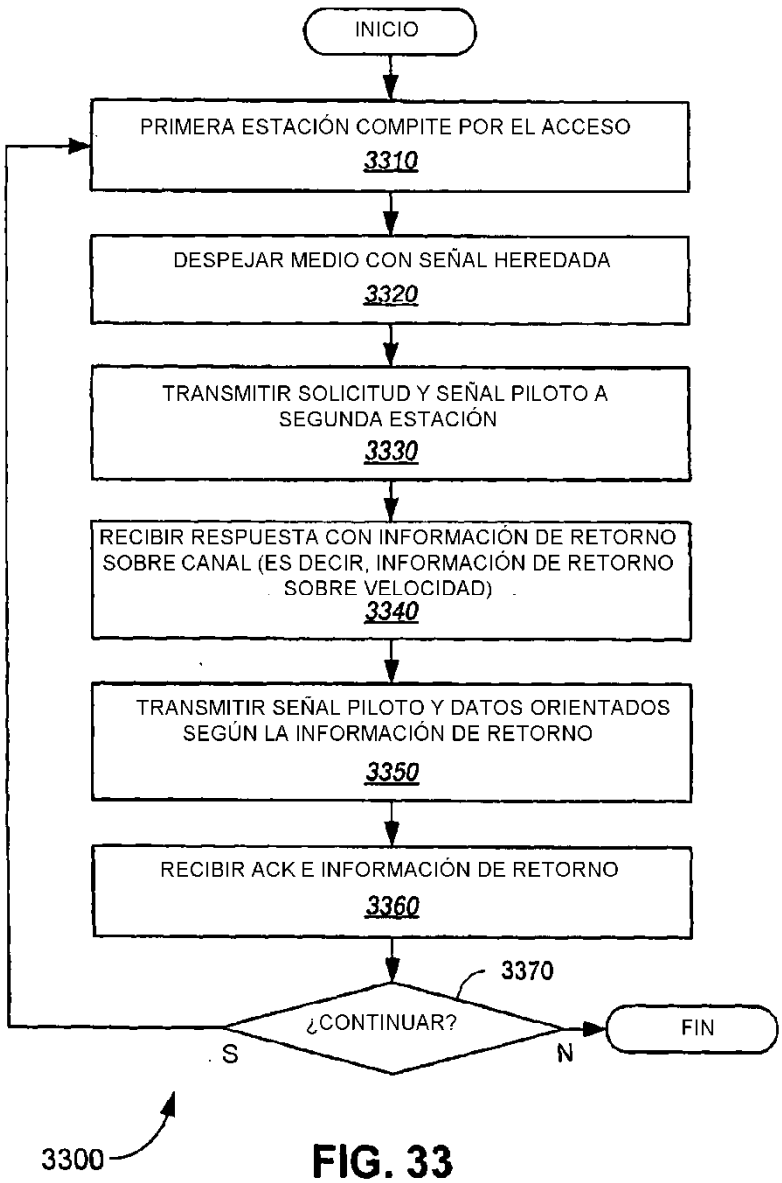

INICIO
PRIMERA ESTACIÓN COMPITE POR EL ACCESO
3310
DESPEJAR MEDIO CON SEÑAL HEREDADA
3320
TRANSMITIR SOLICITUD Y SEÑAL PILOTO A SEGUNDA ESTACIÓN
3330
RECIBIR RESPUESTA CON INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE CANAL (ES DECIR, INFORMACIÓN DE RETORNO SOBRE VELOCIDAD)
3340
TRANSMITIR SEÑAL PILOTO Y DATOS ORIENTADOS SEGÚN LA INFORMACIÓN DE RETORNO
3350
RECIBIR ACK E INFORMACIÓN DE RETORNO
3360
3370
¿CONTINUAR?
S
N
FIN
3300

FIG. 33

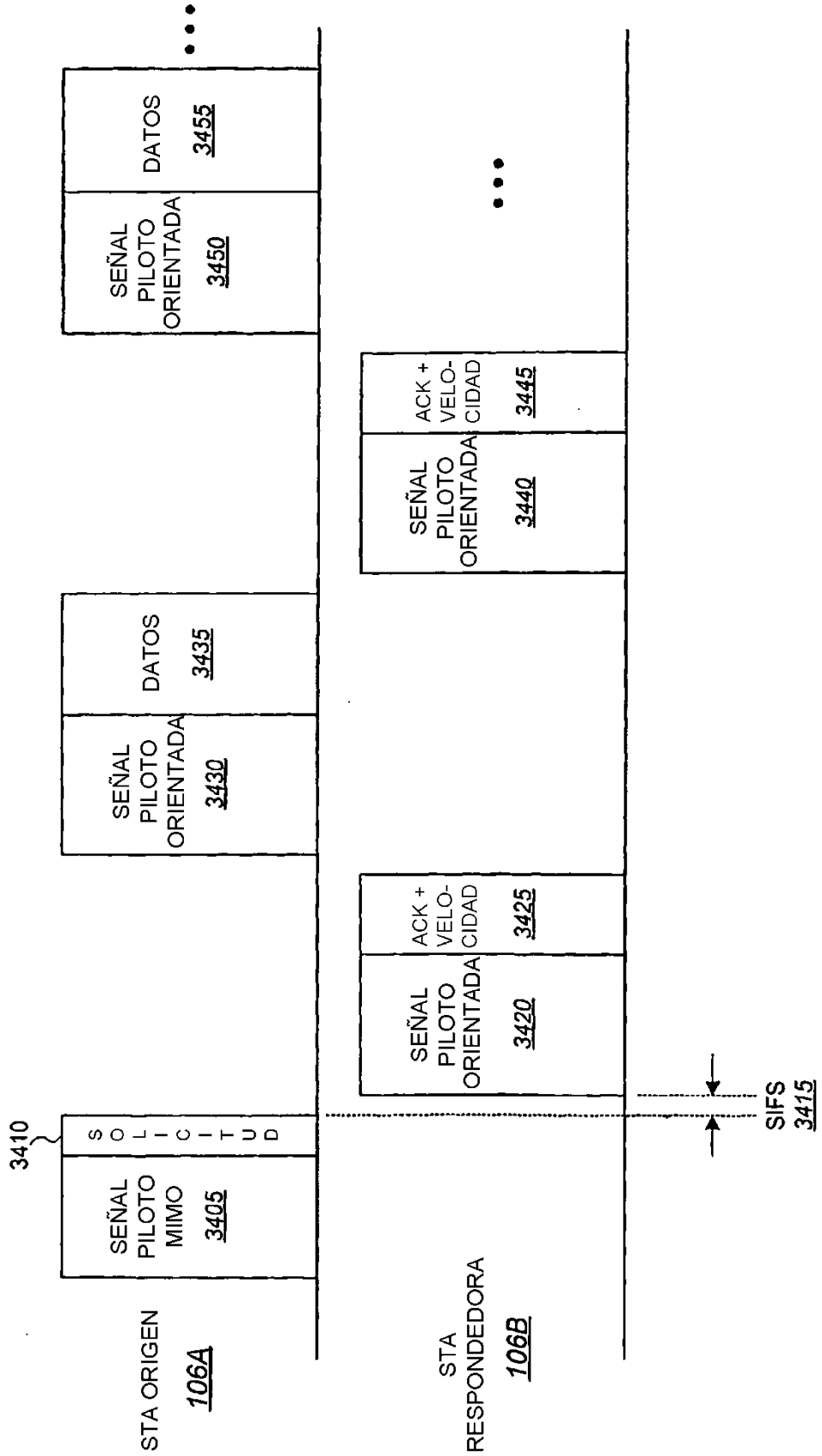

3410
SOLICITUD
SEÑAL PILOTO MIMO
3405
STA ORIGEN
106A
SEÑAL PILOTO ORIENTADA
3430
DATOS
3435
SEÑAL PILOTO ORIENTADA
3450
DATOS
3455
SEÑAL PILOTO ORIENTADA
3420
ACK + VELO-CIDAD
3425
SEÑAL PILOTO ORIENTADA
3440
ACK + VELO-CIDAD
3445
STA RESPONDEDORA
106B
SIFS
3415

FIG. 34

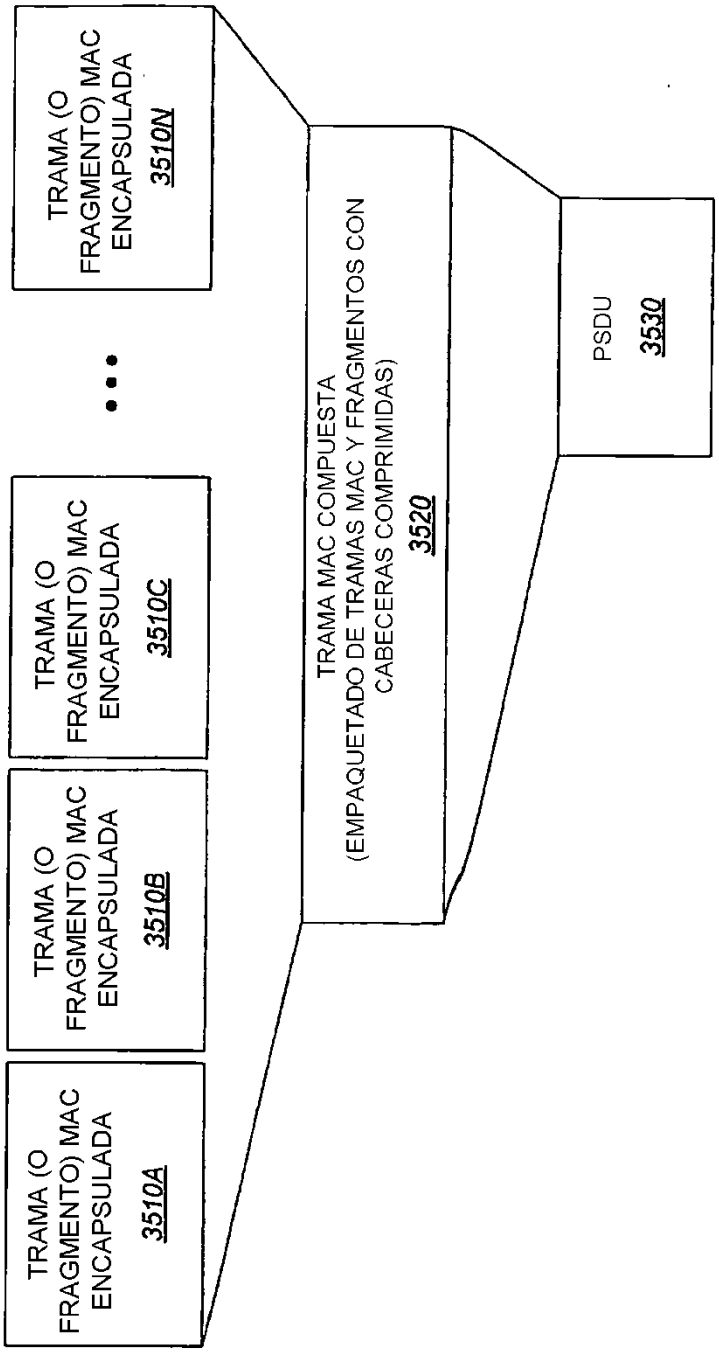
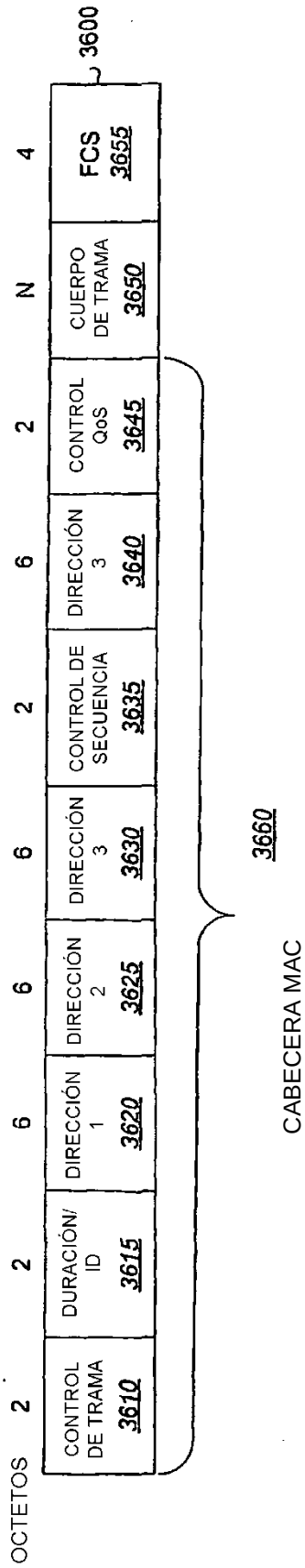

TRAMA (O FRAGMENTO) MAC ENCAPSULADA
3510A
TRAMA (O FRAGMENTO) MAC ENCAPSULADA
3510B
TRAMA (O FRAGMENTO) MAC ENCAPSULADA
3510C
TRAMA (O FRAGMENTO) MAC ENCAPSULADA
3510N
TRAMA MAC COMPUESTA
(EMPAQUETADO DE TRAMAS MAC Y FRAGMENTOS CON CABECERAS COMPRIMIDAS)
3520
PSDU
3530

FIG. 35



TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 36

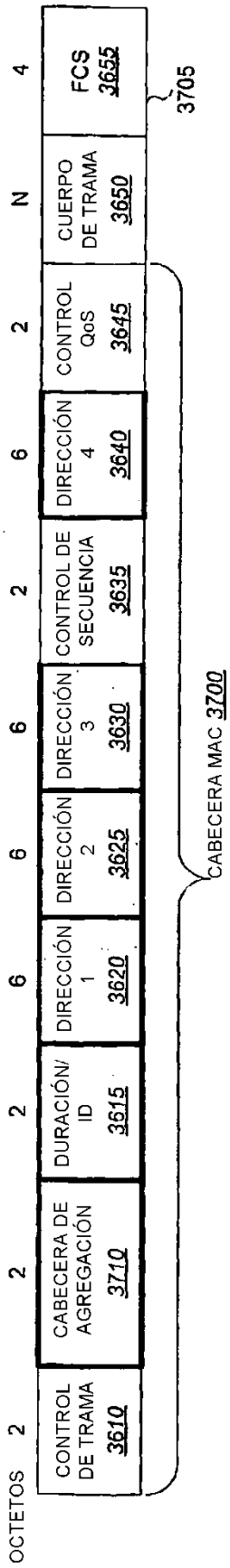


FIG. 37

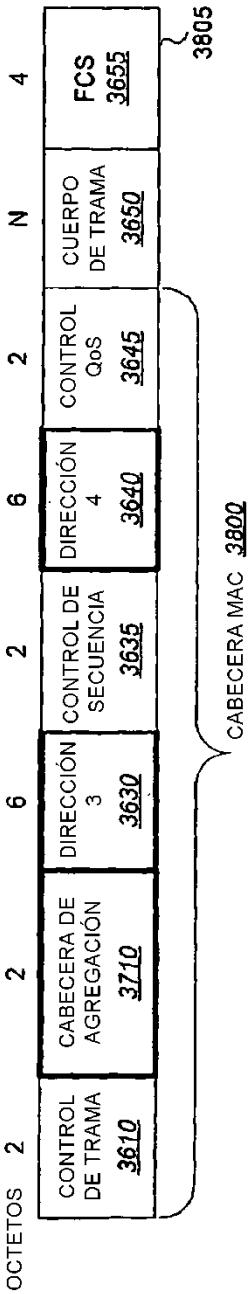


FIG. 38

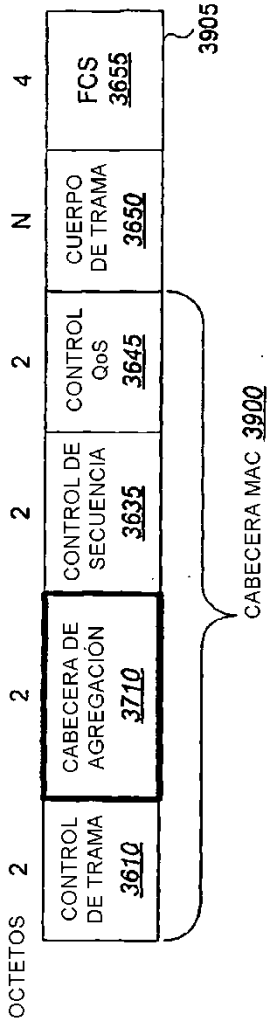


FIG. 39

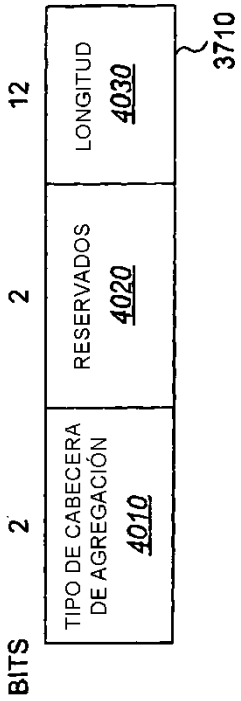

BITS
2
2
12
TIPO DE CABECERA DE AGREGACIÓN
4010
RESERVADOS
4020
LONGITUD
4030
3710

FIG. 40

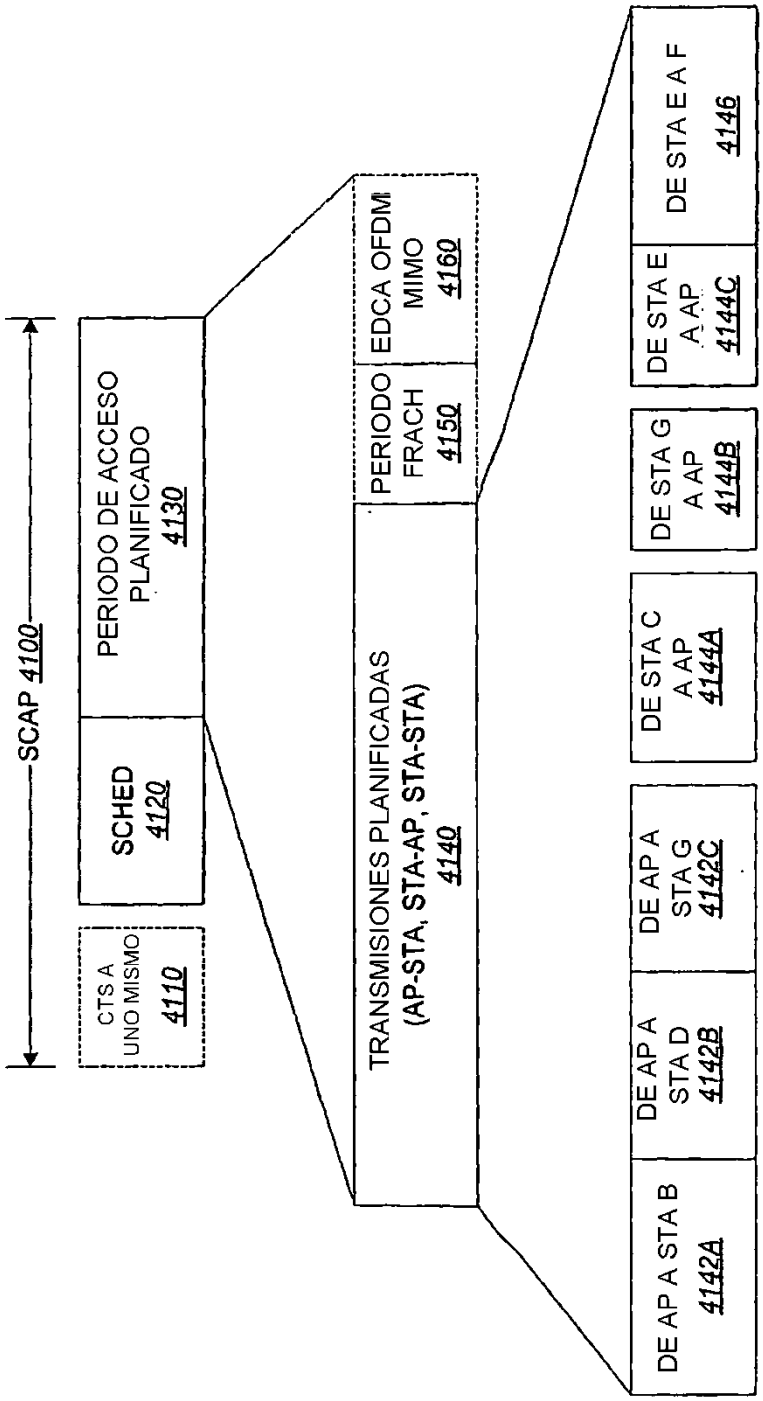

SCAP 4100
CTS A UNO MISMO 4110
SCHED 4120
PERIODO DE ACCESO PLANIFICADO 4130
TRANSMISIONES PLANIFICADAS (AP-STA, STA-AP, STA-STA) 4140
PERIODO FRACH 4150
EDCA OFDM MIMO 4160
DE AP A STA B 4142A
DE AP A STA D 4142B
DE AP A STA G 4142C
DE STA C A AP 4144A
DE STA G A AP 4144B
DE STA E A AP 4144C
DE STA E A F 4146

FIG. 41

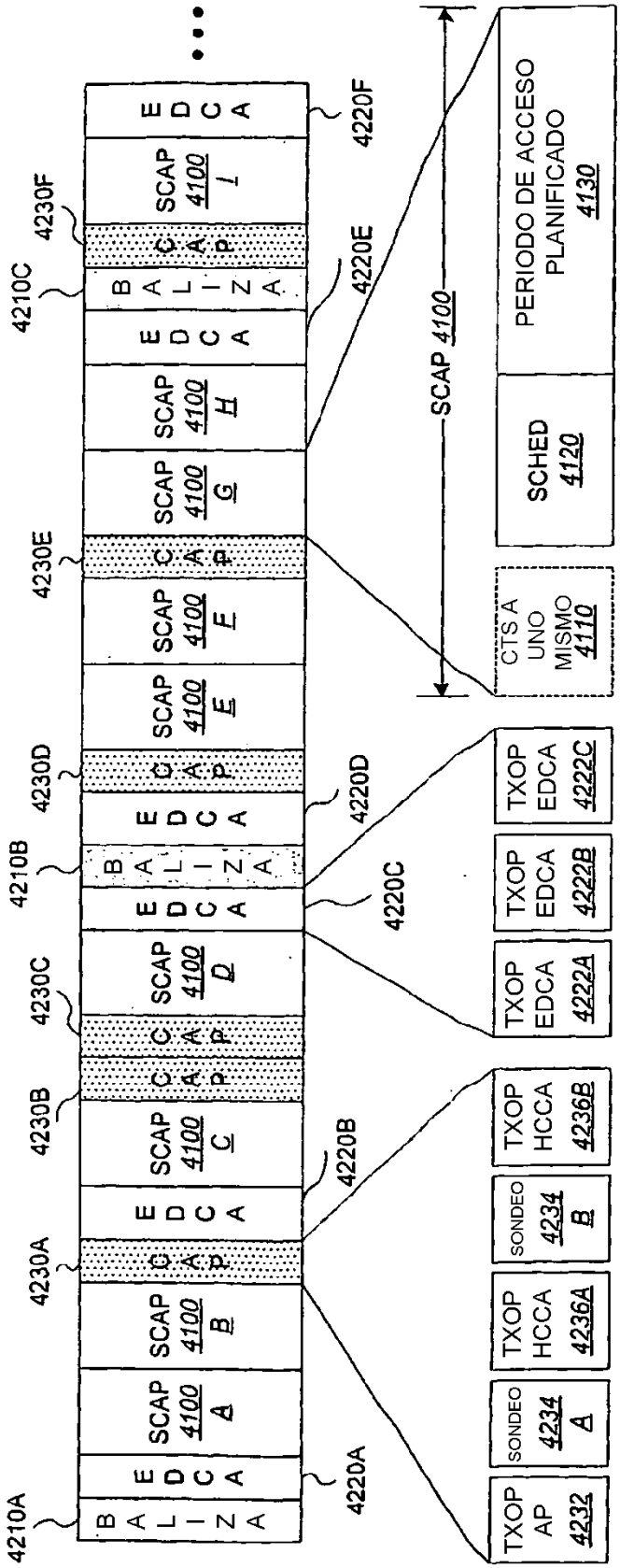

4210A
4210B
4210C
4230A
4230B
4230C
4230D
4230E
4230F
4220A
4220B
4220C
4220D
4220E
4220F
SCAP 4100 A
SCAP 4100 B
SCAP 4100 C
SCAP 4100 D
SCAP 4100 E
SCAP 4100 E
SCAP 4100 G
SCAP 4100 H
SCAP 4100 I
SCAP 4100
TXOP AP 4232
SONDEO 4234 A
TXOP HCCA 4236A
SONDEO 4234 B
TXOP HCCA 4236B
TXOP EDCA 4222A
TXOP EDCA 4222B
TXOP EDCA 4222C
CTS A UNO MISMO 4110
SCHED 4120
PERIODO DE ACCESO PLANIFICADO 4130

FIG. 42

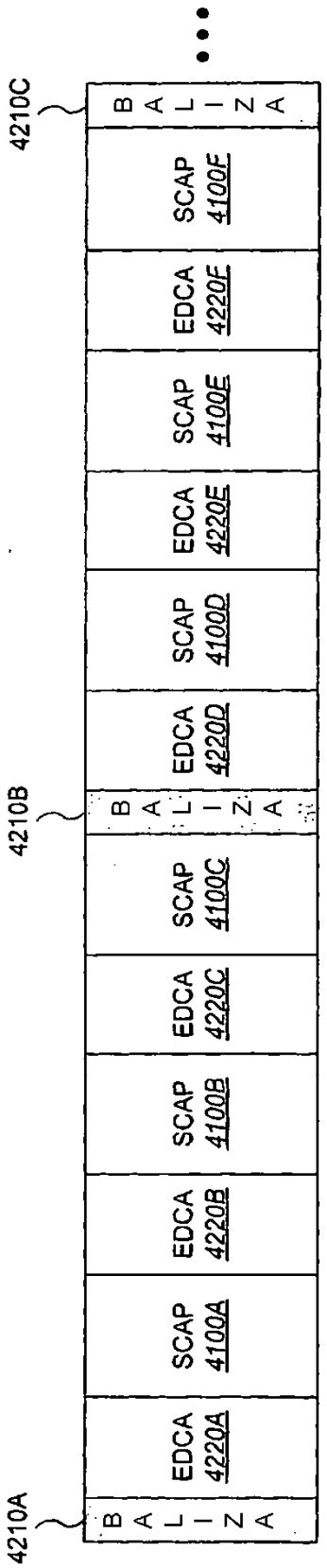

4210A
BALIZA
EDCA 4220A
SCAP 4100A
EDCA 4220B
SCAP 4100B
EDCA 4220C
SCAP 4100C
4210B
BALIZA
EDCA 4220D
SCAP 4100D
EDCA 4220E
SCAP 4100E
EDCA 4220F
SCAP 4100F
4210C
BALIZA

FIG. 43

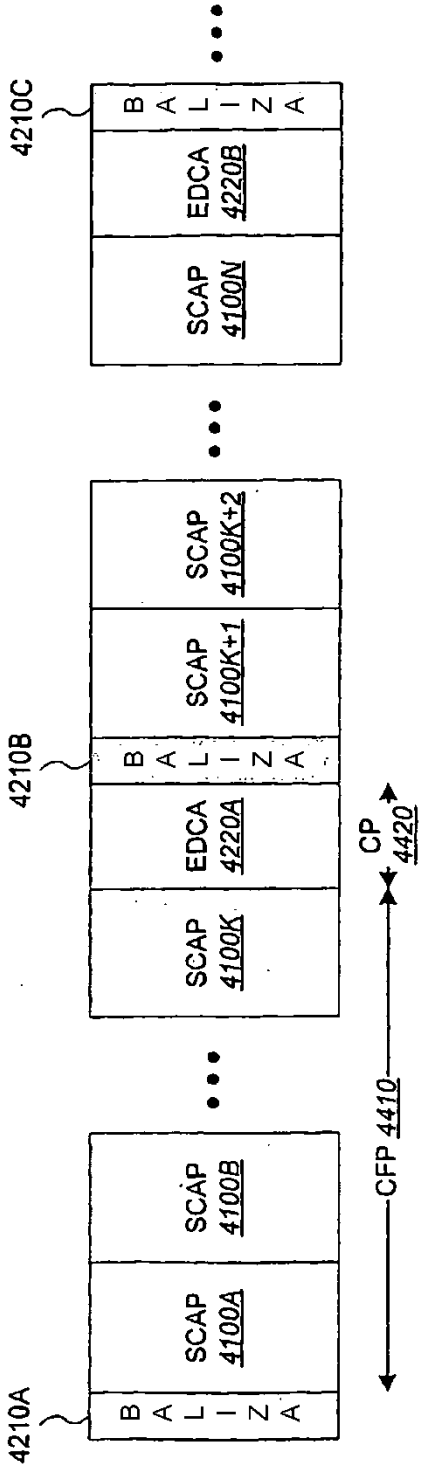

4210A
BALIZA
SCAP 4100A
SCAP 4100B
4210B
BALIZA
EDCA 4220A
SCAP 4100K
SCAP 4100K+1
SCAP 4100K+2
4210C
BALIZA
EDCA 4220B
SCAP 4100N
CFP 4410
CP 4420

FIG. 44

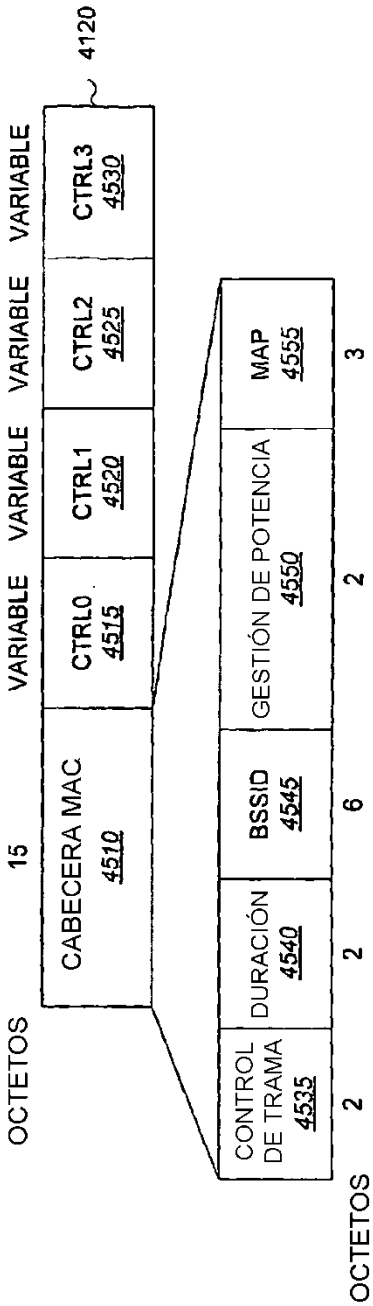


FIG. 45

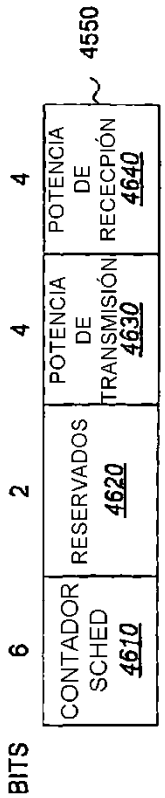


FIG. 46

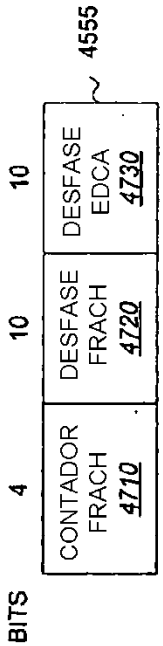


FIG. 47

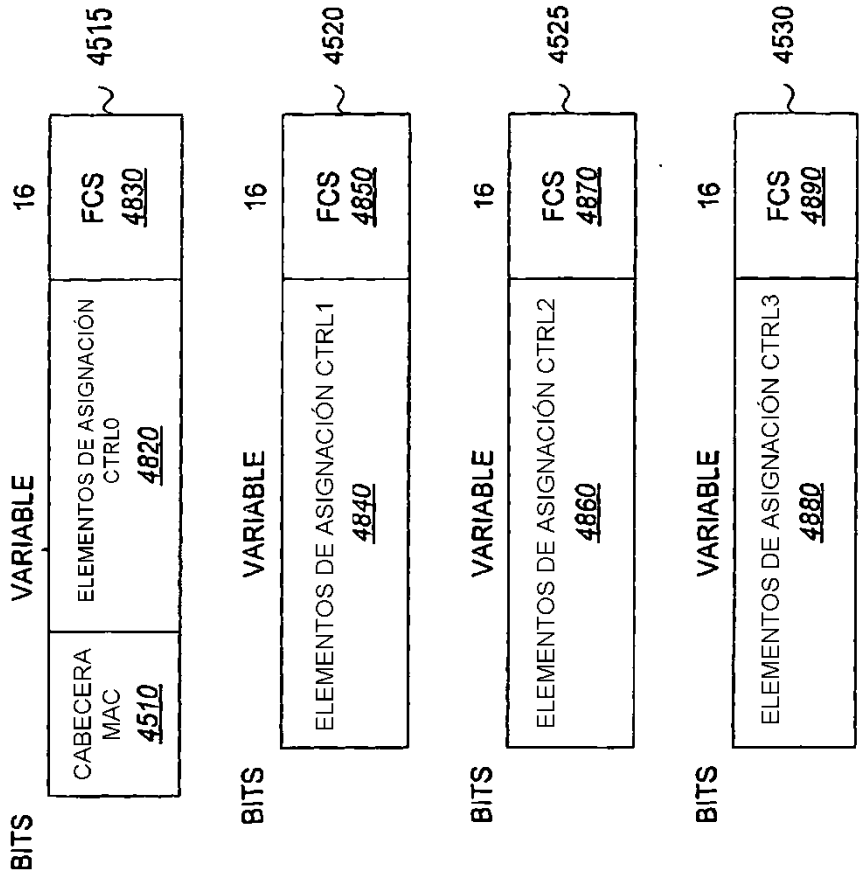
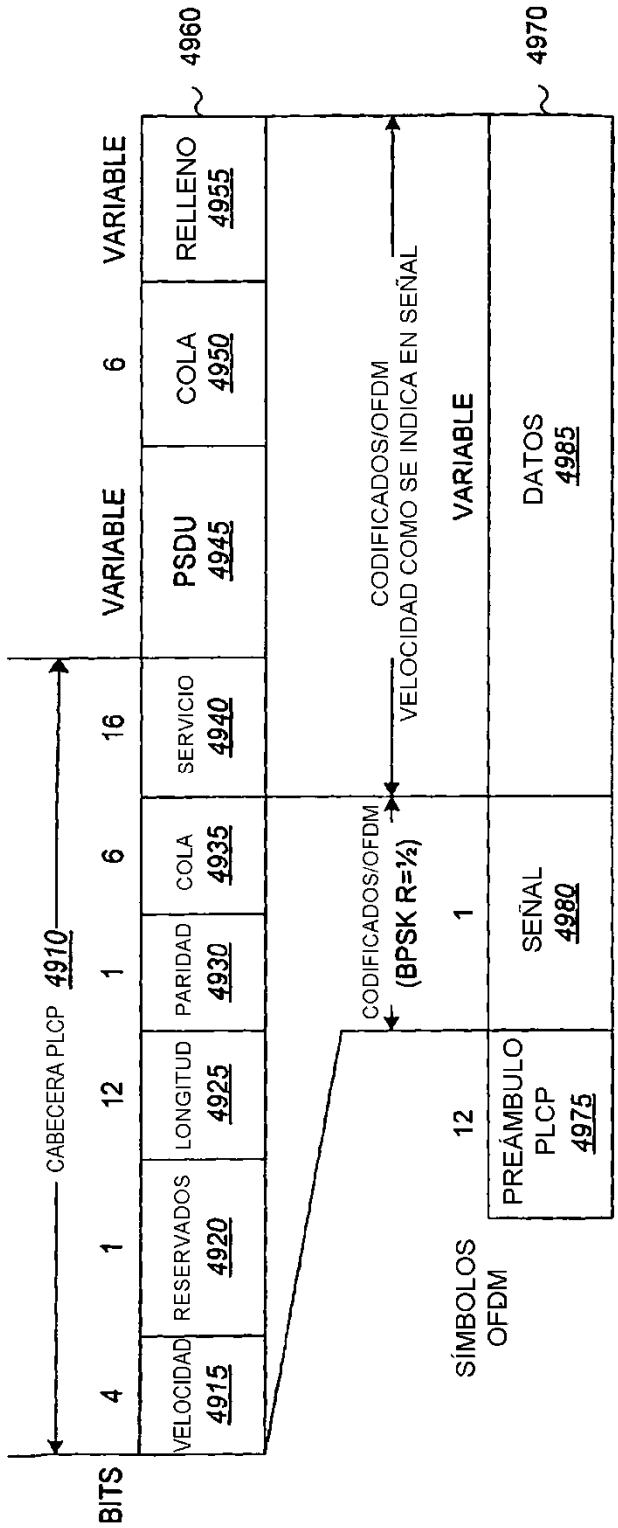

BITS
VARIABLE
16
CABECERA MAC 4510
ELEMENTOS DE ASIGNACIÓN CTRL0 4820
FCS 4830
4515
BITS
VARIABLE
16
ELEMENTOS DE ASIGNACIÓN CTRL1 4840
FCS 4850
4520
BITS
VARIABLE
16
ELEMENTOS DE ASIGNACIÓN CTRL2 4860
FCS 4870
4525
BITS
VARIABLE
16
ELEMENTOS DE ASIGNACIÓN CTRL3 4880
FCS 4890
4530

FIG. 48



TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 49

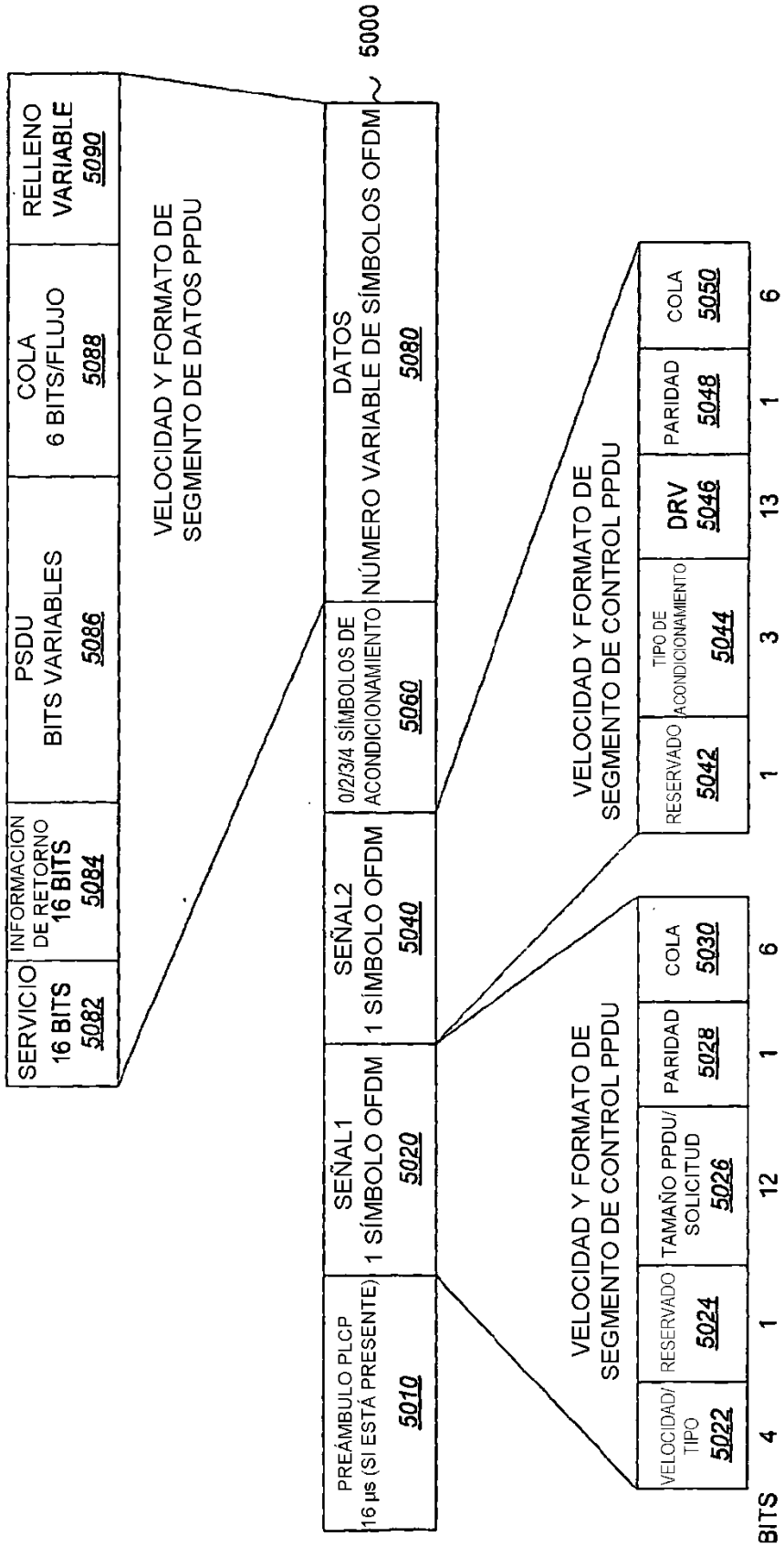

5000
PREÁMBULO PLCP
16 µs (SI ESTÁ PRESENTE)
5010
SEÑAL1
1 SÍMBOLO OFDM
5020
SEÑAL2
1 SÍMBOLO OFDM
5040
0/2/3/4 SÍMBOLOS DE ACONDICIONAMIENTO
5060
DATOS
NÚMERO VARIABLE DE SÍMBOLOS OFDM
5080
SERVICIO
16 BITS
5082
INFORMACIÓN DE RETORNO
16 BITS
5084
PSDU
BITS VARIABLES
5086
COLA
6 BITS/FLUJO
5088
RELLENO VARIABLE
5090
VELOCIDAD Y FORMATO DE SEGMENTO DE DATOS PPDU
VELOCIDAD Y FORMATO DE SEGMENTO DE CONTROL PPDU
VELOCIDAD/ TIPO
5022
RESERVADO
5024
TAMAÑO PPDU/ SOLICITUD
5026
PARIDAD
5028
COLA
5030
4
1
12
1
6
VELOCIDAD Y FORMATO DE SEGMENTO DE CONTROL PPDU
RESERVADO
5042
TIPO DE ACONDICIONAMIENTO
5044
DRV
5046
PARIDAD
5048
COLA
5050
1
3
13
1
6
BITS

FIG. 50

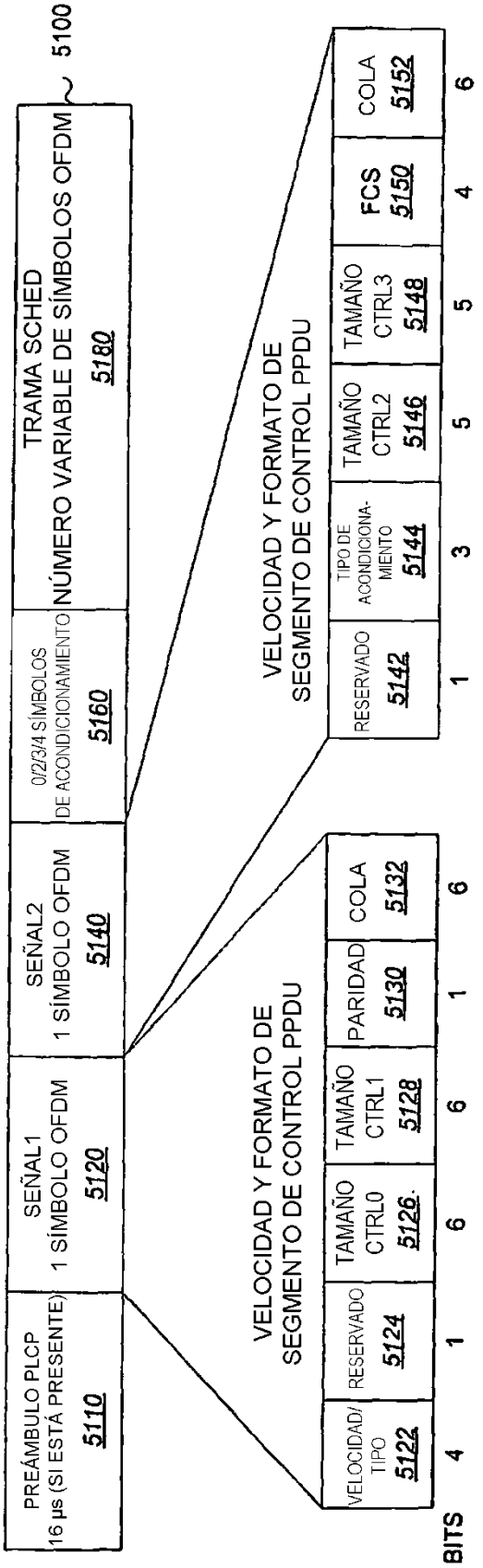

5100
PREÁMBULO PLCP
16 µs (SI ESTÁ PRESENTE)
5110
SEÑAL1
1 SÍMBOLO OFDM
5120
SEÑAL2
1 SÍMBOLO OFDM
5140
0/2/3/4 SÍMBOLOS
DE ACONDICIONAMIENTO
5160
TRAMA SCHED
NÚMERO VARIABLE DE SÍMBOLOS OFDM
5180
VELOCIDAD Y FORMATO DE
SEGMENTO DE CONTROL PPDU
VELOCIDAD/
TIPO
5122
RESERVADO
5124
TAMAÑO
CTRL0
5126
TAMAÑO
CTRL1
5128
PARIDAD
5130
COLA
5132
4
1
6
6
1
6
VELOCIDAD Y FORMATO DE
SEGMENTO DE CONTROL PPDU
RESERVADO
5142
TIPO DE
ACONDICIONA-
MIENTO
5144
TAMAÑO
CTRL2
5146
TAMAÑO
CTRL3
5148
FCS
5150
COLA
5152
1
3
5
5
4
6
BITS

FIG. 51

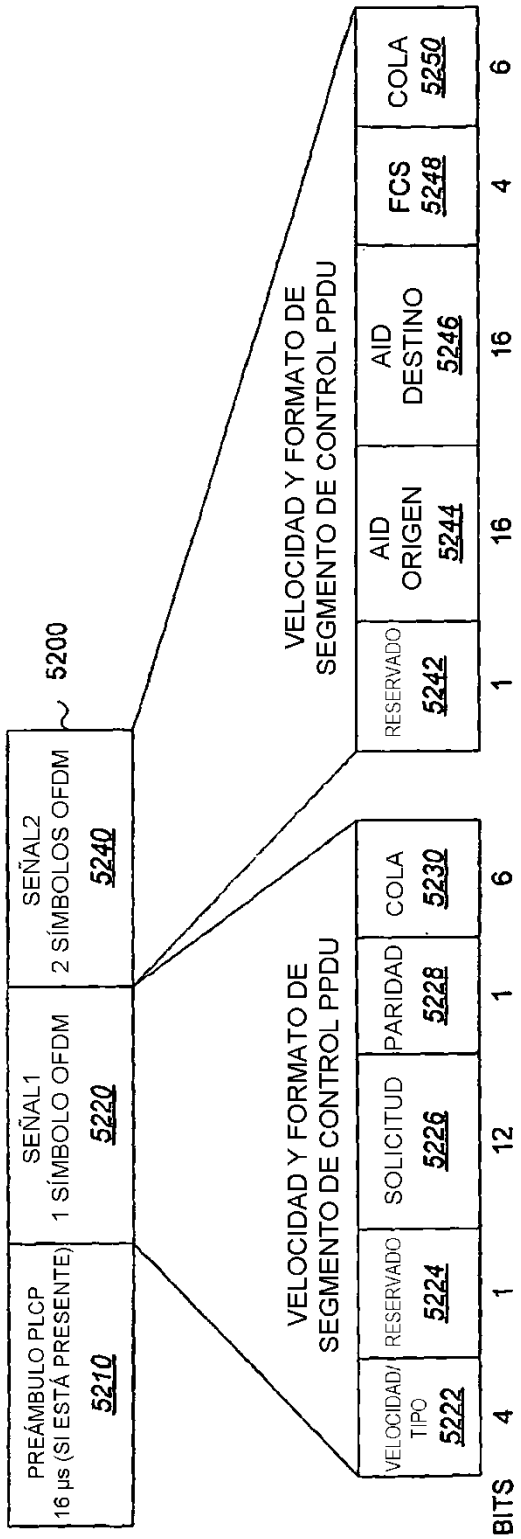

5200
PREÁMBULO PLCP
16 µs (SI ESTÁ PRESENTE)
5210
SEÑAL1
1 SÍMBOLO OFDM
5220
SEÑAL2
2 SÍMBOLOS OFDM
5240
VELOCIDAD Y FORMATO DE SEGMENTO DE CONTROL PPDU
VELOCIDAD/ TIPO 5222
RESERVADO 5224
SOLICITUD 5226
PARIDAD 5228
COLA 5230
VELOCIDAD Y FORMATO DE SEGMENTO DE CONTROL PPDU
RESERVADO 5242
AID ORIGEN 5244
AID DESTINO 5246
FCS 5248
COLA 5250
BITS
4
1
12
1
6
1
16
16
4
6

FIG. 52

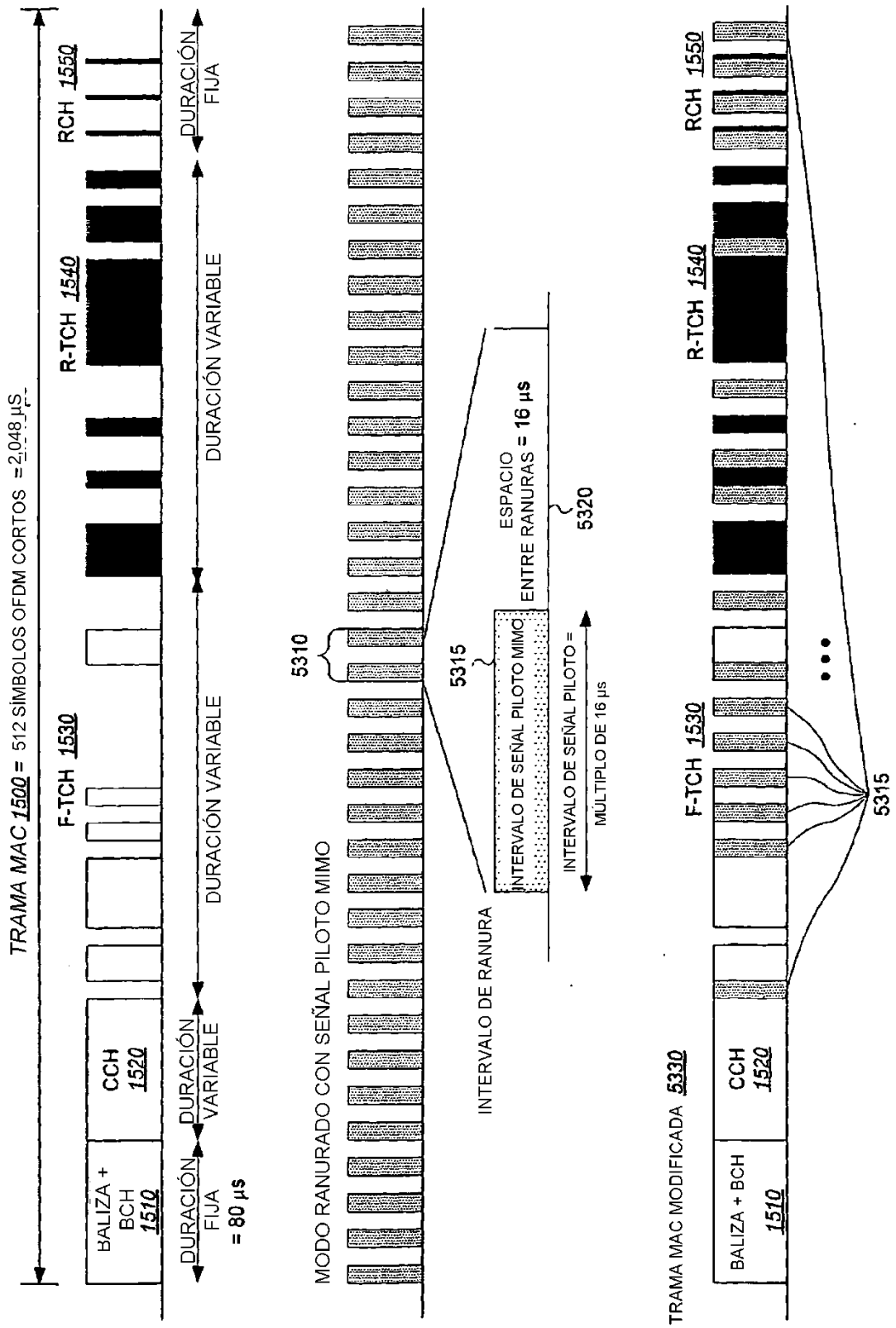

TRAMA MAC 1500 = 512 SÍMBOLOS OFDM CORTOS = 2,048 µS
BALIZA + BCH 1510
CCH 1520
F-TCH 1530
R-TCH 1540
RCH 1550
DURACIÓN FIJA = 80 µs
DURACIÓN VARIABLE
DURACIÓN VARIABLE
DURACIÓN FIJA
MODO RANURADO CON SEÑAL PILOTO MIMO
5310
INTERVALO DE RANURA
5315
INTERVALO DE SEÑAL PILOTO MIMO
ESPACIO ENTRE RANURAS = 16 µs
5320
INTERVALO DE SEÑAL PILOTO = MÚLTIPLO DE 16 µs
TRAMA MAC MODIFICADA 5330
BALIZA + BCH 1510
CCH 1520
F-TCH 1530
R-TCH 1540
RCH 1550
5315

FIG. 53