

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 791**

51 Int. Cl.:
H04L 12/66 (2006.01)
H04L 29/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **04795250 .2**
- 96 Fecha de presentación: **15.10.2004**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1678898**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.07.2006**

54 Título: **Control de acceso a medios de alta velocidad con interoperabilidad de sistemas heredados**

30 Prioridad:
15.10.2003 US 511750 P 15.10.2003 US 511904 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 964330

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
31.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
31.05.2012

73 Titular/es:
**QUALCOMM INCORPORATED
5775 MOREHOUSE DRIVE
SAN DIEGO, CALIFORNIA 92121, US**

72 Inventor/es:
**WALTON, Rodney, J.;
KETCHUM, John, W. y
NANDA, Sanjiv**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 381 791 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Control de acceso a medios de alta velocidad con interoperabilidad de sistemas heredados

Antecedentes**Campo**

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

Antecedentes

- 10 Los sistemas de comunicación inalámbrica están ampliamente extendidos, para proporcionar diversos tipos de comunicación, tales como voz y datos. Un típico sistema, o red, de datos inalámbricos proporciona a múltiples usuarios acceso a uno o más recursos compartidos. Un sistema puede usar una gran variedad de técnicas de acceso múltiple, tales como el Multiplexado por División de Frecuencia (FDM), el Multiplexado por División del Tiempo (TDM), el Multiplexado por División de Código (CDM) y otros.

- 15 Los ejemplos de redes inalámbricas incluyen sistemas de datos de base celular. Los siguientes son varios de tales ejemplos: (1) el "Estándar de compatibilidad entre estación móvil y estación base " TIA/EIA-95-B" para un sistema celular de espectro ensanchado, banda ancha y modalidad dual" (el estándar IS-95), (2) el estándar ofrecido por un consorcio llamado "Proyecto de Colaboración de 3ª Generación" (3GPP) y realizado en un conjunto de documentos que incluyen los Documentos de N° 3G TS 25.211, 3G TS 25.212, 3G TS 25.213 y 3G TS 25.214 (el estándar W-CDMA), (3) el estándar ofrecido por un consorcio llamado "Proyecto 2 de Colaboración de 3ª Generación" (3GPP2) y realizado en el "Estándar de capa física TR-45.5 para sistemas de espectro ensanchado cdma2000" (el estándar IS-2000) y (4) el sistema de alta velocidad de datos (HDR) conforme al estándar TIA/EIA/IS-856 (el estándar IS-856).

- 20 Otros ejemplos de sistemas inalámbricos incluyen las Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN), tales como los estándares IEEE 802.11 (es decir, 802.11 (a), (b) o (g)). Pueden lograrse mejoras sobre estas redes desplegando una WLAN de Entrada Múltiple y Salida Múltiple (MIMO) que comprende técnicas de modulación de Multiplexado Ortogonal por División de Frecuencia (OFDM). El estándar IEEE 802.11(e) ha sido introducido para mejorar algunos de los inconvenientes de los anteriores estándares 802.11.

- 25 Según han avanzado los diseños de sistemas inalámbricos, las mayores velocidades de datos se han hecho inevitables. Las mayores velocidades de datos han abierto la posibilidad de aplicaciones avanzadas, entre las cuales están la voz, el vídeo, la transferencia rápida de datos y varias otras aplicaciones. Sin embargo, diversas aplicaciones pueden tener distintos requisitos para su respectiva transferencia de datos. Muchos tipos de datos pueden tener requisitos de latencia y de caudal, o necesitar alguna garantía de Calidad de Servicio (QoS). Sin gestión de recursos, la capacidad de un sistema puede reducirse, y el sistema puede no funcionar eficazmente.

- 30 Los protocolos de Control de Acceso al Medio (MAC) se usan habitualmente para adjudicar un recurso de comunicación compartido entre un cierto número de usuarios. Los protocolos de MAC usualmente mantienen interfaces con capas superiores a la capa física utilizada para transmitir y recibir datos. Para aprovechar un aumento en las velocidades de datos, debe diseñarse un protocolo de MAC para utilizar el recurso compartido eficazmente. También es generalmente deseable mantener la interoperabilidad con estándares de comunicación alternativos o heredados. Hay, por lo tanto, una necesidad en la técnica para el procesamiento del MAC de un uso eficiente de sistemas de alto caudal. Hay una necesidad adicional en la técnica para tal procesamiento del MAC que sea retrocompatible con diversos tipos de sistemas heredados.

- 40 La Patente Estadounidense N° 6.587.441 revela un procedimiento y aparato para el transporte de datos por una red inalámbrica gestionada, usando un único protocolo de comunicación.

Resumen

- 45 Las realizaciones reveladas en el presente documento abordan la necesidad de un procesamiento del MAC para un uso eficaz de sistemas de alto caudal, y que sea retro-compatible con diversos tipos de sistemas heredados. En un aspecto, una primera señal se transmite según un formato de transmisión heredado, para reservar una parte de un medio compartido, y la comunicación según un segundo formato de transmisión se revela durante la parte reservada.

- 50 En otro aspecto, un dispositivo de comunicación puede competir por el acceso a un sistema heredado, y luego comunicarse según un protocolo de comunicación de nueva clase con uno o más dispositivos de comunicación remotos durante el periodo de acceso. En otro aspecto, un dispositivo puede solicitar acceso a un medio compartido según un protocolo heredado y, tras la concesión del acceso, el dispositivo puede comunicarse con una o más estaciones remotas (o facilitar la comunicación entre dos o más estaciones remotas) según un nuevo protocolo.

En otro aspecto, un punto de acceso de nueva clase adjudica un periodo libre de competición y un periodo de competición, una parte del periodo libre de competición adjudicado a la comunicación según un protocolo de nueva clase, y una segunda parte del periodo libre de competición optativamente adjudicado a la comunicación según un protocolo de comunicación heredado. El periodo de competición puede usar cualquier protocolo, o una combinación de ambos. También se presentan otros diversos aspectos.

Breve descripción de los dibujos

- La FIG. 1 es una realización ejemplar de un sistema que incluye una WLAN de alta velocidad;
- la FIG. 2 ilustra una realización ejemplar de un dispositivo de comunicación inalámbrica, que puede configurarse como un punto de acceso o terminal de usuario;
- 10 la FIG. 3 ilustra parámetros de separación entre tramas del estándar 802.11;
- la FIG. 4 muestra un segmento ejemplar de transmisión de la capa física (PHY), que ilustra el uso de DIFS más retroceso para el acceso según la DCF;
- la FIG. 5 muestra un segmento ejemplar de transmisión de la capa física (PHY) que ilustra el uso de SIFS antes de un ACK (Acuse de Recibo), con mayor prioridad que un acceso con DIFS;
- 15 la FIG. 6 ilustra la segmentación de grandes paquetes en fragmentos más pequeños con SIFS asociados;
- la FIG. 7 muestra un segmento ejemplar de transmisión de la capa física (PHY) que ilustra una TXOP con acuse de recibo por trama;
- la FIG. 8 ilustra una TXOP con acuse de recibo de bloques;
- la FIG. 9 muestra un segmento ejemplar de transmisión de capa física (PHY) que ilustra una TXOP con sondeo, usando HCCA;
- 20 la FIG. 10 es una realización ejemplar de una TXOP que incluye múltiples transmisiones consecutivas sin ninguna brecha;
- la FIG. 11 muestra una realización ejemplar de una TXOP que ilustra la reducción de la magnitud de transmisión de preámbulo requerida;
- 25 la FIG. 12 ilustra una realización ejemplar de un procedimiento para incorporar diversos aspectos, que incluye consolidar preámbulos, eliminar brechas tales como SIFS e insertar GIF según corresponda;
- la FIG. 13 muestra un segmento ejemplar de transmisión de la capa física (PHY) que ilustra sondeos consolidados y sus respectivas TXOP;
- la FIG. 14 ilustra una realización ejemplar de un procedimiento para consolidar sondeos;
- 30 la FIG. 15 ilustra una trama ejemplar del MAC;
- la FIG. 16 ilustra una PDU (Unidad de Datos de Protocolo) ejemplar del MAC;
- la FIG. 17 ilustra una comunicación ejemplar de par a par;
- la FIG. 18 ilustra una ráfaga de capa física de la técnica anterior;
- la FIG. 19 ilustra una ráfaga ejemplar de capa física, que puede desplegarse para la transmisión de par a par;
- 35 la FIG. 20 ilustra una realización ejemplar de una trama del MAC que incluye un segmento ad hoc optativo;
- la FIG. 21 ilustra una ráfaga ejemplar de capa física;
- la FIG. 22 ilustra un procedimiento ejemplar para la transmisión de datos de par a par;
- la FIG. 23 ilustra un procedimiento ejemplar para la comunicación de par a par;
- 40 la FIG. 24 ilustra un procedimiento ejemplar para proporcionar respuesta de velocidad para su uso en la conexión de par a par;
- la FIG. 25 ilustra una conexión gestionada de par a par entre dos estaciones y un punto de acceso;

- la FIG. 26 ilustra una conexión de par a par basada en la competición (o ad hoc);
- la FIG. 27 muestra una trama ejemplar del MAC que ilustra la comunicación gestionada de par a par entre estaciones;
- la FIG. 28 ilustra el soporte de estaciones, tanto heredadas como de nueva clase, en la misma asignación de frecuencia;
- 5 la FIG. 29 ilustra la combinación del control de acceso al medio, heredado y de nueva clase;
- la FIG. 30 ilustra un procedimiento ejemplar para ganar una oportunidad de transmisión;
- la FIG. 31 ilustra un procedimiento ejemplar para compartir una única FA con múltiples BSS;
- la FIG. 32 ilustra los BSS solapados que usan una única FA;
- la FIG. 33 ilustra un procedimiento ejemplar para llevar a cabo la comunicación de par a par de alta velocidad al interoperar con un BSS heredado;
- 10 la FIG. 34 ilustra la comunicación de par a par que usa técnicas de MIMO compitiendo por el acceso sobre un BSS heredado;
- la FIG. 35 ilustra la encapsulación de una o más tramas (o fragmentos) del MAC dentro de una trama compuesta;
- la FIG. 36 ilustra una trama del MAC heredada;
- 15 la FIG. 37 ilustra una trama ejemplar no comprimida;
- la FIG. 38 ilustra una trama ejemplar comprimida;
- la FIG. 39 ilustra otra trama ejemplar comprimida;
- la FIG. 40 ilustra una Cabecera de Composición ejemplar;
- la FIG. 41 ilustra una realización ejemplar de una trama de Periodo de Acceso Planificado (SCAP) para su uso en la ACF;
- 20 la FIG. 42 ilustra cómo el SCAP puede usarse conjuntamente con HCCA y EDCA;
- la FIG. 43 ilustra intervalos de Baliza que comprenden un cierto número de SCAP intercalados con periodos de acceso basados en competición;
- la FIG. 44 ilustra el funcionamiento de baja latencia con un gran número de STA de MIMO;
- 25 la FIG. 45 ilustra un mensaje ejemplar SCHED;
- la FIG. 46 ilustra un campo ejemplar de Gestión de Energía;
- la FIG. 47 ilustra un campo ejemplar MAP;
- la FIG. 48 ilustra tramas ejemplares de control SCHED para asignación de TXOP;
- la FIG. 49 ilustra una PPDU heredada del estándar 802.11;
- 30 la FIG. 50 ilustra un formato ejemplar de PPDU de MIMO para transmisiones de datos;
- la FIG. 51 ilustra una PPDU de SCHED ejemplar;
- la FIG. 52 ilustra una PPDU de FRACH ejemplar; y
- la FIG. 53 ilustra una realización alternativa de un procedimiento de interoperabilidad con sistemas heredados.

Descripción detallada

- 35 Se revelan en el presente documento realizaciones ejemplares que dan soporte a un funcionamiento sumamente eficaz, conjuntamente con capas físicas de muy alta velocidad de datos, para una LAN inalámbrica (o aplicaciones similares que usan tecnologías de transmisión recientemente emergentes). La WLAN ejemplar da soporte a velocidades de datos por encima de los 100 Mbps (millones de bits por segundo) en anchos de banda de 20 MHz.
- Diversas realizaciones ejemplares preservan la simplicidad y la robustez del funcionamiento en coordinación distribuida

de sistemas de WLAN heredados, cuyos ejemplos se hallan en el estándar 802.11 (a-e). Las ventajas de las diversas realizaciones pueden lograrse manteniendo a la vez la retro-compatibilidad con tales sistemas heredados. (Obsérvese que, en la descripción a continuación, los sistemas del estándar 802.11 se describen como sistemas heredados ejemplares. Los expertos en la técnica reconocerán que las mejoras también son compatibles con sistemas y estándares alternativos).

Una WLAN ejemplar puede comprender una pila de protocolos de sub-red. La pila de protocolos de sub-red puede dar soporte a mecanismos de transporte de capa física de alta velocidad de datos y gran ancho de banda, en general, incluyendo, pero sin limitarse a, los basados en la modulación por OFDM, técnicas de modulación de portadora única, sistemas que usan antenas de transmisión múltiple y recepción múltiple (sistemas de Entrada Múltiple y Salida Múltiple (MIMO), incluso sistemas de Entrada Múltiple y Salida Única (MISO)) para funcionamiento de muy alta eficacia del ancho de banda, sistemas que usan antenas de transmisión y recepción múltiple, conjuntamente con técnicas de multiplexado espacial para transmitir datos a o desde múltiples terminales de usuario durante el mismo intervalo temporal, y sistemas que usan técnicas de acceso múltiple por división de código (CDMA) para permitir transmisiones para múltiples usuarios simultáneamente. Los ejemplos alternativos incluyen sistemas de Entrada Única y Salida Múltiple (SIMO) y de Entrada Única y Salida Única (SISO).

Una o más realizaciones ejemplares descritas en el presente documento se exponen en el contexto de un sistema de comunicación de datos inalámbrica. Si bien el uso dentro de este contexto es ventajoso, pueden incorporarse distintas realizaciones de la invención en distintos entornos o configuraciones. En general, los diversos sistemas descritos en el presente documento pueden formarse usando procesadores controlados por software, circuitos integrados o lógica discreta. Los datos, instrucciones, comandos, información, señales, símbolos y chips que pueden mencionarse en toda la extensión de la solicitud están ventajosamente representados por voltajes, corriente, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticas, campos o partículas ópticas, o una combinación de los mismos. Además, los bloques mostrados en cada diagrama en bloques pueden representar hardware o etapas de procedimiento. Las etapas de procedimiento pueden intercambiarse sin apartarse del alcance de la presente invención. La palabra "ejemplar" se usa en el presente documento para significar "que sirve como un ejemplo, caso o ilustración". Cualquier realización descrita en el presente documento como "ejemplar" no ha de interpretarse necesariamente como preferida o ventajosa con respecto a otras realizaciones.

La FIG. 1 es una realización ejemplar del sistema 100, que comprende un Punto de Acceso (AP) 104 conectado con uno o más Terminales de Usuario (UT) 106A a N. Según la terminología del estándar 802.11, en este documento el AP y los UT también se denominan estaciones o STA. El AP y los UT se comunican mediante la Red Inalámbrica de Área Local (WLAN) 120. En la realización ejemplar, la WLAN 120 es un sistema de OFDM y MIMO de alta velocidad. Sin embargo, la WLAN 120 puede ser cualquier LAN inalámbrica. El punto 104 de acceso se comunica con cualquier número de dispositivos externos o procesos mediante la red 102. La red 102 puede ser Internet, una intranet, o cualquier otra red cableada, inalámbrica u óptica. La conexión 110 lleva las señales de capa física desde la red al punto 104 de acceso. Los dispositivos o procesos pueden conectarse con la red 102, o como UT (o mediante conexiones con los mismos) en la WLAN 120. Los ejemplos de dispositivos que pueden conectarse bien a la red 102 o bien a la WLAN 120 incluyen teléfonos, agendas electrónicas (PDA), ordenadores de diversos tipos (portátiles, ordenadores personales, estaciones de trabajo, terminales de cualquier tipo), dispositivos de vídeo tales como cámaras, grabadoras de vídeo, cámaras de la Red y prácticamente cualquier otro tipo de dispositivo de datos. Los procesos pueden incluir voz, vídeo, comunicaciones de datos, etc. Diversos flujos de datos pueden tener requisitos de transmisión variables, que pueden asimilarse usando técnicas de Calidad de Servicio (QoS) variable.

El sistema 100 puede desplegarse con un AP 104 centralizado. Todos los UT 106 se comunican con el AP en una realización ejemplar. En una realización alternativa, puede asimilarse la comunicación directa de par a par entre dos UT, con modificaciones en el sistema, como será evidente para los expertos en la técnica, ejemplos de lo cual se ilustran más adelante. El acceso puede ser gestionado por un AP, o ad hoc (es decir, en base a competición), según se detalla más adelante.

En una realización, el AP 104 proporciona adaptación a Ethernet. En este caso, puede desplegarse un encaminador de IP además del AP, para proporcionar conexión con la red 102 (detalles no mostrados). Las tramas de Ethernet pueden transferirse entre el encaminador y los UT 106 por la sub-red WLAN (detallado más adelante). La adaptación y la conectividad de Ethernet son bien conocidas en la técnica.

En una realización alternativa, el AP 104 proporciona Adaptación de IP. En este caso, el AP actúa como un encaminador de pasarela para el conjunto de los UT conectados (detalles no mostrados). En este caso, los datagramas de IP pueden ser encaminados por el AP 104 a y desde los UT 106. La adaptación y la conectividad de IP son bien conocidas en la técnica.

La FIG. 2 ilustra una realización ejemplar de un dispositivo de comunicación inalámbrica, que puede configurarse como un punto 104 de acceso o terminal 106 de usuario. Una configuración de punto 104 de acceso se muestra en la FIG. 2. El transceptor 210 recibe y transmite por la conexión 110 según los requisitos de capa física de la red 102. Los datos

de o a los dispositivos o aplicaciones conectados con la red 102 se entregan al procesador 220 del MAC. Estos datos se denominan en el presente documento flujos 260. Los flujos pueden tener distintas características y pueden requerir distinto procesamiento en base al tipo de aplicación asociada al flujo. Por ejemplo, el vídeo o la voz pueden caracterizarse como flujos de baja latencia (teniendo generalmente el vídeo requisitos mayores de caudal que la voz).

5 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 alguna pérdida de paquetes, la transferencia de ficheros es generalmente intolerante para la pérdida de paquetes).

Un procesador 220 del MAC recibe los flujos 260 y los procesa para su transmisión por la capa física. El procesador 220 del MAC también recibe datos de capa física y procesa los datos para formar paquetes para los flujos salientes 10 260. El control y señalización internos también se comunican entre el AP y los UT. Las Unidades de Datos del Protocolo MAC (las PDU del MAC), también denominadas Unidades de Datos de Protocolo de la Capa Física (PHY) (PPDU), o tramas (en la jerga del estándar 802.11), se entregan a y se reciben desde el transceptor 240 inalámbrico de LAN por la conexión 270. Técnicas ejemplares para la conversión de flujos y comandos a las PDU del MAC, y viceversa, se detallan más adelante. Las realizaciones alternativas pueden emplear cualquier técnica de conversión. La 15 retroalimentación 280 correspondiente a los diversos Identificadores del MAC puede devolverse desde la capa física (PHY) 240 al procesador 220 del MAC para diversos fines. La retroalimentación 280 puede comprender cualquier información de capa física, incluso las velocidades soportables para los canales (incluso canales de multidifusión, así como canales de unidifusión), el formato de modulación y varios otros parámetros.

En una realización ejemplar, la capa de Adaptación (ADAP) y la capa de Control del Enlace de Datos (DLC) se llevan a 20 cabo en el procesador 220 del MAC. La capa física (PHY) se lleva a cabo en el transceptor 240 inalámbrico de la LAN. Los expertos en la técnica reconocerán que la segmentación de las diversas funciones puede hacerse de cualquiera entre una gran variedad de configuraciones. El procesador 220 del MAC puede realizar algo de, o todo, el procesamiento para la capa física. Un transceptor inalámbrico de LAN puede incluir un procesador para realizar el procesamiento del MAC, o subpartes del mismo. Puede desplegarse cualquier número de procesadores, hardware de 25 propósito especial, o una combinación de los mismos.

El procesador 220 del MAC puede ser un microprocesador de propósito general, un procesador de señales digitales (DSP) o un procesador de propósito especial. El procesador 220 del MAC puede conectarse con hardware de propósito 30 especial para asistir en diversas tareas (detalles no mostrados). Diversas aplicaciones pueden ejecutarse en procesadores conectados externamente, tales como un ordenador conectado externamente, o por una conexión de red, pueden ejecutarse en un procesador adicional dentro del punto 104 de acceso (no mostrado), o pueden ejecutarse en el mismo procesador 220 del MAC. El procesador 220 del MAC se muestra conectado con la memoria 255, que puede usarse para almacenar datos así como instrucciones para llevar a cabo los diversos métodos y procedimientos descritos en el presente documento. Los expertos en la técnica reconocerán que la memoria 255 puede estar 35 compuesta por uno o más componentes de memoria de diversos tipos, que pueden incrustarse, totalmente o en parte, dentro del procesador 220 del MAC.

Además de almacenar instrucciones y datos para realizar las funciones descritas en el presente documento, la memoria 255 también puede usarse para almacenar datos asociados a diversas colas.

El transceptor 240 inalámbrico de la LAN puede ser cualquier tipo de transceptor. En una realización ejemplar, el transceptor inalámbrico 240 de la LAN es un transceptor de OFDM, que puede ser operado con una interfaz de MIMO o 40 MISO. OFDM, MIMO y MISO son conocidos para los expertos en la técnica. Diversos transceptores ejemplares de OFDM, MIMO y MISO se detallan en la Solicitud conjunta de Patente Estadounidense con N° de Serie 10 / 650.295, titulada "FREQUENCY-INDEPENDENT SPATIAL-PROCESSING FOR WIDEBAND MISO AND MIMO SYSTEMS" ["PROCESAMIENTO ESPACIAL INDEPENDIENTE DE LA FRECUENCIA PARA SISTEMAS DE MISO Y MIMO DE 45 BANDA ANCHA"], registrada el 27 de agosto de 2003, cedida al cesionario de la presente invención. Las realizaciones alternativas pueden incluir sistemas de SIMO o SISO.

El transceptor 240 inalámbrico de la LAN se muestra conectado con las antenas 250 A a N. Puede darse soporte a cualquier número de antenas en diversas realizaciones. Las antenas 250 pueden usarse para transmitir y recibir por la WLAN 120.

El transceptor 240 inalámbrico de la LAN puede comprender un procesador espacial conectado con cada una de la(s) 50 antena(s) 250. El procesador espacial puede procesar los datos para la transmisión independientemente para cada antena, o procesar conjuntamente las señales recibidas por todas las antenas. Los ejemplos del procesamiento independiente pueden basarse en estimaciones de canal, respuesta del UT, inversión de canal, o una gran variedad de otras técnicas conocidas en la tecnología. El procesamiento se lleva a cabo usando cualquiera entre una gran variedad de técnicas de procesamiento espacial. Diversos transceptores de este tipo pueden usar la formación de haces, la guía 55 de haces, la auto-guía u otras técnicas espaciales a fin de aumentar el caudal a y desde un terminal de usuario dado. En una realización ejemplar, en la cual se transmiten símbolos de OFDM, el procesador espacial pueden comprender procesadores sub-espaciales para procesar cada uno de los canales de OFDM, o recipientes.

En un sistema ejemplar, el AP puede tener N antenas, y un UT ejemplar puede tener M antenas. Hay por tanto $M \times N$ trayectos entre las antenas del AP y el UT. Se conoce en la técnica una gran variedad de técnicas espaciales para mejorar el caudal usando estos trayectos múltiples. En un sistema de Diversidad de Transmisión Temporal y Espacial (STTD) (también denominado en el presente documento "de diversidad"), los datos de transmisión se formatean y codifican y se envían por todas las antenas como un único flujo de datos. Con M antenas transmisoras y N antenas receptoras puede haber $\text{MIN}(M, N)$ canales independientes que pueden formarse. El multiplexado espacial explota estos trayectos independientes y puede transmitir distintos datos por cada uno de los trayectos independientes, para aumentar la velocidad de transmisión.

Se conocen diversas técnicas para aprender o adaptarse a las características del canal entre el AP y un UT. Pueden transmitirse pilotos únicos desde cada antena transmisora. Los pilotos se reciben y se miden en cada antena receptora. La respuesta de información de estado de canal puede luego devolverse al dispositivo transmisor para su uso en la transmisión. La auto-descomposición de la matriz de canales medida puede efectuarse para determinar las automodalidades de canal. Una técnica alternativa, para evitar la auto-descomposición de la matriz de canales en el receptor, es usar la auto-guía del piloto y los datos para simplificar el procesamiento espacial en el receptor.

Así, según las condiciones actuales de canal, pueden estar disponibles velocidades de datos variables para su transmisión a diversos terminales de usuario en toda la extensión del sistema. En particular, el enlace específico entre el AP y cada UT puede ser de mayores prestaciones que un enlace de multidifusión o difusión que pueda compartirse entre el AP y más de un UT. Ejemplos de esto se detallan adicionalmente más adelante. El transceptor 240 de LAN inalámbrica puede determinar la velocidad soportable en base a cualquier procesamiento espacial que se esté usando para el enlace físico entre el AP y el UT. esta información puede retroalimentarse por la conexión 280, para su uso en el procesamiento del MAC.

El número de antenas puede desplegarse según las necesidades de datos del UT, así como el tamaño y el factor de forma. Por ejemplo, un visor de vídeo de alta definición puede comprender, por ejemplo, cuatro antenas, debido a sus grandes requisitos de ancho de banda, mientras que una PDA puede satisfacerse con dos. Un punto de acceso ejemplar puede tener cuatro antenas.

Un terminal 106 de usuario puede desplegarse de manera similar al punto 104 de acceso ilustrado en la FIG. 2. En lugar de hacer que los flujos 260 se conecten con un transceptor de LAN (aunque un UT puede incluir un tal transceptor, ya sea cableado o inalámbrico), los flujos 260 se reciben generalmente desde, o se entregan a, una o más aplicaciones o procesos que funcionan en el UT, o en un dispositivo conectado con el mismo. Los niveles superiores conectados bien con el AP 104 o bien con el UT 106 pueden ser de cualquier tipo. Las capas descritas en el presente documento son solamente ilustrativas.

MAC de 802.11 heredado

Como se ha mencionado anteriormente, pueden desplegarse diversas realizaciones detalladas en el presente documento, de modo que sean compatibles con sistemas heredados. El conjunto de características del estándar IEEE 802.11 (e) (que es retro-compatible con estándares 802.11 anteriores) incluye diversas características que se resumirán en esta sección, junto con características introducidas en estándares anteriores. Para una descripción detallada de estas funciones, remítase al respectivo estándar IEEE 802.11.

El MAC básico del estándar 802.11 consiste en una Función de Coordinación Distribuida (DCF) basada en el Acceso Múltiple con Detección de Portadora / Evitación de Colisión (CSMA / CA) y una Función de Coordinación Puntual (PCF). La DCF permite el acceso al medio sin control central. La PCF se despliega en un AP para proporcionar control central. La DCF y la PCF utilizan diversas brechas entre transmisiones consecutivas para evitar colisiones. Las transmisiones se denominan tramas, y una brecha entre tramas se denomina un Espaciado Intertrama (IFS). Las tramas pueden ser tramas de datos del usuario, tramas de control o tramas de gestión.

Las duraciones temporales del espaciado intertrama varían según el tipo de brecha insertada. La FIG. 3 ilustra parámetros de espaciado intertrama del estándar 802.11: un Espaciado Intertrama Breve (SIFS), un Espaciado Intertrama Puntual (PIFS) y un Espaciado Intertrama de DCF (DIFS). Obsérvese que $\text{SIFS} < \text{PIFS} < \text{DIFS}$. Así, una transmisión a continuación de una duración temporal más breve tendrá una prioridad mayor que una que debe esperar más tiempo antes de intentar acceder al canal.

Según la característica de detección de portadora (CSMA) del CSMA / CA, una estación (STA) puede obtener acceso al canal después de detectar el canal como ocioso durante al menos la duración de un DIFS. (Según se usa en el presente documento, el término STA puede referirse a cualquier estación que accede a una WLAN, y puede incluir puntos de acceso así como terminales de usuario). Para evitar la colisión, cada STA espera un tiempo de retroceso seleccionado al azar, además del DIFS, antes acceder al canal. Las STA con un tiempo de retroceso mayor notarán cuando una STA de mayor prioridad comienza a transmitir por el canal, y por tanto evitarán colisionar con esa STA. (Cada STA en espera puede reducir su respectivo tiempo de retroceso en la magnitud del tiempo que esperó antes de

detectar una transmisión alternativa por el canal, manteniendo así su prioridad relativa). De tal manera, a continuación de la característica de evitación de colisión (CA) del protocolo, la STA se retira durante un periodo aleatorio de tiempo, entre $[0, CW]$, donde CW se escoge inicialmente como CW_{min} , pero aumenta en un factor de dos en cada colisión, hasta un valor máximo de CW_{max} .

5 La FIG. 4 ilustra un segmento ejemplar 400 de transmisión de capa física (PHY), que ilustra el uso del DIFS más el retroceso, para el acceso según la DCF. Una transmisión existente 410 utiliza el canal. Cuando la transmisión 410 termina, en este ejemplo, no ocurren accesos de mayor prioridad, y por ello la nueva transmisión 420 comienza después del DIFS y el periodo de retroceso asociado. En la exposición más adelante, se dice que la STA que realiza la transmisión 420 ha ganado esta oportunidad para transmitir, en este caso, mediante la competición.

10 El SIFS se usa durante una secuencia de tramas en la cual se espera que solamente una STA específica responda a la transmisión actual. Por ejemplo, cuando se transmite un Acuse de Recibo (ACK) en respuesta a una trama de datos recibida, ese ACK puede transmitirse inmediatamente a continuación de los datos recibidos, más el SIFS. Otras secuencias de transmisión también pueden usar el SIFS entre las tramas. Una trama de Solicitud de Envío (RTS) puede ser seguida, después del SIFS, por una trama de Listo para Enviar (CTS), luego pueden transmitirse los datos un SIFS después de la trama CTS, después de lo cual un ACK puede seguir a los datos después del SIFS. Como se ha observado, tales secuencias de tramas están todas intercaladas con los SIFS. La duración del SIFS puede usarse para (a) la detección de energía en el canal, y para determinar si la energía se ha retirado (es decir, el canal se despeja), (b) el tiempo para descodificar el mensaje anterior y determinar si una trama ACK indicará que la transmisión se recibió correctamente y (c) el tiempo para que los transceptores de la STA conmuten de recepción a transmisión, y viceversa.

15 La FIG. 5 ilustra el segmento ejemplar 500 de transmisión de capa física (PHY), que ilustra el uso del SIFS antes de un ACK, con mayor prioridad que un acceso de DIFS. Una transmisión 510 existente utiliza el canal. Cuando la transmisión 510 termina, en este ejemplo, el ACK 520 sigue al final de la transmisión 510, después de un SIFS. Obsérvese que el ACK 520 comienza antes de que se acabe un DIFS, por tanto, otras STA cualesquiera, intentando ganar una transmisión, no tendrían éxito. En este ejemplo, después de que se completa el ACK 520, no ocurren accesos de mayor prioridad, y por tanto la nueva transmisión 530 comienza después del DIFS y del periodo de retroceso asociado, si lo hubiera.

20 La secuencia de tramas RTS / CTS (además de proporcionar características de control de flujo) puede usarse para mejorar la protección para la transmisión de tramas de datos. Las tramas RTS y CTS contienen información de duración para la trama siguiente de datos, y el ACK, y SIFS intermedios cualesquiera. Las STA que están a la escucha, bien de la trama RTS o bien de la trama CTS, demarcan la duración ocupada en su Vector de Adjudicación de Red (NAV) y tratan el medio como ocupado esa duración. Habitualmente, las tramas más largas que una longitud especificada están protegidas con tramas RTS / CTS, mientras que las tramas más breves se transmiten desprotegidas.

25 La PCF puede usarse para permitir a un AP proporcionar control centralizado del canal. Un AP puede obtener el control del medio después de detectar el medio como ocioso durante la duración de un PIFS. El PIFS es más corto que el DIFS y por ello tiene mayor prioridad que el DIFS. Una vez que el AP ha obtenido acceso al canal, puede proporcionar oportunidades de acceso libres de competición a otras STA y mejorar así la eficiencia del MAC en comparación con la DCF. Obsérvese que el SIFS tiene mayor prioridad que el PIFS, por lo que la PCF debe esperar hasta que algunas secuencias de SIFS se completan antes de tomar control del canal.

30 Una vez que el AP obtiene acceso al medio usando el PIFS, puede establecer un Periodo Libre de Competencia (CFP), durante el cual el AP puede proporcionar acceso sondeado a las STA asociadas. El sondeo libre de competencia (Sondeo-CF), el sondeo a secas, es transmitido por el AP y es seguido por una transmisión desde la STA sondeada al AP. Una vez más, la STA debe esperar durante un SIFS a continuación del Sondeo-CF, aunque la STA sondeada no está obligada a esperar el DIFS, o cualquier retroceso. El estándar 802.11 (e) introdujo diversas mejoras, incluso mejoras del sondeo, un ejemplo de lo cual se detalla adicionalmente más adelante con respecto a la FIG. 9.

35 La Baliza transmitida por el AP establece la duración del CFP. Esto es similar al uso de la trama RTS o CTS para impedir el acceso por competición. Sin embargo, aún pueden ocurrir problemas ocultos de terminal provenientes de terminales que son incapaces de oír la Baliza, pero cuyas transmisiones pueden interferir con las transmisiones planificadas por el AP. Es posible una protección adicional mediante el uso de un envío de CTS a sí mismo por parte de cada terminal que comienza una transmisión en el CFP.

40 Se permite que los ACK y los Sondeos-CF se incluyan en una trama, y pueden incluirse con tramas de datos para mejorar la eficacia del MAC. Obsérvese que la relación $SIFS < PIFS < DIFS$ proporciona un mecanismo determinístico de prioridad para el acceso al canal. El acceso por competición entre las STA en la DCF es probabilístico, basado en el mecanismo de retroceso.

Los primeros estándares 802.11 también admitían segmentar grandes paquetes en fragmentos más pequeños. Una ventaja de tal segmentación es que un error en un segmento requiere menos transmisión que un error en un paquete mayor. Un inconveniente de la segmentación en estos estándares es, para la transmisión con acuse de recibo, el requisito de transmitir un ACK para cada segmento, con los SIFS adicionales que corresponden a las transmisiones adicionales de ACK y a las transmisiones de fragmentos. Esto se ilustra en la FIG. 6. El segmento ejemplar 600 de transmisión de capa física (PHY) ilustra la transmisión de N segmentos y sus respectivos acuses de recibo. Se transmite la transmisión existente 610. Al final de la transmisión 610, una primera STA espera el DIFS 620 y el retroceso 630 para ganar acceso al canal. La primera STA transmite N fragmentos 640A a 640N a una segunda STA, después de lo cual deben revelarse N respectivos retardos de los SIFS 650A a 650N. La segunda STA transmite N tramas ACK 660A a 660N. Entre cada fragmento, la primera STA debe esperar el SIFS, por lo que hay asimismo N-1 SIFS 670A a 670N-1. Así, a diferencia del envío de un paquete, un ACK y un SIFS, un paquete segmentado requiere el mismo tiempo de transmisión de paquetes, con N ACK y 2N-1 SIFS.

El estándar 802.11 (e) añade mejoras para perfeccionar el MAC anterior de los estándares 802.11(a), (b) y (g). Ambos estándares 802.11(g) y (a) son sistemas de OFDM, que son muy similares, pero funcionan en bandas distintas. Diversas características de los protocolos de MAC de menor velocidad, tales como el 802.11 (b), se trasladaron a sistemas con velocidades de bits mucho mayores, introduciendo ineficiencias, detalladas adicionalmente más adelante.

En el estándar 802.11(e), la DCF está mejorada y se denomina el Acceso a Canal Distribuido y Mejorado (EDCA). Las mejoras primarias de la Calidad de Servicio (QoS) del EDCA son la introducción de un Espacio Intertrama de Arbitraje (AIFS). El AIFS[i] está asociado a una Clase de Tráfico (TC) identificada por el índice i. El AP puede usar valores de AIFS[i] distintos a los valores de AIFS[j] que se permite usar a las otras STA. Solamente el AP puede usar un valor AIFS[i] que sea igual al PIFS. En caso contrario, AIFS[i] es mayor o igual a DIFS. Por omisión, el AIFS para clases de tráfico de “voz” y “vídeo” se escoge para que sea igual al DIFS. Un AIFS mayor, que implica una prioridad inferior, se escoge para las clases de tráfico de “mejor esfuerzo” y “trasfondo”.

El tamaño de la ventana de competición (CW) también se convierte en una función de la TC. Se permite a la clase de prioridad máxima fijar la CW = 1, es decir, ningún retroceso. Para otras TC, los distintos tamaños de la ventana de competición proporcionan una prioridad probabilística relativa, pero no pueden usarse para lograr garantías de retardo.

El estándar 802.11(e) introdujo la Oportunidad de Transmisión (TXOP). Para mejorar la eficacia del MAC, cuando una STA adquiere el medio mediante el EDCA o a través de un acceso sondeado en HCCA (Acceso de Canal Controlado por Función de Coordinación Híbrida), puede permitirse a la STA transmitir más de una única trama. La trama, o tramas, se denomina(n) la TXOP. La longitud máxima de una TXOP en el medio depende de la clase de tráfico y es establecida 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 provenientes del destinatario. Además de eliminar la necesidad de esperar el DIFS más el retroceso para cada trama, la STA que ha ganado una TXOP tiene la certeza de que puede retener el canal para transmisiones subsiguientes.

Durante la TXOP, los ACK desde el destinatario pueden ser por trama (como en los MAC de estándares 802.11 anteriores), o bien pueden usar un ACK en bloque, inmediato o retardado, según se expone más adelante. Además, se permite una política de no usar los ACK para ciertos flujos de tráfico, p.ej., la difusión o multidifusión.

La FIG. 7 muestra el segmento ejemplar 700 de transmisión de capa física (PHY), que ilustra una TXOP con acuse de recibo por trama. Se transmite una transmisión existente 710. A continuación de la transmisión 710, y después de esperar el DIFS 720 y el retroceso 730, si los hubiera, una STA gana una TXOP 790. La TXOP 790 comprende N tramas 740A a 740N, seguida cada trama por N respectivos SIFS 750A a 750N. La STA receptora responde con N respectivos ACK 760A a 760N. Los ACK 760 son seguidos por N-1 SIFS 770A a 770N-1. Obsérvese que cada trama 740 comprende un preámbulo 770 así como la cabecera y el paquete 780. Realizaciones ejemplares, detalladas más adelante, admiten reducir en gran medida la cantidad del tiempo de transmisión reservado para los preámbulos.

La FIG. 8 ilustra una TXOP 810 con acuse de recibo en bloque. La TXOP 810 puede ganarse mediante competición o sondeo. La TXOP 810 comprende N tramas 820A a 820N, cada trama seguida por N respectivos SIFS 830A a 830N. A continuación de la transmisión de las tramas 820 y los SIFS 830, se transmite una solicitud 840 de ACK en bloque. La STA receptora responde a la solicitud de ACK en bloque en algún momento futuro. El ACK en Bloque puede ser inmediato, a continuación de completarse la transmisión de un bloque de tramas, o bien puede retardarse para permitir el procesamiento del receptor en software.

Las realizaciones ejemplares, detalladas más adelante, admiten reducir en gran medida la cantidad de tiempo de transmisión entre tramas (SIFS en este ejemplo). En algunas realizaciones, no hay ninguna necesidad de retardo entre transmisiones consecutivas (es decir, tramas).

Obsérvese que, en el 802.11 (a) y otros estándares, para ciertos formatos de transmisión, se define una extensión de señal que añade un retardo adicional al final de cada trama. Si bien no está técnicamente incluida en la definición del

SIFS, diversas realizaciones, detalladas más adelante, también admiten la eliminación de las extensiones de señal.

La característica del ACK en Bloque proporciona eficacia mejorada. En un ejemplo, hasta 64 Unidades de Datos de Servicio (SDU) del MAC (cada una posiblemente fragmentada en 16 fragmentos), correspondientes a 1.024 tramas, pueden ser transmitidas por una STA, mientras que se permite a la STA de destino proporcionar una respuesta única al final del bloque de tramas, indicando el estado de ACK de cada una de las 1.024 tramas. Habitualmente, a altas velocidades, una SDU del MAC no se fragmentará y, para baja latencia, pueden transmitirse menos de 64 SDU del MAC antes de requerir un ACK de Bloque del destinatario. En tal caso, para transmitir M tramas, el tiempo total se reduce desde M tramas + M SIFS + M ACK + M-1 SIFS a M tramas + M SIFS + ACK de Bloque. Las realizaciones detalladas más adelante mejoran la eficacia del ACK de bloque aun más.

El Protocolo de Enlace Directo (DLP), introducido por el estándar 802.11(e), permite a una STA remitir tramas directamente a otra STA de destino dentro de un Conjunto de Servicios Básicos (BSS) (controlado por el mismo AP). El AP puede poner una TXOP sondeada a disposición de esta transferencia directa de tramas entre las STA. Antes de la introducción de esta característica, durante el acceso sondeado, el destino de las tramas desde la STA sondeada era siempre el AP, el cual, a su vez, remitiría las tramas a la STA de destino. Eliminando la remisión de tramas en dos saltos, se mejora la eficacia del medio. Las realizaciones detalladas adicionalmente más adelante añaden eficacia significativa a las transferencias del DLP.

El estándar 802.11(e) también introduce una PCF llamada la Función de Coordinación Híbrida (HCF). En el Acceso de Canal controlado por HCF (HCCA), se permita al AP acceder al canal en cualquier momento, para establecer una Fase de Acceso Controlado (CAP), que es como el CFP y que se usa para proporcionar oportunidades de transmisión en cualquier momento durante la fase de competición, y no solamente inmediatamente a continuación de la Baliza. El AP accede al medio esperando durante un PIFS sin ningún retroceso.

La FIG. 9 muestra el segmento ejemplar 900 de transmisión de capa física (PHY), ilustrando una TXOP sondeada que usa HCCA. En este ejemplo, el AP compite por el sondeo. Se transmite una transmisión existente 910. A continuación de la transmisión 910, el AP espera durante el PIFS y luego transmite el sondeo 920, dirigida a una STA. Obsérvese que otras STA, compitiendo por el canal, tendrían que esperar al menos el DIFS, lo que no ocurre debido al sondeo transmitido 920, según se muestra. La STA sondeada transmite la TXOP 940 sondeada a continuación del sondeo 920 y el SIFS 930. El AP puede continuar sondeando, esperando el PIFS entre cada TXOP 940 sondeada y cada sondeo 920. En un escenario alternativo, el AP puede establecer la CAP esperando un PIFS desde una transmisión 910. El AP puede transmitir uno o más sondeos durante la CAP.

Mejoras del MAC

Como se ha descrito anteriormente, diversas características ineficientes de los MAC anteriores fueron trasladadas a versiones posteriores. Por ejemplo, los preámbulos muy largos, diseñados para 11 Mbps, contra 64 Mbps, introducen ineficiencia. Según la Unidad de Datos de Protocolo del MAC (MPDU) continúa encogiéndose según aumentan las velocidades, el mantener constantes los diversos espacios y / o preámbulos entre tramas significa una correspondiente reducción en la utilización del canal. Por ejemplo, una transmisión de MPDU de MIMO de alta velocidad de datos puede tener solamente unos pocos microsegundos de duración, en comparación con el estándar 802.11(g), que tiene un preámbulo de 72 μ s. Eliminar o reducir los retardos, tales como los SIFS, las extensiones de señal y / o los preámbulos, aumentará el caudal y la utilización del canal.

La FIG. 10 es una realización ejemplar de una TXOP 1010 que incluye múltiples transmisiones consecutivas sin ninguna brecha. La TXOP 1010 comprende N tramas 1020A a 1020N, que se transmiten secuencialmente sin ninguna brecha (compárese esto con los SIFS requeridos en la TXOP 810, ilustrada en la FIG. 8). El número de tramas en la TXOP está limitado solamente por el almacén temporal y la capacidad de descodificación del receptor. Cuando una STA está transmitiendo tramas consecutivas con un ACK de Bloque en una TXOP 1010, es innecesario intercalar las duraciones del SIFS, ya que ninguna otra STA necesita obtener acceso al medio entre tramas consecutivas. Una solicitud optativa 1030 de ACK en bloque se adosa a las N tramas. Ciertas clases de tráfico pueden no requerir acuse de recibo. Una solicitud de ACK en bloque puede ser respondida inmediatamente a continuación de la TXOP, o bien puede transmitirse en un momento posterior. Las tramas 1020 no requieren extensiones de señal. La TXOP 1010 puede desplegarse en cualquiera de las realizaciones detalladas en el presente documento donde se requiere una TXOP.

Según se muestra en la FIG. 10, la transmisión de los SIFS entre tramas consecutivas en una TXOP, cuando todas las tramas son transmitidas por la misma STA, puede eliminarse. En el estándar 802.11 (e), tales brechas se retenían para limitar el requisito de complejidad en el receptor. En el estándar 802.11 (e), el periodo de SIFS de 10 μ s y la extensión de señal de OFDM de 6 μ s proporcionan al receptor un total de 16 μ s para procesar la trama recibida (incluyendo la demodulación y descodificación). Sin embargo, a grandes velocidades de la capa PHY, estos 16 μ s dan como resultado una ineficacia significativa. En algunas realizaciones, con la introducción del procesamiento de MIMO, incluso los 16 μ s pueden ser insuficientes para completar el procesamiento. En cambio, en esta realización ejemplar, el SIFS y

la extensión de señal de OFDM entre transmisiones consecutivas desde una STA al AP o a otra STA (usando el Protocolo de Enlace Directo) se eliminan. Así, un receptor que requiere un periodo adicional después de completar la transmisión, para el procesamiento receptor de MIMO y la descodificación de canal (p. ej., turbo-descodificación / descodificación convolutiva / descodificación LDPC), puede llevar a cabo esas funciones mientras el medio se utiliza para una transmisión adicional. Un acuse de recibo puede transmitirse en un momento posterior, según lo descrito anteriormente (usando un ACK en bloque, por ejemplo).

Debido a distintos retardos de propagación entre las STA, las transmisiones entre distintos pares de STA pueden estar separadas por periodos de guardia para evitar colisiones en un receptor, entre transmisiones consecutivas por el medio desde distintas STA (no mostrado en la FIG. 10, pero detallado adicionalmente más adelante). En una realización ejemplar, un periodo de guardia de un símbolo de OFDM (4 μ s) es suficiente para todos los entornos operativos para el estándar 802.11. Las transmisiones desde la misma STA a distintas STA de destino no requieren estar separadas por periodos de guardia (según se muestra en la FIG. 10). Detallados adicionalmente más adelante, estos periodos de guardia pueden denominarse Espacios Intertrama de Banda de Guardia (GIFS).

En lugar de usar el SIFS y / o la extensión de señal, el tiempo requerido de procesamiento del receptor (para el procesamiento y descodificación de MIMO, por ejemplo) puede proporcionarse mediante el uso de un esquema de ARQ (Solicitud Automática de Repetición) basado en ventanas (p. ej., retroceso de N o repetición selectiva), técnicas conocidas para todos los expertos en la tecnología. El ACK de esperar y ver de la capa MAC, del estándar heredado 802.11, ha sido mejorado en el estándar 802.11 (e) como un mecanismo basado en ventanas con hasta 1.024 tramas y ACK en Bloque, en este ejemplo. Puede ser preferible introducir un mecanismo ARQ estándar basado en ventanas en lugar del esquema ad-hoc de ACK en Bloque diseñado en el estándar 802.11 (e).

La máxima ventana permitida puede ser determinada por la complejidad y el almacenamiento temporal del procesamiento del receptor. Puede permitirse al transmisor transmitir datos suficientes para llenar la ventana del receptor a la máxima velocidad de la capa PHY alcanzable entre el par transmisor-receptor. Por ejemplo, dado que el procesamiento del receptor puede no ser capaz de sostener la velocidad de la capa PHY, el receptor puede necesitar almacenar salidas del demodulador en software hasta que puedan ser descodificadas. Por lo tanto, los requisitos de almacenamiento temporal para el procesamiento de la capa física a la máxima velocidad de la capa PHY pueden usarse para determinar la máxima ventana permitida.

En una realización ejemplar, el receptor puede anunciar el máximo tamaño permitido de bloque de capa PHY que puede procesar a una velocidad dada de la capa PHY, sin desbordar sus almacenes temporales de la capa física. Alternativamente, el receptor puede anunciar el máximo tamaño permitido de bloque de capa PHY que puede procesar a la máxima velocidad de la capa PHY sin desbordar sus almacenes temporales de la capa física. A menores velocidades de la capa PHY, pueden procesarse mayores tamaños de bloque sin desborde del almacén temporal. Una fórmula conocida puede ser usada por los transmisores para calcular el máximo tamaño permitido de bloque de capa PHY para una velocidad dada de la capa PHY, a partir del tamaño máximo permitido anunciado del bloque de la capa PHY a la máxima velocidad de la capa PHY.

Si el tamaño máximo permitido anunciado del bloque de capa PHY es un parámetro estático, entonces la cantidad de tiempo antes de que los almacenes temporales de la capa física puedan ser procesados y el receptor esté listo para la próxima ráfaga de la capa PHY es otro parámetro del receptor que puede ser conocido en el transmisor y también en el planificador. Alternativamente, el tamaño máximo permitido anunciado de bloque de capa PHY puede variar dinámicamente según el índice de ocupación de los almacenes temporales de la capa física.

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

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

Así, el preámbulo 1120 puede eliminarse de transmisiones sucesivas. El preámbulo inicial 1120 puede ser usado por el receptor para adquirir la señal, así como para la adquisición de frecuencia fina para OFDM. Para transmisiones de MIMO, el preámbulo inicial 1120 puede extenderse en comparación con el preámbulo actual de OFDM, para permitir al receptor estimar los canales espaciales. Sin embargo, las tramas subsiguientes dentro de la misma TXOP pueden no requerir preámbulos adicionales. Los tonos piloto dentro de los símbolos de OFDM son generalmente suficientes para el rastreo de señales. En una realización alternativa, símbolos adicionales (similares a preámbulos) pueden intercalarse

periódicamente durante la TXOP 1110. Sin embargo, el sobregasto global en preámbulos puede reducirse significativamente. El preámbulo puede enviarse solamente según sea necesario, y puede enviarse basado de manera diferente en la cantidad de tiempo transcurrido desde un preámbulo previamente transmitido.

5 Obsérvese que la TXOP 1110 puede incorporar asimismo características de sistemas heredados. Por ejemplo, el ACK en bloque es optativo. Puede darse soporte a ACK más frecuentes. Incluso así, una brecha menor, tal como el GIFS, puede sustituir al SIFS más largo (más la extensión de señal, si se usa). Las consecutivas transmisiones 1130 también pueden incluir segmentos de un paquete mayor, según se ha descrito anteriormente. Obsérvese además que la cabecera para las consecutivas transmisiones 1130 a la misma STA receptora puede comprimirse. Un ejemplo de la compresión de cabeceras se detalla adicionalmente más adelante.

10 La FIG. 12 ilustra una realización ejemplar de un procedimiento 1200 para incorporar diversos aspectos recién descritos, incluso la consolidación de preámbulos, la eliminación de brechas tales como SIFS y la inserción de GIFS según corresponda. El proceso comienza en el bloque 1210, donde una STA gana una TXOP usando cualquiera de las técnicas detalladas en el presente documento. En el bloque 1220, se transmite un preámbulo según sea necesario. Nuevamente, el preámbulo puede ser más largo o más corto que un preámbulo heredado, y puede variar según
15 diversos parámetros, tales como el tiempo transcurrido desde el último preámbulo transcurrido, según sea necesario para permitir que la STA receptora estime el canal espacial de MIMO. En el bloque 1230, la STA transmite uno o más paquetes (o, más generalmente, transmisiones consecutivas de cualquier clase) a un destino. Obsérvese que no es necesario transmitir preámbulos adicionales. En una realización alternativa, pueden transmitirse optativamente uno o más preámbulos adicionales, o bien puede intercalarse un símbolo similar a un preámbulo, según se desee. En el
20 bloque 1240, la STA puede transmitir optativamente a una STA receptora adicional. En este caso, se inserta un GIFS según sea necesario, y una o más transmisiones consecutivas pueden transmitirse a la STA receptora adicional. Luego el proceso puede detenerse. En diversas realizaciones, la STA puede continuar transmitiendo a más de dos STA, insertando GIFS y / o preámbulos según lo requerido para el nivel deseado de prestaciones.

25 Por tanto, según lo descrito anteriormente, la eficacia del MAC puede mejorarse adicionalmente consolidando transmisiones desde una STA a múltiples STA de destino, en transmisiones consecutivas, eliminando así muchos de, o todos, los periodos de guardia, y reduciendo el sobregasto de preámbulos. Un único preámbulo (o transmisión piloto) puede usarse para múltiples transmisiones consecutivas desde la misma STA a distintas STA de destino.

Puede ganarse eficacia adicional mediante la consolidación de sondeos. En una realización ejemplar, varios sondeos pueden consolidarse en un canal de control, ejemplos de lo cual se detallan más adelante. En un ejemplo, el AP puede
30 transmitir a múltiples STA de destino una señal que incluye mensajes de sondeo para asignar las TXOP. Por el contrario, en el estándar 802.11 (e), cada TXOP está precedida por un Sondeo-CF desde el AP; seguido por un SIFS. Se obtiene eficacia mejorada cuando varios mensajes tales de Sondeo-CF se consolidan en un único mensaje del canal de control (denominado un mensaje SCHED en la realización ejemplar, detallada más adelante) usado para asignar varias TXOP. En una realización general, cualquier periodo de tiempo puede adjudicarse a sondeos
35 consolidados y sus respectivas TXOP. Una realización ejemplar se detalla más adelante con respecto a la FIG. 15, y también se incluyen en el presente documento ejemplos adicionales.

40 Un mensaje del canal de control (es decir, un mensaje SCHED) puede codificarse con una estructura de velocidades por niveles para mejorar adicionalmente la eficacia. En consecuencia, un mensaje de sondeo a cualquier STA puede codificarse según la calidad del canal entre el AP y la STA. El orden de transmisión de mensajes de sondeo no debe necesariamente ser el orden de las TXOP asignadas, sino que puede ordenarse según la robustez de la codificación.

45 La FIG. 13 muestra el segmento ejemplar 1300 de transmisión de la capa física (PHY), ilustrando sondeos consolidados y sus respectivas TXOP. Se transmiten sondeos consolidados 1310. Los sondeos pueden transmitirse usando una estructura de canal de control, ejemplos de la cual se detallan en el presente documento, o bien pueden transmitirse usando un sinnúmero de técnicas alternativas, que serán inmediatamente evidentes a algún experto en la técnica. En este ejemplo, para eliminar la necesidad del espacio intertrama entre los sondeos y TXOP cualesquiera del enlace directo, las TXOP 1320 del enlace directo se transmiten directamente después de los sondeos consolidados 1310. A continuación de las TXOP 1320 del enlace directo, se transmiten diversas TXOP 1330A a 1330N del enlace
50 inverso, con los GIFS 1340 insertados según corresponda. Obsérvese que los GIFS no deben necesariamente incluirse cuando se realizan transmisiones secuenciales desde una STA (de manera similar a la falta de requisito de GIFS para las transmisiones del enlace directo que emanan del AP a diversas STA). En este ejemplo, las TXOP del enlace inverso incluyen las TXOP de STA a STA (es decir, de par a par) (usando el DLP, por ejemplo). Obsérvese que el orden de transmisión mostrado es solamente para ilustración. Las TXOP de enlace directo e inverso (incluso la transmisión de par a par) pueden intercambiarse, o intercalarse. Algunas configuraciones pueden no dar como resultado la eliminación de tantas brechas como otras configuraciones. Los expertos en la técnica adaptarán
55 inmediatamente un sinnúmero de realizaciones alternativas a la luz de la revelación en el presente documento.

La FIG. 14 ilustra una realización ejemplar de un procedimiento 1400 para consolidar sondeos. El proceso comienza en el bloque 1410, donde los recursos del canal se adjudican en una o más TXOP. Cualquier función de planificación

puede desplegarse para realizar la determinación de la adjudicación de las TXOP. En el bloque 1420, se consolidan los sondeos para asignar las TXOP según la adjudicación. En el bloque 1430, los sondeos consolidados se transmiten a una o más STA por uno o más canales de control (es decir, los segmentos CTRLJ del mensaje SCHED, en una realización ejemplar detallada más adelante). En una realización alternativa, puede desplegarse cualquier técnica de mensajería para transmitir los sondeos consolidados. En el bloque 1440, las STA transmiten las TXOP según las adjudicaciones sondeadas en los sondeos consolidados. Luego el proceso puede detenerse. Este procedimiento puede desplegarse conjuntamente con intervalos de sondeo consolidado de cualquier longitud, que pueden comprender todo, o parte de, el intervalo de Baliza del sistema. El sondeo consolidado puede usarse intermitentemente con el acceso basado en la competición, o bien el sondeo heredado, según lo descrito anteriormente. En una realización ejemplar, el procedimiento 1400 puede repetirse periódicamente, o bien de acuerdo a otros parámetros, tales como la carga del sistema o la demanda de transmisión de datos.

Una realización ejemplar de un protocolo de MAC que ilustra varios aspectos se detalla con respecto a las FIGS. 15 y 16. Este protocolo de MAC se detalla adicionalmente en las Publicaciones de Solicitudes de Patentes Estadounidenses conjuntas con N° 20050135416, titulada "WIRELESS LAN PROTOCOL STACK" ["PILA DE PROTOCOLOS DE LAN INALÁMBRICA"], 20050135043, titulada "Method, apparatus and system for Medium Access Control" ["Procedimiento, aparato y sistema para Control de Acceso al Medio"], y 20050135291, titulada "Method, apparatus and system for Multiplexing Protocol Data Units" ["Procedimiento, aparato y sistema para multiplexar unidades de datos de protocolo"], registradas concurrentemente con la presente, cedidas al cesionario de la presente invención.

Un intervalo ejemplar 1500 de trama de MAC del TDD (Dúplex por División del Tiempo) se ilustra en la FIG. 15. El uso del término intervalo de trama de MAC del TDD en este contexto se refiere al periodo de tiempo en el cual se definen los diversos segmentos de transmisión detallados más adelante. El intervalo 1500 de trama de MAC del TDD se distingue del uso genérico del término trama para describir una transmisión en un sistema del estándar 802.11. El término del estándar 802.11, el intervalo 1500 de trama de MAC del TDD puede ser análogo al intervalo de Baliza o a una fracción del intervalo de Baliza. Los parámetros detallados con respecto a las FIGS. 15 y 16 son solamente ilustrativos. Alguien medianamente experto en la técnica adaptará inmediatamente este ejemplo a un sinnúmero de realizaciones alternativas, usando algunos de, o todos, los componentes descritos, y con diversos valores de parámetros. La función 1500 del MAC se adjudica entre los siguientes segmentos del canal de transporte: difusión, control tráfico directo e inverso (denominados, respectivamente, la fase de enlace descendente y la fase de enlace ascendente) y acceso aleatorio.

En la realización ejemplar, un intervalo 1500 de trama de MAC del TDD se Duplexa por División del Tiempo (TDD) sobre un intervalo temporal de 2 ms, dividido en cinco segmentos 1510 a 1550 del canal de transporte, según se muestra. Pueden desplegarse órdenes alternativos y tamaños de trama distintos en realizaciones alternativas. Las duraciones de las adjudicaciones en el intervalo 1500 de trama de MAC del TDD pueden cuantizarse en algún intervalo temporal común pequeño.

Los cinco canales ejemplares de transporte dentro del intervalo 1500 de trama de MAC del TDD incluyen: (a) el Canal de Difusión (BCH) 1510, que lleva el Canal de Control de Difusión (BCCH); (b) el Canal de Control (CCH) 1520, que lleva el Canal de Control de Trama (FCCH) y el Canal de Retroalimentación de Acceso Aleatorio (RFCH) por el enlace directo; (c) el Canal de Tráfico (TCH), que lleva datos de usuario e información de control, y se subdivide en (i) el Canal de Tráfico Directo (F-TCH) 1530 por el enlace directo y (ii) el Canal de Tráfico Inverso (R-TCH) 1540 por el enlace inverso; y (d) el Canal de Acceso Aleatorio (RCH) 1550, que lleva el Canal de Solicitud de Acceso (ARCH) (para solicitudes de acceso de UT). Una baliza piloto se transmite asimismo en el segmento 1510.

La fase de enlace descendente de la trama 1500 comprende los segmentos 1510 a 1530. La fase de enlace ascendente comprende los segmentos 1540 a 1550. El segmento 1560 indica el comienzo de un subsiguiente intervalo de trama de MAC del TDD. Una realización alternativa que abarca la transmisión de par a par se ilustra adicionalmente más adelante.

El Canal de Difusión (BCH) y la baliza 1510 son transmitidos por el AP. La primera parte del BCH 1510 contiene sobregasto común de la capa física, tal como señales piloto, incluso el piloto de temporización y adquisición de frecuencia. En una realización ejemplar, la baliza consiste en 2 símbolos breves de OFDM usados para la adquisición de frecuencia y temporización por los UT, seguidos por 8 símbolos breves de OFDM del piloto común de MIMO usado por los UT para estimar el canal.

La segunda parte del BCH 1510 es la parte de datos. La parte de datos del BCH define la adjudicación del intervalo de trama de MAC del TDD con respecto a los segmentos del canal de transporte: el CCH 1520, el F-TCH 1530, el R-TCH 1540 y el 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 120 inalámbrica, y por tanto se transmite en la más robusta modalidad de transmisión de datos disponible. La longitud del BCH entero está fijada. En una realización ejemplar, el BCH define la cobertura de una WLAN con MIMO, y se transmite en la modalidad de Diversidad de Transmisión en Tiempo y Espacio (STTD), usando la Modulación Binaria por Desplazamiento de Fase (BPSK) codificada en 1/4 de tasa. En este ejemplo,

la longitud del BCH está fijada en 10 símbolos cortos de OFDM. Pueden desplegarse otras diversas técnicas de señalización en realizaciones alternativas.

El Canal de Control (CCH) 1520, transmitido por el AP, define la composición del resto del intervalo de trama MAC del TDD, e ilustra el uso de sondeos consolidados. El CCH 1520 se transmite usando modalidades de transmisión sumamente robustas en múltiples subcanales, cada subcanal con una velocidad de datos distinta. El primer subcanal es el más robusto y se espera que sea decodificable por todos los UT. En una realización ejemplar, la BPSK codificada en 1/4 de tasa se usa para el primer subcanal del CCH. Varios otros subcanales con robustez decreciente (y eficacia creciente) también están disponibles. En la realización ejemplar, se usan hasta tres subcanales adicionales. Cada UT intenta decodificar todos los subcanales en orden, hasta que una decodificación fracasa. El segmento de canal de transporte del CCH en cada trama es de longitud variable, dependiendo la longitud del número de mensajes del CCH en cada subcanal. Los acuses de recibo para las ráfagas de acceso aleatorio de enlace inverso se transporten por el subcanal más robusto (primero) del CCH.

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

Otros tipos ejemplares de asignaciones por el CCH incluyen: una asignación por el enlace inverso para la transmisión de un piloto dedicado desde un UT, o una asignación por el enlace inverso para la transmisión de información de almacenamiento temporal y estado de enlace desde un UT. El CCH también puede definir partes de la trama que han de dejarse sin uso. Estas partes sin uso de la trama pueden ser usadas por los UT para hacer estimaciones de umbrales de ruido (e interferencia), así como para medir balizas de sistemas vecinos.

El Canal de Acceso Aleatorio (RCH) 1550 es un canal de enlace inverso por el cual 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 Identificador específico del MAC, según lo indicado en la asignación del CCH. Cada ráfaga comprende sobregasto dedicado de la capa física, tal como una señal piloto (si acaso) y una PDU del MAC transmitida según la modalidad de transmisión y el esquema de codificación y modulación indicado en la asignación del CCH. El F-TCH es de longitud variable. En una realización ejemplar, el sobregasto dedicado de la capa física puede incluir un piloto dedicado de MIMO. Una PDU ejemplar del MAC se detalla con respecto a la FIG. 16.

El Canal de Tráfico Inverso (R-TCH) 1540 comprende transmisiones de ráfagas de la capa física, desde uno o más UT 106. Cada ráfaga es transmitida por un UT específico, según lo indicado en la asignación del CCH. Cada ráfaga puede comprender un preámbulo piloto dedicado (si acaso) y una PDU del MAC transmitida según la modalidad de transmisión y el esquema de codificación y modulación indicado en la asignación del CCH. El R-TCH es de longitud variable.

En la realización ejemplar, el F-TCH 1530, el R-TCH 1540, o ambos, pueden usar técnicas de multiplexado espacial o de acceso múltiple por división del código para permitir la transmisión simultánea de las PDU del MAC asociadas a distintos UT. Un campo que contiene el Identificador del MAC con el cual está asociada la PDU del MAC (es decir, el remitente por el enlace ascendente, o el destinatario indicado por el enlace descendente) puede incluirse en la cabecera de la PDU del MAC. Esto puede usarse para resolver toda ambigüedad de direccionamiento que pueda surgir cuando se usan el multiplexado espacial o el CDMA. En realizaciones alternativas, cuando el multiplexado se basa estrictamente en técnicas de división del tiempo, el Identificador del MAC no se requiere en la cabecera de la PDU del MAC, dado que la información de direccionamiento está incluida en el mensaje del CCH que adjudica un periodo temporal dado en el intervalo de trama de MAC del TDD a un Identificador específico del MAC. Puede desplegarse cualquier combinación de multiplexado espacial, multiplexado por división de código, multiplexado por división del tiempo o cualquier otra técnica conocida en la tecnología.

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

Según se muestra, el paquete 1610 de datos está segmentado en una capa de adaptación. Cada PDU 1630 de la subcapa de adaptación lleva uno de estos segmentos 1620. En este ejemplo, el paquete 1610 de datos está segmentado en N segmentos 1620A a N. Una PDU 1630 de la subcapa de adaptación comprende una carga útil 1634 que contiene el respectivo segmento 1620. Un campo 1632 de tipo (un octeto en este ejemplo) está adosado a la PDU

1630 de la subcapa de adaptación.

Una cabecera 1642 del Enlace Lógico (LL) (4 octetos en este ejemplo) está adosada a la carga útil 1644, que comprende la PDU 1630 de la capa de adaptación. La información ejemplar para la cabecera 1642 del LL incluye un identificador de flujo, información de control y números de secuencia. Un CRC 1646 se calcula sobre la cabecera 1642 y la carga útil 1644, y se adosa para formar una PDU de la subcapa del enlace lógico (LL PDU) 1640. Las PDU de Control de Enlace Lógico (LLC) y de Control de Enlace de Radio (RLC) pueden formarse de manera similar. Las LL PDU 1640, así como las LLC PDU y las RLC PDU, se colocan en colas (por ejemplo, una cola de alta QoS, una cola de mejor esfuerzo o una cola de mensajes de control) para el servicio por parte de una función MUX.

Una cabecera 1652 MUM se adosa a cada LL PDU 1640. Una cabecera ejemplar 1652 MIX puede comprender una longitud y un tipo (la cabecera 1652 tiene dos octetos en este ejemplo). Una cabecera similar puede formarse para cada PDU de control (es decir, las LLC PDU y las RLC PDU). La LL PDU 1640 (o LLC PDU o RLC PDU) forma la carga útil 1654. La cabecera 1652 y la carga útil 1654 forman la PDU de la subcapa MUX (MPDU) 1650 (las PDU de la subcapa MUX también se denominan en el presente documento MUX PDU).

Los recursos de comunicación en el medio compartido son adjudicados por el protocolo del MAC en una serie de intervalos de trama de MAC del TDD, en este ejemplo. En realizaciones alternativas, cuyos ejemplos se detallan adicionalmente más adelante, estos tipos de intervalos de tramas de MAC del TDD pueden intercalarse con otras diversas funciones del MAC, incluso las basadas en la competición o las sondeadas, e incluso la interfaz con sistemas heredados, usando otros tipos de protocolos de acceso. Como se ha descrito anteriormente, un planificador puede determinar el tamaño de las ráfagas de la capa física adjudicadas para uno o más Identificadores del MAC en cada intervalo de tramas de MAC del TDD (análogamente a las TXOP sondeadas consolidadas). Obsérvese que no a todo Identificador del MAC con datos a transmitir se adjudicará espacio en cualquier intervalo específico de tramas de MAC del TDD. Cualquier esquema de control de acceso o de planificación puede desplegarse dentro del alcance de la presente invención. Cuando se realiza una adjudicación para un Identificador del MAC, una respectiva función de MUX para ese Identificador del MAC formará una PDU 1160 del MAC, incluyendo una o más PDU 1650 de MUX para su inclusión en el intervalo de tramas de MAC del TDD. Una o más PDU 1660 de MUX, para uno o más Identificadores adjudicados del MAC, se incluirán en un intervalo de tramas de MAC del TDD (es decir, el intervalo 1500 de tramas de MAC del TDD, detallado con respecto a la FIG. 15 anteriormente).

En una realización ejemplar, un aspecto admite que se transmita una MPDU parcial 1650, permitiendo el empaquetamiento eficaz en una PDU 1660 del MAC. En este ejemplo, pueden incluirse los octetos no transmitidos de cualquier MPDU parcial 1650, remanente de una transmisión previa, identificados por la MPDU parcial 1664. Estos octetos 1664 se transmitirán por delante de cualquier PDU nueva 1666 (es decir, LL PDU o PDU de control) en la trama actual. La cabecera 1662 (dos octetos en este ejemplo) incluye un puntero de MUX, que apunta al inicio de la primera MPDU nueva (MPDU 1666A en este ejemplo) a transmitir en la trama actual. La cabecera 1662 también puede incluir una dirección del MAC.

La PDU 1660 del MAC comprende el puntero 1662 de MUX, una posible PDU 1664 parcial de MUX al inicio (remanente de una adjudicación previa), seguida por cero o más PDU completas 1666A a N de MUX, y una posible PDU parcial 1668 de MUX (de la adjudicación actual) u otro relleno, para rellenar la parte adjudicada de la ráfaga de la capa física. La PDU 1660 del MAC se lleva en la ráfaga de la capa física adjudicada al Identificador del MAC.

Así, la PDU ejemplar 1660 del MAC ilustra una transmisión (o trama, en la terminología del estándar 802.11), que puede transmitirse desde una STA a otra, incluso partes de datos de uno o más flujos dirigidos a esa STA de destino. Se logra un empaquetamiento eficiente con el uso optativo de las PDU parciales de MUX. Cada PDU del MAC puede transmitirse en una TXOP (usando la terminología del estándar 802.11), en un momento indicado en el sondeo consolidado incluido en el CCH.

La realización ejemplar detallada en las FIGS. 15 a 16 ilustra diversos aspectos, incluso sondeos consolidados, transmisión de preámbulo reducido y eliminación de brechas transmitiendo secuencialmente ráfagas de la capa física desde cada STA (incluso el AP). Estos aspectos son aplicables a cualquier protocolo del MAC, incluso los sistemas del estándar 802.11. Adicionalmente detalladas más adelante hay realizaciones alternativas que ilustran otras diversas técnicas para lograr eficiencia del MAC, así como dar soporte a la transmisión de par a par, e integrarse con y / o cooperar con protocolos o sistemas heredados existentes.

Como se ha descrito anteriormente, diversas realizaciones detalladas en el presente documento pueden emplear la estimación de canal y el control estrecho de la velocidad. Puede obtenerse una eficiencia mejorada del MAC mediante la minimización de la transmisión innecesaria por el medio, pero la retroalimentación inadecuada del control de velocidad, en algunos casos, puede reducir el caudal global. De tal manera, pueden proporcionarse oportunidades suficientes para la estimación de canal y la retroalimentación, a fin de maximizar la velocidad transmitida en todas las modalidades de MIMO, con el fin de impedir la pérdida de caudal debida a una estimación inadecuada del canal, lo que puede contrarrestar ganancias cualesquiera en la eficiencia del MAC. Por lo tanto, según lo descrito anteriormente, y lo

detallado adicionalmente más adelante, las realizaciones ejemplares del MAC pueden diseñarse para proporcionar suficientes oportunidades de transmisión de preámbulo, así como oportunidades para que los receptores proporcionen retroalimentación de control de velocidad al transmisor.

5 En un ejemplo, el AP intercala periódicamente un piloto de MIMO en sus transmisiones (al menos cada TP ms, donde TP puede ser un parámetro fijo o variable). Cada STA también puede comenzar su TXOP sondeada con un piloto de MIMO que puede ser usado 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 (detallado adicionalmente más adelante), el piloto de MIMO puede ser una referencia guiada para ayudar a simplificar el procesamiento del receptor en la STA de destino.

10 El AP también puede proporcionar oportunidades a la STA de destino para proporcionar retroalimentación de ACK. La STA de destino también puede usar estas oportunidades de retroalimentación para proporcionar retroalimentación de control de velocidad para las modalidades de MIMO disponibles a la STA transmisora. Tal retroalimentación del control de velocidad no está definido en los sistemas heredados del estándar 802.11, incluso el estándar 802.11 (e). La introducción del MIMO puede aumentar la cantidad total de información de control de velocidad (por modalidad de MIMO). En algunos casos, para maximizar la ventaja de las mejoras en la eficiencia del MAC, estas pueden complementarse con una estricta retroalimentación de control de velocidad.

15 Otro aspecto introducido aquí, y detallado adicionalmente más adelante, es la información de rezago y la planificación para las STA. Cada STA puede comenzar su TXOP con un preámbulo seguido por una duración solicitada de la próxima TXOP. Esta información está destinada al AP. El AP recoge información sobre la próxima TXOP solicitada de varias STA distintas y determina la adjudicación de la duración en el medio de las TXOP para un subsiguiente intervalo de tramas de MAC del TDD. El AP puede usar distintas reglas de prioridad o de QoS para determinar cómo compartir el medio, o bien puede usar reglas muy sencillas para compartir proporcionalmente el medio según las solicitudes de las STA. También puede desplegarse cualquier otra técnica de planificación. Las adjudicaciones para las TXOP para el próximo intervalo de trama de MAC del TDD se asignan en el subsiguiente mensaje del canal de control proveniente del AP.

25 **Punto de Acceso designado**

En las realizaciones detalladas en el presente documento, una red puede dar soporte a la operación con o sin un verdadero punto de acceso. Cuando está presente un verdadero AP, puede estar conectado, por ejemplo, con una conexión de tubo grueso cableado (es decir, cable, fibra, DSL o T1/T3, Ethernet) o con un servidor de entretenimiento casero. En este caso, el verdadero AP puede ser la fuente y el sumidero para la mayoría de los datos que fluyen entre los dispositivos en la red.

30 Cuando no existe ningún AP verdadero, las estaciones aún pueden comunicarse entre sí usando técnicas como la Función de Coordinación Distribuida (DCF) del estándar 802.11b/g/a o el Acceso Mejorado a Canal Distribuido del estándar 802.11e, según lo descrito anteriormente. Como se detalla adicionalmente más adelante, cuando se requieren recursos adicionales, puede lograrse un uso más eficaz del medio con un esquema de planificación centralizado. Esta arquitectura de red podría surgir, por ejemplo, en un hogar donde muchos dispositivos distintos necesitan comunicarse entre sí (es decir, DVD-Televisor, CD-Amplificador-Altavoces, etc.). En este caso, las estaciones de red designan automáticamente una estación para que se convierta en AP. Obsérvese que, según se detalla más adelante, puede utilizarse una Función de Coordinación Adaptable (ACF) con un punto de acceso designado, y puede desplegarse con planificación centralizada, acceso aleatorio, comunicación ad-hoc, o cualquier combinación de los mismos.

40 Ciertos, pero no necesariamente todos los, dispositivos que no son AP pueden tener capacidad de MAC mejorada y son adecuados para el funcionamiento como un AP designado. Debería observarse que no todos los dispositivos necesitan ser designados como aptos para la capacidad del MAC designada del AP. Cuando la QoS (p. ej., la latencia garantizada), el alto caudal y / o la eficiencia son críticos, puede ser necesario que uno de los dispositivos en la red sea capaz de funcionar como AP designado.

45 Esto significa que la capacidad de AP designado estará generalmente asociada a dispositivos con mayor capacidad, p. ej., con uno o más atributos tales como potencia de línea, un gran número de antenas y / o de cadenas transmisoras / receptoras, o un alto requisito de caudal. (Los factores adicionales para seleccionar un AP designado se detallan adicionalmente más adelante). De tal manera, un dispositivo de la gama baja, tal como una cámara o teléfono de gama baja no debe necesariamente recargarse con capacidad de AP designado, mientras que un dispositivo de la gama alta, tal como una fuente de vídeo de gama alta, o un visor de vídeo de alta definición, puede equiparse con la capacidad de AP designado.

50 En una red sin AP, el AP designado asume el papel del verdadero AP y puede tener o no funcionalidad reducida. En diversas realizaciones, un AP designado puede realizar lo siguiente: (a) establecer el Identificador del Conjunto de Servicios Básicos (BSS) de la red; (b) fijar la temporización de la red transmitiendo una baliza e información de configuración de red del canal de difusión (BCH) (el BCH puede definir la composición del medio hasta el próximo

55

BCH); (c) gestionar conexiones planificando transmisiones de estaciones por la red, usando un Canal de Control Directo (FCCH); (d) gestionar la asociación; (e) proporcionar control de admisión para flujos de QoS y / o (f) otras funciones diversas. El AP designado puede implementar un planificador sofisticado, o cualquier tipo de algoritmo de planificación. Puede desplegarse un planificador sencillo, un ejemplo del cual se detalla adicionalmente más adelante.

5 Una cabecera modificada del Protocolo de Convergencia de la Capa Física (PLCP) se detalla más adelante con respecto a las comunicaciones de par a par, que también es aplicable para los AP designados. En una realización, la cabecera del PLCP de todas las transmisiones se transmite a la velocidad básica de datos que pueda ser descodificada por todas las estaciones (incluso el AP designado). La cabecera del PLCP de las transmisiones desde las estaciones contiene el rezago de datos en la estación asociada a una prioridad o flujo dado. Alternativamente, contiene una solicitud de duración de una subsiguiente oportunidad de transmisión para una prioridad o flujo dado.

10 El AP designado puede determinar el rezago o las duraciones de oportunidades de transmisión solicitados por las estaciones "fisgando" en las Cabeceras del PLCP de todas las transmisiones de estaciones. El AP designado puede determinar la fracción de tiempo a adjudicar al acceso basado en EDCA (acceso distribuido) y la fracción de tiempo adjudicada al acceso sondeado (centralizado) libre de competición, en base la carga, las colisiones u otras medidas de congestión. El AP designado puede ejecutar un planificador rudimentario que adjudica ancho de banda en proporción a las solicitudes y las planifica en el periodo libre de competición. Se permiten los planificadores mejorados, pero no son obligatorios. Las transmisiones planificadas pueden ser anunciadas por el AP designado por el CCH (canal de control).

Puede no requerirse un AP designado para reflejar la transmisión de una estación a otra estación (es decir, servir como un punto de salto), aunque se permite esta funcionalidad. Un verdadero AP puede ser capaz de reflejar.

20 Al seleccionar un punto de acceso designado, puede crearse una jerarquía para determinar qué dispositivo debería servir como punto de acceso. Los factores ejemplares que pueden incorporarse al seleccionar un punto de acceso designado incluyen los siguientes: (a) prevalencia del usuario; (b) mayor nivel de preferencia; (c) nivel de seguridad; (d) capacidad: potencia de línea, (e) capacidad: número de antenas; (f) capacidad: máxima potencia de transmisión, (g) desempate en base a otros factores: dirección del Control de Acceso al Medio (MAC); (h) primer dispositivo activado; (i) otros factores cualesquiera.

30 En la práctica, puede ser deseable para el AP designado que esté situado centralmente y que tenga la mejor Función de Distribución Acumulativa de la Razón entre la Señal de Recepción y el Ruido (SNR CDF) (es decir, que pueda recibir a todas las estaciones con una buena SNR (Razón entre señal y ruido)). En general, cuantas más antenas tiene una estación, mejor es la sensibilidad de recepción. Además, el AP designado puede tener una mayor potencia de transmisión, de modo que el AP designado pueda ser oído por un gran número de estaciones. Estos atributos pueden ser evaluados y explotados para permitir que la red se reconfigure dinámicamente según las estaciones se añaden y / o se desplazan.

35 Las conexiones de par a par pueden disponer de soporte en los casos donde la red está configurada con un AP verdadero o un AP designado. Las conexiones de par a par, en general, se detallan en la próxima sección a continuación. En una realización, dos tipos de conexiones de par a par pueden disponer de soporte: (a) las gestionadas de par a par, donde el AP planifica las transmisiones para cada estación implicada y (b) ad-hoc, donde el AP no se implica en la gestión o planificación de las transmisiones de estaciones.

40 El AP designado puede fijar el intervalo de trama de MAC y transmitir una baliza al comienzo de la trama. Los canales de difusión y de control pueden especificar duraciones adjudicadas en la trama para que las estaciones transmitan. Para estaciones que tengan adjudicaciones solicitadas de transmisiones de par a par (y que estas solicitudes sean conocidas para el AP), el AP puede proporcionar adjudicaciones planificadas. El AP puede anunciar estas adjudicaciones en el canal de control, tal como, por ejemplo, con cada trama de MAC.

45 Optativamente, el AP también puede incluir un segmento de A-TCH (ad-hoc) en la trama de MAC (detallada adicionalmente más adelante). La presencia del A-TCH en la trama de MAC puede indicarse en el BCH y el FCCH. Durante el A-TCH, las estaciones pueden llevar a cabo la comunicación de par a par usando procedimientos de CSMA / CA. Los procedimientos de CSMA / CA del Estándar 802.11 de LAN Inalámbrica del IEEE pueden modificarse para excluir el requisito de un ACK inmediato. Una estación puede transmitir una PDU (Unidad de Datos de Protocolo) de MAC, que consiste en múltiples LLC-PDU, cuando la estación captura el canal. La máxima duración que puede ser ocupada por una estación en el A-TCH puede indicarse en el BCH. Para el LLC con acuse de recibo, el tamaño de ventana y el máximo retardo de acuse de recibo pueden negociarse según el retardo de aplicación requerido. Una trama de MAC modificada con un segmento de A-TCH, para su uso tanto con los AP verdaderos como con los AP designados, se detalla adicionalmente más adelante con respecto a la FIG. 20.

55 En una realización, el piloto de MIMO no guiado puede habilitar a todas las estaciones para aprender el canal entre sí y la estación transmisora. Esto puede ser útil en algunos escenarios. Además, el AP designado puede usar el piloto de MIMO no guiado para permitir la estimación de canal y facilitar la demodulación del PCCH a partir del cual pueden

obtenerse las adjudicaciones. Una vez que el AP designado recibe todas las adjudicaciones solicitadas en una trama de MAC dada, puede planificarlas para la subsiguiente trama de MAC. Obsérvese que la información de control de velocidad no tiene que incluirse en el FCCH.

5 En una realización, el planificador puede realizar las siguientes operaciones: en primer lugar, el planificador recoge todas las adjudicaciones solicitadas para la próxima trama de MAC y calcula la adjudicación solicitada compuesta (Total Solicitado). En segundo lugar, el planificador calcula los recursos totales disponibles para su adjudicación al F-TCH y al R-TCH (Total Disponible). En tercer lugar, si el Total Solicitado supera el Total Disponible, todas las adjudicaciones solicitadas se ajustan a escala en la razón definida por Total Disponible / Total Solicitado. En cuarto lugar, para adjudicaciones ajustadas cualesquiera que sean de menos que 12 símbolos de OFDM, estas adjudicaciones se incrementan a 12 símbolos de OFDM (en la realización ejemplar; pueden desplegarse realizaciones alternativas con parámetros alternativos). En quinto lugar, para asimilar las adjudicaciones resultantes en el F-TCH + R-TCH, puede asimilarse cualquier exceso de símbolos de OFDM y / o de tiempos de guardia, reduciendo todas las adjudicaciones mayores que 12 símbolos de OFDM, un símbolo a la vez en modalidad de tanda circular, a partir de la más grande.

15 Un ejemplo ilustra la realización recién descrita. Considérense solicitudes de adjudicación según lo siguiente: 20, 40, 12, 48. Así, el Total Solicitado = 120. Supongamos que Total Disponible = 90. Supongamos también que el tiempo de guardia requerido es de 0,2 símbolos de OFDM. Luego, según lo detallado en la tercera operación anterior, las adjudicaciones ajustadas a escala son: 15, 30, 9, 36. Según lo detallado en la cuarta operación anterior, una adjudicación de 9 se aumenta a 12. Según la quinta operación, sumando las adjudicaciones revisadas y el tiempo de guardia, la adjudicación total es de 93,8. Esto significa que las adjudicaciones han de reducirse en 4 símbolos. Comenzando desde el más grande, y eliminando un símbolo a la vez, se determina una adjudicación final de 14, 29, 12, 34 (es decir, un total de 89 símbolos y 0,8 símbolos para tiempos de guardia).

25 En una realización ejemplar, cuando el AP designado está presente, puede establecer la Baliza para el BSS y fijar la temporización de red. Los dispositivos se asocian al AP designado. Cuando dos dispositivos asociados a un AP designado requieren una conexión de QoS, p. ej., un enlace de televisión de alta definición con baja latencia y un requisito de alto caudal, proporcionan la especificación de tráfico al AP designado para el control de admisión. El AP designado puede admitir o denegar la solicitud de conexión.

30 Si la utilización del medio es suficientemente baja, la duración entera del medio entre balizas puede dejarse de lado para el funcionamiento del EDCA, usando CSMA / CA. Si el funcionamiento del EDCA está ejecutándose sin dificultades, p. ej., no hay colisiones excesivas, retrocesos y retardos, el AP designado no necesita proporcionar una función de coordinación.

35 El AP designado puede continuar monitorizando la utilización del medio, escuchando las cabeceras del PLCP de las transmisiones de las estaciones. En base a la observación del medio, así como el rezago o las solicitudes de duración de oportunidades de transmisión, el AP designado puede determinar cuándo el funcionamiento del EDCA no está satisfaciendo la QoS requerida de los flujos admitidos. Por ejemplo, puede observar las tendencias en los rezagos informados o las duraciones solicitadas, y compararlos con los valores esperados en base a los flujos admitidos.

40 Cuando el AP designado determina que la QoS requerida no está siendo satisfecha con el acceso distribuido, puede efectuar la transición del funcionamiento en el medio al funcionamiento con sondeo y planificación. Éste último proporciona una latencia más determinística y una mayor eficiencia del caudal. Los ejemplos de tal funcionamiento se detallan adicionalmente más adelante.

De esta manera, puede desplegarse la transición adaptable desde el EDCA (esquema de acceso distribuido) al funcionamiento planificado (centralizado), como función de la observación de la utilización del medio, las colisiones, la congestión, así como la observación de las solicitudes de oportunidades de transmisión desde estaciones transmisoras y la comparación de las solicitudes con los flujos de QoS admitidos.

45 Como se ha mencionado anteriormente, en cualquier realización detallada en toda la extensión de esta especificación, donde se describe un punto de acceso, un experto en la técnica reconocerá que la realización puede adaptarse para funcionar con un punto de acceso verdadero o un punto de acceso designado. Un punto de acceso designado también puede desplegarse y / o seleccionarse según lo detallado en el presente documento, y puede funcionar según cualquier protocolo, incluso protocolos no descritos en esta especificación, o cualquier combinación de protocolos.

50 **Transmisión de par a par y Protocolo de Enlace Directo (DLP)**

Como se ha descrito anteriormente, la transmisión de par a par (o simplemente denominada "par a par") permite a una STA transmitir datos directamente a otra STA, sin enviar los datos primero a un AP. Diversos aspectos detallados en el presente documento pueden adoptarse para su uso con la transmisión de par a par. En una realización, el Protocolo de Enlace Directo (DLP) puede adaptarse según se detalla adicionalmente más adelante. La FIG. 17 ilustra una

comunicación ejemplar de par a par dentro de un sistema 100. En este ejemplo, el sistema 100, que puede ser similar al sistema 100 ilustrado en la FIG. 1, está adaptado para permitir la transmisión directa desde un UT a otro (en este ejemplo, se ilustra la transmisión entre el UT 106A y el UT 160B 1710). Los UT 106 pueden realizar cualquier comunicación directamente con el AP 104 o la WLAN 120, según se detalla en el presente documento.

5 En diversas realizaciones ejemplares, pueden disponer de soporte dos tipos de conexiones de par a par: (a) las gestionadas de par a par, en las cuales el AP planifica transmisiones para cada STA implicada y (b) Ad-hoc, en las cuales el AP no se implica en la gestión o planificación de las transmisiones de las STA. Una realización puede incluir cualquiera de ambos tipos de conexiones, o ambas.

10 En una realización ejemplar, una señal transmitida puede comprender una parte que incluye información común que puede ser recibida por una o más estaciones, incluso posiblemente un punto de acceso, así como información específicamente formateada para su recepción por una estación receptora de par a par. La información común puede usarse para la planificación (según se muestra en la FIG. 25, por ejemplo) o bien para la retirada de la competición por parte de varias estaciones vecinas (mostradas en la FIG. 26, por ejemplo).

15 Varias realizaciones ejemplares, detalladas más adelante, ilustran el control de velocidad de bucle cerrado para conexiones de par a par. Tal control de velocidad puede desplegarse para aprovechar las altas velocidades de datos disponibles.

Para clarificar la exposición, diversas características (es decir, el acuse de recibo) no necesariamente se detallan en las realizaciones ejemplares. Los expertos en la técnica reconocerán que las características reveladas en el presente documento pueden combinarse para formar cualquier número de conjuntos y subconjuntos en diversas realizaciones.

20 La FIG. 18 ilustra una ráfaga 1800 de la capa física de la técnica anterior. Puede transmitirse un preámbulo 1810, seguido por una cabecera 1820 del Protocolo de Convergencia de la Capa Física (PLCP). Los sistemas heredados del estándar 802.11 definen una cabecera del PLCP para incluir el tipo de velocidad y el formato de modulación para los datos transmitidos como símbolos 1830 de datos.

25 La FIG. 19 ilustra una ráfaga ejemplar 1900 de la capa física, que puede desplegarse para la transmisión de par a par. Como en la FIG. 18, pueden incluirse el preámbulo 1810 y la cabecera 1820 del PLCP, seguidos por una transmisión de par a par, etiquetada como P2P 1940. La transmisión P2P 1940 puede comprender un piloto 1910 de MIMO para su uso por parte del UT receptor. La retroalimentación 1920 de la velocidad de MIMO puede incluirse para su uso por parte del UT receptor en la transmisión futura de vuelta al UT remitente. La retroalimentación de la velocidad puede generarse en respuesta a una transmisión previa desde la estación receptora a la estación transmisora. Luego los
30 símbolos 1930 de datos pueden transmitirse según la velocidad seleccionada y el formato de modulación para la conexión de par a par. Obsérvese que una ráfaga de la capa física, tal como la ráfaga 1900 de la capa PHY, puede usarse con una conexión de par a par gestionada por un AP, así como con una transmisión ad hoc de par a par. Se describen más adelante realizaciones ejemplares de retroalimentación de velocidad. También se incluyen más adelante realizaciones alternativas de ráfagas de transmisión de la capa física que incluyen estos aspectos.

35 En una realización ejemplar, un AP fija el intervalo de trama de MAC del TDD. Los canales de difusión y de control pueden desplegarse para especificar duraciones adjudicadas en el intervalo de trama de MAC del TDD. Para las STA que han solicitado adjudicaciones para transmisiones de par a par (y conocidas para el AP), el AP puede proporcionar adjudicaciones planificadas y anunciarlas en el canal de control cada intervalo de trama de MAC del TDD. Un sistema ejemplar se ha descrito anteriormente con respecto a la FIG. 15.

40 La FIG. 20 ilustra una realización ejemplar de un intervalo 2000 de trama de MAC del TDD que incluye un segmento ad hoc optativo, identificado como A-TCH 2010. Las secciones con igual numeración del intervalo 2000 de trama de MAC del TDD pueden incluirse y funcionar esencialmente según lo descrito anteriormente con respecto a la FIG. 15. La presencia del A-TCH 2010 en el intervalo 2000 de trama de MAC del TDD puede indicarse en el BCH 1510 y / o el CCH 1520. Durante el A-TCH 2010, las STA pueden llevar a cabo la comunicación de par a par usando cualquier
45 procedimiento de competición. Por ejemplo, pueden desplegarse las técnicas del estándar 802.11, tales como SIFS, DIFS, retroceso, etc., según lo detallado anteriormente. Las técnicas de QoS, tales como las introducidas en el estándar 802.11 (e) (es decir, AIFS) pueden desplegarse optativamente. Pueden desplegarse asimismo varios otros esquemas basados en la competición.

50 En una realización ejemplar, los procedimientos de CSMA / CA para la competición, tales como las definidas en el estándar 802.11, pueden modificarse de la siguiente manera. No se requiere el ACK inmediato. Una STA puede transmitir una Unidad de Datos de Protocolo del MAC (MAC-PDU) que consiste en múltiples PDU (es decir, LLC-PDU) cuando captura el canal. Una duración máxima, ocupada por una STA en el A-TCH, puede indicarse en el BCH. Cuando se desea la transmisión con acuse de recibo, puede negociarse un tamaño de ventana y un máximo retardo de acuse de recibo, según el retardo de aplicación requerido.

En este ejemplo, el F-TCH 1530 es la parte del intervalo de trama de MAC del TDD para las transmisiones desde el AP a las STA. Las comunicaciones de par a par entre las STA, usando técnicas de competición, pueden ser llevadas a cabo en el A-TCH 2010. Las comunicaciones planificadas de par a par entre las STA pueden ser llevadas a cabo en el R-TCH 1540. Cualquiera de estos tres segmentos puede fijarse como nulo.

5 La FIG. 21 ilustra una ráfaga ejemplar 2100 de la capa física, también denominada una "ráfaga PHY". La ráfaga PHY 2100 puede desplegarse con conexiones planificadas de par a par, tal como durante el R-TCH 1540, o durante conexiones ad-hoc tales como el A-TCH 2010, según lo detallado anteriormente con respecto a la FIG. 20. La ráfaga PHY 2100 comprende el piloto 2110 de MIMO no guiado, el Canal de Control Común de Pares (PCCH) 2120 y uno o más símbolos 2130 de datos. El piloto 2110 de MIMO no guiado puede ser recibido en una o más estaciones, y puede usarse como una referencia por parte de una estación receptora, para estimar el canal respectivo entre la estación transmisora y la estación receptora. Este PCCH ejemplar comprende los siguiente campos: (a) un Identificador de MAC de destino, (b) una solicitud de adjudicación de una duración de transmisión deseada para el próximo intervalo de trama de MAC del TDD, (c) un indicador de velocidad de transmisión para indicar el formato de transmisión para el paquete de datos actual, (d) un subcanal del canal de control (es decir, CCH) para recibir cualquier adjudicación desde el AP y (e) un CRC. El PCCH 2120, junto con el piloto 2110 de MIMO no guiado, es un segmento común que puede ser recibido por varias estaciones a la escucha, incluso el punto de acceso. Una solicitud de adjudicación puede insertarse en el PCCH para admitir una conexión de par a par gestionada en un futuro intervalo de trama de MAC del TDD. Una tal ráfaga PHY puede incluirse en una conexión ad-hoc, y aún puede solicitar una adjudicación para la planificación par a par en un futuro intervalo de trama de MAC del TDD. En la realización ejemplar, el piloto de MIMO no guiado tiene ocho símbolos de OFDM (en realizaciones alternativas, detalladas más adelante, pueden ser suficientes menos símbolos para la estimación del canal) y el PCCH tiene dos símbolos de OFDM. A continuación del segmento común, que comprende el piloto 2110 de MIMO no guiado y el PCCH 2120, se transmiten uno o más símbolos 2130 de datos usando el multiplexado espacial y / o formatos superiores de modulación, según lo determinado por cada STA en la conexión de par a par. Esta parte de la transmisión se codifica según la información de control de velocidad incrustada en la parte de datos de la transmisión. De tal manera, una parte de la ráfaga PHY 2100 puede ser recibida por múltiples estaciones circundantes, mientras que la transmisión efectiva de datos se adapta para una transmisión eficiente a una o más estaciones específicas conectadas de par a par para el AP. Los datos en 2130 pueden ser transmitidos y adjudicados por un punto de acceso, o bien pueden transmitirse de acuerdo a una conexión ad-hoc (es decir, procedimientos basados en competición de CSMA / CA).

30 Una realización ejemplar de una ráfaga PHY comprende un preámbulo que consiste en 8 símbolos de OFDM de referencia de MIMO no guiada. Una cabecera de MAC-PDU del Canal de Control Común de Pares (PCCH) se incluye en los 2 subsiguientes símbolos de OFDM, usando la modalidad STTD, codificados con R=1/2 BPSK. El Identificador de MAC tiene 12 bits. Se incluye una solicitud de adjudicación de 8 bits, para su recepción por el AP; de una duración deseada en el próximo intervalo de trama de MAC del TDD (de esta manera, la máxima solicitud tiene 256 símbolos cortos de OFDM). La velocidad de Transmisión es de 16 bits, para indicar la velocidad que se está usando en el paquete actual. La preferencia del subcanal del FCCH es de dos bits, correspondiente a una preferencia entre hasta cuatro subcanales, en los cuales el AP debería realizar cualquier adjudicación aplicable. El CRC tiene 10 bits. Puede incluirse cualquier número de otros campos y / o tamaños de campos en una realización alternativa de la ráfaga PHY.

40 En este ejemplo, el resto de la transmisión de las MAC-PDU usa el multiplexado espacial y mayores modulaciones, según lo determinado por cada STA en la conexión de par a par. Esta parte de la transmisión se codifica según la información de control de velocidad incrustada en la parte de datos de la transmisión.

La FIG. 22 ilustra el procedimiento ejemplar 2200 para la transmisión de datos de par a par. El proceso comienza en el bloque 2210, donde una estación transmite un piloto de MIMO no guiado. En el bloque 2220, la estación transmite información usualmente descodificable. Por ejemplo, el piloto 2110 de MIMO sin guía y el PCCH 2120 sirven como un ejemplo de un mecanismo para solicitar la adjudicación en una conexión gestionada, para la cual el AP, u otra estación planificadora, necesitaría poder descodificar la parte de la señal que comprende la solicitud. Los expertos en la técnica reconocerán un sinnúmero de mecanismos alternativos de solicitud para planificar conexiones de par a par por un canal compartido. En el bloque 2230, los datos se transmiten desde una estación a otra de acuerdo a los formatos de transmisión negociados. En este ejemplo, los datos guiados se transmiten usando velocidades y parámetros según lo determinado de acuerdo a las mediciones del piloto 2110 de MIMO no guiado. Los expertos en la técnica reconocerán diversos medios alternativos para transmitir datos adaptados para un canal específico de par a par.

La FIG. 23 ilustra un procedimiento ejemplar 2300 para la comunicación de par a par. Este procedimiento ejemplar 2300 ilustra varios aspectos, cuyos subconjuntos pueden desplegarse en una realización dada. El proceso comienza en el bloque 2310 de decisión. En el bloque 2310 de decisión, si hay datos para la transferencia de STA a STA, avanzar al bloque 2320 de decisión. Si no es así, avanzar al bloque 2370 y realizar cualquier otro tipo de comunicación, incluso otros tipos de acceso, si los hubiera. Avanzar al bloque 2360 de decisión, donde el proceso puede repetirse volviendo al bloque 2310 de decisión, o bien el proceso puede detenerse.

En el bloque 2320 de decisión, si hay datos de STA a STA para su transmisión, determinar si la conexión de par a par ha de ser planificada o ad hoc. Si la transmisión ha de ser planificada, avanzar al bloque 2330 y solicitar una adjudicación para ganar una TXOP. Obsérvese que una solicitud de adjudicación puede hacerse durante una parte de acceso aleatorio de un intervalo de trama de MAC del TDD, según lo descrito anteriormente, o bien puede incluirse en una transmisión ad hoc. Una vez que se ha hecho una adjudicación, en el bloque 2350 puede transmitirse una ráfaga física de STA a STA. En una realización ejemplar, el procedimiento 2200 puede servir como un tipo de ráfaga PHY de STA a STA.

En el bloque 2320 de decisión, si no se desea la conexión planificada de par a par, avanzar al bloque 2340 para competir por el acceso. Por ejemplo, puede usarse el segmento del A-TCH 2010 del intervalo 2000 de trama de MAC del TDD. Cuando se ha ganado con éxito un acceso mediante la competición, avanzar al bloque 2350 y transmitir una ráfaga PHY de STA a STA, según lo descrito anteriormente.

Desde el bloque 2350, avanzar al bloque 2360 de decisión, donde el proceso puede repetirse, según lo descrito anteriormente, o bien puede detenerse.

La FIG. 24 ilustra el procedimiento ejemplar 2400 para proporcionar retroalimentación de velocidad para su uso en una conexión de par a par. Esta FIG. ilustra varias transmisiones y otras etapas que pueden ser llevadas a cabo por dos estaciones, STA 1 y STA 2. La STA 1 transmite un piloto 2410 no guiado a la STA 2. La STA 2 mide el canal 2420 mientras recibe el piloto 2410 no guiado. En una realización ejemplar, la STA 2 determina una velocidad con soporte para la transmisión por el canal, según lo medido. Esta determinación de velocidad se transmite como retroalimentación 2430 de velocidad a la STA 1. En varias realizaciones alternativas, pueden entregarse parámetros alternativos para permitir que se tome una decisión sobre retroalimentación de velocidad en la STA 1. En 2440, la STA 1 recibe una adjudicación planificada o bien compite por una oportunidad de transmisión, por ejemplo, durante A-TCH. Una vez que se ha ganado una oportunidad de transmisión, en 2450, la STA 1 transmite a la STA 2 los datos con una velocidad y formato de modulación determinados en respuesta a la retroalimentación 2430 de velocidad.

El procedimiento ilustrado en la FIG. 24 puede generalizarse y aplicarse a diversas realizaciones, como será inmediatamente evidente a los expertos en la técnica. Algunos ejemplos que incorporan retroalimentación de velocidad de par a par, así como otros aspectos, se detallan adicionalmente más adelante.

La FIG. 25 muestra el procedimiento 2500 que ilustra la conexión gestionada de par a par entre dos estaciones, STA 1 y STA 2, y un punto de acceso (AP). En 2505, la STA 1 transmite un piloto no guiado así como una solicitud de una adjudicación. Los datos también pueden transmitirse según una adjudicación anterior y una retroalimentación de velocidad previa, según se ilustrará más adelante. Además, cualquier tal dato puede transmitirse según la retroalimentación de velocidad proveniente de una anterior conexión gestionada de par a par, o de una comunicación ad hoc originada bien por la STA 1 o bien por la STA 2. El piloto no guiado y la solicitud de transmisión son recibidas tanto por la STA 2 como por el punto de acceso (y pueden ser recibidas por otras varias estaciones en el área).

El punto de acceso recibe la solicitud de transmisión y, de acuerdo a uno entre un buen número de algoritmos de planificación, toma una determinación en cuanto a efectuar o no, y cuándo, una adjudicación para la comunicación de par a par. La STA 2 mide el canal mientras se transmite el piloto no guiado en 2505 y puede tomar una determinación acerca de la velocidad soportable para la comunicación de par a par con la STA 1. Optativamente, la STA 2 también puede recibir retroalimentación de velocidad y / o datos desde la STA 1, de acuerdo a una transmisión previa.

En este ejemplo, el punto de acceso ha determinado que se hará una adjudicación para la transmisión solicitada. En 2515 se transmite una adjudicación desde el punto de acceso a la STA 1. En este ejemplo, las adjudicaciones por el R-TCH 1540 se transmiten durante el canal de control, tal como el CCH 520, ilustrado anteriormente. De manera similar, en 2520 se realiza una adjudicación por el R-TCH para la STA 2. En 2525, la STA 1 recibe la adjudicación desde el punto de acceso. En 2530, la STA 2 recibe la adjudicación desde el punto de acceso.

La STA 2 transmite retroalimentación de velocidad en 2535, de acuerdo a la adjudicación 2520. Optativamente, puede incluirse una solicitud de transmisión planificada, según lo descrito anteriormente, así como cualquier dato a transmitir de acuerdo a una solicitud previa. La retroalimentación de velocidad transmitida se selecciona de acuerdo a la medición 2510 de canal, según lo descrito anteriormente. La ráfaga PHY de 2535 puede incluir asimismo un piloto no guiado. En 2540, la STA 1 mide el canal desde la STA 2, recibe la retroalimentación de velocidad y puede recibir asimismo datos optativos.

En 2545, de acuerdo a la adjudicación 2515, la STA 1 transmite datos de acuerdo a la información de retroalimentación de velocidad recibida. Además, puede efectuarse una solicitud de una adjudicación futura, así como retroalimentación de velocidad, de acuerdo a la medición de canal en 2540. Los datos se transmiten según la específica medición de canal para la comunicación de par a par. En 2550, la STA 2 recibe los datos, así como cualquier retroalimentación de velocidad transmitida optativamente. La STA 2 puede también medir el canal para proporcionar retroalimentación de velocidad para transmisiones futuras.

Obsérvese que ambas transmisiones 2535 y 2545 pueden ser recibidas por el punto de acceso, al menos la parte no guiada, según lo descrito anteriormente. De tal manera, para cualquier solicitud incluida, el punto de acceso puede realizar adjudicaciones adicionales para transmisiones futuras, según lo indicado por las adjudicaciones 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 respectivas adjudicaciones. El proceso puede entonces iterar indefinidamente, con el punto de acceso gestionando el acceso por el medio compartido, y la STA 1 y la STA 2 transmitiendo la comunicación de par a par directamente entre sí, con velocidades y formatos de modulación seleccionados como soportables por el canal de par a par. Obsérvese que, en una realización alternativa, también puede realizarse una comunicación ad hoc de par a par, junto con la comunicación gestionada de par a par ilustrada en la FIG. 25.

La FIG. 26 ilustra una conexión de par a par basada en competición (o ad hoc). La STA 1 y la STA 2 se comunicarán entre sí. Otras STA pueden también estar al alcance de la recepción y pueden acceder al canal compartido. En 2610 la STA 1, teniendo datos para transmitir a STA 2, monitoriza el canal compartido y compete por el acceso. Una vez que se ha ganado una oportunidad de transmisión, la ráfaga PHY 2615 de par a par se transmite a la STA 2, que también puede ser recibida por otras STA. En 2620, otras STA, que monitorizan el canal compartido, pueden recibir la transmisión desde la STA 1 y saber cómo evitar acceder al canal. Por ejemplo, un PCCH, descrito anteriormente, puede incluirse en la transmisión 2615. En 2630, la STA 2 mide el canal de acuerdo al piloto no guiado, y compete por el acceso de retorno por el canal compartido. La STA 2 puede también transmitir datos, según sea necesario. Obsérvese que el tiempo de competición puede variar. Por ejemplo, puede devolverse un ACK a continuación de un SIFS en un sistema heredado del estándar 802.11. Dado que el SIFS tiene la mayor prioridad, la STA 2 puede responder sin perder el canal. Diversas realizaciones pueden admitir un retardo menor, y pueden proveer datos de retorno con alta prioridad.

En 2635, la STA 2 transmite retroalimentación de velocidad junto con datos optativos a la STA 1. En 2640, la STA 1 recibe la retroalimentación de velocidad, compete una vez más por el acceso al medio compartido y transmite en 2645 a la STA 2, de acuerdo a la retroalimentación de velocidad recibida. En 2640, la STA 1 también puede medir el canal para proporcionar retroalimentación de velocidad a la STA 2 para la transmisión futura, y puede recibir cualquier dato optativo transmitido por la STA 2. En 2650, la STA 2 recibe la transmisión 2645 de datos de acuerdo a la velocidad y el formato de modulación determinados por las condiciones medidas del canal. La STA 2 puede también recibir retroalimentación de velocidad para su uso al devolver una transmisión a la STA 1. La STA 2 también puede medir el canal para proporcionar futura retroalimentación de velocidad. El proceso puede repetirse de tal manera volviendo a 2635 para que la STA 2 devuelva retroalimentación de velocidad además de datos.

De esta manera, dos estaciones pueden efectuar la comunicación ad hoc en ambas direcciones compitiendo por el acceso. La conexión de par a par en sí misma se hace eficiente por el uso de la retroalimentación de velocidad, y adaptando la transmisión a la estación receptora. Cuando se despliega una parte que puede recibirse usualmente de la ráfaga PHY, tal como el PCCH, entonces, según se ilustra en 2620, otras STA pueden acceder a la información y pueden evitar interferir en el canal en momentos conocidos como ocupados, según lo indicado en el PCCH. Como en la FIG. 25, una comunicación de par a par, bien gestionada o bien ad hoc, puede iniciar la transferencia de datos antes de las etapas ilustradas en la FIG. 26, y puede usarse para continuar posteriormente la comunicación de par a par. De esta manera, puede desplegarse cualquier combinación de comunicaciones de par a par planificadas y ad hoc.

La FIG. 27 muestra el intervalo ejemplar 2700 de trama de MAC del TDD, ilustrando la comunicación de par a par gestionada entre las estaciones. En este ejemplo, las duraciones tanto del F-TCH como del A-TCH han sido fijadas en cero. La Baliza / BCH 1510 y el CCH 1520 se transmiten como antes. La Baliza / BCH 1560 indica el inicio de la próxima trama. El CCH 1520 indica adjudicaciones para comunicaciones de par a par. De acuerdo a esas adjudicaciones, la STA 1 transmite a la STA 2 en la ráfaga adjudicada 2710.

Obsérvese que, en el mismo intervalo de trama de MAC del TDD, a la STA 2 se adjudica el segmento 2730 para responder a la STA 1. Cualquiera de los diversos componentes, detallados anteriormente, tales como la retroalimentación de velocidad, las solicitudes, los pilotos guiados y / o no guiados, y los datos guiados y / o no guiados, puede incluirse en cualquier ráfaga dada de la capa PHY de par a par. La STA 3 transmite a la STA 4 en la adjudicación 2720. La STA 4 transmite a la STA 3 en la adjudicación 2740, de manera similar. Varias otras transmisiones de enlace inverso, incluso las conexiones no de par a par, pueden incluirse en el R-TCH. Realizaciones ejemplares adicionales que ilustran estos y otros aspectos se detallan adicionalmente más adelante.

Obsérvese que, en la FIG. 27, los intervalos de guardia pueden planificarse entre segmentos, según sea necesario. Una cuestión clave con respecto a las comunicaciones de par a par es que, generalmente, el retardo de trayecto entre las dos STA es desconocido. Un procedimiento para abordar esto es hacer que cada STA mantenga fijos sus tiempos de transmisión, de modo tal que lleguen al AP en sincronía con el reloj del AP: En este caso, el AP puede proveer tiempo de guardia en cada lado de la adjudicación de par a par, para compensar los retardos de trayecto desconocidos entre las dos STA en comunicación. En muchos casos, un prefijo cíclico será adecuado, y no se necesitará hacer ningún ajuste a los receptores de las STA. Las STA deben determinar entonces sus respectivos desplazamientos

temporales para saber cuándo recibir la transmisión de la otra STA. Los receptores de las STA pueden necesitar mantener dos relojes de recepción: uno para la temporización de tramas del AP y otro para la conexión de par a par.

Según lo ilustrado en varias realizaciones anteriormente, los acuses de recibo y la retroalimentación de canal pueden ser obtenidos por un receptor durante su adjudicación, y retroalimentarse a un transmisor. Incluso si el flujo global del tráfico es unidireccional, el receptor envía referencias y solicitudes para obtener adjudicaciones. El planificador del AP garantiza que se proporcionan los recursos adecuados para la retroalimentación.

Interoperabilidad con estaciones y puntos de acceso heredados

Según lo detallado en el presente documento, diversas realizaciones descritas proporcionan mejoras con respecto a sistemas heredados. No obstante, dado el amplio despliegue de sistemas heredados ya en existencia, puede ser deseable para un sistema retener la retro-compatibilidad con un sistema heredado existente, y / o terminales de usuario heredados. Según se usa en el presente documento, el término “nueva clase” se usará para diferenciarse de los sistemas heredados. Un sistema de nueva clase puede incorporar uno o más de los aspectos o características detallados en el presente documento. Un sistema ejemplar de nueva clase es el sistema de OFDM de MIMO descrito más adelante con respecto a las FIGS. 35 a 52. Además, los aspectos detallados a continuación para interoperar un sistema de nueva clase con un sistema heredado también son aplicables a otros sistemas, por desarrollar aún, ya sea que alguna mejora específica detallada en el presente documento esté o no incluida en un tal sistema.

En una realización ejemplar, puede proporcionarse retro-compatibilidad con sistemas alternativos, usando Asignaciones de Frecuencia (FA) individuales para permitir el funcionamiento de un sistema de nueva clase en una FA individual por parte de los usuarios heredados. De esta manera, un sistema de nueva clase puede buscar una FA disponible en la cual funcionar. Puede implementarse un algoritmo de Selección Dinámica de Frecuencia (DFS) en la WLAN de nueva clase para asimilar esto. Puede ser deseable desplegar un AP para que sea multiportador.

Las STA heredadas que intentan acceder a una WLAN pueden emplear dos procedimientos de rastreo: pasivo y activo. Con el rastreo pasivo, una STA desarrolla una lista de Conjuntos de Servicios Básicos (BSS) viables en su vecindad, rastreando las bandas operativas. Con el rastreo activo, una STA transmite una consulta para solicitar una respuesta de otras STA en el BSS.

Los estándares heredados guardan silencio en cuanto a cómo una STA decide a qué BSS unirse, pero, una vez que se toma una decisión, puede intentarse la asociación. Si no tiene éxito, la STA avanzará por su lista de BSS hasta el éxito. Una STA heredada no puede intentar asociarse a una WLAN de nueva clase cuando la información de baliza transmitida no fuera entendida por esa STA. 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 de WLAN en una única FA.

Una técnica alternativa es que el AP de nueva clase o las STA de nueva clase rechacen cualquier solicitud de una STA heredada que use la mensajería heredada (es decir, del estándar 802.11) válida. Si un sistema heredado da soporte a tal mensajería, puede proporcionarse a la STA heredada un mensaje de redirección.

Una transacción obvia asociada al funcionamiento en FA distintas es el espectro adicional requerido para dar soporte a ambas clases de STA. Una ventaja es la facilidad de gestión de las distintas WLAN, preservando características tales como la QoS y similares. Según se detalla a lo largo de esta especificación, sin embargo, los protocolos heredados del MAC de CSMA (tales como los detallados en los estándares 802.11 heredados) son generalmente ineficientes para altas velocidades de datos con soporte para los sistemas de nueva clase, tales como la realización del sistema de MIMO detallado en el presente documento. De esta manera, es deseable desplegar modalidades retro-compatibles de funcionamiento que permitan que un MAC de nueva clase coexista con un MAC heredado en la misma FA. Se describen más adelante varias realizaciones ejemplares en las cuales los sistemas heredados y de nueva clase pueden compartir la misma FA.

La FIG. 28 ilustra el procedimiento 2800 para dar soporte a estaciones tanto heredadas como de nueva clase en la misma asignación de frecuencia. En este ejemplo, para mayor claridad, se supone que el BSS está funcionando aislado (es decir, no hay ninguna coordinación entre los múltiples BSS solapados). El proceso comienza en el bloque 2810, donde se usa la señalización heredada para establecer un periodo libre de competición.

A continuación hay varios ejemplos ilustrativos, para su uso con sistemas heredados del estándar 802.11, en los cuales el AP de la WLAN de nueva clase puede usar los acoples incluidos en el estándar heredado 802.11 para reservar tiempo para el uso exclusivo de las estaciones de nueva clase. Puede usarse cualquier número de técnicas de señalización adicional, además de estas, para establecer un periodo libre de competencia, para diversos tipos de sistemas heredados.

Una técnica es establecer periodos libres de competencia (CFP) en modalidad PCF / HCF. El AP puede establecer un intervalo de Baliza y anunciar un periodo libre de competición dentro del intervalo de Baliza, donde puede servir a las STA, tanto de nueva clase como heredadas, en la modalidad sondeada. Esto causa que todas las STA heredadas fijen

sus Vectores de Adjudicación de Red (NAV), que son contadores usados para mantener el rastro del CFP, en la duración del CFP anunciado. Como resultado, las STA heredadas que reciben la baliza se ven impedidas de usar el canal durante el CFP, a menos que sean sondeadas por el AP.

5 Otra técnica es establecer un CFP, y fijar el NAV, mediante un campo de RTS / CTS y de Identificador de duración. En este caso, el AP de nueva clase puede enviar un 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 el campo de RA como dirigido a una STA específica y no responden. Las STA de nueva clase responden con un CTS especial para despejar el BSS para el periodo temporal especificado en el campo de Identificador de duración en el par de mensajes CTS / RTS. En este punto, las estaciones de nueva clase son libres de usar el canal durante la duración reservada sin conflicto.

10 En el bloque 2820, las STA de clase heredada, habiendo recibido la señal para establecer el periodo libre de competición, esperan hasta que son sondeadas o que acabe el periodo libre de competición. Así, el punto de acceso ha adjudicado exitosamente el medio compartido para su uso con el protocolo de MAC de nueva clase. En el bloque 2830, las nuevas STA pueden acceder según este protocolo. Cualquier conjunto o subconjunto de los aspectos detallados en el presente documento puede desplegarse en un tal protocolo de MAC de nueva clase. Por ejemplo, pueden desplegarse transmisiones planificadas de enlace directo e inverso, así como transmisiones gestionadas de par a par, comunicaciones ad hoc o basadas en la competición (incluso de par a par), o cualquier combinación de las anteriores. En el bloque 2840, se termina el periodo de acceso de nueva clase, usando cualquiera entre una gran variedad de tipos de señal, que puede variar según el sistema heredado desplegado. En la realización ejemplar, se transmite una señal de fin del periodo libre de competencia. En una realización alternativa, las STA heredadas pueden también ser sondeadas durante un periodo libre de competencia. Tales accesos pueden ser posteriores a los accesos de nueva clase, o pueden intercalarse dentro de ellos.

20 En el bloque 2850, todas las STA pueden competir por el acceso, si se define un periodo de competición para el sistema heredado. Esto permite que los sistemas heredados, incapaces de comunicarse durante el periodo libre de competición, efectúen solicitudes e / o intenten transmitir. En el bloque 2860 de decisión, el proceso puede continuar volviendo al bloque 2810, o puede detenerse.

25 La FIG. 29 ilustra la combinación del control de acceso al medio heredado y del de nueva clase. Un protocolo 2910 de MAC heredado se muestra encima de un protocolo 2930 de nueva clase, los cuales, cuando se combinan, forman un protocolo de MAC tal como el protocolo 2950 de MAC combinado. En este ejemplo, se usa la señalización heredada del estándar 802.11 con fines de ilustración. Los expertos en la técnica se darán cuenta de que las técnicas reveladas en el presente documento pueden aplicarse a cualquiera entre una gran variedad de sistemas heredados, y a cualquier protocolo de MAC de nueva clase, incluso cualquier combinación de las características reveladas en el presente documento.

30 El protocolo 2910 de MAC heredado comprende las balizas 2902, que identifican el intervalo de Baliza. El intervalo de Baliza heredado comprende el periodo 2904 libre de competición, seguido por el periodo 2906 de competición. Pueden generarse diversos sondeos 2908A a N libres de competición durante el periodo 2904 libre de competición. El periodo 2904 libre de competición es terminado por el final 2910 del periodo libre de competición. Cada baliza 2902 se transmite en el Tiempo de Transmisión de Baliza de Destino (TBTT) en realizaciones ejemplares del estándar 802.11. El protocolo 2930 de MAC de nueva clase comprende las tramas 2932A a N de MAC.

35 El intervalo 2950 de Baliza combinada ilustra la interoperabilidad de los protocolos de MAC heredados y de nueva clase durante el periodo 2904 libre de competición. Los intervalos 2932 de trama de MAC del TDD se incluyen seguidos por los sondeos-CF 2908A a N heredados. El periodo libre de competición termina con el CFPEND 2910, seguido por un periodo 2906 de competición. Los intervalos 2932 de trama de MAC del TDD de nueva clase pueden ser de cualquier tipo, incluyendo optativamente diversos aspectos detallados en el presente documento. En una realización ejemplar, el intervalo 2932 de trama de MAC del TDD de nueva clase comprende diversos segmentos tales como los ilustrados con respecto a la FIG. 20 precedente. Así, un intervalo de trama de MAC del TDD de nueva clase, en este ejemplo, comprende el piloto 1510, un canal 1520 de control, un canal 1530 de transmisión directa, una sección ad hoc de par a par (A-TCH) 2010, un canal 1540 de transmisión de enlace inverso y un canal 1550 de acceso aleatorio.

40 Obsérvese que, durante el CFP 2904, las STA heredadas no deberían interferir con ninguna transmisión de la WLAN de nueva clase. El AP puede sondear a cualquier STA heredada durante el CFP, permitiendo el funcionamiento en modalidad mixta en el segmento. Además, el AP puede reservar el CFP 2904 entero para uso de nueva clase y desplazar todo el tráfico heredado al periodo de competición (CP) 2906 cerca del final del intervalo de Baliza.

45 El estándar heredado ejemplar 802.11 requiere que el CP 2906 sea lo bastante largo como para dar soporte a un intercambio entre dos terminales heredados. Así, la baliza puede retardarse, dando como resultado arritmia temporal en el sistema. Si se desea, para mitigar la arritmia, el intervalo CFP puede acortarse para mantener un intervalo fijo de baliza. Los temporizadores usados para establecer el CFP y el CP pueden fijarse de modo tal que el CFP sea largo (es

decir, de alrededor 1,024 seg) con respecto al CP (es decir, menos de 10 mseg). Sin embargo, si, durante el CFP, el AP sondea terminales heredados, la duración de su transmisión puede ser desconocida y puede causar arritmia temporal adicional. Como resultado, debe tenerse cuidado para mantener la QoS para las STA de nueva clase al asimilar las STA heredadas en la misma FA. El estándar heredado 802.11 se sincroniza en Unidades Temporales (TU) de 1,024 mseg. El MAC de nueva clase puede diseñarse para que sea síncrono con un sistema heredado, empleando una duración de trama de MAC de 2 TU, o 2,048 mseg, en este ejemplo.

En algunas realizaciones, puede ser deseable garantizar que la trama de MAC de nueva clase pueda hacerse síncrona. Es decir, el reloj de tramas de MAC para el sistema puede ser continuo y los límites de tramas de MAC, cuando se transmiten, pueden comenzar en múltiplos del intervalo de trama de 2,048 mseg. De esta manera, la modalidad de sueño para las STA puede mantenerse fácilmente.

Las transmisiones de nueva clase no necesitan ser compatibles con las transmisiones heredadas. Las cabeceras, preámbulos, etc., pueden ser todos únicos para el sistema de nueva clase, cuyos ejemplos se detallan a lo largo de esta especificación. Las STA heredadas pueden intentar demodularlos, pero no lograrán descodificarlos debidamente. Las STA heredadas en modalidad de sueño, en general, no serán afectadas.

La FIG. 30 ilustra el procedimiento 3000 para ganar una oportunidad de transmisión. El procedimiento 3000 puede desplegarse como el bloque 2830 en una realización ejemplar del procedimiento 2800, ilustrado anteriormente. El proceso comienza con el bloque 3010 de decisión, en el cual un acceso puede ser planificado o no planificado. Los expertos en la técnica reconocerán que, si bien este ejemplo ilustra dos tipos de acceso, en cualquier realización dada puede darse soporte bien a uno de, o bien a ambos, tipos de acceso. En el bloque 3010 de decisión, si se desea el acceso no planificado, avanzar al bloque 3040 para competir por el acceso. Puede desplegarse cualquier número de las técnicas de acceso basadas en la competición. Una vez que se ha ganado una oportunidad de transmisión (TXOP), transmitir según la oportunidad de transmisión en el bloque 3050. Luego el proceso puede detenerse.

En el bloque 3010, si se desea acceso planificado, avanzar al bloque 3020 para solicitar acceso. Esta solicitud de acceso puede hacerse en un canal de acceso aleatorio, durante la competición ad hoc, o con cualquiera de las otras técnicas reveladas en el presente documento. En el bloque 3030, cuando se concede la solicitud de acceso, se recibirá una adjudicación. Avanzar al bloque 3050 para transmitir la TXOP según la adjudicación recibida.

En algunos casos, puede ser deseable asimilar la interoperación entre un AP de nueva clase, y su BSS asociado, y un BSS heredado solapado, en la misma adjudicación de frecuencia. El BSS heredado puede estar funcionando en modalidad de DCF o PCF / HCF y, por lo tanto, la sincronización entre el BSS de nueva clase y el BSS heredado no siempre puede ser alcanzable.

Si el BSS heredado está funcionando en modalidad de PCF o HCF, el AP de nueva clase puede intentar sincronizarse al TBTT. Si esto es posible, el AP de nueva clase puede capturar el canal durante el periodo de competición, usando cualquiera entre varios mecanismos, cuyos ejemplos se han descrito anteriormente, para funcionar dentro del área del BSS solapado. Si el BSS heredado está funcionando bajo DCF, el AP de nueva clase también puede intentar capturar el canal y anunciar un CFP para despejar el canal.

Puede haber situaciones donde algunas de, o todas, las STA en el BSS heredado no reciban las transmisiones del AP de nueva clase. En este caso, esas STA heredadas pueden interferir con el funcionamiento de la WLAN de nueva clase. Para evitar esta interferencia, las estaciones de nueva clase pueden llegar por omisión al funcionamiento basado en CSMA y apoyarse en transmisiones de par a par (esto se detalla adicionalmente más adelante con respecto a las FIGS. 33 a 34).

La FIG. 31 ilustra el procedimiento ejemplar 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 (optativo). En el bloque 3120, si se ha prescrito un periodo heredado libre de competición, según la baliza, se lleva a cabo. Una vez que el periodo libre de competición, si lo hubiera, se ha completado, entonces todas las STA pueden competir por el acceso durante un periodo prescrito de competición. En el bloque 3130, el punto de acceso de nueva clase compite por el acceso durante el periodo de competición. En el bloque 3140, las STA de nueva clase pueden acceder al medio compartido durante el periodo para el acceso al cual ha competido el punto de acceso de nueva clase. Los tipos de acceso durante este acceso de nueva clase pueden incluir cualquiera de los aspectos detallados en el presente documento. Puede usarse una gran variedad de técnicas, tales como las detalladas anteriormente, para indicar a las STA heredadas la cantidad de tiempo durante el cual el punto de acceso está reservando el canal. Una vez que se ha completado este periodo, entonces las STA heredadas pueden competir en el bloque 3150. En el bloque 3160 de decisión el proceso puede continuar volviendo al bloque 3110, o puede detenerse.

La FIG. 32 ilustra los BSS solapados que usan una única FA. El sistema heredado 3210 transmite balizas 3205 (3205A y 3205B se muestran ilustrando el TBTT y el intervalo global de Baliza del sistema heredado). La baliza 3205A identifica

el periodo 3210 libre de competición y el periodo 3215 de competición. Durante el periodo 3210 libre de competición, pueden efectuarse sondeos 3220A a N libres de competición, seguidos por el indicador del final del periodo 3225 libre de competición.

5 Las estaciones en la WLAN 3240 de nueva clase monitorizan el canal, reciben la baliza 3205 y se abstienen de acceder a los medios hasta que llegue una oportunidad de competir por el acceso. En este ejemplo, la primera oportunidad es durante el periodo libre de competición. Después del PIFS 3230, el punto de acceso de nueva clase transmite una señal heredada 3245 para indicar a las estaciones heredadas la cantidad de tiempo en que el canal estará ocupado. Puede usarse una gran variedad de símbolos para realizar esta función, cuyos ejemplos han sido detallados anteriormente. Pueden desplegarse otras varias señales, según el sistema heredado con el cual se desea 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 3250 de acceso de nueva clase. El periodo 3250 comprende uno o más intervalos 3260 de trama de MAC del TDD (3260A a N, en este ejemplo). Los intervalos 3260 de trama de MAC del TDD pueden ser de cualquier tipo, cuyos ejemplos comprenden uno o más de los aspectos detallados en el presente documento.

10 En una realización ejemplar, el AP de nueva clase captura el canal a intervalos sincronizados (es decir, cada 40 mseg, el AP de nueva clase captura el canal durante 20 mseg). El AP de nueva clase puede mantener un temporizador para garantizar que está reteniendo el canal solamente durante un lapso deseado, garantizando por ello la compartición equitativa del canal. Al capturar el canal, el AP de nueva clase puede usar diversas técnicas de señalización. Por ejemplo, puede transmitirse un CTS / RTS o una baliza heredada que anuncia un nuevo CFP.

20 Durante el intervalo 3250 de nueva clase, puede definirse un intervalo ejemplar de trama de MAC del TDD de la siguiente manera: primero, enviar una baliza más F-CCH, indicando los UT en la lista para sondear en la trama de MAC actual. Después del F-CCH, difundir un tramo de piloto de MIMO para permitir a las STA adquirir y formar una medida exacta del canal de MIMO. En una realización ejemplar, pueden lograrse excelentes prestaciones con 2 símbolos cortos de OFDM por antena. Esto implica que el F-TCH y la trama de MAC inicial pueden estar compuestos por aproximadamente 8 símbolos piloto de MIMO. La parte de R-TGH de la primera trama de MAC puede estructurarse de modo tal que las STA en la lista de sondeo transmitan un piloto de MIMO guiado y un indicador de velocidad (para el enlace descendente) con un acuse de recibo devuelto al AP. En este punto, en este ejemplo, todos los terminales en la lista de sondeo están listos para funcionar de una manera planificada normal en el próximo intervalo de trama de MAC del TDD. Los intervalos de trama de MAC del TDD a continuación del primer intervalo de trama de MAC del TDD pueden usarse entonces para intercambiar datos, coordinados por el AP, usando cualquiera de las técnicas reveladas en el presente documento.

25 Como se ha mencionado anteriormente, las estaciones de nueva clase pueden llegar por omisión al funcionamiento basado en CSMA y apoyarse en transmisiones de par a par en ciertas situaciones (por ejemplo, situaciones donde algunas de, o todas, las STA en el BSS heredado no reciben las transmisiones del AP de nueva clase). En tales casos, el reciclaje de Encender / Apagar descrito anteriormente podría no ser ventajoso, o incluso posible. En estos casos, las estaciones de nueva clase pueden llegar por omisión al funcionamiento de par a par.

35 La FIG. 33 ilustra el procedimiento ejemplar 3300 para efectuar la comunicación de par a par de alta velocidad, usando diversas técnicas reveladas en el presente documento, al interoperar con un BSS heredado. El proceso comienza en el bloque 3310, donde una primera STA con datos para enviar a una segunda STA compite por el acceso. En el bloque 3320, habiendo competido con éxito por el acceso, la estación despeja el medio usando una señal heredada, tal como las descritas anteriormente. En el bloque 3330, la primera STA transmite una solicitud (junto con un piloto) a una segunda STA. La segunda STA es capaz de medir el canal según el piloto transmitido. La segunda STA transmite retroalimentación de canal a la primera STA. Así, en el bloque 3340 la primera estación recibe una respuesta con retroalimentación de canal (retroalimentación de velocidad, por ejemplo). En el bloque 3350 la primera STA transmite el piloto y los datos guiados a la segunda estación según la retroalimentación. En el bloque 3360 la segunda STA transmite a la primera STA el acuse de recibo, y puede transmitir retroalimentación continuada de velocidad para su uso en la transmisión posterior. La señal heredada usada para despejar el medio permite que se lleven a cabo los bloques 3330 a 3360, usando cualquiera de las técnicas y mejoras de alta velocidad de los sistemas heredados, tales como las reveladas en el presente documento. Una vez que una STA ha despejado el medio, puede desplegarse cualquier protocolo de MAC de par a par dentro del alcance del periodo de la presente invención. El proceso puede continuar según lo ilustrado en el bloque 3370 de decisión, volviendo al bloque 3310, o el proceso puede detenerse.

40 En una realización ejemplar, con modalidad de par a par, la captura del canal funciona según las reglas heredadas para el CSMA. En este ejemplo, no se emplean la PCF ni la HCF, y puede no haber necesariamente una arquitectura de red centralizada. Cuando una STA de nueva clase desea comunicarse con otra STA de nueva clase (o el AP), la STA captura el canal. La primera transmisión consiste en suficientes pilotos de MIMO más algún mensaje que solicita que se establezca una conexión. Pueden emplearse el CTS y el RTS para despejar el área y reservar tiempo. El mensaje de solicitud de las STA debe contener el Identificador de BSS de la STA, el Identificador de MAC de la STA y

el Identificador de MAC de la STA de destino (si se conoce). La respuesta debería contener el Identificador de BSS de la STA que responde. Esto permite que las STA determinen si necesitan o no realizar la corrección del receptor o transmitir vectores de guía, si se usa la guía. Obsérvese que la guía de la transmisión no tiene que usarse en este caso, aunque puede ser ventajoso hacerlo si todas las STA se han calibrado con un AP designado coordinando el BSS.

Como se ha descrito con respecto a la FIG. 33, una respuesta puede contener un piloto de MIMO (guiado, si se emplea) más alguna indicación de velocidad. Una vez que este intercambio ha tenido lugar, es posible la guía en cada enlace. Sin embargo, si las STA pertenecen a distintos BSS, la primera transmisión guiada entre la STA que inició la conexión puede contener un piloto de MIMO guiado para permitir que el receptor de la STA que responde corrija el diferencial de fase entre los distintos BSS.

En esta realización ejemplar, una vez que han tenido lugar los intercambios iniciales, es posible la guía. Los intercambios deberían acatar el intervalo de SIFS entre las transmisiones de enlace descendente y de enlace ascendente. Debido a retardos potenciales de procesamiento en el cálculo de autovectores para la guía, esto puede requerir que las STA usen el procesamiento de Errores de Cuadrados Medios Mínimos (MMSE) en lugar del procesamiento de autovectores. Una vez que se han calculado los vectores de guía, las STA pueden comenzar a usar los autovectores en el lado transmisor y el lado receptor puede continuar empleando el procesamiento de MMSE, adaptándose hacia la solución óptima del filtro espacial apareado. El rastreo y el control de velocidad pueden ser facilitados por la retroalimentación periódica entre las dos STA. El intervalo de SIFS puede acatarse a fin de que las STA mantengan el control sobre el canal.

La FIG. 34 ilustra la comunicación de par a par usando técnicas de MIMO para competir por el acceso (es decir, no gestionadas) en un BSS heredado. En este ejemplo, la estación inicial 106A compite por el acceso en el canal. Cuando ha capturado con éxito el canal, se transmite el piloto 3405 de MIMO, seguido por la solicitud 3410. El mensaje puede contener el Identificador de BSS, el Identificador de MAC de la STA inicial y un Identificador de MAC de la STA de destino, si se conoce. Puede usarse otra señalización para despejar adicionalmente el canal, tal como CTS y RTS. La STA 106B que responde transmite el piloto guiado 3420 seguido por un acuse de recibo y la retroalimentación 3425 de velocidad. El piloto guiado 3420 se transmite con SIFS 3415 a continuación de la solicitud 3410. En la realización ejemplar, en la cual el punto de acceso heredado es un punto de acceso del estándar 802.11, recuérdese que el SIFS tiene la mayor prioridad y, por tanto, la estación 106B que responde retendrá el control del canal. Las diversas transmisiones detalladas en la FIG. 34 pueden transmitirse separadas entre sí por SIFS para mantener el control del canal hasta que la comunicación de par a par esté completa.

En una realización ejemplar, puede determinarse una duración máxima para la ocupación del canal. El piloto guiado 3430, posterior a la retroalimentación 3425 de velocidad, y los datos 3435 se transmiten desde la STA inicial 106A a la STA 106B que responde, según esa retroalimentación de velocidad. A continuación de los datos 3435, la STA 106B que responde transmite el piloto guiado 3440 y el acuse de recibo y el control 3445 de velocidad. En respuesta, la estación inicial 106A transmite el piloto guiado 3450 seguido por los datos 3455.

El proceso puede continuar indefinidamente o hasta el máximo tiempo admitido para el acceso al canal, según el periodo de despliegue. Sin ser mostrada en la FIG. 34, la STA correspondiente también puede transmitir datos y la estación inicial también puede transmitir el control de velocidad. Estos segmentos de datos pueden combinarse con los mostrados en la FIG. 34 para maximizar la eficiencia (es decir, los SIFS no deben necesariamente intercalarse entre estas transmisiones).

Cuando dos o más BSS se solapan, puede ser deseable desplegar mecanismos que permitan que el canal se comparta de manera coordinada. Se esbozan más adelante varios mecanismos ejemplares, junto con procedimientos operativos ejemplares asociados con cada uno de ellos. Estos mecanismos pueden desplegarse en combinación.

Un primer mecanismo ejemplar es la Selección Dinámica de Frecuencia (DFS). Antes de establecer un BSS, puede requerirse a las WLAN que rastreen el medio inalámbrico a fin de determinar la mejor Adjudicación 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 la redirección y el traspaso entre los AP. Además, la WLAN puede sincronizar la temporización de tramas de MAC con los BSS vecinos (descrita adicionalmente más adelante). La DFS puede usarse para distribuir los BSS a fin de minimizar la necesidad de sincronización entre los BSS.

Un segundo mecanismo ejemplar es la Sincronización entre BSS. Durante un procedimiento de DFS, un AP puede adquirir la temporización de los BSS vecinos. En general, puede ser deseable sincronizar todos los BSS (en una única FE en una realización, o entre múltiples FA en una realización alternativa) para facilitar el traspaso entre los BSS. Sin embargo, con este mecanismo, al menos aquellos BSS que funcionen en la misma FA en estrecha proximidad entre sí sincronizan sus tramas de MAC. Además, si los BSS de canal compartido se solapan (es decir, los AP pueden oírse entre sí), el AP recién llegado puede alertar al AP establecido de su presencia e instituir un protocolo de compartición de recursos, según lo siguiente.

Un tercer mecanismo ejemplar es un protocolo de compartición de recursos. Los BSS solapados en la misma FA puede compartir el canal equitativamente. Esto puede hacerse alternando tramas de MAC entre los BSS de alguna manera definida. Esto permite que el tráfico en cada BSS use el canal sin riesgo de interferencia de los BSS vecinos. La compartición puede hacerse entre todos los BSS solapados. Por ejemplo, con 2 BSS solapados, un AP usa tramas de MAC de número par y el otro AP usa tramas de MAC de número impar. Con 3 BSS solapados, la compartición puede realizarse en modulo 3, etc. Realizaciones alternativas pueden desplegar cualquier tipo de esquema de compartición. Los campos de control en el mensaje de sobrecarga del BCH pueden indicar si está habilitada la compartición de recursos y el tipo de ciclos de compartición. En este ejemplo, la temporización para todas las STA en el BSS se ajusta al ciclo de compartición adecuado. En este ejemplo, la latencia aumentará con los BSS solapados.

- 5
- 10 Un cuarto mecanismo ejemplar es la resincronización asistida de STA. Es posible que dos BSS no se oigan entre sí, pero una nueva STA en el área solapada puede oír a ambos. La STA puede determinar la temporización de ambos BSS e informar sobre esto a ambos. Además, la STA puede determinar el desplazamiento temporal e indicar cuál AP debería deslizar su temporización de tramas y en qué medida. Esta información ha de propagarse a todos los BSS conectados con el AP y todos ellos tienen que restablecer la temporización de tramas para lograr la sincronización. La resincronización de tramas puede anunciarse en el BCH. El algoritmo puede generalizarse para abordar más BSS solapados no alertados sobre ello.
- 15

Se detallan más adelante procedimientos ejemplares que pueden desplegarse en uno o más de los mecanismos recién descritos.

La sincronización puede ser realizada por los AP al arrancar, o en otros momentos indicados. La temporización del sistema puede determinarse rastreando todas las FA para los sistemas cercanos. Para facilitar la sincronización, puede usarse un conjunto de códigos ortogonales para asistir en la discriminación de los distintos AP. Por ejemplo, los AP tienen balizas conocidas repetidas en cada trama de MAC. Estas balizas pueden ser cubiertas con secuencias de Walsh (p. ej., de longitud 16). De esta manera un dispositivo, tal como un AP o STA, puede realizar Mediciones de Potencia de Piloto (PSM) de los AP locales para determinar los BSS solapados. Las STA activas, detalladas adicionalmente más adelante, asociadas a un AP, pueden transmitir ecos para asistir en la sincronización. Los ecos pueden usar la temporización y cobertura correspondiente a la cobertura del AP. Así, cuando los BSS se solapan, pero los respectivos AP para esos BSS puedan ser incapaces de detectar señales entre sí, un eco de STA puede ser recibido por un AP vecino, proporcionando así información acerca de su AP, y una señal con la cual el AP vecino pueda sincronizarse. Obsérvese que los códigos de cobertura ortogonal pueden reusarse en las distintas FA.

- 20
- 25
- 30 La selección de una cobertura de Walsh puede hacerse determinísticamente, en base al conjunto de coberturas de Walsh no detectadas (es decir, seleccionar una cobertura de Walsh que no esté detectada en un AP vecino). Si están presentes todas las coberturas, el código correspondiente al Nivel de Señal Recibida (RSL) más débil puede ser reusado por el nuevo AP. En caso contrario, en una realización, puede seleccionarse el código que maximice el punto operativo para el AP (véase el retroceso estructurado de energía para reutilización adaptable, detallado más adelante).
- 35 En este ejemplo, los contadores de tramas transmitidos por cada AP están relativamente escalonados entre sí. El escalonamiento empleado corresponde al índice de cobertura de Walsh. Así, AP₀ usa el código 0 de Walsh, AP_j usa la cobertura j de Walsh y tiene su contador de tramas igualado a 0 toda vez que el contador de tramas de AP₀ = j.

Al arrancar, o en cualquier momento en que ha de realizarse la sincronización, un AP se pone a la escucha de balizas de AP vecinos y / o ecos de STA. Al no detectar sistemas vecinos, el AP establece su propia referencia temporal. Esta puede ser arbitraria, o relacionada con el GPS, o cualquier otra referencia temporal local. Al detectar un único sistema, se establece en consecuencia la temporización local. Si el AP detecta dos o más sistemas funcionando con distintas líneas temporales, el AP puede sincronizarse con el sistema que tenga la señal más fuerte. Si los sistemas están funcionando en la misma asignación de frecuencia (FA), el AP puede intentar asociarse con el AP más débil para informarle del otro AP cercano que funciona con un reloj independiente. El nuevo AP intenta informar al AP más débil del sesgo de temporización requerido para sincronizar ambas zonas de AP. El AP de la zona más débil puede entonces sesgar su temporización. Esto puede repetirse para múltiples AP vecinos. El nuevo AP puede establecer su temporización con la temporización sincronizada de los dos o más sistemas. En una situación donde todos los AP vecinos sin incapaces, por la razón que sea, de sincronizarse con una única temporización, el nuevo AP puede sincronizarse con cualquiera de los AP vecinos.

- 40
- 45
- 50 La selección dinámica de frecuencia puede ser realizada por los AP al arrancar. Como se ha afirmado anteriormente, es habitualmente deseable minimizar el solapamiento de los BSS con la selección de la DFS, para minimizar el número de los BSS que requieren sincronización, y cualquier retardo o reducción de caudal que pueda asociarse a la sincronización (es decir, un BSS con acceso a todo el medio en una FA puede ser más eficiente 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 asociado el RSL mínimo a la misma (es decir, al medir los AP vecinos, o durante el periodo de eco). Periódicamente, el AP puede consultar las STA en busca de mediciones de piloto de AP. De manera similar, el AP puede planificar periodos de silencio para habilitar la evaluación de los niveles de interferencia del AP causados por las
- 55

STA de otras zonas (es decir, los BSS vecinos). Si los niveles de RSL son excesivos, el AP puede intentar hallar otra FA durante periodos no planificados e / o instituir una política de retroceso de energía, según se describe más adelante.

5 Como se ha descrito anteriormente, los AP pueden organizarse según un código de cobertura de piloto. Cada AP puede usar una cobertura de secuencia de Walsh de longitud 16, en este ejemplo. Puede desplegarse cualquier número de códigos de diversas longitudes. La cobertura de piloto se usa para modular el signo de la baliza durante un periodo de super-trama. En este ejemplo, el periodo de super-trama es equivalente a 32 ms (es decir, 16 balizas consecutivas de trama de MAC). Las STA pueden luego integrarse coherentemente sobre el intervalo de super-trama para determinar la potencia de piloto asociada a un AP dado. Como antes, un AP puede seleccionar su código de Walsh entre el fondo común de códigos de Walsh no detectados disponibles. Si todos los códigos están detectados (en la misma FA), entonces el AP puede clasificarlos en orden, desde el más fuerte hasta el más débil. El AP puede reusar el código de Walsh que corresponde al código de Walsh más débil detectado.

15 Para facilitar la identificación de los AP vecinos, las STA pueden usarse para transmitir un eco a fin de identificar sus respectivos AP. Así, como se ha descrito anteriormente, un AP que no detecta un AP vecino puede detectar un correspondiente eco de STA, identificando así al 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 la temporización, a cualquier AP vecino receptor.

20 Puede requerirse a las STA activas transmitir, por comando desde el AP, un patrón predefinido que permita a los AP cercanos funcionar en la misma FA para detectar la presencia del sistema vecino. Una manera sencilla de facilitar esto es definir un intervalo de observación en la trama de MAC (p. ej., entre los segmentos de FCH y de RCH) que no esté usado por el AP para tráfico alguno. La duración del intervalo de observación puede definirse para que sea lo suficientemente largo como para abordar el máximo retardo de propagación diferencial entre las STA asociadas al AP y las STA asociadas a un AP vecino (p. ej., 160 segmentos o 2 símbolos de OFDM). Por ejemplo, las STA asociadas al AP que usan el código j de cobertura de Walsh pueden transmitir el eco toda vez que su contador de tramas de MAC sea igual a 0. El eco se codifica con información necesaria para permitir a los AP vecinos detectar la presencia y coexistir eficazmente con las STA en la zona del AP adyacente.

30 Puede desplegarse el retroceso estructurado de energía para su reutilización adaptable. Cuando un sistema se congestiona hasta el punto de que cada FA debe reutilizarse en la vecindad de otro AP, puede ser deseable imponer un esquema de retroceso estructurado de energía para permitir a los terminales en ambas zonas funcionar con la máxima eficacia. Cuando se detecta la congestión, el control de energía puede usarse para mejorar la eficacia del sistema. Es decir, en lugar de transmitir a potencia máxima todo el tiempo, los AP pueden usar un esquema de retroceso estructurado de energía que esté sincronizado con su contador de tramas de MAC.

35 Como ejemplo, supongamos que dos AP están funcionando en la misma FA. Una vez que los AP detectan esta condición, pueden instituir una política conocida de retroceso de energía. Por ejemplo, ambos AP usan un esquema de retroceso que permite la potencia máxima, P_{tot} , en la trama 0 de MAC, $P_{tot}(15/16)$ en la trama 1 de MAC, ..., $P_{tot}/16$ en la trama 15 de MAC. Dado que los AP están sincronizados, y sus contadores de tramas escalonados, ninguna zona de AP está usando la potencia máxima simultáneamente. El objetivo es seleccionar el patrón de retroceso que permita a las STA en cada zona de AP funcionar con el máximo caudal posible.

40 El patrón de retroceso usado por un AP dado puede ser una función del grado de interferencia detectado. En este ejemplo, hasta 16 patrones de retroceso conocidos pueden ser usados por un AP dado. El patrón de retroceso usado puede ser transportado por los AP en el BCH y en los ecos transmitidos por las STA asociadas al AP.

Un esquema ejemplar de retroceso se detalla en la Patente Estadounidense N° 6.493.331, titulada "Method and apparatus for controlling transmissions of a communications system" ["Procedimiento y aparato para controlar las transmisiones de un sistema de comunicaciones"], de Walton et al, cedido al cesionario de la presente invención.

45 Otra realización ejemplar de una técnica para la interoperabilidad con sistemas heredados se ilustra en la FIG. 53. Se muestra una trama ejemplar 1500 de MAC, según lo detallado anteriormente con respecto a la FIG. 15. Se introduce una modalidad ranurada en la cual se definen los intervalos 5310 de ranura. Un intervalo 5310 de ranura comprende un intervalo 5315 de piloto de MIMO y una brecha 5320 de ranura. Los pilotos 5315 se insertan, según se muestra, para preservar el canal de la interferencia por parte de otras estaciones (incluso los AP) que funcionan según reglas tales como el EDCA. La trama 5330 de MAC modificada comprende esencialmente la trama 1500 de MAC con pilotos 5315 insertados para retener el control del medio. La FIG. 53 es solamente ilustrativa, como será evidente a un experto en la técnica. Puede incorporarse una modalidad ranurada con cualquier tipo de trama de MAC, varios ejemplos de lo cual se detallan en el presente documento.

55 En este ejemplo, con fines de ilustración, supongamos un sistema heredado del estándar 802.11 que usa tramas de MAC que son múltiplos de 1,204 ms. La trama de MAC puede fijarse en 2,048 ms para ser síncrona. En el Tiempo de

Transmisión de Baliza de Destino (TBTT), una duración anunciada de CFP para hacer que las STA fijen sus NAV. Durante el CFP, las STA en el BSS no deberían transmitir, a menos que sean sondeadas. Opcionalmente, como se ha descrito anteriormente, un AP puede enviar un RTS y hacer que las STA reflejen un CTS idéntico para despejar adicionalmente el BSS. Este CTS puede ser una transmisión sincronizada desde todas las STA. En este ejemplo, la

5 arritmia puede eliminarse asegurándose de que las tramas de MAC comiencen siempre en límites de 2,048 ms. Esto mantiene la sincronización temporal entre los BSS adyacentes / solapados, incluso con TBTT acortados. Pueden combinarse otras diversas técnicas, tales como las descritas anteriormente, con la técnica descrita más adelante. Una vez que el medio está reservado para la trama 5330 de MAC modificada, usando cualquier técnica disponible, puede desplegarse la modalidad ranurada para mantener la posesión del medio, a fin de impedir que una STA heredada

10 interfiera con las transmisiones planificadas, reduciendo potencialmente de esa manera las ganancias de caudal de un sistema de nueva clase (es decir, uno que usa un esquema tal como el mostrado en la FIG. 15 o la FIG. 53, o otros varios detallados en el presente documento).

En este ejemplo, el AP de nueva clase está sujeto a reglas de CSMA para capturar el canal. Antes de esto, sin embargo, debería intentar determinar la presencia de otro BSS, bien poniéndose a la escucha de la baliza, o bien de

15 otras STA. La sincronización no se requiere, sin embargo, para permitir la compartición equitativa de recursos.

Una vez que el BSS, o los BSS, vecino(s) ha(n) sido detectado(s), el AP de nueva clase puede capturar el canal transmitiendo su baliza. Para bloquear a otros usuarios, el AP de nueva clase transmite el piloto con una frecuencia que impide a las otras STA usar el canal (es decir, ningún periodo ocioso más largo que el PIFS = 25 μ seg).

El AP de nueva clase puede fijar un temporizador que le permita ocupar el canal por un lapso fijo, determinado para que sea equitativo. Este puede estar aproximadamente sincronizado con el periodo de baliza del AP heredado, o ser

20 asíncrono (es decir, 100 mseg cada 200 mseg).

El AP de nueva clase puede capturar el canal en cualquier instante durante este intervalo permitido, que puede ser retardado por usuarios de BSS heredados. El AP de nueva clase puede liberar el canal antes de que su tiempo haya expirado, si no hay ningún tráfico que servir. Cuando el AP de nueva clase captura el canal, tiene limitado su uso

25 durante un periodo de tiempo equitativo. Además, la temporización establecida por el AP de nueva clase puede ser coherente con la temporización de tramas de MAC establecida. Es decir, las balizas de nueva clase tienen lugar en límites de 2,048 mseg del reloj del AP de nueva clase. De esta manera, las STA de nueva clase mantienen la sincronización mirando a estos intervalos específicos para determinar si el AP de HT ha capturado el canal.

El AP de nueva clase puede anunciar sus parámetros de trama en una baliza. Parte de los parámetros de trama puede incluir el espacio entre intervalos de piloto que indica la frecuencia de la transmisión de pilotos en toda la extensión de la trama de MAC. Obsérvese que el AP de nueva clase puede planificar las STA de modo tal que su transmisión se

30 solape con el piloto de ráfaga periódica. En este caso, la STA cuya asignación se solapa sabe esto e ignora el piloto durante ese periodo. Otras STA no saben esto y, por lo tanto, usan un detector de umbral para validar si el piloto fue transmitido durante el intervalo prescrito.

Es posible que una STA pueda transmitir un piloto en el instante en que se supone que el AP transmite, o que el AP esté transmitiendo piloto guiado a una STA durante este intervalo. Para impedir que otras STA usen este piloto, corrompiendo así sus estimaciones de canal, el piloto de AP puede usar coberturas de Walsh que sean ortogonales a las coberturas de Walsh del piloto común. Puede desplegarse una estructura para asignar coberturas de Walsh. Por

35 ejemplo, cuando las STA y los AP usan distintas coberturas de Walsh, el espacio de Walsh puede incluir 2N coberturas, con N coberturas reservadas para los AP, y el resto para las STA asociadas a un AP dado que usan una cobertura que está acoplada de manera conocida con la respectiva cobertura de Walsh del AP.

40

Cuando el AP de nueva clase transmite una asignación a una STA, está esperando que la STA transmita al mismo durante el intervalo. Es posible que la STA no logre recibir la asignación, en cuyo caso el canal podría quedar sin uso durante un intervalo más largo que el PIFS. Para impedir que ocurra esto, el AP puede sondear el canal por un tiempo $t < SIFS$ y determinar si está ocupado. Si no lo está, el AP puede capturar inmediatamente el canal transmitiendo el

45 piloto, en la fase correspondiente.

Las asignaciones de canal de nueva clase pueden ranurarse en intervalos de SIFS (16 μ seg). De esta manera, puede garantizarse que la ocupación del canal mantenga alejados a los usuarios heredados durante el periodo de uso

50 exclusivo de nueva clase.

El RCH debe diseñarse para asimilar la interoperabilidad, dado que la duración del RCH podría superar 16 μ seg. Si el RCH no puede asimilarse fácilmente en una realización dada, el RCH puede adjudicarse para trabajar en las modalidades heredadas cuando el MAC de nueva clase no tiene control del canal (es decir, coexistir en la modalidad heredada). El F-RCH puede asimilarse permitiendo a las STA que transmitan solicitudes de acceso en cualquier momento después de una transmisión de piloto (es decir, esperar 4 μ seg y transmitir durante 8 μ seg), según se ilustra

55 en la FIG. 53.

Realización ejemplar: WLAN de MIMO de 802.11 mejorado

Se detalla a continuación una realización ejemplar que ilustra diversos aspectos introducidos anteriormente, así como aspectos adicionales. En este ejemplo, se ilustra una WLAN Inalámbrica mejorada del estándar 802.11, que usa MIMO. Se detallan diversas mejoras del MAC, así como las correspondientes estructuras de datos y de mensajes para su uso en la capa de MAC y en la capa física. Los expertos en la técnica reconocerán que solamente se revela un subconjunto ilustrativo de características de una WLAN, y adaptarán inmediatamente la revelación en el presente documento a la interoperabilidad de sistemas heredados del estándar 802.11, así como la interoperabilidad con otros diversos sistemas.

La realización ejemplar, detallada más adelante, incluye interoperabilidad con las STA heredadas de los estándares 802.11 a y 802.11g, así como el borrador del estándar 802.11e y el estándar final anticipado. La realización ejemplar comprende un AP de OFDM de MIMO, así llamado para distinguirlo de los AP heredados. Debido a la retro-compatibilidad, según se detalla más adelante, las STA heredadas son capaces de asociarse con un AP de OFDM de MIMO. Sin embargo, el AP de OFDM de MIMO puede rechazar explícitamente una solicitud de asociación de una STA heredada, si se desea. Los procedimientos de DFS pueden dirigir la STA rechazada a otro AP que dé soporte al funcionamiento con sistemas heredados (que puede ser un AP heredado u otro AP de OFDM de MIMO).

Las STA de OFDM de MIMO son capaces de asociarse a un BSS de los estándares 802.11a o 802.11g, o a BSS independientes (IBSS), donde no está presente ningún AP. Así, para tal operación, una tal STA implementará todas las características obligatorias de los estándares 802.11 a y 802.11 g, así como el borrador final anticipado del estándar 802.11e.

Cuando las STA heredadas y las de OFDM de MIMO comparten el mismo canal de frecuencia de radio (RF), bien en un BSS o bien en un IBSS, se da soporte a diversas características: la máscara espectral propuesta de la capa PHY de OFDM y MIMO es compatible con la máscara espectral existente de los estándares 802.11a y 802.11g, de modo tal que ninguna interferencia adicional de canal adyacente sea introducida para las STA heredadas. El campo de SEÑAL extendida en la Cabecera de PLCP (detallada más adelante) es retro-compatible con el campo SEÑAL del estándar heredado 802.11. Los valores de VELOCIDAD no usados en el campo SEÑAL heredado se fijan para definir nuevos tipos de PPDU (detallados más adelante. La Función de Coordinación Adaptable (ACF) (detallada más adelante) permite la compartición arbitraria del medio entre las STA heredadas y las de OFDM y MIMO. Los periodos de EDCA del estándar 802.11e, CAP del estándar 802.11e y el SCAP (presentado más adelante) pueden intercalarse arbitrariamente en cualquier intervalo de Baliza, según lo determinado por el planificador del AP.

Como se ha descrito anteriormente, se requiere de un MAC de altas prestaciones que apalanque efectivamente las altas velocidades de datos habilitadas por la capa física de la WLAN de MIMO. Se detallan más adelante diversos atributos de esta realización ejemplar del MAC. A continuación hay varios atributos ejemplares:

La adaptación de las velocidades de la capa PHY y de las modalidades de transmisión explotan efectivamente la capacidad del canal de MIMO.

El servicio de baja latencia de la capa PHY proporciona bajos retardos de extremo a extremo para abordar los requisitos de las aplicaciones de alto caudal (p. ej., de multimedia). El funcionamiento de baja latencia puede lograrse con técnicas de MAC basadas en la competición con bajas cargas, o bien usando planificación centralizada o distribuida en sistemas sumamente cargados. La baja latencia brinda muchas ventajas. Por ejemplo, la baja latencia permite la rápida adaptación de velocidad para maximizar la velocidad de datos de la capa física. La baja latencia permite la implementación barata del MAC con almacenes temporales pequeños, sin atascar la ARQ. La baja latencia también minimiza el retardo de extremo a extremo para aplicaciones de multimedia y de alto caudal.

Otro atributo es la alta eficacia del MAC y el bajo sobregasto de competición. En los MAC basados en competición, a altas velocidades de datos, el tiempo ocupado por las transmisiones útiles se encoge, mientras que se desperdicia una fracción creciente del tiempo en sobregasto, colisiones y periodos ociosos. El tiempo desperdiciado en el medio puede reducirse mediante la planificación, así como mediante la composición de múltiples paquetes de capas superiores (p. ej., datagramas de IP) en una única trama de MAC. Las tramas compuestas también pueden formarse para minimizar el sobregasto en preámbulos y entrenamiento.

Las altas tasas de datos habilitadas por la capa PHY permiten la manipulación simplificada de la QoS.

Las realizaciones ejemplares del MAC, detalladas más adelante, están diseñadas para abordar los anteriores criterios de rendimiento de manera tal que sea retro-compatible con los estándares 802.11g y 802.11 a. Además, el soporte y las mejoras para características que están incluidas en el borrador del estándar 802.11e, descrito anteriormente, incluso características tales como la TXOP y el Protocolo de Enlace Directo (DLP), así como el mecanismo optativo de Ack en Bloque.

Al describir las realizaciones ejemplares más adelante, se usa nueva terminología para algunos conceptos introducidos

anteriormente. Una correspondencia para la nueva terminología se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Correspondencia de terminología

Terminología anterior Términos usados en los párrafos anteriores	Correspondencia con la nueva terminología Términos usados en los párrafos siguientes
PDU de MUX o MPDU	Trama de MAC
MPDU parcial	Fragmento de trama de MAC
MACPDU	PPDU
Mensaje de canal de difusión (BCH) y mensaje de canal de control (CCH)	Mensaje SCHED
Subcanales de mensajes del canal de control	Segmentos CTRLJ del mensaje SCHED
Intervalo de trama de MAC del TDD	Periodo de Acceso Planificado (SCAP)
F-TCH (Canal de Tráfico Directo)	Transmisiones planificadas entre AP y STA
R-TCH (Canal de Tráfico Inverso)	Transmisiones planificadas entre STA y AP o entre STA y STA
A-TCH (Canal de Tráfico ad-hoc de par a par)	EDCA protegido o EDCA de OFDM y MIMO
PCCH (Canal de Control de Par a Par)	Campo SEÑAL de Cabecera de PLCP
RCH	FRACH

Composición flexible de tramas

5 En esta realización ejemplar se facilita la composición flexible de tramas. La FIG. 35 ilustra la encapsulación de una o más tramas (o fragmentos) del MAC dentro de una trama compuesta. La composición de tramas permite la encapsulación de una o más tramas (o fragmentos) 3510 del MAC dentro de una trama compuesta 3520, que puede incorporar la compresión de cabeceras, detallada más adelante. La trama compuesta 3520 del MAC forma la Unidad de Datos de Servicio del Protocolo (PSDU) 3530 de Convergencia de la Capa Física, que puede transmitirse como una única PPDU. La trama compuesta 3520 puede contener tramas (o fragmentos) encapsulados 3510 de tipos de datos, gestión o control. Cuando se habilita la privacidad, puede cifrarse la carga útil de la trama. La cabecera de trama del MAC de una trama cifrada se transmite "en libre".

15 Esta composición de tramas al nivel del MAC, como se acaba de describir, permite la transmisión de tramas con IFS o BIFS (Espacio entre Tramas de Ráfaga, detallado adicionalmente más adelante) nulos a la misma STA receptora. En ciertas aplicaciones, es deseable permitir que el AP transmita tramas con IFS nulos, o tramas compuestas, a múltiples STA receptoras. Esto se permite mediante el uso de la trama SCHED, expuesta más adelante. La trama SCHED define el tiempo de inicio de múltiples TXOP. Los preámbulos y los IFS pueden eliminarse cuando el AP hace transmisiones consecutivas a múltiples STA receptoras. Esto se denomina composición de PPDU, para distinguir la composición de tramas al nivel del MAC.

20 Una transmisión ejemplar de tramas compuestas del MAC (es decir, una PPDU) comienza con un preámbulo seguido por la CABECERA del PLCP de OFDM y MIMO (que incluye un campo SEÑAL, que puede comprender dos campos, SEÑAL1 y SEÑAL2), seguidos por símbolos de entrenamiento de OFDM y MIMO (si los hubiera). Los formatos ejemplares de PPDU se detallan adicionalmente más adelante con respecto a las FIGS. 49 a 52. La trama compuesta del MAC compone flexiblemente una o más tramas o fragmentos encapsulados que han de transmitirse a la misma STA receptora. (El mensaje SCHED, detallado más adelante, permite la composición de las TXOP desde el AP a múltiples STA receptoras). No hay ninguna restricción para el número de tramas y segmentos que pueden componerse. Puede haber un límite para el tamaño máximo de una trama compuesta, que se establece mediante negociación. Habitualmente, las tramas primera y última en la trama compuesta pueden ser fragmentos que se crean para un empaquetamiento eficiente. Cuando se incluyen varias tramas de datos encapsulados dentro de una trama compuesta, las cabeceras de MAC de los datos y las tramas de datos de QoS pueden comprimirse, según se detalla más adelante.

30 El MAC transmisor puede intentar minimizar los sobregastos de la capa PHY y del PLCP, y los periodos ociosos, mediante el uso de la composición flexible de tramas. Esto puede lograrse componiendo tramas para eliminar el

espacio entre tramas y las cabeceras del PLCP, así como la fragmentación flexible de tramas, para ocupar totalmente el espacio disponible en una TXOP. En una técnica ejemplar, el MAC calcula primero el número de octetos a proporcionar a la capa PHY, en base a la velocidad actual de datos y a la duración de la TXOP asignada, o basada en la competición. Las tramas del MAC, completas y fragmentadas, pueden empaquetarse luego para ocupar la TXOP entera.

Si una trama completa no puede meterse en el espacio restante en una TXOP, el MAC puede fragmentar la próxima trama para ocupar el máximo posible de los octetos restantes en la TXOP. Las tramas pueden fragmentarse arbitrariamente para un empaquetamiento eficiente. En una realización ejemplar, esta fragmentación arbitraria está sujeta a la restricción de un máximo de 16 fragmentos por trama. En realizaciones alternativas, esta limitación puede no requerirse. El fragmento, o los fragmentos, restante(s) de la trama de MAC puede(n) transmitirse en una TXOP subsiguiente. En la TXOP subsiguiente, el MAC puede dar mayor prioridad a fragmentos de una trama incompletamente transmitida, si se desea.

Una Cabecera de Composición (2 octetos, en este ejemplo), descrita adicionalmente más adelante, se inserta en la Cabecera de MAC de cada trama (o fragmento) encapsulada que se inserta en la trama compuesta. Un campo de Longitud en la Cabecera de Composición indica la longitud (en octetos) de la trama de MAC encapsulada, y es usado por el receptor para extraer tramas (y fragmentos) de la trama compuesta. El campo de Tamaño de PDU en el propuesto campo SEÑAL proporciona el tamaño de la transmisión de la PDU de OFDM y MIMO (el número de símbolos de OFDM), mientras que la longitud de cada trama de MAC encapsulada (en octetos) está indicada por la Cabecera de Composición.

Compresión de cabecera de tramas encapsuladas

La FIG. 36 ilustra una trama heredada 3600 del MAC, que comprende la Cabecera 3660 de MAC, seguida por un cuerpo 3650 de trama (que puede incluir un número variable de octetos, N) y un Símbolo de Control de Trama (FCS) 3655 (4 octetos, en este ejemplo). Este formato de trama de MAC de la técnica anterior se detalla en el estándar 802.11e. La Cabecera 3660 de MAC comprende un campo 3610 de control de trama (2 octetos), un campo 3615 de duración / Identificador (2 octetos), un campo 3635 de control de secuencia (2 octetos) y un campo 3645 de control de QoS (2 octetos). Además, se incluyen cuatro campos de dirección, Dirección 1 3620, Dirección 2 3625, Dirección 3 3630 y Dirección 4 3640 (6 octetos cada uno). 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 de origen. La DA es la dirección de la estación de destino.

Cuando se incluyen varias tramas de datos encapsulados dentro de una trama compuesta, las cabeceras de MAC de los datos y las tramas de datos de QoS pueden comprimirse. Se muestran cabeceras comprimidas ejemplares de MAC para tramas de datos de QoS en las FIGS. 37 a 39. Obsérvese que el FCS se calcula para la cabecera de MAC comprimida y la carga (cifrada o descifrada).

Como se muestra en las FIGS. 37 a 39, cuando las tramas se transmiten usando una PDU de Datos de MIMO (Tipo 0000), se introduce un campo de cabecera de composición en la Cabecera 3660 de MAC de la trama 3600 de MAC, para crear una trama de MAC encapsulada, es decir, 3705, 3805 o 3905, respectivamente. La Cabecera de MAC, que incluye el campo de Cabecera de Composición, se llama la Cabecera de MAC Extendida (es decir, 3700, 3800 o 3900). Pueden componerse una o más tramas encapsuladas de gestión, control y / o datos (incluso datos de QoS) en una trama de MAC compuesta. Cuando se usa la privacidad de datos, la carga útil de los datos o las tramas de datos de QoS pueden cifrarse.

La Cabecera 3710 de Composición se inserta para cada trama (o fragmento) insertado en la trama compuesta (3705, 3805 o 3905, respectivamente). La compresión de cabecera está indicada por el campo de tipo Cabecera de Composición, detallado más adelante. Las cabeceras de trama de las tramas de datos y de datos de QoS pueden comprimirse para eliminar campos redundantes. La trama compuesta 3705, ilustrada en la FIG. 37, ilustra una trama no comprimida, que incluye las cuatro direcciones y el campo Duración / Identificador.

Después de que se transmite una trama compuesta no comprimida, las tramas compuestas adicionales no necesitan identificar las direcciones de estaciones transmisoras y receptoras, ya que son idénticas. Así, la Dirección 1 3620 y la Dirección 2 3625 pueden omitirse. El campo 3615 de Duración / Identificador no necesita ser incluido para las tramas subsiguientes en la trama compuesta. La duración puede usarse para fijar el NAV. El campo de Duración / Identificador está sobrecargado, en base al contexto. En mensajes de Sondeo, contiene el Identificador de Acceso (AID). En otros mensajes, el mismo campo especifica la duración para fijar el NAV. La correspondiente trama 3805 se ilustra en la FIG. 38.

Se dispone de compresión adicional cuando la dirección de origen y las direcciones de estaciones de 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 FIG. 39.

5 Cuando se eliminan campos, para descomprimir, el receptor puede insertar el correspondiente campo de la cabecera anterior (después de la descompresión) en la trama compuesta. En este ejemplo, la primera trama en una trama compuesta siempre usa la cabecera no comprimida. El descifrado de la carga útil puede requerir algunos campos de la Cabecera de MAC que pueden haber sido eliminados para la compresión de la cabecera. Después de la descompresión de la cabecera de la trama, estos campos pueden ponerse a disposición del motor de descifrado. El campo de 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).

10 Después de la extracción, se elimina el campo de cabecera de Composición. La trama descomprimida se pasa luego al motor de descifrado. Los campos en las cabeceras de MAC (descomprimidas) pueden ser requeridos para la verificación de la integridad del mensaje durante el descifrado.

15 La FIG. 40 ilustra una Cabecera 3710 de Composición ejemplar. El campo Cabecera de Composición se añade a cada cabecera de trama (o de fragmento) para una o más tramas (cifradas o descifradas) que se transmitan en una PDU de Datos de MIMO. La Cabecera de Composición comprende un campo 4010 de Tipo de Cabecera de Composición de 2 bits (para indicar si se emplea o no la compresión de cabecera, y de qué tipo) y un campo 4030 de Longitud de 12 bits. Las tramas de tipo 00 no emplean compresión de cabecera. Las tramas de tipo 01 tienen eliminados los campos de Duración / ID, Dirección 1 y Dirección 2. Las tramas de tipo 10 tienen los mismos campos eliminados que las tramas de tipo 01, con los campos Dirección 3 y Dirección 4 también eliminados. El campo 4030 de Longitud en la Cabecera de Composición indica la longitud de la trama en octetos con la cabecera comprimida. Se reservan 2 bits 4020. Los tipos de Cabecera de Composición se resumen en la Tabla 2.

20 Tabla 2. Tipo de Cabecera de Composición

Bit 0	Bit 1	Significado
0	0	No comprimido
0	1	Los campos Duración / Identificador, Dirección 1 y Dirección 2 están eliminados
1	0	Los campos Duración / Identificador, Dirección 1, Dirección 2, Dirección 3 y Dirección 4 están eliminados
1	1	Reservado

25 En esta realización ejemplar, todas las tramas de gestión y control que están encapsuladas en una trama compuesta usan la cabecera de trama no comprimida con tipo 00 de Cabecera de Composición. Las siguientes tramas de gestión pueden encapsularse junto con las tramas de datos en una trama compuesta: solicitud de asociación, respuesta de asociación, solicitud de reasociación, respuesta de reasociación, solicitud de sondeo, respuesta de sondeo, desasociación, autenticación y desautenticación. Las siguientes tramas de control pueden encapsularse junto con las tramas de datos en una trama compuesta: AckBloque y SolicitudAckBloque. En realizaciones alternativas, puede encapsularse cualquier tipo de trama.

Función de Coordinación Adaptativa

30 La Función de Coordinación Adaptativa (ACF) es una extensión del HCCA y del EDCA que permite un funcionamiento planificado flexible, sumamente eficiente y de baja latencia, apto para el funcionamiento con las altas velocidades de datos habilitadas por la capa PHY de MIMO. La FIG. 41 ilustra una realización ejemplar de una Trama del 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 entre AP y STA, entre STA y AP o entre STA y STA para el periodo conocido como el Periodo de Acceso Planificado 4130. Estas transmisiones planificadas se identifican como transmisiones planificadas 4140. El mensaje SCHED 4120 es una alternativa al Sondeo de HCCA heredado, detallado anteriormente. En la realización ejemplar, el máximo valor permitido del SCAP es de 4 ms.

35 Las transmisiones planificadas ejemplares 4140 se muestran en la FIG. 41 para ilustrar, incluyendo las transmisiones 4142 de AP a STA, las transmisiones 4141 de STA a AP y las transmisiones 4146 de STA a STA. En este ejemplo, el AP transmite a la STA B 4142A, luego a la STA D 4142B y luego a la STA G 4142C. Obsérvese que no es necesario introducir brechas entre estas TXOP, ya que el origen (el AP) es el mismo para cada transmisión. Las brechas se muestran entre las TXOP cuando el origen cambia (los espacios de brechas ejemplares se detallan adicionalmente más adelante). En esta ilustración, después de las transmisiones 4142 de AP a STA, la STA C transmite al AP 4144A, luego, después de una brecha, la STA G transmite al AP 4144B y luego, después de una brecha, la STA E transmite al AP 4144C. Se planifica entonces una TXOP 4146 de par a par. En este caso, la STA E se mantiene como el origen (transmitiendo a la STA F), por lo que no se necesita introducir ninguna brecha si la potencia transmisora de la STA E no cambia; en caso contrario, puede usarse una brecha de un BIFS. Pueden planificarse transmisiones adicionales de STA a STA, 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 ejemplar. Si bien puede ser deseable planificar las TXOP para minimizar el número requerido de brechas, no es obligatorio.

El Periodo de Acceso Planificado 4130 también puede contener un Periodo FRACH 4150 dedicado a transmisiones del Canal de Acceso Aleatorio Rápido (FRACH) (en donde una STA puede efectuar una solicitud de una adjudicación) y / o un periodo de EDCA 4160 de OFDM y MIMO, donde las STA de MIMO pueden usar procedimientos de EDCA. Estos periodos de acceso basados en la competición están protegidos por el NAV fijado para el SCAP. Durante el periodo de EDCA 4160 de OFDM y MIMO, las STA de MIMO usan procedimientos de EDCA para acceder al medio, sin tener que competir con las STA heredadas. Las transmisiones durante cada periodo de competición protegido usan la cabecera del PLCP de MIMO (detallada adicionalmente más adelante). El AP no proporciona ninguna planificación de TXOP durante el periodo de competición protegido, en esta realización.

Cuando solamente están presentes las STA de MIMO, el NAV para el SCAP puede fijarse mediante un campo de Duración en la trama SCHED (la trama SCHED se detalla adicionalmente más adelante). Opcionalmente, si se desea protección contra las STA heredadas, el AP puede preceder la trama SCHED 4120 con un mensaje CTS-a-Sí-Mismo 4110 para establecer el NAV para el SCAP en todas las STA en el BSS.

En esta realización, las STA de MIMO se rigen por el límite del SCAP. La última STA en transmitir en un SCAP debe terminar su TXOP al menos un PIFS antes del final del SCAP. Las STA de MIMO también se rigen por los límites planificados de TXOP y completan su transmisión antes del final de la TXOP asignada. Esto permite que la STA planificada subsiguiente comience su TXOP sin comprobar que el canal esté ocioso.

El mensaje SCHED 4120 define la planificación. Las asignaciones de las TXOP (entre AP y STA, entre STA y AP y / o entre STA y STA) se incluyen en los elementos CTRLJ (4515 a 4530 en la FIG. 45, detallados más adelante) en la trama SCHED. El mensaje SCHED también puede definir la parte del SCAP 4100 dedicada al FRACH 4150, si la hubiera, y una parte protegida para el funcionamiento 4160 de EDCA, si la hubiera. Si no se incluye ninguna asignación de TXOP planificada en la trama SCHED, entonces el SCAP entero se deja de lado para las transmisiones de EDCA (incluyendo cualquier FRACH) protegidas contra las STA heredadas por el NAV fijado para el SCAP.

La longitud máxima de la TXOP, planificada o basada en la competición, permitida durante el SCAP puede indicarse en el elemento de capacidades de la ACF. En esta realización, la longitud del SCAP no cambia durante un intervalo de Baliza. La longitud puede indicarse en el elemento de capacidades de la ACF. Un elemento ejemplar de ACF comprende una Longitud de SCAP (10 bits), una Longitud Máxima de TXOP de SCAP (10 bits), una Duración de GIFS (4 bits) y una RESPUESTA FRACH (4 bits). La Longitud de SCAP indica la longitud del SCAP para el intervalo de Baliza actual. El campo se codifica en unidades de 4 μ s. La Longitud Máxima de TXOP de SCAP indica la máxima longitud admisible de TXOP durante un SCAP. El campo se codifica en unidades de 4 μ s. La Duración de GIFS es el intervalo de guardia entre las TXOP de STA planificadas consecutivas. El campo se codifica en unidades de 800 ns. La RESPUESTA FRACH se indica en unidades de SCAP. El AP debe responder a una solicitud recibida usando una PDU del FRACH, proporcionando a la STA una TXOP planificada dentro de los SCAP de la RESPUESTA FRACH.

La FIG. 42 muestra un ejemplo de cómo puede usarse el SCAP conjuntamente con HCCA y EDCA. En cualquier intervalo de Baliza (ilustrado con las balizas 4210A a C), el AP tiene completa flexibilidad para intercalar adaptablemente la duración del acceso EDCA basado en la competición con el CAP del estándar 802.11e y el SCAP de OFDM y MIMO.

Así, usando la ACF, el AP puede funcionar como en HCCA, pero con la capacidad adicional de adjudicar periodos para el SCAP. Por ejemplo, el AP puede usar el CFP y el CP como en la PCF, adjudicar un CAP para el funcionamiento sondeado como en HCCA, o bien puede adjudicar un SCAP para el funcionamiento planificado. Como se muestra en la FIG. 42, en un intervalo de Baliza, el AP puede usar cualquier combinación de periodos para el acceso basado en la competición (EDCA) 4220A a F, CAP 4230A a F y SCAP 4100A a I. (Para simplificar, el ejemplo en la FIG. 42 no muestra ningún CFP). El AP adapta la proporción del medio ocupado por distintos tipos de mecanismos de acceso, en base a sus algoritmos de planificación y sus observaciones de la ocupación del medio. Puede desplegarse cualquier técnica de planificación. El AP determina si los flujos de QoS admitidos están siendo satisfechos o no, y puede usar otras observaciones, incluso la ocupación medida del medio, para la adaptación.

El HCCA y los CAP asociados se han descrito anteriormente. Un CAP ejemplar ilustrativo 4230 se muestra en la FIG. 42. Una TXOP 4232 del AP es seguida por un Sondeo 4234A. La TXOP 4236A de HCCA sigue al Sondeo 4234A. Se transmite otro Sondeo 4234B, seguido por otra respectiva TXOP 4236B de HCCA.

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

Un SCAP 4100, según se muestra en la FIG. 42, puede tener el formato detallado en la FIG. 41, incluyendo un CTS a Sí Mismo 4110 optativo, un SCHED 4120 y un Periodo de Acceso Planificado 4130.

- El AP indica el funcionamiento planificado, usando el Mensaje de Indicación de Tráfico de Entrega (DTIM) del estándar 802.11, según lo siguiente. El DTIM contiene un mapa de bits de los Identificadores de Acceso (AID) para los cuales el AP, u otra STA en el BSS, tiene datos rezagados. Usando el DTIM, todas las STA aptas para MIMO, se señalizan para que se mantengan despiertas a continuación de la Baliza. En un BSS donde están presentes STA tanto heredadas como de MIMO, las STA heredadas se planifican primero, inmediatamente a continuación de la Baliza. Justo después de las transmisiones heredadas, se transmite el mensaje SCHED que indica la composición del Periodo de Acceso Planificado. Las STA aptas para MIMO, no planificadas en un Periodo de Acceso Planificado específico, pueden dormir durante el resto del SCAP y despertarse para ponerse a la escucha de subsiguientes mensajes SCHED.
- Están habilitadas otras diversas modalidades de funcionamiento con la ACF. La FIG. 43 muestra un funcionamiento ejemplar donde cada intervalo de Baliza comprende un cierto número de SCAP 4100 intercalados con los periodos 4220 de acceso basado en la competición. Esta modalidad permite una compartición "equitativa" del medio donde los flujos de QoS de MIMO se planifican durante el SCAP, mientras que los flujos no de QoS y de MIMO usan los periodos de competición junto con las STA heredadas. Los periodos intercalados permiten el servicio de baja latencia para las STA de MIMO y las heredadas.
- Como se ha descrito anteriormente, el mensaje SCHED en el SCAP puede estar precedido por un CTS-a-Sí-Mismo para la protección contra las STA heredadas. Sin no está presente ninguna STA heredada, no se requiere el CTS-a-Sí-Mismo (u otra señal de despeje heredada). La Baliza 4210 puede fijar un CFP largo para proteger todos los SCAP contra cualquier STA heredada llegada. Un CP al final del intervalo de Baliza permite que las STA heredadas recién llegadas accedan al medio.
- El funcionamiento optimizado de baja latencia con un gran número de STA de MIMO puede habilitarse usando el funcionamiento ejemplar mostrado en la FIG. 44. En este ejemplo, la hipótesis es que las STA heredadas, si están presentes, requieren solamente recursos limitados. El AP transmite una Baliza, estableciendo un CFP 4410 largo y un CP 4420 corto. Una Baliza 4210 es seguida por cualquier mensaje de difusión / multidifusión para las STA heredadas. Luego los SCAP 4100 se planifican consecutivamente. Esta modalidad de funcionamiento también proporciona una gestión de energía optimizada, ya que las STA necesitan despertarse periódicamente para ponerse a la escucha de mensajes SCHED y pueden dormir durante el intercalo SCAP sino están planificadas en el SCAP actual.
- El acceso protegido basado en la competición para las STA de MIMO se proporciona mediante los periodos de FRACH o de EDCA de MIMO incluidos en el Periodo de Acceso Planificado 4130 del SCAP 4100. Las STA heredadas pueden obtener acceso al medio basado en la competición durante el CP 4420.
- Las transmisiones planificadas consecutivas desde el AP pueden planificarse inmediatamente a continuación de la transmisión de la trama SCHED. La trama SCHED puede transmitirse con un preámbulo. Las subsiguientes transmisiones planificadas del AP pueden transmitirse sin un preámbulo (puede transmitirse un indicador de si está o no incluido un preámbulo). Un preámbulo ejemplar del PLCP se detalla adicionalmente más adelante. Las transmisiones planificadas de STA comenzarán con un preámbulo en la realización ejemplar.
- Recuperación de errores**
- El AP puede usar diversos procedimientos para la recuperación de errores de recepción del mensaje SCHED. Por ejemplo, si una STA es incapaz de decodificar un mensaje SCHED, no podrá utilizar su TXOP. Si una TXOP planificada no comienza en el momento inicial asignado, el AP puede iniciar la recuperación transmitiendo en un PIFS después del inicio de la TXOP planificada no utilizada. El AP puede usar el periodo de la TXOP planificada no utilizada como un CAP. Durante el CAP, el AP puede transmitir a una o más STA o Sondar una STA. El Sondeo puede ser para la STA que perdió la TXOP planificada o para otra STA. El CAP se termina antes de la próxima TXOP planificada.
- Los mismos procedimientos pueden también usarse cuando una TXOP planificada termina temprano. El AP puede iniciar la recuperación transmitiendo en un PIFS después del final de la última transmisión en la TXOP planificada. El AP puede usar el periodo no usado de una TXOP planificada como un CAP, según se acaba de describir.
- Competición protegida**
- Como se ha descrito anteriormente, un SCAP también puede contener una parte dedicada a las transmisiones del FRACH y / o una parte donde las STA de MIMO pueden usar procedimientos de EDCA. Estos periodos de acceso basados en la competición pueden protegerse con el NAV fijado para el SCAP.
- La competición protegida complementa el funcionamiento planificado de baja latencia permitiendo que las STA indiquen solicitudes de TXOP para asistir al AP en la planificación. En el periodo de EDCA protegido, las STA de OFDM y MIMO pueden transmitir tramas usando el acceso basado en EDCA (protegido de la competición con las STA heredadas). Usando técnicas heredadas, las STA pueden indicar la solicitud de duración de la TXOP o el estado del almacén temporal en el campo de Control de QoS del estándar 802.11e en la Cabecera del MAC. Sin embargo, el FRACH es un medio más eficiente de brindar la misma función. Durante el periodo del FRACH, las STA pueden usar la

competición ranurada de estilo Aloha para acceder al canal en ranuras del FRACH de tamaño fijo. La PDU del FRACH puede incluir la solicitud de duración de la TXOP:

5 En la realización ejemplar, las transmisiones de tramas de MIMO usan la Cabecera del PLCP de MIMO, detallada más adelante. Dado que las STA heredadas de los estándares 802.11b, 802.11a y 802.11g pueden descodificar solamente el campo SEÑAL 1 de la cabecera del PLCP de MIMO (detallada con respecto a la FIG. 50, más adelante), en la presencia de las STA no de MIMO, las tramas de MIMO deben transmitirse con protección. Cuando están presentes las STA tanto heredadas como de MIMO, las STA que usan procedimientos de acceso de EDCA pueden usar una secuencia heredada de RTS / CTS para su protección. La secuencia RTS / CTS heredada se refiere a la transmisión de tramas de RTS / CTS usando un preámbulo heredado, cabecera del PLCP y formatos de trama del MAC.

10 Las transmisiones de MIMO también pueden utilizar los mecanismos de protección proporcionados por el HCCA del estándar 802.11e. Así, las transmisiones desde el AP a las STA, las transmisiones sondeadas desde las STA al AP, o desde una STA a otra STA (usando el Protocolo de Enlace Directo) pueden dotarse de protección usando el Periodo de Acceso Controlado (CAP).

15 El AP también puede usar el CTS-a-Sí-Mismo heredado para la protección del Periodo de Acceso Planificado (SCAP) de MIMO contra las STA heredadas.

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

20 En un BSS de MIMO, tanto bajo EDCA como bajo HCCA, las transmisiones de tramas usan la cabecera del PLCP de MIMO y los símbolos de Entrenamiento de OFDM y MIMO, según las reglas de envejecimiento de símbolos de Entrenamiento del OFDM de MIMO. Las transmisiones en el BSS de MIMO usan el PLCP de MIMO.

Espacio reducido entre tramas

25 Se han detallado anteriormente diversas técnicas para reducir en general el Espacio Entre Tramas (IFS). Se ilustran aquí varios ejemplos de reducción del espacio entre tramas en esta realización ejemplar. Para transmisiones planificadas, el tiempo de inicio de la TXOP se indica en el mensaje SCHED. La STA transmisora puede comenzar su TXOP planificada en el preciso momento de inicio indicado en el mensaje SCHED, sin determinar que el medio esté ocioso. Como se ha descrito anteriormente, las transmisiones planificadas consecutivas del AP durante un SCAP se transmiten sin ningún IFS mínimo.

30 En la realización ejemplar, las transmisiones planificadas consecutivas de las STA (desde distintas STA) se transmiten con un IFS de al menos un GIFS. El valor por omisión del GIFS es de 800 ns. Puede escogerse un valor mayor, hasta el valor del IFS de Ráfaga (BIFS) definido a continuación. El valor del GIFS puede indicarse en el elemento de capacidades de la ACF, descrito anteriormente. Realizaciones alternativas pueden emplear valores cualesquiera para GIFS y BIFS.

35 Las transmisiones consecutivas de las PDU de OFDM y MIMO desde la misma STA (ráfagas de TXOP) están separadas por un BIFS. Al funcionar en la banda de 2,4 GHz, el BIFS es igual a 10 μ s y la PDU de OFDM y MIMO no incluye la extensión de señal de OFDM de 6 μ s. Al funcionar en la banda de 5 GHz, el BIFS es de 10 μ s. En una realización alternativa, el BIFS puede fijarse en un valor menor o mayor, incluso 0. Para permitir que el Control de Ganancia Automático (AGC) de la STA receptora conmute entre las transmisiones, puede usarse una brecha mayor que 0 cuando se cambia la potencia de transmisión de la STA transmisora.

40 Las tramas que requieren una respuesta inmediata de la STA receptora no se transmiten usando una PDU de OFDM y MIMO. En cambio, se transmiten usando la PDU heredada subyacente, es decir, la Cláusula 19 en la banda de 2,4 GHz o la Cláusula 17 en la banda de 5 GHz. Se muestran más adelante algunos ejemplos de cómo se multiplexan las PDU heredadas y las de OFDM y MIMO en el medio.

45 En primer lugar, consideremos un mensaje RTS / CTS heredado, seguido por una ráfaga de PDU de OFDM y MIMO. La secuencia de transmisión es la siguiente: RTS heredado – SIFS – CTS heredado – SIFS – PDU de OFDM y MIMO – BIFS – PDU de OFDM y MIMO. En los 2,4 GHz, el PDU heredada de RTS o CTS usa la extensión de señal de OFDM y el SIFS es de 10 μ s. En los 5 GHz, no hay ninguna extensión de OFDM pero el SIFS es de 16 μ s.

50 En segundo lugar, consideremos una TXOP de EDCA que usa PDU de OFDM y MIMO. La secuencia de transmisión es la siguiente: PDU de OFDM y MIMO – BIFS – SolicitudAckBloque heredada – SIFS – ACK. La TXOP de EDCA se obtiene usando procedimientos de EDCA para la Clase de Acceso (AC) adecuada. Como se ha detallado anteriormente, EDCA define clases de acceso que pueden usar distintos parámetros por AC, tales como AIFS[AC], CWmin[AC] y CWmax[AC]. La SolicitudAckBloque heredada se transmite bien con extensión de señal o bien SIFS de 16 μ s. Si la SolicitudAckBloque se transmite en la trama compuesta dentro de la PDU de OFDM y MIMO, no hay ningún ACK.

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

- 5 Como se ha descrito anteriormente, la decodificación y la demodulación de las transmisiones de OFDM codificadas impone requisitos de procesamiento adicionales en la STA receptora. Para asimilar esto, los estándares 802.11a y 802.11g admiten un tiempo adicional para la STA receptora antes de que deba transmitirse el ACK. En el estándar 802.11a, el tiempo de SIFS se fija en 16 μ s. En el estándar 802.11g, el tiempo de SIFS se fija en 10 μ s pero se introduce una extensión de señal de OFDM adicional de 6 μ s.
- 10 Dado que la decodificación y demodulación de las transmisiones de OFDM y MIMO pueden imponer incluso más carga de procesamiento, siguiendo la misma lógica, puede diseñarse una realización para incrementar el SIFS o la extensión de señal de OFDM, lo que lleva a una reducción adicional en la eficiencia. En la realización ejemplar, al extender los mecanismos del ACK en Bloque y el Ack en Bloque Retardado del estándar 802.11e, se elimina el requisito de un ACK inmediato para todas las transmisiones de OFDM y MIMO. En lugar de aumentar el SIFS o la
- 15 extensión de señal, se elimina la extensión de señal y, para muchas situaciones, se reduce o elimina el espacio entre tramas requerido entre transmisiones consecutivas, lo que lleva a una mayor eficiencia.

Mensaje SCHED

La FIG. 45 ilustra el mensaje SCHED, presentado anteriormente con respecto a la FIG. 41, y detallado adicionalmente más adelante. El mensaje SCHED 4120 es un mensaje de sondeo múltiple que asigna una o más TXOP entre AP y STA, entre STA y AP y entre STA y STA, durante un Periodo de Acceso Planificado (SCAP). El uso del mensaje SCHED permite reducir el sondeo y el sobregasto de competición, así como eliminar los IFS innecesarios.

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

La cabecera ejemplar 4510 de MAC comprende el Control 4535 de Trama (2 octetos), la Duración 4540 (2 octetos), el BSSID 4545 (6 octetos), la Gestión 4550 de Energía (2 octetos) y el MAP 4555 (3 octetos). Los bits 13 a 0 del campo 4540 de Duración especifican la longitud del SCAP en microsegundos. El campo 4540 de Duración es usado por las STA capaces de transmisiones de OFDM y MIMO, para fijar el NAV durante el SCAP. Cuando las STA heredadas están presentes en el BSS, el AP puede usar otros medios para proteger el SCAP, p. ej., un CTS-a-Sí-Mismo heredado. En la realización ejemplar, el valor máximo del SCAP es de 4 ms. El campo 4545 del BSSID identifica al AP.

El campo 4550 de Gestión de Energía se muestra en la FIG. 46. El campo de Gestión 4550 de Energía comprende el Contador SCHED 4610, un campo 4620 reservado (2 bits), la Potencia 4630 de Transmisión y la potencia 4640 de Recepción. La energía transmisora del AP y la energía receptora del AP son según se indica en el campo de Gestión de Energía y el nivel de energía receptora de la STA se mide en la STA.

El Contador SCHED es un campo que se incrementa en cada transmisión del SCHED (6 bits en este ejemplo). El Contador SCHED se reinicia en cada transmisión de Baliza. El Contador SCHED puede usarse para varios fines. Como ejemplo, se describe más adelante una característica de ahorro de energía usando el Contador SCHED.

40 El campo 4630 de Energía Transmisora representa el nivel de energía transmisora que está siendo usado por el AP. En la realización ejemplar, el campo de 4 bits se codifica de la siguiente manera: el valor representa el número de etapas de 4 dB en que el nivel de la energía transmisora está por debajo del Nivel Máximo de Energía Transmisora (en dBm) para ese canal, según lo indicado en un elemento de información de la Baliza.

El campo 4640 de Energía Receptora representa el nivel de energía receptora esperado en el AP. En la realización ejemplar, el campo de 4 bits se codifica de la siguiente manera: el valor representa el número de etapas de 4 dB en que el nivel de energía receptora está por encima del mínimo Nivel de Sensibilidad Receptora (-82 dBm). En base al nivel de energía recibida en una STA, una STA puede calcular su nivel de energía transmisora de la siguiente manera: Energía Transmisora de STA (dBm) = Energía Transmisora del AP (dBm) + Energía Receptora del AP (dBm) – Energía Receptora de la STA (dBm).

50 En la realización ejemplar, durante las transmisiones planificadas entre STA y STA, el segmento de control se transmite a un nivel de energía que puede descodificarse tanto en el AP como en la STA receptora. Un informe de control de energía del AP o el campo 4550 de Gestión de Energía en la trama SCHED permite a la STA determinar el nivel de energía transmisora requerido a fin de que el segmento de control pueda ser descodificado en el AP. Este aspecto general está detallado anteriormente con respecto a la FIG. 22. Para una transmisión planificada de STA a STA,

cuando la energía requerida para descodificar en el AP es distinta a la energía requerida para descodificar en la STA receptora, la PPDU se transmite en el mayor de los dos niveles de energía.

5 El campo 4555 MAP, mostrado en la FIG. 47, especifica la presencia y duración de periodos de acceso basados en competición protegida durante el SCAP. El campo 4555 MAP comprende el Contador 4710 del FRACH, el Desplazamiento 4720 del FRACH, y el Desplazamiento 4730 de EDCA. El Contador 4710 ejemplar del FRACH (4 bits) es el número de ranuras del FRACH planificadas a partir del Desplazamiento 4720 del FRACH (10 bits). Cada ranura del FRACH es de 28 μ s. Un valor de Contador de Frach igual a '0' indica que no hay ningún periodo de FRACH en el actual Periodo de Acceso Planificado. El Desplazamiento 4730 de EDCA es el inicio del periodo de EDCA protegido. El Desplazamiento ejemplar 4730 de EDCA tiene 10 bits. Tanto el Desplazamiento 4720 de FRACH como el Desplazamiento 4730 de EDCA están en unidades de 4 μ s a partir del comienzo de la transmisión de tramas SCHED.

10 El mensaje SCHED 4120 se transmite como una PPDU 5100 especial de SCHED (Tipo 0010), detallada adicionalmente más adelante con respecto a la FIG. 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 del PLCP de la PPDU SCHED 5100.

15 La FIG. 48 ilustra tramas SCHED de control para la asignación de TXOP. Cada uno de los segmentos CTRL0 4515, CTRL1 4520, CTRL2 4525 y CTRL3 4530 es de longitud variable y cada uno comprende cero o más elementos (4820, 4840, 4860 y 4880, respectivamente) de asignación. Un FCS de 16 bits (4830, 4850, 4870 y 4890, respectivamente) y 6 bits de cola (no mostrados) se añaden por cada segmento CTRLJ. Para el segmento CTRL0 4515, el FCS se calcula con la Cabecera 4510 del MAC y cualquier elemento 4820 CTRL0 de asignación (por tanto, la Cabecera del MAC se muestra precedente al CTRL0 4515 en la FIG. 48). En la realización ejemplar, el FCS 4830 para el CTRL0 4515 se incluye incluso si no se incluye ningún elemento de asignación en el segmento CTRL0.

20 Como se ha detallado en el presente documento, el AP transmite asignaciones para las transmisiones entre AP y STA, entre STA y AP y entre STA y STA en la trama SCHED. Los elementos de asignación a las distintas STA se transmiten en un segmento CTRLJ según lo indicado por la STA en el campo de Velocidad de SCHED de la cabecera del PLCP de sus transmisiones. Obsérvese que CTRL0... CTRL3 corresponden a robusteces decrecientes. Cada STA comienza descodificando la Cabecera del PLCP de la PPDU SCHED. El campo SEÑAL indica la presencia y longitud de los segmentos CTRL0, CTRL1, CTRL2 y CTRL3 en la PPDU SCHED. El receptor de la STA comienza descodificando la Cabecera de MAC y el segmento CTRL0, descodificando cada elemento de asignación hasta el FCS, y continúa descodificando posteriormente CTRL1, CTRL2 y CTRL3, deteniéndose en el segmento CTRLJ cuyo FCS sea incapaz de verificar.

25 Están definidos cinco tipos de elementos de asignación, según se muestra en la Tabla 3. Un cierto número de elementos de asignación pueden empaquetarse en cada segmento CTRLJ. Cada elemento de asignación especifica el Identificador de Acceso de la STA transmisora (AID), el AID de la STA receptora, el tiempo de inicio del TXOP planificado y la máxima longitud permitida de la TXOP planificada.

35 Tabla 3. Tipos de Elementos de Asignación

Tipo (3 bits)	Tipo de elemento de asignación	Campos (Longitudes en bits)	Longitud total en bits
000	Simplex entre AP y STA	Preámbulo Presente (1) AID (16) Desplazamiento Inicial (10) Duración de TXOP (10)	40
001	Simplex entre STA y AP	AID (16) Desplazamiento Inicial (10) Duración de TXOP (10)	39
010	Dúplex entre AP y STA	Preámbulo Presente (1) AID (16) Desplazamiento Inicial de AP (10) Duración de TXOP de AP (10) Desplazamiento Inicial de STA (10)	60

		Duración de TXOP de STA (10)	
011	Simplex entre STA y STA	AID de Transmisión (16) AID de Recepción (16) Desplazamiento Inicial (10) Tamaño Máximo de PPDU (10)	55
100	Dúplex entre STA y STA	AID 1 (16) AID 2 (16) Desplazamiento Inicial de STA 1 (10) Tamaño Máximo de PPDU de STA 1 (10) Desplazamiento Inicial de STA 2 (10) Tamaño Máximo de PPDU de STA 2 (10)	75

El preámbulo puede eliminarse en transmisiones consecutivas desde el AP. El bit de Preámbulo Presente se fija en 0 si el AP no transmitirá un preámbulo para una transmisión de AP planificada. Una ventaja ejemplar de la eliminación del preámbulo se da cuando el AP tiene flujos de bajo ancho de banda y 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 composición de transmisiones desde el AP a varias STA receptoras (es decir, composición de PPDU, descrita anteriormente). La Composición de Tramas, según lo definido anteriormente, permite la composición de tramas para una STA receptora.

El campo de Desplazamiento Inicial está en múltiplos de 4 µs referidos al momento inicial del preámbulo del mensaje SCHED. El AID es el Identificador de Acceso de la(s) STA(s) asignada(s).

Para todos los tipos de elementos de asignación, excepto las transmisiones planificadas entre STA y STA, el campo de Duración de TXOP es la máxima longitud permitida de la TXOP planificada, en múltiplos de 4 µs. El Tamaño efectivo de PPDU de la PPDU transmitida se indica en el campo SEÑAL1 de la PPDU (detallada adicionalmente más adelante).

Para transmisiones planificadas entre STA y STA (Tipos 011 y 100 de Elemento de Asignación), el campo Tamaño Máximo de PPDU también es la máxima longitud permitida de la TXOP planificada en múltiplos de 4 µs; sin embargo, pueden valer reglas adicionales. En la realización ejemplar, para las transmisiones planificadas entre STA y STA, la TXOP contiene solamente una PPDU. La STA receptora usa el Máximo Tamaño de PPDU indicado en el elemento de asignación para determinar el número de símbolos de OFDM en la PPDU (dado que el campo Tamaño de PPDU es reemplazado por un campo de Solicitud en la SEÑAL1, detallado más adelante con respecto a la FIG. 51). Si el flujo entre STA y STA usa símbolos de OFDM con el Intervalo de Guardia (GI) estándar, la STA receptora fija el Tamaño de PPDU para la TXOP planificada en el Tamaño Máximo de PPDU indicado en el elemento de asignación. Si el flujo entre STA y STA usa símbolos de OFDM con GI acortado, la STA receptora determina el Tamaño de PPDU ajustando hacia arriba el campo del Tamaño Máximo de PPDU en un factor de 10/9 y redondeando. La STA transmisora puede transmitir una PPDU más corta que el Tamaño Máximo de PPDU asignado. El Tamaño de PPDU no proporciona la longitud de la trama de MAC compuesta al receptor. La longitud de las tramas encapsuladas se incluye en la cabecera de Composición de cada trama de MAC.

La inclusión de la STA transmisora y receptora en los elementos de asignación permite el ahorro de energía en las STA que no están planificadas para transmitir o recibir durante el SCAP. Recuérdese el campo Contador de SCHED presentado anteriormente. Cada asignación planificada por el mensaje SCHED especifica el AID de la STA transmisora, el AID de la STA receptora, el momento inicial de la TXOP planificada y la máxima longitud permitida de la TXOP planificada. El Contador de SCHED se incrementa en cada transmisión de SCHED y se reinicia en cada transmisión de Baliza. Las STA pueden indicar un funcionamiento de ahorro de energía al AP, y de esta manera se dotan de valores específicos del Contador de SCHED durante los cuales pueden asignárseles TXOP planificadas de transmisión o recepción por parte del AP. Las STA pueden luego despertar periódicamente solamente para ponerse a la escucha de los mensajes SCHED con un Contador de SCHED adecuado.

Formatos de PPDU

La FIG. 49 ilustra una PPDU 4970 heredada del estándar 802.11, que comprende un preámbulo 4975 del PLCP (12 símbolos de OFSM), una cabecera 4910 del PLCP, una PSDU 4945 de longitud variable, una cola 4950 de 6 bits y un relleno 4955 de longitud variable. Una parte 4960 de la PPDU 4970 comprende un campo de SEÑAL (1 símbolo de OFDM) transmitido usando BPSK con tasa = 1/2, y un campo 4985 de datos de longitud variable, transmitidos con el formato de modulación y la velocidad indicados en la SEÑAL 4980. La cabecera 4910 del PLCP comprende la SEÑAL

4980 y el campo 4940 de Servicio de 16 bits (que se incluyen en los DATOS 4985 y se transmiten según su formato). El campo 4980 SEÑAL comprende la Velocidad 4915 (4 bits), el campo reservado 4920 (1 bit), la Longitud 4925 (12 bits), el bit 4930 de Paridad y la Cola 4935 (6 bits).

5 Los campos de SEÑAL extendida (detallados más adelante) en la Cabecera ejemplar del PLCP (detallada más adelante) es retro-compatible con el campo 4980 SEÑAL del estándar heredado 802.11. Los valores no usados del campo 4915 VELOCIDAD en el campo 4980 SEÑAL heredado se fijan para definir nuevos tipos de PPDU (detallados más adelante).

10 Se presentan varios nuevos tipos de PPDU. Para la retro-compatibilidad con las STA heredadas, el campo VELOCIDAD en el campo SEÑAL de la Cabecera del PLCP se modifica como un campo de VELOCIDAD / Tipo. Los valores no usados de VELOCIDAD se indican como el Tipo de PPDU. El Tipo de PPDU también indica la presencia y la longitud de una extensión del campo SEÑAL, designada como SEÑAL2. Nuevos valores del campo VELOCIDAD / Tipo se definen en la Tabla 4. Estos valores del campo VELOCIDAD / Tipo están indefinidos para las STA heredadas. Por lo tanto, las STA heredadas abandonarán la descodificación de la PPDU después de descodificar con éxito el campo SEÑAL1 y de hallar un valor indefinido en el campo VELOCIDAD.

15 Alternativamente, el bit Reservado en el campo SEÑAL heredado puede fijarse en '1' para indicar una transmisión de OFDM y MIMO a una STA de nueva clase. Las STA receptoras pueden ignorar el bit Reservado y continuar intentando descodificar el campo SEÑAL y la transmisión restante.

El receptor es capaz de determinar la longitud del campo SEÑAL2 en base al Tipo de PPDU. La PPDU del FRACH aparece solamente en una parte designada del SCAP y necesita ser descodificada solamente por el AP.

20 Tabla 4. Tipos de PPDU de MIMO

VELOCIDAD / Tipo (4 bits)	PPDU de MIMO	Longitud del campo SEÑAL 2 (Símbolos de OFDM)
0000	Transmisión de BSS o IBSS de MIMO o transmisión de AP de MIMO (excepto PPDU SCHED)	1
0010	PPDU SCHED de BSS de MIMO	1
0100	PPDU FRACH de BSS de MIMO	2

25 La FIG. 50 ilustra el formato 5000 de la PPDU de MIMO para las transmisiones de datos. La PPDU 5000 se denomina la PPDU de Tipo 0000. La PPDU 5000 comprende un preámbulo 5010 del PLCP, SEÑAL 1 5020 (1 símbolo de OFDM), SEÑAL 2 5040 (1 símbolo de OFDM), Símbolos 5060 de Entrenamiento (0, 2, 3 o 4 símbolos) y un campo 5050 de Datos de longitud variable. El preámbulo 5010 del PLCP, cuando está presente, tiene 16 µs en la realización ejemplar. La SEÑAL 1 5020 y la SEÑAL 2 5040 se transmiten usando la velocidad de segmentos de control y el formato de modulación de la PPDU. Los datos 5080 comprenden el Servicio 5082 (16 bits), la Retroalimentación 5084 (16 bits), una PSDU 5086 de longitud variable, la Cola 5088 (6 bits por flujo), donde se aplica un código distinto de canal convolutivo a cada flujo, y el Relleno 5090 de longitud variable. Los datos 5080 se transmiten usando la velocidad de segmentos de datos y el formato de modulación de la PPDU.

30 La cabecera del PLCP de MIMO para la PPDU de Tipo 0000 comprende los campos de SEÑAL (incluyendo la SEÑAL 1 5020 y la SEÑAL 2 5040), SERVICIO 5082 y RETROALIMENTACIÓN 5084. El campo de SERVICIO no ha cambiado desde el protocolo heredado 802.11, y se transmite usando la velocidad y el formato del segmento de datos.

35 El campo 5084 de RETROALIMENTACIÓN se transmite usando la velocidad y el formato del segmento de datos. El campo de RETROALIMENTACIÓN comprende el campo ES (1 bit), el campo de Retroalimentación del Vector de Velocidad de Datos (DRVF) (13 bits) y un campo de Control de Energía (2 bits).

El campo ES indica el procedimiento de guía preferido. En la realización ejemplar, se selecciona Guía por Autovectores (ES) cuando se activa el bit ES, y el Ensanchamiento Espacial (SS) se selecciona en caso contrario.

El campo de Retroalimentación del Vector de Velocidad de Datos (DRVF) proporciona retroalimentación a la estación par con respecto a la velocidad sustentable de cada una de las hasta cuatro modalidades espaciales.

40 La retroalimentación de velocidad explícita permite a las estaciones maximizar rápida y exactamente sus velocidades de transmisión, mejorando drásticamente la eficiencia del sistema. Se deseable una retroalimentación de baja latencia. Sin embargo, las oportunidades de retroalimentación no necesitan ser síncronas. Las oportunidades de transmisión pueden obtenerse de cualquier manera, tal como en base a la competición (es decir, EDCA), sondeadas (es decir,

HCF) o planificadas (es decir, ACF). Por lo tanto, pueden pasar periodos variables de tiempo entre las oportunidades de transmisión y la retroalimentación de velocidad. En base a la edad de la retroalimentación de velocidad, el transmisor puede aplicar un retroceso para determinar la velocidad de transmisión.

5 La adaptación de la velocidad del segmento de datos de la PDU para las transmisiones desde la STA a la STA B se apoya en la retroalimentación proporcionada por la STA B a la STA A (descrita anteriormente, véase la FIG. 24, por ejemplo). Para la modalidad de funcionamiento ES o SS, cada vez que la STA B recibe Símbolos de Entrenamiento de OFDM y MIMO desde la STA A, estima las velocidades de datos que pueden lograrse en cada flujo espacial. En cualquier transmisión subsiguiente desde la STA B a la STA A, la STA B incluye esta estimación en el campo DRVF de la RETROALIMENTACIÓN 5084. El campo DRVF se transmite a la velocidad del segmento 5080 de datos.

10 Al transmitir a la STA B, la STA A determina qué velocidades de transmisión usar en base al DRVF que recibió de la STA B, con un retroceso optativo según sea necesario para tener en cuenta los retardos. El campo SEÑAL (detallado más adelante) contiene el campo 5046 DRV 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.

15 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 para el Flujo 1. Este campo se codifica como el Valor STR mostrado en la Tabla 5. R2 indica la diferencia entre el Valor STR para el Flujo 1 y el Valor STR para el Flujo 2. Un valor de R2 de "111" indica que el Flujo 2 está desactivado. R3 indica la diferencia entre el Valor STR para el Flujo 2 y el Valor STR para el Flujo 3. Un valor de R3 de "111" indica que el Flujo 3 está desactivado. Si R2 = "111", entonces R3 se fija en "111". R4 indica la diferencia entre el Valor STR para el Flujo 3 y el Valor STR para el Flujo 4. Un valor de R4 de "111" indica que el Flujo 4 está desactivado. Si R3 = "111" entonces R4 se fija en "111".

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

Tabla 5. Codificación de STR

Valor STR	Tasa de codificación	Formato de modulación	Bits / símbolos por flujo
0000	1/2	BPSK	0,5
0001	3/4	BPSK	0,75
0010	1/2	BPSK	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

25 Además del DRVF, la STA B también proporciona retroalimentación de control de energía a la STA A transmisora. Esta retroalimentación está incluida en el campo de Control de Energía y también se transmite a la velocidad del segmento de datos. Este campo tiene 2 bits e indica bien aumentar o bien reducir la energía, o dejar el nivel de energía sin cambio. El nivel resultante de energía transmisora se denomina el nivel de Energía de Transmisión del Segmento de Datos.

Valores ejemplares del campo Control de Energía se ilustran en la Tabla 6. Realizaciones alternativas pueden desplegar campos de control de energía de diversos tamaños, y con valores alternativos de ajuste de energía.

Tabla 6. Valores del campo Control de Energía

Campo Control de Energía	Significado
00	Ningún cambio
01	Aumentar energía en 1 dB
10	Aumentar energía en 1 dB
11	Reservado

5 El nivel de energía de transmisión permanece constante para toda la PPDU. Cuando el Nivel de Energía de Transmisión del Segmento de Datos y la Energía de Transmisión de STA de Bucle Abierto (es decir, el nivel de energía requerido para que el AP descodifique la transmisión, detallada anteriormente) son distintos, la PPDU se transmite al máximo de los dos niveles de energía. Es decir, el Nivel de Potencia de Transmisión de la PPDU es el máximo entre la Energía de Transmisión de STA de Bucle Abierto (dBm) y la Energía de Transmisión del Segmento de Datos (dBm).

10 En la realización ejemplar, el campo de Control de Energía se fija en "00" en la primera trama de cualquier secuencia de intercambio de tramas. En tramas subsiguientes, indica el aumento o disminución de la energía en etapas de 1dB. La STA receptora usará esta información de retroalimentación en todas las transmisiones de tramas subsiguientes para esa STA.

15 La SEÑAL 1 5020 comprende el campo 5022 VELOCIDAD / Tipo (4 bits), 1 Bit Reservado 5024, el Tamaño de PPDU / Solicitud 5026 (12 bits), el bit 5028 de Paridad y una Cola 5030 de 6 bits. El campo 5020 SEÑAL1 se transmite usando la velocidad y formato del segmento de control (6 Mbits/s, en la realización ejemplar). El campo 5022 VELOCIDAD / Tipo se fija en 0000. El bit 5024 Reservado puede fijarse en 0.

20 El Campo 5026 Tamaño de PPDU / Solicitud sirve para dos funciones, según la modalidad de transmisión. En las transmisiones de STA basadas en la competición y en todas las transmisiones del AP, este campo indica el Tamaño de PPDU. En esta primera modalidad, el Bit 1 indica que la PPDU usa símbolos de OFDM expandidos, el Bit 2 indica que la PPDU usa símbolos de OFDM con GI acortado, y los Bits 3 a 12 indican el número de símbolos OFDM.

25 En transmisiones planificadas de STA no de AP, el Campo 5026 de Tamaño de PPDU / Solicitud indica una Solicitud. En esta segunda modalidad, los Bits 1 a 2 indican la Velocidad de SCHED. La Velocidad de SCHED indica el campo SCHED de mayor numeración (0, 1, 2 o 3) que puede usarse para transmitir una asignación a la STA. Durante las transmisiones de símbolos de Entrenamiento desde el AP, cada STA no AP estima la velocidad a la cual puede recibir de forma robusta transmisiones de tramas SCHED desde el AP. En las subsiguientes transmisiones planificadas desde la STA, esta máxima velocidad admisible se incluye en el campo Velocidad de SCHED. Este campo es descodificado por el AP. El AP usa esta información para planificar las subsiguientes TXOP para la STA y determina el CTRLJ (0, 1, 2 o 3) para emitir esas adjudicaciones a la STA.

30 En la segunda modalidad, los Bits 3 a 4 indican el campo QoS, que identifica la fracción (en tercios) de la solicitud que es para TC 0 o 1 (es decir, 0%, 33%, 67%, 100%). Los Bits 5 a 12 indican la longitud solicitada de la TXOP (en múltiplos de 16 µs, en la realización ejemplar).

El campo 5020 SEÑAL1 es verificado por 1 bit 5028 de Paridad y terminado con una Cola 5030 de 6 bits para el codificador convolutivo.

35 La presencia y longitud del campo 5040 SEÑAL2 están indicadas por el campo 5022 VELOCIDAD / Tipo en SEÑAL1 5020. El campo 5040 SEÑAL2 se transmite usando la velocidad y formato del segmento de control. SEÑAL2 5040 comprende un bit Reservado 5042, el Tipo 5044 de Entrenamiento (3 bits), el Vector de Velocidad de Datos (DRV) 5046 (13 bits), el bit 5048 de Paridad y la Cola 5050 (6 bits). El campo Tipo de Entrenamiento de 3 bits indica la longitud y el formato de los símbolos de Entrenamiento de OFDM y MIMO. Los bits 1 a 2 indican el número de Símbolos 5060 de Entrenamiento de OFDM y MIMO (0, 2, 3 o 4 símbolos de OFDM). El bit 3 es el campo de Tipo de Entrenamiento: 0 indica SS, 1 indica ES. El DRV 5046 proporciona la velocidad para cada una entre hasta cuatro modalidades espaciales. El DRV 5046 se codifica de la misma manera que el DRVF (incluido en RETROALIMENTACIÓN 5084, detallado anteriormente). El campo 5040 SEÑAL2 es comprobado por 1 bit 5048 de Paridad y terminado con una Cola 5050 de 6 bits para el codificador convolutivo.

45 La FIG. 51 ilustra la PPDU 5100 SCHED (Velocidad / Tipo = 0010). La PPDU 5100 SCHED comprende un preámbulo 5110 del PLCP, la SEÑAL1 5120 (1 símbolo de OFDM), la SEÑAL2 5140 (1 símbolo de OFDM), los Símbolos 5160 de

Entrenamiento (0, 2, 3 o 4 símbolos) y una Trama 5180 SCHED de longitud variable. El preámbulo 5010 del PLCP, cuando está presente, tiene 16 μ s en la realización ejemplar. La SEÑAL1 5020 y la SEÑAL2 5040 se transmiten usando la velocidad y el formato de modulación del segmento de control. La Trama 5180 SCHED puede incluir varias velocidades, según lo detallado anteriormente, con respecto a la descripción de la ACF.

5 La SEÑAL1 5120 comprende el campo VELOCIDAD / Tipo 5122 (4 bits), un bit 5124 Reservado, el Tamaño 5126 de CTRL0 (6 bits), el Tamaño 5128 de CTRL1 (6 bits), el bit 5130 de Paridad, y la Cola 5132 (6 bits). El campo VELOCIDAD / Tipo 5122 se fija en 0010. El bit 5124 Reservado puede fijarse en 0. El Tamaño 5126 de CTRL0 indica la longitud del segmento de la PDU SCHED transmitida a la velocidad más baja (6 Mbps en este ejemplo). Este segmento incluye el campo SERVICIO de la Cabecera del PLCP, la Cabecera del MAC y el segmento 5126 de CTRL0.
 10 El valor se codifica en múltiplos de 4 μ s, en este ejemplo. El Tamaño 5128 de CTRL1 indica la longitud del segmento de la PDU SCHED transmitida a la siguiente velocidad mayor (12 Mbps en este ejemplo). El valor se codifica en múltiplos de 4 μ s, en este ejemplo. Un Tamaño de CTRL1 de '0' indica que el correspondiente segmento CTRL1 no está presente en la PDU SCHED. El campo 5120 SEÑAL1 es verificado por 1 bit 5130 de Paridad y terminado con una Cola 5132 de 6 bits para el codificador convolutivo.

15 La SEÑAL2 5140 comprende un bit 5142 Reservado, el Tipo 5144 de Entrenamiento (3 bits), el Tamaño 5146 de CTRL2 (5 bits), el Tamaño 5148 de CTRL3 (5 bits), el FCS 5150 (4 bits) y la Cola 5152 (6 bits). El bit 5142 Reservado puede fijarse en 0. El Tipo 5144 de Entrenamiento es según lo especificado para la PDU de Tipo 0000 (Tipo 5044 de Entrenamiento).

20 El Tamaño 5146 de CTRL2 indica la longitud del segmento de la PDU SCHED transmitida a la siguiente velocidad más alta (18 Mbps en este ejemplo). El valor se codifica en múltiplos de 4 μ s, en este ejemplo. Un Tamaño de CTRL2 de '0' indica que el correspondiente segmento CTRL2 no está presente en la PDU SCHED. El Tamaño 5148 de CTRL3 indica la longitud del segmento de la PDU SCHED transmitida a la máxima velocidad (24 Mbps en este ejemplo). El valor se codifica en múltiplos de 4 μ s, en este ejemplo. Un Tamaño de CTRL2 de '0' indica que el correspondiente segmento CTRL3 no está presente en la PDU SCHED.

25 El FCS 5150 se calcula con los campos SEÑAL1 y SEÑAL2 enteros. El campo 5152 SEÑAL2 termina con una Cola 5152 de 6 bits para el codificador convolutivo.

30 La FIG. 52 ilustra la PDU 5200 del FRACH (Velocidad / Tipo = 0100). La PDU 5200 del FRACH comprende un preámbulo 5210 del PLCP, un SEÑAL1 5220 (1 símbolo de OFDM) y una SEÑAL2 5240 (2 símbolos de OFDM). El preámbulo 5210 del PLCP, cuando está presente, tiene 16 μ s en la realización ejemplar. La SEÑAL1 5220 y la SEÑAL2 5240 se transmiten usando la velocidad y el formato de modulación del segmento de control. La PDU 5200 del FRACH es transmitida por una STA durante el periodo del FRACH dentro del Periodo de Acceso Planificado de MIMO. El periodo del FRACH está establecido por, y por tanto conocido para, el AP (según lo detallado anteriormente).

35 La SEÑAL1 5220 comprende el campo VELOCIDAD / Tipo 5222 (4 bits), un bit 5224 Reservado, una Solicitud 5226 (12 bits), un bit 5228 de Paridad y una Cola 5230 (6 bits). El campo VELOCIDAD / Tipo 5222 se fija en 0100. El bit 5124 Reservado puede fijarse en 0. El Campo 5226 de Solicitud es como el especificado para la PDU de Tipo 0000 (5000), detallada anteriormente. El campo 5220 SEÑAL1 es verificado por 1 bit 5228 de Paridad y terminado con una Cola 5230 de 6 bits para el codificador convolutivo.

40 La SEÑAL2 5240 comprende un bit 5242 Reservado, un AID 5244 de Origen (16 bits), un AID 5246 de Destino (16 bits), un FCS 5248 (4 bits), y una Cola 5250 (6 bits). El bit 5242 Reservado puede fijarse en 0. El AID 5244 de Origen identifica la STA que transmite por el FRACH. El AID 5246 de Destino identifica la STA de destino para la cual se está solicitando una TXOP. En la realización ejemplar, en el caso en que el destino es el AP, el valor del campo 5246 AID de Destino se fija en 2048. Un FCS 5248 de 4 bits se calcula con los campos SEÑAL1 y SEÑAL2. Una Cola 5250 de 6 bits se añade antes de la codificación convolutiva.

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

50 La STA también puede mantener una variable B_FRACH. A continuación de una transmisión por el FRACH, si la STA recibe una asignación de TXOP desde el AP, reinicia el B_FRACH. Si la STA no recibe una asignación de TXOP dentro de un número predeterminado, RESPUESTA DEL FRACH, de transmisiones de SCHED desde el AP, B_FRACH se incrementa en 1 hasta un valor máximo de 7. El parámetro RESPUESTA DEL FRACH se incluye en un elemento de ACF de la Baliza. Durante cualquier FRACH, la STA coge una ranura del FRACH con probabilidad $(N_FRACH)^{-1*2^{B_FRACH}}$.

Si ningún periodo del FRACH es planificado por el AP, las STA de MIMO pueden competir durante el periodo de

competición protegida durante el SCAP, usando reglas de EDCA.

Los expertos en la técnica entenderán que la información y las señales pueden representarse usando cualquiera entre una gran variedad de distintas tecnologías y técnicas. Por ejemplo, los datos, instrucciones, comandos, información, señales, bits, símbolos y segmentos que pueden mencionarse a lo largo de la descripción anterior pueden representarse por voltajes, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticas, campos o partículas ópticos, o cualquier combinación de los mismos.

Los expertos apreciarán adicionalmente que los diversos bloques lógicos ilustrativos, módulos, circuitos y etapas de algoritmos descritos con relación a las realizaciones reveladas en el presente documento pueden implementarse como hardware electrónico, software de ordenador o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, diversos componentes ilustrativos, bloques, módulos, circuitos y etapas han sido descritos anteriormente en general, en términos de su funcionalidad. Si tal funcionalidad se implementa como hardware o software depende de la aplicación específica y las restricciones de diseño impuestas sobre el sistema global. Los artesanos expertos pueden implementar la funcionalidad descrita de maneras variables para cada aplicación específica, pero tales decisiones de implementación no deberían interpretarse como causantes de un alejamiento del alcance de la presente invención.

Los diversos bloques lógicos ilustrativos, módulos y circuitos descritos con relación a las realizaciones reveladas en el presente documento pueden implementarse o llevarse a cabo con un procesador de propósito general, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), una formación de compuertas programables en el terreno (FPGA) u otro dispositivo lógico programable, compuerta discreta o lógica de transistor, componentes de hardware discretos, o cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador pero, como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador convencional, controlador, microcontrolador o máquina de estados. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, p. ej., una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores conjuntamente con un núcleo de DSP, o cualquier otra configuración de ese tipo.

Las etapas de un procedimiento o algoritmo descritas con relación a las realizaciones reveladas en el presente documento pueden realizarse 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, disco rígido, un disco extraíble, un CD-ROM, o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. Un medio de almacenamiento ejemplar está acoplado al procesador de modo tal que el procesador pueda leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. Como alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el 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.

Los encabezamientos se incluyen en el presente documento para referencia y para ayudar a localizar diversas secciones. Estos encabezamientos no están concebidos para limitar el alcance de los conceptos descritos con respecto a los mismos. Tales conceptos pueden tener aplicabilidad a lo largo de la especificación entera.

La anterior descripción de las realizaciones reveladas se proporciona para permitir a cualquier persona experta en la técnica hacer o usar la presente invención. Diversas modificaciones de estas realizaciones serán inmediatamente evidentes a los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otras realizaciones sin apartarse del espíritu o el alcance de la invención. Así, la presente invención no está concebida para limitarse a las realizaciones mostradas en el presente documento, sino que debe concedérsele el más amplio alcance coherente con los principios y características novedosas revelados en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para su uso en un sistema que comprende un canal de transmisión que puede admitir acceso por parte de uno o más dispositivos que se comunican según un primer formato de transmisión, y uno o más dispositivos que se comunican según un segundo formato de transmisión, comprendiendo el aparato:
- 5 medios para transmitir una señal (3245) por un canal de transmisión, según el primer formato de transmisión, para reservar el canal de transmisión durante un lapso (3250);
- en el cual el lapso reservado corresponde a un primer intervalo según el primer formato de transmisión, e incluye al menos un segundo intervalo (3260) según el segundo formato de transmisión; y
- 10 medios para comunicarse según el segundo formato de transmisión durante al menos dicho segundo intervalo (3260) del lapso reservado.
2. Un procedimiento para la interoperación por un canal de transmisión entre uno o más dispositivos comunicándose según un primer formato de transmisión y uno o más dispositivos comunicándose según un segundo formato de transmisión, comprendiendo el procedimiento:
- 15 transmitir una señal (3245) por el canal de transmisión, según el primer formato de transmisión, para reservar el canal de transmisión durante un lapso (3250);
- en donde el lapso reservado corresponde a un primer intervalo según el primer formato de transmisión, e incluye al menos un segundo intervalo (3260) según el segundo formato de transmisión; y
- comunicarse según el segundo formato de transmisión durante al menos dicho segundo intervalo (3260) del lapso reservado.
- 20 3. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente competir por el acceso según el primer formato de transmisión antes de transmitir la señal para reservar.
4. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende adicionalmente:
- solicitar acceso al canal de transmisión; y
- recibir una adjudicación en respuesta a la solicitud.
- 25 5. El procedimiento de la reivindicación 2, en el cual el lapso reservado por señal es una Oportunidad de Transmisión, TXOP, según un protocolo del estándar 80.211 de IEEE.
6. El procedimiento de la reivindicación 2, en el cual la señal establece un periodo libre de competición.
7. El procedimiento de la reivindicación 2, en el cual la transmisión de una señal para reservar el canal de transmisión por un lapso comprende adicionalmente transmitir un mensaje de Solicitud para Enviar, RTS, indicando el mensaje de
- 30 RTS un lapso de transmisión.
8. El procedimiento de la reivindicación 2, en el cual la transmisión de una señal para reservar el canal de transmisión por un lapso comprende adicionalmente transmitir un mensaje de Listo para Enviar, CTS, indicando el mensaje de CTS un lapso de transmisión.
9. El procedimiento de la reivindicación 2, en el cual el primer formato de transmisión es un formato del estándar 802.11 del IEEE.
- 35 10. El procedimiento de la reivindicación 2, en el cual el segundo formato de transmisión comprende un intervalo de trama del TDD, Duplexado por División del Tiempo, que comprende:
- un piloto;
- un sondeo consolidado;
- 40 cero o más tramas entre puntos de acceso y estaciones remotas, de acuerdo al sondeo consolidado;
- cero o más tramas entre estaciones remotas y puntos de acceso, de acuerdo al sondeo consolidado;
- cero o más tramas entre estaciones remotas y estaciones remotas, de acuerdo al sondeo consolidado; y
- cero o más segmentos de acceso aleatorio, de acuerdo al sondeo consolidado.

11. Un procedimiento según la reivindicación 2, en el cual la comunicación según el segundo formato de transmisión comprende:

transmitir un piloto desde una primera estación remota a una segunda estación remota de acuerdo al segundo protocolo de comunicación;

5 medir el piloto en la segunda estación remota y determinar la retroalimentación proveniente del mismo;

transmitir la retroalimentación desde la segunda estación remota a la primera estación remota; y

transmitir datos según el segundo formato de comunicación desde la primera estación remota a la segunda estación remota, de acuerdo a la retroalimentación.

10 12. Medio legible por ordenador que comprende instrucciones operables para hacer que un ordenador realice un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 11.

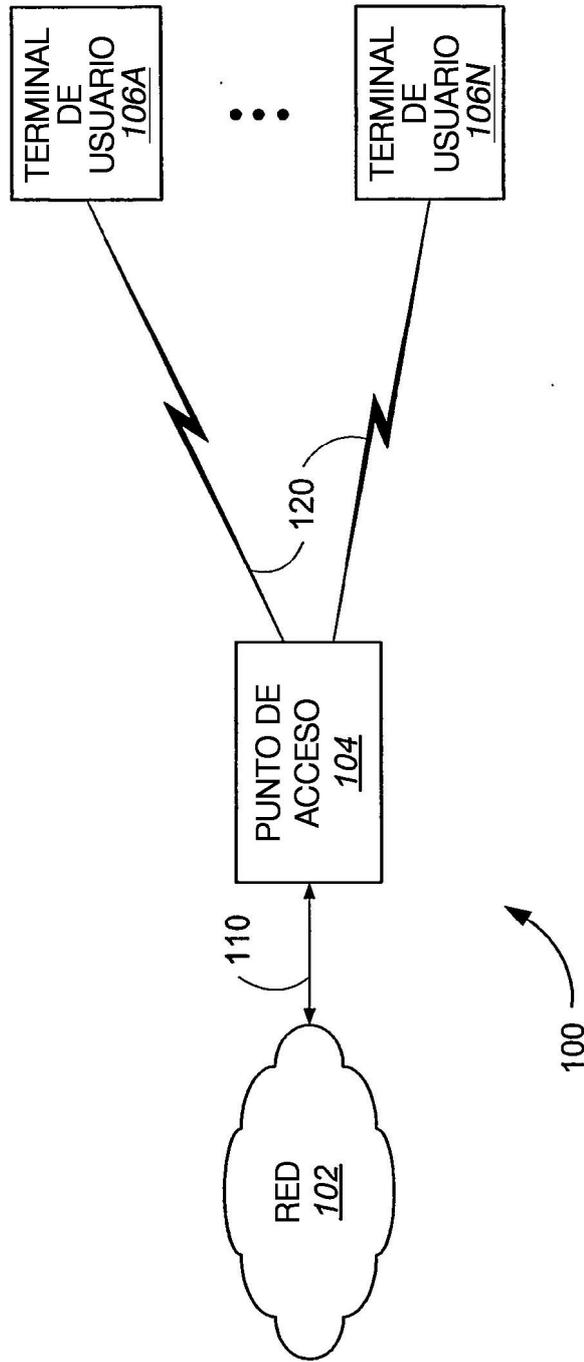


FIG. 1

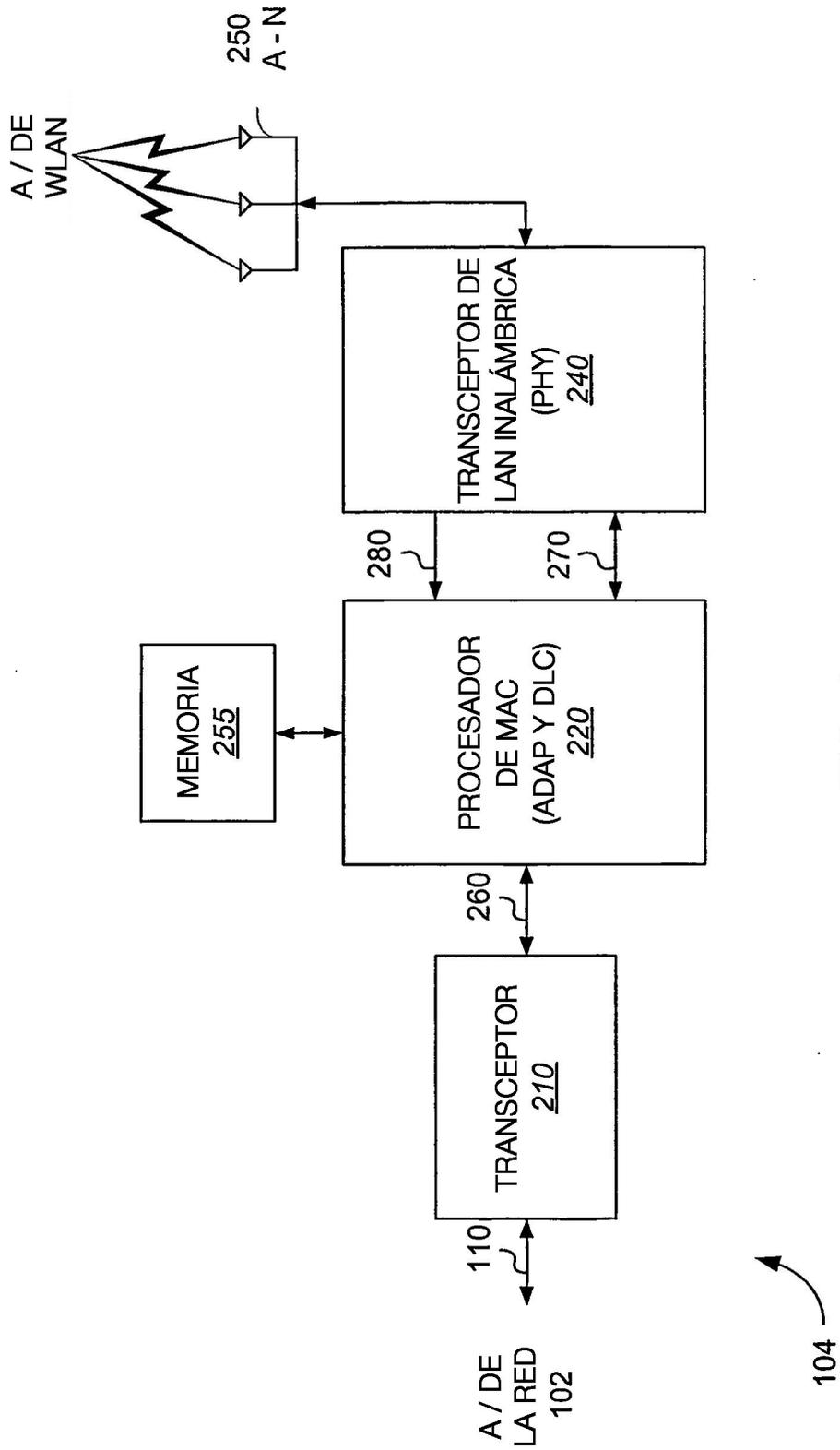
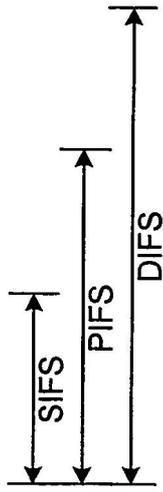
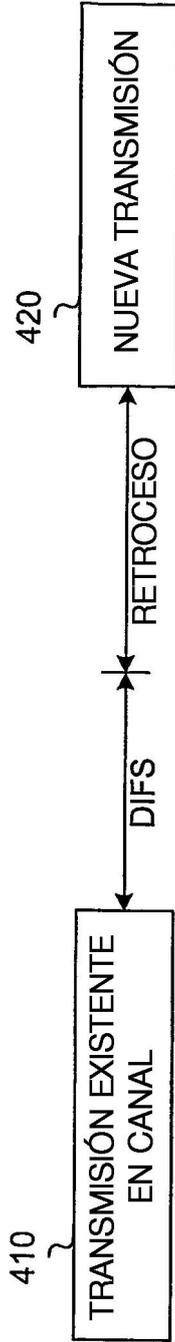


FIG. 2

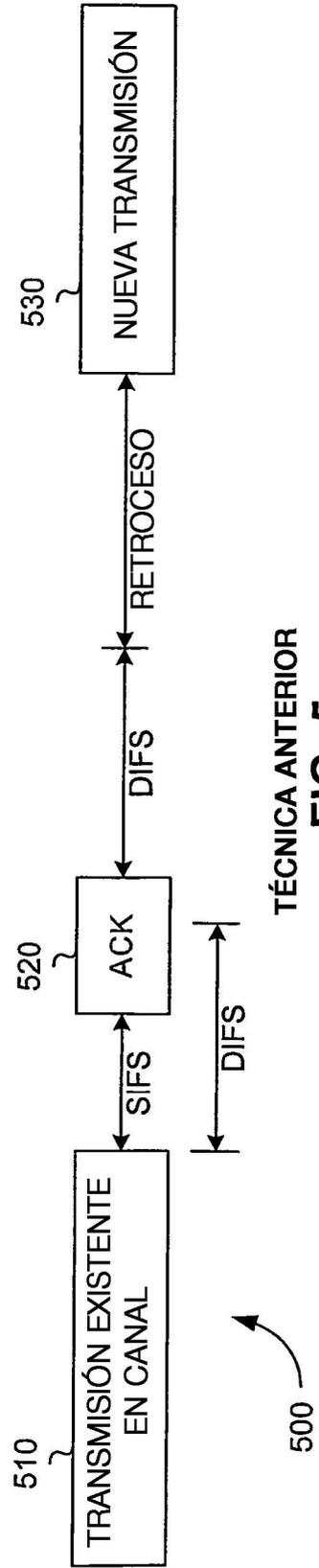
ESPACIO ENTRE TRAMAS 802.11



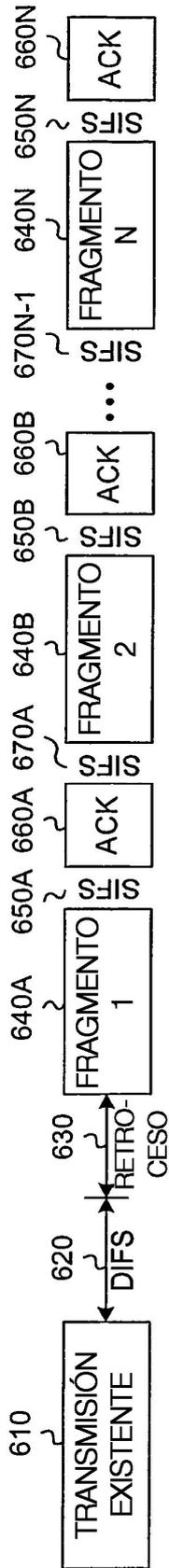
TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 3



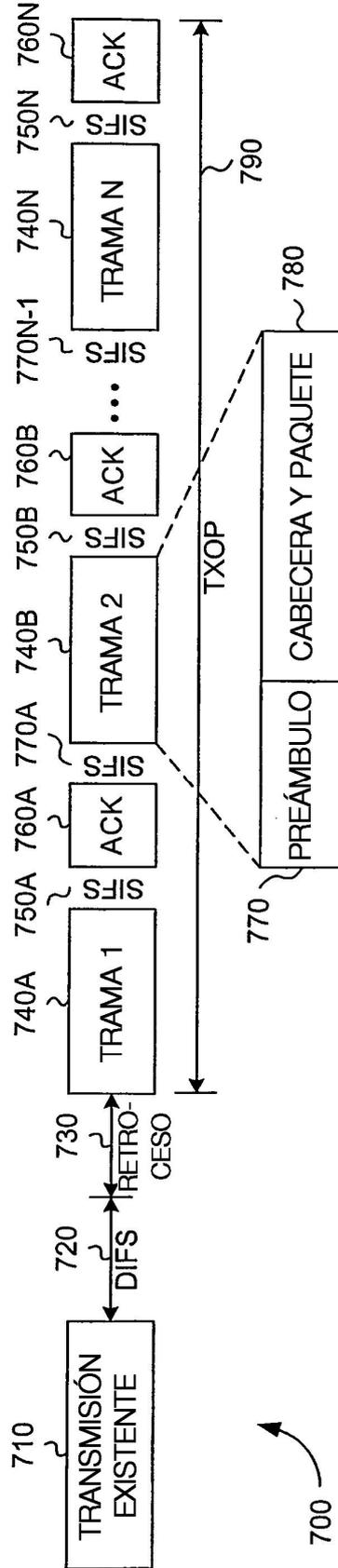
TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 4



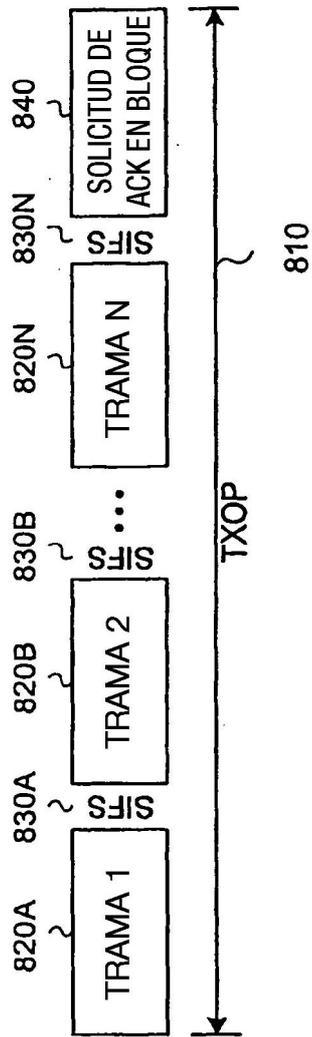
TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 5



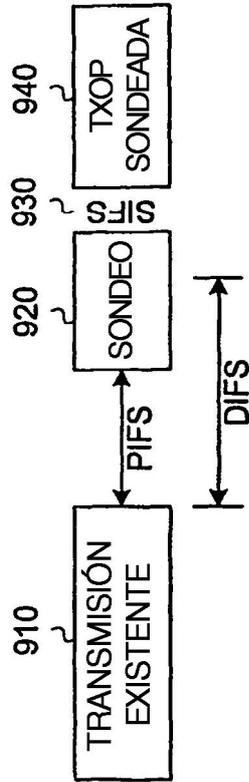
TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 6



TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 7



TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 8



TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 9

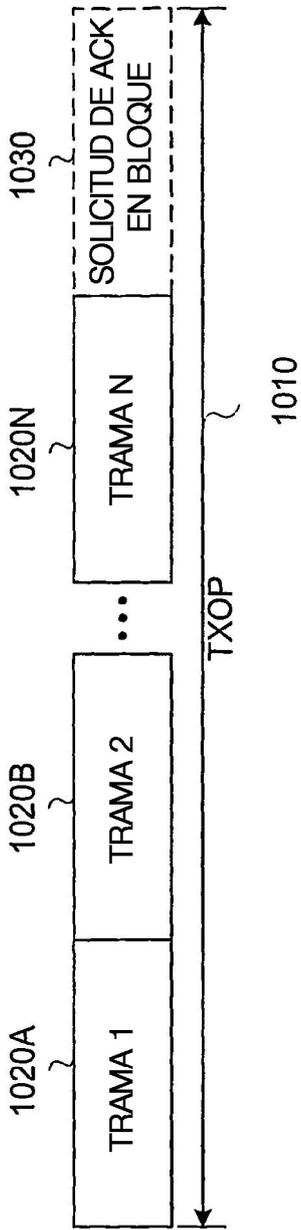


FIG. 10

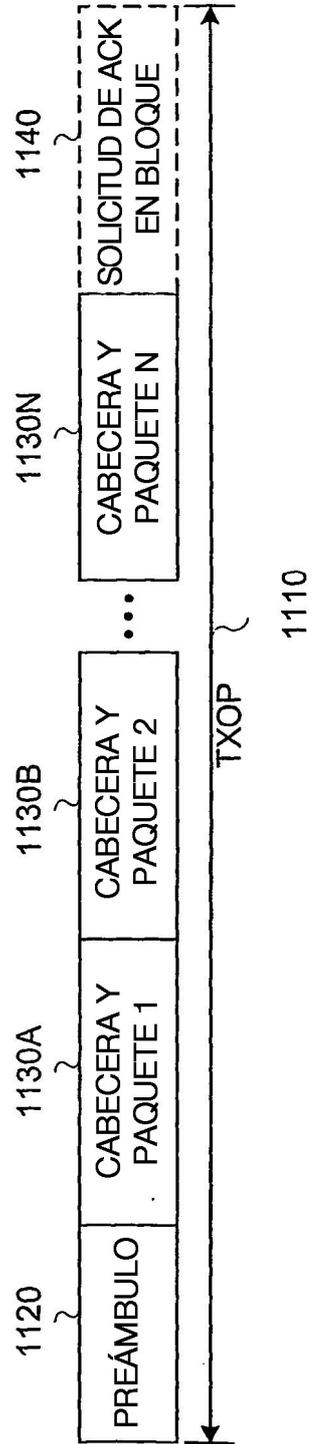


FIG. 11

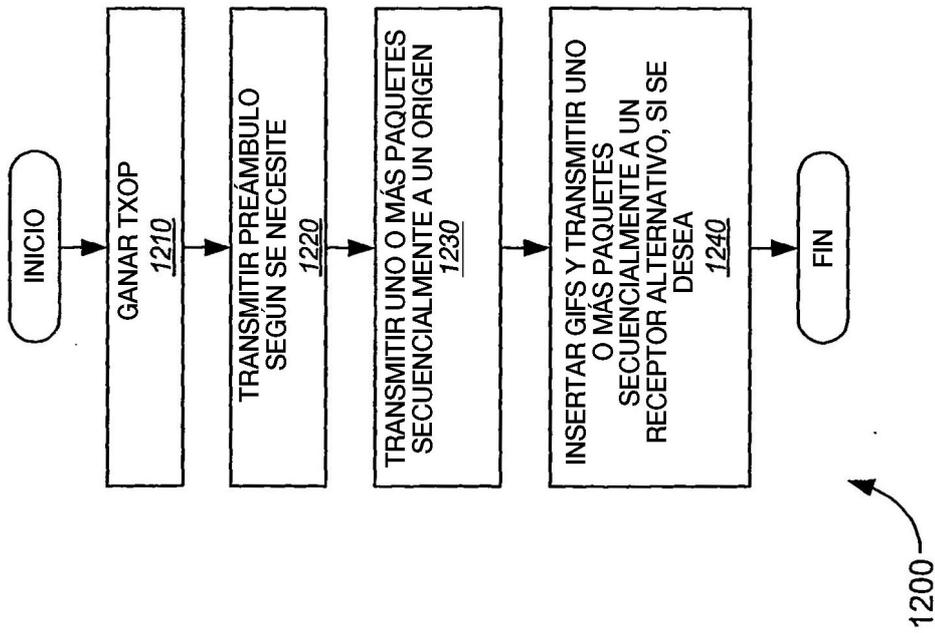


FIG. 12

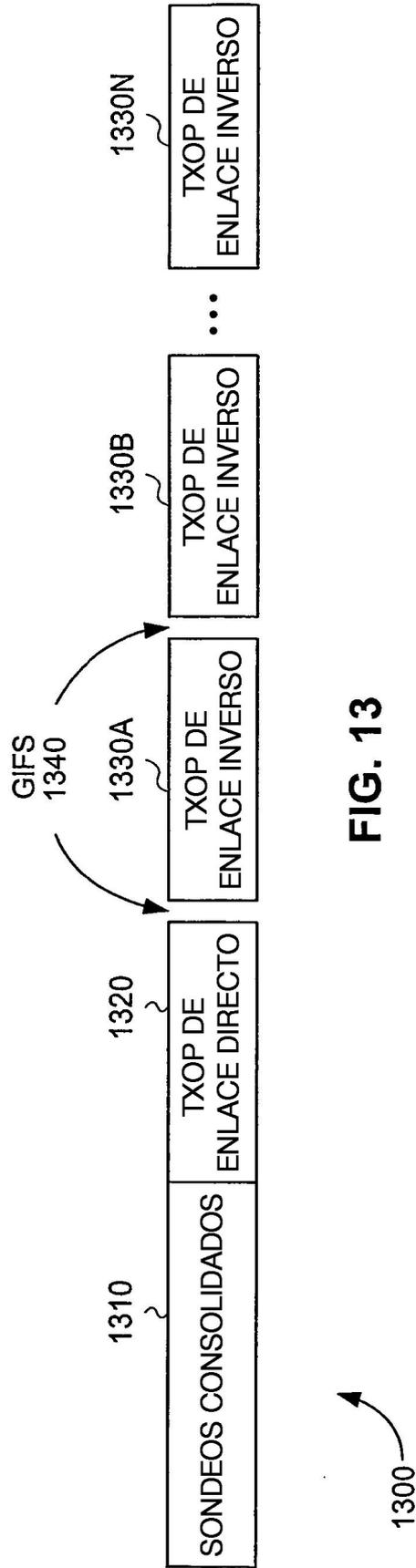


FIG. 13

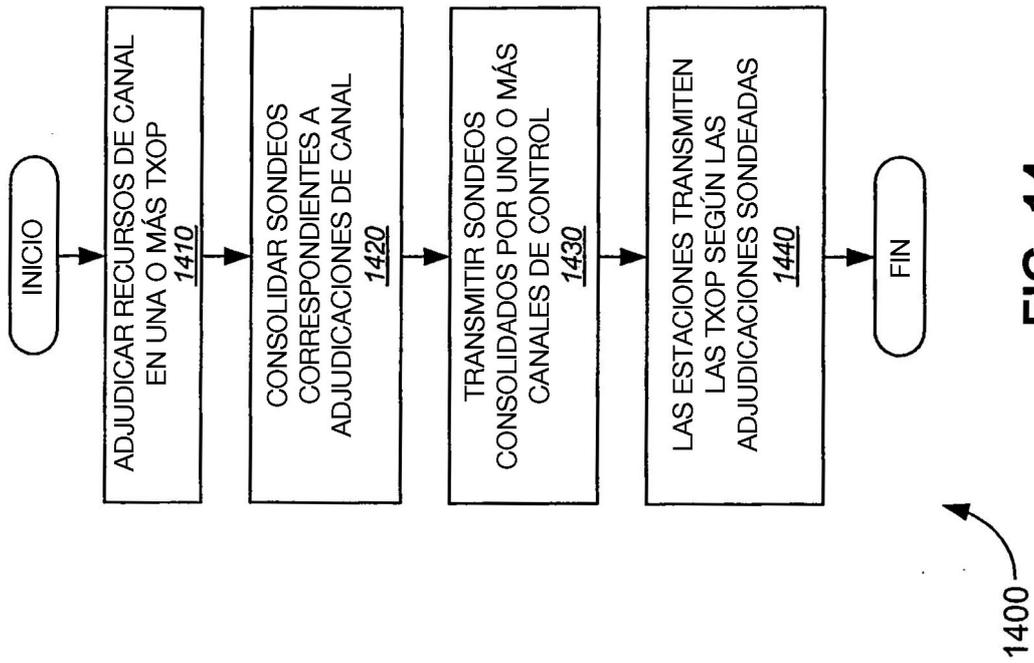


FIG. 14

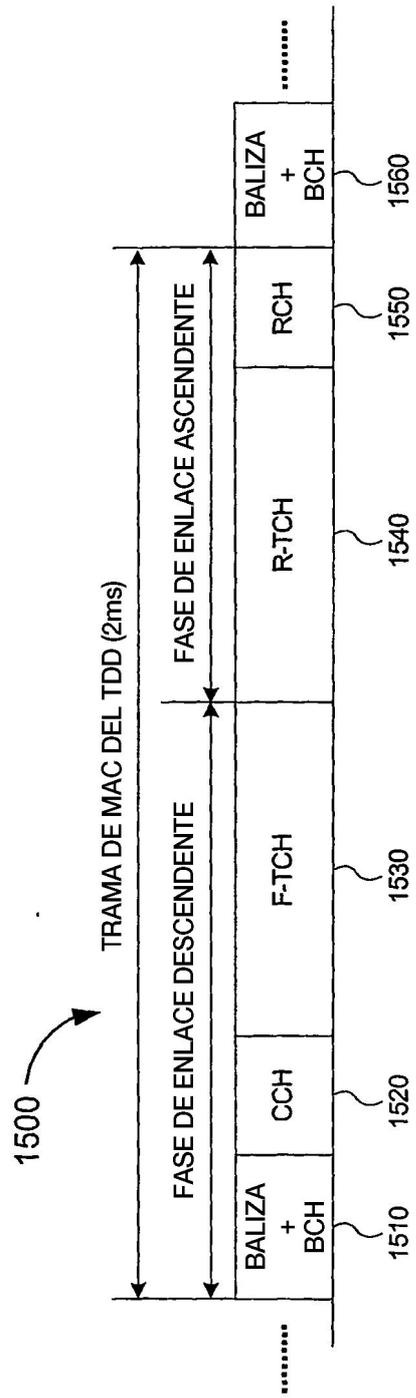


FIG. 15

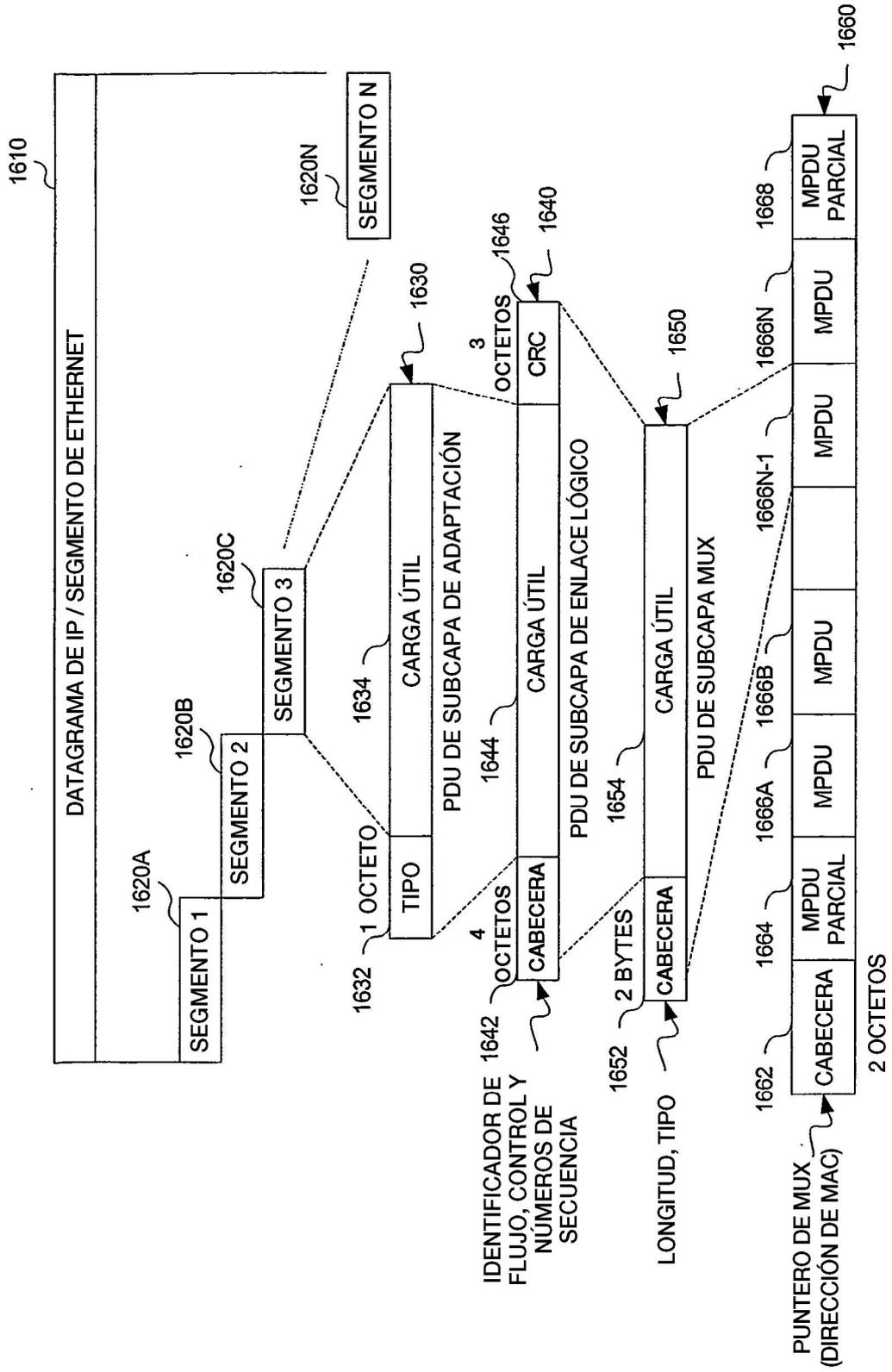


FIG. 16

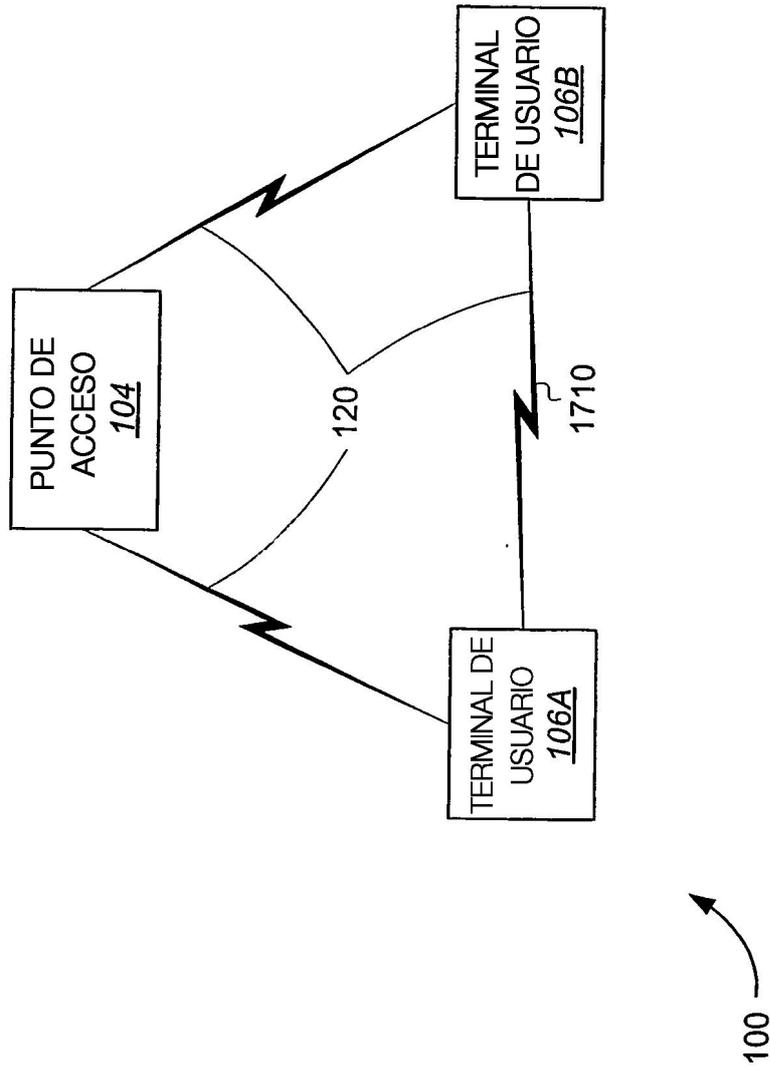
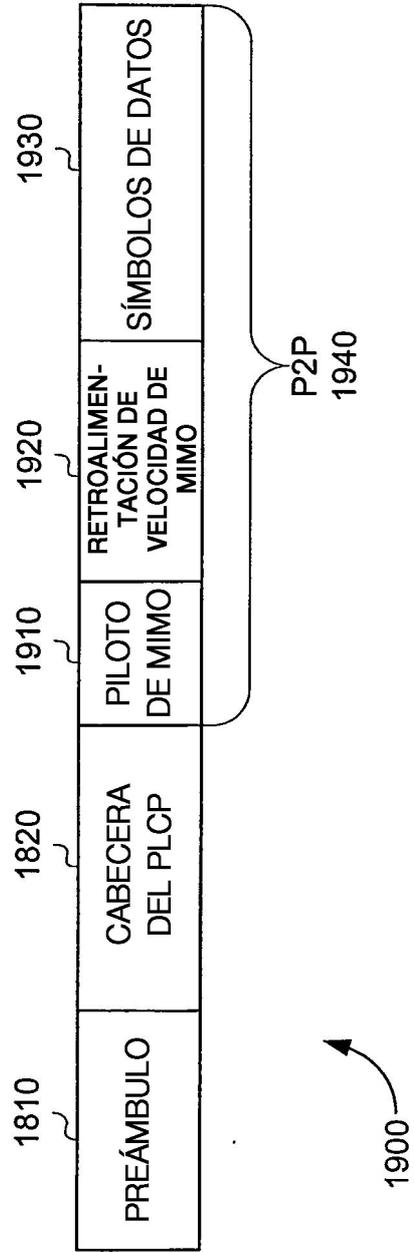


FIG. 17



1800 →
TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 18



1900 →
FIG. 19

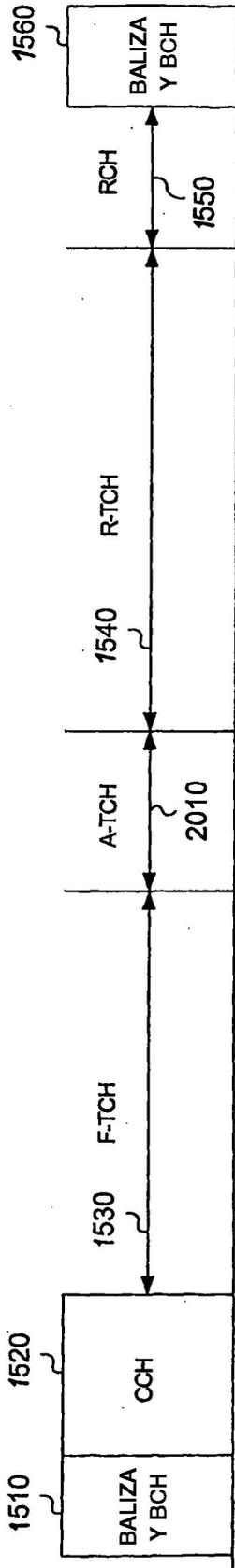


FIG. 20

2000

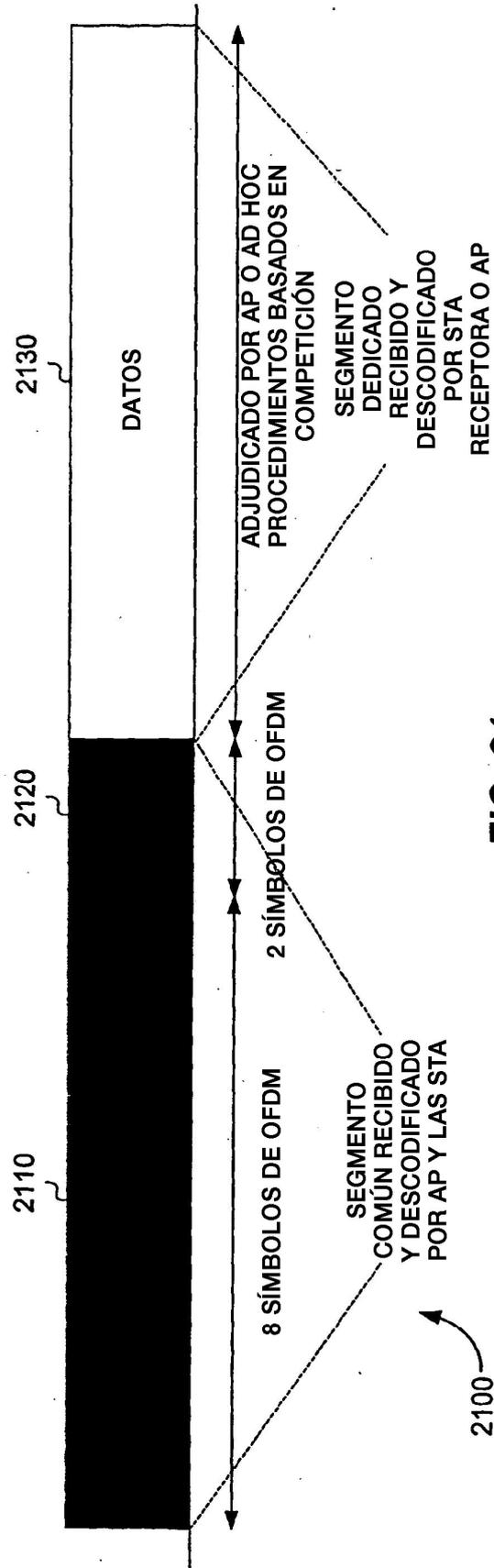


FIG. 21

2100

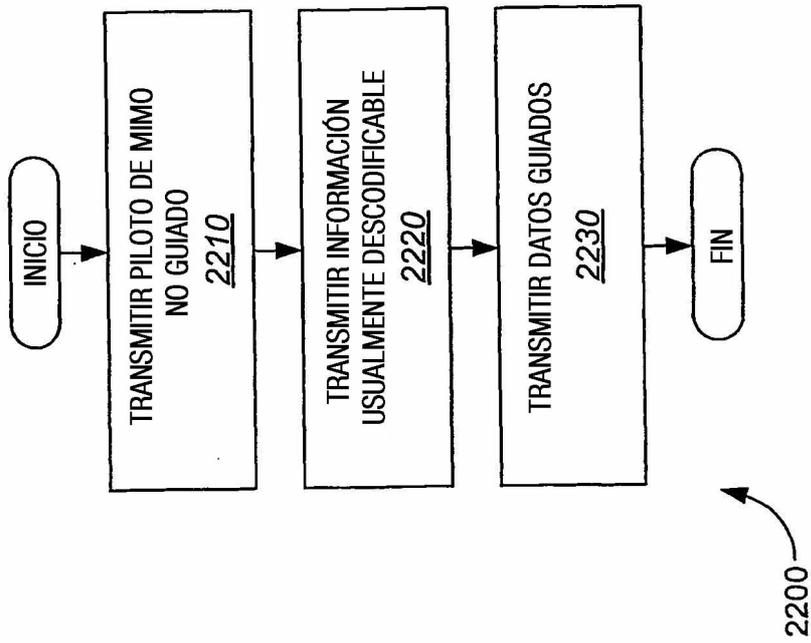


FIG. 22

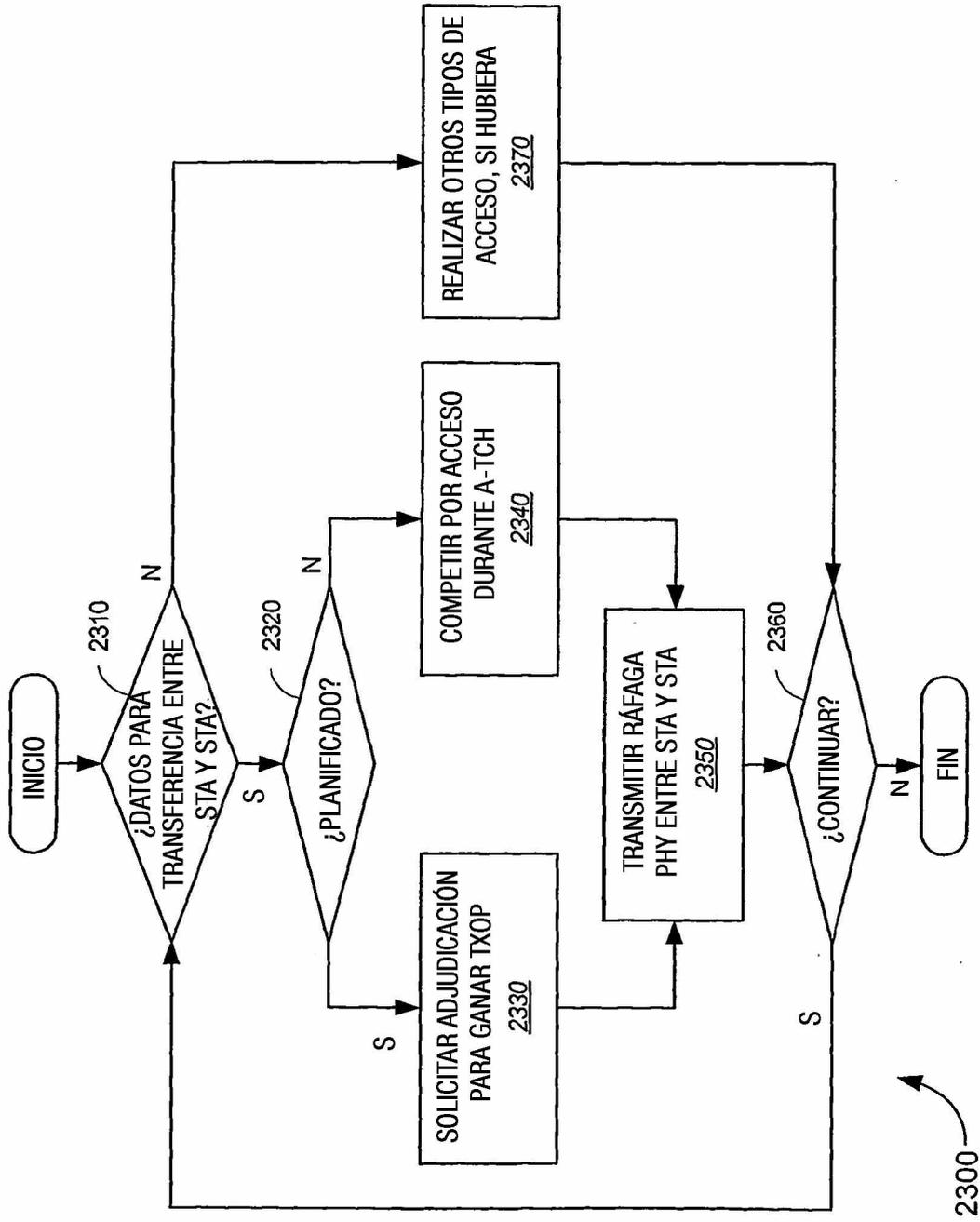


FIG. 23

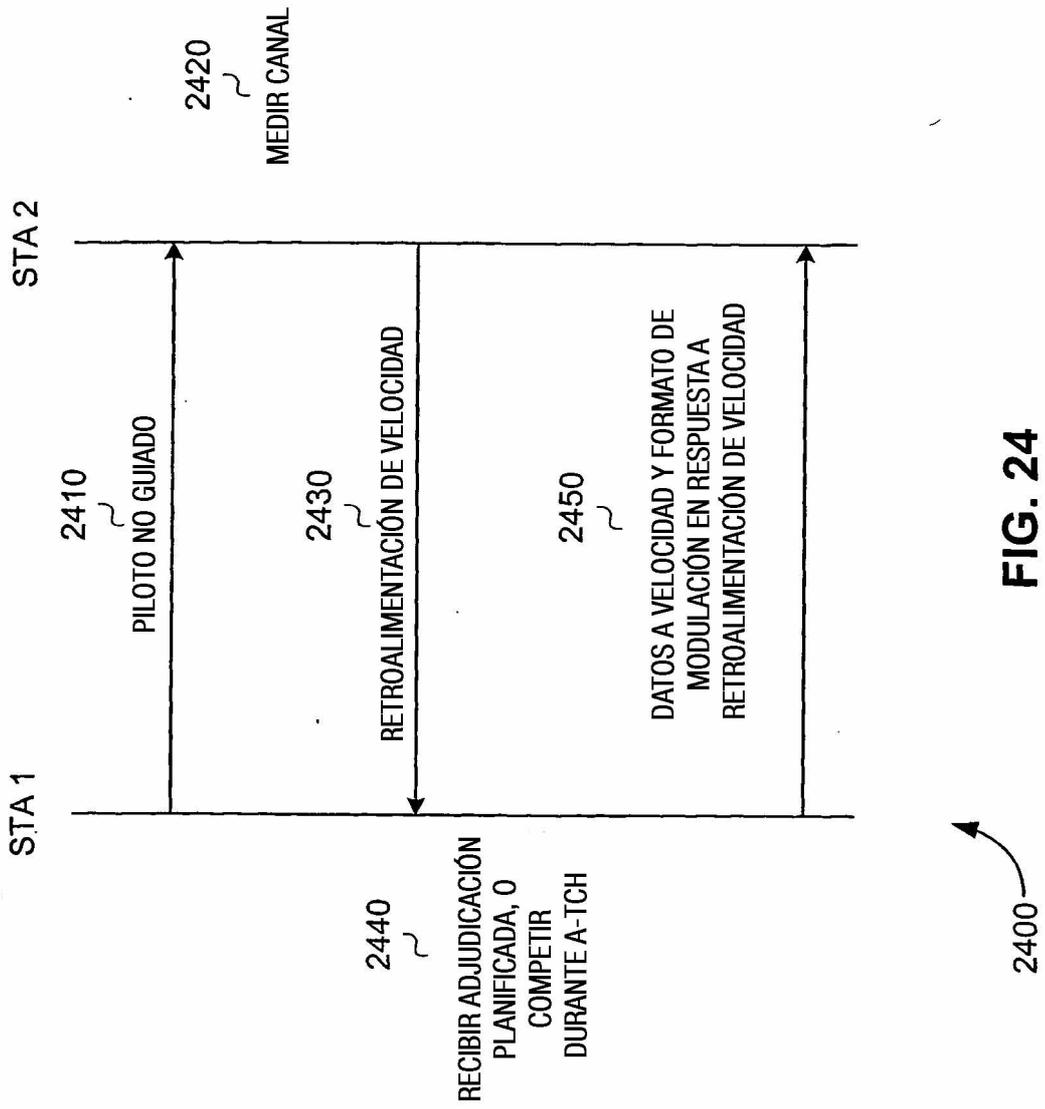


FIG. 24

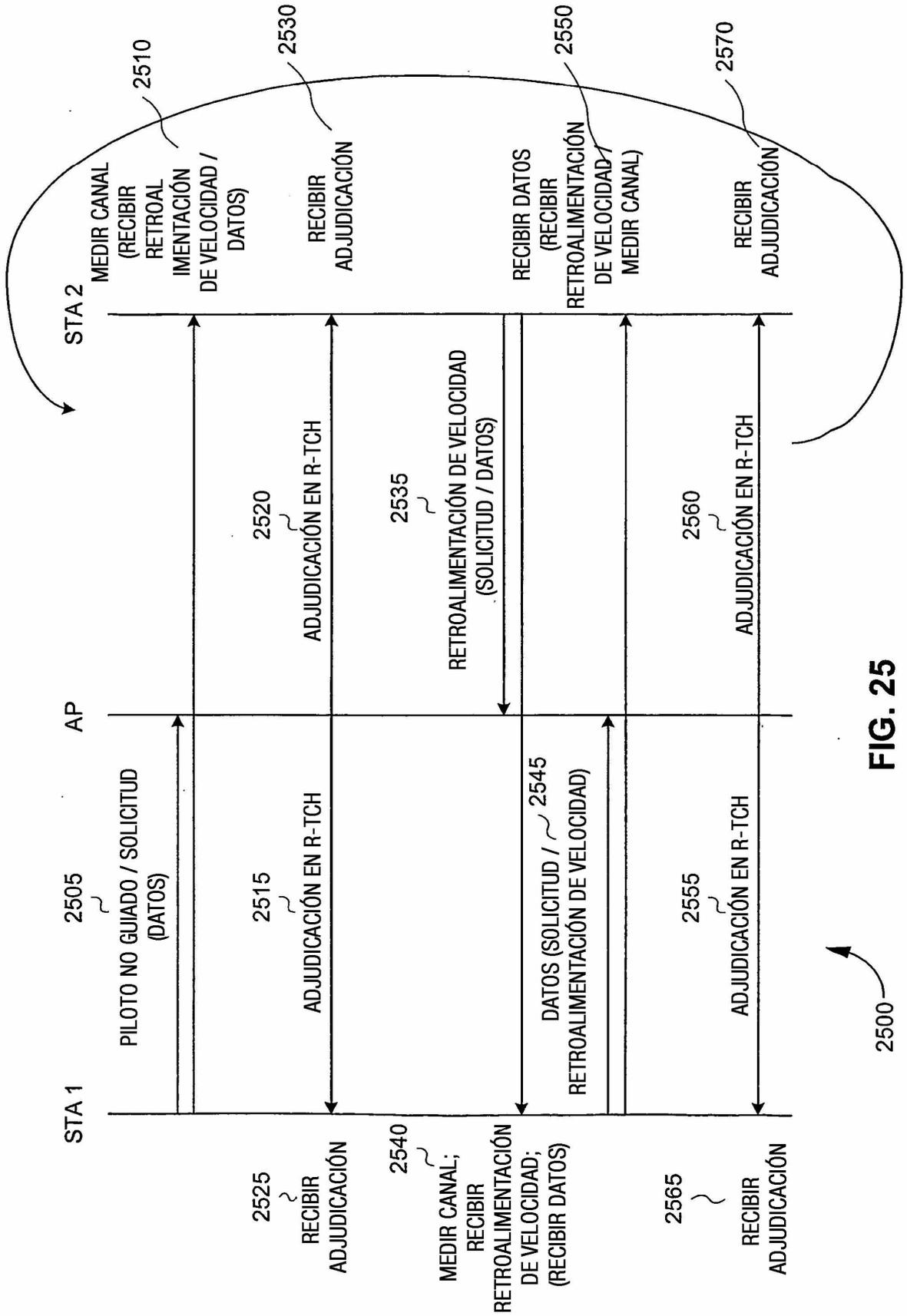


FIG. 25

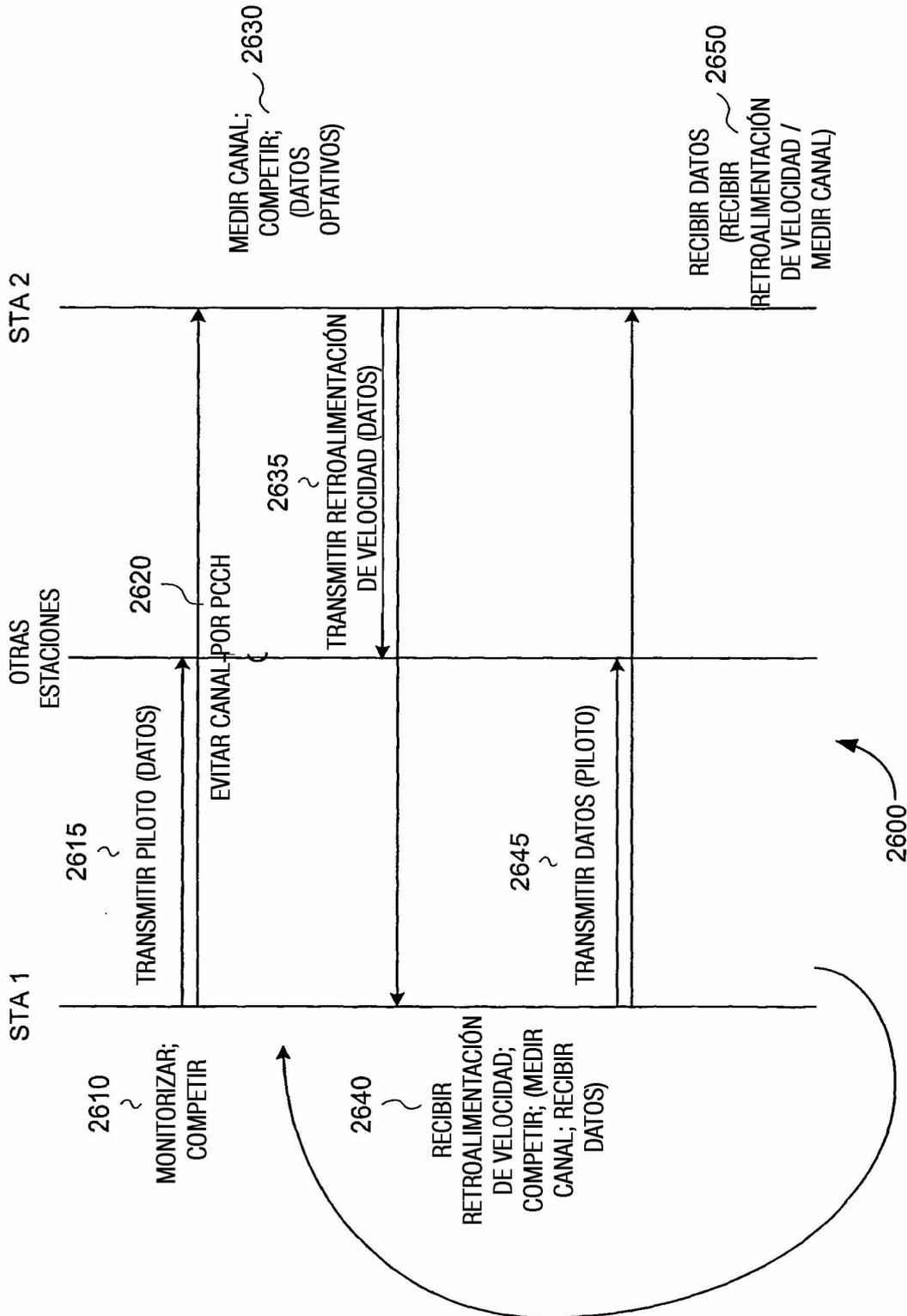


FIG. 26

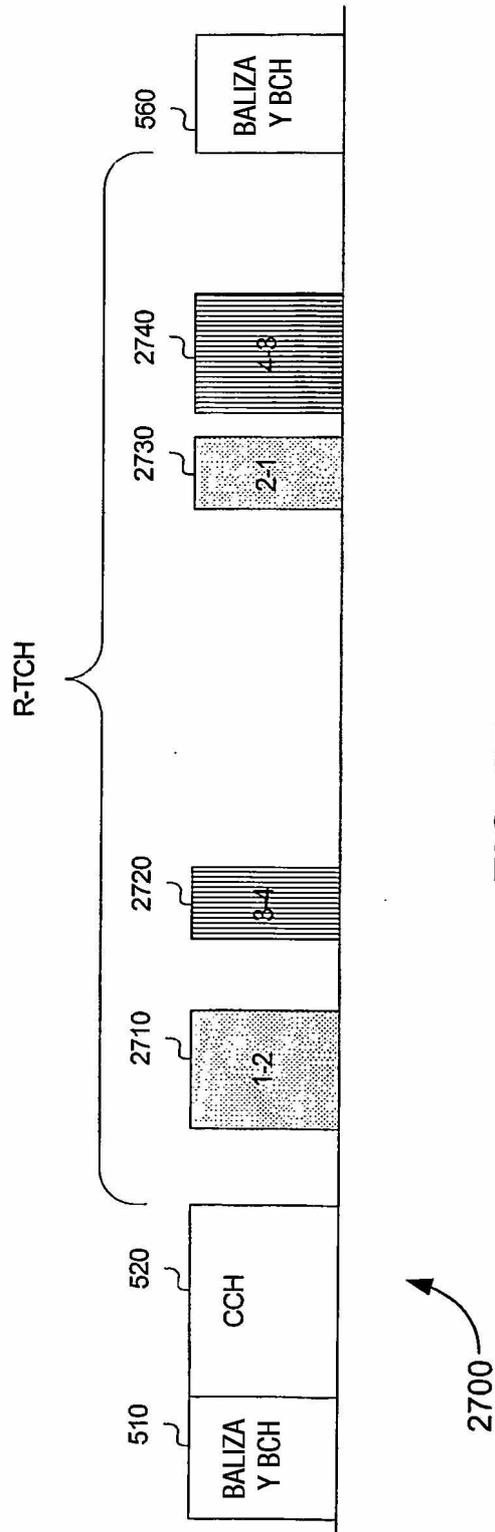


FIG. 27

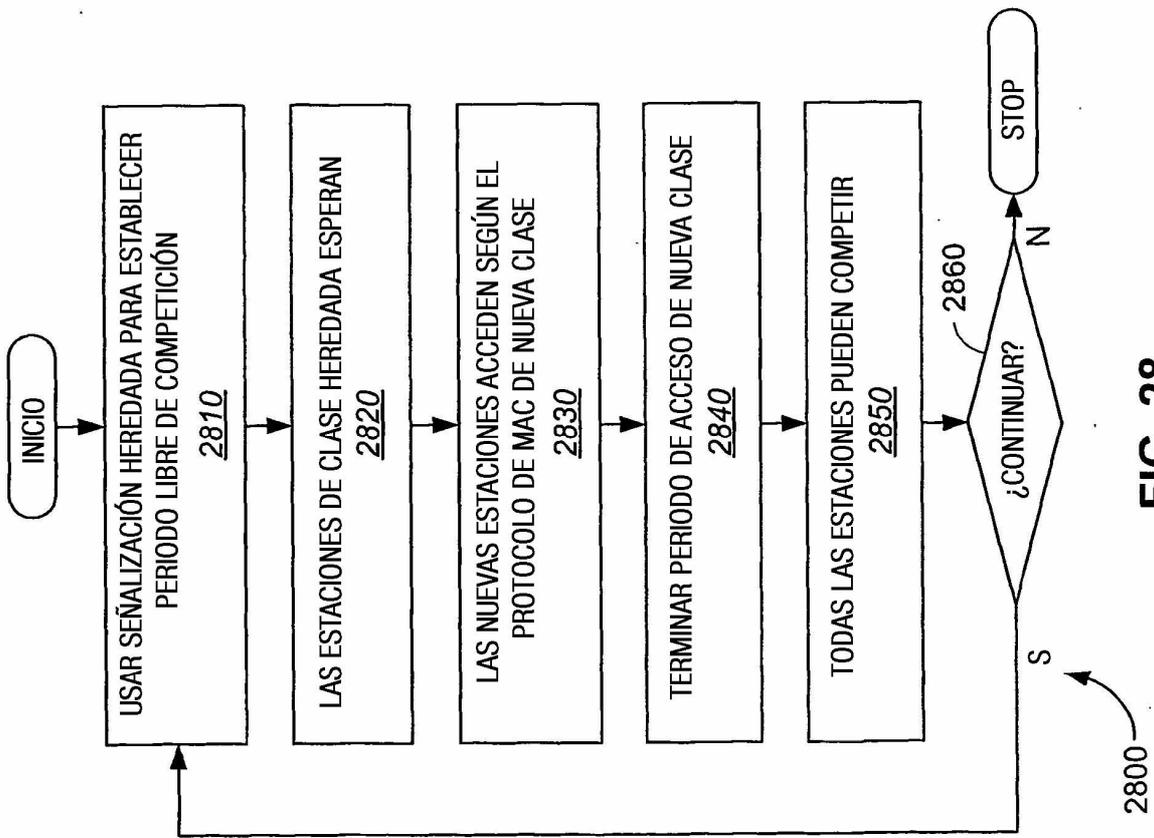


FIG. 28

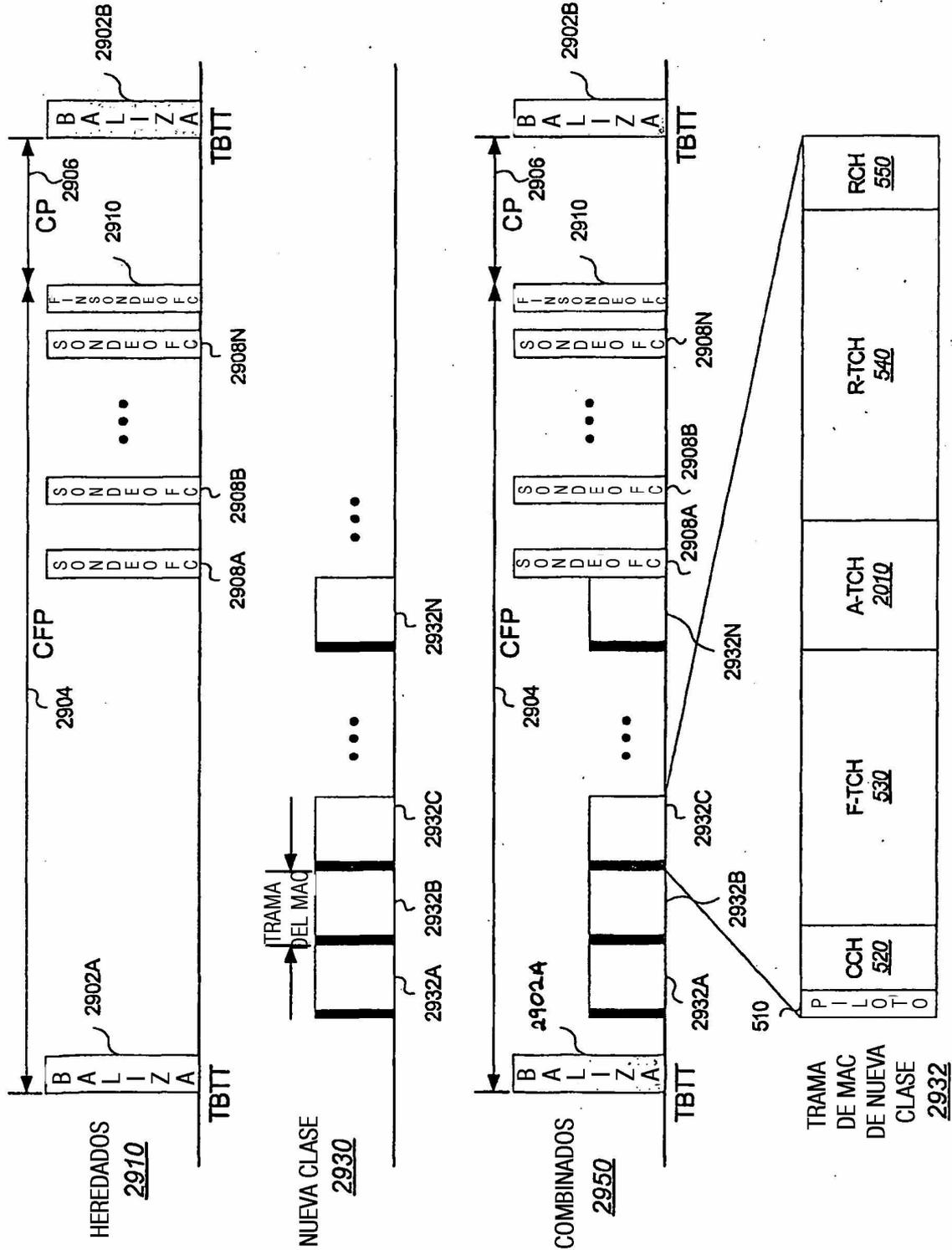
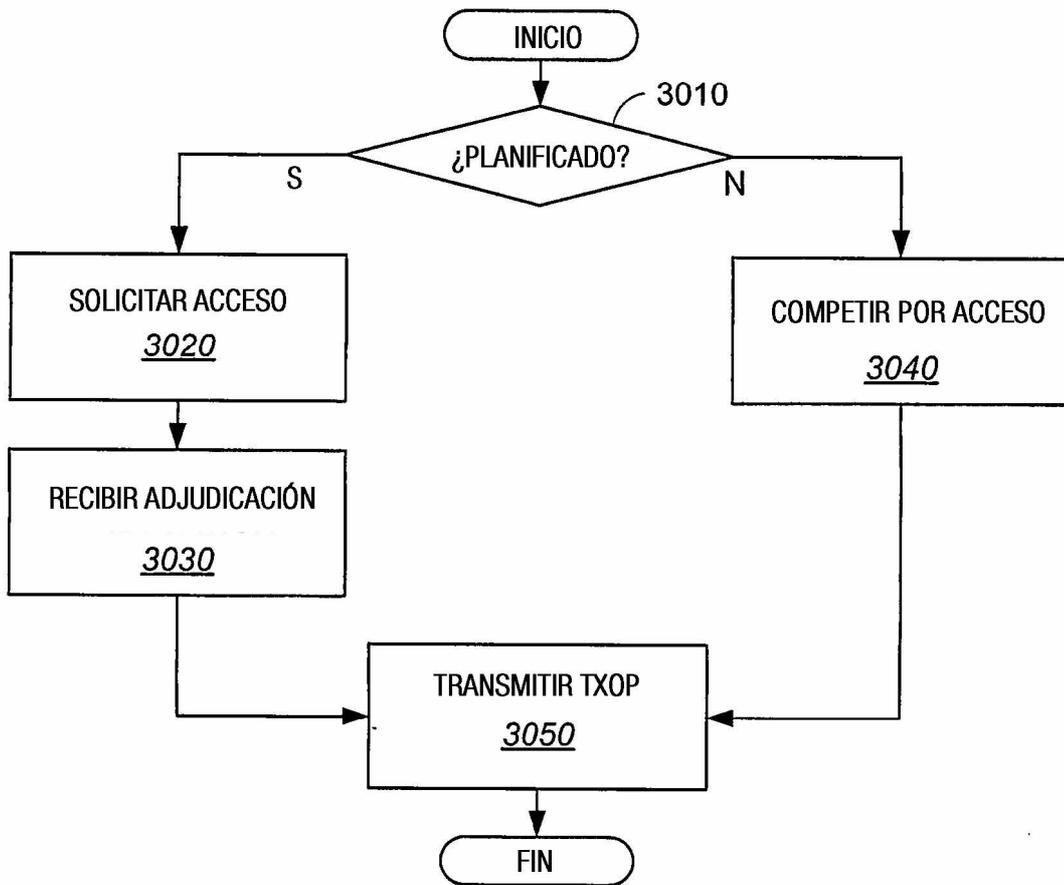
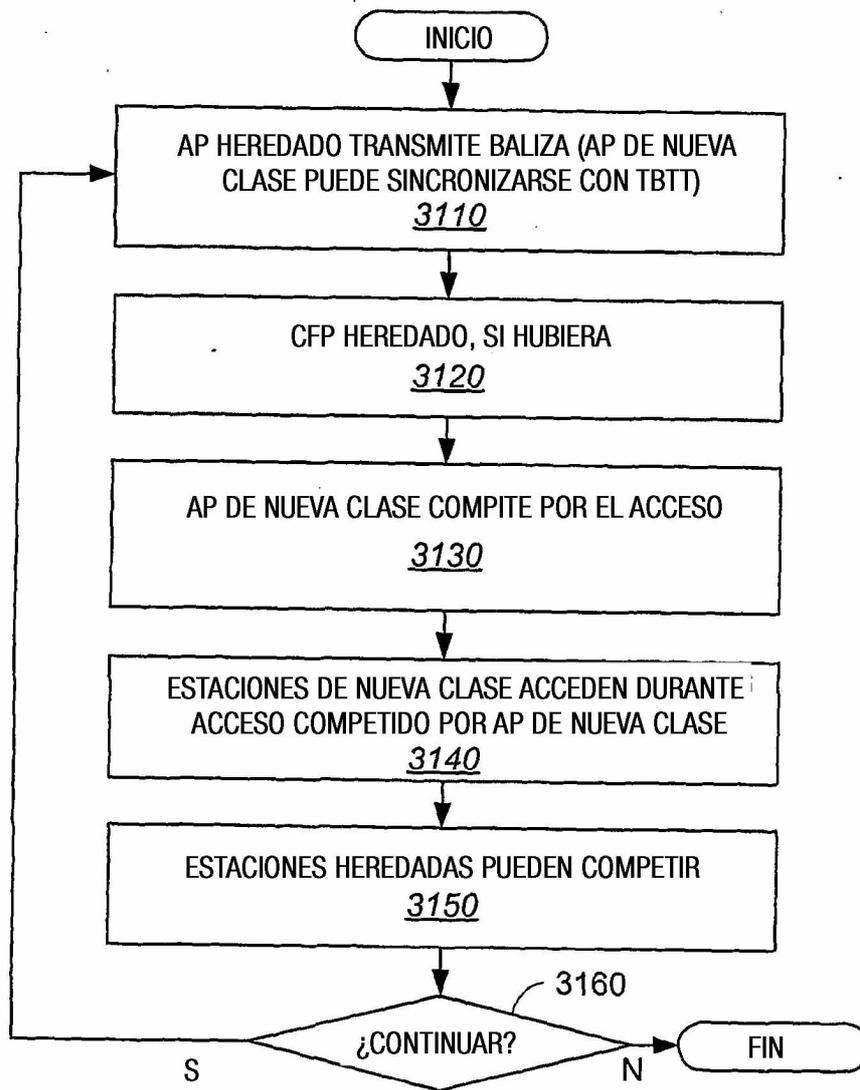


FIG. 29



3000 ↗

FIG. 30



3100

FIG. 31

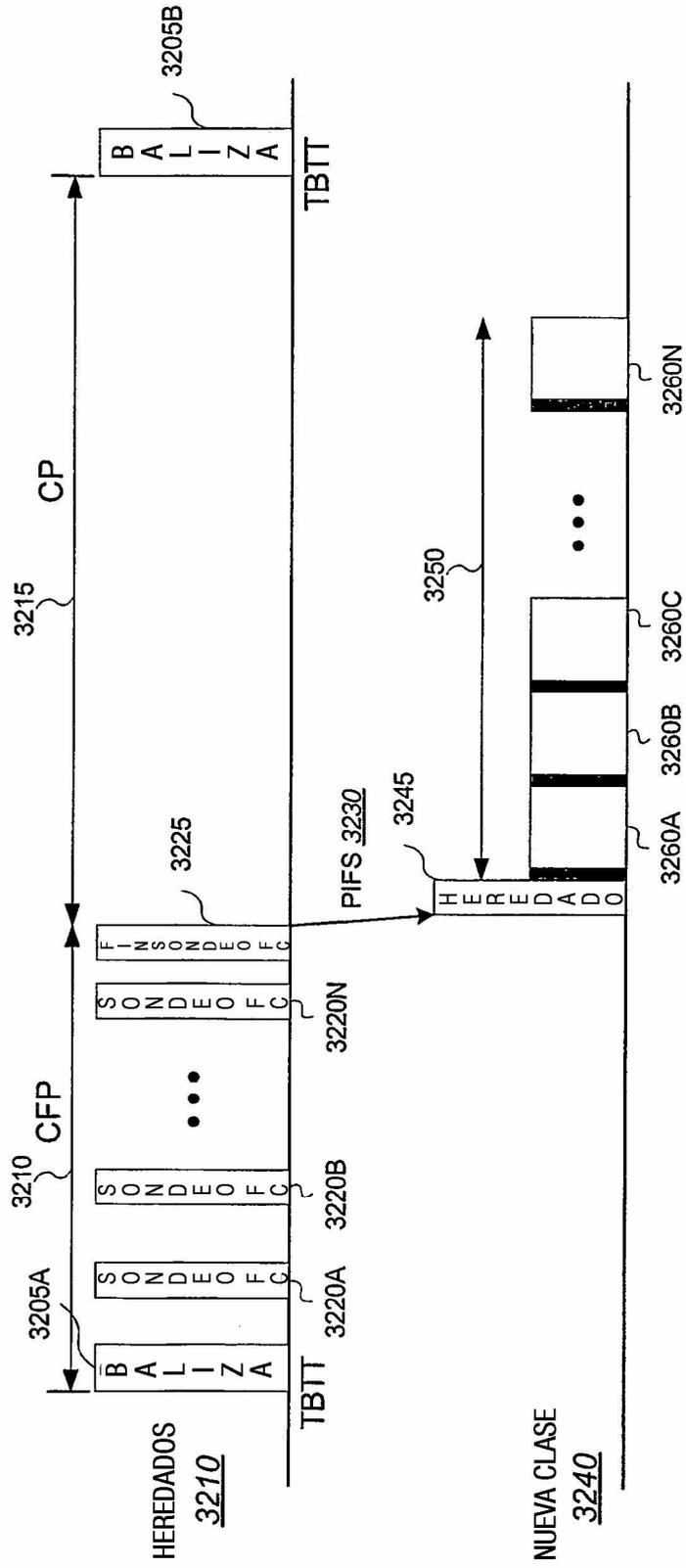


FIG. 32

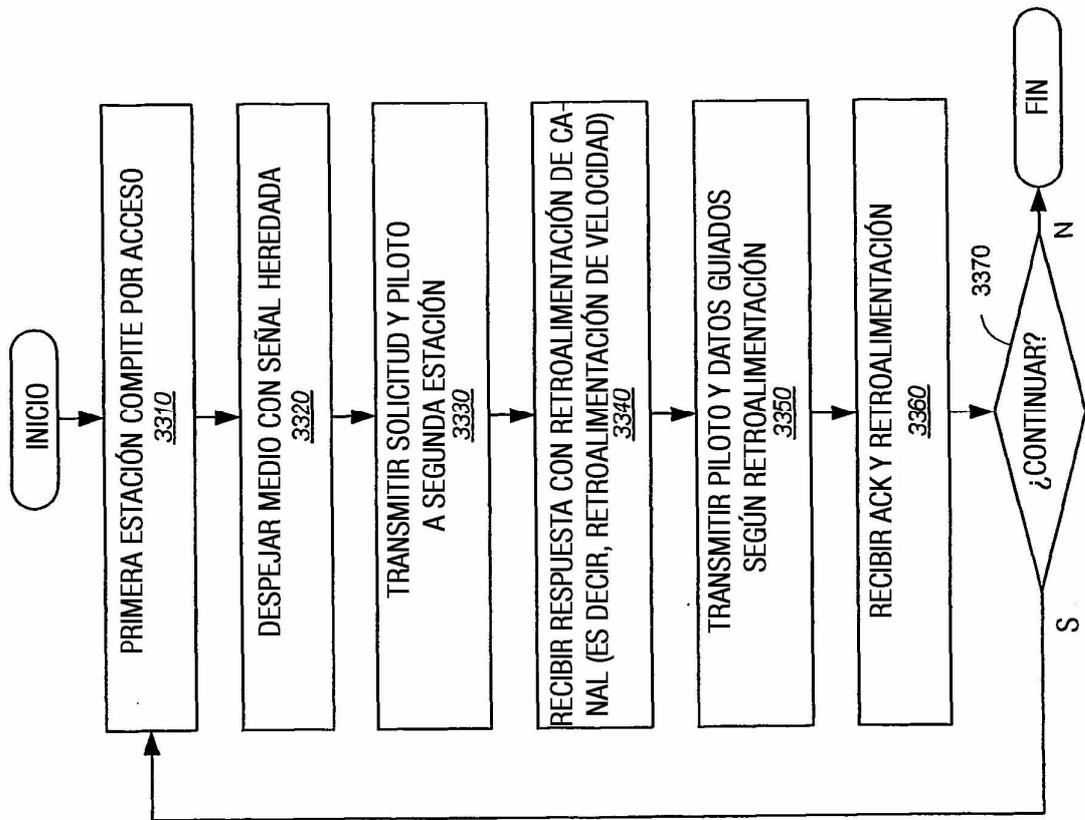


FIG. 33

3300

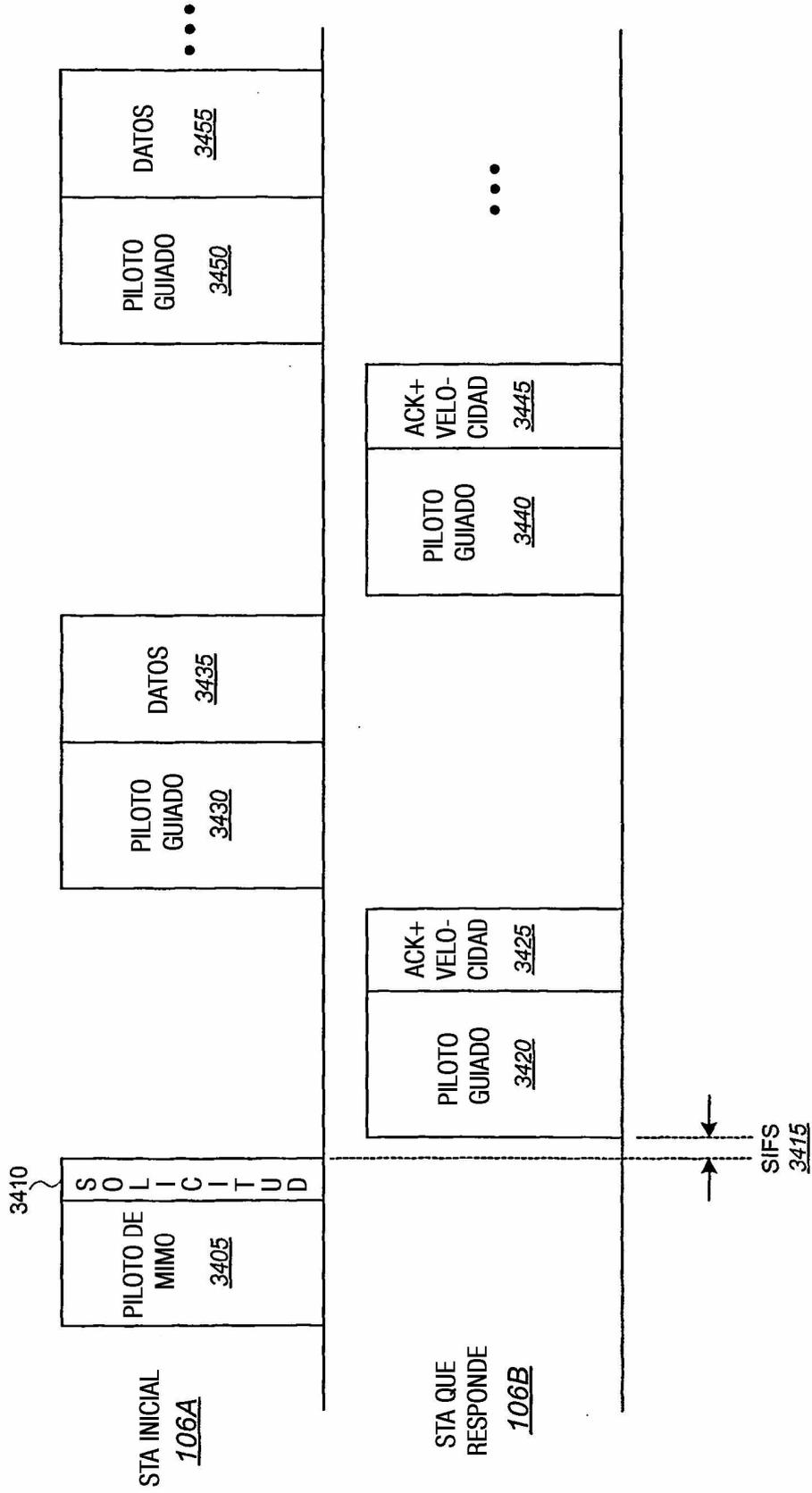


FIG. 34

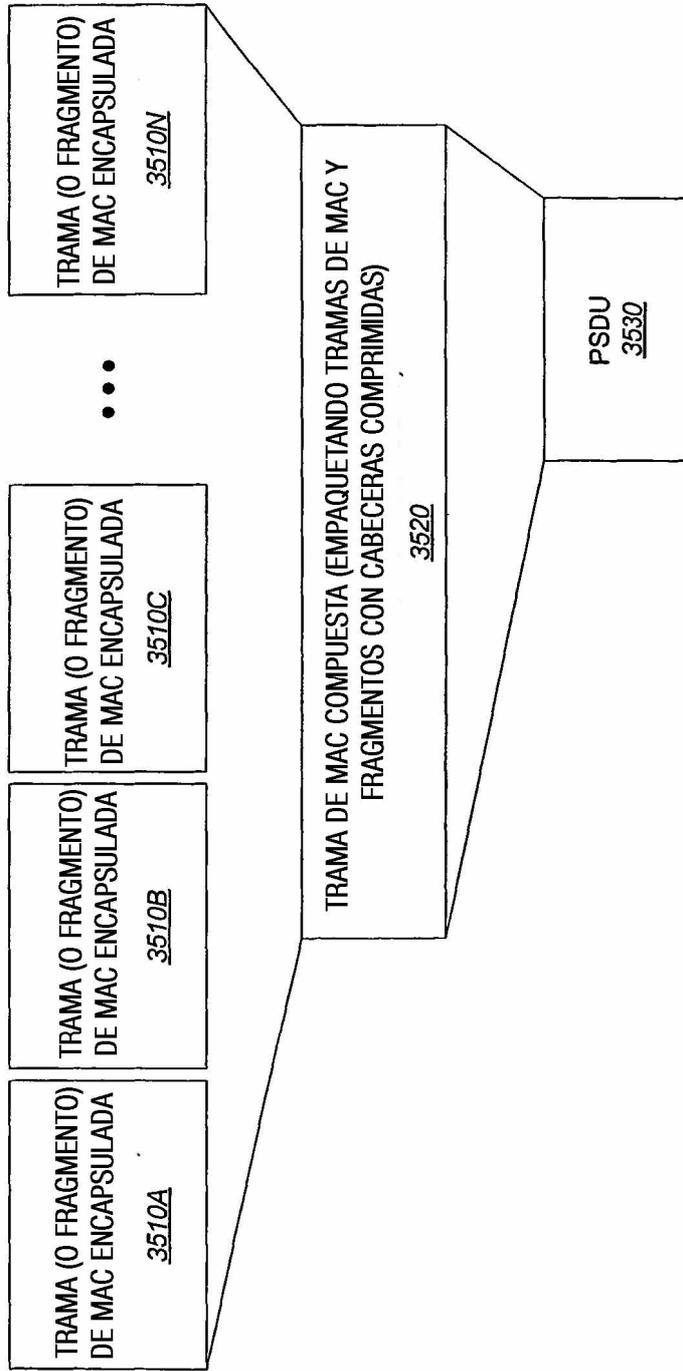
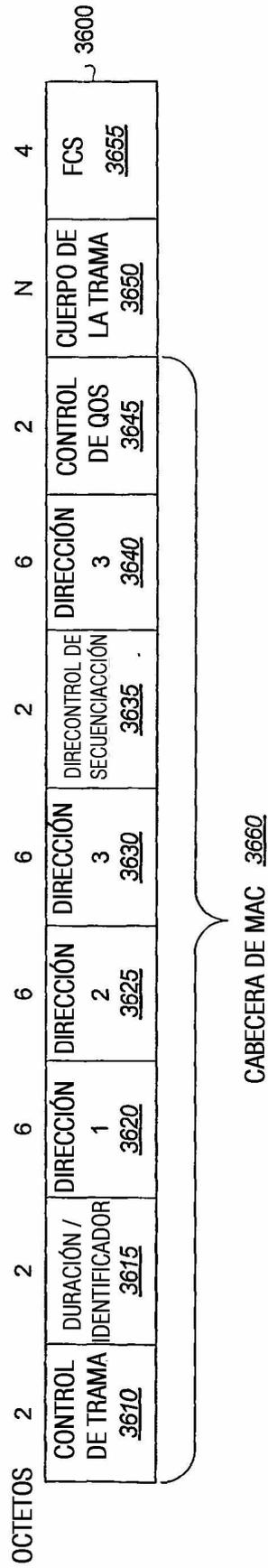


FIG. 35



TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 36

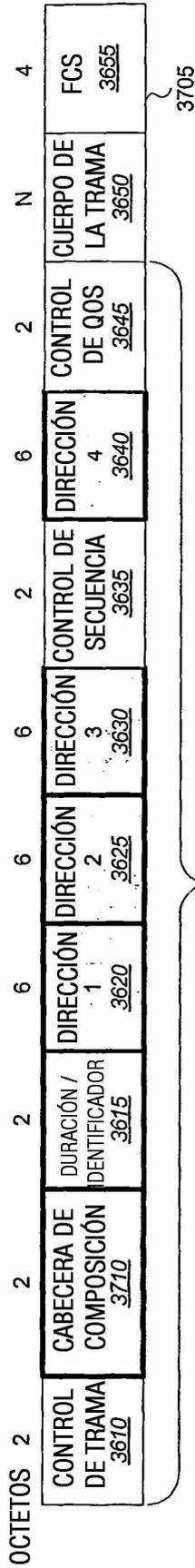


FIG. 37

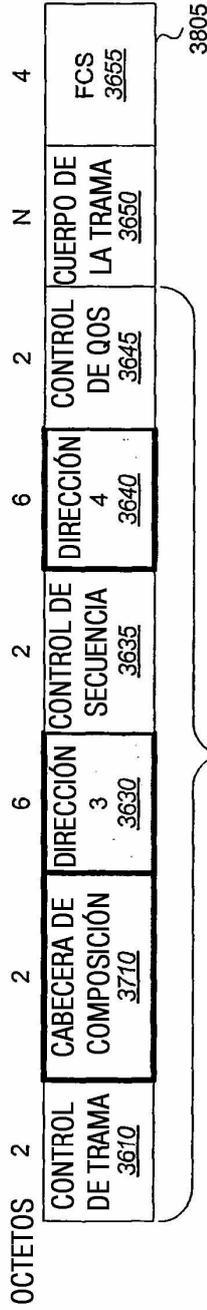


FIG. 38

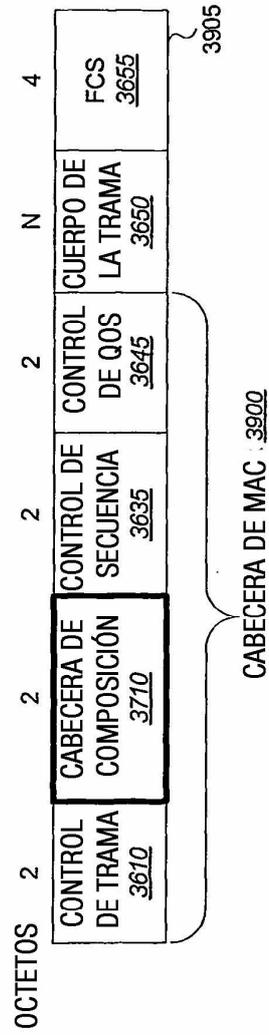


FIG. 39

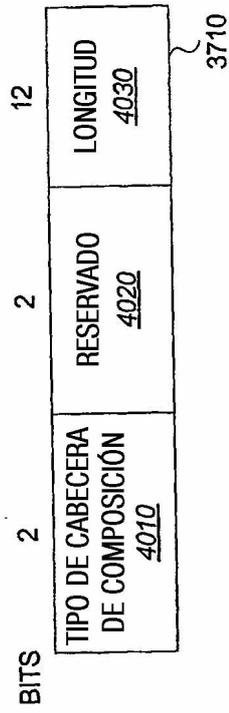


FIG. 40

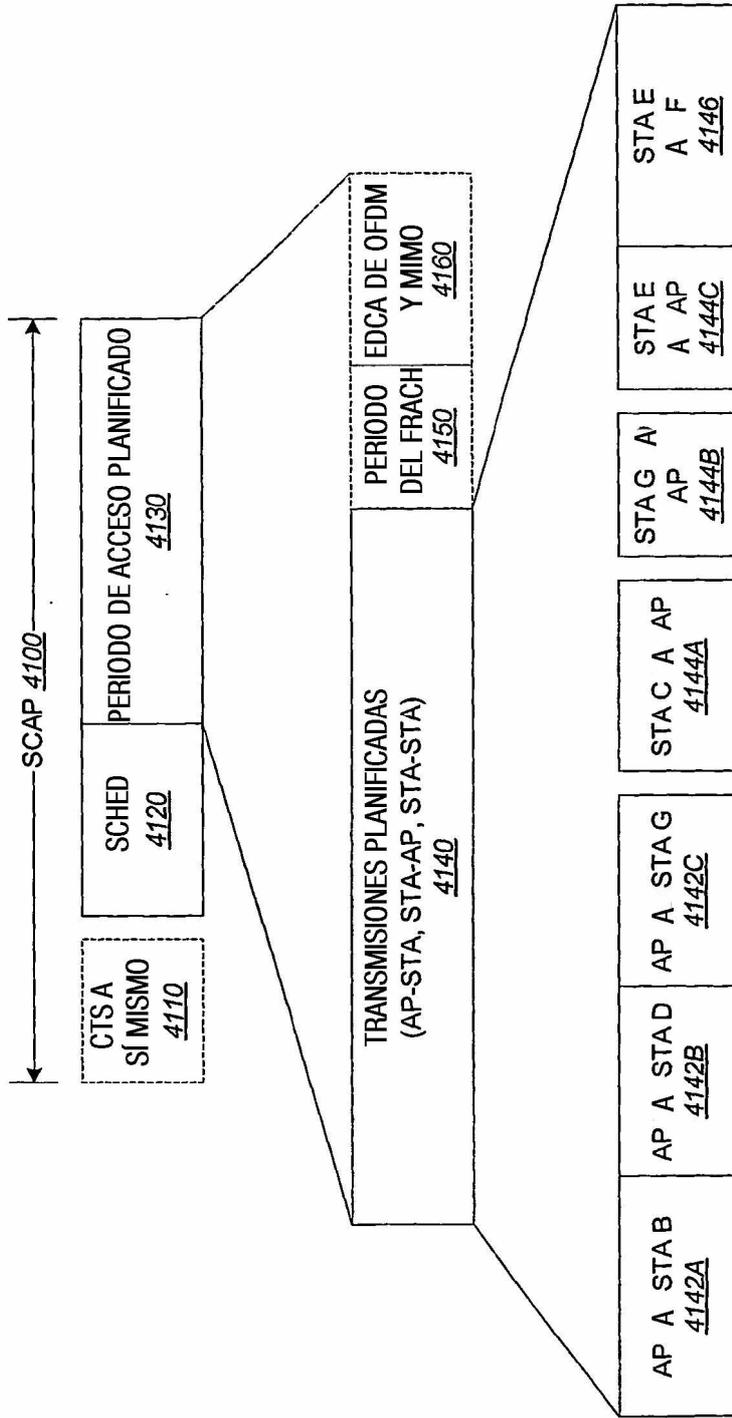


FIG. 41

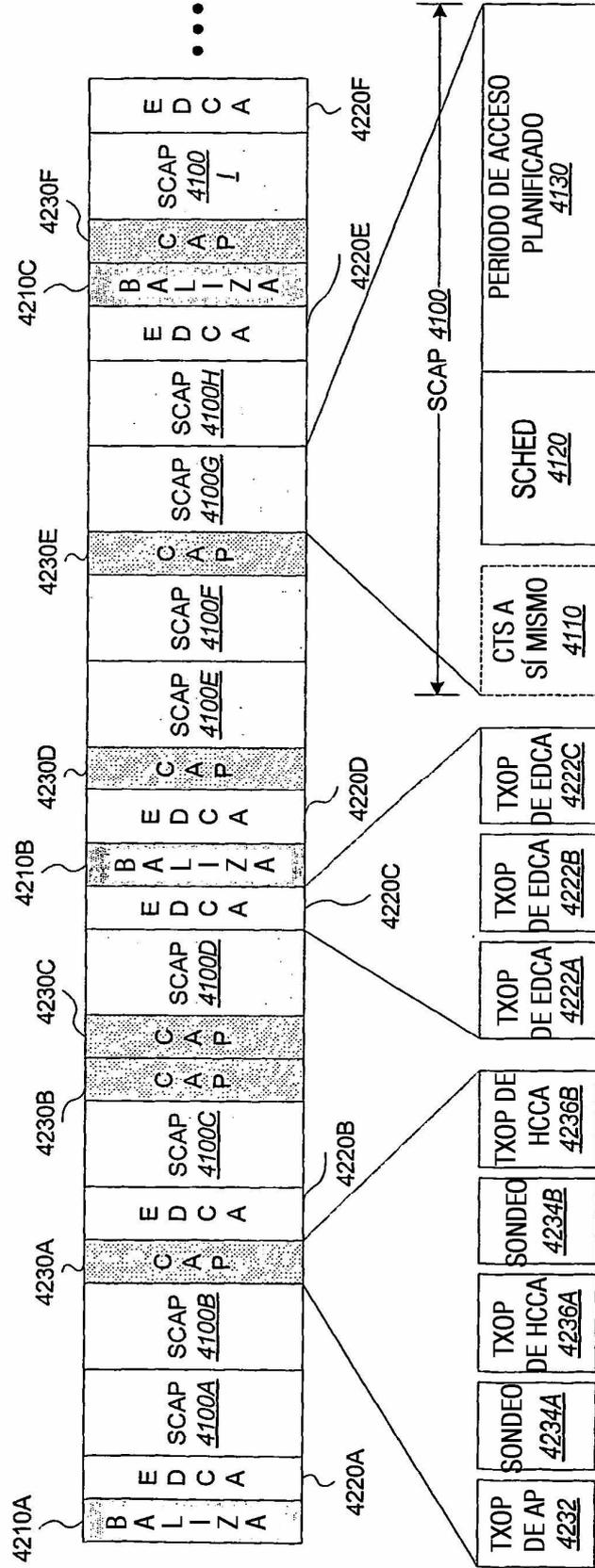


FIG. 42

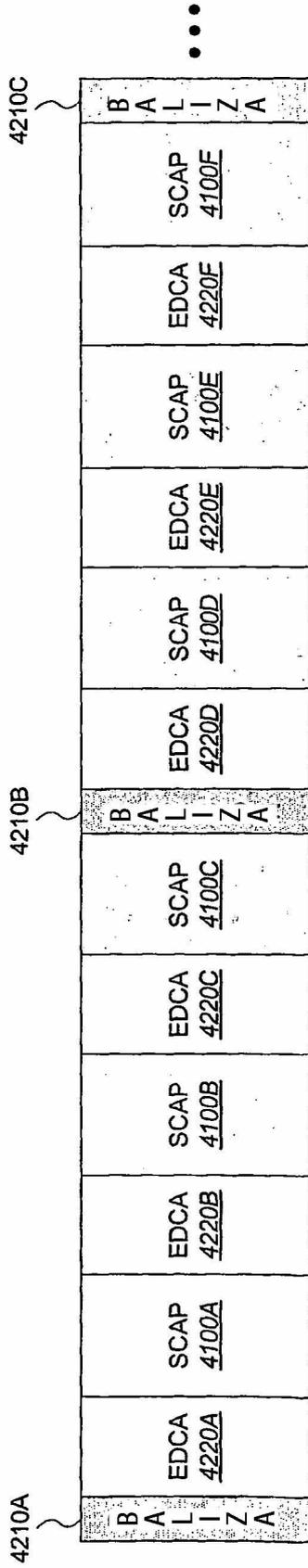


FIG. 43

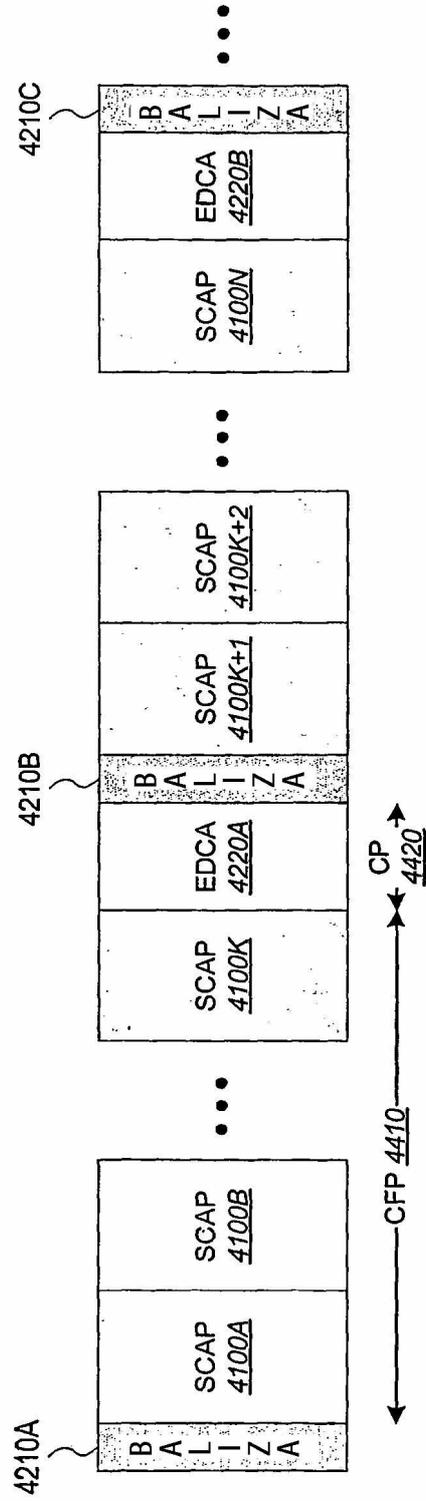


FIG. 44

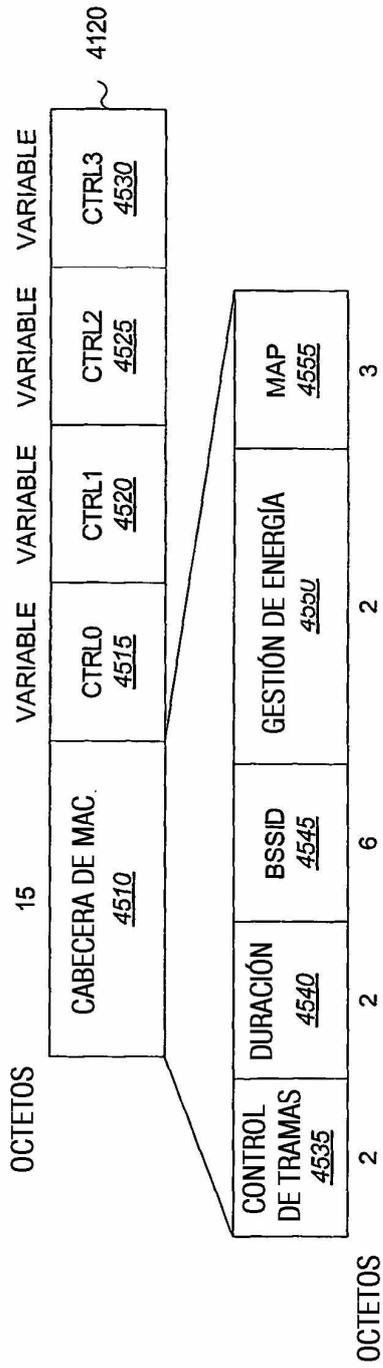


FIG. 45

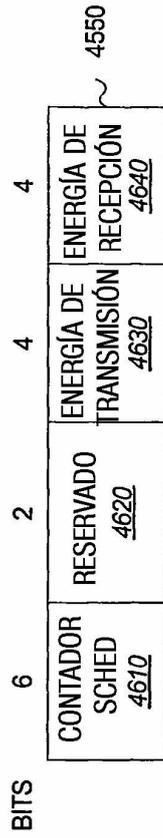


FIG. 46

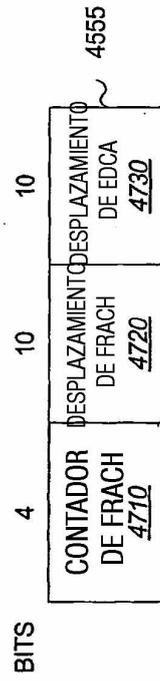


FIG. 47

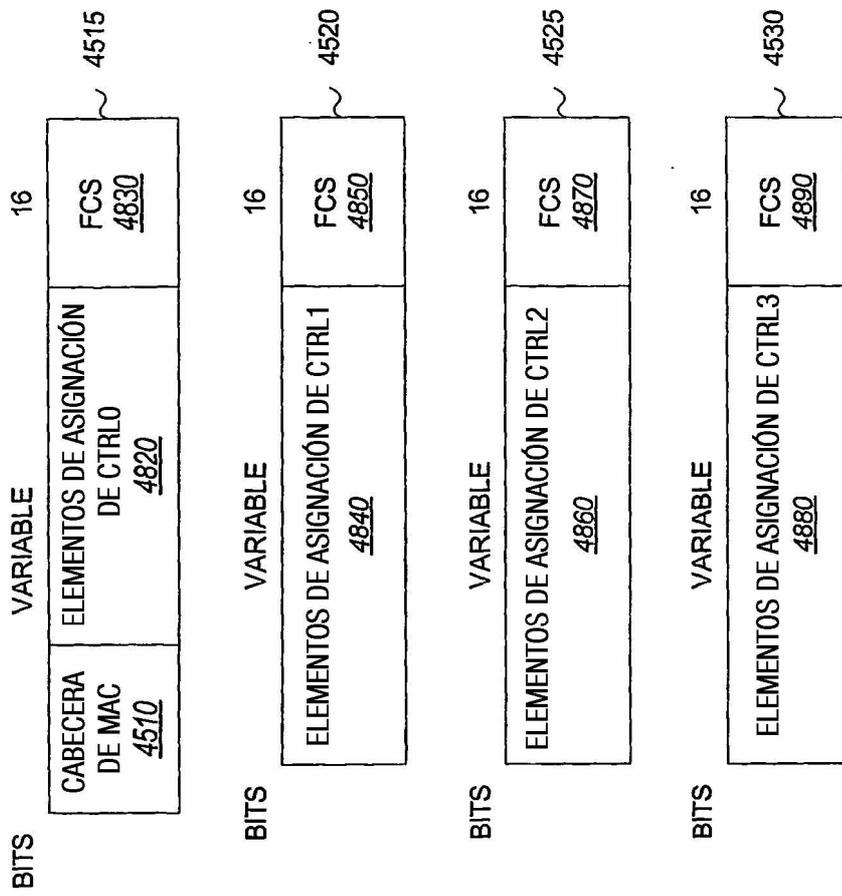
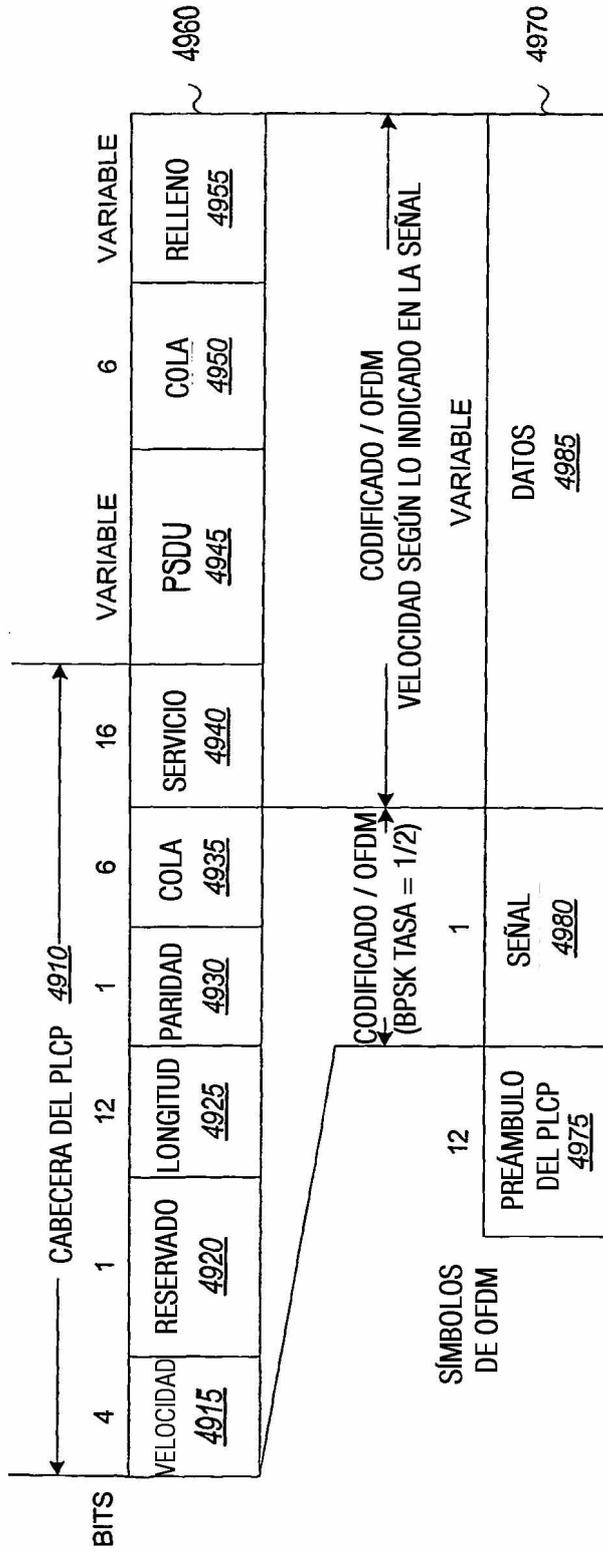


FIG. 48



TÉCNICA ANTERIOR
FIG. 49

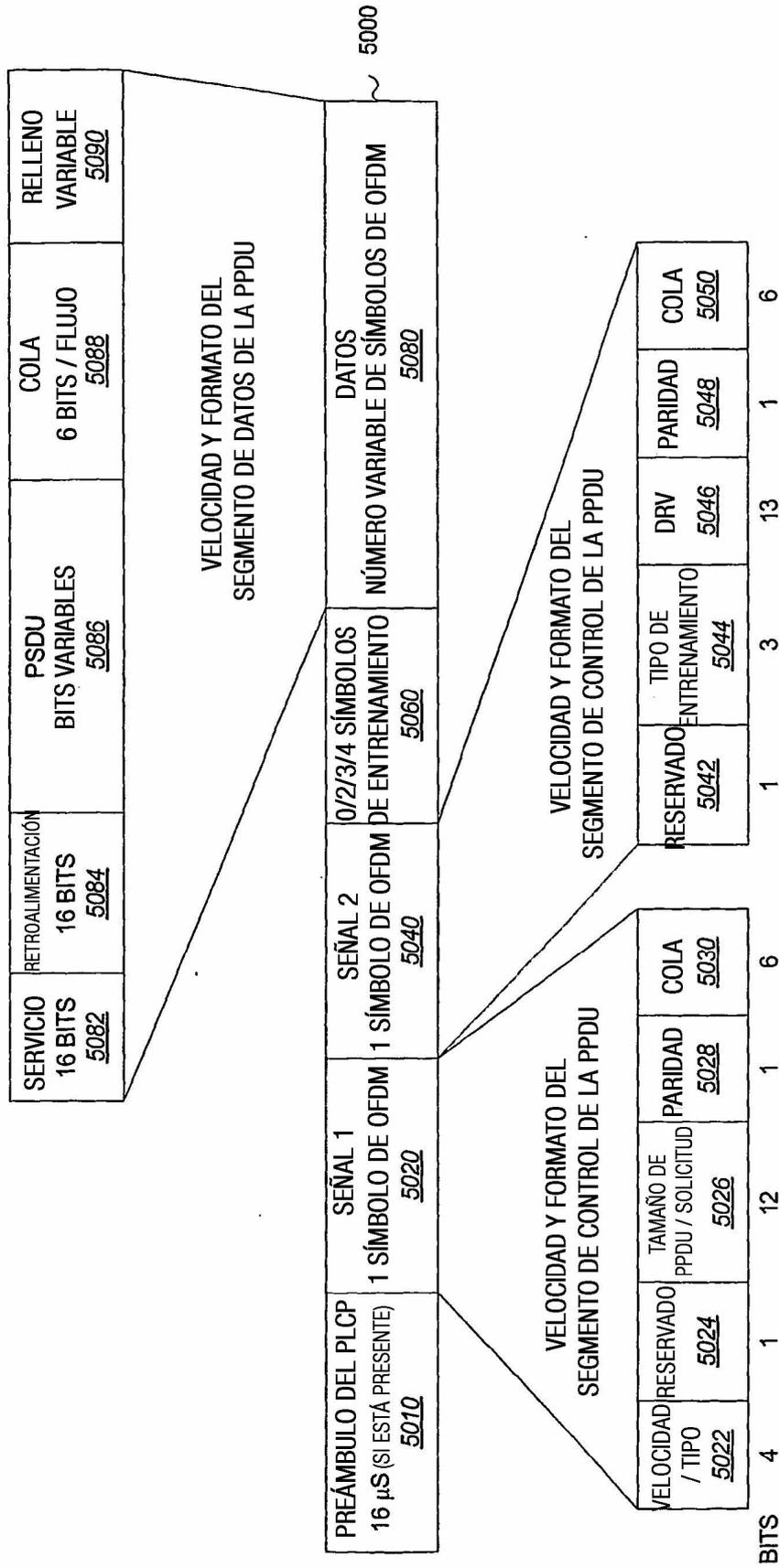


FIG. 50

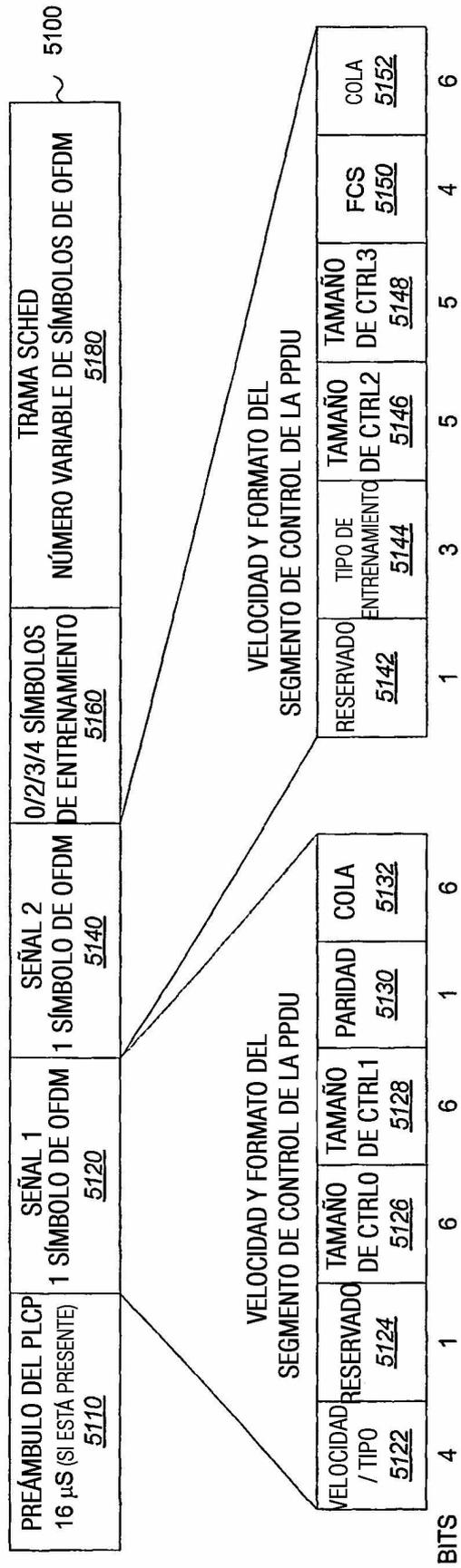


FIG. 51

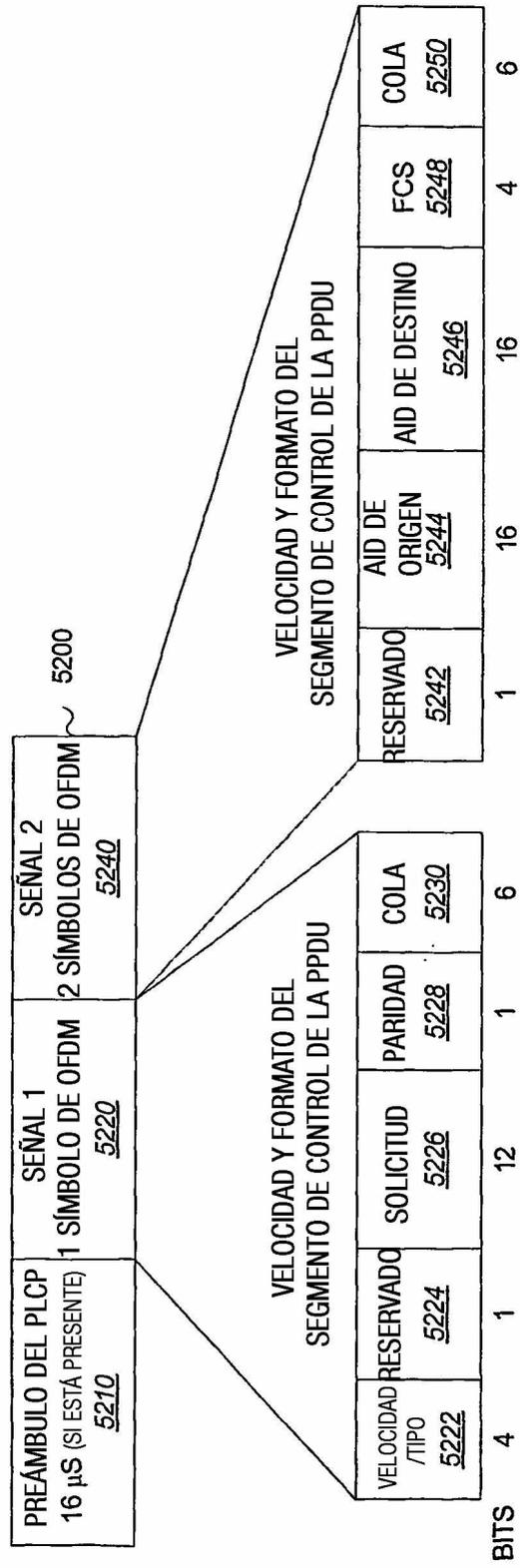


FIG. 52

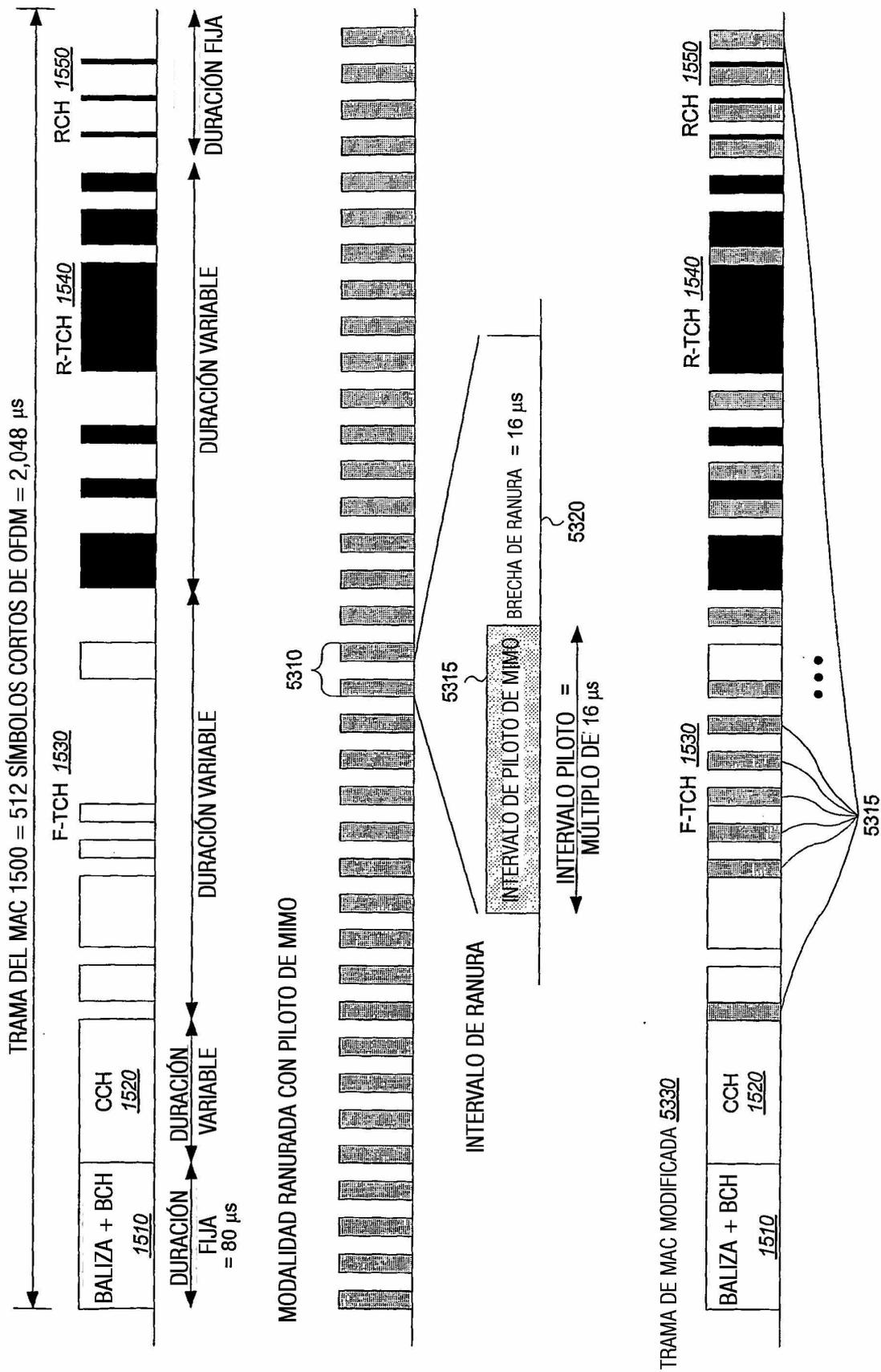


FIG. 53