

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 180**

51 Int. Cl.:

H04B 7/04 (2006.01)
H04B 17/00 (2006.01)
H04L 5/00 (2006.01)
H04L 1/06 (2006.01)
H04L 25/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2008 E 08807433 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **23.06.2010 EP 2198664**

54 Título: **Transmisión multiusuario mejorada**

30 Prioridad:

31.08.2007 EP 07115413

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

08.02.2013

73 Titular/es:

**KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.
(100.0%)
GROENEWOUDSEWEG 1
5621 BA EINDHOVEN, NL**

72 Inventor/es:

DENTENEER, THEODORUS, J., J.;
REUMERMAN, HANS, J.;
MIRKOVIC, JELENA;
WALKE, BERNARD;
EINHAUS, MICHAEL;
SERBETLI, SEMIH y
HUSEN, SRI, A.

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 395 180 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

Transmisión multiusuario mejorada

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a un aparato de transmisión, a un aparato de recepción, a un sistema y a un método para realizar una transmisión multiusuario a una pluralidad de otros extremos de transmisión en sistemas de transmisión tales como, pero sin limitarse a, una red de área local inalámbrica (WLAN).

10

Antecedentes de la invención

Las redes de área local inalámbricas (WLAN) tal como se definen por ejemplo en las especificaciones IEEE 802.11 son casi omnipresentes en la actualidad. El aumento de rendimiento global del canal disponible era un asunto importante, y se ha centrando la investigación en mejorar la modulación y codificación dentro de la capa física. Empleando multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) en combinación con constelaciones de señal de alta tasa de transmisión, podían conseguirse hasta 54 Mbit/s. Este enorme salto de rendimiento, incluso si se consigue sólo para distancias muy limitadas, está provocado por características inherentes de OFDM, que han llegado a ser especialmente atractivas para sistemas de alta tasa de transmisión de bits. En OFDM, se divide el ancho de banda de sistema dado en muchos subcanales, también denominados subportadoras. En lugar de transmitir símbolos de manera secuencial a través de un canal (muy amplio), se transmiten múltiples símbolos en paralelo. Esto conduce a duraciones de símbolo mucho más largas, de manera que puede reducirse significativamente el impacto de interferencia entre símbolos, de modo que no sea necesaria ninguna medida adicional como una costosa ecualización.

25

La norma 802.11 obliga a que todas las estaciones implementen una función de coordinación distribuida (DCF) que es una forma de acceso múltiple por detección de portadora con evitación de colisión (CSMA/CA). CSMA/CA es un protocolo basado en contienda que asegura que todas las estaciones detecten en primer lugar el medio antes de transmitir. El objetivo principal es evitar tener estaciones que transmitan al mismo tiempo, lo que da como resultado colisiones y retransmisiones correspondientes. Si una estación que espera enviar una trama detecta energía superior a un umbral específico en el medio (lo que podría significar la transmisión de otra estación), la estación que espera el acceso esperará hasta que el medio esté inactivo antes de transmitir la trama. El aspecto de evitación de colisión del protocolo pertenece al uso de acuses de recibo que una estación de recepción envía a la estación de envío para verificar una recepción sin errores. Aunque un poco más complejo, este proceso de acceso al medio puede considerarse como una reunión en la que todo el mundo es educado y cada persona habla sólo cuando nadie más lo hace. Además, los participantes que entienden lo que la persona está diciendo asienten con la cabeza.

35

Debido a su naturaleza, DCF soporta la transmisión de señales asíncronas. Un factor distintivo de señalización asíncrona es que no hay ningún requisito de sincronismo entre tramas que portan datos. Por ejemplo, el protocolo DCF no hace ningún intento de entregar ninguna serie de tramas de datos dentro de ninguna trama de tiempo ni en ningún momento en el tiempo. Como resultado, hay una cantidad aleatoria de retardo entre cada transmisión de trama de datos. Esta forma de sincronización es eficaz para aplicaciones de red, tales como correo electrónico, navegación Web y acceso de VPN para aplicaciones corporativas.

40

Se observa un potencial para aumentos de tasa de transmisión de bits adicionales en un uso de sistemas de antena de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). Por tanto, se ha propuesto un nuevo mecanismo de protocolo de control de acceso al medio (MAC), que soporta transmisiones MIMO multiusuario (MU) en WLAN según las normas basadas en IEEE 802.11. El nuevo protocolo propuesto extiende DCF con MIMO de único usuario (SU) de tal manera que diferentes estaciones pueden ser estaciones de destino para paquetes dentro de una trama MIMO (que es un conjunto de paquetes transmitidos simultáneamente en flujos espaciales diferentes).

50

Según un procedimiento de retroceso que opera aleatoriamente, una estación con un paquete de datos para transmitir genera un número aleatorio entre 0 y un tamaño de ventana de contienda (CW), que determina la duración del temporizador de retroceso como contado en varias ranuras de tiempo. La CW tiene un valor inicial mínimo de 15, se duplica después de una colisión, puede elevarse hasta 1023, y disminuye después de una transferencia satisfactoria, indicada por una trama de acuse de recibo (ACK). Después de detectar el medio libre durante la duración del espacio entre tramas de DCF (DIFS), la estación móvil cuenta hacia atrás el temporizador de retroceso hasta que llega a cero y luego comienza su transmisión. Si durante la cuenta atrás otra estación móvil ocupa el medio, todas las estaciones móviles en retroceso interrumpen su cuenta atrás y se difieren hasta que detecten el medio libre durante al menos DIFS. La norma incluye un protocolo de toma de contacto de petición para enviar (RTS) - limpiar para enviar (CTS) opcional antes de la transmisión.

60

En un procedimiento de asociación, antes de las transmisiones de datos, las estaciones comparten entre sí la información acerca de sus capacidades de hardware. Puede intercambiarse información con respecto a los elementos de antena usados usando una forma extendida de tramas de control RTS y CTS, descritas en los siguientes párrafos.

65

La trama RTS extendida, MIMO-RTS (M-RTS) y la trama CTS extendida, MIMO-CTS (M-CTS), pueden basarse en la estructura de las tramas RTS y CTS convencionales de la norma IEEE 802.11 a. Con el fin de soportar múltiples antenas, ambas tienen un campo nuevo, por ejemplo un mapa de bits, en el que cada bit significa una antena. Por tanto, un mapa de bits de una longitud de un byte puede soportar hasta ocho antenas. Naturalmente, el campo de mapa de bits puede ser más largo o más corto dependiendo del número de antenas soportadas por las estaciones móviles de un sistema dado. En la trama M-RTS, este campo puede denominarse mapa de bits de antenas propuesto (PAB) y puede codificar el subconjunto elegido de antenas disponibles propuestas para la siguiente transmisión. El receptor de la trama confirma qué antenas deben estar activas en un campo de mapa de bits de antenas confirmado (CAB) de la trama M-CTS. La trama ACK también se extiende para soportar acuses de recibo por flujo. Más específicamente, la trama MIMO-ACK (M-ACK) puede tener un campo de mapa de bits largo de un byte denominado mapa de bits de paquetes con acuse de recibo (APB) para confirmar la recepción de cada paquete de flujos diferentes por separado. Contiene acuses de recibo positivos y negativos para cada flujo espacial. Todavía puede realizar acuses de recibo inmediatamente, aunque hay múltiples paquetes que se transmiten a la vez. La longitud de los mapas de bits (L) puede ser arbitraria.

Los siguientes puntos proporcionan una vista global de la funcionalidad del protocolo MAC adicional de M-DCF durante un ciclo de transmisión, omitiendo los concernientes a CSMA/CA:

- el transmisor envía una trama M-RTS, estableciendo "1" binarios en el campo de PAB para antenas disponibles para la siguiente transmisión.
- Inmediatamente después, cuando los receptores ya han leído la trama M-RTS y las antenas disponibles, el transmisor envía una secuencia de entrenamiento para cada antena disponible para una estimación de canal. Alternativamente, la estimación de canal se realiza en paralelo a la trama M-RTS.
- El receptor estima el canal, y responde con una trama M-CTS, estableciendo "1" binarios en el campo de CAB para las antenas que deben usarse para la transmisión. El esquema MIMO puede seleccionarse basándose en al menos uno de las capacidades de hardware de las estaciones, demandas de calidad de servicio (QoS) de la conexión, condiciones de propagación de radio y estado actual de la red. Cómo el receptor elige las antenas puede estar en su procedimiento interno. Este procedimiento de elegir el esquema MIMO aplicado durante la operación de red por trama proporciona una adaptación de enlace rápida.
- Después de la recepción de la trama M-CTS, el transmisor transmite (uno o más) paquetes basándose en las instrucciones del receptor acerca de las antenas que deben usarse, usando cada una una antena separada.
- Después de la recepción de la(s) trama(s) de datos, el receptor comprueba la corrección de los paquetes recibidos, y puede crear una trama M-ACK extendida para informar al transmisor acerca del resultado de la transmisión. Se establecen "1" binarios en el mapa de bits de M-ACK para los paquetes recibidos correctamente.
- Cuando el transmisor recibe la trama M-ACK, elimina los paquetes de la cola e inicia otra transmisión. Si la trama M-ACK se pierde, o si nunca se ha transmitido en absoluto, después de que transcurra un tiempo establecido el transmisor retransmitirá los datos.

Un protocolo de M-DCF que está restringido a llevar un paquete MAC en un flujo espacial tiene un muy buen rendimiento en redes de usuarios con gran carga, debido a su mayor capacidad de sistema conseguida usando tecnología MIMO. Sin embargo, cuando la carga no es alta, el retardo de paquete crece debido al hecho de que según el protocolo, una estación no comienza una transmisión antes de tener un número n de paquetes para transmitir, siendo n el número de flujos espaciales. Si el tiempo medio entre llegadas entre dos paquetes para una conexión es T , el retardo permitido máximo debería ser mayor que $(n-1)T$ más la longitud de ventana de transmisión promedio (incluyendo acceder al canal). De lo contrario, se descartarán algunos paquetes en el transmisor debido a su retardo excesivo. Esta relación proporciona el límite inferior para la carga ofrecida con la que todavía puede cumplirse el requisito de retardo. El aumento de la carga ofrecida (hasta el punto en el que se alcanza la capacidad de red) mejorará la característica de retardo.

En redes ubicuas, una estación podría estar comunicándose con otros múltiples usuarios a la vez. La aplicación directa de MDCF conduciría a retardos altos para cada conexión, aunque la estación tendría en realidad suficientes paquetes para construir una trama MIMO. Por tanto, debe habilitarse la combinación del tráfico que pertenece a múltiples usuarios. Esta estrategia de transmisión mejorará inmediatamente la característica de retardo, porque el tráfico recibido de todas las conexiones combinadas contribuirá a la construcción de tramas MIMO. En el cálculo de límite inferior anterior, el parámetro T corresponde ahora al tiempo entre llegadas entre dos paquetes cualesquiera, independiente del destino, y, por tanto, el límite inferior para la carga ofrecida de cada conexión individual es inferior. Con mucha carga, las transmisiones MU son medios para reducir la fluctuación. Además, la mejora de la característica de retardo es especialmente importante para aplicaciones tales como voz sobre IP (VoIP),

videoconferencia, juegos interactivos, etc.

La publicación de solicitud de patente europea EP 1 594 259A1 da a conocer un método para configurar un canal de comunicaciones entre una unidad de envío y una unidad de recepción en una red de comunicaciones basada en paquetes, tal como WLAN de la norma IEEE 802.11. J.Gross, *et al.*, "802.11 DYN: Protocol Extension for the Application of Dynamic OFDM(A) Schemes in 802.11 a/g Systems", Telecommunication Networks Group (TKN) Technical Report TKN-07-002 describe una propuesta de cómo los sistemas de la norma IEEE 802.11 a/g aceptados ampliamente podrían extenderse para soportar OFDM dinámica al tiempo que se garantiza retrocompatibilidad. Se presenta un conjunto de modificaciones de protocolo, que soportan esquemas de OFDM dinámica para escenarios de transmisión tanto de punto a punto (por ejemplo enlace ascendente) como de punto a multipunto (por ejemplo enlace descendente). La trama RTS propuesta corresponde a la trama RTS regular (concretamente, contiene sólo una dirección de transmisión y una dirección de recepción) con una cabecera de protocolo de convergencia de capa física (PLCP) nueva a la que se añade una lista de múltiples direcciones de receptor.

Sin embargo, los dispositivos legados según normas más antiguas o anteriores en la red no podrán decodificar la señal. Concretamente, los dispositivos legados pueden no poder determinar o extraer los bits correctos a partir de la señal. Esto significa que los dispositivos legados no sabrán la duración de la transmisión prevista porque esta información está contenida en la trama RTS. Por tanto, la transmisión RTS propuesta no puede considerarse como transmisión de difusión, porque no pueden entenderla (en la capa física) todas las estaciones. Por este motivo, la técnica anterior más arriba sugiere transmitir, antes de una transmisión RTS, una CTS dirigida a sí misma en la capa física legada, de modo que otros dispositivos legados puedan decodificar la transmisión y la trama MAC y establecer sus vectores de asignación de red (NAV) para su sincronismo de transmisión apropiadamente.

Adicionalmente, en la técnica anterior más arriba, la identificación de las estaciones sondeadas puede basarse en una identificación de 4 bits, por ejemplo. Sin embargo, la identificación se usa para propósitos MAC, concretamente, debe construirse y transmitirse una trama CTS. Esto significa que, después de recibir la trama RTS, la capa PHY extrae la lista de identificaciones, y debe comprobarse entonces la capa MAC para ver si la lista contiene una identificación de sí misma, decodificar la trama, sobrescribir posiblemente la dirección de receptor (que es la dirección de uno de los destinatarios), luego construir la trama CTS y luego coger turno para enviar la RTS. Esto requiere modificaciones sustanciales del procedimiento RTS/CTS convencional y tiene un impacto significativo en la arquitectura del receptor, por ejemplo, debe definirse información nueva que pasa entre PHY y MAC. Además, deben aplicarse algunas condiciones específicas en la interpretación y procesamiento de la trama RTS.

Como en la técnica anterior más arriba, también requiere una asignación de esta identificación de 4 bits a las estaciones. Esto puede realizarse durante la asociación por el punto de acceso (AP) y puede implicar que un AP sólo pueda asociarse con 16 estaciones que tengan esta capacidad de MU-OFDM en un momento particular.

Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar un esquema de transmisión multiusuario más flexible que requiera menos modificaciones de dispositivos y procedimientos legados.

Este objeto se consigue mediante un aparato de transmisión según la reivindicación 1, y un aparato de recepción según la reivindicación 12.

Por consiguiente, se define una trama MAC mejorada, es decir, la MU-RTS. Esta trama es diferente de la trama RTS ordinaria porque tiene múltiples direcciones MAC de destinatario. Esto permite una manera mejorada de comunicar la lista de identificaciones o direcciones a los otros extremos de transmisión. Aunque la trama MAC mejorada propuesta tiene campos específicos que sólo tienen sentido/son entendibles por dispositivos MU, la trama puede transmitirse en la capa física legada y tiene campos comunes, que son entendibles por todos los dispositivos legados. Por tanto, los dispositivos legados pueden decodificar los bits, interpretar los campos comunes e iniciar las configuraciones apropiadas. La interpretación de la trama MAC mejorada puede ser un proceso MAC puro, de modo que no se requiere ninguna información adicional de la capa física. Además, no es necesario cambiar las reglas de interpretación para tramas MAC existentes o legadas correspondientes. En vista del hecho de que todos los otros extremos de transmisión pueden interpretarse al menos parcialmente por todos los otros extremos de transmisión, su transmisión puede considerarse como transmisión de difusión desde la perspectiva de la capa física. Por consiguiente, los dispositivos y los procedimientos legados requieren pocas modificaciones.

El aparato de transmisión propuesto puede estar adaptado para crear una trama de transmisión sólo de paquetes destinados a al menos uno de esos otros extremos de transmisión que contestaron a la petición de transmisión. El aparato de recepción puede estar adaptado para derivar un sincronismo para su respuesta basándose en un orden de su identificación en la lista. De ese modo, otros extremos de transmisión diferentes (por ejemplo estaciones de WLAN) pueden ser destinos para paquetes dentro de la trama, de modo que pueden equilibrarse el retardo y el rendimiento global en situaciones de tráfico heterogéneas.

La identificación puede comprender, por ejemplo, una dirección MAC, de modo que pueden usarse direcciones

mucho más largas en comparación con las direcciones de capa física usadas en la técnica anterior descrita inicialmente.

5 En un ejemplo específico, los otros extremos de transmisión pueden ser transmisores candidatos direccionados para que devuelvan una petición de envío para mostrar su intención de transmitir. El aparato propuesto puede estar adaptado entonces para realizar estimación de canal para los transmisores candidatos según sus realizaciones de canal, y para contestar a la petición de envío con una confirmación de envío que indica qué transmisor puede acceder a un canal mediante qué vector de formación de haz u otra información de acceso al canal correspondiente. Esto proporciona la ventaja de que puede soportarse una recepción multipaquetes simultánea de transmisores diferentes y puede minimizarse una interferencia entre flujos espaciales.

10 Puede configurarse el aparato de transmisión para usar la petición de transmisión como petición para retroalimentar información de estado de canal, para evaluar realizaciones de canal de dichos otros extremos de transmisión basándose en la información de retroalimentación de estado de canal recibida de dichos otros extremos de transmisión, y para derivar vectores de formación de haz apropiados para dichos otros extremos de transmisión, o asignaciones de subportadoras en el caso de MU-OFDM. El aparato de recepción está adaptado para responder a la petición de transmisión con una trama de retroalimentación de canal que incluye información de estado de canal, y opcionalmente también información de duración que indica una cantidad de datos en su cola de transmisión. El aparato de transmisión puede entonces estar adaptado para difundir tramas de petición de envío que incluyen una lista de otros extremos de transmisión y los vectores de formación de haz apropiados para los otros extremos de transmisión. La petición de transmisión puede comprender información que especifica un formato que debe usarse para la información de retroalimentación de estado de canal solicitada. Podría acusarse recibo de la recepción de transmisiones por el aparato de transmisión enviando una trama MAC que indica esos otros extremos de transmisión de los que se han recibido dichas transmisiones. Como ejemplo, pueden indicarse los otros extremos de transmisión (es decir el aparato de recepción) de los que se han recibido las transmisiones, estableciendo un respectivo bit en un mapa de bits previsto en la trama MAC.

15 Por tanto, puede proporcionarse una MU-DCF mejorada, que se basa en dos fases. En primer lugar, se obtiene la información de estado de canal de estaciones candidatas. En segundo lugar, se realiza un intercambio de señalización para un acceso al canal. Esto proporciona una mejor coordinación de la transmisión multiusuario y una reducción de posible interferencia.

20 En un ejemplo adicional, el aparato de transmisión puede estar adaptado para añadir a la petición de transmisión información de duración que indica una duración predicha de toda la transmisión esperada. Esta medida proporciona una solución al problema oculto, ya que todos los extremos de recepción están habilitados para calcular la duración que deben esperar antes de comenzar su transmisión. Más específicamente, el aparato de recepción puede estar adaptado para establecer su vector de asignación de red según un contenido de un campo de duración previsto en la petición de transmisión, si la lista no contiene ninguna identificación de dicho aparato. Otro aparato de recepción sondeado por la lista puede estar adaptado para calcular un tiempo de espera para su respuesta basándose en el campo de duración.

25 Todavía en un ejemplo adicional, el aparato de recepción puede estar adaptado para responder a la petición de transmisión combinando una unidad de datos por paquetes MAC agregada y un mecanismo de retroalimentación de sondeo de único usuario. De ese modo, la respuesta puede construirse combinando una trama de respuesta convencional (por ejemplo una trama CTS) con una trama de retroalimentación de sondeo, de modo que puede mejorarse la compatibilidad con elementos legados y la norma actual requiere sólo poca modificación.

30 En otro ejemplo, el aparato de recepción puede estar adaptado para usar un subconjunto asignado de subportadoras de una señal de transmisión multiusuario para la respuesta. En un ejemplo específico, el subconjunto asignado puede derivarse de un orden de dicha identificación en la lista. Esta medida proporciona la ventaja de que puede reducirse el tiempo necesario para transmitir información de retroalimentación (por ejemplo tramas de M-CTS y/o M-ACK), ya que puede ser en paralelo y no de una manera divisional en el tiempo. De ese modo, puede reducirse la cabecera de señalización y evitarse el problema de nodo oculto.

35 El aparato de transmisión o recepción puede comprender cualquier tipo de transceptor de MU con al menos una de cadena de múltiples entradas y una cadena de múltiples salidas. No se pretende que esté restringido a un transceptor MIMO MU.

40 La petición de transmisión puede transmitirse en un formato legado, de modo que todos los dispositivos, MU y dispositivos legados puedan establecer su NAV de manera correspondiente. Los dispositivos legados pueden entender al menos el campo de duración y, por tanto, pueden establecer su NAV de manera correspondiente

45 Se definen desarrollos ventajosos adicionales en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

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

- 5 la figura 1 muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema de transmisión MIMO multiusuario según diversos ejemplos;
 la figura 2 muestra un procedimiento de protocolo de toma de contacto de cuatro vías según un primer ejemplo;
 10 la figura 3 muestra una estructura de trama MU-RTS con múltiples campos de dirección de receptor según el primer ejemplo;
 la figura 4 muestra una estructura de trama M-ACK con instrucción de uso de antenas según el primer ejemplo;
 la figura 5 muestra un procedimiento de acceso al canal de dos fases según un segundo ejemplo;
 la figura 6 muestra una estructura de trama MU-CFR según el segundo ejemplo;
 15 la figura 7 muestra una estructura de trama MU-RTS con vectores de formación de haz de Tx según el segundo ejemplo;
 la figura 8 muestra una estructura de trama MU-CTS según el segundo ejemplo;
 la figura 9 muestra una ilustración esquemática del problema de nodo oculto;
 la figura 10 muestra una estructura de trama MU-RTS más genérica según un cuarto ejemplo;
 la figura 11 muestra un mecanismo de enlace ascendente MIMO MU según un quinto ejemplo;
 20 la figura 12 muestra una estructura de trama C4T según el quinto ejemplo;
 la figura 13 muestra una estructura de trama RTS según el quinto ejemplo;
 la figura 14 muestra una estructura de trama MU-CTS con vectores de formación de haz de Tx según el quinto ejemplo; y
 la figura 15 muestra una estructura de trama MU-ACK según el quinto ejemplo.

Descripción detallada de realizaciones

A continuación se describen realizaciones preferidas basándose en un sistema MIMO MU tal como se muestra en la figura 1.

30 Según la figura 1, un punto de acceso (AP) 10 MIMO MU proporciona acceso WLAN para un número a modo de ejemplo de cuatro estaciones 21 a 24 mostradas en la figura 1 y que tienen múltiples antenas. El AP 10 comprende N fases M_1 a M_N de procesamiento diferentes para proporcionar esquemas de codificación y/o modulación diferentes, a los que pueden aplicarse señales de entrada y que pueden conectarse de manera selectiva a al menos una de una pluralidad de antenas.

40 En general, pueden usarse dos tipos de técnicas MIMO en ambas direcciones entre el AP 10 y cada una de las estaciones 21 a 24 basándose en las propiedades de canal de propagación, es decir la estructura de la matriz de correlación espacial en la disposición de antenas del receptor. En el caso de una alta correlación de la señal recibida, pueden aplicarse algoritmos de formación de haz diferentes, mientras que en el caso de correlación baja de la señal recibida, los enfoques de diversidad (DIV) y multiplexación (MUX) pueden proporcionar un mejor rendimiento. En los esquemas de MUX, se transmiten simultáneamente múltiples flujos, usando cada uno una antena dedicada. Esto aumenta el rendimiento global con un factor igual al número de flujos que se transmiten. En los esquemas de DIV, se usan múltiples antenas de una manera diferente. Para el esquema de DIV básico, el transmisor usa sólo una antena. El receptor con múltiples antenas recibe múltiples copias de la señal transmitida de modo que el uso de un algoritmo de procesamiento de señal apropiado consigue relaciones de señal a ruido (SNR) significativamente mayores. En los esquemas que combinan MUX y DIV, hay más antenas de transmisión activas, pero el receptor, como en todos los esquemas de DIV, todavía puede tener más antenas que el número de flujos. La multiplexación está presente, pero el receptor consigue más información acerca de la señal transmitida que en el caso de MUX pura.

50 Los siguientes ejemplos proporcionan mejoras para un soporte multiusuario para redes basadas en la norma IEEE 802.11 usando tramas MU-RTS y M-CTS para acceder al canal, y M-ACK para acusar recibo de los paquetes recibidos correctamente. Opcionalmente, puede seleccionarse una transmisión adaptativa de canal eligiendo sólo un subconjunto de estaciones que contestaron con MCTS para construir la siguiente trama MIMO. La decisión puede realizarse basándose en la información obtenida de M-CTS. De esta manera, puede aprovecharse la diversidad de MU. Además, puede retroalimentarse una información de calidad de canal usando tramas M-CTS y MACK, que indica un subconjunto de antenas aceptables para la transmisión. Dependiendo de la complejidad y sobrecarga aceptable, la información codificada puede ser más precisa, tal como una SNR recibida de cada antena. Pueden proporcionarse espacios entre tramas entre paquetes vecinos para garantizar una coexistencia con las estaciones de la norma IEEE 802.11 .legadas.

60 La figura 2 muestra un procedimiento de protocolo de toma de contacto de cuatro vías según un primer ejemplo. La MU-DCF propuesta se basa en la M-DCF convencional, en la que se propone el procedimiento de protocolo de toma de contacto de cuatro vías para facilitar el acceso al canal con múltiples usuarios antes de la transmisión de datos.

Se proponen las siguientes funcionalidades de protocolo MAC adicionales durante un ciclo de transmisión en escenarios MIMO MU, en comparación con el protocolo M-DCF convencional.

5 Según la figura 2, la transmisión se inicia, por ejemplo, por el AP 10 difundiendo una trama MU-RTS tal como se muestra en la figura 3 que es una trama MAC incluyendo múltiples direcciones de receptor usadas para direccionarse, por ejemplo, tres (de Rn.^o1 a Rn.^o3) de las cuatro estaciones 21 a 24 a modo de ejemplo mostradas en la figura 1. La trama MU-RTS puede ir seguida por una secuencia de entrenamiento para permitir una estimación de canal en el lado de receptor, por ejemplo, en las estaciones seleccionadas de las estaciones 21 a 24. Como opción alternativa, también puede realizarse una estimación de canal en paralelo a la transmisión de la trama MU-RTS, por ejemplo mediante la transmisión de preámbulos. Se observa que la transmisión de preámbulos para estimaciones de canal puede dar como resultado que la trama MU-RTS se vuelva indecodificable en la capa física.

15 Después de recibir la trama MU-RTS, la selección de estaciones (de Rn.^o1 a Rn.^o3) que están presentes en la lista de receptores contestan con una trama M-CTS. Se determina de manera implícita el orden de contestaciones mediante el orden de los respectivos receptores en la lista. La primera M-CTS se transmite después de un intervalo de espacio entre tramas corto (SIFS), y las siguientes se transmiten después de un intervalo de espacio entre tramas reducido (RIFS).

20 El procedimiento anterior puede programarse como rutina de software basándose en la siguiente estructura de pseudocódigo:

```

n es la posición de la estación en la lista de receptores en la trama MU-RTS
después de recibir MU-RTS, esperar SIFS
    mientras(la estación todavía no transmitió su M-CTS)
25         si (n=1)
                transmitir M-CTS
            si no
                si (el canal es ocupado){
30                     esperar a que el canal esté libre
                        n=n-1
                        esperar RIFS
                }
                si no{
35                     n=n-1
                        esperar RIFS
                }
    }

```

40 Después de haber transmitido la trama MU-RTS, el transmisor (por ejemplo AP 10) comienza a detectar el canal, y puede continuar después de la siguiente estructura de pseudocódigo (si se implementa como rutina de software):

```

después de SIFS, se espera la primera M-CTS
mientras (esperar_más_tramas_de_M-CTS)
45     si una M-CTS no llegó cuando se esperaba,
        después de RIFS se espera la siguiente M-CTS
    si no
        después de esta transmisión + RIFS, se espera la siguiente M-CTS;

```

50 El transmisor (por ejemplo AP 10) no recibe ninguna, algunas o todas las tramas M-CTS del subconjunto de estaciones direccionadas. A partir de las recibidas, puede leer la información prevista en el campo CAB (o cualquier otra información de estado de canal que podría incluirse en la trama M-CTS), y puede crear una trama MIMO a partir de los paquetes destinados sólo a estaciones que contestaron. Esto puede expresarse mediante la siguiente estructura de pseudocódigo:

```

    si (n.º de M-CTS recibidas > 0)
55     crear y transmitir una trama MIMO a partir de los paquetes para estaciones que
        contestaron, aplicando opcionalmente alguna estrategia de planificación;
    si no
        comenzar a acceder al canal para la siguiente transmisión

```

60 Cuando se aplica una estrategia de planificación, las tramas MIMO podrían no incluir paquetes de algunas de las estaciones que contestaron con una trama M-RTS. La planificación puede incluir conmutación adaptativa entre el modo de operación SU y MU.

65 Las estaciones reciben la trama MIMO, y generan una trama M-ACK, por ejemplo, mediante las mismas reglas que en M-DCF. El orden y la separación de tramas M-ACK pueden ser iguales a la trama M-CTS.

Finalmente, cuando el transmisor (por ejemplo AP 10) recibe las tramas M-ACK, elimina los paquetes de los que se acusó recibo de la cola e inicia otra transmisión. Pueden retransmitirse los paquetes de los que no se acusó recibo.

5 Tal como puede entenderse a partir de la figura 2, tramas M-CTS y M-ACK consecutivas se separan por RIFS. Puede determinarse el número de múltiples usuarios m soportado de esta manera mediante la siguiente relación:

$$SIFS + (m-2) RIFS < DIFS \quad (1)$$

10 Esta condición garantiza que incluso aunque se pierdan todos los paquetes M-CTS/M-ACK excepto el último, la última estación todavía tendrá el canal libre para transmitir su propio paquete M-CTS/M-ACK. Si la condición no se cumple, el canal podría estar más libre que DIFS durante una transmisión en curso, lo que permitiría el inicio de una nueva.

15 La figura 4 muestra una estructura de trama M-ACK según el primer ejemplo con instrucciones para uso de antenas para la siguiente transmisión. Tal como ya se mencionó, las tramas M-CTS según el procedimiento M-DCF contienen un mapa de bits para retroalimentación de antenas (campo CAB). Esta información puede usarse en el transmisor para un uso de canal adaptativo, en el que sólo paquetes para estaciones con buen estado de canal pueden contribuir a la trama MIMO. Al incluir el campo CAB en la trama M-ACK tal como se muestra en la figura 4, puede obtenerse una retroalimentación de canal sin requerir ningún procedimiento de protocolo de toma de contacto M(U)-RTS - M-CTS.

20 Adicionalmente, también pueden combinarse otras opciones de IEEE 802.11 e, tales como oportunidades de transmisión (TxOP), acuse de recibo de bloques (BA) o sin acuse de recibo, con los procedimientos anteriores, para mejorar aún más el rendimiento.

25 Además, podría realizarse una estimación de sobrecarga. Ahora se ilustrará una sobrecarga inducida basándose en el ejemplo de la figura 1 con un único transmisor (AP 10) que transmite dieciséis paquetes, cuatro para cada una de las cuatro estaciones 21 a 24. Si todas las estaciones 21 a 24 tuvieran cuatro antenas (lo que no es esencial y sólo un ejemplo contrario al ejemplo de la figura 1), podría aplicarse un esquema de multiplexación de 4x4 tal como sigue:

Caso SU:

$$4 \times (M-RTS + M-CTS + \text{trama MIMO} + M-ACK) \quad (2)$$

35 Caso MU:

$$4 \times (MU-RTS + 4 \text{ paquetes M-CTS} + \text{trama MIMO} + 4M-ACK) \quad (3)$$

40 Esto indica que el procedimiento de transmisión durará evidentemente más tiempo en el caso MU a continuación, y el retardo promedio por paquete es el mismo en ambos casos. Sin embargo, el retardo promedio por estación en el caso SU difiere mucho dependiendo de si la estación es la primera o la última en recibir sus paquetes. Para algunas estaciones tales retardos largos podrían ser no aceptables.

45 Hasta ahora, en el ejemplo anterior, se supuso que al comienzo, ya se habían generado los cuatro paquetes para las cuatro estaciones 21 a 24. Pero hay muchas aplicaciones con una carga ofrecida baja, pero por otro lado, con requisitos de retardo muy estrictos, que no permiten esperar demasiado tiempo más paquetes para que la estación actual construya toda la trama MIMO. Por el contrario, enviar inmediatamente lo que está presente en la cola significará a menudo una transmisión de un único flujo espacial, que efectivamente significa una multiplicación de la sobrecarga. Si no hay ninguna restricción en el paquete MAC para un mapeo de flujo espacial, también puede transmitirse un paquete MAC, sin embargo, usando múltiples flujos espaciales.

En el caso de gran carga, el enfoque MU propuesto será muy beneficioso, reduciendo la fluctuación.

55 Antes del protocolo de toma de contacto de MU RTS/CTS mencionado anteriormente con relación al primer ejemplo, el transmisor (por ejemplo AP 10) puede enviar un paquete de petición de retroalimentación de canal MIMO MU (MU-CFR) seguido por secuencias de entrenamiento que solicita retroalimentación de información de estado de canal (CSI) a las estaciones receptoras candidatas. Por tanto, el transmisor tiene una CSI de todos los receptores candidatos y puede evaluar a todos los candidatos para una posible transmisión MIMO MU y seleccionar vectores de formación de haz de transmisión apropiados para reducir la interferencia entre los flujos espaciales.

60 El paquete MU RTS puede modificarse de manera que en lugar de comunicar un mapa de bits de antenas propuesto, un vector de formación de haz propuesto para cada flujo se comunica con las estaciones 21 a 24. Este mecanismo proporciona la posibilidad de usar una formación de haz de transmisión como mecanismo de transmisión MIMO MU y una comprobación de si puede darse servicio simultáneamente a las estaciones 21 a 24 con una transmisión MIMO MU usando los vectores de formación de haz propuestos elegidos por el transmisor. En general,

la mejora propuesta proporciona una mejor coordinación de transmisión MIMO MU y reduce las posibles interferencias entre los flujos. Por tanto, mejora el rendimiento de la red global.

5 En un segundo ejemplo, se presenta una MU-DCF nueva con un procedimiento de acceso al canal de dos fases. Se realiza una transmisión MIMO MU con soporte de formación de haz para redes basadas en la norma IEEE 802.11 usando tramas MAC, tales como MU-CFR, retroalimentación de canal MIMO (M-CF), tramas MU-RTS y M-CTS, para acceder a un canal y una trama MAC M-ACK para acusar recibo de los paquetes recibidos correctamente. Opcionalmente, puede realizarse una transmisión MIMO MU adaptativa modificando los vectores de formación de haz para la transmisión MIMO MU de sólo un subconjunto de estaciones que contestaron con M-CTS para construir la siguiente trama MIMO. La decisión puede tomarse basándose en la información obtenida de la trama M-CTS. Si ya se conocen los canales, puede que no sean necesarias las tramas MU-CFR y M-CF para el mecanismo de acceso al canal de transmisión MIMO MU.

15 La transmisión MIMO MU aumenta la eficacia espectral y proporciona una mejor utilización de recursos. Sin embargo, en sistemas MIMO, la provisión de un rendimiento global alto para múltiples estaciones simultáneamente, puede llegar a ser crítica cuando la red inalámbrica es densa.

20 La figura 5 muestra el procedimiento de acceso al canal de dos fases según el segundo ejemplo. El procedimiento MU-DCF propuesto se basa en una primera fase de obtener información de estado de canal de estaciones/receptores candidatas/os, y una segunda fase de un intercambio de MU-RTS y M-CTS para un acceso al canal similar al primer ejemplo.

25 En la primera fase, la transmisión se inicia mediante una trama de petición de retroalimentación de información de estado de canal multiusuario (MU-CFR) en la que el transmisor (por ejemplo AP 10 de la figura 1) solicita básicamente la información de estado de canal a múltiples receptores (por ejemplo subconjunto de las estaciones 21 a 24 de la figura 1).

30 La figura 6 muestra una estructura de trama MU-CFR según el segundo ejemplo, que puede ir seguida de una secuencia de entrenamiento para la estimación de canal en el receptor. La trama MU-CFR propuesta es una trama MAC con múltiples campos de dirección de receptor.

35 Después de haber recibido la trama MU-CFR, las estaciones que están presentes en la lista de receptores contestan con una trama de retroalimentación de canal MIMO (M-CF). La trama M-CF es una trama MAC y puede tener el mismo formato de trama de una trama de retroalimentación CSI MIMO en sistemas MIMO SU según la norma IEEE 802.11n. El orden de contestaciones puede determinarse de manera implícita por el orden de los receptores en la lista. Se transmite la primera trama M-CF después del intervalo de SIFS, y las siguientes después de los respectivos intervalos de RIFS.

40 En la segunda fase, después de que el transmisor haya enviado una trama MU-CFR y haya recibido la información de estado de canal MIMO correspondiente de cada receptor candidato, evalúa las realizaciones de canal de las estaciones para una posible transmisión MIMO MU y determina un vector de formación de haz de transmisión apropiado para cada estación/flujo espacial. Luego, procede con la fase de reserva de canal como en el primer ejemplo pero con formatos de trama MU-RTS y MCTS diferentes.

45 La figura 7 muestra la estructura de trama MU-RTS propuesta según el segundo ejemplo con un número variable de direcciones de receptor y mejorada mediante un número variable de vectores de formación de haz de Tx adicionales.

50 Sin embargo, hay una alternativa para esta estructura de trama MU-RTS. La MU-RTS puede ser una MU-RTS genérica sin los vectores de formación de haz de Tx. La secuencia de entrenamiento que sigue inmediatamente a la MU-RTS puede formarse por haz según los vectores de formación de haz de Tx. Luego, los receptores estiman el canal formado por haz y retroalimentan la CSI al receptor. Esta información servirá para el mismo propósito que los vectores de formación de haz confirmados retroalimentados por las estaciones 21 a 24 al AP 10. Este enfoque es más ventajoso porque reduce la cantidad de bits intercambiados. Sin embargo, el formato de la retroalimentación esperada desde cada estación debe comunicarse en la trama MU-RTS, de modo que no sólo la estación pueda formatear la retroalimentación, sino que también otras estaciones puedan predecir la duración de trama M-CTS enviada por la estación.

60 La figura 8 muestra la estructura de trama MU-CTS nueva propuesta según el segundo ejemplo.

Si el transmisor pretende enviar más de un flujo espacial a una única estación, simplemente repite la dirección de receptor de manera consecutiva tantas veces como el número de flujos espaciales previstos para ese receptor. En este caso, el vector de formación de haz de Tx propuesto para cada flujo espacial sería diferente según lo esperado. De esta manera, el transmisor puede cambiar fácilmente el modo de la transmisión MIMO MU a transmisión de MIMO SU.

Las tramas M-CTS nuevas propuestas según el segundo ejemplo contienen un número variable de vectores de formación de haz de Tx confirmados, de modo que pueden evaluarse independientemente un número variable de flujos destinados a la estación. Esta información también puede usarse en el transmisor para cambiar de manera adaptativa los vectores de formación de haz para utilizar mejor el canal. Por tanto, con las mejoras anteriores proporcionadas por el segundo ejemplo, el transmisor puede usar una formación de haz de transmisión para reducir la interferencia entre los flujos espaciales que envía.

El procedimiento de protocolo de enlaces de protocolo propuesto, por ejemplo, según los ejemplos primero y segundo anteriores, puede adolecer de un denominado “problema de nodo oculto”. En el tercer ejemplo, se presenta una modificación para resolver este problema de nodo oculto.

La figura 9 ilustra este problema de nodo oculto. Se supone que el AP 10 de la figura 1 con un alcance de comunicación CR₁₀ desearía establecer una transmisión MIMO MU a las estaciones 21 y 22 con respectivos alcances de comunicación CR₂₁ y CR₂₂ en una situación en la que el AP 10 está dispuesto entre las estaciones 21 y 22. Debido a la ubicación de las estaciones 21 y 22, la primera estación 21 puede escuchar la transmisión de AP 10 pero no la transmisión de la segunda estación 22. De manera similar, la segunda estación 22 puede escuchar la transmisión de AP 10 pero no la transmisión de la primera estación 21. Esto significa que una trama M-CTS de la primera estación 21 no puede recibirse por la segunda estación 22. Si la segunda estación 22 detectara un canal vacío (es decir no hay ninguna otra transmisión o interferencia), basándose en el algoritmo explicado en el primer ejemplo, la segunda estación 22 enviará una trama M-CTS después de esperar un SIFS más un periodo de RIFS. Como resultado, la trama M-CTS enviada por la segunda estación 22 colisionará con la trama M-CTS enviada por la primera estación 21 en el AP 10.

Debido a la posibilidad de que algunas estaciones sondeadas por la recepción MIMO MU no se encuentren en el alcance de comunicación mutuo, se propone en el tercer ejemplo que todas las estaciones sondeadas para la recepción MIMO MU observen el final de la trama MU-RTS y calculen la duración que deben esperar antes de transmitir sus tramas M-CTS, teniendo en cuenta el orden de transmisión de M-CTS, la separación entre cada transmisión y la duración de cada transmisión de M-CTS. Una estación sondeada transmite entonces su trama M-CTS después de que haya transcurrido la duración determinada (comenzando desde el momento en el que se ha recibido la última transmisión de una trama MU-RTS por cada estación). Mientras se espera a transmitir la trama M-CTS, no es necesario que la estación dedicada detecte el canal, porque una recepción correcta de una trama MU-RTS implica un canal reservado entre la estación y el AP 10.

Según el tercer ejemplo, se propone el siguiente procedimiento mejorado para configurar una transmisión MIMO MU de enlace descendente.

Como en el primer ejemplo, el AP 10 inicia la transmisión MIMO MU transmitiendo una trama MU-RTS, que es una trama MAC que incluye las múltiples direcciones de receptor y que también ahora incluye un campo de duración. El campo de duración propuesto puede contener una duración d predicha de toda la transmisión esperada, desde el final de la trama MU-RTS hasta la última trama M-ACK. Si el número de receptores sondeados para la recepción MIMO MU es N , $T(x)$ es la duración de x , siendo x una trama de datos o control transmitida por el aire, entonces la duración d predicha puede obtenerse tal como sigue:

$$d=3*aSIFS_{time} + N*T(M-CTS) + T(trama MIMO MU) + N*T(M-ACK) + 2*(N-1)*aRIFS_{time} \quad (4)$$

donde $aSIFS_{time}$ es la duración de SIFS y $aRIFS_{time}$ es la duración de RIFS. Además, $T(trama MIMO MU)$ es la duración estimada de la trama MIMO MU calculada por un planificador del transmisor MIMO MU. La operación de un planificador de este tipo depende de cada implementación individual.

La trama M-CTS tiene una longitud fija. Además, todas las tramas M-CTS se transmiten usando el mismo esquema de modulación y codificación. Por tanto, se conoce la duración $T(M-CTS)$ de la trama M-CTS para el AP 10. De manera similar, la trama M-ACK tiene una longitud fija, y también se requiere que se envíe usando el mismo esquema de modulación y codificación y, por tanto, también se conoce la duración $T(M-ACK)$ de la trama M-ACK para el AP 10.

Estableciendo el campo de duración propuesto, todas las estaciones que no se sondean para la recepción MIMO MU pero que reciben la trama MU-RTS pueden establecer su vector de asignación de red (NAV) según el campo de duración en la trama MU-RTS, y, por tanto, no transmitirán durante la duración reservada.

Después de recibir una trama MU-RTS, las estaciones sondeadas contestan con una trama M-CTS, estructurada por ejemplo tal como se propone en la M-DCF convencional. Se determina el orden de contestaciones por el orden de los receptores en la lista de direcciones de la trama MU-RTS. Se transmite la primera trama M-CTS después de transcurrir la duración $aSIFS_{time}$ y las siguientes después de transcurrir la duración de la trama M-CTS más $aRIFS_{time}$. Debido a que el medio de transmisión de las estaciones sondeadas al AP 10 está ahora reservado a través de la transmisión MU-RTS, ya no es necesario que las estaciones 21 a 24 detecten el medio antes de la transmisión.

Además, debido al posible problema de nodo oculto, no puede usarse recepción de una trama M-CTS anterior para señalar la transmisión de otra M-CTS. Por tanto, se propone controlar la transmisión de M-CTS tal como sigue.

5 Después de recibir la trama MU-RTS, se determina la posición n de la estación afectada en el orden de los receptores y se calcula el tiempo t que la estación debe esperar antes de transmitir su trama M-CTS basándose en la siguiente ecuación:

$$t = aSIFStime + (n-1)*(T(M-CTS)+aRIFStime) \quad (5)$$

10 El campo de duración en la M-CTS puede obtenerse del campo de duración de la trama MU-RTS menos el valor $(t + T(M-CTS))$. El procedimiento en el AP 10 después de la transmisión de la trama MU-RTS puede corresponder al primer ejemplo. Después de recibir la trama MIMO MU, las estaciones pueden seguir el mismo procedimiento para transmitir sus tramas M-ACK.

15 Después de haber recibido una trama MIMO MU, puede calcularse el tiempo t' que la STA debe esperar antes de transmitir su trama M-ACK basándose en la siguiente ecuación:

$$t' = aSIFStime + (n-1)*(T(M-ACK) + aRIFStime) \quad (6)$$

20 Por tanto, el campo de duración en la trama M-ACK puede obtenerse del campo de duración de la trama MIMO MU menos el valor $(t' + T(M-ACK))$.

25 También puede aplicarse el mecanismo propuesto en la primera fase del acceso al canal de dos fases en el caso MIMO MU según el segundo ejemplo, concretamente, para controlar la transmisión de las tramas M-CF por las estaciones sondeadas.

30 Además, puede aplicarse el mecanismo propuesto en la segunda fase del acceso al canal de dos fases en el caso MIMO MU descrito en el segundo ejemplo, concretamente, para controlar la transmisión de las tramas M-CTS. Se observa que la duración de cada trama M-CTS puede ser diferente una de otra porque puede haber múltiples flujos espaciales destinados a un único receptor. Sin embargo, se proporciona esta información en la trama MU-RTS, y, por tanto, el AP 10 y todas las estaciones sondeadas pueden tener esto en cuenta en el cálculo del parámetro t .

35 Tal como se explicó anteriormente, las estructuras de trama MU-RTS y M-CTS definidas en los ejemplos primero y segundo requieren una definición de formatos de trama MAC nuevos.

40 En el presente cuarto ejemplo, se propone combinar una unidad de datos de protocolo MAC agregada (A-MPDU) y mecanismos de retroalimentación de sondeo con el fin de permitir una transmisión MIMO MU de enlace descendente con una adición y alteración mínimas a las especificaciones actuales, tales como la norma IEEE 802.11n. Esto es ventajoso porque MIMO MU de enlace descendente propuesto es de ese modo compatible con versiones convencionales anteriores.

45 Usando la combinación propuesta, debe definirse sólo una trama MU-RTS, mientras que puede construirse la trama M-CTS agregando una trama CTS convencional y una trama de retroalimentación de sondeo. Además, puede usarse una trama MU-RTS más genérica con algo de información adicional requerida en la MU-RTS llevada en una trama adicional agregada a la MPDU.

50 La especificación IEEE.802.11n define una trama A-MPDU, en la que pueden transmitirse dos o más MPDU MAC o tramas MAC en una oportunidad de transmisión. Para ubicar las MPDU dentro de la A-MPDU, un delimitador precede a una MPDU. Generalmente, esta agregación está prevista para complementar una trama de gestión de acción sin acuse de recibo (por ejemplo trama de retroalimentación de sondeo) en la transmisión de trama de datos o trama de respuesta de control (por ejemplo CTS).

55 Hay varios mecanismos de sondeo definidos en la norma IEEE 802.11n, de los que algunos tienen tramas dedicadas para retroalimentar los resultados de sondeo. Estas tramas pueden ser una trama CSI, una trama de orientación no comprimida, una trama de orientación comprimida, una trama de retroalimentación de índices de selección de antena. La trama CSI contiene información de estado de canal para cada subportadora en cada flujo espacial y la SNR para cada flujo. La trama de orientación no comprimida contiene la matriz de orientación de transmisión para cada subportadora en cada flujo espacial, así como la SNR para cada flujo espacial. La matriz de orientación comprimida contiene un formato comprimido de la matriz de orientación. La trama de retroalimentación de índices de selección de antena contiene información acerca de antenas seleccionadas para la siguiente transmisión para un receptor.

65 Usando la MPDU agregada propuesta y las tramas de retroalimentación explícitas, la trama M-CTS propuesta en el primer ejemplo puede redefinirse como agregación de una trama CTS convencional y una trama de retroalimentación de índices de selección de antena. El campo de mapa de bits de antenas propuesto (PAB) puede

llevarse en la trama de retroalimentación de índices de selección de antena. La trama M-CTS propuesta en el segundo ejemplo preferido puede redefinirse como agregación de una trama CTS convencional y una trama de orientación comprimida o no comprimida. Los campos de vector de formación de haz de Tx confirmados pueden llevarse en la trama de orientación. El campo de control MIMO en la trama de orientación puede establecerse de modo que un parámetro N_r designe el número de flujos espaciales previstos para el emisor CTS, un parámetro N_c designa el número de flujos espaciales (o los flujos espaciotemporales) que el emisor RTS (por ejemplo el AP 10 en la figura 1) enviará (esta información puede obtenerse del número de direcciones de receptor, o el número de campos de entrenamiento largos de rendimiento global alto (HT-LTF) establecidos en el preámbulo del paquete), un parámetro N_b , el número de bits usados para representar un coeficiente, se establece igual que el número de coeficientes usados por el AP 10 en la trama MU-RTS, al igual que el parámetro N_g que designa el número de portadoras agrupadas en una.

Debido a que los campos adicionales en la MU-RTS propuesta en los ejemplos primero y segundo son los mismos que los campos adicionales en la trama M-CTS, también se propone redefinir la trama MU-RTS como agregación de una trama MU-RTS más genérica y una trama de retroalimentación de índices de selección de antena o una trama de retroalimentación de orientación no comprimida.

La figura 10 muestra una estructura de trama MU-RTS más genérica de este tipo según el cuarto ejemplo. Esta trama MU-RTS genérica también puede usarse para otras transmisiones multiusuario, por ejemplo transmisión OFDM multiusuario tal como se mencionó inicialmente.

De manera similar a la redefinición de la trama M-CTS, los campos adicionales pueden llevarse en la trama de retroalimentación de índices de selección de antena o la trama de orientación. Se observa que el AP 10 puede determinar el formato de la retroalimentación a través de configuraciones correspondientes en el campo de control MIMO.

La trama MU-RTS tal como se propone en los ejemplos primero y segundo requiere confirmaciones de vectores de formación de haz de transmisión o mapas de bits de antenas de las estaciones direccionadas. Esto significa que las estaciones direccionadas deben realizar una medición de canal. Por tanto, el AP 10 de la figura 1 puede enviar secuencias de entrenamiento, por ejemplo las HT-LTF en el preámbulo. El número de HT-LTF que deben enviarse debe ser igual o mayor que el número de flujos espaciales (o flujos espaciotemporales) que el AP 10 pretende enviar en la transmisión MIMO MU real.

Se propone además en el cuarto ejemplo usar los intercambios de mensajes MU-RTS/CTS como portadora para el mecanismo de sondeo. Este mecanismo de sondeo llevado por el mensaje MU-RTS/CTS puede usarse cuando el planificador puede procesar la información de estado de canal (CSI) retroalimentada en la trama M-CTS lo suficientemente rápido de modo que puede planificarse una trama MIMO MU con un sincronismo *aSIFStime* después de la recepción de la última M-CTS. Si éste no es el caso, puede usarse el enfoque de dos fases. Se observa que no se ha especificado el intervalo entre la fase uno y la fase dos. Por tanto, en la segunda fase, podría pedirse una confirmación de formación de haz de TX, para garantizar que la CSI en el AP 10 no esté anticuada.

En lugar de enviar una trama MU-RTS con los vectores de formación de haz o mapas de bits de antenas propuestos, el AP 10 puede indicar a todas las estaciones direccionadas de la lista que realicen una medición de canal estableciendo un bit de "no sondeo" en un campo HT_SIGNAL a "0". La combinación de este bit y la trama MU-RTS puede desencadenar que la estación direccionada realice una medición de canal y retroalimente la información de estado de canal (CSI) agregada a la trama CTS. El formato de la trama CSI enviada por cada estación, concretamente los bits N_b y N_g anteriores, puede ser el mismo para cada estación. Estos parámetros pueden establecerse por el AP 10 y comunicarse a través de un campo de control de rendimiento global alto (HTC) incluido en la trama MU-RTS a través del uso de un formato de trama envolvente de control, o especificarse a determinados valores fijos. Si se comunica el formato, los campos nuevos pueden introducirse en el campo HTC que puede adoptar los campos reservados actuales, o puede redefinirse el campo existente. Se determina el parámetro N_c por el número de dimensiones espaciales que el AP 10 desearía sondear y es evidente a partir del número de HT-LTF. Además, puede comunicarse el valor N_r para cada estación por el AP 10 de modo que cada estación puede predecir la duración de la trama CTS agregada. También pueden comunicarse estos valores a través de campos adicionales definidos en el campo HTC.

En el siguiente quinto ejemplo, se propone una mejora del protocolo MAC que soporta transmisiones MIMO MU con formación de haz en la dirección de enlace ascendente de sistemas de transmisión MU, tales como WLAN basadas en la norma IEEE 802.11. Por tanto, el quinto ejemplo extiende el primer ejemplo a escenarios de enlace ascendente en el que un receptor común puede dar servicio simultáneamente a múltiples transmisores. El quinto ejemplo se basa en un mecanismo MAC en el que un receptor común (por ejemplo el AP 10 de la figura 1) inicia una transmisión difundiendo una trama de llamada para transmisiones (C4T) a transmisores candidatos (por ejemplo las estaciones 21 a 23 de la figura 1). Los transmisores candidatos direccionados responden enviando tramas M-RTS para mostrar su intención de transmitir al receptor común seguidas de secuencias de entrenamiento para una estimación de canal en el receptor. Como alternativa, pueden proporcionarse secuencias de entrenamiento en respectivos preámbulos. El receptor estima los canales de cada transmisor y evalúa los transmisores candidatos

según sus realizaciones de canal. El receptor también puede hallar vectores de formación de haz de transmisión apropiados para cada transmisor y puede contestar a las tramas M-RTS con una trama MU-CTS en la que puede indicar qué transmisores pueden acceder al canal usando qué vectores de formación de haz de transmisión. Luego, puede comenzar la transmisión MIMO MU.

5 El nuevo mecanismo propuesto según el quinto ejemplo, por tanto, proporciona un mecanismo de acceso al canal de enlace ascendente para transmisiones MIMO MU que soportan formación de haz de transmisión, en el que un receptor común soporta una recepción de múltiples paquetes simultánea de transmisores diferentes. Por tanto, puede aumentar la eficacia espectral del sistema. El mecanismo de formación de haz de transmisión incrustado
10 proporciona una buena coordinación de transmisión MIMO MU entre los múltiples transmisores de modo que se minimiza la interferencia entre los flujos espaciales. Además, el nuevo mecanismo proporciona la posibilidad de conmutar entre los modos de transmisión MIMO SU y MU si las realizaciones de canal no son apropiadas para una transmisión MIMO MU.

15 Más específicamente, en el mecanismo MAC MIMO MU propuesto para el escenario de enlace ascendente, pueden usarse las tramas C4T, M-RTS y MU-CTS para acceder a un canal, y puede usarse una trama MU-ACK para acusar recibo de paquetes recibidos correctamente. Opcionalmente, puede proporcionarse una transmisión MIMO MU adaptativa modificando vectores de formación de haz de transmisión para la transmisión MIMO MU de sólo un subconjunto de estaciones cuyos flujos espaciales se reciben correctamente para construir la siguiente trama MIMO.
20 La decisión puede basarse en información obtenida de, por ejemplo, una comprobación de código de corrección de errores (tal como un código de redundancia cíclica (CRC)) de los paquetes recibidos.

A continuación, se describe en más detalle el procedimiento MAC de enlace ascendente MIMO MU propuesto basándose en cinco etapas tal como se muestra en la figura 11.

25 En una primera etapa, un receptor común (por ejemplo el AP 10 de la figura 1) difunde una trama de llamada para transmisiones (C4T) para iniciar una transmisión MIMO MU en el enlace ascendente. En la trama C4T, indica las direcciones de todas las estaciones con capacidad MIMO MU de enlace ascendente, que es un número variable. Alternativamente, el AP 10 puede decidir sondear sólo un subconjunto de estaciones con capacidad MIMO MU de
30 enlace ascendente.

La trama C4T también puede llevar una petición para un sondeo y una indicación del número de dimensiones espaciales que van a sondearse. Alternativamente, puede normalizarse el número de dimensiones espaciales que van a sondearse con respecto a la capacidad de estimación de canal del AP 10, que puede obtenerse del campo de capacidades de HT del AP 10, que podría transmitirse en tramas de baliza, tramas de respuesta de asociación, etc.
35 Puede establecerse el campo de duración para abarcar la duración de transmisión hasta el comienzo de la transmisión MIMO MU. Tal como se explicó anteriormente, esta duración puede obtenerse de una suma de la duración de las respuestas de las estaciones, la duración de la trama MU-CTS y los intervalos de SIFS/RIFS que separan las tramas. Debido a que no se conoce el número de estaciones asignadas para la transmisión MIMO MU cuando se construye la trama C4T, no se conoce la duración de la trama MU-CTS. Para el cálculo del campo de
40 duración de C4T, se supone que la trama MU-CTS contiene el número máximo de campos y el MCS usado es el mismo que el usado para la transmisión de la trama C4T. Se observa que en la misma trama, debe transportarse el formato del informe de CSI (por ejemplo parámetros Nb, Ng, Nc, Nr) para cada estación. El mecanismo para transportar esta información puede ser el mismo que el usado en la transmisión MIMO MU de enlace descendente.
45 La duración también debe tener en cuenta los informes de CSI. La trama C4T puede transmitirse de manera regular. La frecuencia de recurrencia puede depender entonces del número de AP con capacidad MIMO MU de enlace ascendente. La frecuencia puede comunicarse a otros AP en una trama de baliza.

La figura 12 muestra un ejemplo de una estructura de trama C4T con múltiples campos de dirección de transmisor según el quinto ejemplo.

Después de que cada estación haya recibido la llamada, por ejemplo la trama C4T, responden en la segunda etapa del procedimiento enviando una trama M-RTS para indicar su intención para transmitir al receptor indicado. En este caso, "trama M-RTS" significa trama RTS de M-DCF y contiene campos de trama RTS y campos adicionales tales como un campo de CSI. Podría sustituirse la trama M-RTS por una agregación de una trama RTS y una trama de retroalimentación de CSI.
55

El orden de las tramas M-RTS se determina de manera implícita mediante el orden de los transmisores en la lista en la trama C4T. La primera trama M-RTS se transmite después de un intervalo de SIFS, y las siguientes se transmiten después de respectivos intervalos de RIFS. La unidad de datos de protocolo física (PPDU) que lleva la trama M-RTS puede ser una PPDU de sondeo. La duración puede ser la suma de dos duraciones, comenzando la primera duración en un intervalo de SIFS después de la terminación de la transmisión de M-RTS hasta el comienzo de la transmisión MIMO MU y la segunda duración es la duración de la transmisión de trama de datos si el MCS usado para la trama M-RTS se usara para transmitir los datos pendientes. A partir de este campo de duración, el AP 10 puede conocer la cantidad de datos que van a enviarse por una estación y, por tanto, puede establecer apropiadamente el campo de duración en la trama MU-CTS.
60
65

La figura 13 muestra una estructura de trama M-RTS tal como se usa en el quinto ejemplo.

Después de que el AP 10 reciba las tramas M-RTS de las estaciones de transmisión candidatas y estime las realizaciones de canal de las estaciones, evalúa en la tercera etapa del procedimiento las realizaciones de canal de las estaciones para una posible transmisión MIMO MU y halla un vector de formación de haz de transmisión apropiado para cada estación o flujo espacial. Después, procede a la reserva de canal difundiendo una trama MU-CTS en la que indica qué transmisores pueden acceder al canal usando qué vectores de formación de haz de transmisión.

La figura 14 muestra un ejemplo de la estructura de trama MU-CTS mejorada propuesta con vectores de formación de haz de Tx según el quinto ejemplo.

Alternativamente, podría usarse una trama MU-CTS más genérica, que no lleva los vectores de formación de haz de Tx. Luego, podría usarse una trama de orientación agregada (comprimida o no comprimida) para llevar los vectores de formación de haz de Tx. También puede transportarse el MCS que va a usarse en la transmisión por las estaciones asignadas en estas tramas, por ejemplo, en los campos HTC. Puede establecerse el campo de duración a la duración del flujo espacial más largo más un intervalo de SIFS y el tiempo necesario para transmitir la trama M-ACK.

En la cuarta etapa del procedimiento, las estaciones pueden acceder al canal usando los vectores de formación de haz de Tx indicados en la trama MU-CTS.

Finalmente, en la quinta etapa, una vez completada la transmisión de enlace ascendente MIMO MU, el AP 10 puede transmitir una trama MU-ACK en la que acusa recibo de recepciones satisfactorias de paquetes transmitidos simultáneamente por las estaciones asignadas.

La figura 15 muestra una estructura de trama MU-ACK correspondiente según el quinto ejemplo. Este acuse de recibo puede transportarse en el campo de mapa de bits de paquetes con acuse de recibo (APB) cuya longitud es igual al número de direcciones de Rx en la trama MU-CTS. Puede acusarse recibo de una recepción satisfactoria de un paquete, por ejemplo, estableciendo el bit correspondiente a la estación de transmisión a "1".

Con los mecanismos propuestos del quinto ejemplo, el receptor puede iniciar y coordinar la transmisión MIMO MU en el enlace ascendente hallando los vectores de formación de haz de transmisión apropiados y alimentando esta información a los transmisores, por tanto, proporciona un mecanismo de acceso al canal eficaz y una técnica de evitación de interferencia para una transmisión de enlace ascendente MIMO MU.

En el sexto ejemplo, se propone un mecanismo para reducir la sobrecarga en MU-DCF. La mayoría de la sobrecarga en MU-DCF se genera debido a múltiples contestaciones de tramas M-CTS y M-ACK con sus intervalos de SIFS y un preámbulo antes de cada trama. La aplicación de un esquema de acceso múltiple distinto al acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) mejora significativamente el rendimiento de la red de MU-DCF.

En sistemas MIMO, es posible multiplexar espacialmente las tramas, pero no puede suponerse el conocimiento del canal en el transmisor. En sistemas OFDM, tales como la norma IEEE 802.11a, el uso de transmisiones OFDMA conduce a una menor complejidad de hardware. Sin embargo, otros esquemas tales como MC-CDMA o CDMA pueden tener un efecto similar.

En el caso de OFDMA, usando por ejemplo un cuarto de subportadoras, los paquetes cortos tales como la trama M-CTS y M-ACK, no son cuatro veces más largas, puesto que la parte principal de la trama es el preámbulo. Dependiendo de la capa física, las tramas M-CTS y M-ACK son varios símbolos más largas. Suponiendo un tamaño de paquete de 1024 byte, un modo de capa física para los paquetes de datos de 54 Mb/s, un modo de capa física de 36 Mb/s (y otros parámetros relevantes como en la norma IEEE 802.11a), la ventana de transmisión tiene duraciones de 338 μ s en el modo SU, de 578 ms en el modo de MU (TDMA) y de 362 μ s en el modo MU (OFDMA).

Por tanto, en el sexto ejemplo se propone reducir el tiempo necesario para transmitir las tramas M-CTS y M-ACK en el modo de operación MU en MU-DCF. Esto reduce la sobrecarga en MU casi a la de un sistema SU, mientras que se mantienen los beneficios mencionados anteriormente de transmisiones MIMO MU.

En lugar de transmitir las tramas M-CTS y M-ACK en un modo TDMA, todas las subportadoras se dividen en subconjuntos y cada subconjunto se asigna a una estación que debe enviar una trama M-CTS o M-ACK.

Puede determinarse la información acerca del mapeo de subconjuntos de subportadoras a estaciones a partir del orden de los receptores en la lista de direcciones transportada en la trama MU-RTS. Por tanto, las tramas M-CTS y M-ACK se transmiten simultáneamente, de modo que se paralelizan los intervalos de SIFS y los preámbulos que preceden a cada trama en las redes de la norma IEEE 802.11 y que son las portadoras de la sobrecarga en sistemas MIMO MU. Dependiendo de las características de capa física, las tramas M-CTS y M-ACK pueden ser sólo

varios símbolos más largas.

5 En resumen, se han descrito un aparato de transmisión, un aparato de recepción, un sistema y un método para realizar una transmisión multiusuario a una pluralidad de otros extremos de transmisión, en los que se difunde una petición de transmisión, por ejemplo trama MU-RTS, trama MU-CFR o trama C4T, a la pluralidad de otros extremos de transmisión, y en los que la petición está dotada de una trama MAC que incluye una lista de al menos dos identificaciones de extremos de recepción a los que se solicita que contesten a la petición. Se han proporcionado diversas mejoras y perfeccionamientos adicionales ventajosos de este concepto general subyacente en las realizaciones anteriores.

10 Se observa que la presente invención no se restringe a las realizaciones anteriores y puede usarse para cualquier esquema de transmisión multiusuario, no sólo MIMO MU. Más específicamente, la invención es aplicable a todos los tipos de WLAN basadas en MIMO, particularmente sistemas de M-DCF. El protocolo funciona en el modo tanto de único usuario (SU) como de MU. Pueden esperarse mejoras de rendimiento en comparación con M-DCF en sistemas altamente interconectados y en enlace descendente de AP, en los que están presentes múltiples conexiones. Además, la invención es aplicable a todos los sistemas inalámbricos multiusuario con un mecanismo MAC de acceso aleatorio. Se espera aumentar la eficacia espectral de las redes inalámbricas en las que el tráfico es asimétrico y la mayoría del tráfico surge de un único transmisor tal como un AP en un escenario de enlace descendente o un servidor que distribuye datos a múltiples estaciones, y/o en las que la mayoría del tráfico está destinado a un único receptor tal como un AP en un escenario de enlace ascendente o una pasarela que proporciona el acceso a la red externa.

25 Finalmente pero aun así de manera importante, se observa que se pretende que la expresión “comprende” o “que comprende”, cuando se usa en la memoria descriptiva que incluye las reivindicaciones, especifique la presencia de características, medios, etapas o componentes mencionados, pero no excluye la presencia o adición de una o más otras características, medios, etapas, componentes o grupo de los mismos. Además, la palabra “un” o “una” precediendo a un elemento en una reivindicación no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos. Además, ningún símbolo de referencia limita el alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de transmisión para realizar una transmisión multiusuario a una pluralidad de otros extremos (21-24) de transmisión, estando dicho aparato (10) adaptado para:
 - a) difundir una petición de transmisión a dicha pluralidad de otros extremos (21-24) de transmisión; y
 - b) dotar a dicha petición de una trama de control de acceso al medio MAC que incluye una lista de al menos dos identificaciones de otros extremos de transmisión a los que se pide que contesten a dicha petición,
 estando el aparato de transmisión caracterizado porque está configurado para usar dicha petición de transmisión como petición para retroalimentar información de retroalimentación de estado de canal, y para evaluar realizaciones de canal de dichos otros extremos (21-24) de transmisión basándose en la información de retroalimentación de estado de canal recibida de dichos otros extremos de transmisión, y para derivar vectores de formación de haz apropiados para dichos otros extremos de transmisión.
2. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho aparato (10) está adaptado para crear una trama de transmisión sólo de paquetes destinados a al menos uno de esos otros extremos de transmisión que contestaron a dicha petición de transmisión.
3. Aparato según la reivindicación 2, en el que dicha identificación comprende una dirección MAC.
4. Aparato según la reivindicación 1, en el que dichos otros extremos de transmisión son transmisores candidatos direccionados para que devuelvan una petición de envío para mostrar su intención de transmitir.
5. Aparato según la reivindicación 4, en el que dicho aparato está adaptado para realizar una estimación de canal para dichos transmisores candidatos según sus realizaciones de canal, y para contestar a dicha petición de envío con una confirmación de envío que indica qué transmisor puede acceder a un canal mediante qué vector de formación de haz.
6. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicha petición de transmisión comprende información que especifica un formato que debe usarse para dicha información de retroalimentación de estado de canal solicitada.
7. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho aparato está adaptado para acusar recibo de transmisiones enviando una trama MAC que indica esos otros extremos de transmisión de los que se han recibido dichas transmisiones.
8. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho aparato está adaptado para indicar dichos otros extremos de transmisión de los que se han recibido dichas transmisiones, estableciendo un respectivo bit en un mapa de bits previsto en dicha trama MAC.
9. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho aparato (10) está adaptado para difundir tramas de petición de envío que incluyen una lista de otros extremos de transmisión y dichos vectores de formación de haz apropiados para dichos otros extremos de transmisión.
10. Aparato según la reivindicación 1, en el que dicho aparato (10) está adaptado para añadir a dicha petición de transmisión información de duración que indica una duración predicha de toda la transmisión esperada.
11. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho aparato comprende un transceptor multiusuario con al menos una de cadena de múltiples entradas y cadena de múltiples salidas.
12. Aparato de recepción para recibir una señal de transmisión multiusuario, estando dicho aparato (21-24) adaptado para:
 - a) recibir una petición de transmisión;
 - b) detectar una lista de al menos dos identificaciones de receptor en una trama de control de acceso al medio MAC proporcionada por dicha petición de transmisión; y
 - c) responder a dicha petición de transmisión si dicha lista contiene una identificación de dicho aparato (21-24),
 estando el aparato de recepción caracterizado porque está adaptado para responder a dicha petición de transmisión con una trama de retroalimentación de canal que incluye información de estado de canal que

puede usarse para evaluar realizaciones de canal del aparato de recepción y derivar vectores de formación de haz apropiados para el aparato de recepción.

- 5 13. Aparato según la reivindicación 12, en el que dicho aparato (21-24) está adaptado para responder combinando una unidad de datos por paquetes MAC agregada y un mecanismo de retroalimentación de sondeo.
- 10 14. Aparato según la reivindicación 12 ó 13, en el que dicho aparato (21-24) está adaptado para derivar un sincronismo para su respuesta basándose en un orden de dicha identificación en dicha lista.
- 15 15. Aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que dicho aparato está adaptado para realizar una de las siguientes acciones:
- incluir en la respuesta información de duración que indica una cantidad de datos en su cola de transmisión,
 - establecer su vector de asignación de red según el contenido de un campo de duración previsto en dicha petición de transmisión, si dicha lista no contiene ninguna identificación de dicho aparato,
 - 20 - calcular un tiempo de espera para su respuesta usando un campo de duración previsto en dicha petición de transmisión,
 - 25 - usar un subconjunto asignado de subportadoras de una señal de transmisión multiusuario para la respuesta, derivar dicho subconjunto asignado de un orden de dicha identificación en dicha lista y responder en un periodo de tiempo predeterminado tras la recepción de dicha petición.

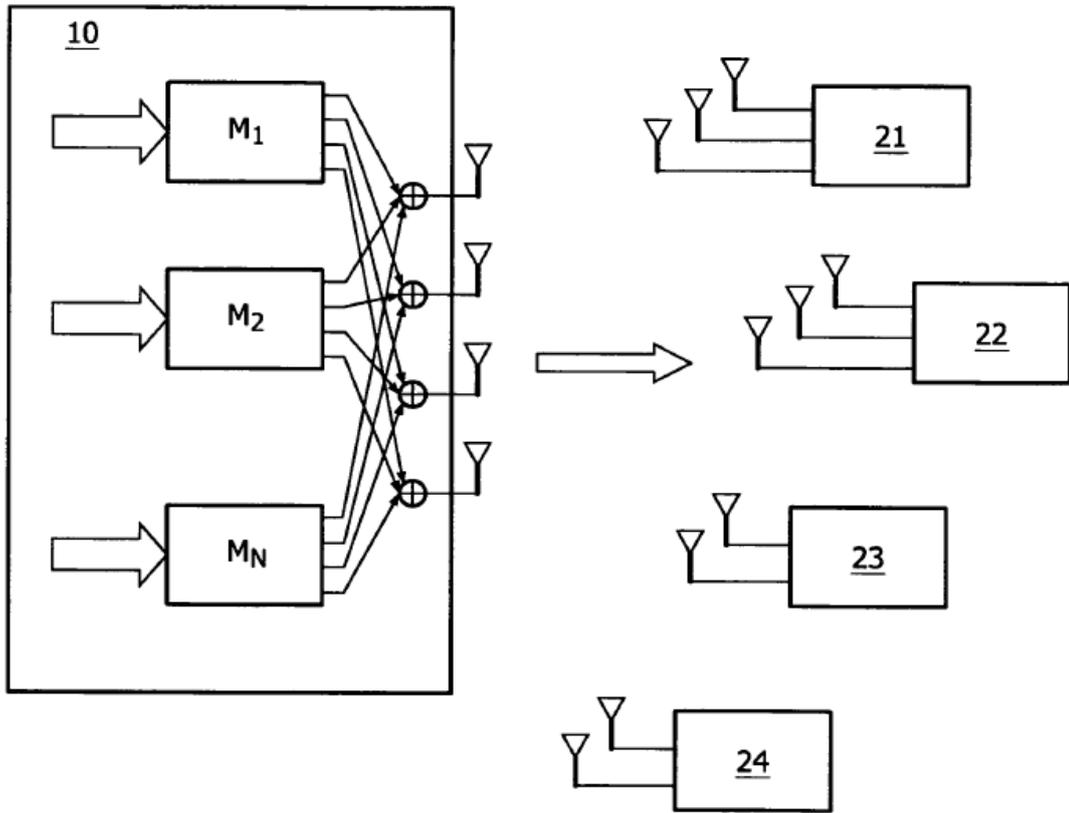


FIG. 1

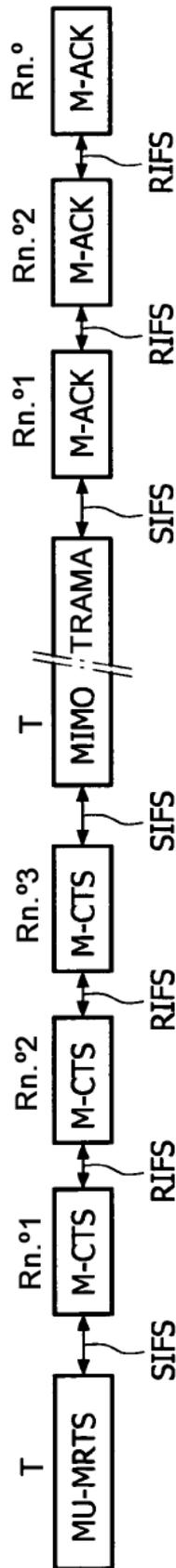


FIG. 2

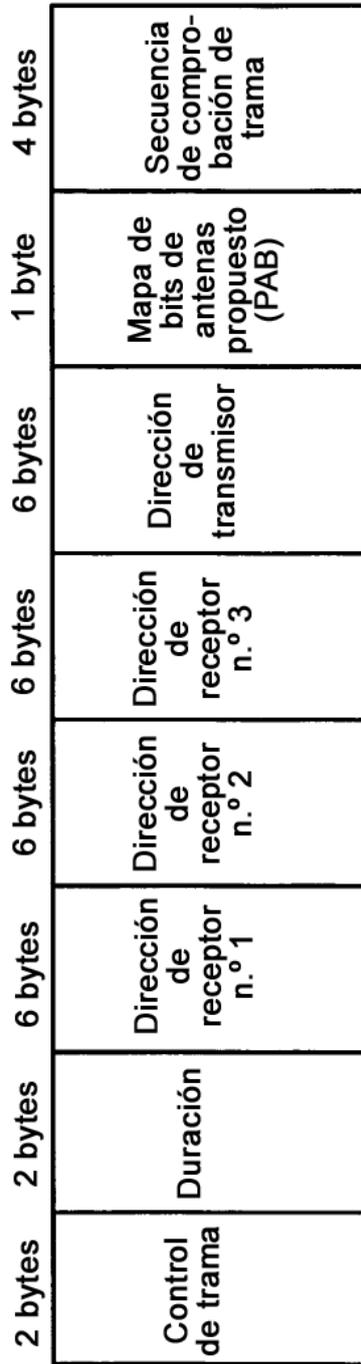


FIG. 3

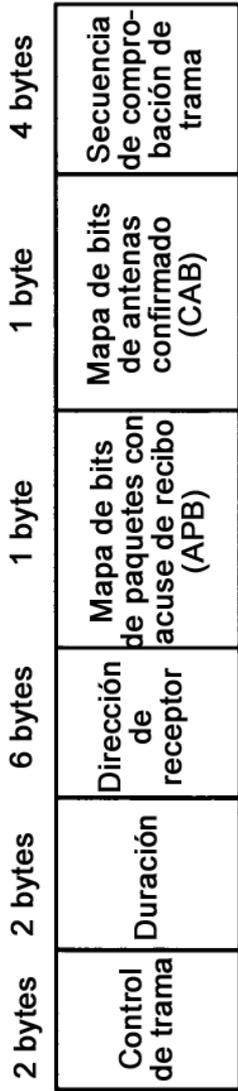


FIG. 4

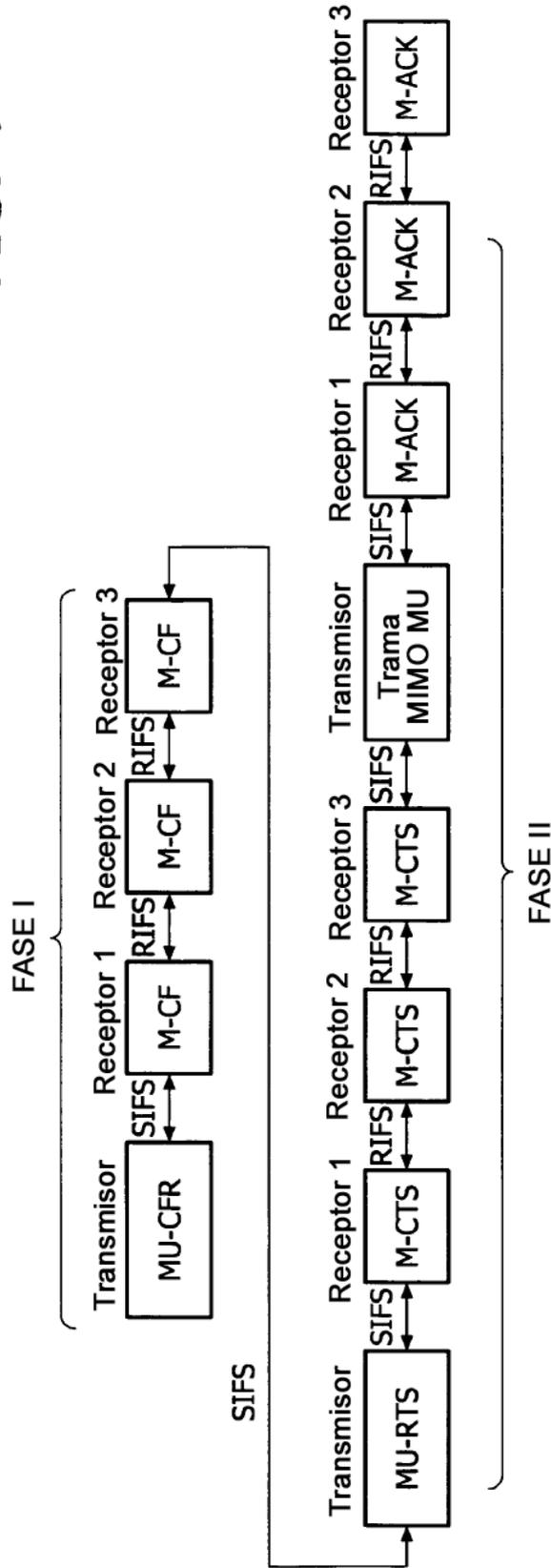


FIG. 5

Control de trama	Duración	Dirección de receptor n.º 1	Dirección de receptor n.º 2	Dirección de receptor n.º 3	Dirección de transmisor	Secuencia de comprobación de trama
------------------	----------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

FIG. 6

Control de trama	Duración	Dirección de receptor n.º 1	Dirección de receptor n.º 2	Dirección de receptor n.º 3	Dirección de transmisor	Vector de formación de haz de Tx propuesto para receptor 1	Vector de formación de haz de Tx propuesto para receptor 2	Vector de formación de haz de Tx propuesto para receptor 3	Secuencia de comprobación de trama
------------------	----------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------	--	--	--	------------------------------------

FIG. 7

Control de trama	Duración	Dirección de receptor	Bit de vector de formación de haz de Tx confirmado para flujo espacial 1	Bit de vector de formación de haz de Tx confirmado para flujo espacial 2	Secuencia de comprobación de trama
------------------	----------	-----------------------	--	--	------------------------------------

FIG. 8

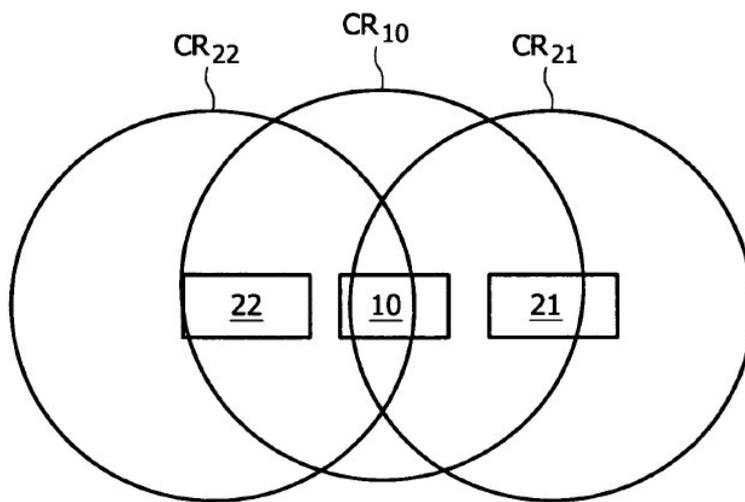


FIG. 9

Control de trama	Duración	Dirección de receptor n.º 1	Dirección de receptor n.º 2	Dirección de receptor n.º 3	Dirección de transmisor	Secuencia de comprobación de trama
------------------	----------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

FIG. 10

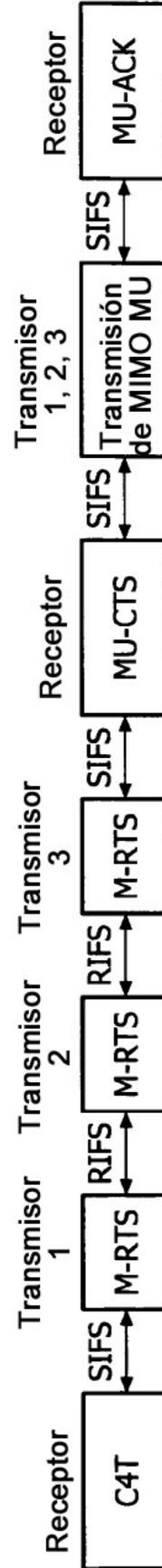


FIG. 11

Control de trama	Duración	Dirección de RX n.º 1	Dirección de RX n.º 2	Dirección de RX n.º 3	Dirección de TX	Secuencia de comprobación de trama
------------------	----------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------	------------------------------------

FIG. 12

Control de trama	Duración	Dirección de TX	N.º propuesto de flujos espaciales	Secuencia de comprobación de trama
------------------	----------	-----------------	------------------------------------	------------------------------------

FIG. 13

Control de trama	Duración	Dirección de RX n.º 1	Dirección de RX n.º 2	Dirección de RX n.º 3	Vector de formación de haz de Tx propuesto para TX 1	Vector de formación de haz de Tx propuesto para TX 2	Vector de formación de haz de Tx propuesto para TX 3	Secuencia de comprobación de trama
------------------	----------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	--	--	--	------------------------------------

FIG. 14

Control de trama	Duración	Dirección de RX n.º 1	Dirección de RX n.º 2	Dirección de RX n.º 3	Mapa de bits de paquetes con acuse de recibo (APB)	Secuencia de comprobación de trama
------------------	----------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	--	------------------------------------

FIG. 15