

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 764**

51 Int. Cl.:

H04W 56/00 (2009.01)

H04B 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.06.2010 E 10740455 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.11.2014 EP 2446677**

54 Título: **Procedimiento y aparato para un enlace ascendente de múltiples usuarios que requiere una sincronización mínima de tiempos y frecuencias entre estaciones**

30 Prioridad:

26.06.2009 US 220919 P

26.08.2009 US 548081

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

15.01.2015

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)

5775 Morehouse Drive

San Diego, CA 92121, US

72 Inventor/es:

SAMPATH, HEMANTH;

ABRAHAM, SANTOSH P.;

VERMANI, SAMEER y

JONES, IV, VINCENT KNOWLES

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 526 764 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

Procedimiento y aparato para un enlace ascendente de múltiples usuarios que requiere una sincronización mínima de tiempos y frecuencias entre estaciones

Antecedentes

5 I. Campo

La siguiente descripción versa en general sobre sistemas de comunicaciones y, más en particular, sobre un procedimiento y un aparato para un enlace ascendente de múltiples usuarios que requiere una sincronización mínima de tiempos y frecuencias entre estaciones.

II. Antecedentes

10 Para abordar la cuestión de los requisitos crecientes de ancho de banda que se demandan para los sistemas de comunicaciones inalámbricas se vienen desarrollando diferentes esquemas para permitir que múltiples terminales de usuario se comuniquen con un solo punto de acceso compartiendo los recursos de canal mientras se logran caudales elevados de datos. La tecnología de múltiples entradas o múltiples salidas (MIMO) representa un enfoque de ese tipo que ha surgido recientemente como una técnica popular para los sistemas de comunicaciones de la próxima generación. La tecnología MIMO ha sido adoptada en varios estándares emergentes de comunicaciones inalámbricas tales como el estándar 802.11 del Instituto de Ingenieros Eléctricos (IEEE). IEEE 802.11 denota un conjunto de estándares de interfaz aérea de red inalámbrica de área local (WLAN) desarrollados por el comité de IEEE 802.11 para comunicaciones de corto alcance (por ejemplo, de decenas de metros a algunos cientos de metros).

20 En los sistemas de comunicaciones inalámbricas, los protocolos de acceso al medio (MAC) están diseñados para operen aprovechando varias dimensiones de libertad ofrecidas por el medio de enlace aéreo. Las dimensiones de libertad aprovechadas más comúnmente son el tiempo y la frecuencia. Por ejemplo, en el protocolo IEEE 802.11 MAC, la dimensión de libertad "tiempo" es aprovechada por medio del CSMA (acceso múltiple por detección de portadora). El protocolo CSMA intenta garantizar que no se produzca más de una transmisión durante un periodo de interferencia potencial elevada. De modo similar, la dimensión de libertad "frecuencia" puede ser aprovechada usando canales de diferentes frecuencias.

30 Desarrollos recientes han llevado al espacio como una dimensión que es una opción de uso viable para aumentar o, al menos, dar un uso más eficiente a la capacidad existente. El acceso múltiple por división espacial (SDMA) puede usarse para mejorar la utilización del enlace aéreo planificando múltiples terminales para la transmisión y la recepción simultáneas. Se envían datos a cada uno de los terminales usando flujos espaciales. Por ejemplo, con el SDMA, un transmisor forma flujos ortogonales hacia receptores individuales. Tales flujos ortogonales pueden formarse porque el transmisor tiene varias antenas y el canal de transmisión/recepción consiste en varias vías. Los receptores también pueden tener una o más antenas (MIMO, SIMO). Para este ejemplo, se supone que el transmisor es un punto de acceso (PA) y los receptores son estaciones (EST). Los flujos se forman de tal modo que un flujo dirigido a la EST-B, por ejemplo, sea visto como una interferencia de baja potencia en la EST-C, la EST-D, ..., etc., y esto no causará una interferencia significativa y lo más probable es que sea ignorado. Para formar estos flujos ortogonales, el PA precisa tener información de estado de canal (CSI) de cada una de las EST receptoras. Aunque la CSI puede ser medida y comunicada de varias maneras, añadiéndose complejidad con ello, el uso de la CSI optimizará la configuración de los flujos SDMA.

40 Surgen complejidades adicionales cuando se aplica MIMO a sistemas multiusuario (MU). Por ejemplo, la planificación de un enlace ascendente requiere que las estaciones estén sincronizadas en tiempo, potencia y frecuencia con el PA. Sin embargo, el requisito de sincronización a menudo pone una carga significativa en las EST. Por ejemplo, puede requerirse que las EST realicen un control de potencia de bucle abierto y que se amolden a requisitos estrictos de tiempo y frecuencia, así como que lleven a cabo una autocorrección.

45 En consecuencia, sería deseable abordar una o más de las deficiencias descritas en lo que antecede.

Se llama la atención sobre el documento de SHENG ZHOU ET AL: "An Plink Medium Access Protocol with SDMA Support for Multiple-Antenna WLANs", WIRELESS COMMUNICATIONS AND NETWORKING CONFERENCE, 2008, páginas 1809-1814, XP031243907. Este documento versa sobre estaciones de usuario que reciben mensajes PCTS procedentes de puntos de acceso que incluyen una secuencia de entrenamiento usada para la transmisión de datos y aplicar la sincronización de frecuencias con el PA.

Sumario

Según la presente invención, se proporcionan un procedimiento para comunicaciones inalámbricas, según se define en las reivindicaciones 1 y 13, y un aparato para comunicaciones inalámbricas, según se define en las reivindicaciones 12 y 18. En las reivindicaciones dependientes se reivindican realizaciones adicionales.

Lo que sigue representa un sumario simplificado de uno o más aspectos para proporcionar una comprensión básica de tales aspectos. Este sumario no es una visión de conjunto extensa de todos los aspectos contemplados, y no está pensada ni para identificar elementos clave o críticos de todos los aspectos ni para delinear el alcance de ninguno o la totalidad de los aspectos. Su único propósito es presentar algunos conceptos de uno o más aspectos de forma simplificada como preludeo a la descripción más detallada que se presenta después.

Según diversos aspectos, la presente innovación versa sobre aparatos y procedimientos que proporcionan comunicaciones inalámbricas, incluyendo un procedimiento para comunicaciones inalámbricas enviar a varios nodos inalámbricos información de corrección; recibir datos corregidos generados por al menos una estación de los varios nodos inalámbricos en función de la información de corrección; y procesar espacialmente los datos corregidos.

En otro aspecto, se proporciona un aparato para comunicaciones inalámbricas que incluye un sistema de procesamiento configurado para enviar a varios nodos inalámbricos información de corrección; recibir datos corregidos generados por al menos una estación de los varios nodos inalámbricos en función de la información de corrección; y procesar espacialmente los datos corregidos.

En otro aspecto adicional, se proporciona un aparato para comunicaciones inalámbricas que incluye medios para enviar a varios nodos inalámbricos información de corrección; medios para recibir datos corregidos generados por al menos una estación de los varios nodos inalámbricos en función de la información de corrección; y medios para procesar espacialmente los datos corregidos.

En otro aspecto adicional, se proporciona un producto de programa de ordenador para comunicaciones inalámbricas que incluye un medio legible por máquina que incluye instrucciones ejecutables para enviar a varios nodos inalámbricos información de corrección; recibir datos corregidos generados por al menos una estación de los varios nodos inalámbricos en función de la información de corrección; y procesar espacialmente los datos corregidos.

En otro aspecto adicional, se proporciona un punto de acceso que incluye una o más antenas; un transmisor configurado para enviar a varios nodos inalámbricos, a través de las una o más antenas, información de corrección; un receptor configurado para recibir datos corregidos generados por al menos una estación de los varios nodos inalámbricos en función de la información de corrección; y un procesador configurado para procesar espacialmente los datos corregidos.

En otro aspecto adicional, se proporciona un procedimiento para comunicaciones inalámbricas que incluye recibir información de corrección; y transmitir datos en función de la información de corrección.

En otro aspecto adicional, se proporciona un aparato para comunicaciones inalámbricas que incluye un sistema de procesamiento configurado para recibir información de corrección; y para transmitir datos en función de la información de corrección.

En otro aspecto adicional, se proporciona un aparato para comunicaciones inalámbricas que incluye medios para recibir información de corrección; y medios para transmitir datos en función de la información de corrección.

En otro aspecto adicional, se proporciona un producto de programa de ordenador para comunicaciones inalámbricas que incluye un medio legible por máquina que incluye instrucciones ejecutables para recibir información de corrección; y para transmitir datos en función de la información de corrección.

En otro aspecto adicional, se proporciona una estación móvil que incluye una o más antenas; un receptor configurado para recibir, a través de las una o más antenas, información de corrección; y un transmisor configurado para transmitir datos en función de la información de corrección.

En otro aspecto adicional, se proporciona una tarjeta electrónica que incluye un receptor configurado para recibir información de corrección; y un transmisor configurado para transmitir datos a uno o más nodos, en función de la información de corrección, a través de una o más antenas.

A la consecución de los fines anteriores y relacionados, los uno o más aspectos comprenden las características plenamente descritas en lo que sigue, y señaladas en particular en las reivindicaciones. La siguiente descripción y los dibujos adjuntos presentan en detalle aspectos ilustrativos de los uno o más aspectos. Sin embargo, estos aspectos son indicativos únicamente de algunas de las diversas maneras en que pueden ser empleados los principios de los diversos aspectos, y se pretende que los aspectos descritos incluyan todos los aspectos tales y sus equivalentes.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama de una red de comunicaciones inalámbricas configurada según un aspecto de la divulgación;
 la FIG. 2 es un nodo inalámbrico que incluye un sistema de procesamiento de entrada en la red de comunicaciones inalámbricas de la FIG. 1;
 la FIG. 3 es un diagrama de una trama TRM configurada según un aspecto de la divulgación;

la FIG. 4 es un cronograma que ilustra la operación de una secuencia de tramas de enlace ascendente multiusuario de múltiples entradas y múltiples salidas (MU-MIMO) con requisitos mínimos de sincronización de tiempo/frecuencia entre estaciones;

la FIG. 5 es un diagrama de flujo que ilustra la operación de un sistema MU-MIMO con requisitos mínimos de sincronización de tiempo/frecuencia entre estaciones;

la FIG. 6 es un diagrama de una trama de sondeo que incluye un preámbulo SDMA e información de control determinada por la asignación de flujo espacial en función de la información contenida en la trama TRM de la FIG. 3;

la FIG. 7 es un diagrama de bloques que ilustra la funcionalidad de un aparato para usar información de corrección con varias EST según un aspecto de la divulgación; y

la FIG. 8 es un diagrama de bloques que ilustra la funcionalidad de un aparato para transmitir datos usando información de corrección según un aspecto de la divulgación.

Descripción detallada

En lo que sigue se describen más plenamente diversos aspectos de los sistemas, los aparatos y los procedimientos novedosos con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, la divulgación de las enseñanzas puede implementarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse que esté limitada a ninguna estructura o función específicas presentadas en toda esta divulgación. Antes bien, se proporcionan estos aspectos para que esta divulgación sea cabal y completa y transmita plenamente el alcance de la divulgación a los expertos en la técnica. Basándose en las enseñanzas del presente documento, un experto en la técnica debe apreciar que está previsto que el alcance de la divulgación cubra cualquier aspecto de los sistemas, los aparatos y los procedimientos noveles dados a conocer en el presente documento, se implementen independientemente de cualquier otro aspecto de la invención o se combinen con el mismo. Por ejemplo, puede implementarse un aparato o puede ponerse en práctica un procedimiento usando cualquier número de los aspectos definidos en el presente documento. Además, se pretende que el alcance de la invención cubra tal aparato o tal procedimiento que se pongan en práctica usando otra estructura, funcionalidad o estructura y funcionalidad además de o distintas de los diversos aspectos de la invención definida en el presente documento. Debe entenderse que cualquier aspecto dado a conocer en el presente documento puede ser implementado por uno o más elementos de una reivindicación.

Ahora se presentarán con referencia a la FIG. 1 varios aspectos de una red inalámbrica. Se muestra la red inalámbrica, a la que en el presente documento también se denomina conjunto 100 básico de servicio (BSS), con varios nodos inalámbricos, generalmente designados como un punto 110 de acceso y varios terminales o estaciones (EST) 120 de acceso. Cada nodo inalámbrico es capaz de recibir y/o transmitir. En la descripción detallada que sigue se usa la expresión "punto de acceso" para designar un nodo transmisor y se usa la expresión "terminal de acceso" para designar un nodo receptor para comunicaciones de enlace descendente, mientras que se usa la expresión "punto de acceso" para designar un nodo receptor y se usa la expresión "terminal de acceso" para designar un nodo transmisor para comunicaciones de enlace ascendente. Sin embargo, los expertos en la técnica entenderán inmediatamente que puede usarse otra terminología o nomenclatura para un punto de acceso y/o terminal de acceso. A título de ejemplo, un punto de acceso puede denominarse estación base, estación transreceptora base, estación, terminal, nodo, nodo inalámbrico, terminal de acceso actuando como punto de acceso u otra terminología adecuada. Un terminal de acceso puede denominarse terminal de usuario, estación móvil, estación de abonado, estación, dispositivo inalámbrico, terminal, nodo, nodo inalámbrico u otra terminología adecuada. Los diversos conceptos descritos en toda esta divulgación está previsto que se apliquen a todos los nodos inalámbricos adecuados con independencia de su nomenclatura específica.

La red inalámbrica 100 puede dar soporte a un número cualquiera de puntos de acceso distribuidos por toda una zona geográfica para proporcionar cobertura a terminales 120 de acceso. Puede usarse un controlador 130 del sistema para proporcionar coordinación y control de los puntos de acceso, así como acceso a otras redes (por ejemplo, Internet) para los terminales 120 de acceso. En aras de la simplicidad, se muestra un punto 110 de acceso. Un punto de acceso es generalmente un terminal fijo que proporciona servicios de enlace terrestre a los terminales de acceso en la zona geográfica de cobertura. Sin embargo, el punto de acceso puede ser móvil en algunas aplicaciones. Un punto de acceso, que puede ser fijo o móvil, utiliza los servicios de enlace terrestre de un punto de acceso o se ocupa en comunicaciones del mismo nivel con otros terminales de acceso. Ejemplos de terminales de acceso incluyen un teléfono (por ejemplo, un teléfono móvil), un ordenador portátil, un ordenador de sobremesa, una agenda electrónica (PDA), un reproductor de audio digital (por ejemplo, un reproductor de MP3), una cámara, una consola de juegos o cualquier otro nodo inalámbrico adecuado.

La red inalámbrica 100 puede soportar la tecnología MIMO. Usando la tecnología MIMO, un punto 110 de acceso puede comunicarse con múltiples terminales 120 de acceso simultáneamente usando acceso múltiple por división espacial (SDMA). El SDMA es un esquema de acceso múltiple que permite la transmisión de múltiples flujos a diferentes receptores al mismo tiempo para compartir el mismo canal de frecuencia y, en consecuencia, proporcionar mayor capacidad de usuarios. Esto se consigue precodificando espacialmente cada flujo de datos y luego transmitiendo cada flujo precodificado espacialmente a través de una antena de transmisión diferente en el enlace descendente. Los flujos de datos precodificados espacialmente llegan a los terminales de acceso con diferentes firmas espaciales, lo que permite que cada terminal 120 de acceso recupere el flujo de datos destinado a ese

terminal 120 de acceso. En el enlace ascendente, cada terminal 120 de acceso transmite un flujo de datos precodificado espacialmente, lo que permite que el punto 110 de acceso identifique el origen de cada flujo de datos precodificado espacialmente. Debe hacerse notar que aunque en el presente documento se usa el término "precodificación", en general también puede usarse el término "codificación" de forma que abarque el proceso de precodificación, codificación, decodificación y/o poscodificación de un flujo de datos.

Uno o más terminales 120 de acceso pueden estar equipados con múltiples antenas para permitir cierta funcionalidad. Con una configuración, por ejemplo, pueden usarse múltiples antenas en el punto 110 de acceso para comunicarse con un punto de acceso de múltiples antenas para mejorar el caudal de datos sin ancho de banda ni potencia de transmisión adicionales. Esto puede lograrse dividiendo una señal de velocidad elevada de transferencia de datos en múltiples flujos de menor velocidad de transferencia de datos con firmas espaciales diferentes, permitiendo así que el receptor separe estos flujos en múltiples canales y que combine debidamente los flujos para recuperar la señal de velocidad elevada de transferencia de datos.

Aunque porciones de la siguiente divulgación describirán terminales de acceso que también soportan la tecnología MIMO, el punto 110 de acceso también puede ser configurado para que soporte terminales de acceso que no soporten la tecnología MIMO. Este enfoque puede permitir que permanezcan desplegadas versiones más antiguas de terminales de acceso (es decir, terminales "preexistentes") en una red inalámbrica, extendiendo su vida útil, mientras se permite que terminales de acceso MIMO más nuevos se introduzcan según sea apropiado.

En la descripción detallada que sigue se describirán diversos aspectos de la divulgación con referencia a un sistema MIMO que soporta cualquier tecnología inalámbrica adecuada, tal como el multiplexado por división ortogonal de frecuencia (OFDM). El OFDM es una técnica de espectro de propagación que distribuye datos en varias subportadoras separadas en frecuencias precisas. La separación proporciona una "ortogonalidad" que permite a un receptor recuperar los datos de las subportadoras. Un sistema OFDM puede implementar IEEE 802.11 u otro estándar de interfaz aérea. Otras tecnologías inalámbricas adecuadas incluyen, a título de ejemplo, el acceso múltiple por división de código (CDMA), el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) o cualquier otra tecnología inalámbrica adecuada, o cualquier combinación de tecnologías inalámbricas adecuadas. Un sistema CDMA puede implementar los estándares IS-2000, IS-95, IS-856, CDMA de banda ancha (WCDMA), u otro estándar adecuado de interfaz aérea. Un sistema TDMA puede implementar el sistema global para comunicaciones móviles (GSM) u otro estándar adecuado de interfaz aérea. Según apreciarán inmediatamente los expertos en la técnica, los diversos aspectos de esta divulgación no están limitados a ninguna tecnología inalámbrica ni/o a ningún estándar de interfaz aérea determinados.

La FIG. 2 es un diagrama conceptual de bloques que ilustra un ejemplo de las funciones de procesamiento de señales de la capa PHY. En un modo de transmisión puede usarse un procesador 202 de TX de datos para recibir datos de la capa MAC y codificar (por ejemplo, turbocodificar) los datos para facilitar la corrección de errores sin canal de retorno (FEC) en el nodo receptor. El procedimiento de codificación resulta en una secuencia de símbolos de código que pueden ir juntos en un bloque y ser correlacionados con una constelación de señales por el procesador 202 de TX de datos para producir una secuencia de símbolos de modulación.

En nodos inalámbricos que implementan el OFDM, los símbolos de modulación procedentes del procesador 202 de TX de datos pueden ser proporcionados a un modulador 204 de OFDM. El modulador 204 de OFDM divide los símbolos de modulación en flujos paralelos. A continuación, se correlaciona cada flujo con una subportadora OFDM y luego se los combina usando una transformada rápida de Fourier inversa (IFFT) para producir un procesador espacial 204 de TX que lleva a cabo el procesamiento espacial de los símbolos de modulación. Esto puede lograrse mediante la precodificación espacial de los símbolos de modulación antes de proporcionarlos a un modulador 206 de OFDM.

El modulador 206 de OFDM divide los símbolos de modulación en flujos paralelos. A continuación, se correlaciona cada flujo con una subportadora OFDM y luego se combinan conjuntamente usando una transformada rápida de Fourier inversa (IFFT) para producir un flujo de OFDM del dominio temporal. Cada flujo de OFDM precodificado espacialmente es proporcionado a continuación a una antena 210a-210n diferente por medio de un respectivo transceptor 208a-208n. Cada transceptor 208a-208n modula una portadora de RF con un respectivo flujo precodificado para su transmisión por el canal inalámbrico.

En un modo de recepción, cada transceptor 208a-208n recibe una señal a través de su respectiva antena 210a-210n. Cada transceptor 208a-208n puede ser usado para recuperar la información modulada en una portadora de RF y para proporcionar la información de un desmodulador 210 de OFDM.

El procesador espacial 210 de RX lleva a cabo un procesamiento espacial de la información para recuperar cualquier flujo espacial destinado al nodo inalámbrico 200. El procesamiento espacial puede llevarse a cabo según las técnicas de inversión de matriz de correlación de canales (CCMI), de mínimo error cuadrático medio (MMSE), de cancelación de interferencias suaves (SIC) u otra técnica adecuada. Si hay múltiples flujos espaciales destinados al nodo inalámbrico 200, pueden ser combinados por el procesador espacial 210.20 de RX.

En nodos inalámbricos que implementan OFDM, se proporciona el flujo (o el flujo combinado) procedente del transceptor 208a-208n a un desmodulador 220 de OFDM. El desmodulador 220 de OFDM convierte el flujo (o el flujo combinado) del dominio temporal al dominio frecuencial usando una transformada rápida de Fourier (FFT). La señal en el dominio frecuencial comprende un flujo separado para cada subportadora de la señal OFDM. El desmodulador 220 de OFDM recupera los datos (es decir, los símbolos de modulación) transportados en cada subportadora y multiplexa los datos en un flujo de símbolos de modulación antes de enviar el flujo a un procesador espacial 222 de RX.

El procesador espacial 222 de RX lleva a cabo un procesamiento espacial con la información para recuperar cualquier flujo espacial destinado al nodo inalámbrico 200. El procesamiento espacial puede llevarse a cabo según las técnicas de inversión de matriz de correlación de canales (CCMI), de mínimo error cuadrático medio (MMSE), de cancelación de interferencias suaves (SIC) u otra técnica adecuada. Si hay múltiples flujos espaciales destinados al nodo inalámbrico 200, pueden ser combinados por el procesador espacial 222 de RX.

Puede usarse un procesador 224 de RX de datos para volver a trasladar los símbolos de modulación al punto debido de la constelación de señales. Debido al ruido y a otras perturbaciones en el canal inalámbrico, los símbolos de modulación pueden no corresponder a una localización exacta de un punto en la constelación original de señales. El procesador 224 de RX de datos detecta qué símbolos de modulación fueron transmitidos con mayor probabilidad hallando la distancia menor entre el punto recibido y la ubicación de un símbolo válido en la constelación de señales. Estas decisiones programadas pueden ser usadas, en el caso de los turbocódigos, por ejemplo, para calcular un cociente logarítmico de probabilidades (LLR) de los símbolos de código asociados con los símbolos de modulación dados. El procesador 224 de RX de datos usa entonces la secuencia de los LLR de los símbolos de código para decodificar los datos que se transmitieron en origen antes de proporcionar los datos a la capa MAC.

El protocolo de enlace descendente SDMA puede incluir las etapas siguientes:

- (1) la solicitud y la recepción de información de estado de canal (CSI) de todos los receptores de SDMA potenciales;
- (2) la construcción y la transmisión de paquetes de enlace descendente SDMA y la especificación temporal de la transmisión de acuses de recibo (ACK) de bloques; y
- (3) la transmisión de ACK de bloques por parte de las estaciones (EST) receptoras de la transmisión SDMA y un procedimiento para la estimación de la CSI.

Obtener información precisa de estado de canal es una parte valiosa del protocolo SDMA, ya que los flujos espaciales se forman de modo que un flujo destinado a una EST particular, por ejemplo, se vea como una interferencia de baja potencia en otras EST. Para formar estos flujos no interferentes, es preciso que el nodo transmisor tenga la CSI de cada una de las EST receptoras. En un aspecto, el nodo transmisor despacha un mensaje de solicitud que indica que es preciso estimar la CSI. El mensaje de CSI es enviado a un conjunto de EST que son receptoras potenciales de la transmisión SDMA. Este mensaje se denomina mensaje de solicitud de entrenamiento (TRM). En la divulgación contenida en el presente documento se proporcionan dos ejemplos para obtener la CSI en un transmisor SDMA: un intercambio implícito de la CSI y un intercambio explícito de la CSI.

En la FIG. 3 se muestra un ejemplo del formato del TRM por medio de un TRM 300. La porción de datos del TRM 300 contiene un campo 318 de información de EST que incluye la información siguiente:

- (1) campo ID EST 352: enumera las EST 120 para las que ha de estimarse la CSI;
- (2) campo N° SS 354: el número de flujos espaciales para cada EST 120; y
- (3) campo 356 de información de alcance: garantizar que los símbolos de sondeo lleguen alineados en el tiempo al PA 110 para garantizar una estimación precisa conjunta de canales.

El TRM 300 también contiene un campo 312 de potencia diana de Rx, que es la potencia de Rx a la que debe recibirse la trama de sondeo de una EST en el PA 110. Además, el TRM 300 también incluye un bit 314 de calibración que se usa para un procedimiento integrado de calibración de enlace descendente. La calibración se invoca a intervalos relativamente grandes para permitir que el PA 110 actualice los factores de corrección que han de aplicarse a las estimaciones de canal.

En un aspecto de la divulgación, se transmite cada TRM, tal como el TRM 300, con una potencia de transmisión fija, ya que las EST 120 usan la potencia de transmisión del TRM para estimar la pérdida de propagación y fijar la potencia de transmisión para la trama de sondeo de enlace ascendente. El TRM 300 contiene la cabecera MAC preexistente con la dirección de destino puesta en la dirección de radiodifusión en un campo DA (radiodifusión) 306. La dirección de destino también podría ponerse en una dirección predefinida de multidifusión. La transmisión de cada TRM se lleva a cabo usando procedimientos de reducción de potencia y, en un aspecto, la transmisión puede llevarse a cabo usando los procedimientos definidos en los protocolos IEEE 802.11 MAC para el acceso de disputa.

Un campo 304 de Duración/ID en la cabecera MAC está configurado de tal modo que se dé cuenta a distancia de toda la transmisión SDMA y la recepción del ACK de un bloque. En un aspecto de la divulgación, se transmite cada

TRM, tal como el TRM 300, con la menor velocidad de transferencia preexistente 802.11a/g para que todas las EST 120 de la red inalámbrica 100 puedan configurar su NAV de forma apropiada.

5 Una vez que cada una de las EST 120 que se enumeran en el TRM 300 recibe el TRM 300, responden cada una con la CSI. En diversos aspectos de la divulgación, pueden usarse múltiples enfoques para proporcionar una estimación de la CSI una vez que el transmisor de SDMA haya transmitido un TRM.

10 En un aspecto, una solución centrada en el PA es proporcionar la sincronización de tiempos y frecuencias requerida para MU-MIMO de enlace ascendente. La FIG. 4 ilustra un protocolo MU-MIMO 400 de enlace ascendente que puede tener requisitos de sincronización mínima de tiempos/frecuencias en las varias EST. Según se ilustra, un PA 402 solicita tramas de sondeo de varias EST 410-1 a 410-3. En un aspecto, el PA 402 puede solicitar tramas de sondeo únicamente de un subconjunto de las varias EST 410-1 a 410-3. Puede seleccionarse el subconjunto de EST para el que la información de estado de memoria tampón y/o la información de estado de canal estén desactualizadas.

15 En respuesta, las EST 410-1 a 410-3 envían, según se muestra, tramas 412-1 a 412-3 de sondeo en serie. En un aspecto de la divulgación, las tramas de sondeo están optimizadas para que tengan simplemente campos de entrenamiento cortos y campos de entrenamiento largos. La trama de información de tráfico de UL puede incluir el tamaño de la memoria tampón, los requisitos de calidad de servicio (QoS), retardo y latencia y, opcionalmente, tramas de sondeo de canal y/o de CQI. Dado que las tramas 412-1 a 412-3 de sondeo son enviadas en serie, no se requiere una sincronización ajustada de frecuencias y tiempos para estimar el canal conjunto de enlace descendente. Además, según se ilustra, puede usarse una separación corta entre tramas (SIFS) entre una trama CTS que incorpora en cascada tramas de información de sondeo de diferentes EST. En otro aspecto de la divulgación, puede usarse una separación reducida entre tramas (RIFS) entre la trama CTS y la trama de información de sondeo.

20 El PA 402 puede estimar al desplazamiento de frecuencia que experimenta cada EST 410-1 a 410-3 y, por lo tanto, determinar la corrección del desplazamiento de frecuencia que ha de aplicarse a cada EST 410-1 a 410-3.

25 El PA 402 devuelve entonces esta corrección del desplazamiento de frecuencia a las EST 410-1 a 410-3 en un mensaje RMC 406. En un aspecto de la divulgación, el PA usa una parte del mensaje RMC 406 para configurar una NAV para reservar el medio en sus intermediaciones y evitar interferencias. Además, antes de enviar el mensaje RMC 406, el PA 402 puede seguir el procedimiento de reducción de potencia basado en el acceso distribuido al canal mejorado (EDCA) promulgado por el estándar IEEE 802.11. El mensaje RMC 406 puede contener la ID MAC y tiempos deterministas de reducción de potencia para las EST.

30 Cada una de las EST 410-1 a 410-3 aplica la información de corrección de frecuencia antes de transmitir los datos 408-1 a 408-3. Si el PA 402 determina que la corrección del desplazamiento de frecuencia para cada una de las EST 410-1 a 410-3 ha sido aplicada correctamente, entonces las transmisiones conjuntas de enlace ascendente procedentes de las EST 410-1 a 410-3 que se produzcan serán recibidas en el PA 402 con problemas mínimos de sincronización de frecuencia y, por lo tanto, pueden ser decodificadas como una transmisión MU-MIMO de enlace ascendente. El PA puede entonces enviar acuses 414-1 a 414-3 de recibo de bloque correspondientes a cada una de las transmisiones 408-1 a 408-3 de datos recibidas correctamente.

35 Debe hacerse notar que las estimaciones de desplazamiento de frecuencia (y otras estimaciones de corrección) descritas en el presente documento pueden basarse en una estimación (y/o una corrección) determinada durante una comunicación anterior de enlace descendente a la estación. En otro aspecto, el desplazamiento se determina a partir de una comunicación de enlace ascendente desde la estación.

40 La FIG. 5 ilustra un procedimiento 500 para la comunicación de enlace ascendente (UL) en un sistema inalámbrica con varias EST en el que los requisitos de recursos de sincronización son reducidos para las varias EST. En la etapa 502, un PA envía un mensaje de solicitud (TRM) a las varias EST. En diversos aspectos de la divulgación, el PA usa una parte del TRM para configurar la NAV para reservar el medio en sus intermediaciones. Según se ha expuesto en el presente documento, el PA, antes de transmitir el TRM, puede seguir el procedimiento de reducción de potencia basado en el EDCA, según lo descrito en el estándar 802.11. El TRM puede contener información de identificación, tal como la ID MAC, y tiempos deterministas de reducción de la potencia para las EST. El PA puede seleccionar las EST en función de para cuáles EST el PA tiene información de estado de la memoria tampón y/o información de estado de canal desactualizadas. En otras palabras, el PA puede seleccionar las EST para enviar el TRM en función de la relevancia de la información sobre las EST.

45 En la etapa 504, en un aspecto de la divulgación, el PA recibirá lo que envía cada EST, que es una trama CTS que incorpora en cascada información de tráfico de UL en respuesta al TRM. Para garantizar que cada trama CTS y de sondeo sea recibida sin interferencia, las tramas CTS y de sondeo son transmitidas por las varias EST en serie, con un periodo SIFS intermedio posterior a cada trama de sondeo y anterior a cada trama CTS. En un aspecto de la divulgación, las EST pueden enviar el tamaño de la memoria tampón, los requisitos de calidad de servicio (QoS), retardo y latencia e información de CQI, además de las tramas de sondeo.

Acto seguido, en la etapa 506, el PA calcula la información de señalización MU-MIMO de UL usando la trama de información de sondeo correspondiente a cada EST. En un aspecto la información de señalización MU-MIMO de UL incluye una corrección del desplazamiento de frecuencia determinado para la EST específica. El PA determina la corrección del desplazamiento de frecuencia usando la trama de sondeo que recibe de cada EST. Además, en otro aspecto de la divulgación, la información de señalización MU-MIMO de UL puede incluir un índice del flujo espacial MU-MIMO de UL, un índice de trama, MCS, un desplazamiento temporal, un desplazamiento de frecuencia, un desplazamiento de potencia y/o una longitud de prefijo cíclico. Así, las EST pueden corregir los datos de UL y la señalización de UL para los desplazamientos de tiempo, frecuencia y potencia contenidos en el mensaje RMC.

El PA puede entonces comunicar la información de señalización MU-MIMO de UL a las EST en la etapa 508. La información de señalización MU-MIMO de UL es comunicada usando un mensaje RMC. Se usa una porción del mensaje RMC para reservar el medio para la transmisión de datos MU-MIMO de UL.

Una vez que cada EST ha recibido su información de señalización MU-MIMO de UL, la EST puede transmitir datos de UL usando MU-MIMO usando la corrección del desplazamiento de frecuencia, que es recibida por el PA en la etapa 510. En un aspecto, la EST puede llevar a cabo la corrección del desplazamiento de frecuencia en el dominio digital. El procedimiento de corrección del desplazamiento de frecuencia puede llevarse a cabo en cada ciclo de transmisión o, como alternativa, llevarse a cabo cada cierto número de ciclos. Así, la corrección del desplazamiento de frecuencia puede aplicarse en varias tramas. En un aspecto, para abordar cualquier problema relacionado con la sincronización de los tiempos, cada EST usa un prefijo cíclico extendido para sus transmisiones MU-MIMO. Cada trama de UL puede contener una transmisión de datos procedente de un subconjunto de EST. Las EST pueden enviar datos de UL usando el prefijo cíclico extendido, con una longitud de prefijo cíclico especificada en el mensaje RMC.

En la etapa 512, una vez que el PA ha recibido los datos de UL con la frecuencia corregida, el PA devolverá varios ACK de bloque a cada una de las EST de las que haya confirmado la recepción de datos de UL. En un aspecto de la divulgación, el PA puede enviar los ACK de bloque de enlace descendente en forma MU-MIMO en función de las estimaciones de canal calculadas a partir de las tramas de sondeo recibidas de las EST. Además, el PA puede usar el desplazamiento estimado de la frecuencia para corregir las estimaciones de canal antes de usarlas en la precodificación de las señales enviadas en el enlace descendente.

La FIG. 6 ilustra una trama 600 de sondeo que incluye una porción 602 de preámbulo SDMA y una porción 604-626 de información de control. En un aspecto de la divulgación, se determina la longitud de la porción 602 de preámbulo SDMA por la asignación de flujo espacial especificada en el TRM 300. La porción 604-626 de información de control proporciona la información siguiente:

- (1) campo 604 indicador de calidad de canal (CQI): el campo CQI 604 contiene la SNR promediada recibida por antena entre todas las antenas de Rx y los tonos para un TRM recibido. Esta información permite que el transmisor de SDMA construya una matriz de precodificación si la construcción de la matriz se basa en el criterio del MMSE. La información contenida en el campo CQI 604 también permite que el transmisor de SDMA estime la relación posterior a la detección entre la señal y la interferencia/el ruido (SINR) y asigne velocidades de transmisión apropiadas para cada EST que responda. En un aspecto de la divulgación, el CQI puede ser medido midiendo un nivel de ruido ambiente que rodee al receptor durante un periodo de silencio;
- (2) campo 606 de desfase de tráfico de enlace ascendente: la información contenida en el campo 606 de desfase de tráfico de enlace ascendente permite que un transmisor de SDMA planifique épocas de tráfico de enlace ascendente y/o que asigne concesiones de dirección inversa (RDG). La información contenida en el campo 606 de desfase de tráfico de enlace ascendente también facilita que el planificador cree una planificación ajustada, optimizando con ello el rendimiento del protocolo MAC. En un aspecto, el desfase de tráfico de enlace ascendente es presentado por clases, y los campos 612-618 de VO (voz), VI (vídeo), BE (mejores intenciones) y BK (segundo plano) denotan cuatro clases ejemplares de prioridad; y
- (3) campo 620 de control de potencia: la información de potencia de transmisión contenida en el campo 620 de control de potencia es cumplimentada por una EST según se describe en el presente documento.

También se incluyen un campo 624 de CRC para la corrección de errores y un campo 626 de cola.

La FIG. 7 es un diagrama que ilustra la funcionalidad de un aparato 700 según un aspecto de la divulgación. El aparato 700 incluye un módulo 702 para enviar información de corrección a varias estaciones; un módulo 704 para recibir datos corregidos generados por al menos una estación de las varias estaciones en función de la información de corrección; y un módulo 706 para procesar espacialmente los datos corregidos.

La FIG. 8 es un diagrama que ilustra la funcionalidad de un aparato 800 según un aspecto de la divulgación. El aparato 800 incluye un módulo 802 para recibir información de corrección; y un módulo 804 para transmitir datos en función de la información de corrección.

Los expertos en la técnica apreciarán que cualquiera de los diversos bloques lógicos ilustrativos, módulos, procesadores, medios, circuitos y etapas de algoritmo descritos en conexión con los aspectos dados a conocer en el

5 presente documento puede ser implementado como soporte físico electrónico (por ejemplo, una implementación digital, una implementación analógica o una combinación de las dos, lo que puede diseñarse usando una codificación fuente u otra técnica), diversas formas de código de programa o de diseño que incorporen instrucciones (que en el presente documento pueden denominarse, en aras de la comodidad, “soporte lógico” o “módulo de soporte lógico”), o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de soporte físico y soporte lógico, diversos componentes ilustrativos, bloques, módulos, circuitos y etapas han sido descritos en lo que antecede generalmente en términos de su funcionalidad. Que tal funcionalidad se implemente como soporte físico o soporte lógico depende de la aplicación particular y de las limitaciones de diseño impuestas en el sistema en su conjunto. Los expertos en la técnica pueden implementar la funcionalidad descrita de formas distintas para cada aplicación particular, pero no debe interpretarse que tales decisiones de implementación causen un alejamiento del alcance de la presente divulgación.

10 Se proporciona la anterior descripción para permitir que cualquier persona experta en la técnica comprenda plenamente todo el alcance de la divulgación. Modificaciones a las diversas configuraciones dadas a conocer en el presente documento serán inmediatamente evidentes a los expertos en la técnica. Así, no se pretende que las reivindicaciones estén limitadas a los diversos aspectos de la divulgación descritos en el presente documento, sino que ha de otorgárseles todo el alcance coherente con el lenguaje de las reivindicaciones, en las que referencia a un elemento en singular no se pretende que signifique “uno y uno solo”, a no ser que así se indique específicamente, sino, más bien, “uno o más”. A no ser que se afirme específicamente algo distinto, el término “algunos” se refiere a uno o más. Una reivindicación que enumere al menos una combinación de elementos (por ejemplo, “al menos uno de A, B o C”) se refiere a uno o más de los elementos enumerados (por ejemplo, A, o B o C o cualquier combinación de los mismos). Todos los equivalentes estructurales y funcionales a los elementos de los diversos aspectos descritos en toda esta divulgación que son conocidos o lleguen a ser conocidos más tarde a las personas con un dominio normal de la técnica está previsto que estén abarcados por las reivindicaciones. Además, nada dado a conocer en el presente documento está concebido para que esté dedicado al público, con independencia de si tal divulgación esté definida explícitamente en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (500) de comunicaciones inalámbricas que comprende:
 - 5 enviar (508) a varios nodos inalámbricos información de corrección de frecuencia que incluye corrección del desplazamiento de frecuencia;
 - recibir (510) datos corregidos generados por al menos un nodo inalámbrico de los varios nodos inalámbricos en función de la información de corrección; y
 - procesar espacialmente los datos corregidos.
2. El procedimiento (500) de la reivindicación 1 en el que el envío de la información de corrección a los varios nodos inalámbricos comprende solicitar a al menos un nodo inalámbrico de los varios nodos inalámbricos que corrija un desplazamiento de frecuencia en una primera comunicación en función de una estimación del desplazamiento de frecuencia determinada durante una segunda comunicación.
3. El procedimiento (500) de la reivindicación 1 en el que el envío de la información de corrección a los varios nodos inalámbricos comprende solicitar a al menos un nodo inalámbrico de los varios nodos inalámbricos que corrija un desplazamiento de frecuencia en una comunicación en función de una estimación del desplazamiento de frecuencia determinada durante una comunicación previa procedente de al menos un nodo inalámbrico.
4. El procedimiento (500) de la reivindicación 1 que, además, comprende transmitir (502) a los varios nodos inalámbricos una solicitud de información de enlace ascendente.
5. El procedimiento (500) de la reivindicación 4 en el que la solicitud de información de enlace ascendente comprende una reserva de un medio de transmisión que ha de usarse para recibir al menos una respuesta a la solicitud.
6. El procedimiento (500) de la reivindicación 4 en el que la solicitud de información de enlace ascendente es transmitida usando un procedimiento de reducción de la potencia.
7. El procedimiento (500) de la reivindicación 1 que, además, comprende seleccionar los varios nodos inalámbricos en función de un requisito de QoS de al menos uno de los nodos inalámbricos.
8. El procedimiento (500) de la reivindicación 1 que, además, comprende determinar (506) la información de corrección de frecuencia para cada uno del al menos un nodo inalámbrico de los varios nodos inalámbricos a partir de una trama de sondeo enviada por el respectivo al menos un nodo inalámbrico.
9. El procedimiento (500) de la reivindicación 8 en el que la trama de sondeo fue transmitida después de una trama CTS que también fue transmitida por cada uno de los nodos inalámbricos.
10. El procedimiento (500) de la reivindicación 8 que, además, comprende transmitir (512) un mensaje de acuse de recibo de manera MU-MIMO en función de una estimación de canal calculada a partir de la respectiva trama de sondeo.
11. El procedimiento (500) de la reivindicación 10 que, además, comprende modificar la estimación de canal en función de una información de estado de canal antes de la transmisión del acuse de recibo.
12. Un aparato (700) de comunicaciones inalámbricas que comprende:
 - 40 medios (702) para enviar a varios nodos inalámbricos información de corrección de frecuencia que incluye corrección del desplazamiento de frecuencia;
 - medios (704) para recibir datos corregidos generados por al menos un nodo inalámbrico de los varios nodos inalámbricos en función de la información de corrección; y
 - medios (706) para procesar espacialmente los datos corregidos.
13. Un procedimiento de comunicaciones inalámbricas que comprende:
 - 45 recibir una información de corrección de frecuencia que incluye corrección del desplazamiento de frecuencia; y
 - transmitir datos en función de la información de corrección.
14. El procedimiento de la reivindicación 13 que, además, comprende transmitir una trama de sondeo para permitir que se determine la información de corrección de frecuencia.
15. El procedimiento de la reivindicación 14 que, además, comprende transmitir una trama CTS antes de la trama de sondeo y, preferentemente, proporcionar una separación reducida entre tramas entre las transmisiones de

la trama CTS y la trama de sondeo y, preferentemente, proporcionar una separación corta entre tramas antes de la transmisión de la trama CTS.

16. El procedimiento de la reivindicación 14 en el que la trama de sondeo comprende una porción de entrenamiento que comprende un campo corto de entrenamiento y un campo largo de entrenamiento.
- 5 17. El procedimiento de la reivindicación 13 que, además, comprende efectuar la corrección de frecuencia en función de la información de corrección, realizándose la corrección de frecuencia en un dominio digital.
18. Un aparato (800) de comunicaciones inalámbricas que comprende:
- 10 medios (802) para recibir información de corrección de frecuencia que incluye corrección del desplazamiento de frecuencia; y
medios (804) para transmitir datos en función de la información de corrección.
19. Un producto de programa de ordenador para comunicaciones inalámbricas que comprende un medio legible por máquina que comprende instrucciones ejecutables para llevar a cabo el procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 o 13 a 17.

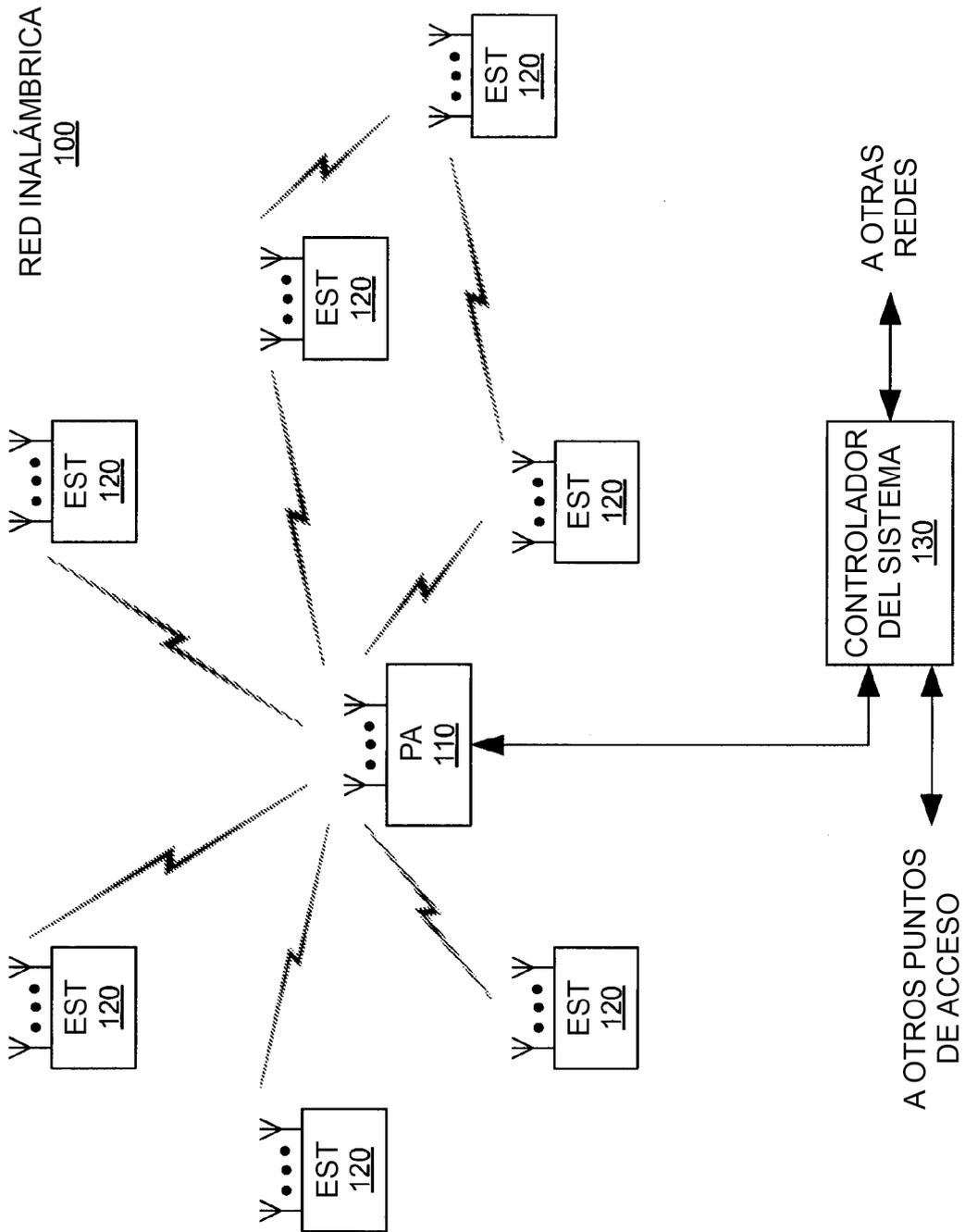


FIG. 1

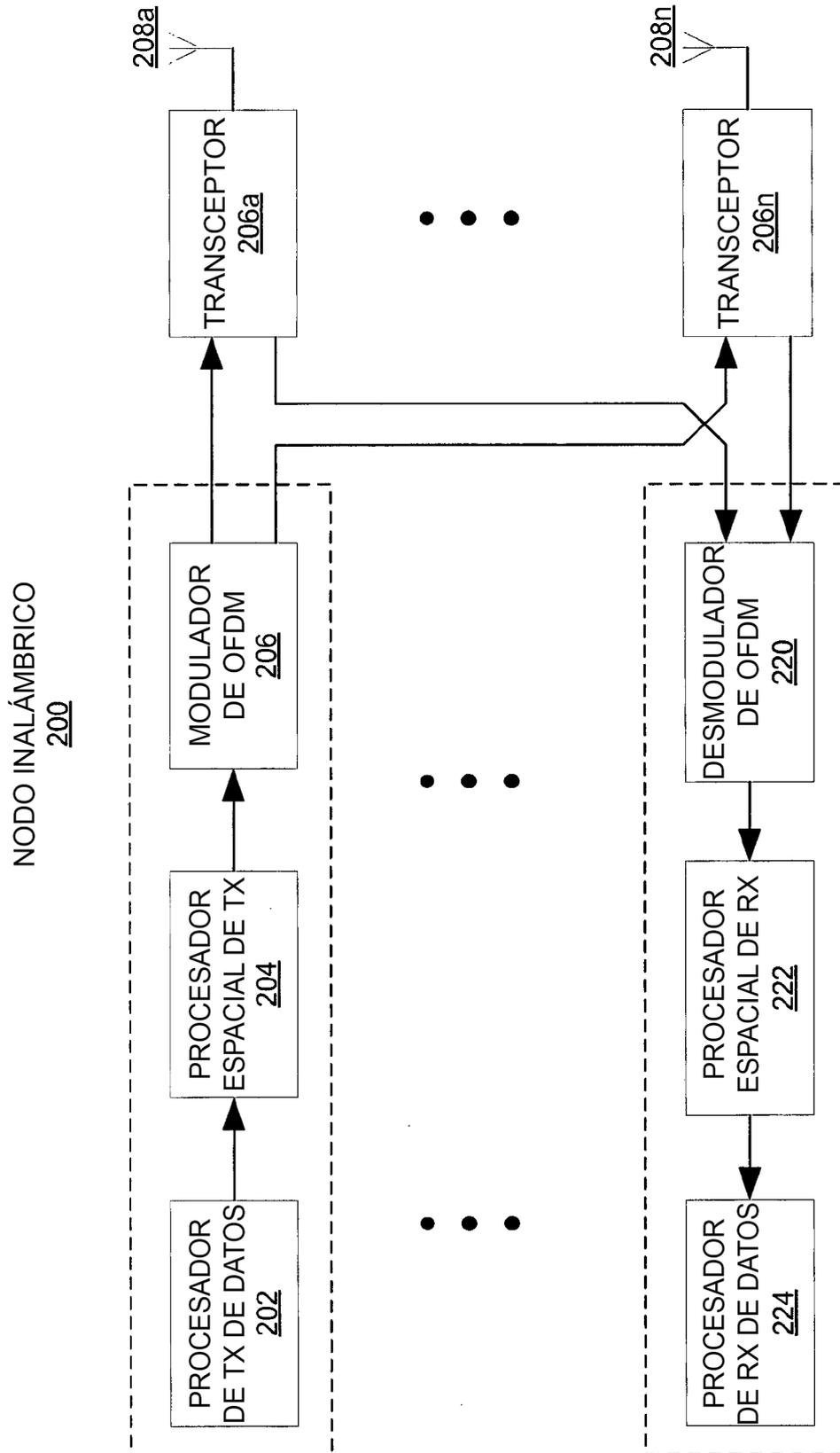


FIG. 2

300

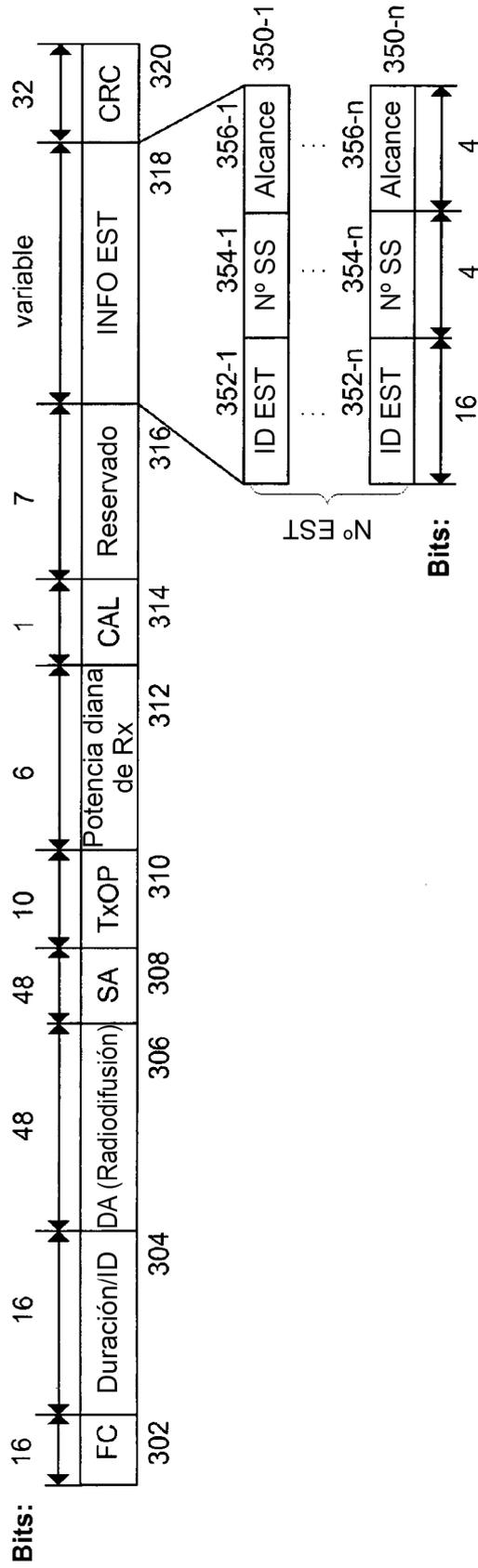


FIG. 3

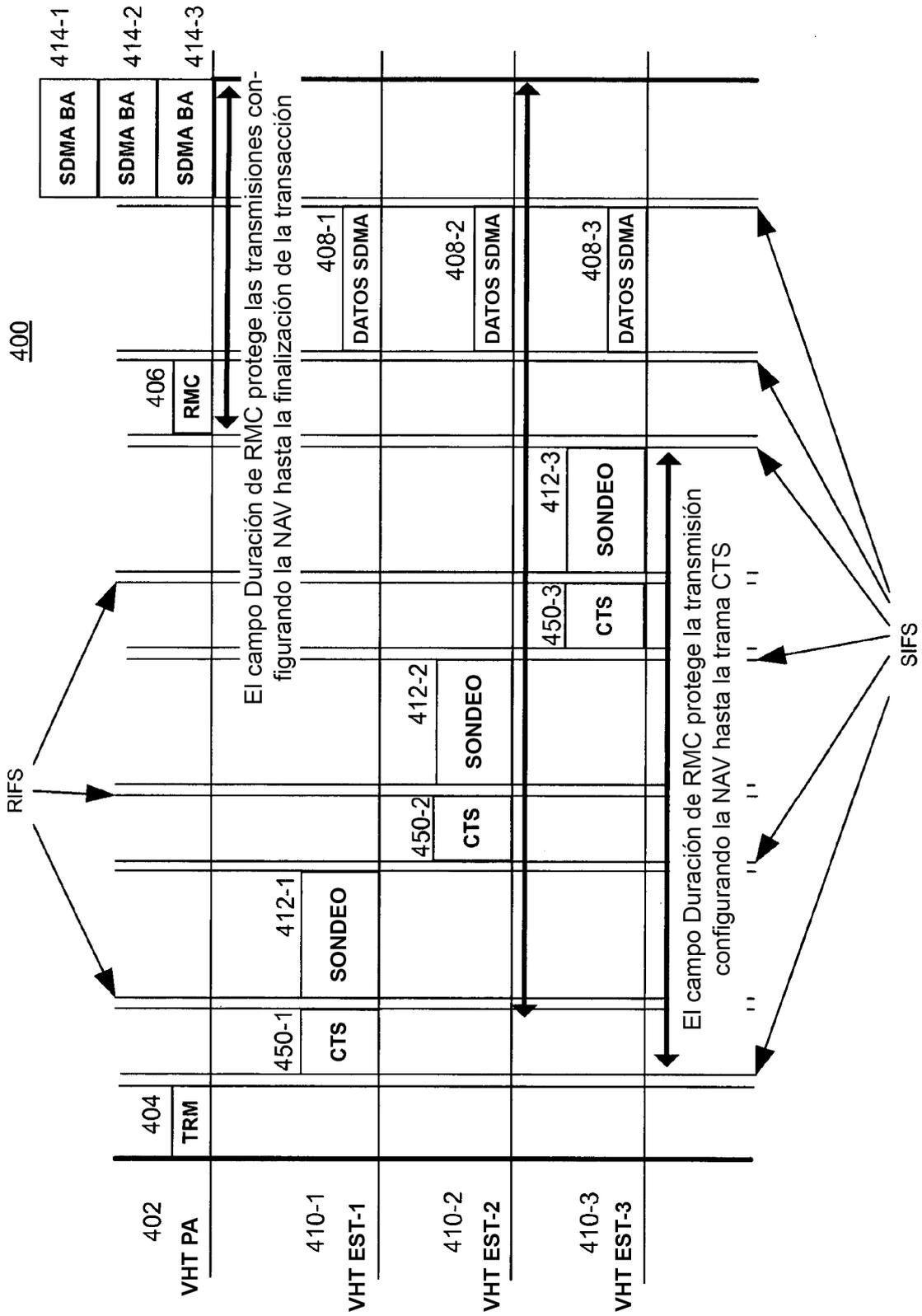


FIG. 4

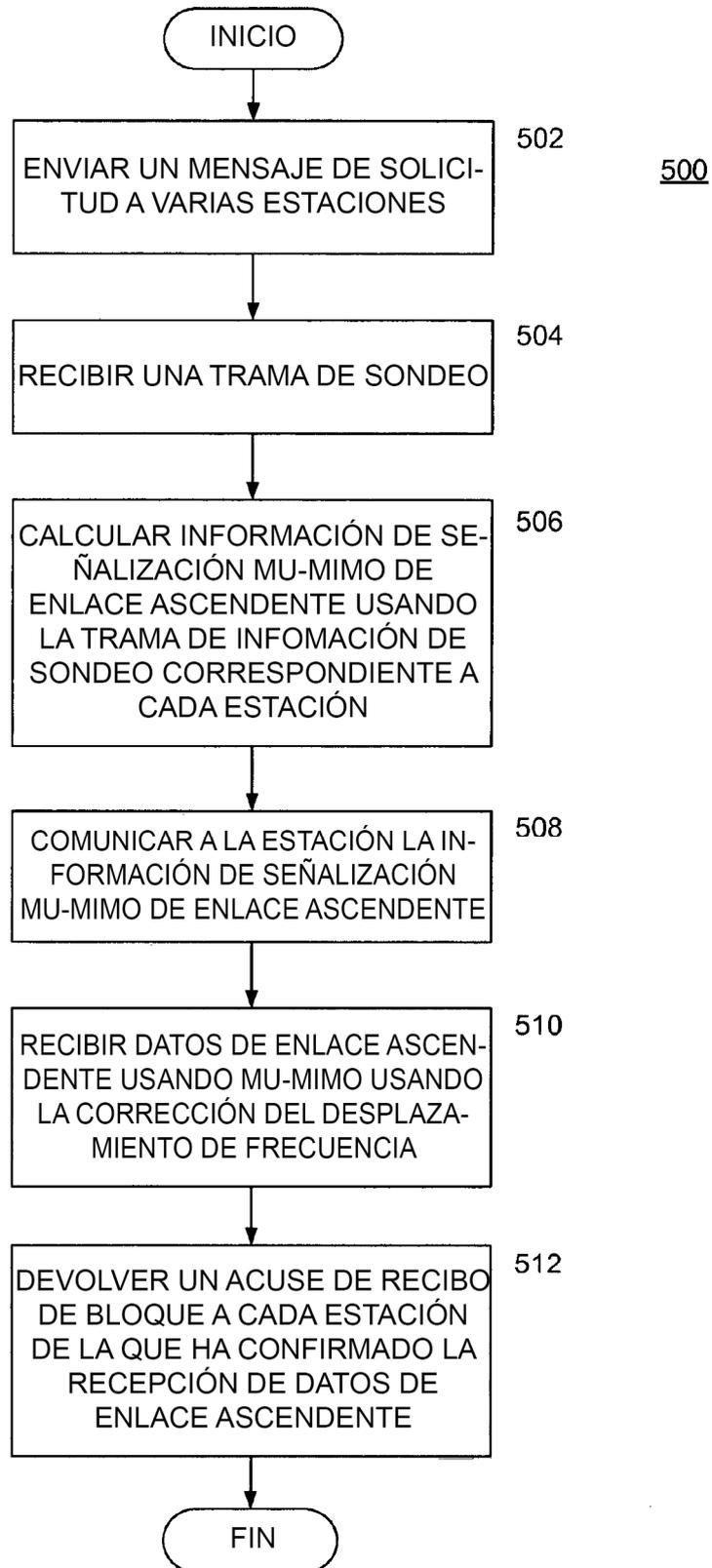


FIG. 5

600

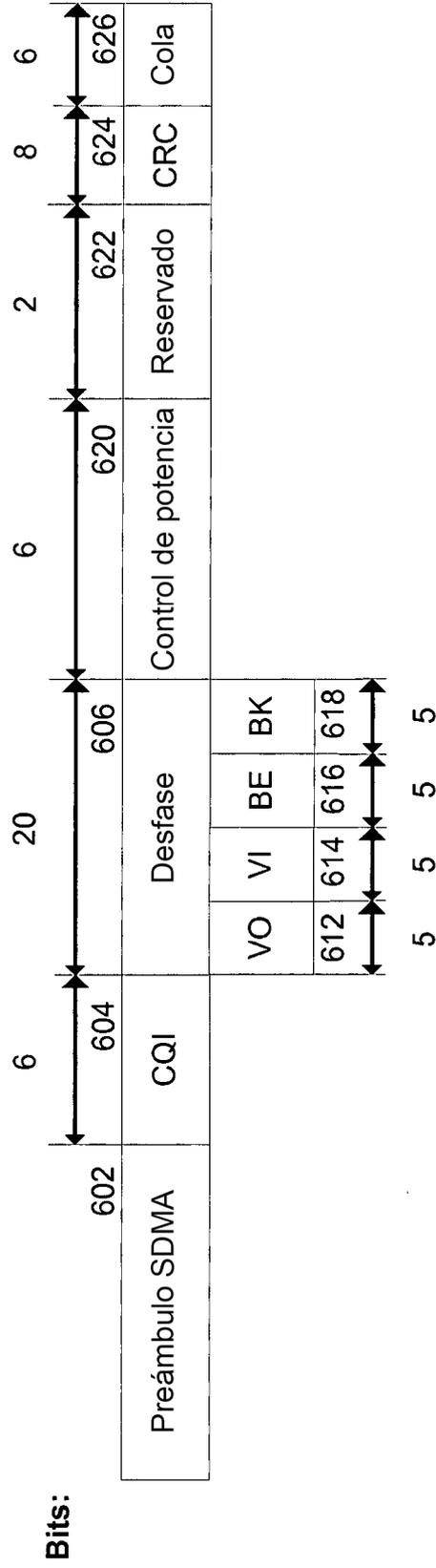


FIG. 6

700

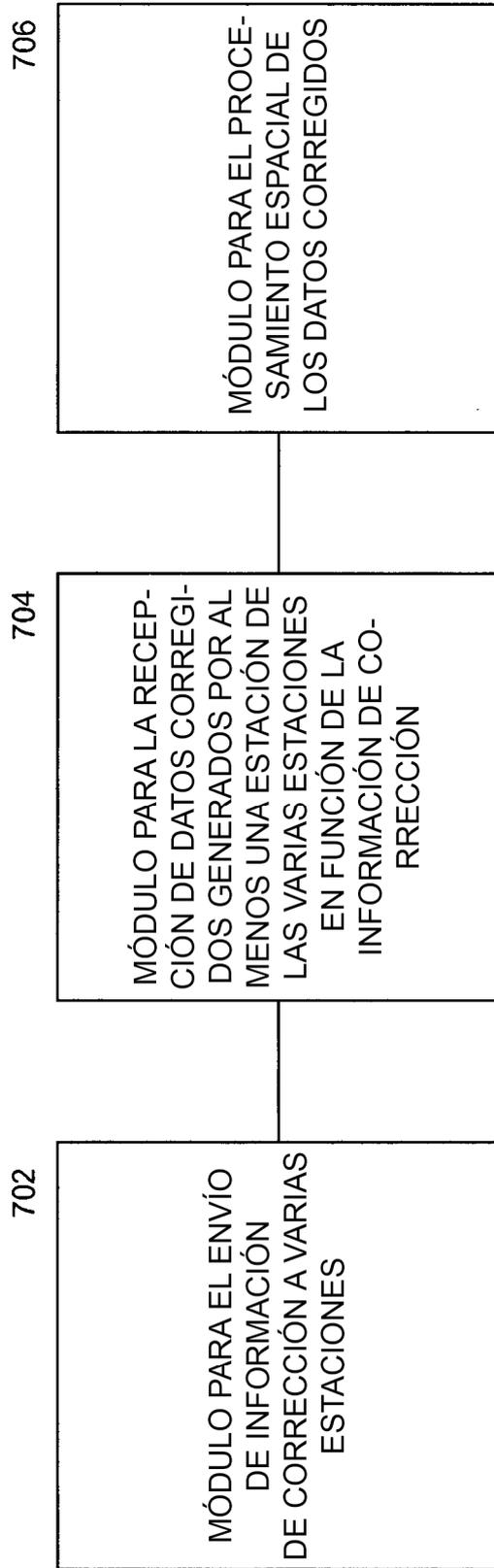


FIG. 7

800

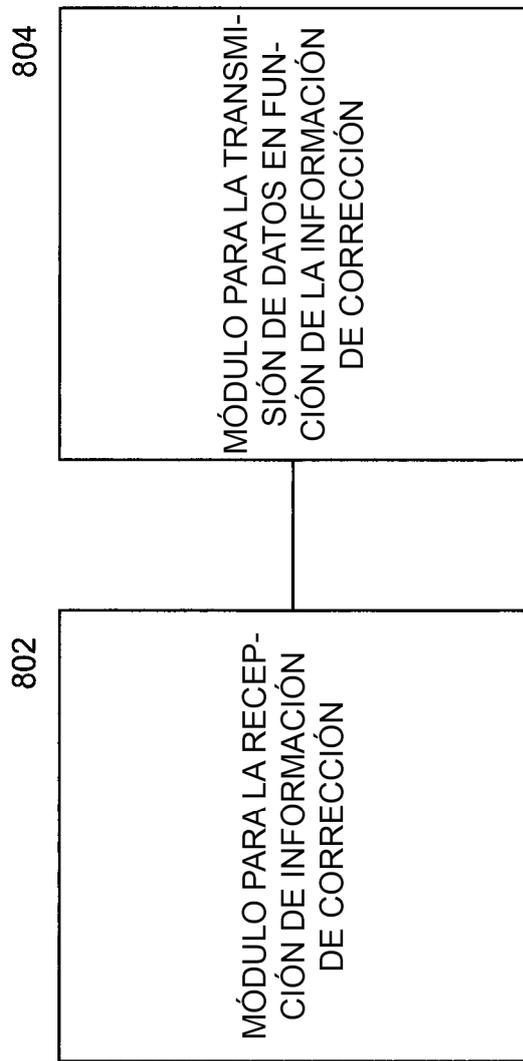


FIG. 8