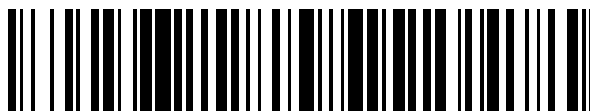


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 860**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00 (2006.01)
H04L 25/02 (2006.01)
H04L 27/26 (2006.01)
H04B 7/06 (2006.01)
H04B 7/0456 (2007.01)
H04J 13/00 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.03.2016** **PCT/US2016/020358**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.10.2016** **WO16167891**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2016** **E 16713653 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018** **EP 3284199**

54 Título: **Estimación de canal eficiente usando secuencias de Golay**

30 Prioridad:

17.04.2015 US 201562149111 P
01.03.2016 US 201615057956

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
11.04.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SANDEROVICH, AMICHAÏ

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 708 860 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

Estimación de canal eficiente usando secuencias de Golay

5 **Campo**

[0001] Ciertos aspectos de la presente divulgación se refieren, en general, a las comunicaciones inalámbricas y, más concretamente, a realizar la estimación de señal.

10 **Antecedentes**

[0002] Con el fin de tratar el problema de los crecientes requisitos de ancho de banda que demandan los sistemas de comunicaciones inalámbricas, se están desarrollando diferentes esquemas que permiten a múltiples terminales de usuario comunicarse con un único punto de acceso mediante la compartición de los recursos de canal, obteniendo al mismo tiempo altos caudales de datos. La tecnología de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) representa una solución de este tipo, que ha surgido recientemente como una técnica popular para los sistemas de comunicaciones de la nueva generación. La tecnología de MIMO se ha adoptado en varias normas emergentes de comunicaciones inalámbricas, tales como la norma del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.11. La norma IEEE 802.11 indica un conjunto de normas de interfaz aérea de red inalámbrica de área local (WLAN), desarrolladas por el comité IEEE 802.11 para comunicaciones de corto alcance (por ejemplo, de entre decenas y unos pocos cientos de metros).

[0003] Un sistema de MIMO emplea múltiples (N_T) antenas transmisoras y múltiples (N_R) antenas receptoras para la transmisión de datos. Un canal de MIMO formado por las N_T antenas transmisoras y las N_R antenas receptoras puede descomponerse en N_S canales independientes, que también se denominan canales espaciales, donde $N_S \leq \min\{N_T, N_R\}$. Cada uno de los N_S canales independientes corresponde a una dimensión. El sistema de MIMO puede proporcionar un rendimiento mejorado (por ejemplo, un mayor caudal y/o una mayor fiabilidad) si se utilizan las dimensiones adicionales creadas por las múltiples antenas transmisoras y receptoras. El documento US 2005/0265478 A1 describe la estimación de canal para múltiples antenas.

[0004] En las redes inalámbricas con un único punto de acceso (AP) y múltiples estaciones de usuario (STA), pueden producirse transmisiones concurrentes en múltiples canales hacia diferentes estaciones, tanto en la dirección de enlace ascendente como en la de enlace descendente. Muchos retos están presentes en dichos sistemas.

35 **SUMARIO**

[0005] Los aspectos de la presente divulgación como se exponen en las reivindicaciones adjuntas dan a conocer técnicas para la estimación de canal de MIMO usando una secuencia conocida y un conjugado de la secuencia conocida.

[0006] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato de comunicación inalámbrica. El aparato puede incluir, en general, un sistema de procesamiento configurado para generar una trama que comprende una primera secuencia y un conjugado de la primera secuencia, y una interfaz configurada para enviar la trama para su transmisión a un nodo inalámbrico, en el que la primera secuencia y el conjugado de la primera secuencia se transmiten simultáneamente a través de la primera y la segunda cadenas de transmisión, en el que la primera secuencia es conocida por el nodo inalámbrico antes de la transmisión.

[0007] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato de comunicación inalámbrica. El aparato incluye, en general, una interfaz configurada para obtener, de un nodo inalámbrico, una trama que comprende una primera secuencia y un conjugado de la primera secuencia recibidos simultáneamente en la primera y la segunda cadenas de recepción, en el que la primera secuencia es conocida por el aparato antes de obtener la trama, y un sistema de procesamiento configurado para generar una primera estimación de señal basándose en la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción, generar una segunda estimación de señal basándose en el conjugado de la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción, generar una tercera estimación de señal basándose en la primera secuencia recibida en la segunda cadena de recepción, y generar una cuarta estimación de señal basándose en el conjugado de la primera secuencia recibida en la segunda cadena de recepción, y generar una estimación de señal de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) basándose en la primera estimación de señal, la segunda estimación de señal, la tercera estimación de señal y la cuarta estimación de señal.

[0008] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un procedimiento de comunicación inalámbrica. El procedimiento incluye, en general, generar una trama que comprende una primera secuencia y un conjugado de la primera secuencia, y enviar la trama para su transmisión a un nodo inalámbrico, en el que la primera secuencia y el conjugado de la primera secuencia se transmiten simultáneamente a través de la primera

y la segunda cadenas de transmisión, en el que la primera secuencia es conocida por el nodo inalámbrico antes de la transmisión.

[0009] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un procedimiento de comunicación inalámbrica. El procedimiento incluye, en general, obtener, mediante un aparato y de un nodo inalámbrico, una trama que comprende una primera secuencia y un conjugado de la primera secuencia recibidos simultáneamente en la primera y la segunda cadenas de recepción, en el que la primera secuencia es conocida por el aparato antes de obtener la trama, y generar una primera estimación de señal basándose en la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción, generar una segunda estimación de señal basándose en el conjugado de la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción, generar una tercera la estimación de señal basándose en la primera secuencia recibida en la segunda cadena de recepción, generar una cuarta estimación de señal basándose en el conjugado de la primera secuencia recibida en la segunda cadena de recepción, y generar una estimación de señal de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) basándose en la primera estimación de señal, la segunda estimación de señal, la tercera estimación de señal y la cuarta estimación de señal.

[0010] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato de comunicación inalámbrica. El aparato incluye, en general, medios para generar una trama que comprende una primera secuencia y un conjugado de la primera secuencia, y medios para enviar la trama para su transmisión a un nodo inalámbrico, en el que la primera secuencia y el conjugado de la primera secuencia se transmiten simultáneamente a través de la primera y la segunda cadenas de transmisión, en el que la primera secuencia es conocida por el nodo inalámbrico antes de la transmisión.

[0011] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato de comunicación inalámbrica. El aparato incluye, en general, medios para obtener, de un nodo inalámbrico, una trama que comprende una primera secuencia y un conjugado de la primera secuencia recibidos simultáneamente en la primera y la segunda cadenas de recepción, en el que la primera secuencia es conocida por el aparato antes de obtener la trama, y medios para generar una primera estimación de señal basándose en la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción, medios para generar una segunda estimación de señal basándose en el conjugado de la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción, medios para generar una tercera la estimación de señal basándose en la primera secuencia recibida en la segunda cadena de recepción, medios para generar una cuarta estimación de señal basándose en el conjugado de la primera secuencia recibida en la segunda cadena de recepción, y medios para generar una estimación de señal de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) basándose en la primera estimación de señal, la segunda estimación de señal, la tercera estimación de señal y la cuarta estimación de señal.

[0012] Ciertos aspectos de la presente divulgación dan a conocer un medio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables para generar una trama que comprende una primera secuencia y un conjugado de la primera secuencia, y enviar la trama para su transmisión a un nodo inalámbrico, en el que la primera secuencia y el conjugado de la primera secuencia se transmiten simultáneamente a través de la primera y la segunda cadenas de transmisión, en el que la primera secuencia es conocida por el nodo inalámbrico antes de la transmisión.

[0013] Ciertos aspectos de la presente divulgación dan a conocer un medio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables para obtener, mediante un aparato y de un nodo inalámbrico, una trama que comprende una primera secuencia y un conjugado de la primera secuencia recibidos simultáneamente en la primera y la segunda cadenas de recepción, generar una primera estimación de señal basándose en la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción, en el que la primera secuencia es conocida por el aparato antes de obtener la trama, generar una segunda estimación de señal basándose en el conjugado de la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción, generar una tercera la estimación de señal basándose en la primera secuencia recibida en la segunda cadena de recepción, generar una cuarta estimación de señal basándose en el conjugado de la primera secuencia recibida en la segunda cadena de recepción, y generar una estimación de señal de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) basándose en la primera estimación de señal, la segunda estimación de señal, la tercera estimación de señal y la cuarta estimación de señal.

[0014] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un nodo inalámbrico. El nodo inalámbrico incluye, en general, al menos una antena, y un sistema de procesamiento configurado para generar una trama que comprende una primera secuencia y un conjugado de la primera secuencia, y enviar la trama para su transmisión a otro nodo inalámbrico, en el que la primera secuencia y el conjugado de la primera la secuencia se transmiten simultáneamente a través de la primera y la segunda cadenas de transmisión y la al menos una antena, en el que la primera secuencia es conocida por el otro nodo inalámbrico antes de la transmisión.

[0015] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un nodo inalámbrico. El nodo inalámbrico incluye, en general, al menos una antena, y un sistema de procesamiento configurado para obtener, a través de la al menos una antena y de otro nodo inalámbrico, una trama que comprende una primera secuencia y un conjugado de la primera secuencia recibidos simultáneamente en la primera y la segunda cadenas de recepción, en el que la primera secuencia es conocida por el nodo inalámbrico antes de obtener la trama, y generar una primera estimación de señal basándose en la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción, generar una

segunda estimación de señal basándose en el conjugado de la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción, generar una tercera la estimación de señal basándose en la primera secuencia recibida en la segunda cadena de recepción, generar una cuarta estimación de señal basándose en el conjugado de la primera secuencia recibida en la segunda cadena de recepción, y generar una estimación de señal de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) basándose en la primera estimación de señal, la segunda estimación de señal, la tercera estimación de señal y la cuarta estimación de señal.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0016]

La FIG. 1 es un diagrama de una red de comunicaciones inalámbricas de ejemplo, según ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un punto de acceso de ejemplo y de terminales de usuario de ejemplo, según ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un dispositivo inalámbrico de ejemplo, según ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 4A ilustra un campo de estimación de canal de ejemplo como se usa en la norma 802.11ad.

La FIG. 4B es un gráfico que ilustra la autocorrelación (AC) de una CES y la correlación cruzada (CC) de la CES y la CES conjugada, según ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 5 ilustra operaciones de ejemplo que se pueden realizar mediante un nodo inalámbrico configurado para transmitir secuencias de estimación de canal (CES), según ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 5A ilustra medios de ejemplo capaces de realizar las operaciones ilustradas en la FIG. 5.

La FIG. 6 ilustra operaciones de ejemplo que se pueden realizar mediante un nodo inalámbrico configurado para recibir secuencias de estimación de canal (CES), según ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 6A ilustra medios de ejemplo capaces de realizar las operaciones ilustradas en la FIG. 6.

La FIG. 7 ilustra un diagrama de bloques de ejemplo para la transmisión y recepción de CES para un sistema de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) 2x2, según ciertos aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 8 ilustra un diagrama de bloques de ejemplo para la transmisión y recepción de CES para un sistema de MIMO 4x4, según ciertos aspectos de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0017] Los aspectos de la presente divulgación dan a conocer técnicas para la estimación de canal de MIMO usando una secuencia de estimación de canal (CES) y un conjugado de la CES para reducir la sobrecarga. Por ejemplo, una CES y el conjugado de la CES pueden transmitirse simultáneamente a través de la primera y segunda cadenas de transmisión y usarse mediante un dispositivo de recepción para la estimación de canal de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO).

[0018] Diversos aspectos de la divulgación se describen de aquí en adelante más detalladamente, con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, esta divulgación se puede integrar de muchas formas diferentes y no se debería interpretar que está limitada a cualquier estructura o función específica presentada a lo largo de esta divulgación. En cambio, estos aspectos se proporcionan para que esta divulgación sea exhaustiva y completa, y transmita por completo el alcance de la divulgación a los expertos en la materia. Basándose en las enseñanzas del presente documento, un experto en la materia debería apreciar que el alcance de la divulgación está concebido para abarcar cualquier aspecto de la divulgación divulgada en el presente documento, ya sea implementada de forma independiente de, o combinada con, cualquier otro aspecto de la divulgación. Por ejemplo, un aparato se puede implementar o un procedimiento se puede llevar a la práctica usando cualquier número de los aspectos expuestos en el presente documento. Además, el alcance de la divulgación está concebido para abarcar un aparato o procedimiento de este tipo que se lleve a la práctica usando otra estructura, funcionalidad, o estructura y funcionalidad además de o aparte de, los diversos aspectos de la divulgación expuestos en el presente documento. Se debería entender que cualquier aspecto de la divulgación divulgado en el presente documento se puede integrar mediante uno o más elementos de una reivindicación.

[0019] Los aspectos de la presente divulgación se relacionan, en general, con el entrenamiento de conformación de haces que usa un esquema de transmisión de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). Por ejemplo, el

formato existente de tramas según la norma IEEE 802.11ad puede adaptarse para facilitar la conformación de haces usando un esquema de transmisión de MIMO.

[0020] El término "a modo de ejemplo" se usa en el presente documento para indicar que "sirve de ejemplo, caso o ilustración". Cualquier aspecto descrito en el presente documento como "a modo de ejemplo" no se debe interpretar necesariamente que es preferente o ventajoso con respecto a otros aspectos.

[0021] Aunque en el presente documento se describen aspectos particulares, muchas variantes y permutaciones de estos aspectos están dentro del alcance de la divulgación. Aunque se mencionan algunos beneficios y ventajas de los aspectos preferentes, el alcance de la divulgación no está concebido para limitarse a beneficios, usos u objetivos particulares. En cambio, los aspectos de la divulgación pretenden ser ampliamente aplicables a diferentes tecnologías inalámbricas, configuraciones de sistema, redes y protocolos de transmisión, algunos de los cuales se ilustran a modo de ejemplo en las figuras y en la siguiente descripción de los aspectos preferentes. La descripción detallada y los dibujos son meramente ilustrativos de la divulgación en lugar de ser limitativos, definiéndose el alcance de la divulgación mediante las reivindicaciones adjuntas y equivalentes de las mismas.

[0022] Las técnicas descritas en el presente documento pueden usarse para diversos sistemas de comunicación inalámbrica de banda ancha, incluyendo sistemas de comunicación que están basados en un esquema de multiplexado ortogonal. Ejemplos de dichos sistemas de comunicación incluyen el sistema de acceso múltiple por división espacial (SDMA), el sistema de acceso múltiple por división del tiempo (TDMA), el sistema de acceso múltiple por división ortogonal de la frecuencia (OFDMA) y sistemas de acceso múltiple por división de la frecuencia de portadora única (SC-FDMA). Un sistema de SDMA puede utilizar direcciones suficientemente diferentes para transmitir de forma simultánea datos que pertenezcan a múltiples estaciones. Un sistema de TDMA puede permitir que múltiples estaciones compartan el mismo canal de frecuencia, dividiendo la señal de transmisión en ranuras temporales diferentes, estando asignada cada ranura temporal a diferentes estaciones. Un sistema de OFDMA usa el multiplexado por división de frecuencia ortogonal (OFDM), que es una técnica de modulación que divide el ancho de banda global del sistema en múltiples sub-portadoras ortogonales. Estas sub-portadoras también pueden denominarse tonos, bins, etc. Con OFDM, cada sub-portadora puede modularse de forma independiente con datos. Un sistema de SC-FDMA puede usar el FDMA intercalado (IFDMA) para transmitir en sub-portadoras que están distribuidas por el ancho de banda del sistema, el FDMA localizado (LFDMA) para transmitir en un bloque de sub-portadoras adyacentes o el FDMA mejorado (EFDMA) para transmitir en múltiples bloques de sub-portadoras adyacentes. En general, los símbolos de modulación se envían en el dominio de la frecuencia con OFDM y en el dominio del tiempo con SC-FDMA.

[0023] Las enseñanzas en el presente documento pueden incorporarse en (por ejemplo, implementarse dentro de o realizarse mediante) múltiples aparatos cableados o inalámbricos (por ejemplo, nodos). En algunos aspectos, un nodo inalámbrico implementado según las enseñanzas en el presente documento puede comprender un punto de acceso o un terminal de acceso.

[0024] Un punto de acceso ("AP") puede comprender, implementarse como, o conocerse como un Nodo B, un controlador de red radioeléctrica ("RNC"), un Nodo B evolucionado (eNB), un controlador de estación base ("BSC"), una estación transceptora base ("BTS"), una estación base ("BS"), una función transceptora ("TF"), un encaminador de radio, un transceptor de radio, un conjunto de servicios básicos ("BSS"), un conjunto de servicios extendidos ("ESS"), una estación base de radio ("RBS") o con alguna otra terminología.

[0025] Un terminal de acceso ("AT") puede comprender, implementarse como, o conocerse como, una estación de abonado, una unidad de abonado, una estación móvil (MS), una estación remota, un terminal remoto, un terminal de usuario (UT), un agente de usuario, un dispositivo de usuario, un equipo de usuario (UE), una estación de usuario o con alguna otra terminología. En algunas implementaciones, un terminal de acceso puede comprender un teléfono celular, un teléfono inalámbrico, un teléfono con protocolo de inicio de sesión ("SIP"), una estación de bucle local inalámbrico ("WLL"), un asistente digital personal ("PDA"), un dispositivo de mano que tiene capacidad de conexión inalámbrica, una estación ("STA", tal como una "STA AP" que actúa como un AP o una "STA no AP") o algún otro dispositivo de procesamiento adecuado conectado a un módem inalámbrico. Por consiguiente, uno o más aspectos revelados en el presente documento pueden incorporarse a un teléfono (por ejemplo, un teléfono celular o un teléfono inteligente), un ordenador (por ejemplo, un ordenador portátil), una tableta, un dispositivo de comunicación portátil, un dispositivo informático portátil (por ejemplo, un asistente personal de datos), un dispositivo de entretenimiento (por ejemplo, un dispositivo de música o vídeo, o una radio por satélite), un dispositivo del sistema de localización global (GPS) o cualquier otro dispositivo adecuado que esté configurado para comunicarse mediante un medio inalámbrico o cableado. En algunos aspectos, el AT puede ser un nodo inalámbrico. Dicho nodo inalámbrico puede proporcionar, por ejemplo, conectividad para o con una red (por ejemplo, una red de área amplia tal como Internet o una red celular) mediante un enlace de comunicación alámbrica o inalámbrica.

UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DE EJEMPLO

[0026] La figura 1 ilustra un sistema 100 en el que se pueden realizar aspectos de la divulgación. Por ejemplo, un punto de acceso 110 puede realizar entrenamiento de conformación de haces para mejorar la calidad de señal durante la comunicación con una estación (STA) 120. El entrenamiento de conformación de haces se puede realizar usando un esquema de transmisión de MIMO.

[0027] El sistema 100 puede ser, por ejemplo, un sistema 100 de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) de acceso múltiple, con puntos de acceso y estaciones. Por motivos de simplicidad, solamente se muestra un punto de acceso 110 en la figura 1. Un punto de acceso es, en general, una estación fija que se comunica con las estaciones, y que puede denominarse también estación base, o con alguna otra terminología. Una STA puede ser fija o móvil y puede denominarse también estación móvil, dispositivo inalámbrico o con alguna otra terminología. El punto de acceso 110 puede comunicarse con una o más STA 120 en cualquier momento dado en el enlace descendente y en el enlace ascendente. El enlace descendente (es decir, el enlace directo) es el enlace de comunicación desde el punto de acceso a las STA y el enlace ascendente (es decir, el enlace inverso) es el enlace de comunicación desde las STA al punto de acceso. Una STA también puede comunicarse de par a par con otra STA.

[0028] Un controlador de sistema 130 puede proporcionar coordinación y control a estos AP y/u otros sistemas. Los AP pueden gestionarse mediante el controlador de sistema 130, por ejemplo, que puede gestionar ajustes de la potencia de radiofrecuencia, los canales, la autenticación y la seguridad. El controlador de sistema 130 puede comunicarse con los AP a través de una red de retorno. Los AP también pueden comunicarse entre sí, por ejemplo, directa o indirectamente, a través de una red de retorno, inalámbrica o cableada.

[0029] Aunque partes de la divulgación siguiente describirán STA 120 capaces de comunicarse mediante el acceso múltiple por división espacial (SDMA), para ciertos aspectos, las STA 120 pueden incluir también algunas STA que no admiten SDMA. Así pues, para dichos aspectos, un AP 110 puede estar configurado para comunicarse con STA, tanto de SDMA como no de SDMA. Esta solución puede permitir de forma conveniente que versiones anteriores de STA (estaciones "heredadas") permanezcan desplegadas en una empresa, ampliando su vida útil, permitiendo a la vez que se introduzcan nuevas STA de SDMA según se considere adecuado.

[0030] El sistema 100 emplea múltiples antenas de transmisión y múltiples antenas de recepción para la transmisión de datos en el enlace descendente y en el enlace ascendente. El punto de acceso 110 está equipado con N_{ap} antenas y representa las múltiples entradas (MI) para transmisiones de enlace descendente y las múltiples salidas (MO) para transmisiones de enlace ascendente. Un conjunto de K STA 120 seleccionadas representa en conjunto las múltiples salidas para transmisiones de enlace descendente y las múltiples entradas para transmisiones de enlace ascendente. Para el SDMA puro, se desea tener $N_{ap} \geq K \geq 1$ si los flujos de símbolos de datos para las K STA no están multiplexados en código, frecuencia o tiempo por algún medio. K puede ser mayor que N_{ap} si los flujos de símbolos de datos pueden multiplexarse usando una técnica de TDMA, canales de código diferentes con CDMA, conjuntos disjuntos de sub-bandas con OFDM, etc. Cada STA seleccionada transmite datos específicos de usuario a, y/o recibe datos específicos de usuario desde, el punto de acceso. En general, cada STA seleccionada puede equiparse con una o más antenas (es decir, $N_{ut} \geq 1$). Las K STA seleccionadas pueden tener el mismo número, o un número diferente, de antenas.

[0031] El sistema 100 puede ser un sistema de duplexado por división de tiempo (TDD) o un sistema de duplexado por división de frecuencia (FDD). Para un sistema de TDD, el enlace descendente y el enlace ascendente comparten la misma banda de frecuencia. Para un sistema de FDD, el enlace descendente y el enlace ascendente usan bandas de frecuencia diferentes. El sistema de MIMO 100 también puede utilizar una única portadora o múltiples portadoras para la transmisión. Cada STA puede estar equipada con una única antena (por ejemplo, con el fin de mantener bajos los costes) o múltiples antenas (por ejemplo, allí donde pueda soportarse el coste adicional). El sistema 100 también puede ser un sistema de TDMA si las STA 120 comparten el mismo canal de frecuencia dividiendo la transmisión/recepción en ranuras temporales diferentes, estando cada ranura temporal asignada a una STA 120 diferente.

[0032] La FIG. 2 ilustra componentes ejemplares del AP 110 y del UT 120 ilustrados en la FIG. 1, que pueden usarse para implementar aspectos de la presente divulgación. Uno o más componentes del AP 110 y del UT 120 pueden usarse para poner en práctica aspectos de la presente divulgación. Por ejemplo, la antena 224, el Tx/Rx 222, los procesadores 210, 220, 240, 242 y/o el controlador 230 o la antena 252, el Tx/Rx 254, los procesadores 260, 270, 288, y 290, y/o el controlador 280, se pueden usar para realizar las operaciones descritas en el presente documento e ilustradas con referencia a las FIG. 5 y 5A, y/o las FIG. 6 y 6A.

[0033] La FIG. 2 ilustra un diagrama de bloques del punto de acceso 110 y dos STA 120m y 120x en un sistema de MIMO 100. El punto de acceso 110 está equipado con N_t antenas 224a a 224ap. La STA 120m está equipada con $N_{ut,m}$ antenas 252ma a 252mu, y la STA 120x está equipada con $N_{ut,x}$ antenas 252xa a 252xu. El punto de acceso 110 es una entidad de transmisión para el enlace descendente y una entidad de recepción para el enlace ascendente. Cada STA 120 es una entidad de transmisión para el enlace ascendente y una entidad de recepción para el enlace descendente. Como se usa en el presente documento, una "entidad de transmisión" es un aparato o dispositivo autónomo, capaz de transmitir datos mediante un canal inalámbrico, y una "entidad de recepción" es

un aparato o dispositivo autónomo, capaz de recibir datos mediante un canal inalámbrico. En la descripción siguiente, el subíndice "dn" indica el enlace descendente, el subíndice "up" indica el enlace ascendente, se seleccionan N_{up} STA para una transmisión simultánea en el enlace ascendente, se seleccionan N_{dn} STA para una transmisión simultánea en el enlace descendente, N_{up} puede ser igual o no a N_{dn} y N_{up} y N_{dn} pueden ser valores estáticos o pueden cambiar para cada intervalo de planificación. Se puede usar la orientación de haces o alguna otra técnica de procesamiento espacial en el punto de acceso y en la STA.

[0034] En el enlace ascendente, en cada STA 120 seleccionada para la transmisión de enlace ascendente, un procesador de datos de transmisión (TX) 288 recibe datos de tráfico desde un origen de datos 286 y datos de control desde un controlador 280. El controlador 280 puede acoplarse a una memoria 282. El procesador de datos de TX 288 procesa (por ejemplo, codifica, intercala y modula) los datos de tráfico para la STA basándose en los esquemas de codificación y modulación asociados a la velocidad seleccionada para la STA y proporciona un flujo de símbolos de datos. Un procesador espacial de TX 290 realiza un procesamiento espacial en el flujo de símbolos de datos y proporciona $N_{ut,m}$ flujos de símbolos de transmisión para las $N_{ut,m}$ antenas. Cada unidad transmisora (TMTR) 254 recibe y procesa (por ejemplo, convierte a analógico, amplifica, filtra y aumenta en frecuencia) un respectivo flujo de símbolos de transmisión para generar una señal de enlace ascendente. $N_{ut,m}$ unidades transmisoras 254 proporcionan $N_{ut,m}$ señales de enlace ascendente para su transmisión desde $N_{ut,m}$ antenas 252 al punto de acceso.

[0035] Pueden planificarse N_{up} STA para una transmisión simultánea en el enlace ascendente. Cada una de estas STA realiza un procesamiento espacial en su flujo de símbolos de datos y transmite al punto de acceso su conjunto de flujos de símbolos de transmisión en el enlace ascendente.

[0036] En el punto de acceso 110, N_{ap} antenas 224a a 224ap reciben las señales de enlace ascendente desde todas las N_{up} STA que transmiten en el enlace ascendente. Cada antena 224 proporciona una señal recibida a una respectiva unidad receptora (RCVR) 222. Cada unidad receptora 222 realiza un procesamiento complementario al realizado por la unidad transmisora 254 y proporciona un flujo de símbolos recibidos. Un procesador espacial de RX 240 realiza el procesamiento espacial del receptor en los N_{ap} flujos de símbolos recibidos desde las N_{ap} unidades receptoras 222 y proporciona N_{up} flujos de símbolos de datos recuperados de enlace ascendente. El procesamiento espacial del receptor se realiza según la inversión matricial de correlación de canal (CCMI), el error mínimo cuadrático medio (MMSE), la cancelación suave de interferencias (SIC) o alguna otra técnica. Cada flujo recuperado de símbolos de datos de enlace ascendente es una estimación de un flujo de símbolos de datos transmitido por una respectiva STA. Un procesador de datos de RX 242 procesa (por ejemplo, desmodula, desintercala y descodifica) cada flujo recuperado de símbolos de datos de enlace ascendente, según la velocidad usada para ese flujo, para obtener datos descodificados. Los datos descodificados para cada STA pueden proporcionarse a un colector de datos 244 para su almacenamiento y/o a un controlador 230 para su procesamiento adicional. El controlador 230 puede acoplarse a una memoria 232.

[0037] En el enlace descendente, en el punto de acceso 110, un procesador de datos de TX 210 recibe datos de tráfico desde un origen de datos 208 para N_{dn} STA planificadas para la transmisión de enlace descendente, datos de control desde un controlador 230 y, posiblemente, otros datos desde un planificador 234. Los diversos tipos de datos pueden enviarse en canales de transporte diferentes. El procesador de datos de TX 210 procesa (por ejemplo, codifica, intercala y modula) los datos de tráfico para cada STA basándose en la velocidad seleccionada para esa STA. El procesador de datos de TX 210 proporciona N_{dn} flujos de símbolos de datos de enlace descendente para las N_{dn} STA. Un procesador espacial de TX 220 realiza un procesamiento espacial (tal como una precodificación o conformación de haces, como se describe en la presente divulgación) en los N_{dn} flujos de símbolos de datos de enlace descendente, y proporciona N_{ap} flujos de símbolos de transmisión para las N_{ap} antenas. Cada unidad de transmisión 222 recibe y procesa un respectivo flujo de símbolos de transmisión para generar una señal de enlace descendente. N_{ap} unidades transmisoras 222 proporcionan N_{ap} señales de enlace descendente para su transmisión desde N_{ap} antenas 224 a las STA. Los datos descodificados para cada STA pueden proporcionarse a un colector de datos 272 para su almacenamiento y/o a un controlador 280 para su procesamiento adicional.

[0038] En cada STA 120, $N_{ut,m}$ antenas 252 reciben las N_{ap} señales de enlace descendente desde el punto de acceso 110. Cada unidad de recepción 254 procesa una señal recibida desde una antena 252 asociada y proporciona un flujo de símbolos recibidos. Un procesador espacial de RX 260 realiza el procesamiento espacial de recepción en los $N_{ut,m}$ flujos de símbolos recibidos desde las $N_{ut,m}$ unidades de recepción 254 y proporciona un flujo recuperado de símbolos de datos de enlace descendente para la STA. El procesamiento espacial de recepción se realiza de acuerdo a la CCMI, el MMSE o alguna otra técnica. Un procesador de datos de RX 270 procesa (por ejemplo, desmodula, desintercala y descodifica) el flujo recuperado de símbolos de datos de enlace descendente para obtener datos descodificados para la STA.

[0039] En cada STA 120, un estimador de canal 278 estima la respuesta de canal de enlace descendente y proporciona estimaciones de canal de enlace descendente, que pueden incluir estimaciones de ganancia de canal, estimaciones de SNR, varianza de ruido, etc. De manera similar, en el punto de acceso 110, un estimador de canal 228 estima la respuesta del canal de enlace ascendente y proporciona estimaciones del canal de enlace

ascendente. El controlador 280 para cada STA obtiene habitualmente la matriz de filtro espacial para la STA basándose en la matriz de respuesta de canal de enlace descendente $H_{dn,m}$ para esa STA. El controlador 230 obtiene la matriz de filtro espacial para el punto de acceso basándose en la matriz efectiva de respuesta de canal de enlace ascendente $H_{up,eff}$. El controlador 280 para cada STA puede enviar información de realimentación (por ejemplo, los autovectores, los autovalores, las estimaciones de la SNR, etc., de enlace descendente y/o de enlace ascendente) al punto de acceso. Los controladores 230 y 280 controlan además el funcionamiento de diversas unidades de procesamiento en el punto de acceso 110 y en la STA 120, respectivamente.

[0040] La FIG. 3 ilustra diversos componentes que pueden utilizarse en un dispositivo inalámbrico 302 que puede emplearse dentro del sistema de MIMO 100. El dispositivo inalámbrico 302 es un ejemplo de dispositivo que puede estar configurado para implementar los diversos procedimientos descritos en el presente documento. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico puede implementar las operaciones 500 y 600 ilustradas en las FIG. 5 y 6, respectivamente. El dispositivo inalámbrico 302 puede ser un punto de acceso 110 o una STA 120.

[0041] El dispositivo inalámbrico 302 puede incluir un procesador 304 que controla el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 302. El procesador 304 se puede denominar también unidad central de procesamiento (CPU). La memoria 306, que puede incluir tanto memoria de solo lectura (ROM) como memoria de acceso aleatorio (RAM), proporciona instrucciones y datos al procesador 304. Una parte de la memoria 306 también puede incluir memoria de acceso aleatorio no volátil (NVRAM). El procesador 304 realiza típicamente operaciones lógicas y aritméticas basándose en instrucciones de programa almacenadas dentro de la memoria 306. Las instrucciones de la memoria 306 pueden ser ejecutables para implementar los procedimientos descritos en el presente documento.

[0042] El dispositivo inalámbrico 302 puede incluir también un alojamiento 308 que puede incluir un transmisor 310 y un receptor 312 para permitir la transmisión y la recepción de datos entre el dispositivo inalámbrico 302 y un nodo remoto. El transmisor 310 y el receptor 312 se pueden combinar en un transceptor 314. Una única antena o una pluralidad de antenas 316 de transmisión pueden conectarse al alojamiento 308 y acoplarse eléctricamente al transceptor 314. El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir múltiples transmisores, múltiples receptores y múltiples transceptores (no mostrados).

[0043] El dispositivo inalámbrico 302 puede incluir también un detector 318 de señales que puede usarse con el objeto de detectar y cuantificar el nivel de las señales recibidas por el transceptor 314. El detector de señales 318 puede detectar dichas señales como energía total, energía por subportadora por símbolo, densidad espectral de potencia y otras señales. El dispositivo inalámbrico 302 también puede incluir un procesador 320 de señales digitales (DSP) para su uso en el procesamiento de señales.

[0044] Los diversos componentes del dispositivo inalámbrico 302 pueden acoplarse entre sí mediante un sistema 322 de bus, que puede incluir un bus de potencia, un bus de señales de control y un bus de señales de estado, aparte de un bus de datos.

ESTIMACIÓN DE CANAL DE EJEMPLO USANDO SECUENCIAS DE GOLAY

[0045] Las secuencias de Golay se usan para estimar transmisiones de señal (por ejemplo, un canal) entre antenas transmisoras y antenas receptoras. Por ejemplo, se pueden estimar las distorsiones de la señal que se producen durante la transmisión, que se pueden compensar entonces durante futuras comunicaciones. Cuando se usan dos o más cadenas de transmisión, como puede ser el caso para un sistema de MIMO, se puede estimar un canal entre cada una de las cadenas de transmisión hasta las antenas receptoras. Así pues, se pueden usar varias repeticiones de la estimación del canal, usando cada una diferentes combinaciones de las secuencias de estimación de canal (CES).

[0046] El principal inconveniente de esta solución es la cantidad de tiempo que puede tardar la transmisión de las secuencias CES. Es decir, la cantidad de tiempo que se tarda en transmitir las secuencias CES puede ser igual a una duración de la transmisión de cada secuencia multiplicada por el número de cadenas de transmisión. Por tanto, esta solución genera una sobrecarga significativa, especialmente para dispositivos de última generación.

[0047] Si bien la norma IEEE 802.11ad definió una CES, la norma IEEE 802.11ay puede añadir capacidades de MIMO, que pueden usar la estimación de canal para estimar el canal de MIMO.

[0048] Además, los dispositivos de última generación se pueden operar con una sobrecarga baja (por ejemplo, mínima) para, por ejemplo, mejorar la eficiencia para cargas útiles de 10K-100K, y con un error de estimación de canal bajo. Por ejemplo, los dispositivos de última generación se pueden operar con un error de estimación de canal de 9dB por encima de la relación de señal a ruido (SNR). Los dispositivos de última generación también pueden reutilizar el hardware (HW) que ya existe para la norma IEEE 802.11ad, y pueden usar secuencias de Golay que son fáciles de implementar para altas velocidades de muestreo.

[0049] La FIG. 4A ilustra un campo de estimación de canal de ejemplo usado para la norma 802.11ad. Como se ilustra, la norma IEEE 802.11ad usa una CES con una longitud de 128 secuencias de Golay. La longitud del intervalo de guarda (GI) usada por los dispositivos de última generación puede ser de 64 muestras, pero la longitud de estimación de canal puede permanecer en 128 muestras. Por tanto, el exceso de longitud puede usarse para la alineación temporal, si no fue aceptable una adquisición temporal anterior. Sin embargo, el canal real puede tener menos de 128 muestras (por ejemplo, 72 ns). Una correlación de Golay ideal puede permitir la estimación del canal en el dominio de tiempo limpia.

[0050] La FIG. 4B es un gráfico 402 de una autocorrelación (AC) de una CES y una correlación cruzada (CC) de una CES y una CES conjugada. Los aspectos de la presente divulgación aprovechan una propiedad de las secuencias de Golay de la norma IEEE 802.11ad, que están rotadas mediante desplazamientos de $\pi/2$ (G). Las secuencias de Golay con desplazamientos de $\pi/2$ son ortogonales con sus secuencias conjugadas (i-jQ). Es decir, según esta propiedad, dos secuencias, G y G*, donde G* es el conjugado de G, son ortogonales, como se ilustra.

[0051] Usando esta propiedad, una cadena de transmisión puede transmitir una secuencia G y otra puede transmitir una secuencia G* simultáneamente, reduciendo así el tiempo de transmisión y la sobrecarga. Para un dispositivo de recepción (RX), las dos estimaciones de canal se pueden realizar simultáneamente reutilizando un mismo correlador de Golay, una vez con la señal conjugada correspondiente a la secuencia G* y una vez con la señal original correspondiente a la secuencia G, como se describirá con más detalle con respecto a las figuras 5-8.

[0052] Aunque los aspectos de la presente divulgación se describen con respecto a CES, se puede usar cualquier secuencia conocida tanto por el dispositivo de TX como por el dispositivo de RX. Por ejemplo, se puede usar una secuencia conocida para realizar la estimación de señal. Por ejemplo, el dispositivo de RX puede determinar la temporización y las distorsiones de fase de una señal a través de la secuencia conocida y el conjugado de la secuencia conocida.

[0053] La FIG. 5 ilustra operaciones de ejemplo 500 para comunicación inalámbrica, según ciertos aspectos de la presente divulgación. Las operaciones 500 pueden realizarse, por ejemplo, mediante un nodo inalámbrico configurado para transmitir una secuencia conocida (en adelante denominado dispositivo de TX).

[0054] Las operaciones 500 comienzan, en 502, generando una trama que comprende una primera secuencia y un conjugado de la primera secuencia y, en 504, se envía la trama para su transmisión a otro nodo inalámbrico (por ejemplo, un dispositivo de RX), en el que la primera secuencia y el conjugado de la primera secuencia se transmiten simultáneamente a través de la primera y la segunda cadenas de transmisión. En ciertos aspectos, la primera secuencia es conocida por el otro nodo inalámbrico antes de la transmisión. En ciertos aspectos, la primera secuencia conocida puede comprender una secuencia de estimación de canal (CES).

[0055] La FIG. 6 ilustra operaciones de ejemplo 600 para comunicación inalámbrica, según ciertos aspectos de la presente divulgación. Las operaciones 600 pueden realizarse, por ejemplo, mediante un nodo inalámbrico (en adelante denominado dispositivo de RX) configurado para recibir una secuencia conocida y, por ejemplo, realizar una estimación de señal de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) (por ejemplo, usando el estimador de canal 228 de la FIG. 2) basándose en la secuencia conocida recibida.

[0056] Las operaciones 600 comienzan, en 602, obteniendo una trama que comprende una primera secuencia conocida y un conjugado de la primera secuencia conocida recibidas simultáneamente en la primera y segunda cadenas de recepción. En 604, se genera una primera estimación de señal basándose en la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción. En 606, se genera una segunda estimación de canal basándose en el conjugado de la primera secuencia recibida en la primera cadena de recepción. En 608, se genera una tercera estimación de señal basándose en la primera secuencia conocida recibida en la segunda cadena de recepción. En 610, se genera una cuarta estimación de señal basándose en el conjugado de la primera secuencia conocida recibida en la segunda cadena de recepción. En 612, se genera una estimación de señal de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) basándose en la primera estimación de señal, la segunda estimación de señal, la tercera estimación de señal y la cuarta estimación de señal. En ciertos aspectos, el dispositivo de RX conoce la primera secuencia en la trama (por ejemplo, transmitida mediante el dispositivo de TX) antes de obtener la trama. En ciertos aspectos, la primera secuencia puede comprender una secuencia de estimación de canal (CES), y la primera, segunda, tercera y cuarta estimaciones de señal pueden comprender una estimación de canal.

[0057] Las operaciones realizadas por los dispositivos de TX y de RX descritos con referencia a las FIG. 5 y 6 se describen con más detalle usando los diagramas de bloques de las FIG. 7 y 8.

[0058] La FIG. 7 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo de TX que transmite secuencias de estimación de canal a un dispositivo de RX a través de un sistema de MIMO 2x2, según ciertos aspectos de la presente divulgación. El dispositivo de TX puede generar una trama que comprende una CES 702 y otra CES 704 que es el conjugado de la CES 702. El dispositivo de TX puede transmitir la CES 702 y la CES 704 simultáneamente a través de una primera cadena de transmisión 722 y una segunda cadena de transmisión 724.

[0059] En ciertos aspectos, la CES 702 se puede generar basándose en una combinación lineal (por ejemplo, una primera combinación lineal) de una CES original y un conjugado de la CES original. Es decir, la CES 702 se puede generar basándose en la suma de una CES original y un conjugado de la CES original. En ciertos aspectos, la CES 704 (por ejemplo, el conjugado de la CES 702) se puede generar usando una combinación lineal diferente (por ejemplo, una segunda combinación lineal) basándose en la CES original y el conjugado de la CES original. Por ejemplo, la CES 704 se puede generar basándose en la CES original menos el conjugado de la CES original, de tal manera que la CES 702 y la CES 704 son ortogonales.

[0060] En algunos casos, realizar la primera y segunda combinaciones lineales puede implicar multiplicar el conjugado de la CES original por un valor que representa una fase compleja (j). En ciertos aspectos, la primera CES (y su conjugado) puede ser una secuencia de códigos de Golay.

[0061] Un dispositivo de RX puede obtener la trama que comprende la CES 702 y la CES 704 simultáneamente a través de una primera cadena de recepción 726 y una segunda cadena de recepción 728. Basándose en la CES 702 y la CES 704 recibidas, el dispositivo de RX puede generar una estimación de canal de MIMO. Por ejemplo, el dispositivo de RX puede generar una primera estimación de canal 708 basándose en la CES 702 recibida en la cadena de recepción 726, a través del correlador 706 (por ejemplo, el correlador de Golay), generar una segunda estimación de canal 712 basándose en la CES 704 (conjugado de la CES 702) recibida en la cadena de recepción 726, a través del correlador 710, generar una tercera estimación de canal 716 basándose en la primera CES recibida en la cadena de recepción 728, a través del correlador 714, y generar una cuarta estimación de canal 720 basándose en el conjugado de la primera CES recibida en la cadena de recepción 728, a través del correlador 718.

[0062] Por tanto, el dispositivo de TX genera cuatro estimaciones de canal para un sistema de MIMO 2x2. Cada estimación de canal puede tener una longitud de 128 símbolos, con un ruido de estimación de aproximadamente la SNR más nueve DB. Usando la primera, segunda, tercera y cuarta estimaciones de canal, el dispositivo de RX puede generar una estimación de canal de MIMO para el sistema de MIMO 2x2 de la FIG. 7.

[0063] En ciertos aspectos, la segunda estimación de canal 712 se puede generar usando un correlador que también se usa para generar la estimación de canal 708. Por ejemplo, tanto las estimaciones de canal 708 como 712 pueden generarse a través del correlador 706. En este caso, una señal de entrada al correlador 706 puede ser conjugada. En ciertos aspectos, se pueden intercambiar las señales en fase (I) y en cuadratura (Q) de la entrada al correlador 706. Por ejemplo, el correlador 706 puede incluir entradas en fase (I) y en cuadratura (Q) (no mostradas). Por lo tanto, intercambiar las señales en fase (I) y en cuadratura (Q) puede implicar enrutar una señal en fase (I) del conjugado de una CES (por ejemplo, la CES 702 recibida a través de la cadena de recepción 726) hasta la entrada en cuadratura (Q) del correlador 706 y enrutar una señal en cuadratura (Q) del conjugado de la CES hasta la entrada en fase del correlador 706.

[0064] Por tanto, se puede usar el mismo hardware para el correlador 706 y el correlador 710, para generar las estimaciones de canal 708 y 712. De manera similar, se puede usar el mismo hardware para generar las estimaciones de canal 716 y 720. Es decir, se puede usar un único correlador para cada cadena de recepción para estimar un canal basándose en una CES y un conjugado de la CES recibido por la cadena de recepción correspondiente.

[0065] La FIG. 8 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo de TX que transmite una pluralidad de secuencias de estimación de canal, y conjugados de las mismas, a un dispositivo de RX a través de un sistema de MIMO 4x4, según ciertos aspectos de la presente divulgación. Por ejemplo, la trama descrita con respecto a la FIG. 7 puede incluir además una CES 802 y otra CES 804, en la que la CES 804 es un conjugado de la CES 802. Como se ilustra, la CES 802 y la CES 804 pueden transmitirse, simultáneamente, a través de una tercera cadena de transmisión 806 y una cuarta cadena de transmisión 808. Sin embargo, en ciertos aspectos, la transmisión de la CES 802 y la CES 804 pueden retardarse con respecto a la transmisión de la CES 702 y la CES 704. Por ejemplo, la transmisión de la CES 802 y la CES 804 puede retardarse un período de tiempo determinado o conocido por el dispositivo de TX y el dispositivo de RX, que puede ser de aproximadamente 64 nanosegundos. Como se ilustra, la CES 802 y la CES 804 pueden superponerse al menos parcialmente en el tiempo. En ciertos aspectos, la CES 702 y la CES 802 pueden comprender la misma secuencia de códigos de Golay.

[0066] El dispositivo de RX realiza entonces la estimación de canal de MIMO basándose en la CES 702, la CES 704, la CES 802 y la CES 804, recibidas a través de una primera cadena de recepción 726, una segunda cadena de recepción 728, una tercera cadena de recepción 810 y una cuarta cadena de recepción 812. Por ejemplo, el dispositivo de RX puede generar una primera estimación de canal 814 (por ejemplo, CES anterior) a través del correlador 816, basándose en la CES 702 recibida en la cadena de recepción 726, y una segunda estimación de canal 818 (por ejemplo, CES posterior), a través del correlador 816, basándose en la CES 802 (por ejemplo, igual que la CES 702, pero con retardo) recibida en la cadena de recepción 726.

[0067] Además, se puede generar una tercera estimación de canal 820 y una cuarta estimación de canal 824 a través del correlador 822 basándose en la CES 704 (por ejemplo, el conjugado de la CES 702) y la CES 804 (por ejemplo, el conjugado de la CES 802), ambas recibidas en la cadena de recepción 726 .

[0068] Se puede seguir un proceso similar para generar estimaciones de canal para CES recibidas en una segunda cadena de transmisión 728. En ciertos aspectos, el dispositivo de RX puede generar estimaciones de canal para CES recibidas en una tercera cadena de transmisión 810 y una cuarta cadena de transmisión 812, para generar un total de 16 estimaciones de canal, que pueden tener un ruido de estimación de aproximadamente la SNR más nueve dB, como se ilustra en la FIG. 8. Basándose en las estimaciones del canal, el dispositivo de RX puede realizar la estimación de canal de MIMO.

[0069] En ciertos aspectos, la trama puede comprender al menos una de una repetición de la CES 702, la CES 704, la CES 802 o la CES 804 en el dominio de tiempo. Cada una de las repeticiones de la CES 702, la CES 704, la CES 802 y la CES 804 se pueden transmitir posteriormente en el tiempo y usando una cadena de transmisión diferente a la usada anteriormente para esa CES. Por ejemplo, si la CES 702 se transmite en una primera cadena de transmisión, se puede transmitir una repetición de la CES 702 en la tercera transmisión. Del mismo modo, si la CES 704 se transmite en una segunda cadena de transmisión, se puede transmitir una repetición de la CES 704 en la cuarta cadena de transmisión.

[0070] En ciertos aspectos, cada una de las repeticiones de la CES 702, la CES 802, la CES 704 y la CES 804 puede generarse mediante el dispositivo de TX basándose en una secuencia CES correspondiente y un valor que representa una fase compleja. Por ejemplo, cada una de las repeticiones de la CES 702, la CES 802, la CES 704 y la CES 804 se puede generar multiplicando la secuencia de CES correspondiente por el valor que representa una fase compleja. El dispositivo de RX puede generar la estimación de canal de MIMO aplicando una matriz inversa correspondiente al valor que representa la fase compleja a las estimaciones de canal individuales generadas basándose en al menos una de la repetición de la CES 702, la CES 802, la CES 704 o la CES 804.

[0071] En ciertos aspectos, las cadenas de transmisión usadas para transmitir las CES 702, 704, 802 y 804 pueden estar acopladas a una única matriz de antenas. En otros aspectos, cada cadena de transmisión puede estar acoplada a una antena independiente o a una matriz de antenas independiente.

[0072] En ciertos aspectos, las secuencias de la norma IEEE 802.11ad se pueden reutilizar para la estimación de canal de MIMO de la norma IEEE 802.11ay para conseguir las métricas deseadas y reducir la sobrecarga de la estimación de canal.

[0073] Aunque el ejemplo que se da a conocer en el presente documento ha descrito la estimación de canal para un sistema de MIMO 2x2 y 4x4 para facilitar la comprensión, las técnicas descritas en el presente documento pueden aplicarse a un sistema de MIMO con cualquier número de cadenas de recepción y de transmisión (por ejemplo, pueden aplicarse a un sistema de MIMO NxM) . Por ejemplo, los aspectos de la presente divulgación pueden implementarse para sistemas de MIMO 6xNr, 8xNr, 3xNr, 5xNr o 7xNr, donde Nr podría ser cualquier valor.

[0074] Por ejemplo, los aspectos de la presente divulgación pueden extenderse a más de 4 flujos espaciales, sin embargo, esto puede dar lugar a sobrecargas adicionales. La estimación de canal puede extenderse a más de 4 flujos espaciales añadiendo más opciones de retardo temporal. En ciertos aspectos de la presente divulgación, la estimación de canal puede extenderse a un número impar de flujos espaciales eliminando una de las cadenas de transmisión de un caso par. Por ejemplo, la estimación de canal para un sistema de MIMO 3x3 puede implementarse eliminando una de las cadenas de transmisión del sistema de MIMO 4x4 descrito con respecto a la FIG. 8.

[0075] Las diversas operaciones de los procedimientos descritos anteriormente pueden realizarse mediante cualquier medio adecuado capaz de realizar las funciones correspondientes. Los medios pueden incluir diversos componente(s) y/o módulo(s) de hardware y/o software que incluyan, de forma no limitativa, un circuito, un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC) o un procesador. En general, cuando hay operaciones ilustradas en las figuras, esas operaciones pueden tener unos correspondientes componentes de medios más función equivalentes con una numeración similar. Por ejemplo, las operaciones 500 ilustradas en la FIG. 5 pueden corresponder a los medios 500A ilustrados en la FIG. 5A y las operaciones 600 ilustradas en la FIG. 6 pueden corresponder a los medios 600A ilustrados en la FIG. 6A.

[0076] Por ejemplo, los medios para transmitir (o los medios para enviar para su transmisión) pueden comprender un transmisor (por ejemplo, la unidad transmisora 222) y/o una o más antenas 224 del punto de acceso 110 o la unidad transmisora 254 y/o una o más antenas 252 del terminal de usuario 120 ilustrado en la FIG. 2. Los medios para recibir (o medios para obtener) pueden comprender un receptor (por ejemplo, la unidad receptora 222) y/o una o más antenas 224 del punto de acceso 110 o la unidad receptora 254 y/o una o más antenas 254 del terminal de usuario 120 ilustrado en la FIG. 2. Los medios para procesar, los medios para conjugar, los medios para enrutar, los medios para generar, los medios para realizar el ajuste del desplazamiento de frecuencia, o los medios para determinar, pueden comprender un sistema de procesamiento, que puede incluir uno o más procesadores, tal

como el procesador de datos de RX 242, el procesador de datos de TX 210, el procesador espacial de TX 220 y/o el controlador 230 del punto de acceso 110 o el procesador de datos de RX 270, el procesador de datos de TX 288, el procesador espacial de TX 290 y/o el controlador 280 del terminal de usuario 120 ilustrado en la FIG. 2.

[0077] En algunos casos, en lugar de transmitir realmente una trama, un dispositivo puede tener una interfaz para enviar una trama para su transmisión (unos medios para enviar). Por ejemplo, un procesador puede enviar una trama, mediante una interfaz de bus, a una entrada de radiofrecuencia (RF) para su transmisión. De manera similar, en lugar de recibir realmente una trama, un dispositivo puede tener una interfaz para obtener una trama recibida desde otro dispositivo (unos medios para obtener). Por ejemplo, un procesador puede obtener (o recibir) una trama, mediante una interfaz de bus, desde una entrada de RF para su recepción.

[0078] Como se usa en el presente documento, el término "determinar" abarca una amplia variedad de acciones. Por ejemplo, "determinar" puede incluir calcular, computar, procesar, obtener, investigar, consultar (por ejemplo, consultar una tabla, una base de datos u otra estructura de datos), averiguar y similares. Asimismo, "determinar" puede incluir recibir (por ejemplo, recibir información), acceder (por ejemplo, acceder a datos en una memoria) y similares. Asimismo, "determinar" puede incluir resolver, seleccionar, elegir, establecer y similares.

[0079] Como se usa en el presente documento, una frase que haga referencia a "al menos uno de" una lista de elementos se refiere a cualquier combinación de esos elementos, incluyendo elementos individuales. Por ejemplo, «al menos uno de a, b, o c» pretende cubrir a, b, c, a-b, a-c, b-c y a-b-c, así como cualquier combinación con múltiplos del mismo elemento (por ejemplo, a-a, a-a-a, a-a-b, a-a-c, a-b-b, a-c-c, b-b, b-b-b, b-b-c, c-c y c-c-c o cualquier otra ordenación de a, b y c).

[0080] Los diversos bloques, módulos y circuitos lógicos ilustrativos descritos en relación con la presente divulgación pueden implementarse o realizarse con un procesador de propósito general, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), una matriz de puertas programables *in situ* (FPGA) u otro dispositivo de lógica programable (PLD), lógica de puerta discreta o de transistor, componentes de hardware discretos o cualquier combinación de estos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador pero, de forma alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estados disponible en el mercado. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

[0081] Las etapas de un procedimiento o algoritmo descrito en relación con la presente divulgación pueden realizarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en cualquier forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. Algunos ejemplos de medios de almacenamiento que se pueden usar incluyen una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria flash, una memoria EPROM, una memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM, etc. Un módulo de software puede comprender una única instrucción o muchas instrucciones, y puede distribuirse por varios segmentos de código diferentes, entre programas diferentes y entre múltiples medios de almacenamiento. Un medio de almacenamiento puede estar acoplado a un procesador de manera que el procesador pueda leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. De forma alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador.

[0082] Los procedimientos divulgados en el presente documento comprenden una o más etapas o acciones para lograr el procedimiento descrito. Las etapas y/o acciones del procedimiento se pueden intercambiar entre sí sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. En otras palabras, a menos que se especifique un orden específico de etapas o acciones, el orden y/o el uso de etapas y/o acciones específicas se pueden modificar sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

[0083] Las funciones descritas pueden implementarse en hardware, software, firmware o en cualquier combinación de los mismos. Si se implementa en hardware, una configuración de hardware de ejemplo puede comprender un sistema de procesamiento en un nodo inalámbrico. El sistema de procesamiento puede implementarse con una arquitectura de bus. El bus puede incluir cualquier número de buses y puentes de interconexión, dependiendo de la aplicación específica del sistema de procesamiento y las restricciones de diseño globales. El bus puede enlazar diversos circuitos, incluidos un procesador, unos medios legibles por máquina y una interfaz de bus. La interfaz de bus se puede usar para conectar un adaptador de red, entre otras cosas, al sistema de procesamiento mediante el bus. El adaptador de red se puede usar para implementar las funciones de procesamiento de señales de la capa PHY. En el caso de un terminal de usuario 120 (véase la figura 1), una interfaz de usuario (por ejemplo, panel de teclas, pantalla, ratón, palanca de juegos, etc.) también puede conectarse al bus. El bus también puede conectar varios otros circuitos tales como fuentes de temporización, periféricos, reguladores de tensión, circuitos de administración de energía y similares, que son bien conocidos en la técnica y, por lo tanto, no se describirán más.

[0084] El procesador puede ser responsable de gestionar el bus y el procesamiento general, incluyendo la ejecución de software almacenado en los medios legibles por máquina. El procesador puede implementarse con uno o más procesadores de propósito general y/o propósito especial. Entre los ejemplos se incluyen microprocesadores, microcontroladores, procesadores DSP y otros circuitos que pueden ejecutar software. El significado de software deberá interpretarse ampliamente como instrucciones, datos o cualquier combinación de estos, independientemente de si se denomina software, firmware, middleware, microcódigo, lenguaje de descripción de hardware o de otra forma. Los medios legibles por máquina pueden incluir, a modo de ejemplo, RAM (memoria de acceso aleatorio), memoria flash, ROM (memoria de solo lectura), PROM (memoria programable de solo lectura), EPROM (memoria programable de solo lectura y borrable), EEPROM (memoria programable de solo lectura eléctricamente borrable), registros, discos magnéticos, discos ópticos, discos duros o cualquier otro medio de almacenamiento adecuado, o cualquier combinación de los mismos. Los medios legibles por máquina pueden integrarse en un producto de programa informático. El producto de programa informático puede comprender materiales de embalaje.

[0085] En una implementación de hardware, los medios legibles por máquina pueden formar parte del sistema de procesamiento, independientes del procesador. Sin embargo, como apreciarán inmediatamente los expertos en la técnica, los medios legibles por máquina, o cualquier parte de los mismos, pueden ser externos al sistema de procesamiento. A modo de ejemplo, los medios legibles por máquina pueden incluir una línea de transmisión, una onda portadora modulada por datos y/o un producto informático por separado del nodo inalámbrico, donde el procesador pueda acceder a todos ellos a través de la interfaz de bus. De manera alternativa o adicional, los medios legibles por máquina, o cualquier parte de estos, pueden integrarse en el procesador, como puede suceder con la memoria caché y/o los archivos de registro generales.

[0086] El sistema de procesamiento puede configurarse como un sistema de procesamiento de propósito general con uno o más microprocesadores que proporcionen la funcionalidad del procesador y una memoria externa que proporcione al menos una parte de los medios legibles por máquina, todos ellos conectados entre sí con otros circuitos de soporte, mediante una arquitectura de bus externa. De manera alternativa, el sistema de procesamiento puede implementarse con un ASIC (circuito integrado específico de la aplicación), con el procesador, con la interfaz de bus, con la interfaz de usuario (en el caso de un terminal de acceso), con los circuitos de soporte y al menos una parte de los medios legibles por máquina, integrados en un único chip o con una o más FPGA (matrices de puertas programables in situ), con PLD (dispositivos de lógica programable), con controladores, con máquinas de estados, con lógica de compuertas, con componentes de hardware discretos o con otros circuitos adecuados cualesquiera, o con cualquier combinación de circuitos que pueda realizar la diversa funcionalidad descrita a lo largo de esta divulgación. Los expertos en la materia reconocerán el mejor modo de implementar las funcionalidad descrita para el sistema de procesamiento, dependiendo de la aplicación particular y de las restricciones de diseño globales impuestas al sistema global.

[0087] Los medios legibles por máquina pueden comprender diversos módulos de software. Los módulos de software incluyen instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador, hacen que el sistema de procesamiento realice diversas funciones. Los módulos de software pueden incluir un módulo de transmisión y un módulo de recepción. Cada módulo de software puede residir en un único dispositivo de almacenamiento o puede estar distribuido entre múltiples dispositivos de almacenamiento. A modo de ejemplo, un módulo de software puede cargarse en una RAM desde un disco duro cuando se produce un suceso de activación. Durante la ejecución del módulo de software, el procesador puede cargar parte de las instrucciones en memoria caché para aumentar la velocidad de acceso. Una o más líneas de memoria caché pueden cargarse a continuación en un archivo de registro general para su ejecución por el procesador. Cuando en lo sucesivo se haga referencia a la funcionalidad de un módulo de software, se entenderá que el procesador implementa dicha funcionalidad al ejecutar instrucciones de ese módulo de software.

[0088] Si se implementan en software, las funciones pueden almacenarse en, o transmitirse por, un medio legible por ordenador, como una o más instrucciones o códigos. Los medios legibles por ordenador incluyen tanto medios de almacenamiento informáticos como medios de comunicación, incluyendo cualquier medio que facilite la transferencia de un programa informático de un lugar a otro. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible al que pueda accederse mediante un ordenador. A modo de ejemplo y no de limitación, dichos medios legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otros dispositivos de almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda utilizarse para transportar o almacenar un código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que pueda accederse mediante un ordenador. Además, cualquier conexión recibe debidamente la denominación de medio legible por ordenador. Por ejemplo, si el software se transmite desde un sitio web, un servidor u otra fuente remota, mediante un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea de abonado digital (DSL) o unas tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos (IR), radio y microondas, entonces el cable coaxial, el cable de fibra óptica, el par trenzado, la DSL o las tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas están incluidas en la definición de medio. El término disco, como se usa en el presente documento, incluye disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD), disco flexible y disco Blu-ray®, donde algunos discos reproducen habitualmente los datos magnéticamente, mientras que otros discos reproducen los datos ópticamente con láseres. Por tanto, en

algunos aspectos, los medios legibles por ordenador pueden comprender medios no transitorios legibles por ordenador (por ejemplo, medios tangibles). Además, para otros aspectos, los medios legibles por ordenador pueden comprender medios transitorios legibles por ordenador (por ejemplo, una señal). Las combinaciones de los anteriores también se deben incluir dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

[0089] Por lo tanto, determinados aspectos pueden comprender un producto de programa informático para realizar las operaciones presentadas en el presente documento. Por ejemplo, dicho producto de programa informático puede comprender un medio legible por ordenador que tiene instrucciones almacenadas (y/o codificadas), siendo las instrucciones ejecutables por uno o más procesadores para realizar las operaciones descritas en el presente documento. Para determinados aspectos, el producto de programa informático puede incluir material de embalaje.

[0090] Además, debería apreciarse que los módulos y/u otros medios adecuados para realizar los procedimientos y las técnicas descritos en el presente documento pueden descargarse y/u obtenerse de otra forma mediante un terminal de usuario y/o una estación base, según corresponda. Por ejemplo, un dispositivo de este tipo puede estar acoplado a un servidor para facilitar la transferencia de medios para realizar los procedimientos descritos en el presente documento. De forma alternativa, diversos procedimientos descritos en el presente documento se pueden proporcionar mediante medios de almacenamiento (por ejemplo, RAM, ROM, un medio de almacenamiento físico tal como un disco compacto (CD) o un disco flexible, etc.), de tal manera que un terminal de usuario y/o una estación base puedan obtener los diversos procedimientos tras acoplarse o proporcionar los medios de almacenamiento al dispositivo. Además, se puede utilizar cualquier otra técnica adecuada para proporcionar a un dispositivo los procedimientos y las técnicas descritos en el presente documento.

[0091] Se ha de entender que las reivindicaciones no están limitadas a la configuración y a los componentes precisos ilustrados anteriormente. Se pueden realizar diversas modificaciones, cambios y variantes en la disposición, el funcionamiento y los detalles de los procedimientos y el aparato descritos anteriormente sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para comunicación inalámbrica, que comprende:

5 generar (502) una trama que comprende una primera secuencia (702) y un conjugado (704) de la primera secuencia; y

 enviar (504) la trama para su transmisión a un nodo inalámbrico (110, 120, 302), en el que la primera
10 secuencia (702) se transmite a través de una primera cadena de transmisión (722) y el conjugado (704) de la primera secuencia se transmite simultáneamente a través de una segunda cadena de transmisión (724), en el que la primera secuencia (702) es conocida por el nodo inalámbrico (110, 120, 302) antes de la transmisión, en el que la primera secuencia (702) comprende una secuencia de códigos de Golay rotados $\pi/2$.

15 2. El procedimiento, según la reivindicación 1, en el que la primera secuencia (702) comprende una secuencia de estimación de canal, CES.

 3. El procedimiento, según la reivindicación 1, en el que:
20 la primera secuencia (702) se genera basándose en una primera combinación lineal de una secuencia original y un conjugado de la secuencia original.

 4. El procedimiento, según la reivindicación 3, en el que:
25 el conjugado (704) de la primera secuencia se genera basándose en una segunda combinación lineal de la secuencia original y el conjugado de la secuencia original.

 5. El procedimiento, según la reivindicación 4, en el que las primera y segunda combinaciones lineales se realizan basándose en el conjugado de la secuencia original y un valor que representa una fase compleja.
30 6. Un procedimiento para comunicación inalámbrica, que comprende:

 obtener (602), mediante un aparato (110, 120, 302) y de un nodo inalámbrico (110, 120, 302), una trama que comprende una primera secuencia (702) y un conjugado (704) de la primera secuencia recibidas
35 simultáneamente a través de la primera y la segunda cadenas de recepción (726, 728), en el que la primera secuencia (702) es conocida por el aparato (110, 120, 302) antes de obtener la trama; y

 generar (604) una primera estimación de señal (708) basándose en la primera secuencia (702) recibida a través de la primera cadena de recepción (726);
40 generar (606) una segunda estimación de señal (712) basándose en el conjugado (704) de la primera secuencia recibida a través de la primera cadena de recepción (726);

 generar (608) una tercera estimación de señal (716) basándose en la primera secuencia (702) recibida a través de la segunda cadena de recepción (728);
45 generar (610) una cuarta estimación de señal (720) basándose en el conjugado (704) de la primera secuencia recibida a través de la segunda cadena de recepción (728); y

 generar (612) una estimación de señal de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, basándose en la primera estimación de señal (708), la segunda estimación de señal (712), la tercera estimación de señal (716) y la cuarta estimación de señal (720), en el que la primera secuencia (702) comprende una secuencia de códigos de Golay rotados $\pi/2$.
50 7. El procedimiento, según la reivindicación 6, en el que la primera secuencia (702) comprende una secuencia de estimación de canal, CES, y en el que la primera, segunda, tercera y cuarta estimaciones de señal (708, 712, 716, 720) comprenden una estimación de canal.

 8. El procedimiento, según la reivindicación 6, en el que:
60 generar la primera estimación de señal (708) comprende generar, a través de un correlador de Golay, al menos la primera estimación de señal (708) basándose en la secuencia de códigos de Golay.

 9. El procedimiento, según la reivindicación 6, en el que la trama comprende además una segunda secuencia (802) y un conjugado (804) de la segunda secuencia, comprendiendo además el procedimiento:
65

recibir, simultáneamente, la segunda secuencia (802) y el conjugado (804) de la segunda secuencia a través de la primera y segunda cadenas de recepción (726, 728) en un período temporal después de la recepción de la primera secuencia (702) y el conjugado (704) de la primera secuencia, en el que la segunda secuencia (802) en la trama es conocida por el aparato (110, 120, 302) antes de obtener la trama;

generar una quinta estimación de señal basándose en la segunda secuencia (802) recibida en la primera cadena de recepción (726);

generar una sexta estimación de señal basándose en el conjugado (804) de la segunda secuencia recibida en la primera cadena de recepción (726);

generar una séptima estimación de señal basándose en la segunda secuencia (802) recibida en la segunda cadena de recepción (728); y

generar una octava estimación de señal basándose en el conjugado (804) de la segunda secuencia recibida en la segunda cadena de recepción (728).

10. El procedimiento según la reivindicación 9, que comprende además:

recibir, simultáneamente, la segunda secuencia (802) y el conjugado (804) de la segunda secuencia a través de la tercera y cuarta cadenas de recepción (810, 812) en un período temporal después de la recepción de la primera secuencia (702) y el conjugado (704) de la primera secuencia;

generar una novena estimación de señal basándose en la primera secuencia (702) recibida a través de la tercera cadena de recepción (810);

generar una décima estimación de señal basándose en el conjugado (704) de la primera secuencia recibida a través de la tercera cadena de recepción (810);

generar una undécima estimación de señal basándose en la primera secuencia (702) recibida a través de la cuarta cadena de recepción (812);

generar una duodécima estimación de señal basándose en el conjugado (704) de la primera secuencia recibida a través de la cuarta cadena de recepción (812);

generar una decimotercera estimación de señal basándose en la segunda secuencia (802) recibida a través de la tercera cadena de recepción (810);

generar una decimocuarta estimación de señal basándose en el conjugado (804) de la segunda secuencia recibida a través de la tercera cadena de recepción (810);

generar una decimoquinta estimación de señal basándose en la segunda secuencia (802) recibida a través de la cuarta cadena de recepción (812); y

generar una decimosexta estimación de señal basándose en el conjugado (804) de la segunda secuencia recibida a través de la cuarta cadena de recepción (812).

11. Un aparato (110, 120, 302) para comunicación inalámbrica, que comprende:

medios para generar (502A) una trama que comprende una primera secuencia (702) y un conjugado (704) de la primera secuencia; y

medios para enviar (504A) la trama para su transmisión a un nodo inalámbrico (110, 120, 302), en el que la primera secuencia (702) se transmite a través de una primera cadena de transmisión (722) y el conjugado (704) de la primera secuencia se transmite simultáneamente a través de una segunda cadena de transmisión (724), en el que la primera secuencia (702) es conocida por el nodo inalámbrico (110, 120, 302) antes de la transmisión, en el que la primera secuencia (702) comprende una secuencia de códigos de Golay rotados $\pi/2$.

12. Un aparato (110, 120, 302) para comunicación inalámbrica, que comprende:

medios para obtener (602), de un nodo inalámbrico (110, 120, 302), una trama que comprende una primera secuencia (702) y un conjugado (704) de la primera secuencia recibidas simultáneamente a través de la primera y la segunda cadenas de recepción (726, 728), en el que la primera secuencia (702) es conocida por el aparato (110, 120, 302) antes de obtener la trama;

- medios para generar (604A) una primera estimación de señal (708) basándose en la primera secuencia (702) recibida a través de la primera cadena de recepción (726);
- 5 medios para generar (606A) una segunda estimación de señal (712) basándose en el conjugado (704) de la primera secuencia recibida a través de la primera cadena de recepción (726);
- medios para generar (608A) una tercera estimación de señal (716) basándose en la primera secuencia (702) recibida a través de la segunda cadena de recepción (728);
- 10 medios para generar (610A) una cuarta estimación de señal (720) basándose en el conjugado (704) de la primera secuencia recibida a través de la segunda cadena de recepción (728); y
- medios para generar (612A) una estimación de señal de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, basándose en la primera estimación de señal (708), la segunda estimación de señal (712), la tercera estimación de señal (716) y la cuarta estimación de señal (720), en el que la primera secuencia (702) comprende una secuencia de códigos de Golay rotados $\pi/2$.
- 15 13. Un medio legible por ordenador que comprende instrucciones ejecutables para realizar un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 o 6 y 10, cuando se ejecutan.
- 20 14. Un nodo inalámbrico (110, 120, 302), que comprende:
- al menos una antena (316); y
- 25 un sistema de procesamiento (304, 320) configurado para realizar los medios para generar como se define en la reivindicación 11; y
- un transmisor (310) configurado para realizar los medios para enviar como se define en la reivindicación 11.
- 30 15. Un nodo inalámbrico (110, 120, 302), que comprende:
- al menos una antena (316); y
- 35 un receptor (312) configurado para realizar los medios para obtener como se define en la reivindicación 12; y
- un sistema de procesamiento (304, 320) configurado para realizar los diversos medios para generar como se define en la reivindicación 12.
- 40

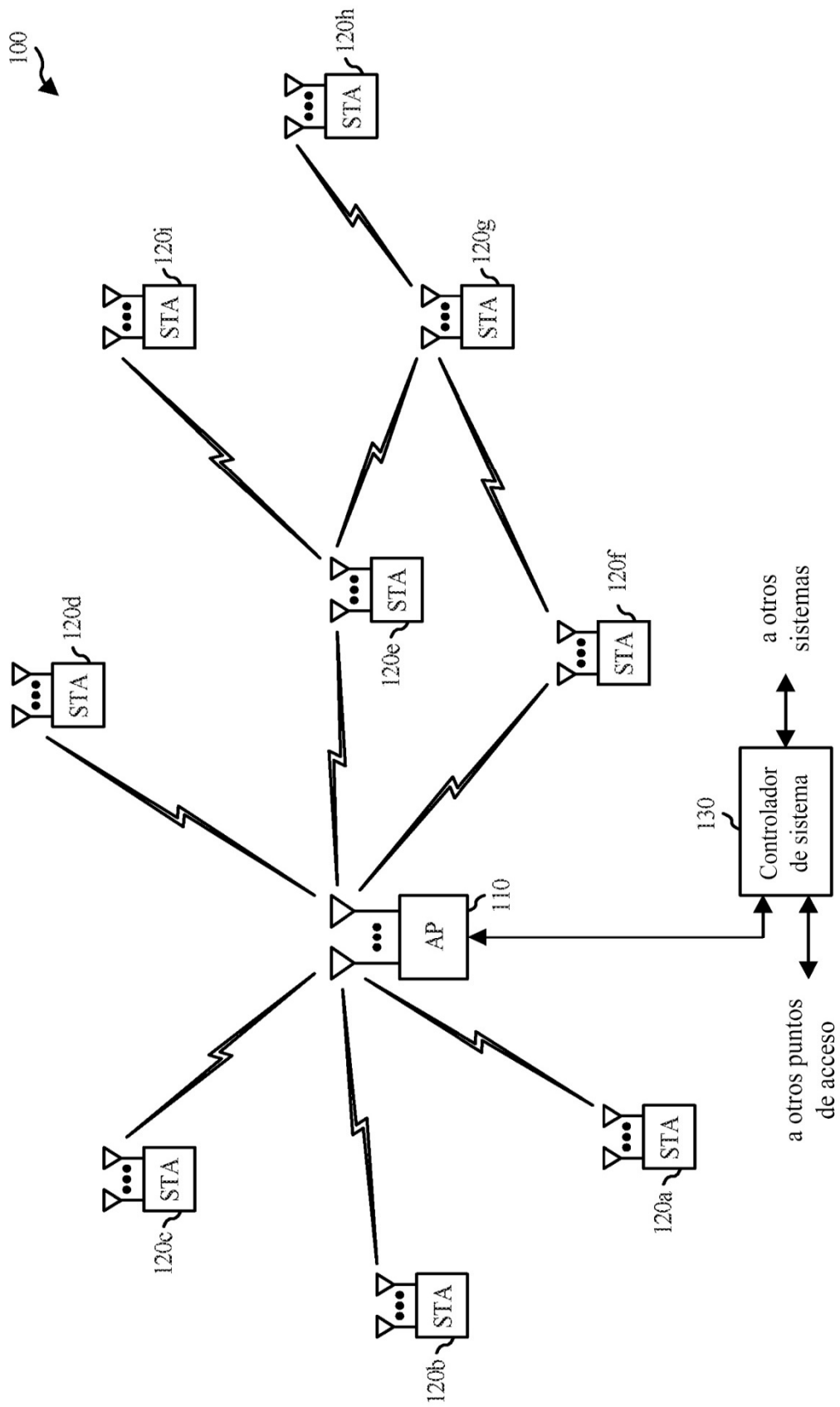


FIG. 1

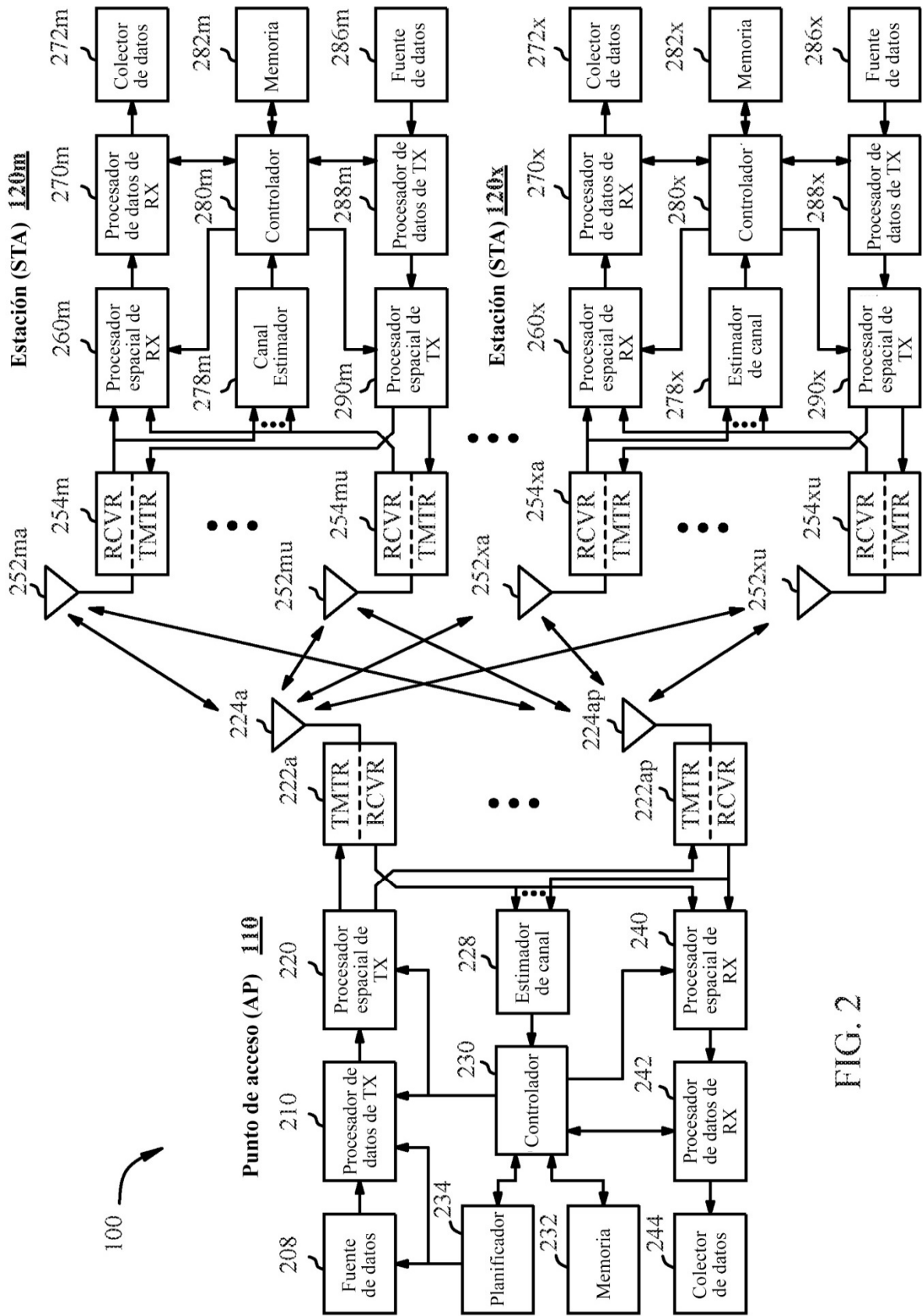


FIG. 2

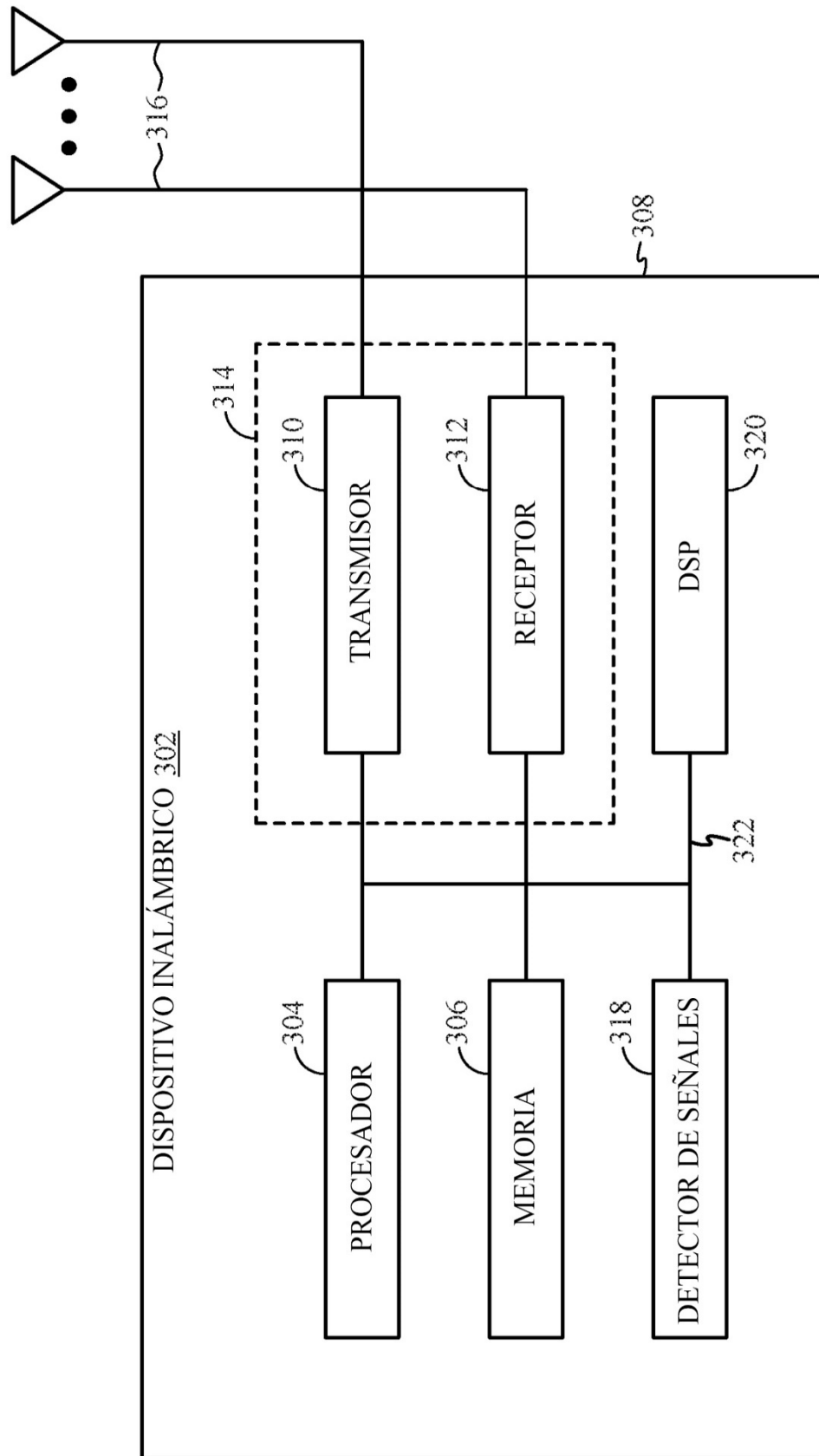


FIG. 3

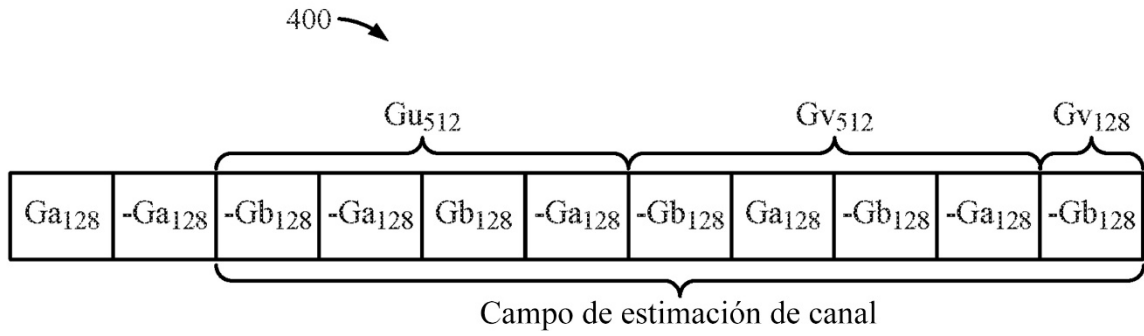


FIG. 4A

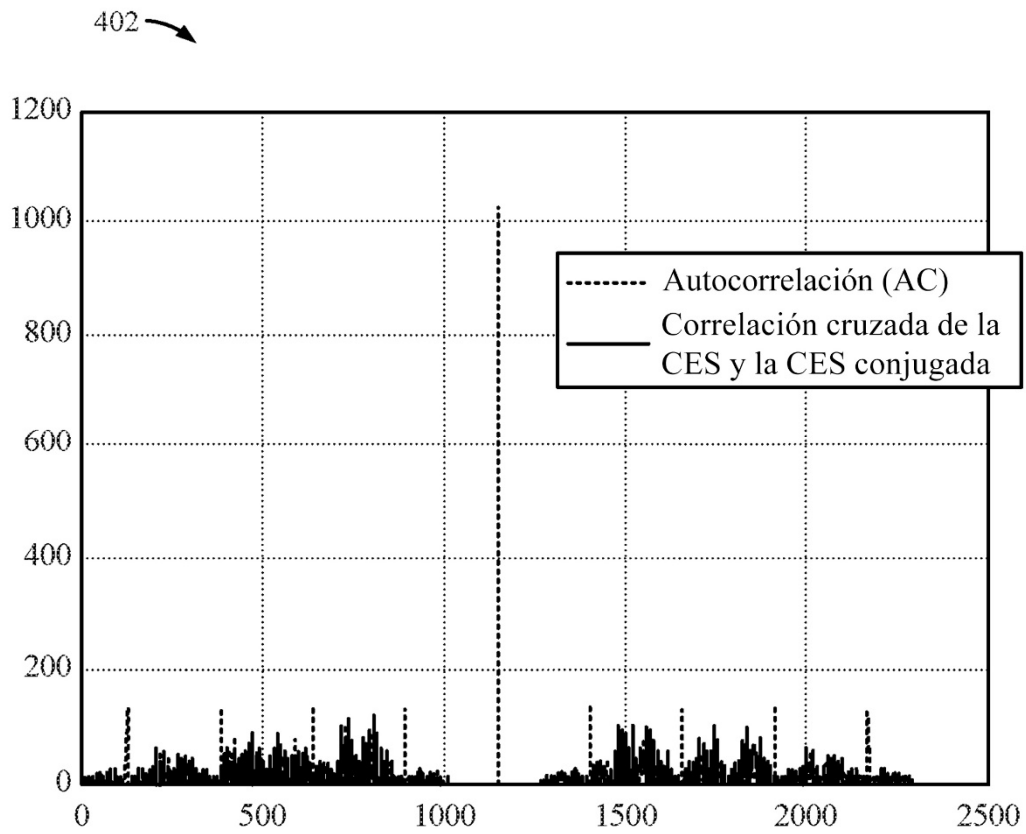


FIG. 4B

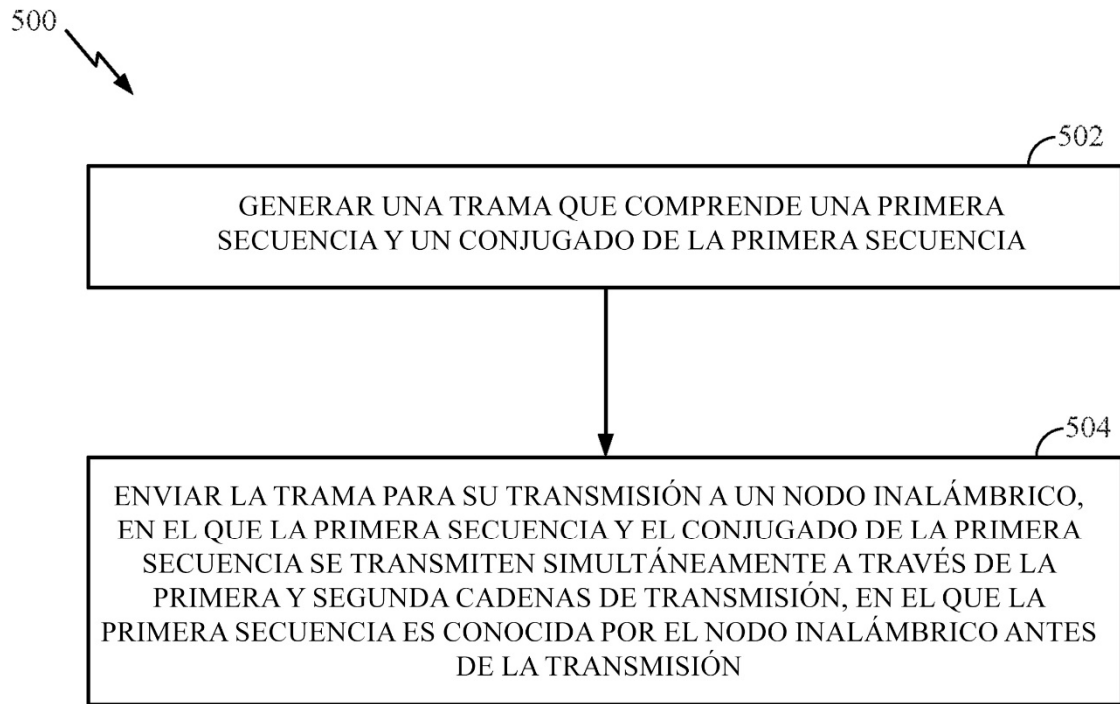


FIG. 5

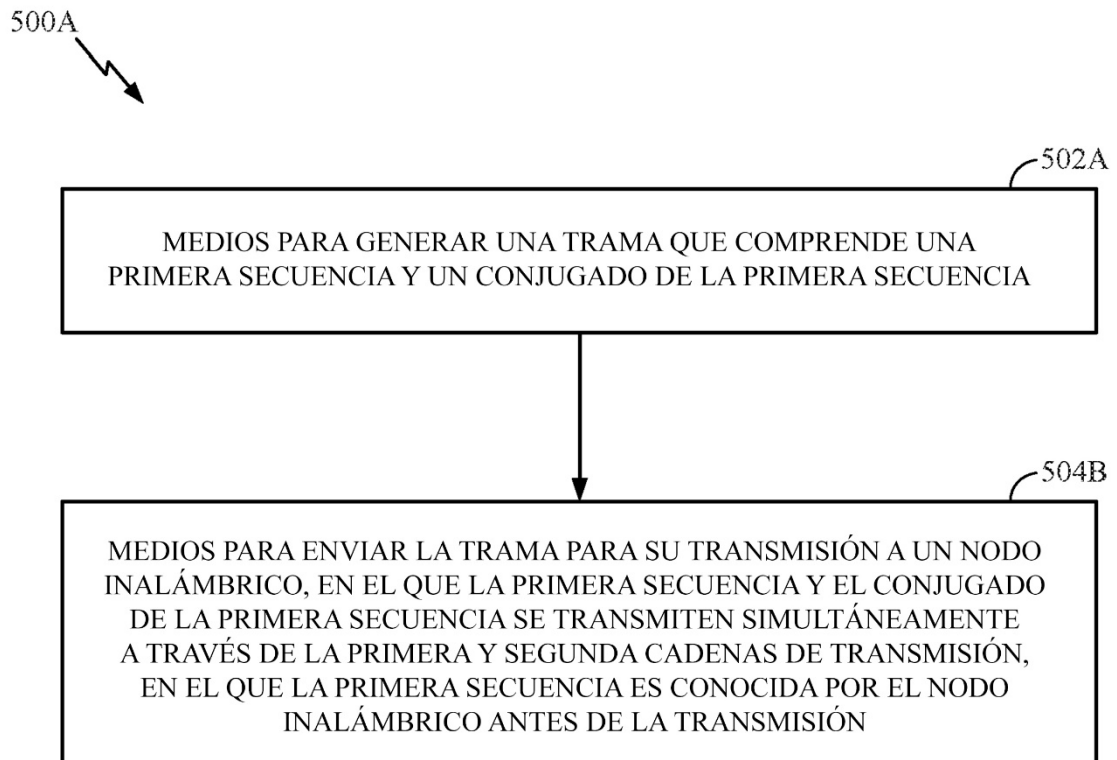


FIG. 5A

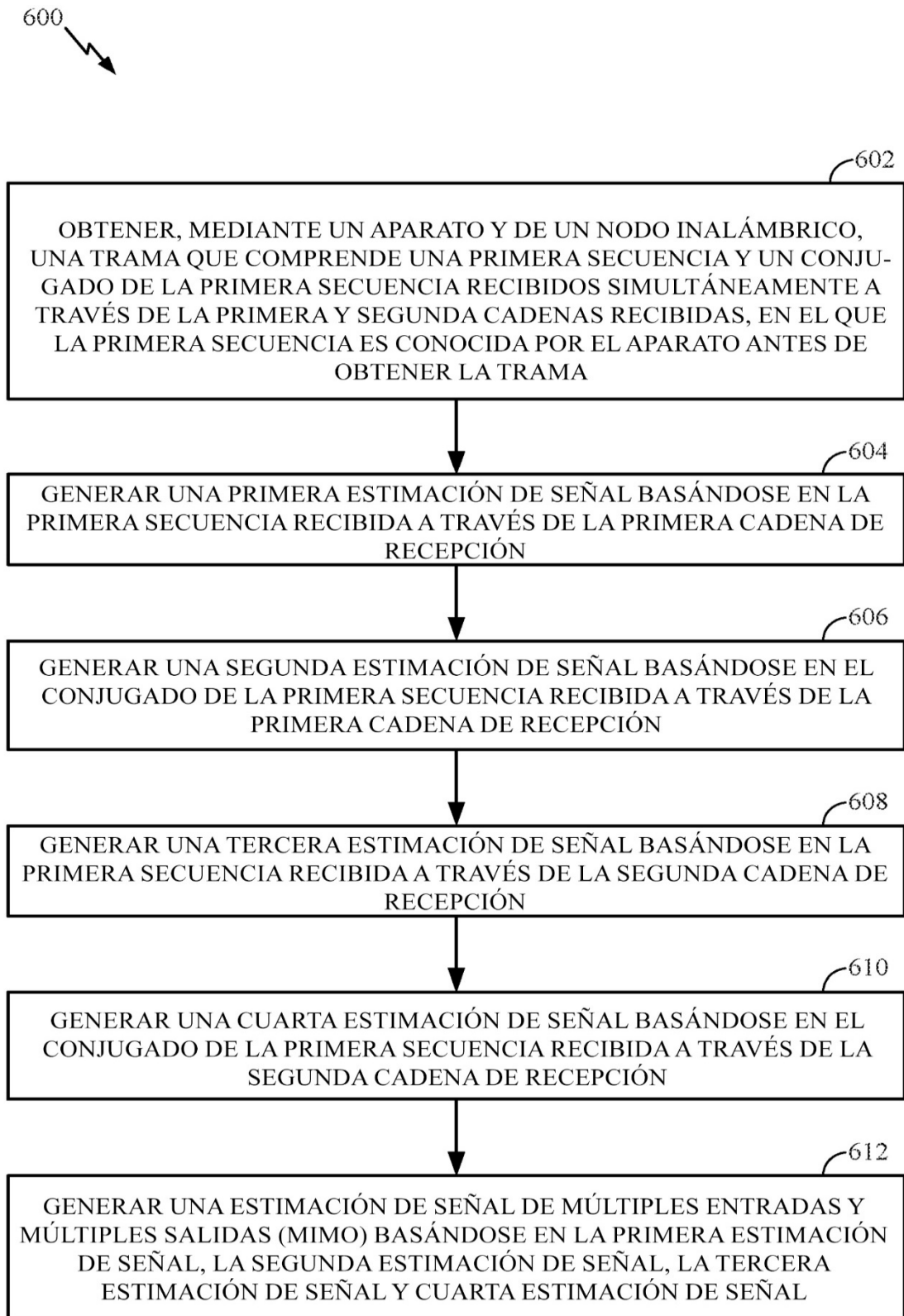


FIG. 6

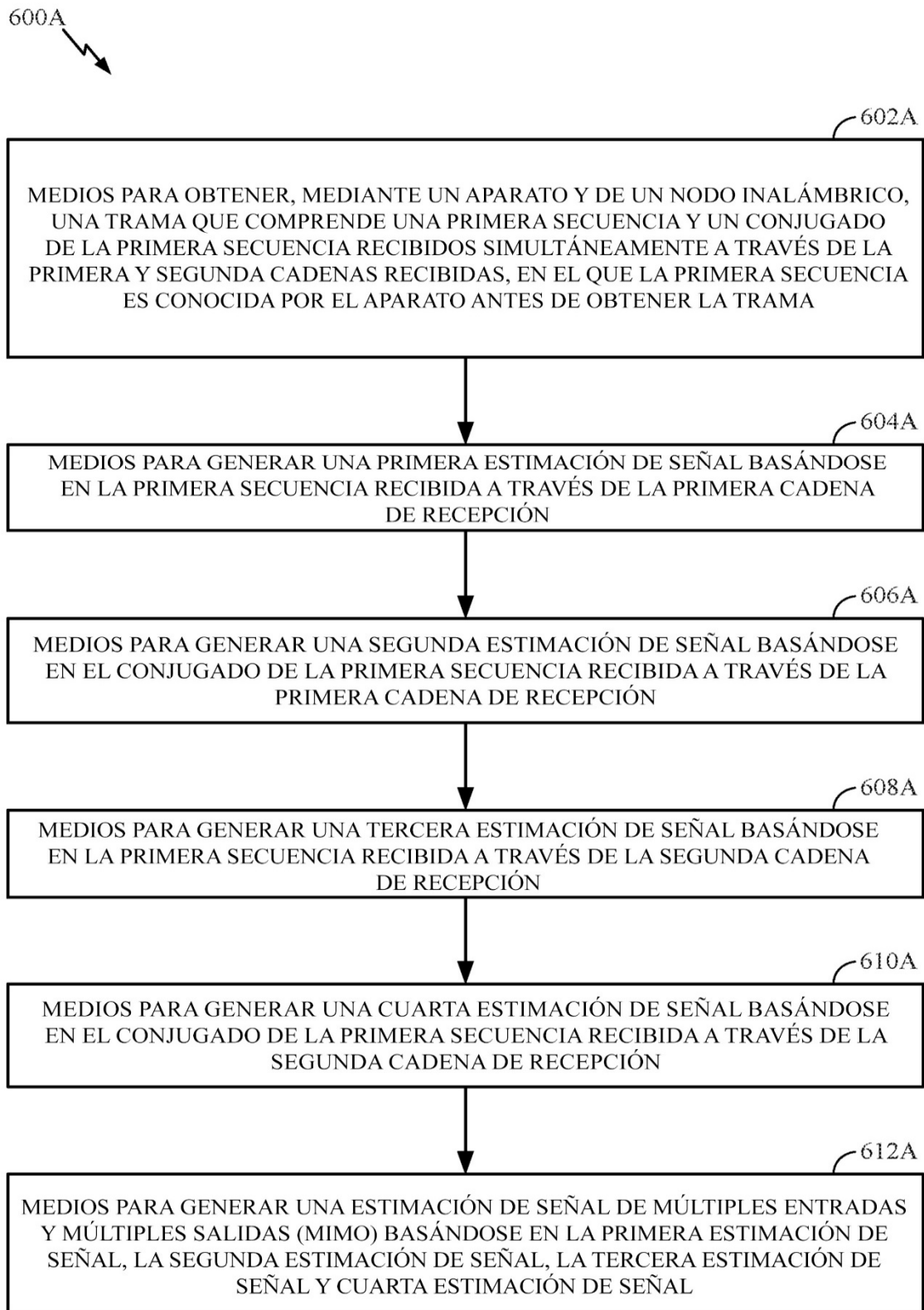


FIG. 6A

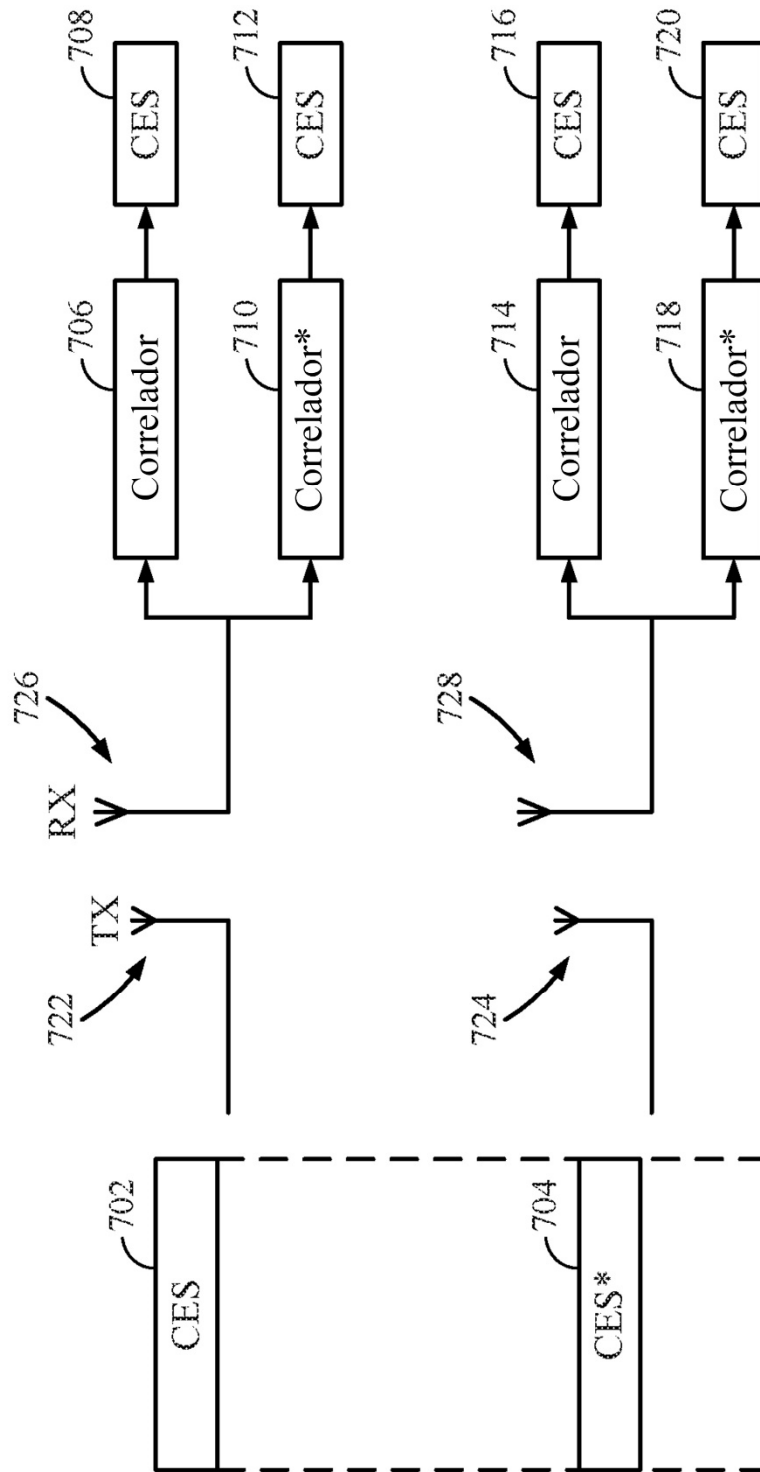


FIG. 7

