(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 808 566**

(51) Int. CI.:

H04L 1/00	(2006.01)
H04W 16/10	(2009.01)
H04B 7/04	(2007.01)
H04B 7/06	(2006.01)
H04L 1/06	(2006.01)
H04L 1/18	(2006.01)
H04B 7/0452	(2007.01)
H04W 16/28	(2009.01)
H04W 72/04	(2009.01)
H04B 7/0456	(2007.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.05.2014 PCT/CN2014/078633**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **04.12.2014 WO14190903**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2014 E 14803412 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 3005599**

(54) Título: **Precodificación lineal en sistemas MIMO de dimensión completa**

(30) Prioridad:

31.05.2013 WO PCT/CN2013/076567
14.06.2013 WO PCT/CN2013/077277

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.03.2021

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

ZHANG, YU;
WEI, CHAO;
CHENG, PENG;
WANG, NENG y
HOU, JILEI

(74) Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

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

DESCRIPCIÓN

Precodificación lineal en sistemas MIMO de dimensión completa

ANTECEDENTES

Campo

[0001] La presente divulgación se refiere, en general, a la comunicación inalámbrica. Más en particular, determinados aspectos se refieren al procesamiento en sistemas FD-MIMO. Además, los aspectos pertenecen a la sectorización vertical dinámica mediante un eNB.

Antecedentes

[0002] Los sistemas de comunicación inalámbrica están ampliamente implantados para proporcionar diversos servicios de telecomunicación, tales como telefonía, vídeo, datos, mensajería y radiodifusión. Sistemas de comunicación inalámbrica típicos pueden emplear tecnologías de acceso múltiple que pueden admitir comunicación con múltiples usuarios compartiendo recursos de sistema disponibles (por ejemplo, ancho de banda, potencia de transmisión). Ejemplos de dichas tecnologías de acceso múltiple incluyen sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA), sistemas de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), sistemas de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA), sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia de única portadora (SC-FDMA) y sistemas de acceso múltiple por división de código síncrono y división de tiempo (TD-SCDMA).

[0003] Estas tecnologías de acceso múltiple se han adoptado en diversas normas de telecomunicación para proporcionar un protocolo común que permite a diferentes dispositivos inalámbricos comunicarse a nivel municipal, nacional, regional e incluso global. Un ejemplo de norma de telecomunicación emergente es la Evolución a Largo Plazo (LTE). LTE es un conjunto de mejoras de la norma móvil del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), promulgada por el Proyecto de Colaboración de Tercera Generación (3GPP). Está diseñada para admitir mejor el acceso a Internet de banda ancha móvil mejorando la eficacia espectral, reducir los costes, mejorar los servicios, hacer uso de un nuevo espectro e integrarse mejor con otras normas abiertas usando OFDMA en el enlace descendente (DL), SC-FDMA en el enlace ascendente (UL) y tecnología de antena de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). Sin embargo, puesto que la demanda de acceso de banda ancha móvil sigue aumentando, existe una necesidad de mejoras adicionales en la tecnología LTE. Preferentemente, estas mejoras deberían ser aplicables a otras tecnologías de acceso múltiple y a las normas de telecomunicación que emplean estas tecnologías.

El documento US2013/058424 describe el diseño y la estructura de un libro de códigos para la retroalimentación multigranular.

El documento US2010/246712 describe un sistema en el que la correlación de elementos de recursos se realiza en símbolos de modulación.

El documento US2012/315938 describe dispositivos de comunicación para la comunicación entre múltiples grupos.

BREVE EXPLICACIÓN

[0004] Lo siguiente presenta una breve explicación simplificada de uno o más aspectos para proporcionar un entendimiento básico de dichos aspectos. Esta breve explicación no es una visión general exhaustiva de todos los aspectos contemplados, y no pretende ni identificar elementos clave o esenciales de todos los aspectos ni delimitar el alcance de algunos o de todos los aspectos. Su único propósito es presentar algunos conceptos de uno o más aspectos de forma simplificada como preludio de la descripción más detallada que se presenta más adelante.

[0005] Aspectos de la presente divulgación proporcionan un procedimiento para comunicación inalámbrica realizado por un nodo B evolucionado (eNB). El procedimiento incluye, en general, generar una matriz de precodificación de puerto que comprime un mayor número de elementos de antena hasta una menor número de puertos de antena, transmitir señales de referencia de puerto específicas de UE a un equipo de usuario (UE) usando la matriz de precodificación de puerto, recibir retroalimentación acerca de información de estado de canal (CSI) medida por el UE en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE, correlacionar múltiples capas de datos con puertos de antena específicos de UE en base a la retroalimentación acerca de la CSI, correlacionar cada uno de los puertos de antena específicos de UE con elementos físicos de antena, y transmitir datos al UE, en base a la correlación de las múltiples capas de datos y la correlación de puertos de antena con los elementos físicos de antena.

[0006] Aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicación inalámbrica. El aparato incluye, en general, medios para generar una matriz de precodificación de puerto que comprime un mayor número

de elementos de antena hasta una menor número de puertos de antena, medios para transmitir señales de referencia de puerto específicas de UE a un UE usando la matriz de precodificación de puerto, medios para recibir retroalimentación acerca de la CSI medida por el UE en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE, medios para correlacionar múltiples capas de datos con puertos de antena específicos de UE en base a la retroalimentación acerca de la CSI, medios para correlacionar cada uno de los puertos de antena específicos de UE con elementos físicos de antena, y medios para transmitir datos al UE, en base a la correlación de las múltiples capas de datos y la correlación de puertos de antena con elementos físicos de antena.

[0007] Aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicación inalámbrica. El aparato incluye, en general, al menos un procesador y una memoria acoplada al, al menos, un procesador. El al menos un procesador está configurado, en general, para generar una matriz de precodificación de puerto que comprime un mayor número de elementos de antena hasta una menor número de puertos de antena, transmitir señales de referencia de puerto específicas de UE a un UE usando la matriz de precodificación de puerto, recibir retroalimentación acerca de la CSI medida por el UE en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE, correlacionar múltiples capas de datos con puertos de antena específicos de UE en base a la retroalimentación acerca de la CSI, correlacionar cada uno de los puertos de antena específicos de UE con elementos físicos de antena, y transmitir datos al UE, en base a la correlación de las múltiples capas de datos y la correlación de puertos de antena con los elementos físicos de antena.

[0008] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un producto de programa informático para comunicación inalámbrica. El producto de programa informático puede incluir un medio no transitorio legible por ordenador que tiene código almacenado en el mismo. El código incluye, en general, instrucciones para generar una matriz de precodificación de puerto que comprime un mayor número de elementos de antena hasta una menor número de puertos de antena, transmitir señales de referencia de puerto específicas de UE a un UE usando la matriz de precodificación de puerto, recibir retroalimentación acerca de la CSI medida por el UE en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE, correlacionar múltiples capas de datos con puertos de antena específicos de UE en base a la retroalimentación acerca de la CSI, correlacionar cada uno de los puertos de antena específicos de UE con elementos físicos de antena, y transmitir datos al UE, en base a la correlación de las múltiples capas de datos y la correlación de puertos de antena con elementos físicos de antena.

[0009] Aspectos de la presente divulgación proporcionan un procedimiento para comunicación inalámbrica realizado por un equipo de usuario (UE). El procedimiento incluye, en general, recibir señales de referencia de puerto específicas de UE transmitidas por un nodo B evolucionado (eNB) usando una matriz de precodificación de puerto a largo plazo que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena, medir y cuantificar información de estado de canal (CSI) a corto plazo en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE y transmitir al eNB retroalimentación con respecto a la CSI a corto plazo cuantificada.

[0010] Aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicación inalámbrica. El aparato incluye, en general, medios para recibir señales de referencia de puerto específicas de UE transmitidas por un eNB usando una matriz de precodificación de puerto a largo plazo que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena, medios para medir y cuantificar información de estado de canal (CSI) a corto plazo en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE y medios para transmitir al eNB retroalimentación con respecto a la CSI a corto plazo cuantificada.

[0011] Aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicación inalámbrica. El aparato incluye, en general, al menos un procesador y una memoria acoplada al, al menos, un procesador. El al menos un procesador está configurado, en general, para recibir señales de referencia de puerto específicas de UE transmitidas por un eNB usando una matriz de precodificación de puerto a largo plazo que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena, medir y cuantificar información de estado de canal (CSI) a corto plazo en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE y transmitir al eNB retroalimentación con respecto a la CSI a corto plazo cuantificada.

[0012] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un producto de programa informático para comunicación inalámbrica. El producto de programa informático puede incluir un medio no transitorio legible por ordenador que tiene código almacenado en el mismo. El código incluye, en general, instrucciones para recibir señales de referencia de puerto específicas de UE transmitidas por un nodo B evolucionado (eNB) usando una matriz de precodificación de puerto a largo plazo que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena, medir y cuantificar información de estado de canal (CSI) a corto plazo en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE y transmitir al eNB retroalimentación con respecto a la CSI a corto plazo cuantificada.

[0013] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un procedimiento para comunicación inalámbrica. El procedimiento incluye, en general, recibir, en un nodo B evolucionado (eNB), retroalimentación de una pluralidad de equipos de usuario (UE), determinar, mediante el eNB, una correlación entre la pluralidad de UE, configurar, mediante el eNB, una o más agrupaciones de UE en base a la correlación, donde cada agrupación de la una o más agrupaciones de UE incluye dos o más UE de la pluralidad que tienen correlación dentro de un umbral

predeterminado, configurar dinámicamente, mediante el eNB, un sector vertical para cada agrupación de UE de la una o más agrupaciones de UE, y formar, mediante el eNB, un haz de elevación correspondiente al sector vertical para cada agrupación de UE de la una o más agrupaciones de UE.

[0014] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicación inalámbrica. El aparato incluye, en general, medios para recibir, en un nodo B evolucionado (eNB), retroalimentación de una pluralidad de equipos de usuario (UE), medios para determinar, mediante el eNB, una correlación entre la pluralidad de UE, medios para configurar, mediante el eNB, una o más agrupaciones de UE en base a la correlación, donde cada agrupación de la una o más agrupaciones de UE incluye dos o más UE de la pluralidad que tienen correlación dentro de un umbral predeterminado, medios para configurar dinámicamente, mediante el eNB, un sector vertical para cada agrupación de UE de la una o más agrupaciones de UE, y medios para formar, mediante el eNB, un haz de elevación correspondiente al sector vertical para cada agrupación de UE de la una o más agrupaciones de UE.

[0015] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un aparato para comunicación inalámbrica. El aparato, en general, al menos un procesador y una memoria acoplada al, al menos, un procesador. El al menos un procesador está configurado, en general, para recibir, en un eNB, retroalimentación desde una pluralidad de UE, determinar, mediante el eNB, una correlación entre la pluralidad de UE, configurar, mediante el eNB, una o más agrupaciones de UE en base a la correlación, donde cada agrupación de la una o más agrupaciones de UE incluye dos o más UE de la pluralidad que tienen correlación dentro de un umbral predeterminado, configurar dinámicamente, mediante el eNB, un sector vertical para cada agrupación de UE de la una o más agrupaciones de UE, y formar, mediante el eNB, un haz de elevación correspondiente al sector vertical para cada agrupación de UE de la una o más agrupaciones de UE.

[0016] Determinados aspectos de la presente divulgación proporcionan un producto de programa informático para comunicación inalámbrica. El producto de programa informático puede incluir un medio no transitorio legible por ordenador que tiene código almacenado en el mismo. El código incluye, en general, instrucciones para recibir, en un eNB, retroalimentación desde una pluralidad de UE, determinar, mediante el eNB, una correlación entre la pluralidad de UE, configurar, mediante el eNB, una o más agrupaciones de UE en base a la correlación, donde cada agrupación de la una o más agrupaciones de UE incluye dos o más UE de la pluralidad que tienen correlación dentro de un umbral predeterminado, configurar dinámicamente, mediante el eNB, un sector vertical para cada agrupación de UE de la una o más agrupaciones de UE, y formar, mediante el eNB, un haz de elevación correspondiente al sector vertical para cada agrupación de UE de la una o más agrupaciones de UE.

[0017] Para conseguir los fines anteriores y otros relacionados, los uno o más aspectos comprenden los rasgos característicos descritos en mayor detalle más adelante en el presente documento, y señalados en particular en las reivindicaciones. La siguiente descripción y los dibujos adjuntos exponen en detalle determinados rasgos característicos ilustrativos de los uno o más aspectos. Sin embargo, estos rasgos característicos solo indican algunas de las diversas formas en que se pueden emplear los principios de diversos aspectos, y esta descripción pretende incluir la totalidad de dichos aspectos y sus equivalentes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0018]

La FIG. 1 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una arquitectura de red.

La FIG. 2 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una red de acceso.

La FIG. 3 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una estructura de trama para su uso en una red de acceso.

La FIG. 4 muestra un formato ejemplar para el UL en LTE.

La FIG. 5 es un diagrama que ilustra un ejemplo de una arquitectura de protocolo de radio para el plano de usuario y el plano de control.

La FIG. 6 es un diagrama que ilustra un ejemplo de un nodo B evolucionado y de un equipo de usuario en una red de acceso.

La FIG. 7 ilustra un ejemplo de un sistema MIMO tradicional con un conjunto de antenas unidimensional.

La FIG. 8 ilustra un sistema FD-MIMO de ejemplo con un conjunto de antenas bidimensional, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 9 ilustra componentes de ejemplo usados de acuerdo con procedimientos descritos en el presente documento.

La FIG. 10 ilustra componentes de ejemplo usados en un sistema de precodificación de dos fases, de acuerdo con los procedimientos descritos en el presente documento.

La FIG. 11 ilustra operaciones de ejemplo realizadas, por ejemplo, por un eNB, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 12 ilustra operaciones de ejemplo realizadas, por ejemplo, por un UE, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 13 ilustra un conjunto de elementos de antena de ejemplo, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

Las FIGS. 14-20 ilustran particiones de subconjunto de ejemplo en las que un mayor número de elementos de antena se comprime en un menor número de puertos de antena.

La FIG. 21 ilustra un conjunto de 8x8 antenas de ejemplo en un eNB.

La FIG. 22 ilustra un área de red inalámbrica que tiene dos eNB que proporcionan cobertura de sectorización vertical convencional.

Las FIGS. 23 y 24 ilustran un área de cobertura inalámbrica atendida por un eNB.

La FIG. 25 ilustra operaciones de ejemplo realizadas, por ejemplo, por un eNB, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 26 ilustra un cronograma de transmisión para la sectorización vertical dinámica, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 27 ilustra un área de cobertura de un eNB configurado para la sectorización vertical dinámica, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 28 ilustra operaciones de ejemplo ejecutadas por un eNB para implementar un esquema de retroalimentación de elevación de bucle abierto de acuerdo con aspectos de la presente divulgación.

La FIG. 29 ilustra un eNB configurado para una retroalimentación de elevación de bucle abierto de acuerdo con aspectos de la divulgación como se describe, por ejemplo, en la FIG. 28.

La FIG. 30 ilustra operaciones de ejemplo ejecutadas por un eNB para implementar un esquema de retroalimentación de elevación de bucle cerrado de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0019] La invención se define mediante las reivindicaciones independientes. Los modos de realización preferidos de la invención se estipulan en las reivindicaciones dependientes. Aunque se han divulgado varios modos de realización y/o ejemplos en la descripción, la materia objeto para la cual se solicita protección se limita estricta y únicamente a los modos de realización y/o ejemplos abarcados por el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Los modos de realización y/o ejemplos mencionados en la descripción que no están dentro del alcance de las reivindicaciones son útiles para entender la invención. La descripción detallada expuesta a continuación, en relación con los dibujos adjuntos, pretende ser una descripción de diversas configuraciones y no pretende representar las únicas configuraciones en las que se pueden llevar a la práctica los conceptos descritos en el presente documento. La descripción detallada incluye detalles específicos con el propósito de proporcionar un entendimiento exhaustivo de diversos conceptos. Sin embargo, resultará evidente a los expertos en la técnica que estos conceptos se pueden llevar a la práctica sin estos detalles específicos. En algunos ejemplos, se muestran estructuras y componentes bien conocidos en forma de diagrama de bloques para evitar complicar dichos conceptos.

[0020] A continuación se presentarán varios aspectos de sistemas de telecomunicación con referencia a diversos aparatos y procedimientos. Estos aparatos y procedimientos se describirán en la siguiente descripción detallada y se ilustrarán en los dibujos adjuntos mediante diversos bloques, módulos, componentes, circuitos, etapas, procesos, algoritmos, etc. (denominados conjuntamente "elementos"). Estos elementos se pueden implementar usando hardware electrónico, software informático o cualquier combinación de los mismos. Que dichos elementos se implementen como hardware o software depende de la aplicación particular y de las limitaciones de diseño impuestas al sistema global.

[0021] A modo de ejemplo, un elemento, o cualquier parte de un elemento, o cualquier combinación de elementos, se puede implementar con un "sistema de procesamiento" que incluye uno o más procesadores. Ejemplos de procesadores incluyen microprocesadores, microcontroladores, procesadores de señales digitales (DSP), matrices de puertas programables *in situ* (FPGA), dispositivos de lógica programable (PLD), máquinas de estados, lógica de puertas, circuitos de hardware discretos y otro hardware adecuado configurado para realizar la diversa funcionalidad descrita a lo largo de esta divulgación. Uno o más procesadores del sistema de procesamiento pueden ejecutar software. Se deberá interpretar ampliamente que software quiere decir instrucciones, conjuntos de instrucciones, código, segmentos de código, código de programa, programas, subprogramas, módulos de software, aplicaciones, aplicaciones de software, paquetes de software, rutinas, subrutinas, objetos, módulos ejecutables, hilos de ejecución, procedimientos, funciones, etc., independientemente de que se denominen software, firmware, middleware, microcódigo, lenguaje de descripción de hardware o de otro modo.

[0022] Por consiguiente, en uno o más modos de realización ejemplares, las funciones descritas pueden implementarse en hardware, software, firmware o en cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en software, las funciones se pueden almacenar en, o codificar como, una o más instrucciones o código en un medio legible por ordenador. Los medios legibles por ordenador incluyen medios de almacenamiento informático. Los medios de almacenamiento pueden ser cualquier medio disponible al que se pueda acceder por 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 se pueda usar para transportar o almacenar código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que se pueda acceder mediante un ordenador. Los discos, como se usan en el presente documento, incluyen el disco compacto (CD), el disco láser, el disco óptico, el disco versátil digital (DVD), el disco flexible y el disco Blu-ray, donde algunos discos reproducen normalmente los datos magnéticamente, mientras que otros discos reproducen los datos ópticamente con láseres. Combinaciones de lo anterior también deberán incluirse dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

[0023] La FIG. 1 es un diagrama que ilustra una arquitectura de red LTE 100. La arquitectura de red LTE 100 se puede denominar sistema de paquetes evolucionado (EPS) 100. El EPS 100 puede incluir uno o más equipos de usuario (UE) 102, una Red de Acceso Radioeléctrico Terrestre UMTS Evolucionada (E-UTRAN) 104, un Núcleo de Paquetes Evolucionado (EPC) 110, un Servidor de Abonados Locales (HSS) 120 y Servicios IP de Operador 122. El EPS se puede interconectar con otras redes de acceso pero, para simplificar, esas entidades/interfaces no se muestran. Como se muestra, el EPS proporciona servicios de conmutación de paquetes; sin embargo, como apreciarán fácilmente los expertos en la técnica, los diversos conceptos presentados a lo largo de esta divulgación se pueden extender a redes que proporcionan servicios de conmutación de circuitos.

[0024] La E-UTRAN incluye el nodo B evolucionado (eNB) 106 y otros eNB 108. El eNB 106 proporciona terminaciones de protocolo en el plano de usuario y de control hacia el UE 102. El eNB 106 puede conectarse a los otros eNB 108 por medio de una interfaz X2 (por ejemplo, una red de retroceso). El eNB 106 también se puede denominar estación base, estación transceptora base, estación base de radio, transceptor de radio, función transceptora, conjunto de servicios básicos (BSS), conjunto de servicios ampliados (ESS) o con alguna otra terminología adecuada. El eNB 106 proporciona un punto de acceso al EPC 110 para un UE 102. Ejemplos de UE 102 incluyen un teléfono celular, un teléfono inteligente, un teléfono de protocolo de inicio de sesión (SIP), un ordenador portátil, un asistente digital personal (PDA), una radio por satélite, un sistema de posicionamiento global, un dispositivo multimedia, un dispositivo de vídeo, un reproductor de audio digital (por ejemplo, un reproductor MP3), una cámara, una consola de juegos o cualquier otro dispositivo de funcionamiento similar. Los expertos en la materia también pueden denominar al UE 102 estación móvil, estación de abonado, unidad móvil, unidad de abonado, unidad inalámbrica, unidad remota, dispositivo móvil, dispositivo inalámbrico, dispositivo de comunicaciones inalámbricas, dispositivo remoto, estación de abonado móvil, terminal de acceso, terminal móvil, terminal inalámbrico, terminal remoto, microteléfono, agente de usuario, cliente móvil, cliente o con alguna otra terminología adecuada.

[0025] El eNB 106 se conecta al EPC 110 mediante una interfaz S1. El EPC 110 incluye una entidad de gestión de movilidad (MME) 112, otras MME 114, una pasarela de servicio 116 y una pasarela de red de datos por paquetes (PDN) 118. La MME 112 es el nodo de control que procesa la señalización entre el UE 102 y el EPC 110. En general, la MME 112 proporciona gestión de portadora y de conexión. Todos los paquetes IP de usuario se transfieren a través de la pasarela de servicio 116, que está conectada a la pasarela PDN 118. La pasarela PDN 118 proporciona asignación de direcciones IP de UE, así como otras funciones. La pasarela PDN 118 está conectada a los servicios IP de operador 122. Los servicios IP de operador 122 pueden incluir Internet, Intranet, un subsistema multimedia IP (IMS) y un servicio de transmisión continua PS (PSS).

[0026] La FIG. 2 es un diagrama que ilustra un ejemplo de red de acceso 200 en una arquitectura de red LTE. En este ejemplo, la red de acceso 200 está dividida en una pluralidad de regiones celulares (células) 202. Uno o más eNB de clase de menor potencia 208 pueden tener regiones celulares 210 que se superponen con una o más de las células 202. Un eNB de clase de menor potencia 208 puede denominarse equipo de radio remoto (RRH).

El eNB de clase de menor potencia 208 puede ser una femtocélula (por ejemplo, un eNB doméstico (HeNB)), una picocélula o una microcélula. Cada macro-eNB 204 está asignado a una célula 202 respectiva y está configurado para proporcionar un punto de acceso al EPC 110 para todos los UE 206 en las células 202. No hay ningún controlador centralizado en este ejemplo de red de acceso 200, pero en configuraciones alternativas se puede usar un controlador centralizado. Los eNB 204 se encargan de todas las funciones basadas en radio, incluyendo el control de portadoras radioeléctricas, el control de admisión, el control de movilidad, la planificación, la seguridad y la conectividad con la pasarela de servicio 116.

[0027] El esquema de modulación y de acceso múltiple empleado por la red de acceso 200 puede variar dependiendo de la norma de telecomunicaciones particular que se está implantando. En aplicaciones LTE se usa OFDM en el DL y se usa SC-FDMA en el UL para admitir tanto la duplexación por división de frecuencia (FDD) como la duplexación por división de tiempo (TDD). Como apreciarán fácilmente los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada, los diversos conceptos presentados en el presente documento son muy adecuados para aplicaciones LTE. Sin embargo, estos conceptos se pueden extender fácilmente a otras normas de telecomunicación que emplean otras técnicas de modulación y de acceso múltiple. A modo de ejemplo, estos conceptos se pueden extender a Datos de Evolución Optimizados (EV-DO) o a la Banda Ancha Ultramóvil (UMB). EV-DO y UMB son normas de interfaz aérea promulgadas por el Proyecto de Colaboración de Tercera Generación 2 (3GPP2) como parte de la familia de normas CDMA2000 y emplean CDMA para proporcionar a estaciones móviles acceso a Internet de banda ancha. Estos conceptos también se pueden extender al Acceso Radioeléctrico Terrestre Universal (UTRA) que emplea CDMA de Banda Ancha (W-CDMA) y otras variantes de CDMA, tales como TD-SCDMA, al Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM) que emplea TDMA, y a UTRA Evolucionado (E-UTRA), Banda Ancha Ultramóvil (UMB), IEEE 802.11 (WiFi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802.20 y Flash-OFDM que emplea OFDMA. UTRA, E-UTRA, UMTS, LTE y GSM se describen en documentos de la organización 3GPP. CDMA2000 y UMB se describen en documentos de la organización 3GPP2. La norma de comunicación inalámbrica y la tecnología de acceso múltiple concretas empleadas dependerán de la aplicación específica y de las limitaciones de diseño globales impuestas al sistema.

[0028] Los eNB 204 pueden tener múltiples antenas que admiten la tecnología MIMO. El uso de la tecnología MIMO permite a los eNB 204 aprovechar el dominio espacial para admitir multiplexación espacial, conformación de haz y diversidad de transmisión. La multiplexación espacial se puede usar para transmitir diferentes flujos de datos simultáneamente en la misma frecuencia. Los flujos de datos se pueden transmitir a un único UE 206 para incrementar la velocidad de transferencia de datos, o a múltiples UE 206 para incrementar la capacidad global del sistema. Esto se logra precodificando espacialmente cada flujo de datos (es decir, aplicando un escalamiento de una amplitud y una fase) y transmitiendo a continuación cada flujo precodificado espacialmente a través de múltiples antenas transmisoras en el DL. Los flujos de datos precodificados espacialmente llegan al/a los UE 206 con diferentes firmas espaciales, lo que posibilita que cada uno de los UE 206 recupere el uno o más flujos de datos destinados a ese UE 206. En el UL, cada UE 206 transmite un flujo de datos precodificado espacialmente, lo cual permite que el eNB 204 identifique el origen de cada flujo de datos precodificado espacialmente.

[0029] La multiplexación espacial se usa, en general, cuando las condiciones de canal son buenas. Cuando las condiciones de canal son menos favorables, se puede usar conformación de haz para enfocar la energía de transmisión en una o más direcciones. Esto se puede lograr precodificando espacialmente los datos para su transmisión a través de múltiples antenas. Para lograr una buena cobertura en los bordes de la célula, se puede usar una transmisión de conformación de haz de flujo único en combinación con diversidad de transmisión.

[0030] En la siguiente descripción detallada, diversos aspectos de una red de acceso se describirán con referencia a un sistema MIMO que admite OFDM en el DL. OFDM es una técnica de espectro ensanchado que modula datos a través de una pluralidad de subportadoras en un símbolo OFDM. Las subportadoras están separadas en frecuencias precisas. La separación proporciona "ortogonalidad", que posibilita que un receptor recupere los datos a partir de las subportadoras. En el dominio de tiempo, se puede añadir un intervalo de guarda (por ejemplo, un prefijo cíclico) a cada símbolo OFDM para hacer frente a las interferencias entre símbolos OFDM. El UL puede usar SC-FDMA en forma de señal OFDM ensanchada mediante DFT para compensar una elevada proporción entre potencia máxima y media (PAPR).

[0031] La FIG. 3 es un diagrama 300 que ilustra un ejemplo de una estructura de trama de DL en LTE. Una trama (10 ms) puede estar dividida en 10 subtramas de igual tamaño. Cada subtrama puede incluir dos ranuras de tiempo consecutivas. Se puede usar una cuadrícula de recursos para representar dos ranuras de tiempo, incluyendo cada ranura de tiempo un bloque de recursos. La cuadrícula de recursos está dividida en múltiples elementos de recurso. En LTE, un bloque de recursos contiene 12 subportadoras consecutivas en el dominio de frecuencia y, para un prefijo cíclico normal en cada símbolo OFDM, 7 símbolos OFDM consecutivos en el dominio del tiempo, u 84 elementos de recurso. Algunos de los elementos de recurso, indicados como R 302, 304, incluyen señales de referencia de DL (RS-DL). Las RS-DL incluyen RS específicas de célula (CRS) (en ocasiones denominadas también RS comunes) 302 y RS específicas de UE (RS-UE) 304. Las RS-UE 304 se transmiten solamente en los bloques de recursos, tras lo cual se correlaciona el canal físico compartido de DL (PDSCH) correspondiente. El número de bits llevados por cada elemento de recurso depende del sistema de modulación. Por tanto, cuantos

más bloques de recursos reciba un UE y cuanto más sofisticado sea el esquema de modulación, mayor será la velocidad de transferencia de datos para el UE.

[0032] La FIG. 4 es un diagrama 400 que ilustra un ejemplo de una estructura de trama de UL en LTE. Los bloques de recursos disponibles para el UL se pueden dividir en una sección de datos y en una sección de control. La sección de control puede estar formada en los dos bordes del ancho de banda de sistema y puede tener un tamaño configurable. Los bloques de recursos de la sección de control se pueden asignar a los UE para la transmisión de información de control. La sección de datos puede incluir todos los bloques de recursos no incluidos en la sección de control. La estructura de trama de UL da como resultado que la sección de datos incluya subportadoras contiguas, lo cual puede permitir que un único UE tenga asignadas todas las subportadoras contiguas en la sección de datos.

[0033] Un UE puede tener asignados bloques de recursos 410a, 410b en la sección de control para transmitir información de control a un eNB. El UE también puede tener asignados bloques de recursos 420a, 420b en la sección de datos para transmitir datos al eNB. El UE puede transmitir información de control en un canal de control de UL físico (PUCCH) en los bloques de recursos asignados en la sección de control. El UE solo puede transmitir datos, o tanto datos como información de control, en un canal físico compartido de UL (PUSCH) en los bloques de recursos asignados en la sección de datos. Una transmisión de UL puede abarcar ambas ranuras de una subtrama y puede saltar en frecuencia.

[0034] Un conjunto de bloques de recursos se puede usar para realizar un acceso inicial a sistema y lograr una sincronización de UL en un canal físico de acceso aleatorio (PRACH) 430. El PRACH 430 lleva una secuencia aleatoria y no puede llevar datos/señalización de UL de ningún tipo. Cada preámbulo de acceso aleatorio ocupa un ancho de banda correspondiente a seis bloques de recursos consecutivos. La red especifica la frecuencia de inicio. Es decir, la transmisión del preámbulo de acceso aleatorio está restringida a determinados recursos de tiempo y frecuencia. No hay ningún salto de frecuencia para el PRACH. El intento de PRACH se lleva en una única subtrama (1 ms) o en una secuencia de algunas subtramas contiguas, y un UE solo puede realizar un único intento de PRACH por trama (10 ms).

[0035] La FIG. 5 es un diagrama 500 que ilustra un ejemplo de una arquitectura de protocolo de radio para el plano de usuario y el plano de control en LTE. La arquitectura de protocolo de radio para el UE y el eNB se muestra con tres capas: Capa 1, Capa 2 y Capa 3. La Capa 1 (capa L1) es la capa más baja e implementa diversas funciones de procesamiento de señales de capa física. En el presente documento, la capa L1 se denominará capa física 506. La Capa 2 (capa L2) 508 está por encima de la capa física 506 y se encarga del enlace entre el UE y el eNB sobre la capa física 506.

[0036] En el plano de usuario, la capa L2 508 incluye una subcapa de control de acceso al medio (MAC) 510, una subcapa de control de radioenlace (RLC) 512 y una subcapa de protocolo de convergencia de datos por paquetes (PDCP) 514, que terminan en el eNB en el lado de red. Aunque no se muestra, el UE puede tener varias capas superiores encima de la capa L2 508, incluyendo una capa de red (por ejemplo, una capa IP) que se termina en la pasarela PDN 118 en el lado de la red, y una capa de aplicación que termina en el otro extremo de la conexión (por ejemplo, un UE, un servidor, etc., de extremo lejano).

[0037] La subcapa PDCP 514 proporciona multiplexación entre diferentes portadoras radioeléctricas y canales lógicos. La subcapa PDCP 514 proporciona, además, compresión de cabecera para paquetes de datos de capa superior para reducir la cantidad de información suplementaria de transmisiones de radio, seguridad mediante cifrado de paquetes de datos y capacidad de traspaso para los UE entre los eNB. La subcapa RLC 512 proporciona segmentación y reensamblaje de paquetes de datos de capa superior, retransmisión de paquetes de datos perdidos y reordenamiento de paquetes de datos para compensar una recepción desordenada debido a una solicitud híbrida de repetición automática (HARQ). La subcapa MAC 510 proporciona multiplexación entre canales lógicos y de transporte. La subcapa MAC 510 también se encarga de asignar los diversos recursos radioeléctricos (por ejemplo, bloques de recursos) de una célula entre los UE. La subcapa MAC 510 también se encarga de operaciones HARQ.

[0038] En el plano de control, la arquitectura de protocolo de radio para el UE y el eNB es sustancialmente la misma para la capa física 506 y la capa L2 508, con la excepción de que no hay ninguna función de compresión de cabecera para el plano de control. El plano de control incluye también una subcapa de control de recursos radioeléctricos (RRC) 516 en la Capa 3 (capa L3). La subcapa RRC 516 se encarga de obtener recursos radioeléctricos (es decir, portadoras radioeléctricas) y de configurar las capas inferiores usando señalización RRC entre el eNB y el UE.

[0039] La FIG. 6 es un diagrama de bloques de un eNB 610 en comunicación con un UE 650 en una red de acceso. En el DL, los paquetes de capa superior de la red central se proporcionan a un controlador/procesador 675. El controlador/procesador 675 implementa la funcionalidad de la capa L2. En el DL, el controlador/procesador 675 proporciona compresión de cabecera, cifrado, segmentación y reordenamiento de paquetes, multiplexación entre canales lógicos y de transporte, y asignaciones de recursos radioeléctricos al UE 650 en base a diversas

métricas de prioridad. El controlador/procesador 675 también se encarga de operaciones HARQ, de la retransmisión de paquetes perdidos y de la señalización al UE 650.

[0040] El procesador de TX 616 implementa diversas funciones de procesamiento de señales para la capa L1 (es decir, la capa física). Las funciones de procesamiento de señales incluyen codificación e intercalación para facilitar la corrección de errores en recepción (FEC) en el UE 650, y correlación con constelaciones de señales en base a diversos esquemas de modulación (por ejemplo, modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK), modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), modulación por desplazamiento de fase M-aria (M-PSK), modulación de amplitud en cuadratura M-aria (M-QAM)). A continuación, los símbolos codificados y modulados se dividen en flujos paralelos. A continuación, cada flujo se correlaciona con una subportadora OFDM, se multiplexa con una señal de referencia (por ejemplo, una señal piloto) en el dominio de tiempo y/o de frecuencia y, a continuación, se combinan conjuntamente usando una transformada rápida de Fourier inversa (IFFT) para producir un canal físico que transporta un flujo de símbolos OFDM en el dominio de tiempo. El flujo OFDM se precodifica espacialmente para producir múltiples flujos espaciales. Las estimaciones de canal de un estimador de canal 674 se pueden usar para determinar el esquema de codificación y modulación, así como para el procesamiento espacial. La estimación de canal se puede derivar de una señal de referencia y/o de retroalimentación de condición de canal transmitida por el UE 650. A continuación, cada flujo espacial se proporciona a una antena 620 diferente por medio de un transmisor 618TX separado. Cada transmisor 618TX modula una portadora de RF con un respectivo flujo espacial para su transmisión.

[0041] En el UE 650, cada receptor 654RX recibe una señal a través de su antena 652 respectiva. Cada receptor 654RX recupera información modulada en una portadora de RF y proporciona la información al procesador de recepción (RX) 656. El procesador de RX 656 implementa diversas funciones de procesamiento de señales de la capa L1. El procesador de RX 656 realiza un procesamiento espacial de la información para recuperar cualquier flujo espacial destinado al UE 650. Si hay múltiples flujos espaciales destinados al UE 650, se pueden combinar por el procesador de RX 656 en un único flujo de símbolos OFDM. A continuación, el procesador de RX 656 convierte el flujo de símbolos OFDM del dominio de tiempo al dominio de frecuencia usando una transformada rápida de Fourier (FFT). La señal de dominio de frecuencia comprende un flujo de símbolos OFDM separado para cada subportadora de la señal de OFDM. Los símbolos de cada subportadora, y la señal de referencia, se recuperan y se desmodulan determinando los puntos de constelación de señales más probables transmitidos por el eNB 610. Estas decisiones flexibles se pueden basar en estimaciones de canal calculadas por el estimador de canal 658. A continuación, las decisiones flexibles se descodifican y desintercalan para recuperar los datos y señales de control que se transmitieron originalmente por el eNB 610 en el canal físico. A continuación, las señales de datos y de control se proporcionan al controlador/procesador 659.

[0042] El controlador/procesador 659 implementa la capa L2. El controlador/procesador puede estar asociado a una memoria 660 que almacena códigos y datos de programa. La memoria 660 se puede denominar medio legible por ordenador. En el UL, el controlador/procesador 659 proporciona desmultiplexación entre los canales de transporte y los lógicos, reensamblaje de paquetes, descifrado, descompresión de cabecera y procesamiento de señales de control para recuperar paquetes de capa superior a partir de la red central. A continuación, los paquetes de capa superior se proporcionan a un colector de datos 662, que representa todas las capas de protocolo por encima de la capa L2. También se pueden proporcionar diversas señales de control al colector de datos 662 para el procesamiento de L3. El controlador/procesador 659 también se encarga de la detección de errores usando un protocolo de acuse de recibo (ACK) y/o de acuse de recibo negativo (NACK) para admitir operaciones HARQ.

[0043] En el UL, una fuente de datos 667 se usa para proporcionar paquetes de capa superior al controlador/procesador 659. La fuente de datos 667 representa todas las capas de protocolo por encima de la capa L2. De manera similar a la funcionalidad descrita en relación con la transmisión en DL mediante el eNB 610, el controlador/procesador 659 implementa la capa L2 para el plano de usuario y el plano de control proporcionando compresión de cabecera, cifrado, segmentación y reordenación de paquetes y multiplexación entre canales lógicos y de transporte basándose en asignaciones de recursos radioeléctricos por parte del eNB 610. El controlador/procesador 659 también se encarga de operaciones HARQ, de la retransmisión de paquetes perdidos y de la señalización al eNB 610.

[0044] Las estimaciones de canal obtenidas por un estimador de canal 658 a partir de una señal de referencia o retroalimentación transmitida por el eNB 610 se pueden usar por el procesador de TX 668 para seleccionar los esquemas apropiados de codificación y modulación, y para facilitar el procesamiento espacial. Los flujos espaciales generados por el procesador de TX 668 se proporcionan a diferentes antenas 652 por medio de transmisores 654TX separados. Cada transmisor 654TX modula una portadora de RF con un respectivo flujo espacial para su transmisión.

[0045] La transmisión en UL se procesa en el eNB 610 de manera similar a la descrita en relación con la función de receptor en el UE 650. Cada receptor 618RX recibe una señal a través de su respectiva antena 620. Cada receptor 618RX recupera información modulada en una portadora de RF y proporciona la información a un procesador de RX 670. El procesador de RX 670 puede implementar la capa L1.

[0046] El controlador/procesador 675 implementa la capa L2. El controlador/procesador 675 puede estar asociado a una memoria 676 que almacena códigos y datos de programa. La memoria 676 se puede denominar medio legible por ordenador. En el UL, el controlador/procesador 675 proporciona desmultiplexación entre los canales de transporte y los lógicos, reensamblaje de paquetes, descifrado, descompresión de cabecera y procesamiento de señales de control para recuperar paquetes de capa superior procedentes del UE 650. Los paquetes de capa superior del controlador/procesador 675 se pueden proporcionar a la red central. El controlador/procesador 675 también se encarga de la detección de errores usando un protocolo de ACK y/o NACK para admitir operaciones HARQ.

[0047] Los controladores/procesadores 675 y 659 pueden dirigir el funcionamiento en el eNB 610 y el UE 650, respectivamente. El controlador/procesador 675 y/u otros procesadores y módulos en el eNB 610 pueden realizar o dirigir la ejecución de diversos procesos para las técnicas descritas en el presente documento. El controlador/procesador 659 y/u otros procesadores y módulos del UE 650 pueden realizar o dirigir la ejecución de diversos procesos para las técnicas descritas en el presente documento. Por ejemplo, uno o más componentes del eNB 610 pueden realizar las operaciones ilustradas en las FIGS. 9-11, 25, 28 y 30 y/u otros procesos para las técnicas descritas e ilustradas en el presente documento. Además, uno o más componentes y módulos del UE 650 pueden realizar las operaciones ilustradas en la FIG. 12 y/u otros procesos para las técnicas descritas e ilustradas en el presente documento.

[0048] Las memorias 676 y 660 pueden almacenar datos y códigos de programa para el eNB 610 y el UE 650, respectivamente. Un planificador 677 puede planificar los UE para la transmisión de datos en el enlace descendente y/o en el enlace ascendente.

PRECODIFICACIÓN LINEAL EN FD-MIMO

[0049] La tecnología MIMO de dimensión completa (FD-MIMO) puede mejorar en gran medida la capacidad de sistema mediante el uso de un conjunto de antenas bidimensional con hasta 64 puertos de antena en un eNB (por ejemplo, eNB 106, 108 de la FIG. 1, que puede incluir uno más módulos de eNB 610 de la FIG. 6). Los beneficios de usar hasta 64 puertos de antena en el eNB pueden incluir pequeñas interferencias entre células y una alta ganancia de conformación de haz. El uso de un conjunto de antenas bidimensional permite una conformación de haz específica de UE tanto en acimut como en elevación.

[0050] En los sistemas FD-MIMO, el número de antenas de transmisión en el eNB puede aumentarse, por ejemplo, de 8 a 10 veces en comparación con los sistemas MIMO 8 TX heredados. Estas antenas de transmisión adicionales pueden generar mayores ganancias de conformación de haz y provocar menos interferencia en las células vecinas.

[0051] La FIG. 7 ilustra un ejemplo de una tecnología MIMO tradicional con un conjunto unidimensional de elementos de antena. Como se ilustra, la conformación de haz específica de UE puede realizarse solo en acimut. Se puede aplicar una inclinación de elevación común.

[0052] La FIG. 8 ilustra un sistema FD-MIMO de ejemplo con un conjunto de antenas bidimensional (d_H y d_V), de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. Como se ilustra, la conformación de haz específica de UE se puede realizar tanto en acimut como en elevación.

[0053] En la precodificación lineal tradicional, el eNB necesita a información de estado de canal MIMO (CSI) acerca del canal completo. Por ejemplo, los procedimientos tradicionales de conformación de haz/precodificación de ejecución única dependen de la disponibilidad de la CSI de toda la dimensión de transmisión (por ejemplo, se necesita el conocimiento instantáneo/estadístico del canal desde cada antena de transmisión de eNB a una o más antenas de recepción de UE).

[0054] Tal CSI se obtiene por retroalimentación de PMI/RI de UE o aprovechando la reciprocidad de canal. En los sistemas TDD, la CSI se adquiere principalmente en el eNB aprovechando la reciprocidad de canal bidireccional. En los sistemas FDD, la CSI se mide y cuantifica normalmente en el UE y después se retroalimenta al eNB por medio de un canal de enlace ascendente dedicado. En general, el tamaño del libro de códigos usado para la cuantificación de CSI aumenta a medida que aumenta el número de antenas de transmisión en el eNB.

[0055] El informe PMI/RI de UE puede basarse en la estimación asistida por señal piloto del canal completo DL. La cantidad de información suplementaria de señales piloto (o de señales de referencia común) y la complejidad de la estimación de canal DL pueden ser proporcionales al número de antenas eNB. Por lo tanto, la complejidad de la selección PMI/RI puede aumentar a medida que aumenta el número de antenas de eNB.

[0056] El enfoque de reciprocidad de canal puede estar limitado por la capacidad de UE y el error de estimación de canal UL. Por ejemplo, para un UE de gama baja que no puede admitir la conmutación de antena de sondeo no está disponible la CSI a corto plazo acerca del canal completo. Además, la complejidad de la estimación de

canal UL y la complejidad del cálculo de la información del conformador de haz/precodificador puede ser proporcional al número de antenas de eNB.

[0057] Como se describió anteriormente, en los sistemas FD-MIMO, la conformación de haz/precodificación de ejecución única es problemática debido al mayor número de antenas de transmisión. Por lo tanto, el desafío de admitir FD-MIMO es diseñar algoritmos eficientes de conformación de haz/precodificación y esquemas de adquisición de CSI asociados. En los sistemas FD-MIMO, cada antena está conectada a su propio transceptor de RF. Por lo tanto, proporcionar una CSI suficientemente precisa por medio de retroalimentación de UE puede dar lugar a una cantidad adicional de información suplementaria en el UE, por ejemplo, en lo que respecta a la estimación de canal y la selección de palabras de código.

[0058] En consecuencia, los aspectos descritos en el presente documento adoptan algoritmos de conformación de haz/precodificación más eficientes y esquemas de adquisición de CSI asociados en un esfuerzo por reducir la cantidad de información suplementaria generada por la retroalimentación de CSI en los sistemas FD-MIMO. Como se describe en el presente documento, se puede usar un sistema de precodificación de dos fases para reducir la cantidad de información suplementaria generada por la retroalimentación de CSI en los sistemas FD-MIMO. Se aprovecha la estructura de los conjuntos bidimensionales y la reciprocidad de canal.

[0059] De acuerdo con algunos aspectos, la estimación de canal de UL se usa para adquirir una matriz de precodificación de puerto a largo plazo. La matriz de precodificación de puerto comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena. Se pueden ver ejemplos de dicha compresión en las FIGS. 14-20. El eNB utiliza la matriz de precodificación de puerto para transmitir señales de referencia de puerto específicas de UE.

[0060] El UE mide la CSI a corto plazo en un número menor de puertos de antena en lugar del mayor número de elementos de antena. El UE puede cuantificar la CSI a corto plazo y retroalimentarla al eNB. El eNB puede usar la CSI a corto plazo cuantificada para correlacionar múltiples capas de datos con puertos de antena específicos de UE (por ejemplo, usando un precodificador de capa). El eNB puede usar un precodificador de segunda fase (por ejemplo, precodificador de puerto), que correlaciona cada puerto de antena con elementos de antena. Para admitir el esquema de precodificación de dos fases propuesto, determinada señalización relacionada se describe más detalladamente en el presente documento.

[0061] La FIG. 9 ilustra componentes 900 de ejemplo usados de acuerdo con procedimientos descritos en el presente documento. Los aspectos de la presente divulgación contienen un módulo de adquisición de CSI híbrido 902, que proporciona precodificadores para la precodificación de datos y señales piloto, un módulo de precodificación de datos 906, que precodifica flujos de datos para elementos de antena, y un módulo de precodificación de señales piloto 904, que precodifica secuencias de señales piloto para elementos de antena.

[0062] De acuerdo con los procedimientos de la presente divulgación, tanto los datos como las señales piloto se transmiten en un conjunto de puertos de antena. El número de puertos de antena es mucho menor que el número de elementos de antena. En consecuencia, la cantidad de información suplementaria y la complejidad computacional en el UE pueden reducirse significativamente.

[0063] El módulo de adquisición de CSI híbrido 902 puede generar dos precodificadores, un *precodificador de puerto* y un *precodificador de capa.* La FIG. 10 ilustra un ejemplo 1000 de un precodificador de capa 1002 y de un precodificador de puerto 1004. El precodificador de puerto se usa para correlacionar un pequeño número de puertos de antena con numerosos elementos de antena y puede obtenerse usando información de canal de UL (a largo plazo). El precodificador de capa se usa para correlacionar capas de datos con puertos de antena.

[0064] La precodificación de datos (precodificación de flujo de datos) de la FIG. 9 se realiza en dos fases consecutivas, como se detalla en la FIG. 10. La primera fase es una correlación de capa con puerto, donde los flujos de datos son precodificados primero por un precodificador de capa 1002. El precodificador de capa 1002 puede correlacionar, por ejemplo, L capas de datos con P puertos de antena.

[0065] La segunda fase es una correlación de puerto con elemento, donde los puertos de antena son precodificados por un precodificador de puerto 1004. El precodificador de puerto 1004 puede correlacionar, por ejemplo, P puertos de antena con M elementos de antena.

[0066] De acuerdo con aspectos, las secuencias de señales piloto para estimar los canales en los *P* puertos de antena son precodificadas por el mismo precodificador de puerto que se usa para los flujos de datos, como se ilustra en la FIG. 10.

[0067] La FIG. 11 ilustra operaciones 1100 de ejemplo realizadas, por ejemplo, por un eNB de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. El eNB 106 de la FIG. 1, que puede incluir uno o más módulos del eNB 610 de la FIG. 6, puede realizar las operaciones enumeradas.

[0068] En 1102, el eNB puede generar una matriz de precodificación de puerto que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena. En 1104, el eNB puede transmitir señales de referencia de puerto específicas de UE a un equipo de usuario (UE) usando la matriz de precodificación de puerto. En 1106, el eNB puede recibir retroalimentación con respecto a la CSI medida por el UE en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE. En 1108, el eNB puede correlacionar múltiples capas de datos con puertos de antena específicos de UE basándose en la retroalimentación con respecto a la CSI medida por el UE. De acuerdo con aspectos, el eNB puede correlacionar secuencias de señales piloto con el puerto de antena específico de UE. En 1110, el eNB puede correlacionar cada uno de los puertos de antena específicos de UE con elementos de antena físicos. En 1112, el eNB puede transmitir datos al UE, basándose en la correlación de las múltiples capas de datos y la correlación de puertos de antena con elementos físicos de antena.

[0069] De acuerdo con aspectos, y como se describe anteriormente, la matriz de precodificación de puerto se genera en base a la estimación de canal de UL. Los elementos físicos de antena de transmisión pueden estar dispuestos en un conjunto multidimensional. Como se describe en el presente documento, el eNB puede correlacionar adicionalmente secuencias de señales piloto con puertos de antena específicos de UE.

[0070] De acuerdo con aspectos, la retroalimentación con respecto a la CSI puede comprender retroalimentación cuantificada que incluye al menos uno de entre un indicador de matriz preferida (PMI) y una indicación de rango (RI). La retroalimentación cuantificada se puede seleccionar de un libro de códigos predefinido.

[0071] El eNB también puede transmitir, al UE, información con respecto a una partición de subconjunto de los elementos de antena. Ejemplos de particiones de subconjunto se ilustran en las FIGS. 14-20. La información puede comprender al menos uno de entre un tipo de partición de subconjunto, una estructura de puertos de antena o un número de puertos de antena.

[0072] De acuerdo con aspectos, los UE pueden dividirse en múltiples categorías de acuerdo con su capacidad de admitir múltiples tipos de particiones de subconjunto y los libros de códigos asociados. Determinados tipos de UE pueden admitir menos tipos de particiones de subconjunto que otros tipos de UE.

[0073] La FIG. 12 ilustra operaciones 1200 de ejemplo realizadas, por ejemplo, por un UE, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. El UE 106 de la FIG. 1, que puede incluir uno o más módulos del UE 650 de la FIG. 6, puede realizar las operaciones enumeradas.

[0074] En 1202, el UE puede recibir señales de referencia de puerto específicas de UE transmitidas por un eNB usando una matriz de precodificación de puerto a largo plazo que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena. En 1204, el UE puede medir y cuantificar CSI a corto plazo basándose en las señales de referencia de puerto específicas de UE. En 1206, el UE puede transmitir al eNB retroalimentación con respecto a la CSI a corto plazo cuantificada.

[0075] De acuerdo con aspectos, la retroalimentación puede comprender una retroalimentación cuantificada que comprende al menos uno de entre un PMI y una RI. La retroalimentación cuantificada se puede seleccionar de un libro de códigos predefinido. El UE puede seleccionar, basándose en la información, uno de una pluralidad de libros de códigos predefinidos, y puede usar el libro de códigos seleccionado para notificar la retroalimentación.

[0076] De acuerdo con aspectos, el UE puede recibir información con respecto a una partición de subconjunto de los elementos de antena. La información puede comprender al menos uno de entre un tipo de partición de subconjunto, una estructura de puertos de antena y un número de puertos de antena. Ejemplos de particiones de subconjunto se ilustran, por ejemplo, en las FIGS. 14-20. El UE puede recibir la información con respecto a la partición de subconjunto, por ejemplo, de un eNB.

[0077] La FIG. 13 ilustra un conjunto de elementos de antena de ejemplo, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. La FIG. 13 ilustra 64 elementos de antena, M, y 8 puertos de antena, P. Los elementos de antena con polarización cruzada ilustrados están alineados en 8 filas por 8 columnas.

[0078] Las FIGS. 14-20 proporcionan particiones de subconjunto de ejemplo de elementos de antena, de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. Un UE puede recibir información, desde un eNB, por ejemplo, con respecto a una partición de subconjunto de los elementos de antena. Los subconjuntos pueden comprimir un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena.

[0079] Por lo tanto, los aspectos de la presente divulgación proporcionan técnicas para mejorar la capacidad de sistema de la tecnología FD-MIMO mediante el uso de un conjunto de antenas bidimensional con hasta 64 puertos de antena en el eNB. El uso de un conjunto de antenas bidimensional permite una conformación de haz específica de UE tanto en acimut como en elevación.

[0080] Para admitir el esquema de precodificación de dos fases descrito en el presente documento, los parámetros específicos de UE, incluido el tipo de partición de subconjunto y la configuración de recursos de CSI

pueden configurarse de forma semidinámica. El tipo de partición de subconjunto puede incluir la estructura del puerto de antena y el número de puertos de antena usados por el eNB.

[0081] En base a la configuración anterior, el UE puede seleccionar uno de varios libros de códigos predefinidos y usar el libro de códigos seleccionado para notificar retroalimentación, por ejemplo, PMI/RI, para el precodificador de capa. Los UE pueden dividirse en múltiples categorías de acuerdo con su capacidad de admitir múltiples tipos de particiones de subconjunto y los libros de códigos asociados. De acuerdo con aspectos, los UE de gama baja pueden admitir tipos limitados de particiones de subconjunto.

SECTORIZACIÓN VERTICAL DINÁMICA

[0082] Para aumentar la capacidad del sistema, se ha considerado la tecnología (3D)-MIMO tridimensional, en la que un eNB usa un conjunto de antenas bidimensional (2D) con un gran número de antenas. Con este tipo de configuración, cabe esperar una pequeña interferencia intracelular con una alta ganancia de conformación de haz.

[0083] La conformación de haz se ha implementado típicamente usando solo direccionamiento horizontal. Sin embargo, con el aumento de las tecnologías de antenas inteligentes, la conformación de haz de elevación permite ahora el direccionamiento vertical en el proceso de conformación de haz. La conformación de haz de elevación admite actualmente hasta 8 puertos de antena.

[0084] La FIG. 21 ilustra un conjunto de 8x8 antenas 2100. El conjunto de antenas 2100 incluye 8 filas y 8 columnas de elementos de antena, cada uno separado de un elemento de antena adyacente en una distancia de $\lambda/2$, donde λ es la longitud de onda de la señal de los elementos de antena. El conjunto de antenas 2100 incluye elementos de acimut en la dirección 2102 y elementos de elevación en la dirección 2104 que se pueden usar tanto en conformación de haz horizontal como de elevación. En diversas implementaciones del conjunto de antenas 2100, cada elemento de antena puede incluir un transceptor individual y un amplificador de potencia.

[0085] La FIG. 22 ilustra un área de red inalámbrica 2200 que tiene un eNB-A 2202 y un eNB-B 2204 que proporcionan cobertura de sectorización vertical convencional. La conformación de haz de elevación emplea actualmente una sectorización vertical en la que los haces se forman en elevaciones fijas sobre el área de cobertura.

[0086] Por ejemplo, el eNB-A 2202 está configurado con el haz L 2214 y el haz H 2216 en una sectorización vertical del área de cobertura de eNB-A. De manera similar, el eNB-B 2204 está configurado con el haz L 2218 y el haz H 2220, en una sectorización vertical del área de cobertura de eNB-B.

[0087] Algunos de los problemas con dicha sectorización vertical convencional, tal como la provisión de haces L 2214 y 2218 y haces H 2216 y 2220, son que el haz de elevación fijo causa pérdida del grado de libertad (DOF) en el dominio de elevación, y pérdida de flexibilidad.

[0088] Los haces H 2216 y 2220 están destinados a la cobertura de los UE en el borde de célula, tal como los UE 2208 y 2210, mientras que los haces L 2214 y 2128 están destinados a la cobertura de los UE en el interior de la célula, tal como los UE 2206 y 2212.

[0089] Sin embargo, si los UE en el borde de célula 2208 y 2210 no estuvieran presentes y UE adicionales estuvieran ubicados en el interior de la célula, la capacidad de célula puede verse limitada ya que el eNB-A 2202 y el eNB-B 2204 mantendrían innecesariamente los haces H 2216 y 2220, aunque no hubiera ningún UE dentro de los bordes de célula. En tales casos, los haces 2216 y 2220 se desperdiciarán. Además, sin flexibilidad en la elevación, la sectorización vertical convencional puede no ser factible para un escenario con UE ubicados en diferentes elevaciones.

[0090] La FIG. 23 ilustra un área de cobertura inalámbrica 2300 atendida por el eNB 2302. El eNB 2302 emplea sectorización vertical fija con haces 2306 y 2304. El haz 2304 proporciona cobertura de elevación de sector vertical 1 y el haz 2306 proporciona cobertura de elevación del sector vertical 2.

[0091] Como se indicó, con los sectores verticales fijos, los haces pueden desperdiciarse cuando pocos UE ocupan los sectores verticales definidos (por ejemplo, los sectores verticales 1 y 2). Por ejemplo, el sector vertical 1 incluye una pluralidad de UE 2308. Sin embargo, solo el UE 2310 está ubicado en el sector vertical 2. El eNB 2302 puede gastar recursos de sistema en el mantenimiento del haz 2306 para la cobertura de solo el UE 2310 dentro del sector vertical 2. Aunque muchos más UE 2308 estén ubicados dentro del sector vertical 1, el eNB no podrá expandir el haz 2304 para aumentar la capacidad del sector vertical 1.

[0092] La FIG. 24 ilustra un área de cobertura inalámbrica 2400 atendida por el eNB 2402. El eNB 2402 emplea sectorización vertical con haces 2404 y 2406. El haz 2406 proporciona cobertura de elevación de sector vertical 1 y el haz 2404 proporciona cobertura de elevación del sector vertical 2. Los sectores verticales fijos ilustrados también limitan la flexibilidad para cubrir UE que tienen diferencias de elevación.

[0093] Por ejemplo, edificios 2408 y 2410 están ubicados dentro del sector vertical 1, mientras que un edificio 2412 está ubicado dentro del sector vertical 2. Como se ilustra, cada uno de los edificios es de varios pisos. Por lo tanto, los UE ubicados dentro de estos edificios pueden tener diferencias de elevación. El haz 2404, que proporciona cobertura al sector vertical 2, puede no ser capaz de dar servicio a los UE a una elevación diferente en los edificios 2408 y 2410 dentro del sector vertical 1. En consecuencia, la sectorización vertical fija ilustrada probablemente limitaría la flexibilidad para cubrir los UE que tienen diferentes elevaciones.

[0094] Varios aspectos de la presente divulgación están dirigidos a realizar la conformación de haz de elevación formando dinámicamente varios sectores verticales en base a la retroalimentación de UE en el dominio de elevación. Por ejemplo, los UE con retroalimentación similar en el dominio de elevación pueden agruparse para formar una agrupación. El eNB de servicio puede formar un haz vertical específico de agrupación para estos UE en base a la retroalimentación recibida. Como se describirá con más detalle en el presente documento, el eNB puede formar haces verticales específicos de agrupación para UE que proporcionan una retroalimentación similar.

[0095] De acuerdo con aspectos, los sectores verticales pueden cambiarse dinámicamente después de un cierto período. Dado que una elevación cambiante de UE es una propiedad estadística lenta, el período diseñado para cambiar los sectores verticales puede definirse como un período de tiempo más largo. Además, a medida que los UE se mueven de una ubicación a otra, los UE pueden unirse a otras agrupaciones verticales cuando su retroalimentación de dominio de elevación se asocia a otra agrupación vertical particular.

[0096] La FIG. 25 ilustra operaciones 2500 de ejemplo realizadas de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. Las operaciones 2500 pueden ser realizadas por uno o más módulos de un eNB. Como se describió anteriormente, el eNB puede utilizar un conjunto de antenas bidimensional.

[0097] En 2502, el eNB recibe retroalimentación desde múltiples UE dentro de su área de cobertura. Como se describirá con más detalle en el presente documento, el UE puede recibir retroalimentación de acuerdo con un esquema de bucle abierto, un esquema de bucle cerrado o una combinación de ambos. La retroalimentación puede recibirse en el eNB desde un canal físico de control de enlace ascendente y/o un canal físico compartido de enlace ascendente.

[0098] En un esquema de bucle abierto, el eNB puede formar múltiples haces de elevación ortogonal para los UE. El UE puede analizar los haces y proporcionar retroalimentación al eNB mediante la designación (por ejemplo, transmisión) de un índice del haz preferido.

[0099] En un esquema de circuito cerrado, la retroalimentación recibida por la estación base puede ser una métrica obtenida o calculada por los UE. La métrica puede incluir un indicador de matriz de precodificación (PMI), un vector propio de canal o similar.

[0100] En 2504, el eNB puede determinar una correlación en el dominio de elevación entre los UE usando la retroalimentación recibida en la etapa 2502. La correlación proporciona una capacidad del eNB de agrupar los UE en agrupaciones lógicas que se beneficiarían de un haz de elevación formado en base a la retroalimentación.

[0101] Dependiendo de si el eNB funciona usando un esquema de bucle abierto o de bucle cerrado, la correlación puede incluir el análisis de la distribución de índices de haz preferidos notificados por los UE (esquema de bucle abierto) o puede incluir la determinación de la correlación entre las diversas métricas de retroalimentación para determinar la agrupación lógica de los UE (esquema de bucle cerrado).

[0102] En 2506, el eNB puede configurar una o más agrupaciones de UE basándose en la correlación, donde cada agrupación de UE incluye un conjunto de UE que tienen una correlación similar o que están correlacionados dentro de un umbral predeterminado.

[0103] En 2508, el eNB puede configurar dinámicamente un sector vertical para cada una de las agrupaciones de UE basándose en la correlación resultante entre los UE en el dominio de elevación. Por ejemplo, cuando el eNB determina que la retroalimentación de una pluralidad de UE está correlacionada y se ha configurado como una agrupación de UE, el eNB puede definir y configurar un sector vertical que dará servicio a cada uno de los UE correlacionados en esa agrupación de UE. El eNB puede configurar dinámicamente un sector vertical de este tipo para cada agrupación de UE formado por UE con una determinada correlación similar.

[0104] En 2510, el eNB puede formar un haz de elevación correspondiente al sector vertical para cada agrupación de UE configurada. Cada haz de elevación puede ser ortogonal a otros haces de elevación. El eNB puede generar la ponderación de haz apropiada para formar el haz que dará servicio al sector vertical dinámico para cada agrupación de UE. Cada sector vertical puede tener un peso de conformación de haz igual a un vector propio principal de un canal compuesto. El canal compuesto puede formarse en base a la retroalimentación en el dominio de elevación recibido desde los UE en cada una de las agrupaciones de UE. El eNB puede transmitir el haz de elevación a los dos o más UE en cada una de las una o más agrupaciones. El haz de elevación puede

transmitirse usando un procedimiento de multiplexación de tiempo o un procedimiento de multiplexación de frecuencia.

[0105] De acuerdo con aspectos, el haz de elevación para cada agrupación de UE puede ser ortogonal entre sí. Además, el haz de elevación puede transmitirse por uno o más de un procedimiento de multiplexación de tiempo o un procedimiento de multiplexación de frecuencia.

[0106] Diversos aspectos de la presente divulgación también permiten que un eNB compatible reserve algunos haces para la conformación de haz de elevación específica de UE. Para cualquier área de cobertura dada, puede hacer un equilibrio entre haces específicos de agrupación y haces específicos de UE. Los haces específicos de UE pueden proporcionar comunicaciones más robustas para un UE individual, mientras que los haces específicos de agrupación pueden proporcionar un aumento considerable en la capacidad del sistema. Los esquemas de bucle abierto y de bucle cerrado utilizados para la conformación de haz específica de agrupación también pueden usarse para determinar un UE que pueda no estar en una agrupación lógica y pueda beneficiarse de un haz específico de UE.

[0107] La FIG. 26 ilustra un cronograma de transmisión 2600 que ilustra un procedimiento de sectorización vertical dinámico configurado de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. Como se ilustra, se puede definir una supertrama periódica que consiste en decenas de tramas. La supertrama 2602 se ilustra en el cronograma de transmisión 2600, que incluye el número "X" de tramas.

[0108] En la primera subtrama, "n", el eNB transmite una señal de referencia. Por ejemplo, el eNB puede transmitir una señal de referencia de información de calidad de canal a una pluralidad de UE. Cada UE mide su canal en RS-CSI y proporciona retroalimentación en el dominio de elevación al eNB. El esquema usado por el eNB y los UE puede ser de bucle abierto, de bucle cerrado o una combinación de ambos. Como se describió anteriormente, en un modo de bucle abierto, los UE retroalimentan el índice del mejor de los haces de elevación ortogonales. En un modo de bucle cerrado, los UE retroalimentan una métrica, tal como un PMI de rango 1, vector propio de canal o similar.

[0109] El eNB recopila la información de canal retroalimentada en el dominio de elevación de los UE y forma sectores verticales dinámicos para una agrupación de UE basándose en una correlación de la retroalimentación de bucle abierto, bucle cerrado o una combinación de ambas.

[0110] Como se indicó anteriormente, la conformación de haz específica de UE puede seguir siendo aplicable para UE que no encajan en una agrupación correlacionada de UE.

[0111] Los sectores verticales formados no cambiarán hasta el final de la supertrama 2602 en la trama "n + X". En este momento, el eNB puede, nuevamente, transmitir una RS, y los UE en las áreas de cobertura del eNB puede proporcionar retroalimentación en el dominio de elevación al eNB usando un esquema de bucle abierto o de bucle cerrado.

[0112] Cabe señalar que la cantidad de información suplementaria que utilizaría el eNB para transmitir la RS (por ejemplo, una RS-CSI) para la retroalimentación de elevación desde el UE es muy baja. En consecuencia, los aspectos ilustrados de la presente divulgación no aumentarían sustancialmente los requisitos de información suplementaria o de procesamiento de la estación base o los UE.

[0113] La FIG. 27 ilustra un área de cobertura 2700 de un eNB 2702 configurado de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. El eNB 2702 está configurado para la sectorización vertical dinámica e inicia el proceso de sectorización transmitiendo una RS-CSI para la retroalimentación de elevación de los UE ubicados dentro del área de cobertura 2700.

[0114] Múltiples UE están ubicados dentro del área de cobertura del eNB 2702, incluyendo el UE 2704, los UE 2706-A, 2706-B en varias plantas del edificio 2706 y los UE 2708-A en el edificio 2708. Cada uno de los UE ubicados dentro del área de cobertura 2700 proporciona retroalimentación al eNB en el dominio de elevación. El eNB correlaciona la retroalimentación para determinar dinámicamente los sectores verticales.

[0115] El edificio 2706 incluye varios UE en el tercer piso 2706-A y varios UE en el primer piso 2706-B. La correlación de la retroalimentación de elevación para los UE en el edificio 2706 hace que el eNB configure un sector vertical 2710 para la agrupación de UE en el tercer piso y un sector vertical 2718 para la agrupación de UE en el primer piso del edificio 2706.

[0116] El eNB también encuentra una correlación entre múltiples UE al aire libre en el área de cobertura 2700. El eNB define una agrupación de UE 2712 y un sector vertical 2714 asociado a la agrupación de UE 2712. La correlación de la retroalimentación de elevación para los UE en el edificio 2708 hace que el eNB configure un sector vertical 2716 para la agrupación de UE en el tercer piso del edificio 2708.

[0117] Finalmente, la retroalimentación de elevación recibida desde el UE 2704 puede no correlacionarse con ninguno de los otros UE ubicados dentro del área de cobertura 2700. En consecuencia, el eNB puede configurar un haz de elevación específico de UE 2720 para dar servicio al UE 2704.

[0118] Esta distribución de UE y la sectorización vertical dinámica resultante implementada por el eNB 2702 puede permanecer en su lugar durante decenas de tramas, como se describe en la FIG. 26. Además, a medida que cualquier UE en cualquier sector vertical se mueve hacia otro sector vertical, puede convertirse en parte de esa agrupación particular de UE.

[0119] Por ejemplo, si uno de los UE en el tercer piso del edificio 2706 se dirige hacia el primer piso del edificio, el UE saldrá de la agrupación de UE para la que se configuró el sector vertical 2710 y se unirá a la agrupación de UE en el primer piso 2706 -B para la que se configuró el sector vertical 2718. En consecuencia, al configurar dinámicamente sectores verticales en base a la retroalimentación de los UE en el dominio de elevación, el eNB puede gestionar de manera más flexible los UE que tienen elevaciones variables sin desperdiciar la capacidad del sistema a través de sectores verticales fijos.

[0120] Como se indica anteriormente, los mecanismos de retroalimentación de elevación pueden implementarse en varios aspectos de la presente divulgación usando un esquema de bucle abierto, un esquema de bucle cerrado o alguna combinación o variación de ambos.

[0121] La FIG. 28 ilustra operaciones 2800 de ejemplo ejecutadas para implementar un esquema de retroalimentación de elevación de bucle abierto de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. La FIG. 29 ilustra un eNB 2902 configurado para un mecanismo de retroalimentación de elevación de bucle abierto de acuerdo con la metodología ilustrada en la FIG. 28.

[0122] En el bloque 2802, el eNB 2902 usa un recurso de RS-CSI común para formar múltiples haces de elevación ortogonales, haz de elevación 1 a haz de elevación K, en un procedimiento de multiplexación de tiempo y frecuencia.

[0123] En 2804, el eNB 2902 recibe retroalimentación de elevación desde cada uno de los UE 2904-2910. Cada uno de los UE 2904-2910 retroalimenta el índice de uno de los haces de elevación 1 a K que es su mejor haz en el dominio de elevación.

[0124] Por ejemplo, el UE 2904 puede retroalimentar el índice K del haz de elevación K, mientras que el UE 2908 puede retroalimentar el índice 2 del haz de elevación 2, como índices para los mejores haces, respectivamente.

[0125] En 2806, el eNB 2902 analiza la distribución de los índices de haz preferidos de los UE 2904-2910. Se determina, en 2808, si alguno de los UE notificó mejores índices de haz idénticos o similares.

[0126] En 2810, el eNB puede formar un haz de elevación para UE con haces preferidos iguales o similares. De acuerdo con aspectos, si los UE notifican haces adyacentes, entonces esos UE también pueden agruparse con un haz unificado. Por ejemplo, los UE 2906 y 2908 retroalimentan el índice 2 del haz de elevación 2 como el mejor haz, mientras que el UE 2910 retroalimenta el índice 1 del haz de elevación vecino 1. En consecuencia, el eNB 2902 puede configurar un haz unificado L para un sector vertical para dar servicio a la agrupación de UE 2906, 2908 y 2910.

[0127] De esta manera, el eNB puede analizar una distribución de un haz preferido de cada UE de una pluralidad de UE. Posteriormente, el eNB puede agrupar dos o más de los UE, que comparten preferencias de haz similares, para formar una o más agrupaciones de UE.

[0128] Si el índice del haz preferido no es el mismo para un UE, entonces, en 2812, el eNB 2902 formará un haz específico de UE usando el índice de haz notificado. Por ejemplo, el UE 2904 notificó el índice K, que no es el mismo y no es adyacente a ninguno de los haces de elevación notificados por los UE 2906-2910. En consecuencia, el eNB 2902 puede formar un haz M específico de UE para el UE 2904. De esta manera, algunos de los haces pueden reservarse para la conformación de haz de elevación específica de UE.

[0129] Cabe señalar que los UE 2906, 2908 y 2910 en el sector vertical atendido por el haz unificado L pueden actuar de la misma manera que si estuvieran en un sistema MIMO 2D.

[0130] La FIG. 30 ilustra operaciones 3000 de ejemplo implementadas en un esquema de retroalimentación de elevación de bucle cerrado de acuerdo con aspectos de la presente divulgación. En 3002, un eNB recibe métricas de retroalimentación de elevación desde los UE dentro de un área de cobertura del eNB. Las métricas de retroalimentación de elevación pueden incluir un PMI de rango 1, vectores propios y similares.

[0131] En 3004, el eNB determina correlaciones para todas las combinaciones de pares de los múltiples UE. Por ejemplo, las métricas de retroalimentación de elevación para los UE 1-N se representan como $\mathbf{h_1}$,$\mathbf{h_2}$,...,$\mathbf{h_N}$. El eNB determina las correlaciones de acuerdo con el siguiente algoritmo:

$$\text{para } i = 1{:}N$$

$$\text{para } j = i{:}N$$

$$C_{i,j} = (\mathbf{h_1})^{\mathbf{H}}\mathbf{h_j}$$

$$fin$$

[0132] C_{ij} es una matriz que representa el canal de manera similar entre un par de UE (UE_i y UE_j). De acuerdo con aspectos, $\mathbf{h_i}$ puede ser uno de entra un PMI de rango 1 o un vector propio de canal del UE_i, y $\mathbf{h_j}$ puede ser uno de entre un PMI de rango 1 o un vector propio de canal del UE_j. *N* representa un número total de la pluralidad de UE.

[0133] En 3006, el eNB compara el valor de cualquier correlación con un primer umbral predeterminado T_1. La comparación con el primer umbral predeterminado determina cuán estrechamente correlacionados están los pares de UE. Si la correlación es menor que T_1, entonces, en 3014, se considera que los UE del par no son candidatos para una agrupación y el eNB continúa con la comparación de las otras combinaciones, en 3006.

[0134] Si la correlación del par es igual a o mayor que T_1, entonces los UE del par se designan como candidatos a la agrupación y, en 3008, el eNB los considera UE correlacionados.

[0135] En 3010, el eNB compara el número de UE considerados como correlacionados entre sí con un segundo umbral predeterminado T_2. Dependiendo del diseño de la red, un operador puede designar un determinado número umbral de UE coincidentes que deben existir antes de formar una agrupación de UE para la sectorización vertical dinámica. Si el número de UE correlacionados no supera T_2, entonces, en 3016, no se forma ningún haz de elevación unificado para la agrupación de UE.

[0136] De lo contrario, si el número de UE correlacionados satisface o supera el segundo umbral, entonces, en 3012, el eNB forma un sector vertical para la agrupación de estos UE correlacionados con un haz de elevación unificado. Por consiguiente, el eNB puede formar dinámicamente el haz de elevación para la agrupación de UE basándose en la retroalimentación recibida desde los UE en el dominio de elevación.

[0137] Cabe señalar que el peso de haz para este vector se puede seleccionar como: w(i)= SVD([$\mathbf{h_i}$ ... $\mathbf{h_{n(i)}}$])*, donde el peso, w(i), es la descomposición en valores singulares (SVD) del conjugado de las métricas de elevación de los UE correlacionados. La SVD funciona para seleccionar el vector propio principal de las métricas de retroalimentación.

[0138] Cabe señalar además que, para mitigar la interferencia entre diferentes sectores verticales, se puede aplicar diagonalización de bloques (BD). De acuerdo con aspectos, puede mitigarse la interferencia entre un haz de elevación del sector vertical y un haz de elevación específica de UE. La interferencia puede mitigarse formando haces específicos de UE usando un procedimiento de forzamiento a cero (ZF) o un procedimiento BD.

[0139] Tanto los esquemas de bucle abierto como los de bucle cerrado ofrecen beneficios y perjuicios a la implementación. Por ejemplo, los esquemas de retroalimentación de bucle abierto requieren menos retroalimentación y, por lo tanto, son adecuados para escenarios con velocidad media de UE. Los esquemas de bucle abierto también requieren menos complejidad en los lados de eNB y de UE. Por el contrario, hay un número limitado de haces ortogonales. Por lo tanto, se pueden usar menos haces de elevación para determinar la retroalimentación del UE.

[0140] En comparación con la conformación de haz de elevación específica de UE, la sectorización vertical dinámica requiere poca información suplementaria y la señalización relacionada con la conformación de haz puede ser multidifusión hacia los UE de una agrupación, evitando así la necesidad de notificar a los UE uno por uno.

[0141] Además, los sectores verticales pueden permanecer en su lugar durante un período más largo porque las propiedades estadísticas en la dirección vertical o dominio de elevación cambian lentamente con el tiempo. En operaciones típicas, los UE se mueven normalmente en el dominio azimutal. Debido a la menor cantidad de información suplementaria y a los períodos de sector vertical más largos, los diversos aspectos de la presente divulgación ofrecen un mejor rendimiento cuando los UE se mueven a velocidad media o se mueven dentro de una distribución densa de UE. No se puede obtener información de canal precisa en el escenario de velocidad media de UE. En distribuciones densas de UE, por ejemplo, un aeropuerto, un haz puede no ser lo suficientemente estrecho como para separar diferentes UE.

[0142] Se entiende que el orden o la jerarquía específicos de las etapas de los procesos divulgados es una ilustración de enfoques ejemplares. En base a las preferencias de diseño, se entiende que el orden o la jerarquía específicos de las etapas de los procesos se pueden reorganizar. Las reivindicaciones de procedimiento adjuntas presentan elementos de las diversas etapas en un orden de muestra y no pretenden limitarse al orden o jerarquía específicos presentados.

[0143] La descripción anterior se proporciona para hacer posible que cualquier experto en la técnica lleve a la práctica los diversos aspectos descritos en el presente documento. Diversas modificaciones de estos aspectos resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento se pueden aplicar a otros aspectos. Por tanto, no se pretende limitar las reivindicaciones a los aspectos mostrados en el presente documento, sino que se les debe conceder el alcance completo consecuente con el lenguaje de las reivindicaciones, en las que la referencia a un elemento en forma singular no pretende significar "uno y solo uno", a menos que se exprese específicamente de esta manera, sino más bien "uno o más". A menos que se exprese de otro modo específicamente, el término "algunos/as" se refiere a uno o más.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para comunicación inalámbrica mediante un nodo B evolucionado, eNB, (106; 610), que comprende:

generar (1102) una matriz de precodificación de puerto que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena;

transmitir (1104) señales de referencia de puerto específicas de equipo de usuario, UE, a un UE (102; 206) usando la matriz de precodificación de puerto;

transmitir, al UE, información acerca de una partición de subconjunto de los elementos de antena; J

recibir (1106) retroalimentación acerca de información de estado de canal, CSI, medida por el UE (102; 206; 650) en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE;

correlacionar (1108) múltiples capas de datos con puertos de antena específicos de UE en base a la retroalimentación acerca de CSI;

correlacionar (1110) cada uno de los puertos de antena específicos de UE con elementos físicos de antena, donde correlacionar cada uno de los puertos de antena específicos de UE con elementos físicos de antena se produce después de correlacionar las múltiples capas de datos con los puertos de antena específicos de UE; y

transmitir (1112) datos al UE (102; 206; 650), en base a la correlación de las múltiples capas de datos y la correlación de puertos de antena con los elementos físicos de antena.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la matriz de precodificación de puerto se genera en base a estimación de canal de enlace ascendente.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los elementos físicos de antena están dispuestos en un conjunto multidimensional.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además correlacionar secuencias de señales piloto con puertos de antena específicos de UE.

5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la información comprende al menos uno de entre un tipo de partición de subconjunto, una estructura de puertos de antena o un número de puertos de antena.

6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los UE se dividen en múltiples categorías de acuerdo con su capacidad de admitir múltiples tipos de particiones de subconjunto y libros de códigos asociados.

7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que determinados tipos de UE pueden admitir menos tipos de particiones de subconjunto que otros tipos de UE.

8. Un procedimiento de comunicación inalámbrica mediante un equipo de usuario, UE, (102; 206; 650), que comprende:

recibir (1202) señales de referencia de puerto específicas de UE transmitidas por un nodo B evolucionado, eNB, (106; 610) usando una matriz de precodificación de puerto a largo plazo que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena;

recibir información acerca de una partición de subconjunto de los elementos de antena;

medir y cuantificar (1204) CSI a corto plazo, para al menos uno de los puertos de antena correspondientes a más de uno de los elementos de antena, en base a señales de referencia de puerto específicas de UE; y

transmitir (1206) retroalimentación al eNB (106; 610) acerca de la CSI a corto plazo cuantificada.

9. El procedimiento de la reivindicación 1 u 8, en el que la retroalimentación comprende retroalimentación cuantificada que comprende al menos uno de un indicador de matriz preferida, PMI, y una indicación de rango, RI.

10. El procedimiento de la reivindicación 8, que comprende además: seleccionar, en base a la información, uno de una pluralidad de libros de códigos predefinidos; y

usar el libro de códigos seleccionado para notificar la retroalimentación.

11. Un aparato para comunicación inalámbrica para un nodo B evolucionado, eNB, (106; 610), que comprende:

medios para generar (1102) una matriz de precodificación de puerto que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena;

medios para transmitir, al UE, información acerca de una partición de subconjunto de los elementos de antena;

medios (618) para transmitir (1104) señales de referencia de puerto específicas de equipo de usuario, UE, a un UE (102; 206) usando la matriz de precodificación de puerto;

medios (902) para recibir (1106) retroalimentación acerca de información de estado de canal, CSI, medida por el UE (102; 206; 610) en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE;

medios (1002) para correlacionar (1108) múltiples capas de datos con puertos de antena específicos de UE en base a la retroalimentación acerca de CSI;

medios (1004) para correlacionar (1110) cada uno de los puertos de antena específicos de UE con elementos físicos de antena, donde correlacionar cada uno de los puertos de antena específicos de UE con elementos físicos de antena se produce después de correlacionar las múltiples capas de datos con los puertos de antena específicos de UE; y

medios (618) para transmitir (1112) datos al UE (102; 206; 650), en base a la correlación de las múltiples capas de datos y la correlación de puertos de antena con los elementos físicos de antena.

12. Un aparato de comunicación inalámbrica para un equipo de usuario, UE, (102; 206; 650), que comprende:

medios (654) para recibir (1202) señales de referencia de puerto específicas de UE transmitidas por un nodo B evolucionado, eNB, (106; 610) usando una matriz de precodificación de puerto a largo plazo que comprime un mayor número de elementos de antena en un menor número de puertos de antena;

medios para recibir información acerca de una partición de subconjunto de los elementos de antena;

medios para medir y cuantificar (1204) CSI a corto plazo, para al menos uno de los puertos de antena correspondientes a más de uno de los elementos de antena, en base a las señales de referencia de puerto específicas de UE; y

medios para transmitir (1206) retroalimentación al eNB (106; 610) acerca de la CSI a corto plazo cuantificada.

13. Un medio legible por ordenador que tiene código de programa almacenado en el mismo para realizar el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

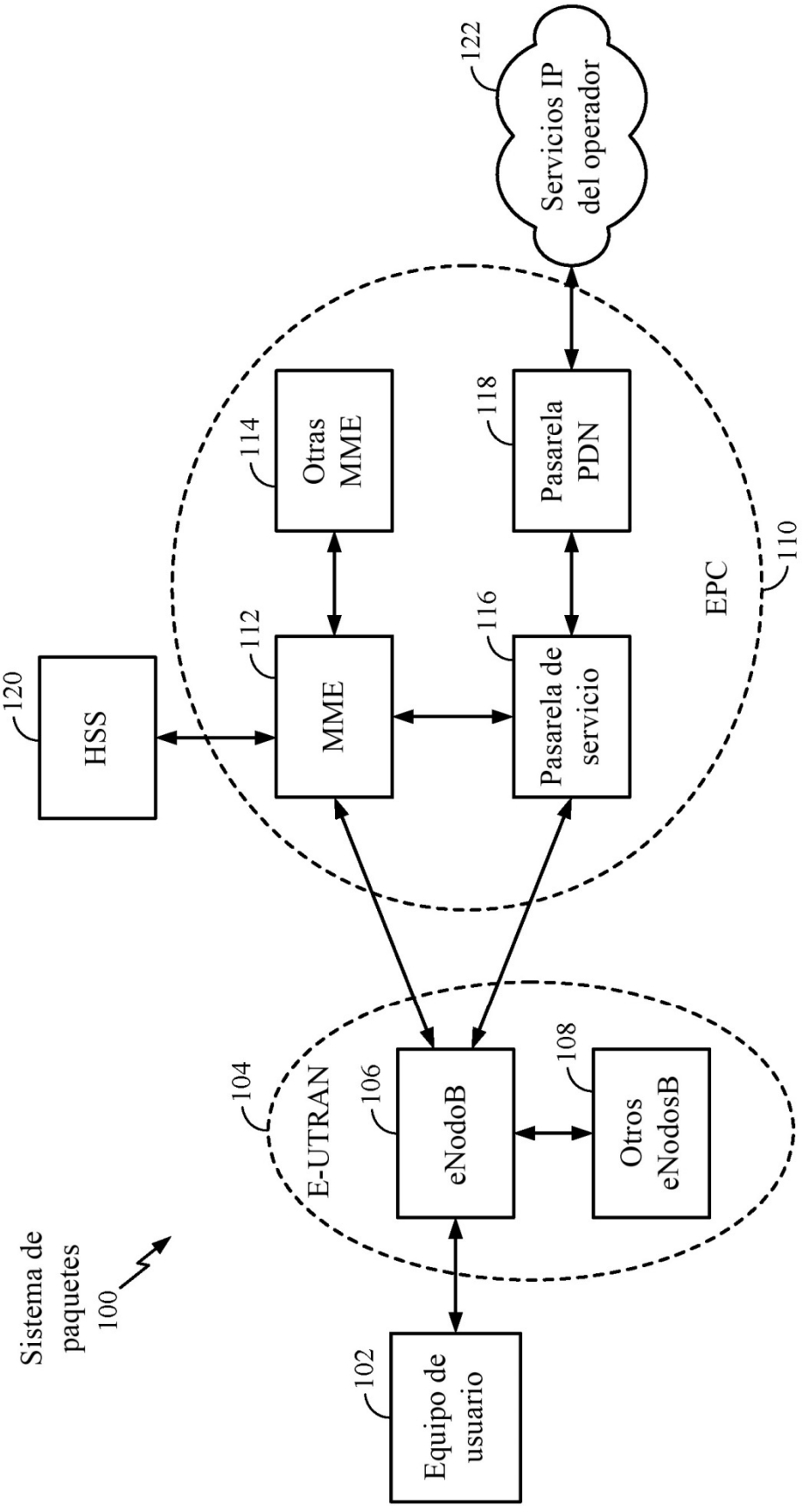
Sistema de paquetes
100
Equipo de usuario
102
E-UTRAN
104
eNodoB
106
Otros eNodosB
108
HSS
120
MME
112
Pasarela de servicio
116
Otras MME
114
Pasarela PDN
118
EPC
110
Servicios IP del operador
122

FIG. 1

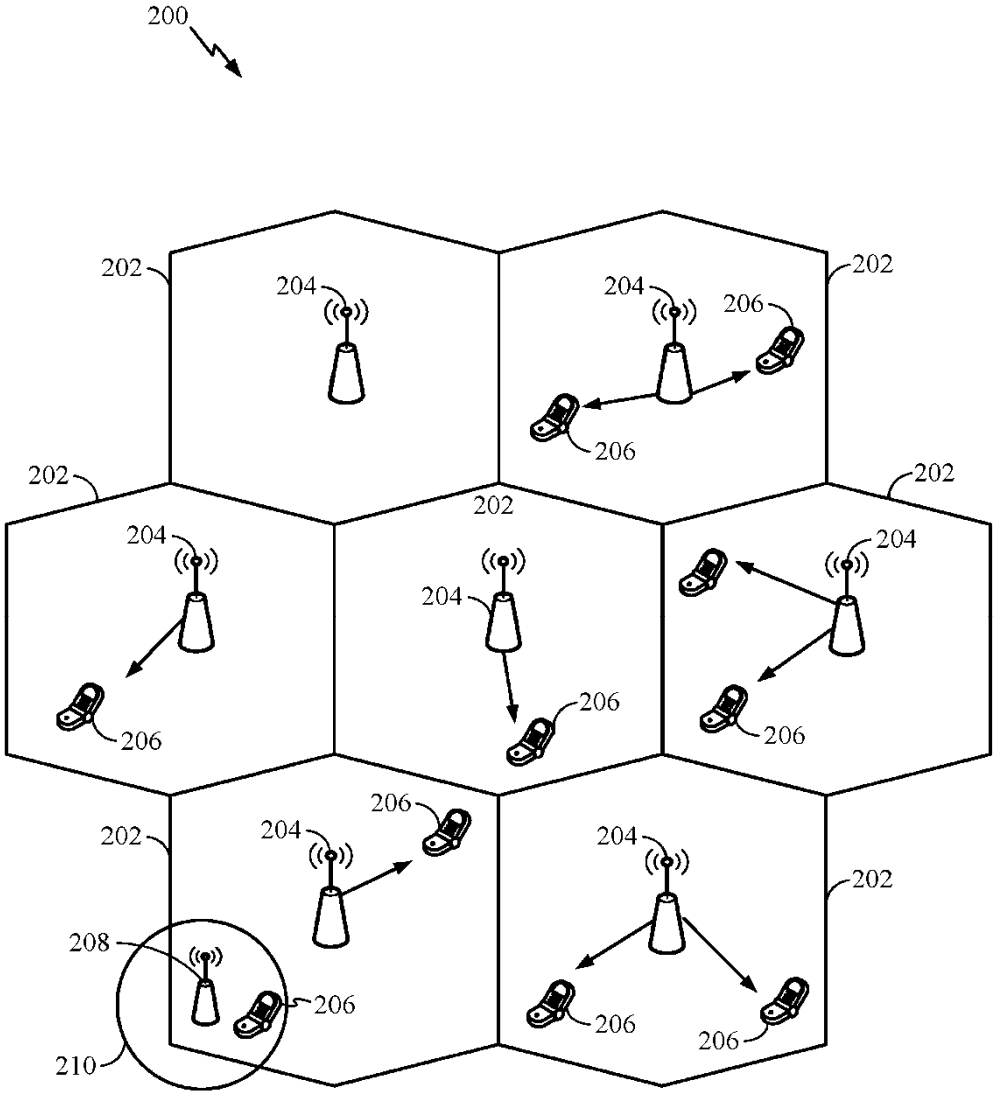

FIG. 2

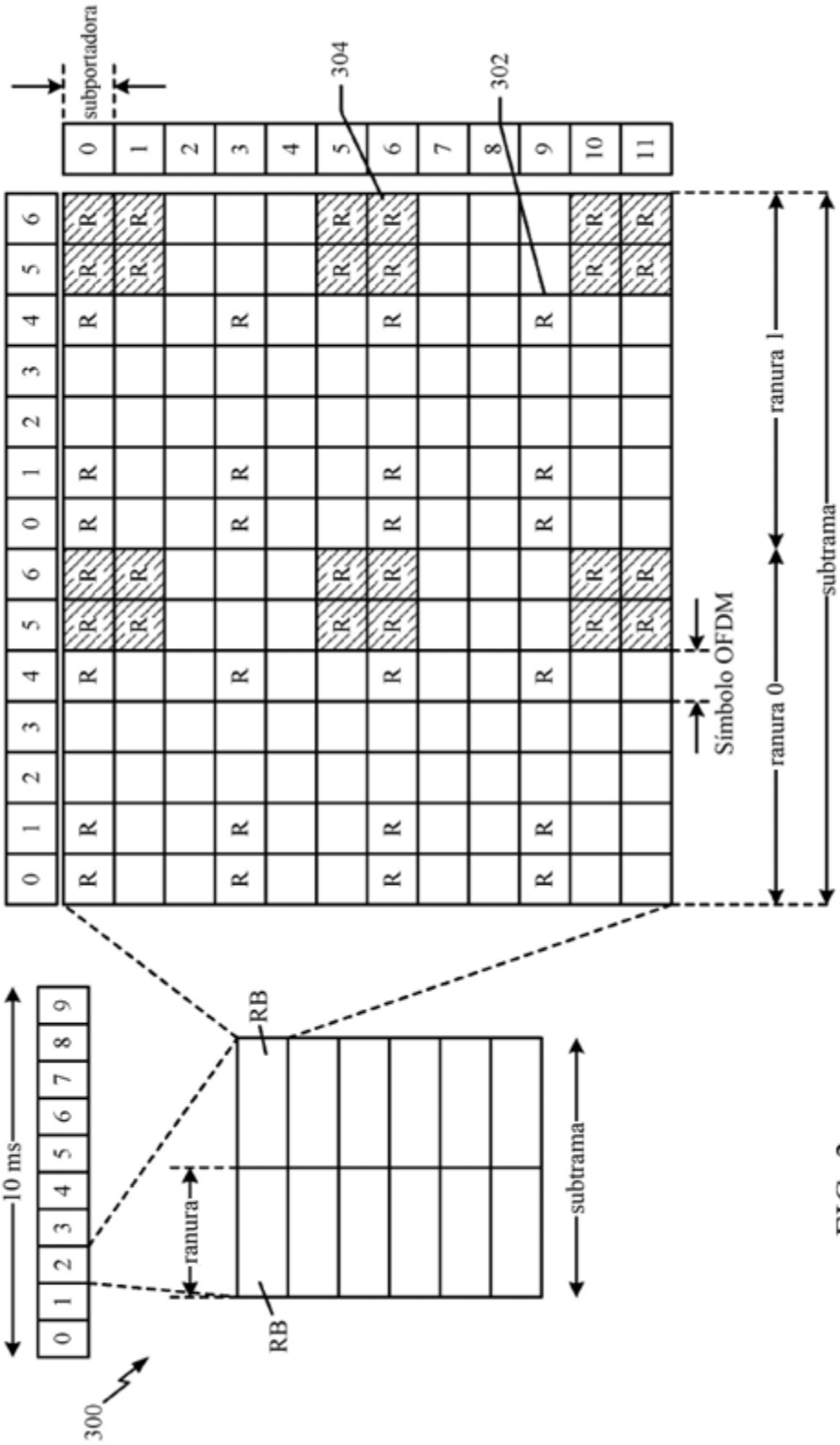
subportadora
304
302
Símbolo OFDM
ranura 1
ranura 0
subtrama
RB
RB
ranura
subtrama
10 ms
300

FIG. 3

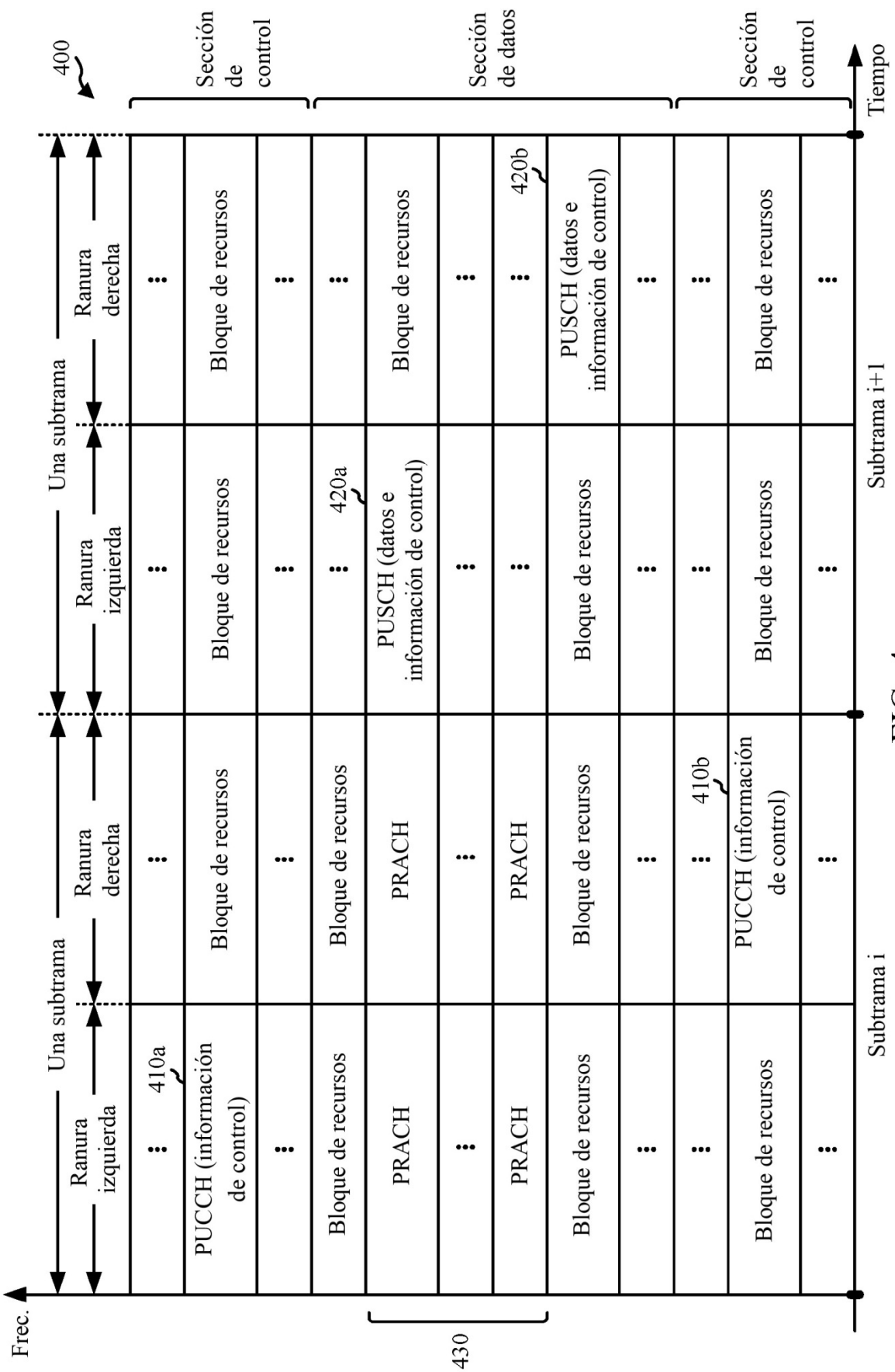
400
Sección de control
Sección de datos
Sección de control
Una subtrama
Una subtrama
Ranura izquierda
Ranura derecha
Ranura izquierda
Ranura derecha
Frec.
Tiempo
Subtrama i
Subtrama i+1
410a
PUCCH (información de control)
Bloque de recursos
PRACH
420a
PUSCH (datos e información de control)
420b
410b
PUCCH (información de control)
430

FIG. 4

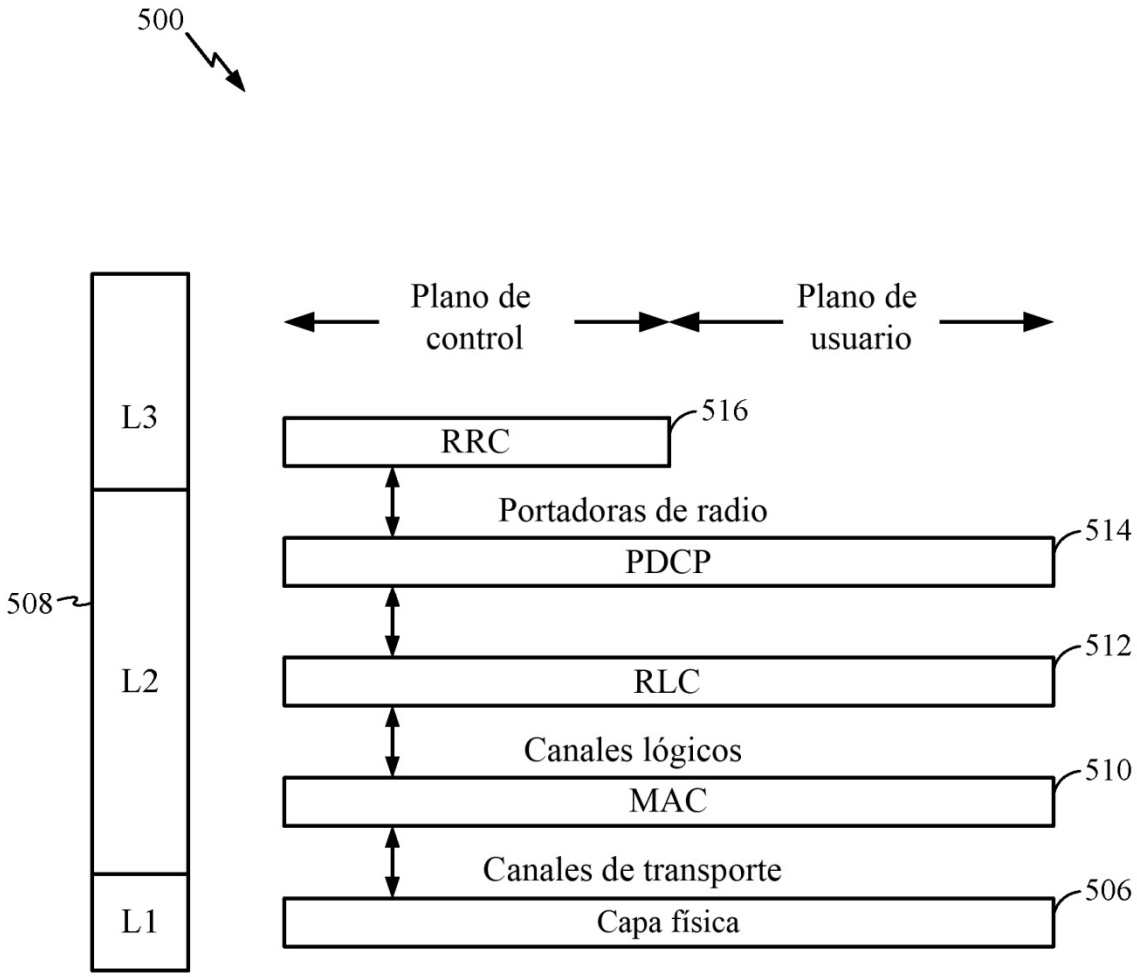
500
Plano de control
Plano de usuario
L3
L2
L1
508
RRC
516
Portadoras de radio
PDCP
514
RLC
512
Canales lógicos
MAC
510
Canales de transporte
Capa física
506

FIG. 5

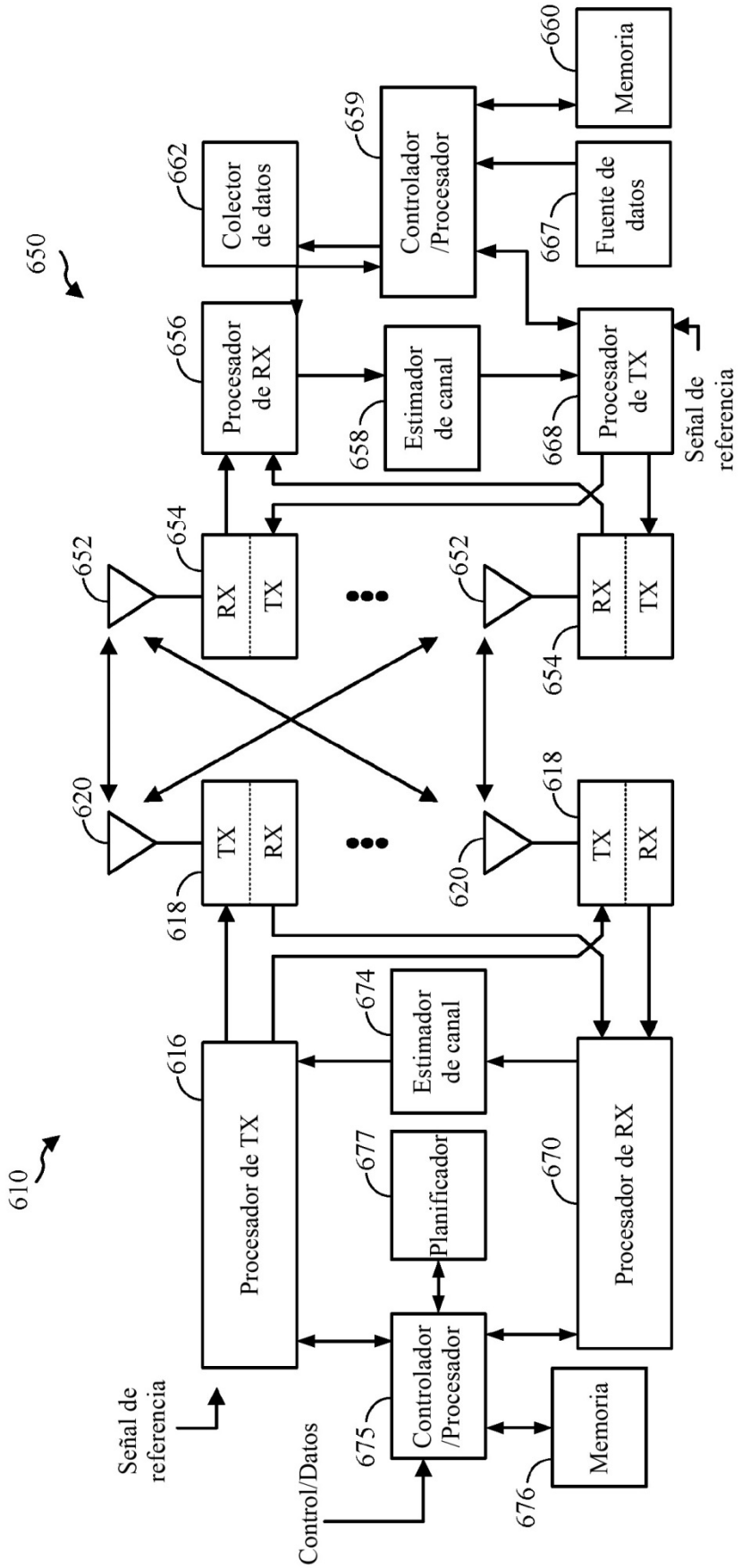
650
610
660
Memoria
659
Controlador /Procesador
662
Colector de datos
667
Fuente de datos
656
Procesador de RX
658
Estimador de canal
668
Procesador de TX
Señal de referencia
654
652
RX
TX
620
618
674
Estimador de canal
616
Procesador de TX
677
Planificador
670
Procesador de RX
675
Controlador /Procesador
676
Memoria
Señal de referencia
Control/Datos

FIG. 6

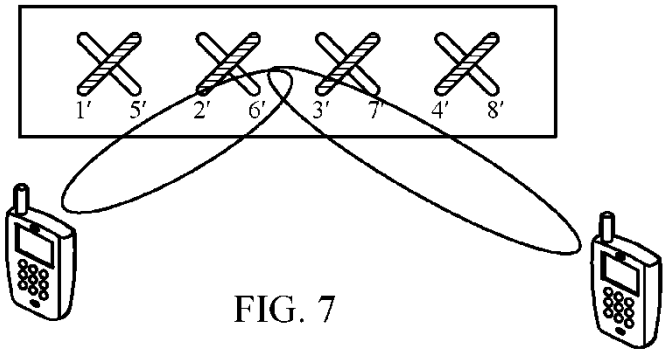
1′ 5′ 2′ 6′ 3′ 7′ 4′ 8′

FIG. 7

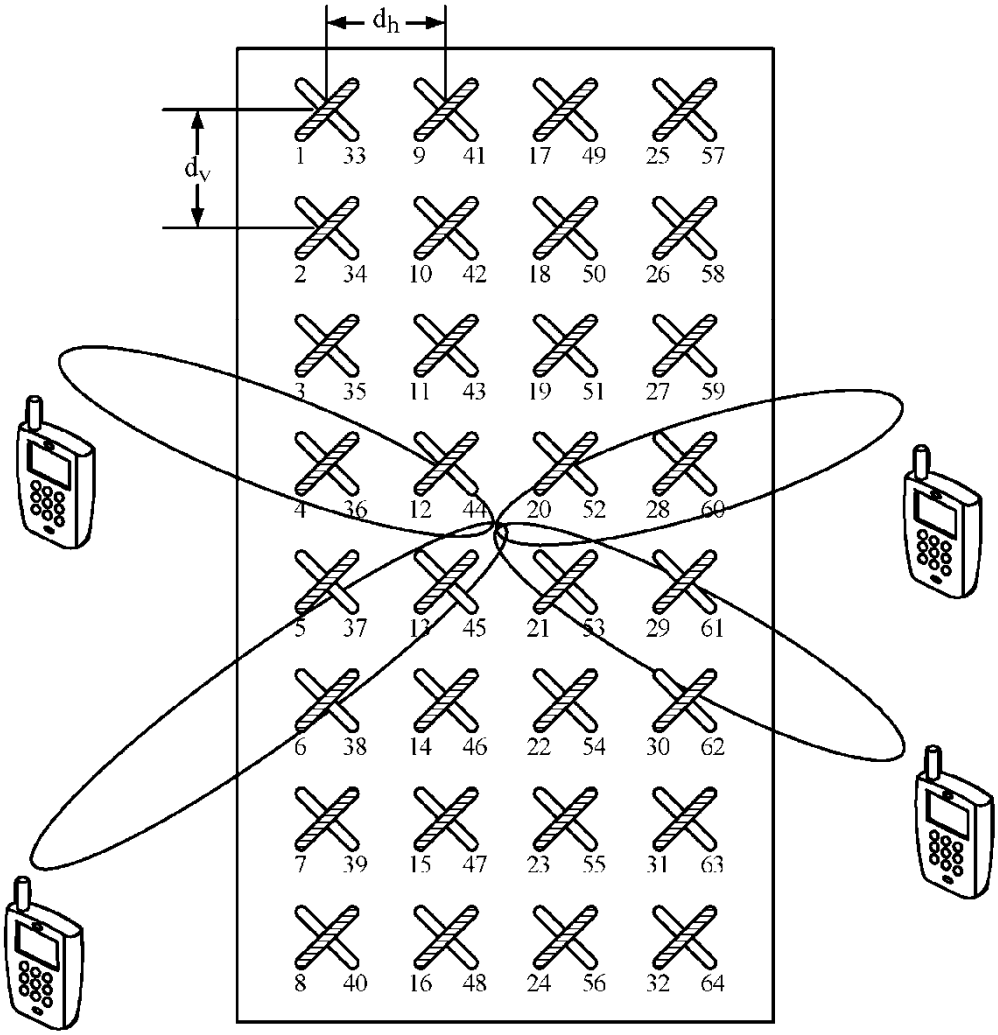
dh
dv
1 33 9 41 17 49 25 57
2 34 10 42 18 50 26 58
3 35 11 43 19 51 27 59
4 36 12 44 20 52 28 60
5 37 13 45 21 53 29 61
6 38 14 46 22 54 30 62
7 39 15 47 23 55 31 63
8 40 16 48 24 56 32 64

FIG. 8

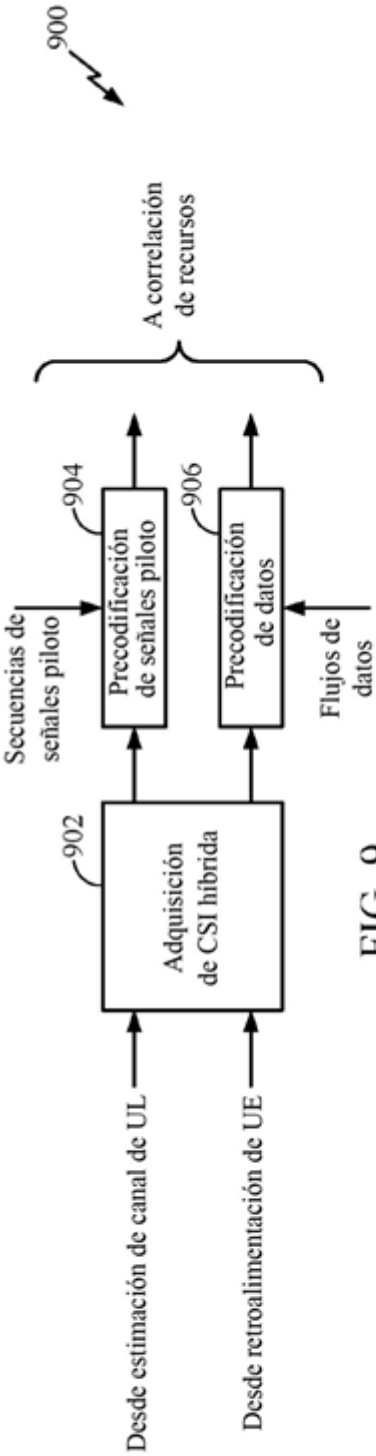
900
A correlación de recursos
Secuencias de señales piloto
Precodificación de señales piloto
904
Precodificación de datos
906
Flujos de datos
Adquisición de CSI híbrida
902
Desde estimación de canal de UL
Desde retroalimentación de UE

FIG. 9

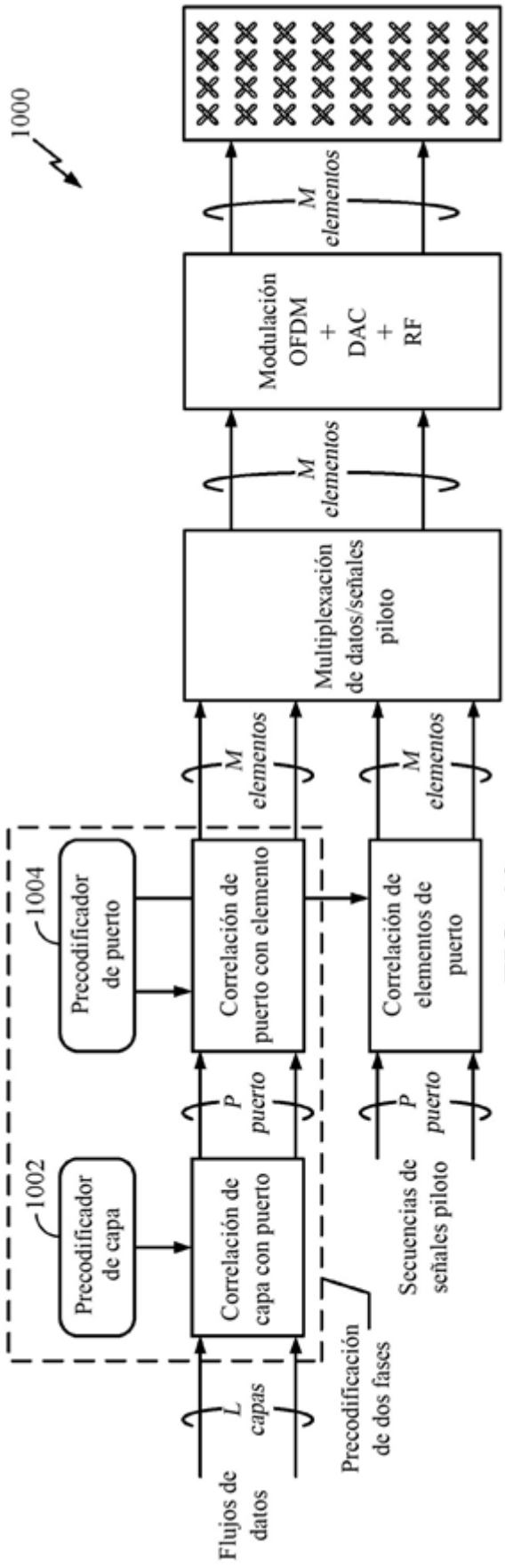
1000
Modulación OFDM + DAC + RF
M elementos
Multiplexación de datos/señales piloto
M elementos
Correlación de puerto con elemento
Correlación de elementos de puerto
M elementos
M elementos
Precodificador de puerto
1004
Precodificador de capa
1002
Correlación de capa con puerto
P puerto
P puerto
Secuencias de señales piloto
Precodificación de dos fases
Flujos de datos
L capas

FIG. 10

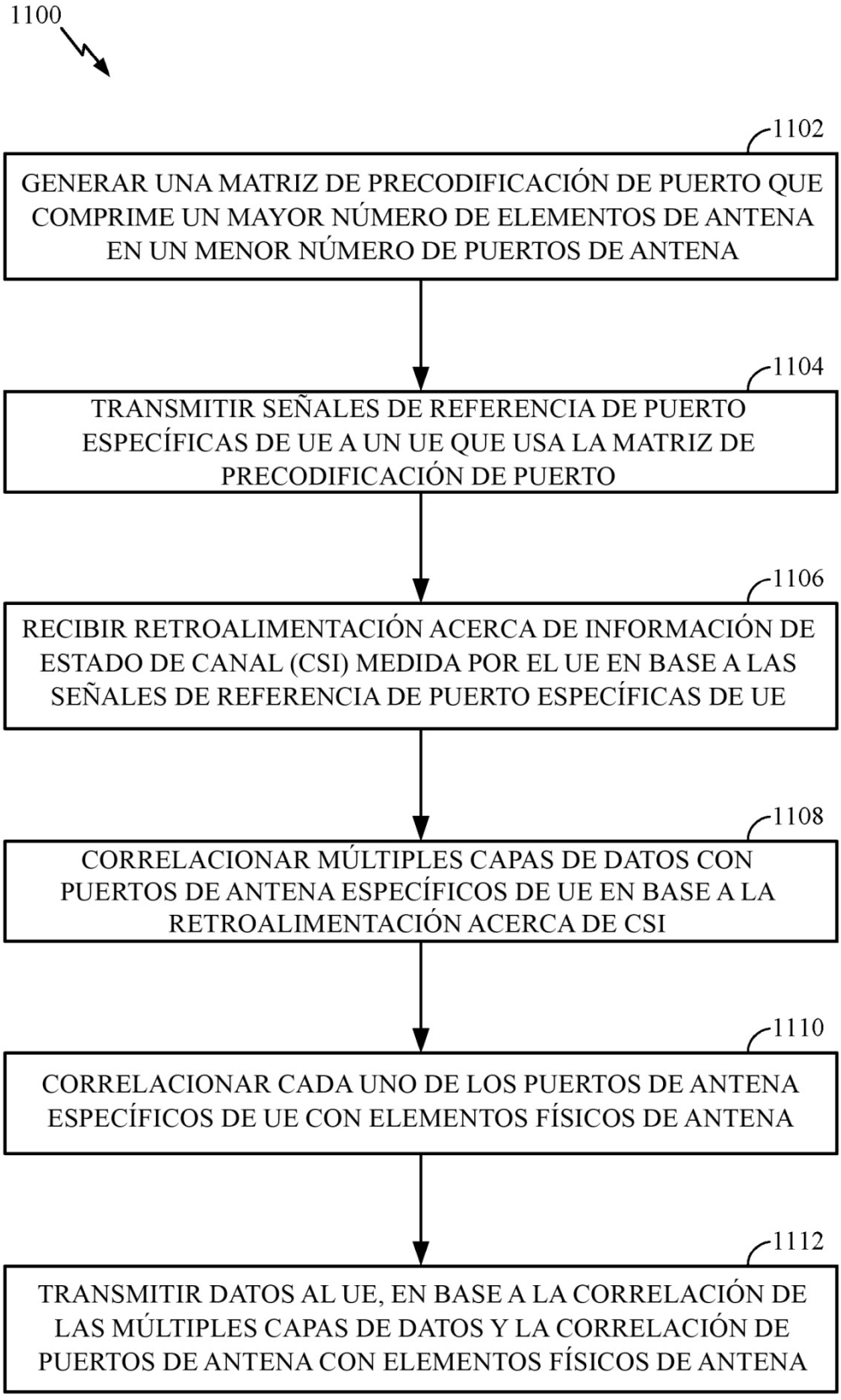
1100
1102
GENERAR UNA MATRIZ DE PRECODIFICACIÓN DE PUERTO QUE COMPRIME UN MAYOR NÚMERO DE ELEMENTOS DE ANTENA EN UN MENOR NÚMERO DE PUERTOS DE ANTENA
1104
TRANSMITIR SEÑALES DE REFERENCIA DE PUERTO ESPECÍFICAS DE UE A UN UE QUE USA LA MATRIZ DE PRECODIFICACIÓN DE PUERTO
1106
RECIBIR RETROALIMENTACIÓN ACERCA DE INFORMACIÓN DE ESTADO DE CANAL (CSI) MEDIDA POR EL UE EN BASE A LAS SEÑALES DE REFERENCIA DE PUERTO ESPECÍFICAS DE UE
1108
CORRELACIONAR MÚLTIPLES CAPAS DE DATOS CON PUERTOS DE ANTENA ESPECÍFICOS DE UE EN BASE A LA RETROALIMENTACIÓN ACERCA DE CSI
1110
CORRELACIONAR CADA UNO DE LOS PUERTOS DE ANTENA ESPECÍFICOS DE UE CON ELEMENTOS FÍSICOS DE ANTENA
1112
TRANSMITIR DATOS AL UE, EN BASE A LA CORRELACIÓN DE LAS MÚLTIPLES CAPAS DE DATOS Y LA CORRELACIÓN DE PUERTOS DE ANTENA CON ELEMENTOS FÍSICOS DE ANTENA

FIG. 11

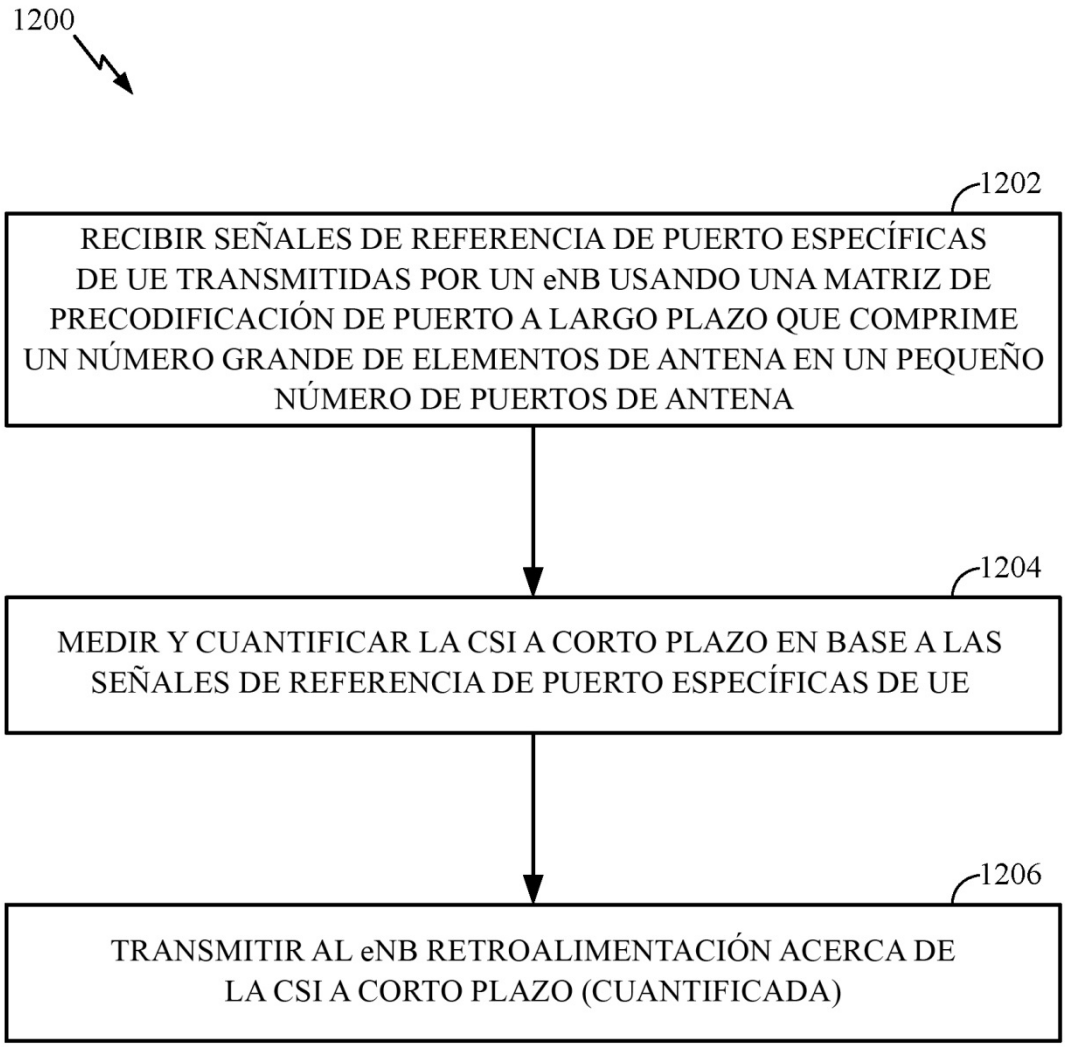
1200
1202
RECIBIR SEÑALES DE REFERENCIA DE PUERTO ESPECÍFICAS DE UE TRANSMITIDAS POR UN eNB USANDO UNA MATRIZ DE PRECODIFICACIÓN DE PUERTO A LARGO PLAZO QUE COMPRIME UN NÚMERO GRANDE DE ELEMENTOS DE ANTENA EN UN PEQUEÑO NÚMERO DE PUERTOS DE ANTENA
1204
MEDIR Y CUANTIFICAR LA CSI A CORTO PLAZO EN BASE A LAS SEÑALES DE REFERENCIA DE PUERTO ESPECÍFICAS DE UE
1206
TRANSMITIR AL eNB RETROALIMENTACIÓN ACERCA DE LA CSI A CORTO PLAZO (CUANTIFICADA)

FIG. 12

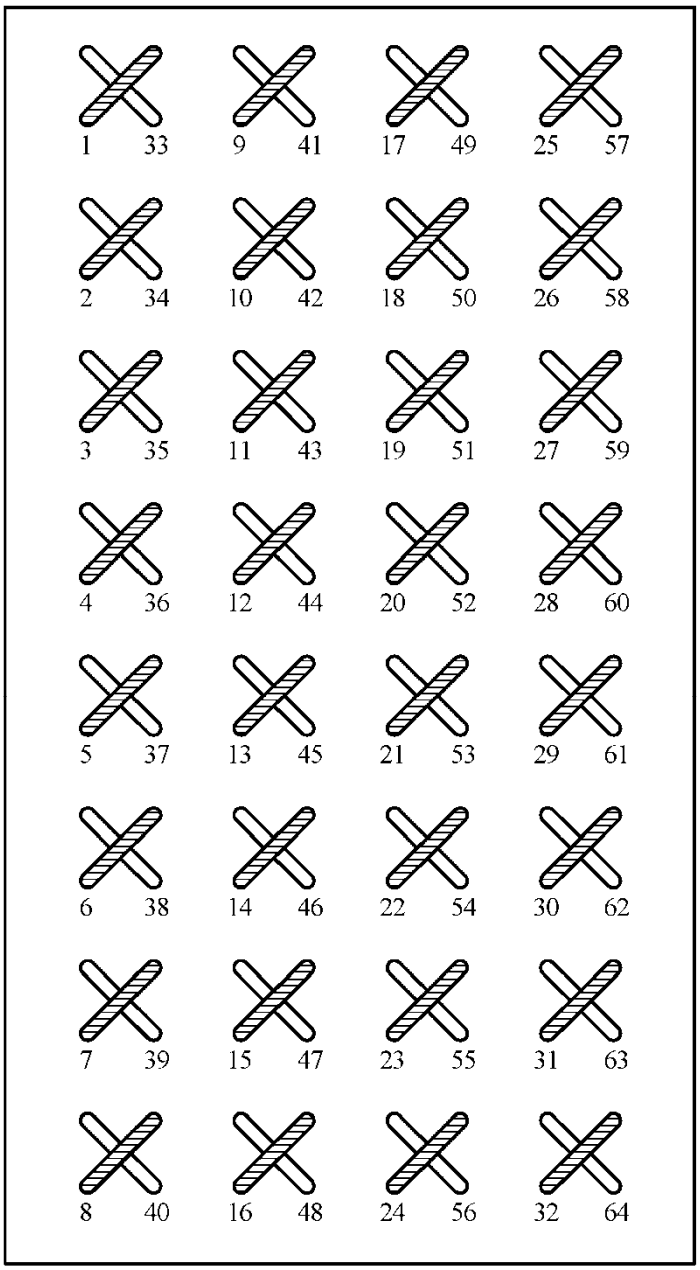
1 33 9 41 17 49 25 57
2 34 10 42 18 50 26 58
3 35 11 43 19 51 27 59
4 36 12 44 20 52 28 60
5 37 13 45 21 53 29 61
6 38 14 46 22 54 30 62
7 39 15 47 23 55 31 63
8 40 16 48 24 56 32 64

FIG. 13

• Subconjunto de tipo 1
– $S_1 = I_{64}$
– $R = 8$
1 33 9 41 17 49 25 57
2 34 10 42 18 50 26 58
3 35 11 43 19 51 27 59
4 36 12 44 20 52 28 60
5 37 13 45 21 53 29 61
6 38 14 46 22 54 30 62
7 39 15 47 23 55 31 63
8 40 16 48 24 56 32 64
8 puertos propios

FIG. 14

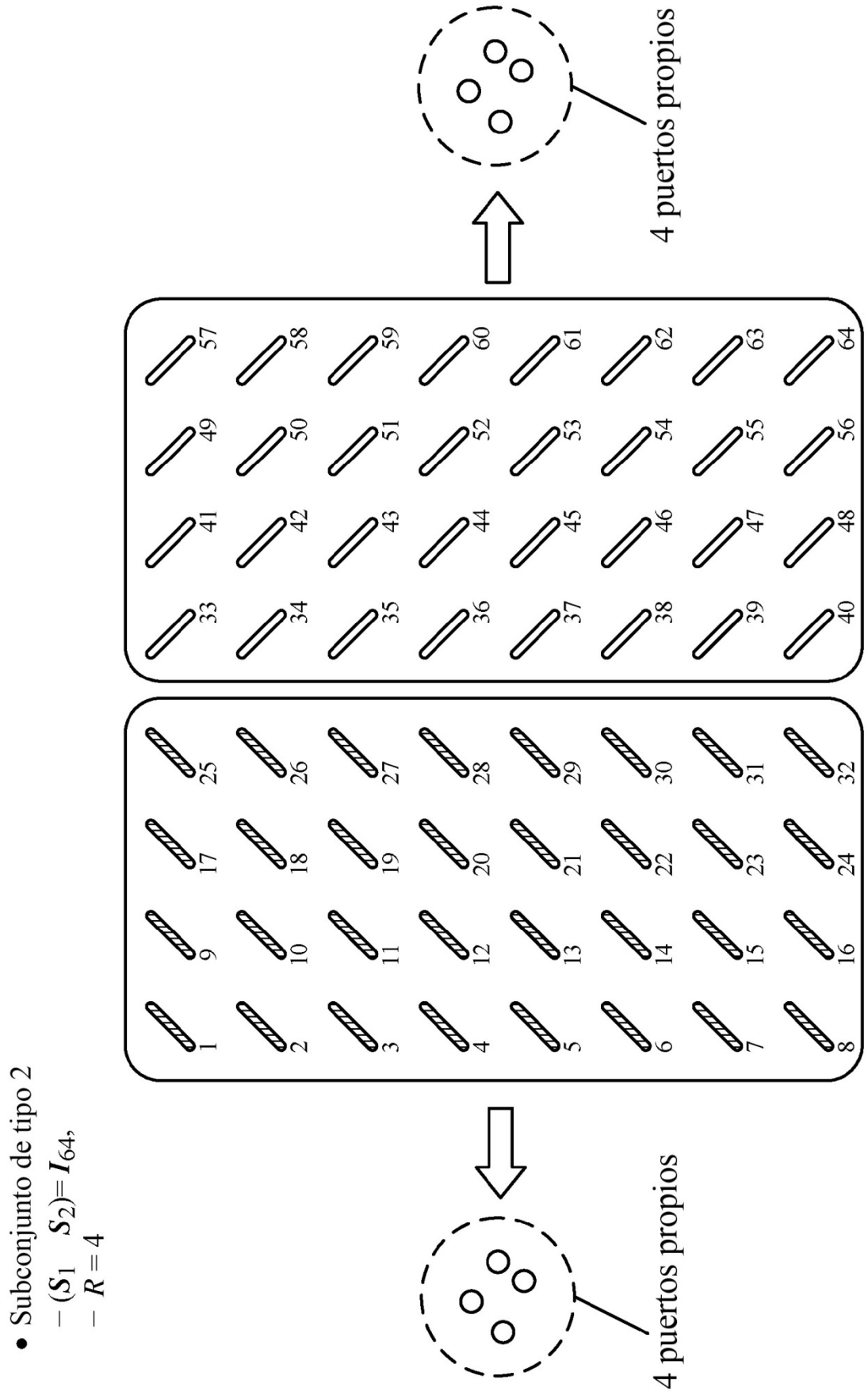
• Subconjunto de tipo 2
– (S_1 S_2)= I_{64},
– $R = 4$
4 puertos propios
4 puertos propios
1 2 3 4 5 6 7 8
9 10 11 12 13 14 15 16
17 18 19 20 21 22 23 24
25 26 27 28 29 30 31 32
33 34 35 36 37 38 39 40
41 42 43 44 45 46 47 48
49 50 51 52 53 54 55 56
57 58 59 60 61 62 63 64

FIG. 15

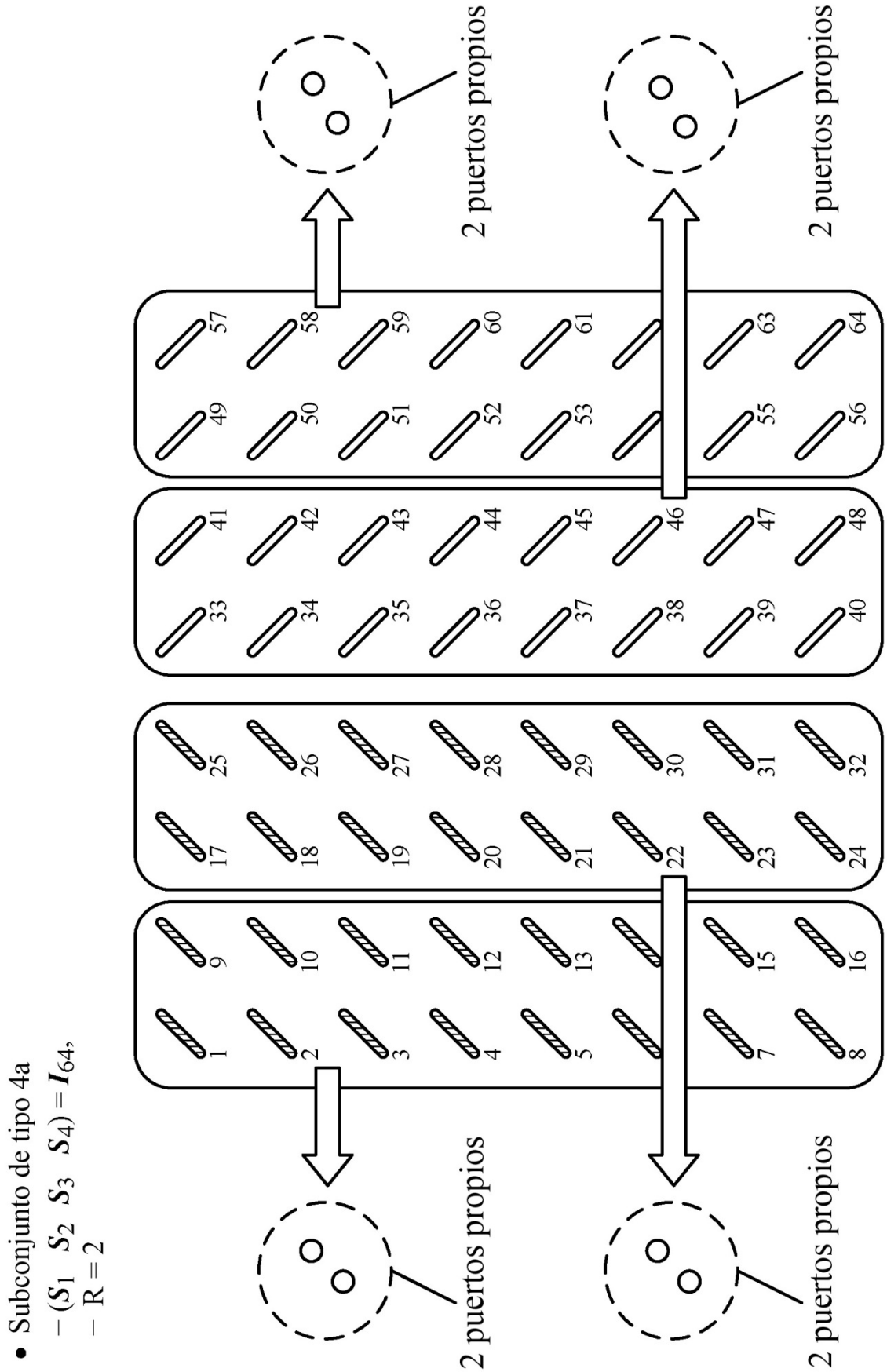
• Subconjunto de tipo 4a
– (S_1 S_2 S_3 S_4) = I_{64},
– R = 2
2 puertos propios
2 puertos propios
2 puertos propios
2 puertos propios
1
2
3
4
5
7
8
9
10
11
12
13
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
55
56
57
58
59
60
61
63
64

FIG. 16

- Subconjunto de tipo 4b
  - $(S_1 \;\; S_2 \;\; S_3 \;\; S_4) = I_2 \otimes (A \;\; B), A = I_4 \otimes \begin{pmatrix} I_4 \\ 0_4 \end{pmatrix}, B = I_4 \otimes \begin{pmatrix} 0_4 \\ I_4 \end{pmatrix}$
  - R = 2

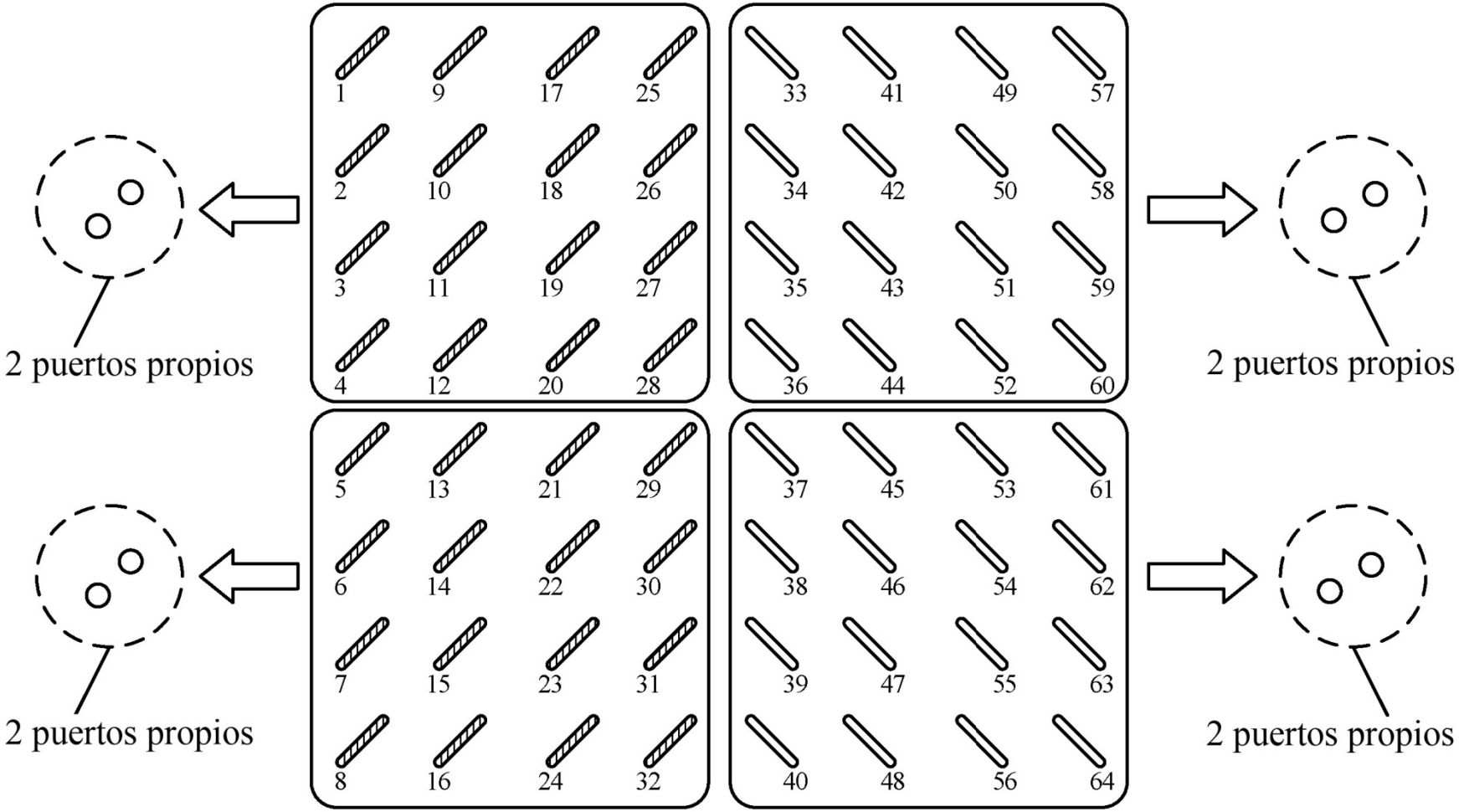

FIG. 17

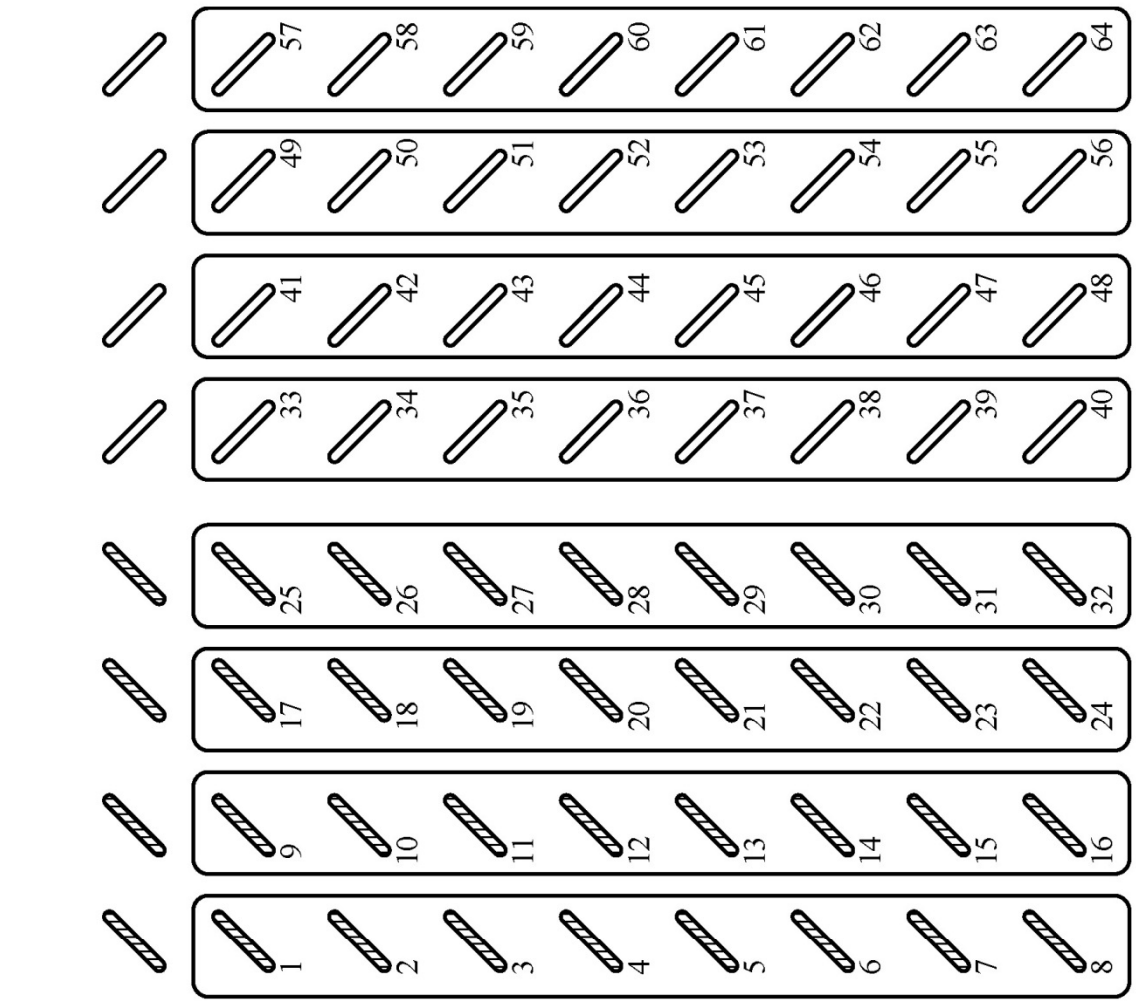
• Subconjunto de tipo 8a
– $(S_1\ S_2 \bullet\bullet\bullet S_8) = I_{64}$,
– R = 2
1 2 3 4 5 6 7 8
9 10 11 12 13 14 15 16
17 18 19 20 21 22 23 24
25 26 27 28 29 30 31 32
33 34 35 36 37 38 39 40
41 42 43 44 45 46 47 48
49 50 51 52 53 54 55 56
57 58 59 60 61 62 63 64

FIG. 18

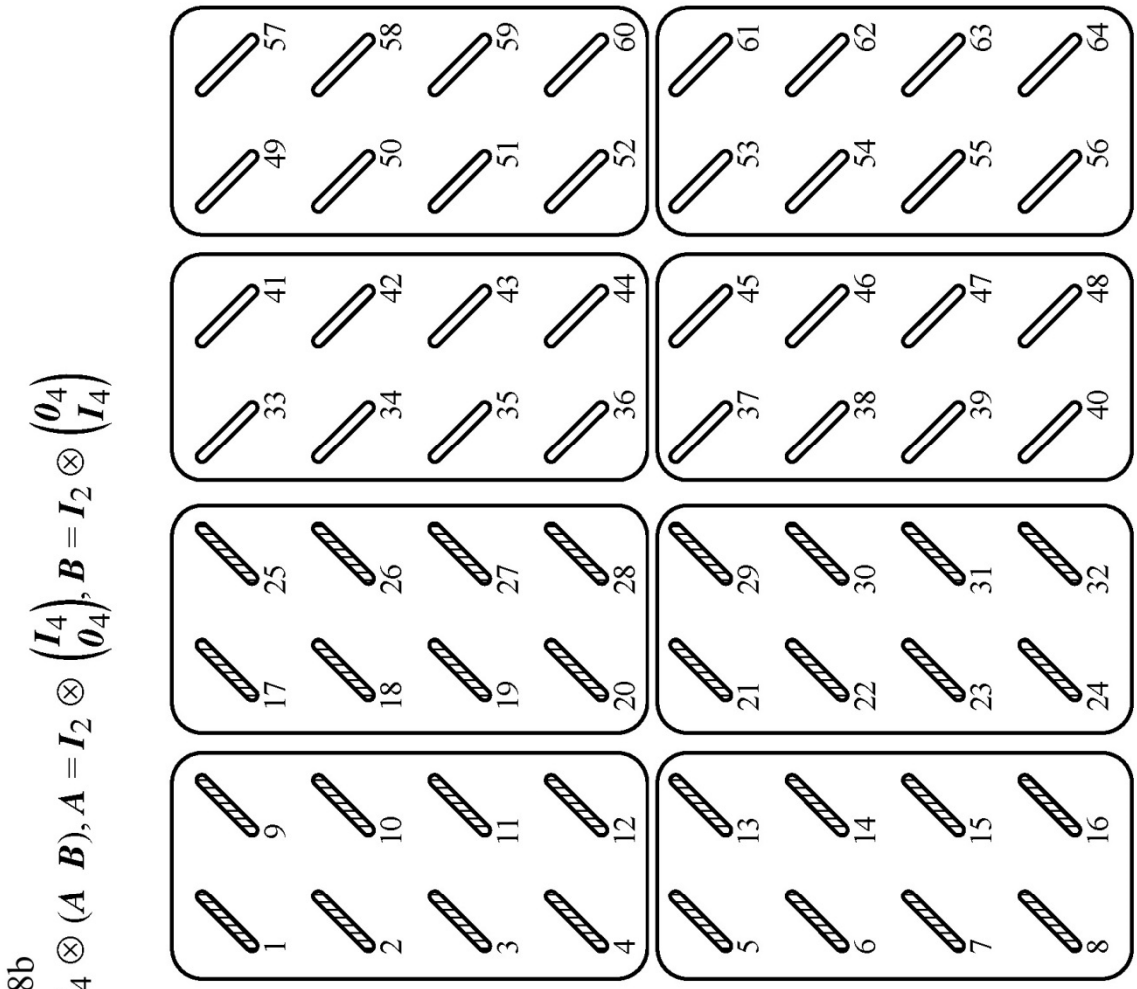
• Subconjunto de tipo 8b
– $(S_1\ \ S_2 \cdots S_8) = I_4 \otimes (A\ \ B), A = I_2 \otimes \begin{pmatrix} I_4 \\ 0_4 \end{pmatrix}, B = I_2 \otimes \begin{pmatrix} 0_4 \\ I_4 \end{pmatrix}$
– R = 1
1 2 3 4 9 10 11 12
5 6 7 8 13 14 15 16
17 18 19 20 25 26 27 28
21 22 23 24 29 30 31 32
33 34 35 36 41 42 43 44
37 38 39 40 45 46 47 48
49 50 51 52 57 58 59 60
53 54 55 56 61 62 63 64

FIG. 19

- Subconjunto de tipo 8c
  - $(S_1 \;\; S_2 \bullet\bullet\bullet S_8) = I_2 \otimes (A_1\; A_2\; A_3\; A_4) \otimes I_2$,
    $A_i = I_4 \otimes e_i$, $i = 1,2, \ldots,4$, $(e_1\; e_2\; e_3\; e_4) = I_4$
  - R = 1

FIG. 20

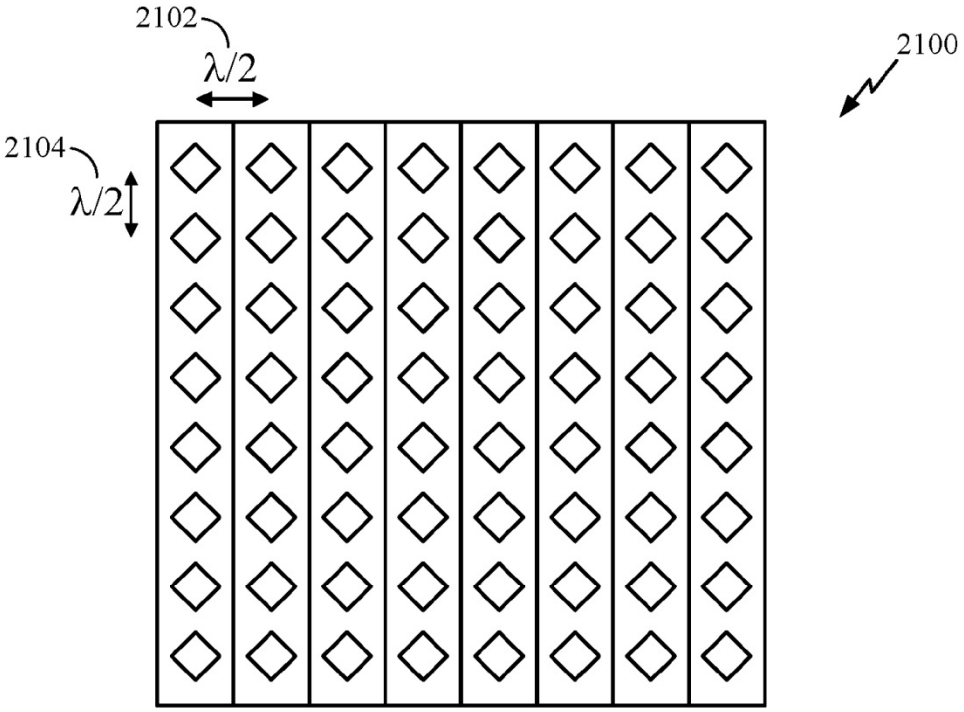
2102
λ/2
2100
2104
λ/2

FIG. 21

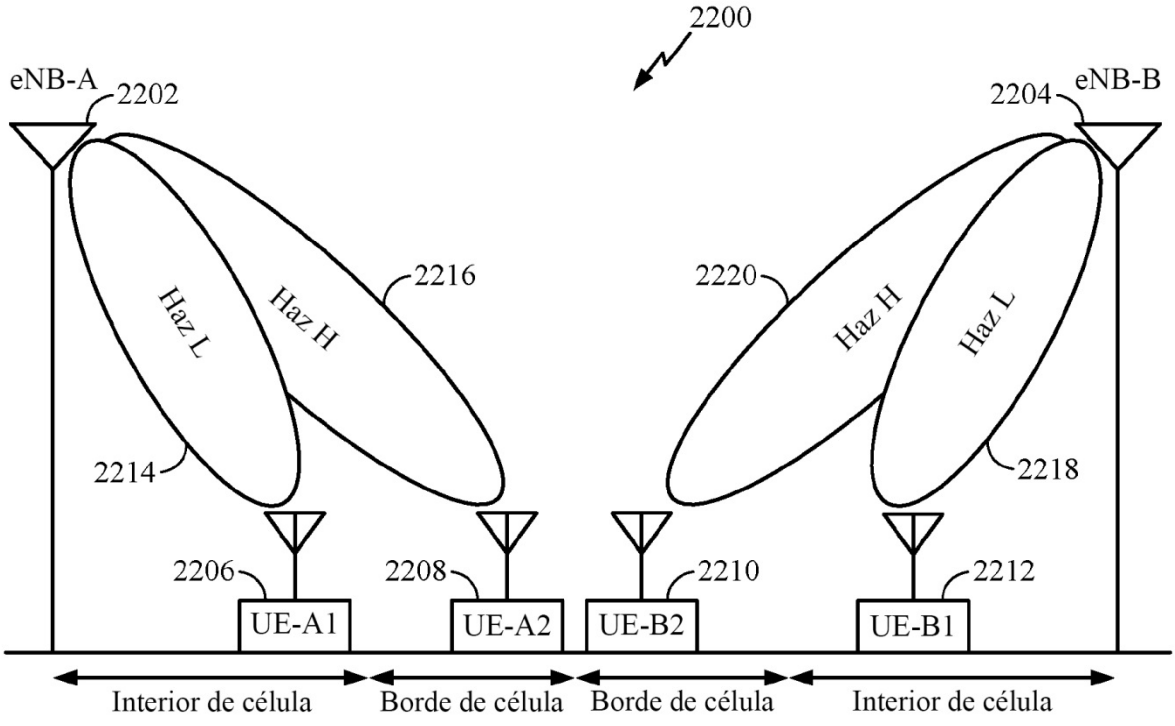
2200
eNB-A
2202
2204
eNB-B
Haz L
Haz H
2216
2220
Haz H
Haz L
2214
2218
2206
2208
2210
2212
UE-A1
UE-A2
UE-B2
UE-B1
Interior de célula
Borde de célula
Borde de célula
Interior de célula

FIG. 22

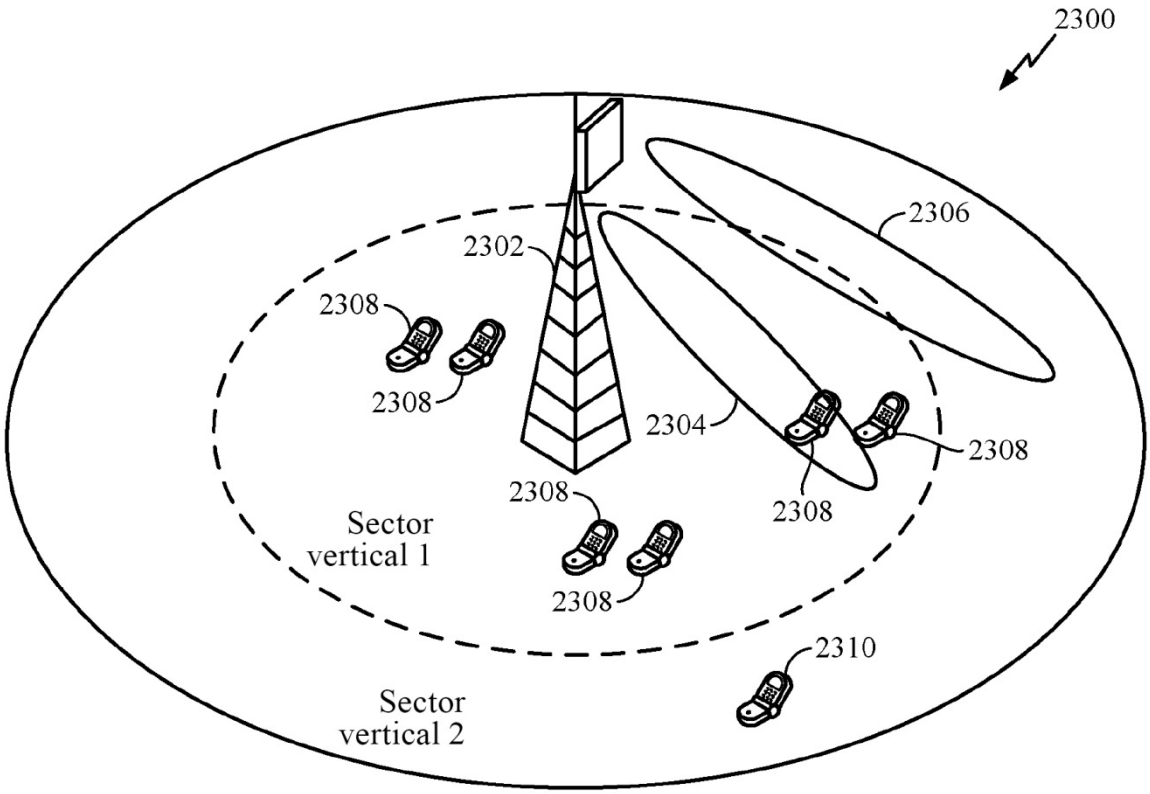
2300
2306
2302
2308
2308
2304
2308
2308
2308
Sector
vertical 1
2308
2310
Sector
vertical 2

FIG. 23

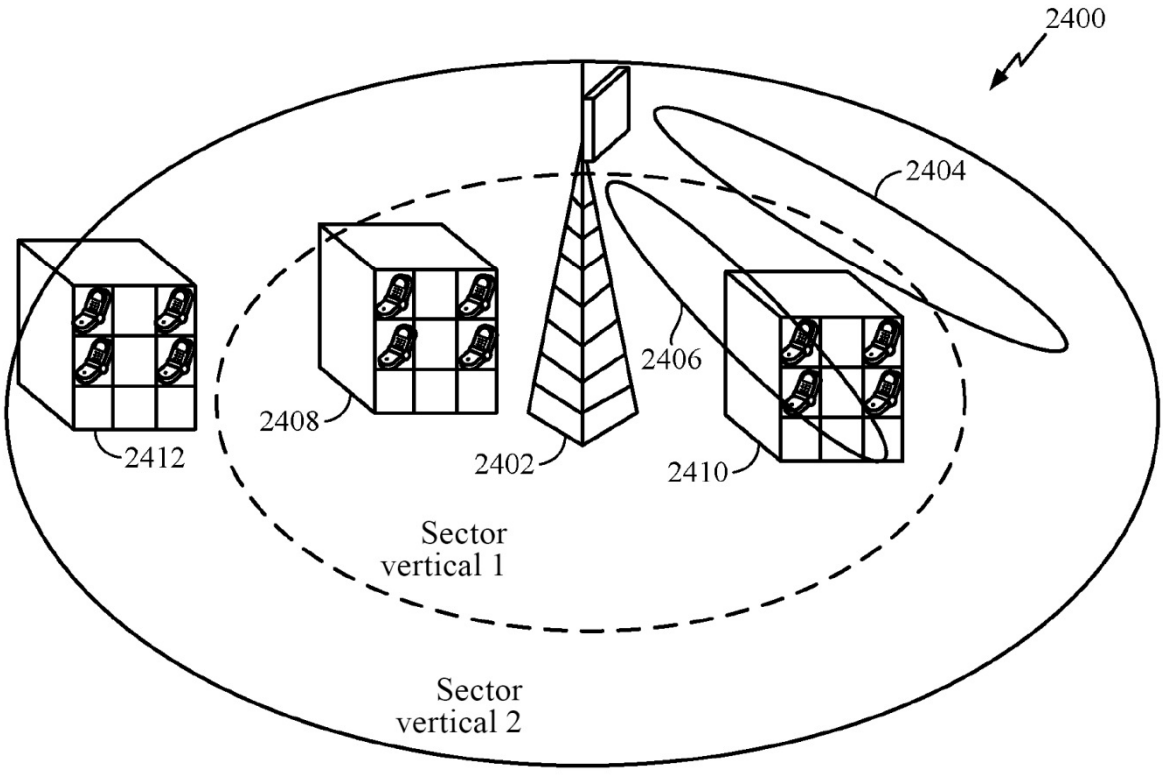
2400
2404
2406
2408
2412
2402
2410
Sector
vertical 1
Sector
vertical 2

FIG. 24

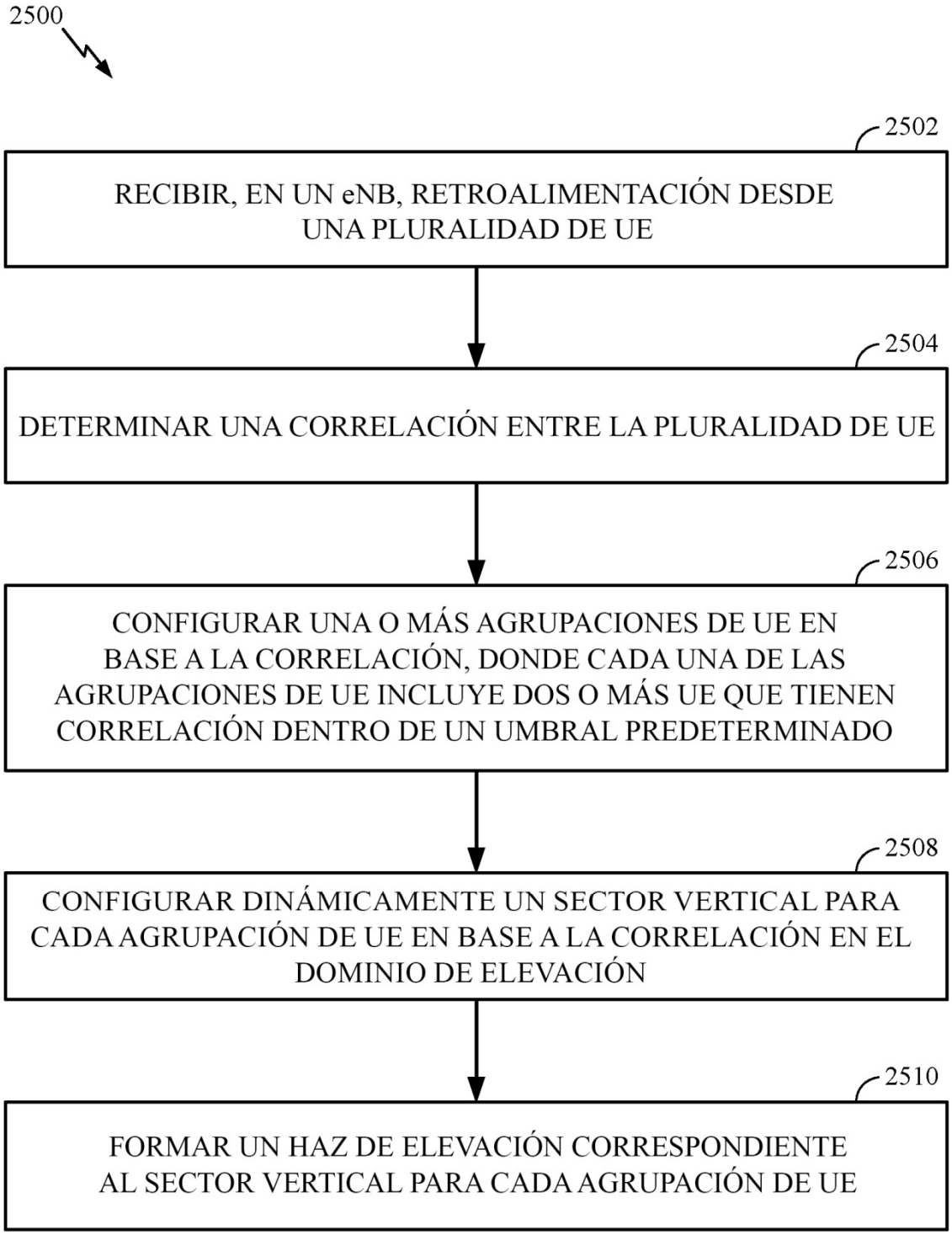
2500
2502
RECIBIR, EN UN eNB, RETROALIMENTACIÓN DESDE UNA PLURALIDAD DE UE
2504
DETERMINAR UNA CORRELACIÓN ENTRE LA PLURALIDAD DE UE
2506
CONFIGURAR UNA O MÁS AGRUPACIONES DE UE EN BASE A LA CORRELACIÓN, DONDE CADA UNA DE LAS AGRUPACIONES DE UE INCLUYE DOS O MÁS UE QUE TIENEN CORRELACIÓN DENTRO DE UN UMBRAL PREDETERMINADO
2508
CONFIGURAR DINÁMICAMENTE UN SECTOR VERTICAL PARA CADA AGRUPACIÓN DE UE EN BASE A LA CORRELACIÓN EN EL DOMINIO DE ELEVACIÓN
2510
FORMAR UN HAZ DE ELEVACIÓN CORRESPONDIENTE AL SECTOR VERTICAL PARA CADA AGRUPACIÓN DE UE

FIG. 25

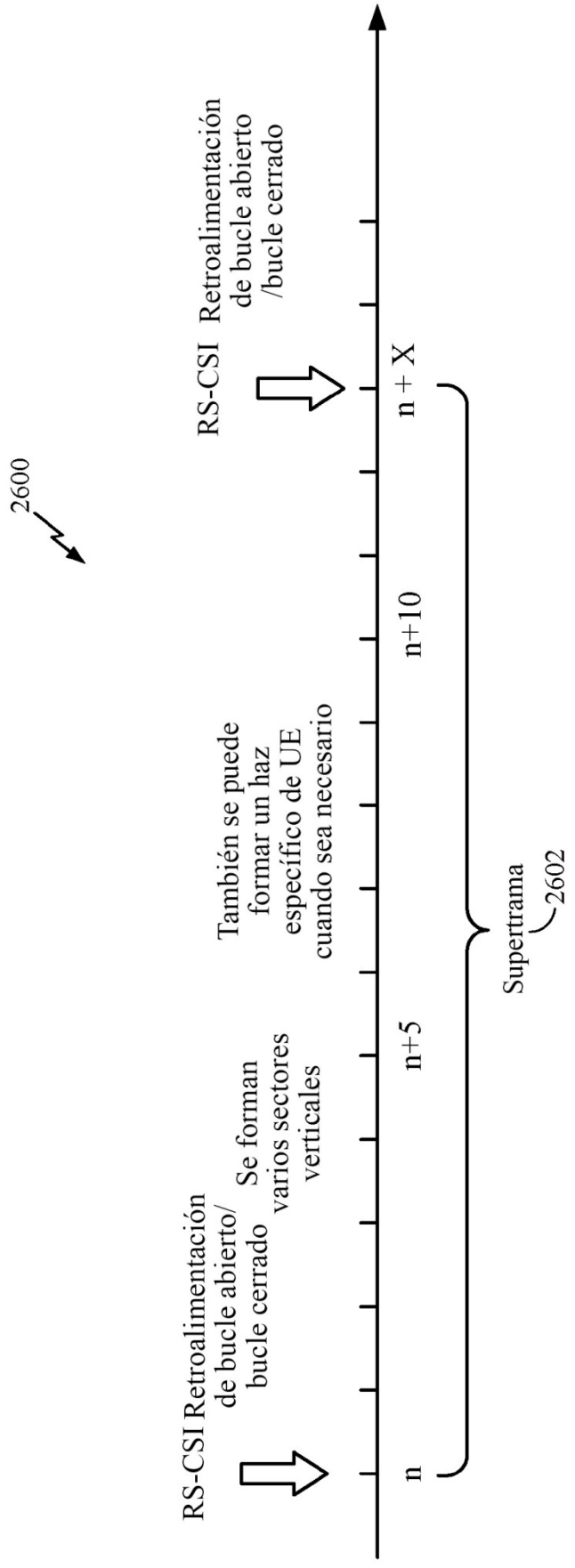
2600
RS-CSI Retroalimentación de bucle abierto/ bucle cerrado
Se forman varios sectores verticales
También se puede formar un haz específico de UE cuando sea necesario
RS-CSI Retroalimentación de bucle abierto /bucle cerrado
n
n+5
n+10
n + X
Supertrama
2602

FIG. 26

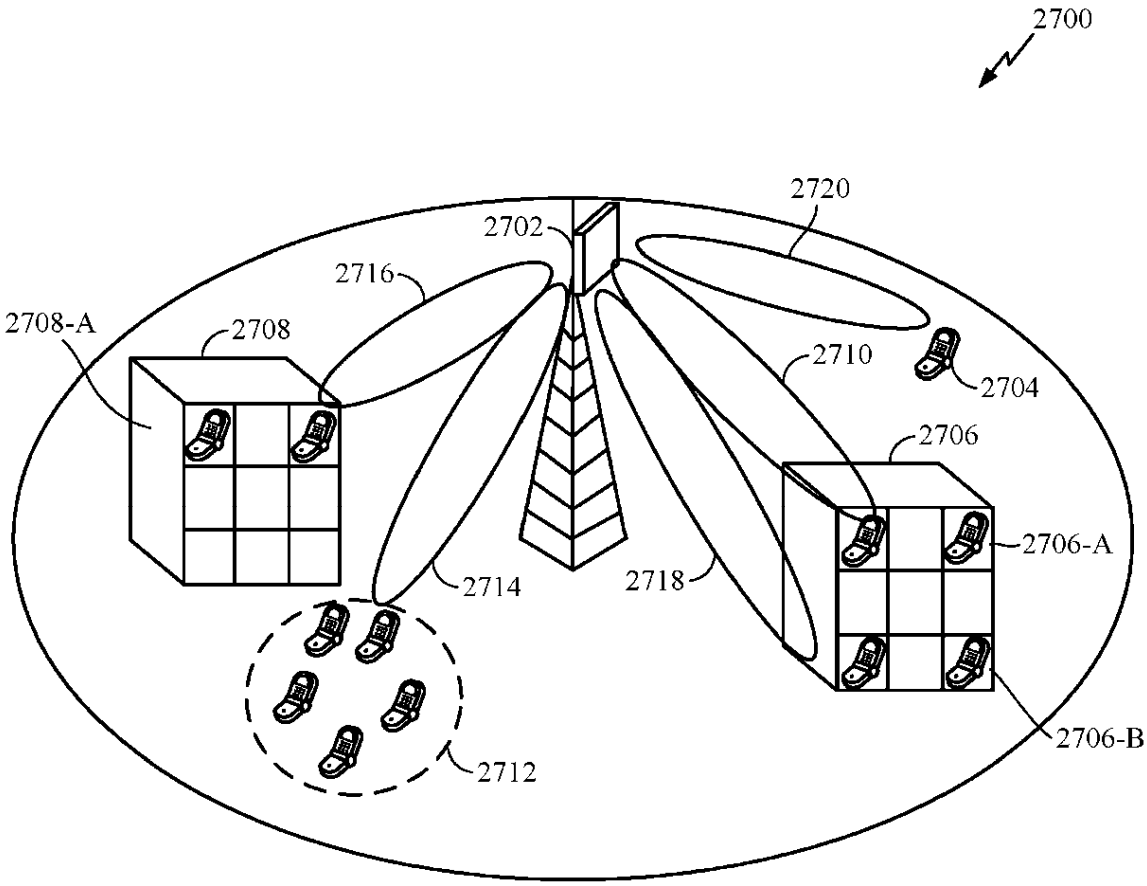
2700
2720
2702
2716
2708-A
2708
2710
2704
2706
2706-A
2714
2718
2712
2706-B

FIG. 27

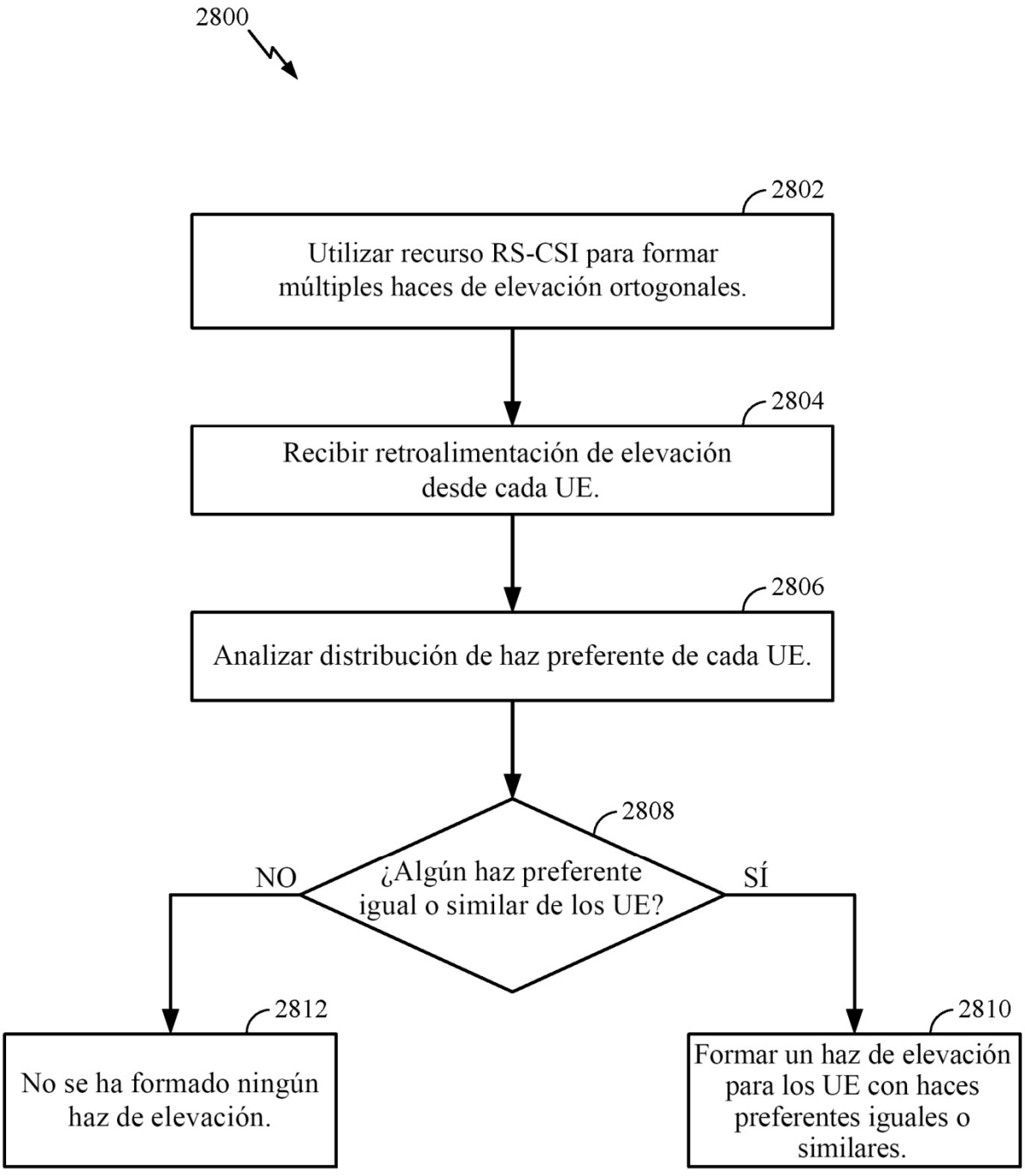
2800
2802
Utilizar recurso RS-CSI para formar múltiples haces de elevación ortogonales.
2804
Recibir retroalimentación de elevación desde cada UE.
2806
Analizar distribución de haz preferente de cada UE.
2808
¿Algún haz preferente igual o similar de los UE?
NO
SÍ
2812
No se ha formado ningún haz de elevación.
2810
Formar un haz de elevación para los UE con haces preferentes iguales o similares.

FIG. 28

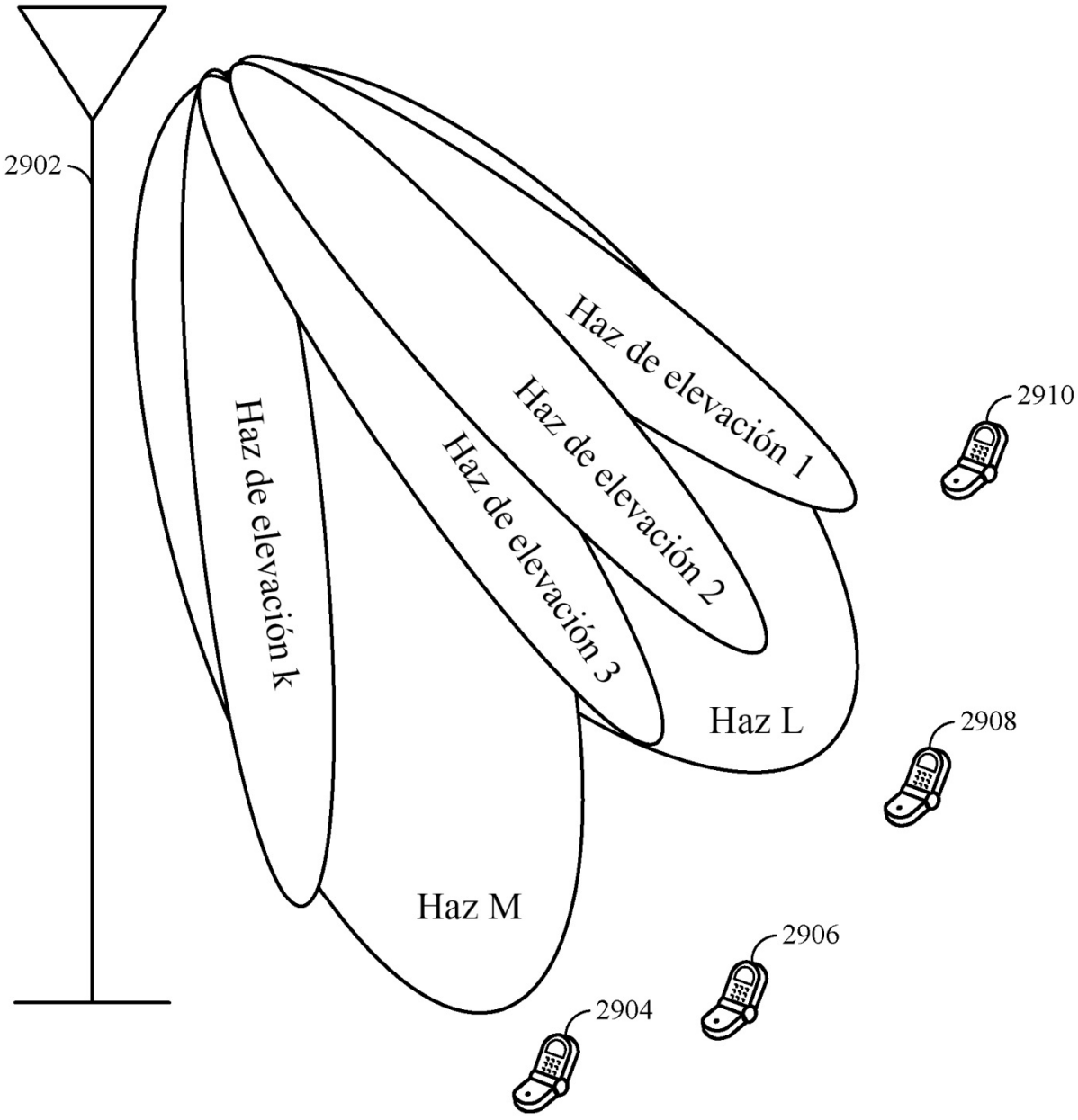
2902
Haz de elevación 1
Haz de elevación 2
Haz de elevación 3
Haz de elevación k
Haz L
Haz M
2910
2908
2906
2904

FIG. 29

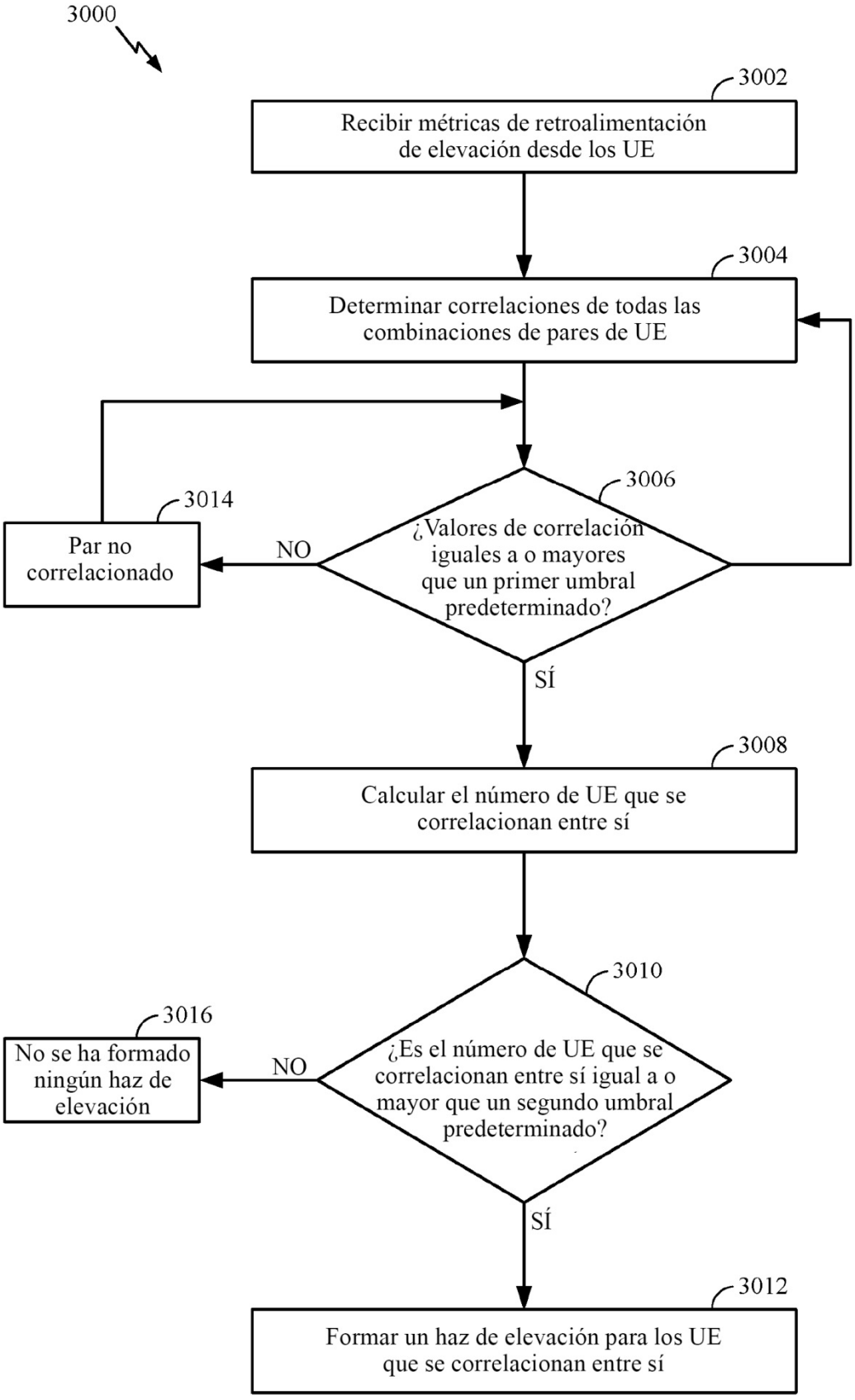
3000
3002
Recibir métricas de retroalimentación de elevación desde los UE
3004
Determinar correlaciones de todas las combinaciones de pares de UE
3006
¿Valores de correlación iguales a o mayores que un primer umbral predeterminado?
NO
3014
Par no correlacionado
SÍ
3008
Calcular el número de UE que se correlacionan entre sí
3010
¿Es el número de UE que se correlacionan entre sí igual a o mayor que un segundo umbral predeterminado?
NO
3016
No se ha formado ningún haz de elevación
SÍ
3012
Formar un haz de elevación para los UE que se correlacionan entre sí

FIG. 30