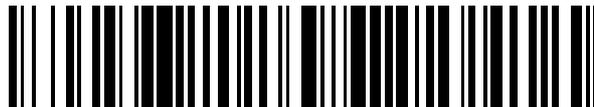


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 865**

51 Int. Cl.:

H04L 25/03 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.04.2010 E 10849249 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2015 EP 2556638**

54 Título: **Diseño de libro de códigos y estructura para retroalimentación modular**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.07.2015

73 Titular/es:

**NOKIA TECHNOLOGIES OY (100.0%)
Karaportti 3
02610 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**ENESCU, MIHAI;
ROMAN, TIMO;
KOIVISTO, TOMMI;
LUNTTILA, TIMO;
TAN, SHUANG;
MAATTANEN, HELKA-LIINA y
PIETIKAINEN, KARI**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 540 865 T3

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

DESCRIPCIÓN

Diseño de libro de códigos y estructura para retroalimentación modular

5 Campo técnico

La presente invención se refiere en general a sistemas, métodos, dispositivos y programas de computación para comunicación inalámbrica, y más específicamente se refiere a libros de códigos y palabras clave de precodificadores para utilizar en un sistema con antenas de múltiple transmisión y/o de múltiple recepción por nodo.

10 Antecedentes

A continuación se definen varias abreviaturas que aparecen en la memoria descriptiva y/o en las figuras, a saber:

15 3GPP, proyecto asociación de tercera generación

CB, libro de códigos

20 CoMP, transmisión / recepción multipunto coordinada

CQI, indicador de calidad de canal

CRC, verificación de redundancia cíclica

25 CSI, información sobre el estado del canal (por ejemplo, CQI, PMI y RI)

CSI-RS, símbolos de referencia de la información sobre el estado del canal

CW, palabra clave

30 DL, enlace descendente

eNB, estación base de un sistema EUTRAN/LTE

35 EUTRAN, UTRAN evolucionado (también denominado LTE o 3.9G)

LTE, evolución de largo plazo

ITU, Unión Internacional de Telecomunicaciones

40 ITU-R, oficina de radiocomunicaciones de la ITU

MCS, esquema de modulación y codificación

45 MIMO, entradas y salidas múltiples

MU-MIMO, entradas y salidas múltiples multiusuario

Nr, número de antenas receptoras

50 Nt, número de antenas transmisoras

OFDMA, multiplexación por división de frecuencias ortogonales

55 PDCCH, canal físico del enlace de control descendente

PRB, bloqueo de recursos físicos

PMI, indicador de matriz de precodificación

60 PUCCH, canal físico de control del enlace ascendente

PUSCH, canal físico compartido del enlace ascendente

65 RI, indicador de rango

RS, símbolos de referencia

SU-MIMO, entradas y salidas múltiples único usuario

5 TBS, tamaño de bloque de transporte

TX, transmisión

UE, equipos de usuario

10 UL, enlace ascendente

UTRA, acceso radial terrestre del sistema de telecomunicaciones móviles universal

15 UTRAN, red UTRA

XP, polarización cruzada/polarización

20 En el sistema de comunicación conocido como UTRAN evolucionado (E-UTRAN, también denominado UTRAN=LTE, E-UTRA o 3.9G), la LTE versión 8 está completa, la LTE versión 9 se está normalizando y la LTE versión 10 se encuentra actualmente en desarrollo dentro del 3GPP. En el enlace descendente (DL), la LTE Versión 10 soportará SU-MIMO DL 8-Tx con hasta ocho capas espaciales (flujos) así como también una transmisión de MU-MIMO DL mejorada.

25 La Figura 1 reproduce la Figura 4.1 del 3GPP TS 36.300, V8.6.0 (2008-09), y muestra la arquitectura general del sistema E-UTRAN. El sistema EUTRAN comprende eNBs, que proporcionan al usuario de la EUTRA terminaciones de protocolo planas y planas de control (RRC) al UE. Las eNBs están interconectadas entre sí mediante una interfaz X2. Las eNBs están también conectadas por medio de una interfaz S1 a un EPC, más específicamente a una
30 Entidad de Gestión de la Movilidad y a una Pasarela de Servicio. La interfaz S1 soporta una relación varios a varios entre las entidades de Gestión de la Movilidad / Pasarelas de Servicio y las eNBs.

35 Son de especial interés aquí las nuevas versiones de LTE 3GPP destinadas a los sistemas IMT-A futuros, denominados aquí solo a modo de referencia LTE-Avanzada (LTE-A). La LTE-A se dirige a extender y optimizar las tecnologías de acceso de radio LTE versión 8 3GPP para proporcionar mayores cantidades de datos a un costo muy bajo. La LTE-A muy probablemente sea parte de la LTE versión 10. Se prevé que la LTE-A utilizará una mezcla de técnicas de área local y área amplia para cumplir con los requisitos de ITU-R para IMT-Avanzado al tiempo que mantenga la compatibilidad con las versiones anteriores de LTE versión 8. Para cumplir los requerimientos de eficacia espectral pico (hasta 30 bit/s/Hz) se normalizará el soporte de hasta 8 antenas TX en DL en la LTE versión 40 10, permitiendo al DL la transmisión multiplexada espacial con hasta 8 capas espaciales. Tanto la MIMO DL 8-TX y la MU-MIMO mejorada actualmente están por acuerdo en versión 10 para una transmisión MIMO DL mejorada.

45 Lo que se desea en la LTE versión 10 es un diseño de libro de códigos para 8 antenas de transmisión (TX). En RAN1#59 se acordó extender el marco de retroalimentación implícita de la versión 8 a la LTE versión 10. Esto se basa en un diseño modular (o multi-granular), que combina dos componentes de retroalimentación de distintos libros de códigos: un componente de retroalimentación que representa las propiedades de canal de largo plazo (por ejemplo, banda ancha) mientras que el otro componente de retroalimentación se dirige a las propiedades de canal de corto plazo (por ejemplo, selectoras de frecuencia).

50 En comparación a la LTE versión 8/9, se toman en cuenta dos nuevas adaptaciones de MIMO DL para la LTE versión 10:

- La optimización del funcionamiento de MU-MIMO, que se beneficia a partir de un nuevo paquete de diseño de símbolo de referencia en términos de símbolos de referencia específicos de UE precodificados (en oportunidades denominados UE-RS o símbolos de referencia de desmodulación DRS o DM-RS) y símbolos de referencia de información periódica sobre el estado del canal (CSI-RS).

- Extensión de operación de MIMO DL de hasta 8 capas (es decir, multiplexación espacial con hasta ocho flujos espaciales).

60 Estas mejoras serán compatibles con un nuevo modo de retroalimentación de UE para la información sobre el estado del canal (CSI) y el indicador de calidad de canal (CQI), siguiendo los principios de retroalimentación implícitos de la LTE versión 8. Es importante la retroalimentación de CSI precisa, especialmente para la MU-MIMO. Además, los aspectos de señalización y tamaños de libro de códigos asumen una importancia mayor al considerar la extensión del funcionamiento de SU-MIMO de 8 capas.

65

Las entradas del libro de códigos (CB) en la LTE versión 8 se han definido para hasta la transmisión de rango 4 y siguen varias restricciones de diseño tales como módulos constantes, alfabeto finito y propiedad anidada. La operación de dichos CBs es bastante directa: basado en el canal estimado sobre símbolos de referencia comunes.

- 5 (CRS), la UE determina su rango de transmisión preferida para este canal y basándose en esto selecciona las palabras clave basadas en un criterio de selección tal como, por ejemplo, maximización de rendimiento. Para términos abreviados este libro de códigos se define y funciona como un CB tradicional o funcionamiento de libro de códigos único.
- 10 Ha habido varios aportes en la LTE versión 10 para libros de códigos basados en el diseño tradicional de CB. Por ejemplo, el documento R1-101462 de Motorola propone varios CBs de 4-5 bits de tamaño, donde las palabras clave permiten el funcionamiento tanto en escenarios de Arreglos Lineales Uniformes (ULA) como también en escenarios de polarización cruzada (XP). Otras propuestas de diseños tradicionales de CB se entregaron en RAN1#60.
- 15 Durante el RAN1#60, se acordó extender el modo de retroalimentación de la versión 8 consistente en señalización implícita de PMI/RI/CQI (véase, por ejemplo, el documento R1-101683). La estructura modular (multi-granular) acordada del CB consiste en dos matrices de precodificación, uno que se dirige a propiedades de la banda ancha y/o de canal de largo plazo, y el otro que se dirige a las propiedades selectoras de frecuencia y/o de corto plazo. Las propuestas en este sentido se han hecho en RAN #59, por ejemplo por Huawei (documento R1-100256 titulado: *Downlink 8Tx codebook considerations*) y por Ericsson (documento R1-100051, titulado: *A flexible feedback concept*). Además, ERICSSON y otros: "A Flexible Feedback Concept - R1-100051", 3GPP TSG-RAN WG1 #59BIS, vol. RAN WG1, 12 de enero de 2010 (2010-01-12), XP050417800, MOBILE COMPETENCE CENTRE; 650, ROUTE DES LUCIOLES;F-06921 SOPHIA-ANTIPOLIS CEDEX; FRANCIA [recuperado el 2010-01-12] divulga un concepto de retroalimentación flexible en soporte de SU-MIMO y MU-MIMO.
- 20
- 25 Estas enseñanzas se dirigen a CBs estructurados multi-granulares, y exploran ciertas consideraciones para diseñar dichos CBs multi-granulares para el mejor uso en sistemas que soportan altos y/o múltiples rangos de transmisión para SU- MIMO y MU-MIMO tal como la LTE versión 10.
- 30 Sumario

En un primer aspecto, los ejemplos de realización de la invención proporcionan un método que comprende: seleccionar una primera matriz de precodificación W_1 a partir de un primer libro de códigos que comprende conjuntos de matrices de precodificación de rango específico, el primer libro de códigos se caracteriza por tener

35 menos matrices de precodificación asociadas a rangos más altos que las asociadas a rangos más bajos, y caracterizado por matrices de precodificación asociadas a rangos por encima de cierto rango siendo todas matrices diagonales; utilizar la primera matriz de precodificación W_1 seleccionada para seleccionar una segunda matriz de precodificación de rango específico W_2 a partir de un segundo libro de códigos de modo tal que las primera y segunda matrices de precodificación seleccionadas forman un precodificador conjunto específico para un rango deseado, donde el segundo libro de códigos se caracteriza por matrices de precodificación de diferentes tamaños asociados a cada uno de los rangos totales N , donde N es un número entero mayor a uno; y proporcionar información sobre el precodificador conjunto a un nodo de red sobre un canal de transmisión de enlace ascendente.

40

En un segundo aspecto del mismo, los ejemplos de realización de la invención proporcionan un aparato que comprende al menos un procesador y al menos una memoria que almacena el código de programa de computación. La al menos una memoria que almacena el código de programa de computación se configura con al menos un procesador para hacer que el aparato al menos realice lo siguiente: seleccionar una primera matriz de precodificación W_1 a partir de un primer libro de códigos que comprende conjuntos de matrices de precodificación de rango específico, el primer libro de códigos caracterizado porque hay menos matrices de precodificación

45 asociadas a rangos más altos que asociadas a rangos más bajos, y caracterizado por matrices de precodificación asociadas a rangos por encima de un cierto rango siendo todas matrices diagonales; utilizar la primera matriz de precodificación W_1 seleccionada para seleccionar una segunda matriz de precodificación W_2 de rango específico a partir de un segundo libro de códigos de modo tal que la primera y segunda matrices de precodificación forman un precodificador conjunto específico para un rango deseado, donde el segundo libro de códigos se caracteriza por

50 matrices de precodificación de tamaños diferentes asociadas a cada uno de los rangos totales N , donde N es un número entero mayor a uno; y proporcionar información sobre el precodificador conjunto a un nodo de red sobre un canal de transmisión de enlace ascendente.

55

En un tercer aspecto del mismo, los ejemplos de realización de la invención proporcionan un programa de computación que comprende: un código para seleccionar una primera matriz de precodificación W_1 a partir de un primer libro de códigos que comprende conjuntos de matrices de precodificación de rango específico, el primer libro de códigos caracterizado porque hay menos matrices de precodificación asociadas a rangos más altos que asociadas a rangos más bajos, y caracterizado por matrices de precodificación asociadas a rangos por encima de cierto rango siendo todas matrices diagonales; un código para usar la primera matriz de precodificación W_1 seleccionada para seleccionar una segunda matriz de precodificación W_2 de rango específico a partir de un segundo libro de códigos de modo tal que la primera y segunda matrices de precodificación seleccionadas forman un conjunto

60

65

precodificador específico para un rango deseado, donde el segundo libro de códigos se caracteriza por matrices de precodificación de diferentes tamaños asociadas a cada uno de los rangos N totales, donde N es un número entero mayor a uno; y un código para proporcionar información sobre el conjunto precodificador a un nodo de red sobre un canal de transmisión de enlace ascendente. En una realización particular, el programa de computadora de acuerdo con el tercer aspecto anterior es un producto de programa de computadora que comprende un medio legible por ordenador o código de programa de computadora con memoria incorporada para uso con un ordenador.

En un cuarto aspecto, los ejemplos de realización de la invención proporcionan un aparato que comprende al menos un procesador y al menos un código de programa de computadora de almacenamiento de memoria. El al menos un código de programa de computadora de almacenamiento de memoria se configura con el al menos un procesador para hacer que el aparato realice al menos lo siguiente: determinar, a partir de un indicador recibido de un precodificador conjunto, una primera matriz de precodificación W1 accediendo a un primer libro de códigos almacenado en la memoria, comprendiendo el primer libro de códigos conjuntos de matrices de precodificación de rango específico y caracterizado por porque hay menos matrices de precodificación asociadas a rangos más altos que asociadas a rangos más bajos, y caracterizado por matrices de precodificación asociadas a rangos por encima de un cierto rango que son todas matrices diagonales; determinar a partir del indicador recibido una segunda matriz de precodificación W2 accediendo a un segundo libro de códigos almacenado en la memoria, el segundo libro de códigos caracterizado por matrices de precodificación de diferentes tamaños asociadas a cada uno de los rangos totales N, donde N es un número entero mayor a uno; y usar al menos la primera y segunda matrices de precodificación determinadas para codificar espacialmente una transmisión al menos al equipo de usuario.

Estos y otros aspectos se detallan a continuación en forma específica.

Breve descripción de los dibujos

Este y otros aspectos de los ejemplos de realización de la presente invención se tornan más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, cuando se lee junto con las figuras adjuntas.

La Figura 1 reproduce la Figura 4 de TS 36.300 3GPP, y muestra la arquitectura general del sistema E-UTRAN.

La Figura 2A muestra un diagrama de bloques simplificado de varios dispositivos electrónicos aptos para llevar a la práctica los ejemplos de realización de la presente invención.

La Figura 2B muestra un diagrama de bloques más particularizado de un equipo de usuario tal como el mostrado en la Figura 2A.

Las Figuras 3A-B son diagramas de flujo lógicos cada uno de los cuales ilustra el funcionamiento de un método, y un resultado de ejecución de instrucciones de programa de computadora incorporados en una memoria legible por ordenador, de acuerdo con los ejemplos de realización de la presente invención.

Descripción detallada

A continuación se proporcionan ejemplos de realización de diseño de libro de códigos y estructura para retroalimentación de información sobre el estado del canal (CSI) multi-granular en soporte de la operación SU-/MU-MIMO DL. Los ejemplos y la descripción están en el contexto de la LTE versión 10, pero estas enseñanzas no se limitan solo a dicho sistema inalámbrico y pueden adaptarse a otros sistemas SU-MIMO y/o MU-MIMO. Los ejemplos a continuación describen libros de códigos para hasta 8 antenas TX, pero estas enseñanzas pueden aplicarse fácilmente a sistemas inalámbricos que utilizan un máximo de 4 antenas TX así como también más de 8 antenas TX. Los ejemplos previstos a continuación proceden también a partir de la reutilización de libros de códigos (CB) versión 8 a la definición de nuevos CBs para componentes de retroalimentación a largo y/o corto plazo. La estructura de libro de códigos multi-granular de acuerdo a estas enseñanzas asegura una operación eficaz MIMO de usuario único (SU) y multiusuario (MU) de DL, por ejemplo en la LTE versión 10.

La estructura modular (multi-granular) acordada del CB consiste en dos matrices de precodificación, una que se dirige a las propiedades de ancho de banda y/o de canal de largo plazo, que se denota como W1, y la otra que se dirige a las propiedades de canal selector de frecuencia y/o de corto plazo que se denota como W2. El precodificador resultante W para cada sub-banda puede, por ejemplo, ser el producto de estas dos matrices. Uno logra además una eficaz compresión de retroalimentación y por lo tanto mejor rendimiento UL asociado dado que no se espera que el CSI de largo plazo cambie tan frecuentemente como su contraparte de corto plazo.

La ventaja ganada por dicha retroalimentación adaptativa y modular surge esencialmente de la perspectiva MU-MIMO: se reconoce ampliamente que la mayoría de las ganancias MU-MIMO por encima de SU-MIMO se logran en escenarios con antenas TX cercanamente espaciadas y pequeño despliegue azimutal (angular) en la eNB que es precisamente el escenario donde existe correlación de ancho de banda de largo plazo en el canal inalámbrico. La separación/multiplexación de múltiples usuarios se lleva a cabo entonces eficazmente basándose en un CSI de largo plazo (la dirección de llegada DoA es un ejemplo de dicha propiedad de canal de largo plazo) mientras que la

adaptación de rango UE-específica sucede en gran parte basándose en CSI de corto plazo (si es posible y permitido que el rango sea mayor a 1 por UE en el modo MU-MIMO). Con implementaciones prácticas de antenas eNB que comprenden despliegues de antenas de polarización cruzada, esto se traduce en conformación de haz de MU-MIMO (ancho de banda) (por ejemplo, Separación UE) en el dominio del haz a través de grupos de elementos de antenas co-polarizadas mientras que la adaptación de rango UE-específica sucede dentro de cada haz (UE-específico) que se transmite combinando las dos polarizaciones adecuadamente. Por lo tanto, tiene sentido optimizar la retroalimentación de UE hacia esta dirección. Alternativamente dicho enfoque tampoco evita obtener ganancias del SU-/MU-MIMO en un escenario no correlacionado, en cuyo caso se espera que el CSI de largo plazo (ancho de banda) sea de menor importancia mientras que el CSI de corto plazo ocupará un rol más importante.

En caso de implementaciones de antenas no calibradas, el componente de largo plazo W_1 puede utilizarse también para restablecer la calibración de la antena. Esto puede realizarse definiendo el libro de códigos W_1 con una granularidad más fina y permitiendo el ancho de banda u operación por sub-banda conjuntamente con seleccionar además el libro de códigos W_2 a fin de construir una matriz de precodificación final que restablezca W . Alternativamente, W_1 puede ser una matriz diagonal que consiste en compensaciones de fase como elementos diagonales que sirven a los fines de restablecer la calibración de la variedad de antenas de transmisión. En tal caso, el libro de códigos W_2 consiste en matrices de precodificación de tamaño $[8 \times \text{rango}]$ en el caso de 8-TX y conduce además a la construcción de la matriz de precodificación multi-granular W .

Para el diseño de libro de códigos esto significa que las estadísticas del canal de largo plazo deberían soportarse por una retroalimentación de ancho de banda con granularidad suficientemente alta (por ejemplo, 4-5 bits) y optimizada para una configuración de antenas típicas (por ejemplo, ULA o variedades de polarización cruzada). Los tamaños de libro de códigos más grandes pueden usarse también, por ejemplo, en el rango de 8 bits. Uno puede también permitir que la retroalimentación de largo plazo se compute por sub-banda al tiempo que también el libro de códigos de largo plazo puede ser específico de un escenario. En tanto, los libros de códigos para el componente de retroalimentación de corto plazo, re-utilizar libros de códigos 2- y 4-Tx de la LTE versión 8 es una línea de base que surge para la retroalimentación de CSI de corto plazo a partir de la perspectiva de la implementación de UE y de la especificación escrita de la versión 10. Estos libros de códigos 2- y 4- Tx pueden mejorarse aún más para contener vectores de selección de antenas que permiten la selección de haz virtual. En los casos donde no es posible reutilizar libros de códigos de LTE versión 8, se definen libros de códigos específicos, por ejemplo libros de códigos que comprenden matrices de precodificación de tamaño $[8 \times \text{rango}]$ se usarán para los casos donde la dimensionalidad 8 TX es aplicable a W_2 .

En 3GPP, los aspectos de diseño y los principios de funcionamiento de libros de códigos duales se encuentran actualmente abiertos a discusión. Ejemplos de realizaciones de la invención proporcionan principios de diseño de libro de códigos multi-granulares novedosos en respaldo de la retroalimentación CSI multi-granular, y los ejemplos a continuación proporcionan opciones de diseño específicas tanto para el componente de retroalimentación de largo plazo como de corto plazo que dan por resultado un buen rendimiento así como también retroalimentación eficaz en escenarios prácticos.

Primero se listan algunos lineamientos específicos para diseñar los dos libros de códigos. Las dos matrices W_1 y W_2 pueden jugar varios roles en el mecanismo multi-granular, que se resaltan a continuación. El libro de códigos W , utilizado para la real transmisión, se construye a partir de (por ejemplo, el producto de) los libros de códigos dobles W_1 y W_2 .

- W_1 se dirige a la retroalimentación de largo plazo así como también a la retroalimentación de ancho de banda y también a la compresión de subespacio, por lo tanto existen tres asuntos por separado.

- El rango de transmisión máximo de la matriz W_1 es lo menor de N_t y N_r . Por ejemplo, en la LTE versión 10 el rango máximo puede ser 8.

- Al construir W_1 , la cantidad de palabras clave por rango de transmisión puede ser diferente entre rangos.

- Para rangos altos de W_1 , puede haber menores elementos por rango en comparación a las definiciones de bajo rango de W_1 .

o Como un caso especial, los elementos de rango específico en el libro de códigos W_1 para rangos más altos puede consistir en solo un elemento cada uno, la matriz de identidad de tamaño $N_t * N_t$.

o El libro de códigos W_1 puede consistir solo en elementos diagonales que representen correcciones de fase, tal como por ejemplo correcciones que pudieran ser útiles para la calibración de antenas. Estos elementos diagonales son por ejemplo valores complejos de módulos unitarios seleccionados de un alfabeto finito y el primer elemento diagonal puede seleccionarse como 1, dado que la fase general de la palabra clave final es irrelevante.

- El libro de códigos W_1 puede construirse con ancho de banda o por sub-banda. El tamaño de la sub-banda es un múltiplo de PRBs/fragmentos de frecuencia. Puede agregarse un promedio de tiempo en la construcción de W_1 .

- W1 puede ser un libro de códigos jerárquico/adaptativo que conduce a la adaptación/rastreo del libro de códigos durante el tiempo.

5 • El libro de códigos W2 puede contener palabras clave de la LTE versión 8. Puede mejorarse con vectores de selección de antenas, por ejemplo para realizar la selección de haz virtual.

- Para rangos más altos de W2 puede haber menos elementos por rango en comparación a las definiciones de rango de W2.

10 • Los libros de códigos W1 y W2 pueden utilizarse tanto para la virtualización de antenas como para la selección de antenas.

15 Estos principios y motivos de diseño se detallan por lo tanto en los siguientes tres ejemplos. Cada uno de estos tres ejemplos son para una estructura/combinación de un libro de códigos para reporte de CSI multi-granular basándose en un libro de códigos dual. En dichos ejemplos, los subíndices indican las dimensiones de la matriz de precodificación; I indica la matriz de identidad; R8 se refiere a libros de códigos LTE versión 8, RI se refiere a un indicador de rango, PMI1 se refiere a un reporte de ancho de banda de un libro de códigos W1, y PMI2 se refiere a un ancho de banda o un reporte selector de frecuencia de un libro de códigos LTE versión 8 o del libro de códigos W2.

20 Para el primer ejemplo a continuación, en la tabla 1, los inventores toman en cuenta que el reporte del libro de códigos dual generalmente tiene más sentido en términos de compresión/precisión de retroalimentación para rangos de transmisión menores donde existe precisamente una estructura de sub-espacio espacial en el canal de transmisión inalámbrico. Para rangos de transmisión más altos, se observa normalmente una rica dispersión que tiende a descorrelacionar espacialmente el canal y de aquel modo reduce las ganancias de la precodificación de ancho de banda. Por este motivo son suficientes menos elementos por rango de transmisión en el libro de códigos W1 para estos altos rangos. Incluso una única matriz, la matriz de identidad, como precodificador para W1 se espera que proporcione un rendimiento adecuado en tales casos.

30 El segundo y tercer ejemplo de las tablas 2 y 3 proporcionan ejemplos no limitativos de otra estructura de libro de códigos dual posible a través de los 8 rangos de transmisión. Para brevedad, la siguiente descripción se refiere al caso de 8 antenas TX, pero el rango puede surgir también de la cantidad de antenas receptoras, y como se mencionó anteriormente estas enseñanzas pueden aplicarse fácilmente a los rangos máximos distintos al rango máximo de 8 tomado de la LTE versión 10.

Sin perder generalidad, en el siguiente ejemplo nos referimos a 8 antenas TX. Las técnicas aquí descritas son aplicables también a otra cantidad de antenas, por ejemplo 4 TX o más grandes que 8 TX.

40 Tabla 1: Primer ejemplo de estructura de libro de códigos

RI	PMI1	PMI2
1	W1 _{8x2} para RI = 1, 2	W2 _{2x1} (p.ej., libro de códigos 2 Tx V.-8 rango-1, posiblemente con el agregado de vectores de selección de antenas)
2		W2 _{2x2} (p.ej., libro de códigos 2 Tx V.-8 rango-2, posiblemente con el agregado de la matriz de identidad I _{2x2})
3	W1 _{axa} para RI=3 a 8 (p.ej., I _{8x8} o matriz diagonal que contiene correcciones de fase a los fines de la calibración)	W2 _{8x3} (es decir, libro de códigos 8 Tx rango-3)
4		W2 _{8x4} (es decir, libro de códigos 8 Tx rango-4)
5		W2 _{8x5} (es decir, libro de códigos 8 Tx rango-5)
6		W2 _{8x6} (es decir, libro de códigos 8 Tx rango-6)
7		W2 _{8x7} (es decir, libro de códigos 8 Tx rango-7)
8		W2 _{8x8} (es decir, libro de códigos 8 Tx rango-8)

45 Para este primer ejemplo, se observa normalmente un entorno de dispersión rica para los altos rangos de transmisión 3 a 8. La descorrelación de canal resultante reduce en gran medida las potenciales ganancias de la precodificación del ancho de banda, y por lo tanto un libro de códigos más complejo que la matriz de identidad para W1 ofrece pocas ventajas adicionales. Sin embargo, puede haber casos, por ejemplo en escenarios de antenas no calibradas, donde sería más eficaz una matriz diagonal que contenga correcciones de fase a los fines de la calibración.

50 Tabla 2: Segundo ejemplo de estructura de libro de códigos

RI	PMI1	PMI2
----	------	------

1	W1 _{8x2} para RI = 1, 2	W2 _{2x1} (p.ej., libro de códigos 2 Tx V.-8 rango-1, posiblemente con el agregado de vectores de selección de antenas)
2		W2 _{2x2} (p.ej., libro de códigos 2 Tx V.-8 rango-2)
3	W1 _{8x4} para RI = 3, 4	W2 _{4x3} (p.ej., libro de códigos 4 Tx V.-8 rango-3, posiblemente con el agregado de vectores de selección de antenas)
4		W2 _{4x4} (p.ej., libro de códigos 4 Tx V.-8 rango-4, posiblemente con el agregado de la matriz de identidad I _{4x4})
5	W1 _{8x8} para RI=5 a 8 (p.ej., I _{8x8} o matriz diagonal que contiene correcciones de fase a los fines de la calibración)	W2 _{8x5} (es decir, libro de códigos 8 Tx rango-5)
6		W2 _{8x6} (es decir, libro de códigos 8 Tx rango-6)
7		W2 _{8x7} (es decir, libro de códigos 8 Tx rango-7)
8		W2 _{8x8} (es decir, libro de códigos 8 Tx rango-8)

Para este segundo ejemplo, así como también para el tercer ejemplo que sigue, la descorrelación de canal (p.ej., debido a un entorno de dispersión rica) se observa normalmente para los rangos de transmisión 5 a 8, en contraposición a los rangos 3 a 8 en el primer ejemplo. El uso de la matriz de identidad para W1 en dichos 4 rangos superiores ofrece una ventaja similar a la detallada anteriormente con respecto al primer ejemplo y los 6 rangos superiores, con similar excepción de una matriz diagonal con correcciones de fase de calibración para el caso de antenas no calibradas.

Tabla 3: Tercer ejemplo de estructura de libro de códigos

RI	PMI1	PMI2
1	W1 _{8x4} para RI = 1, 2, 3, 4	W2 _{4x1} (p.ej., rango-1 V.-8 4 Tx libro de códigos, posiblemente con el agregado de vectores de selección de antenas)
2		W2 _{4x2} (p.ej., rango-2 V.-8 4 Tx libro de códigos, posiblemente con el agregado de vectores de selección de antenas)
3		W2 _{4x3} (p.ej., rango-3 V.-8 4 Tx libro de códigos, posiblemente con el agregado de vectores de selección de antenas)
4		W2 _{4x4} (p.ej., rango-4 V.-8 4 Tx libro de códigos, posiblemente con el agregado de la matriz de identidad I _{4x4})
5	W1 _{8x8} para RI=5 a 8 (p.ej., I _{8x8} o matriz diagonal que contiene correcciones de fase a los fines de la calibración)	W2 _{8x5} (es decir, libro de códigos rango-5 8 Tx)
6		W2 _{8x6} (es decir, libro de códigos rango-6 8 Tx)
7		W2 _{8x7} (es decir, libro de códigos rango-7 8 Tx)
8		W2 _{8x8} (es decir, libro de códigos rango-8 8 Tx)

En las tablas anteriores no se muestra, pero están presentes en los libros de códigos W1 que ellas describen, que el libro de códigos W1 comprende conjuntos de matrices de precodificación de rango específico para cada rango. Para el libro de códigos W1 existen menos matrices de precodificación asociadas a rangos más altos (por ejemplo, RI=3 a 8) que asociadas a rangos más bajos (por ejemplo, RI1 y 2). A modo de ejemplo y no en forma limitativa, puede haber 6 o 10 o 20 matrices asociadas a cada uno de RI=1 y 2, y solo 2, 3, 4 o incluso solo 1 matriz de precodificación asociada a cada uno de los rangos superiores. En el segundo ejemplo mostrado en la tabla 2, puede haber varias o algunas matrices asociadas a cada uno de RI=3 y 4, dependiendo de la implementación específica. La matriz específica del libro de códigos W1 que selecciona el UE desde dentro de un rango particular depende en parte de la calidad del canal que mide o calcula.

Nótese también que para el libro de códigos W1 las matrices de precodificación asociadas a rangos por encima de un cierto rango son todas matrices diagonales. En los ejemplos de las tablas 2 y 3 anteriores, el cierto rango es RI=4, y por lo tanto RI=5 a 8 tienen solo matrices diagonales asociadas a dichos rangos. En cada uno de estos ejemplos, el cierto rango RI=4 divide el libro de códigos W1 a la mitad: la mitad de los rangos son mayores a RI=4 y la mitad son equivalentes o menores a RI=4 para estos ejemplos de 8 rangos. A pesar de que esto es verdadero en estos tres ejemplos, no es necesaria una limitación para todas las implementaciones de estas enseñanzas. En el ejemplo de la tabla 1 anterior, el cierto rango es RI=2, y por lo tanto RI=3 a 8 tienen solo matrices diagonales asociadas a dichos rangos. En cada uno de estos ejemplos, el cierto rango RI=2 divide el libro de códigos de modo tal que hay una mayor cantidad de rangos por encima de cierto rango como por debajo del mismo e incluyendo el cierto rango.

A continuación se brindan cinco principios de diseño para el diseño del libro de códigos W1. Varias realizaciones de la invención pueden utilizar una o más de ellos.

5 Primer Principio de diseño W1: LAS ENTRADAS NO DIAGONALES DE LIBROS DE CÓDIGOS SON UNA POTENCIAL SOLUCIÓN CUANDO TODAS O ALGUNAS DE LAS ANTENAS TX ESTÁN ALTAMENTE CORRELACIONADAS ESPACIALMENTE. AL VIRTUALIZAR MÚLTIPLES ELEMENTOS DE ANTENAS EN UNA CANTIDAD MENOR DE PUERTOS DE ANTENA MEDIANTE ANCHO DE BANDA/REPORTE DE LARGO PLAZO, TODAS ESTAS ANTENAS FÍSICAS DEBEN ESTAR ALTAMENTE CORRELACIONADAS.

10 El ancho de banda/reporte de largo plazo de W1 no es razonable si el canal no está lo suficientemente correlacionado, por lo tanto las estadísticas reportadas por W1 deberían ser lo suficientemente estables en tiempo y frecuencia. De acuerdo a los ejemplos en las tres tablas precedentes, se ve que la matriz de no identidad W1 solo necesita ser diseñada para escenarios de rango bajo, por ejemplo menor al rango 3 para el primer ejemplo o menor al rango 5 para el segundo y tercer ejemplos. En tal caso, la aplicación de W1 equivale a comprimir el canal de las 8 antenas físicas TX en 2 o 4 haces de canal para mayor precodificación / ortogonalización lograda por W2. Claramente, cuanto mayor es la potencial capacidad de canal que se mantiene tras la virtualización de la antena, mejor es W1. La capacidad del canal del sistema MIMO depende de la cantidad de antenas transmisoras/receptoras. Por lo tanto, la virtualización de antena llevada a cabo por W1 reducirá la cantidad de puertos de antenas eficaces, y reducirá la capacidad del canal en más o en menos. Sin embargo, esta degradación podría limitarse adaptando este principio de diseño de libro de códigos.

25 Segundo principio de diseño W1: LA REUTILIZACIÓN DE CB DE LA LTE VERSIÓN 8 4x1 PARA CUANTIFICACIÓN DE W1 8-POR-2 ES UNA SOLUCIÓN POTENCIAL. PARA LA CONFIGURACIÓN DE ANTENAS XP, PROPORCIONAR PALABRAS CLAVES SEPARADAS PARA LAS DOS POLARIZACIONES PUEDE TENERSE EN CUENTA, EN ESPECIAL PAR ANTENAS ENB NO CALIBRADAS.

30 En escenarios con antenas XP espaciadas de forma cercana y pequeño despliegue azimutal, los elementos de antenas co-polarizados están altamente correlacionados, pero las antenas inter-polarizadas son espacialmente independientes, es decir, no correlacionadas. Un ejemplo de realización del libro de códigos 8-por-2 es la virtualización de los 4 elementos de antenas de una polarización en un puerto de antena, y la virtualización de los otros 4 elementos en otro puerto. Ello implica que cada entrada de libro de códigos tiene solo 4 elementos no cero en cada una de sus columnas. Por lo tanto, para este ejemplo específico, las dos columnas pueden considerarse en forma separada, y por lo tanto el libro de códigos 4-por-1 puede ser suficiente. Ello inspira la reutilización de la cuantificación W1 8-por-2 del CB 4x1 de la LTE versión 8. En el documento R1-100852, se describe el modelo Kronecker, $HW2kronW1=[H'W1 H'W1]W2$, que significa que se utiliza la misma palabra clave para ambas polarizaciones. El documento R1-101462 presenta también un diseño similar de libro de códigos para el escenario XP. La preocupación es tener dos CWs separadas para las dos polarizaciones, que probablemente sean diferentes para antenas eNB no calibradas. El documento R1-100256 describe tener la misma palabra clave para ambas polarizaciones multiplicada por un término de co-fase, siendo la diferencia respecto del documento R1-101462 que R1-101462 tiene una única fase (-1), y elementos también en los lugares donde R1-100256 tiene ceros.

45 Tercer principio de diseño W1: EL CB 2x1 LTE VERSIÓN 8 PODRÍA REUTILIZARSE PARA LA CUANTIFICACIÓN W1 8-POR-4. Cuando se tiene en cuenta la retroalimentación W1 8-por-4, ello indica que las 8 antenas podrían dividirse en cuatro grupos, y las antenas intragrupo están altamente correlacionadas. A modo de ejemplo, asumiendo que cada grupo tiene dos elementos de antena, de modo similar al ejemplo anterior, el CB 2x1 LTE versión 8 podría reutilizarse para la cuantificación W1 8-por-4.

50 Cuarto principio de diseño W1: EL LIBRO DE CÓDIGOS W1 PUEDE UTILIZARSE PARA FINES DE CALIBRACIÓN, EN ESPECIAL EN CASOS DONDE W1 ESTÁ CALIFICADO COMO MATRIZ DIAGONAL EN LAS TABLAS 1-3. LAS PALABRAS CLAVE DE UNA CALIBRACIÓN DE LIBRO DE CÓDIGOS TIENE MÚLTIPLES MATRICES DIAGONALES, CUYOS ELEMENTOS DIAGONALES SON VALORES COMPLEJOS DE MÓDULO DE UNIDAD POR EJEMPLO SELECCIONADOS DE UN ALFABETO FINITO.

55 Para la transmisión de un rango superior a 2 (o 4) en los ejemplos de las tablas anteriores, el libro de códigos de W1 tiene menos elementos que para los rangos menores a 2 (respectivamente 4) y como caso especial puede consistir en una única palabra clave, que es una matriz de identidad 8x8. Sin embargo, la eNB puede emplear varias antenas no calibradas, y las diferentes compensaciones de fase de elementos de antena se consideran de frecuencia plana y lentamente variable con el tiempo. Por lo tanto, el libro de códigos W1 puede utilizarse para fines de calibración, y sus matrices de precodificación consisten en múltiples matrices diagonales cuyos elementos diagonales son valores complejos de módulos unitarios seleccionados por ejemplo de un alfabeto finito. Al emplear dicho método de calibración de antenas ayudado por W1, el diseño del libro de códigos W2 podría focalizarse en los escenarios calibrados, conduciendo a un menor tamaño de libro de códigos.

65 Quinto principio de diseño W1: OTRA OPCIÓN PARA LA ADAPTACIÓN DE W1 CONSISTE EN REALIZAR UNA COMBINACIÓN DE PALABRAS CLAVE (CW) EN UN ESPÍRITU DE DISEÑO JERÁRQUICO DE REFINAMIENTO DE CW.

La división natural de retroalimentación de largo plazo/corto plazo o banda ancha/banda estrecha no es necesariamente la misma que la división con dimensionamiento. La parte de W1 normalmente otorga la mayoría de la CSI en tamaño. Para la parte de W2, podría retroalimentarse un refinamiento para W1 + W2. Los componentes de largo plazo W1 y de corto plazo W1 se combinan y multiplican con W2. W1 es jerárquico, y W2 puede combinarse jerárquicamente con el W1 de largo plazo. En este caso, las dimensiones de matriz podrían coincidir a lo largo de la medida N si, por ejemplo, W1 fuera una matriz N*M y W2 fuera una matriz N*R (siendo R el rango de transmisión).

A continuación se ofrecen dos principios de diseño para el diseño del libro de códigos W2. Varias realizaciones de la invención pueden usar uno o más de estos principios.

Primer Principio de diseño W2: EL DISEÑO DE LIBRO DE CÓDIGOS DE RETROALIMENTACIÓN DE CORTO PLAZO W2 DEBERÍA CONSIDERAR PRINCIPALMENTE LOS ESCENARIOS DE CORRELACIÓN DE ANTENA BAJOS. Dado que W1 ha manejado la correlación y/o calibración de antenas, puede asumirse que los puertos de antenas virtualizados vistos por W2 exhiben baja correlación espacial.

Segundo principio de diseño W2: LAS PALABRAS SELECTORAS DE ANTENAS DEBERÍAN TENERSE EN CUENTA PARA EL DISEÑO DE LIBROS DE CÓDIGOS W2. Bajo la presunción anterior, para la transmisión de rango completo de W2 (por ejemplo, rango 2 para W1 8x2 o rango 4 para W1 8x4), la matriz de identidad podría ser una buena candidata para la selección de palabras clave. Para los casos donde la cantidad de grupos de antenas no correlativos es menor a la cantidad de columnas W1, deberían tenerse en cuenta palabras clave selectoras de antenas para el diseño de libros de códigos W2. Por ejemplo, en escenarios de antenas ULA espaciadas cercanamente y con pequeño despliegue azimutal, todos los puertos de antenas virtualizadas menos uno tienen un canal de desvanecimiento intenso eficaz. Las palabras clave selectoras de antenas deberían seleccionarse para W2 a fin de evitar el desperdicio de energía de transmisión. Por ejemplo, reutilizar los libros de códigos 2 TX LTE versión 8 (y el respectivo 4 TX) para W1 de tamaño 8x2 (resp. 8x4) con el agregado de vectores selectores de antenas para rangos menores a 2 (resp. 4) y la matriz de identidad para el rango equivalente a 2 (resp. 4) podría ofrecer un buen punto de partida para el diseño y punto de referencia W2.

Existe un principio adicional a tener en cuenta en el diseño del libro de códigos conjunto W1 y W2, o en otras palabras el precodificador multi-granular resultante. Por ejemplo, cuando esta última toma una forma de producto, cuando la propiedad de módulos constantes se requiere para el producto de W1 y W2, el diseño separado de libros de códigos W1 y W2 de módulo constante satisfecho puede no garantizar esta restricción en el libro de códigos conjunto resultante; pueden necesitarse algunas restricciones más.

Asumamos a modo de ejemplo que la fila i th de W1 es $[\alpha_{i1} \alpha_{i2} \dots \alpha_{ik}]$ y la columna j th de W2 es $[\beta_{1j} \beta_{2j} \dots \beta_{kj}]^T$. Entonces, el elemento (i,j) del producto de W1 y W2 puede expresarse como $\sum_k (\alpha_{ik} \cdot \beta_{kj})$. Dado que las fases de α_{ik} y β_{kj} podrían ser arbitrarias en cierto sentido, la amplitud de la suma puede tener varios valores posibles. Una solución para resolver este problema de módulos constantes consiste en definir que el conjunto $\{\alpha_{ik} \cdot \beta_{kj} \text{ donde } k=1,2,\dots,K\}$ tiene cuanto mucho solo un elemento no cero. Por ejemplo, la solución que reutiliza el CB 4x1 de la LTE versión 8 cumple con esta regla.

Se hace referencia ahora a la Figura 2A para ilustrar un diagrama de bloques simplificado de varios dispositivos electrónicos que son aptos para uso a fin de llevar a la práctica los ejemplos de realización de la presente invención. En la Figura 2A una red inalámbrica 1 se adapta para la comunicación con un aparato, tal como un dispositivo de comunicación móvil que se denomina UE 10, a través de un nodo de acceso a red, tal como un Nodo B (estación base), y más específicamente una eNB 12. La red 1 puede comprender un elemento de control de red (NCE) 14 que puede comprender la funcionalidad MME/S-GW mostrada en la Figura 1, y que proporciona conectividad con otra red, tal como una red telefónica y/o una red de comunicación de datos (p.ej., la Internet). El UE 10 comprende un procesador de datos (DP) 10A, una memoria (MEM) 10B que almacena un programa (PROG) 10C, y un transceptor 10D de radiofrecuencia (RF) adecuada para comunicaciones inalámbricas bidireccionales con la eNB 12, que comprende también un DP 12A, una MEM 12B que almacena un PROG, 12C, y un transceptor RF adecuado 12D. Dichas comunicaciones están sobre canales 11, tal como por ejemplo el PUCCH y el PUSCH. El UE 10 envía sus transmisiones precodificadas a través de dos o más antenas, a pesar de que puede usar una o más de las antenas para recepción sin apartarse de estas enseñanzas. También es posible que la terminal capaz de enlace ascendente SU-MIMO funcione en un modo de puerto de antena única donde el UE aparece como una terminal no MIMO desde el punto de vista de eNB. La eNB 12 tiene al menos una antena transmisora pero normalmente varias múltiples antenas para soportar su propia transmisión y recepción MU-MIMO a los múltiples UEs de los cuales uno o más pueden en cualquier instante involucrar transmisiones SU-MIMO utilizando precodificación de acuerdo a las presentes enseñanzas. La eNB 12 se acopla por medio de un módem (no mostrado) y un camino de datos 13 a un módem (no mostrado) del NCE 14. El camino de datos 13 puede implementarse como una interfaz S1 como se muestra en la Figura 1. Una instancia de una interferencia X2 15 puede estar presente para acoplarse a otro eNB como indica la Figura 2A.

Se asume que al menos uno de los PROGs 10C y 12C comprende instrucciones de programa que, al ejecutarse por el DP asociado, permite que el dispositivo funcione de acuerdo con los ejemplos de realización de la presente

invención. Es decir, los ejemplos de realización de la presente invención pueden implementarse al menos en parte por el software informático ejecutable por el DP 10A del UE 10 y/o por el DP 12A de la eNB 12, o por hardware, o por una combinación de software y hardware (y firmware).

5 A fin de describir los ejemplos de realización de la presente invención puede asumirse que el UE 10 comprende también un selector de matriz 10E, y la eNB 12 puede comprender un selector de matriz 12E. Para el DL descrito en los ejemplos de realización específicos, en particular el selector de la eNB 12E funciona para seleccionar las matrices W1 y W2 adecuadas de un precodificador conjunto que se reporta por el UE 10. El UE 10 selecciona también matrices W1 y W2 de los dos libros de códigos y multiplica las matrices seleccionadas juntas (o las combina lógicamente de otro modo) para generar una matriz de precodificación $W1*W2$ conjunta. La eNB 12 toma elementos específicos de frecuencia de los libros de códigos y los utiliza para precodificar una transmisión al UE en una sub-banda específica en dicha frecuencia (por ejemplo, una transmisión SU-MIMO o una transmisión MU-MIMO). El UE 10 puede también decodificar la transmisión que recibe de la eNB 12 utilizando el precodificador conjunto que reportó. En una realización, los selectores de matriz 10E, 12E se implementan en software; en otra realización, se implementan en hardware (DP y/u otros circuitos); y en una realización adicional, se implementan en una combinación de software y hardware y/o firmware. El selector de matriz 12E selecciona, para un rango de transmisión deseado, los matrices W1 y W2 adecuados desde los respectivos primer y segundo conjuntos de matrices de precodificación almacenados en la MEM local, tal como los conjuntos mostrados en los ejemplos de las tablas 1 a 3 anteriores. Nótese que seleccionar $Rl=x$ para ambos libros de códigos no siempre resultan en un precodificador conjunto de rango x; multiplicar las matrices seleccionadas entre sí puede producir un rango diferente para el precodificador conjunto, como se conoce en la técnica.

Nótese también que el UE puede informar al precodificador conjunto de diferentes maneras. En una realización, la información del precodificador conjunto que se reporta al nodo de red comprende indicadores separados de la primera matriz de precodificación W1 seleccionada y la segunda matriz de precodificación W2 seleccionada. La eNB puede entonces multiplicarlas o de otro modo combinarlas para formar el precodificador conjunto que utiliza para su transmisión de enlace descendente. En otra realización, la información en el precodificador conjunto que reporta el UE 10 al nodo de red comprende un indicador de una combinación lógica de la primera matriz de precodificación W1 seleccionada combinada con la segunda matriz de precodificación W2 seleccionada.

En general, las varias realizaciones del UE 10 pueden comprender, sin limitación, teléfonos celulares, asistentes personales digitales (PDAs) que poseen capacidades de comunicación inalámbrica, ordenadores portátiles que poseen capacidades de comunicación inalámbrica, dispositivos de captura de imágenes tal como cámaras digitales que poseen capacidades de comunicación inalámbrica, dispositivos de juegos que poseen capacidades de comunicación inalámbrica, aparatos de almacenamiento de música y repetición que poseen capacidades de comunicación inalámbrica, aparatos de Internet que permiten el acceso inalámbrico a Internet y navegar, así como también unidades portátiles o terminales que incorporan combinaciones de dichas funciones.

Las MEMs 10B y 12B pueden ser de cualquier tipo apto al entorno técnico local y pueden implementarse utilizando cualquier tecnología de almacenamiento de datos adecuada, tal como dispositivos de memoria basados en semiconductores, memoria flash, dispositivos y sistemas de memoria magnética, dispositivos y sistemas de memoria óptica, memoria fija y memoria removible. Los DPs 10A y 12A pueden ser de cualquier tipo apto para el entorno técnico local, y pueden comprender uno o más ordenadores de uso general, ordenadores de uso especial, microprocesadores, procesadores de señales digitales (DSPs) y procesadores basados en una arquitectura de procesador multinúcleo, a modo de ejemplos no limitativos.

Normalmente existirá una pluralidad de UEs 10 en la celda atendida por la eNB 12, y las transmisiones de la eNB a estos UEs se multiplexa en los varios PDCCHs. Los UEs 10 pueden o pueden no construirse idénticamente, pero en general se asumen que todos son eléctrica y lógicamente compatibles con los correspondientes protocolos de red y normas necesarias para su funcionamiento en la red inalámbrica 1.

A continuación se describen más detalles e implementaciones en particular con referencia a las Figuras 3A-B. A pesar de que tanto el UE 10 como la eNB 12 pueden usar estas enseñanzas para sus propias transmisiones precodificadas, sin pérdida de la generalidad la siguiente descripción de la Figura 3A está desde la perspectiva del UE 10, y para la Figura 3B está desde la perspectiva de la eNB 12. Desde la perspectiva tanto del UE como de la eNB, ejemplos de realización de la presente invención abarcan un método; un aparato que comprende un procesador y memoria que almacena un programa y posiblemente también un transmisor y un receptor; y una memoria que contiene un programa de computadora; que funciona a lo largo de las líneas mostradas en las Figuras 3A-B.

Específicamente en la Figura 3A, en el bloque 302 el UE selecciona una primera matriz de precodificación W1 desde un primer libro de códigos (que se dirige a la información sobre el estado del canal de largo plazo, ancho de banda o a una sub-banda de frecuencia específica). El largo plazo se define con relación a la información sobre el estado del canal de corto plazo proporcionado por la matriz de precodificación W2, detallada a continuación en el bloque 306. Como se mencionó anteriormente para cada uno de los ejemplos en las tres tablas 1-3 precedentes, el primer libro de códigos se caracteriza porque hay menos matrices de precodificación asociadas a rangos más altos que

asociadas a rangos más bajos. Específicamente, en el primer libro de códigos no hay rango que tenga más matrices de precodificación asociadas a él que asociadas a cualquier rango inferior de dicho mismo primer libro de códigos.

5 En el bloque 304 se estipula que el primer libro de códigos se caracteriza por matrices de precodificación asociadas a rangos más altos que cierto rango siendo todas matrices diagonales. Esto se muestra también en cada uno de los tres ejemplos en las tablas 1-3 anteriores; las matrices para todos los rangos superiores a $RI=4$ tienen solo matrices de identidad $8*8$ que son casos especiales de matrices diagonales. Cada uno de $RI=5$ a 8 pueden tener una o más de dichas matrices diagonales.

10 En el bloque 306 se selecciona una segunda matriz de precodificación $W2$ de rango específico desde un segundo libro de códigos (que se dirige a información sobre el estado del canal de corto plazo y/o propiedades de canal selectoras de frecuencia pero que pueden alternativamente dirigirse a propiedades de canal de ancho de banda). En un ejemplo de realización, la segunda matriz de precodificación $W2$ se selecciona con referencia a la primera matriz de precodificación $W1$; $W2$ se selecciona luego de $W1$ en el canal equivalente y se construye a partir de un canal de radio actual en combinación con $W1$. En el bloque 308 se estipula que el segundo libro de códigos se caracteriza por matrices de precodificación de diferentes tamaños asociadas a cada uno de los rangos totales N , donde N es un número entero que en los tres ejemplos anteriores es igual a ocho. Cada uno de los ejemplos en las tres tablas 1-3 anteriores muestra una matriz de precodificación de distinto tamaño para cada rango diferente para dicho segundo libro de códigos utilizado para seleccionar $W2$. Por ejemplo, en la tabla 1 estos tamaños de matriz operan $2*1$, $2*2$, $8*3$, $8*4$, etc. aumentando hasta $8*8$. Tanto el primer libro de códigos de las matrices de precodificación $W1$ para la información sobre el estado del canal de largo plazo y el segundo libro de códigos de las matrices de precodificación $W2$ para la información sobre el estado del canal de corto plazo/frecuencia específica se almacenan en la MEM local del UE 10 (y también en la MEM de la eNB 12).

25 En el bloque 310 la primera matriz de precodificación seleccionada se combina lógicamente con la segunda matriz de precodificación seleccionada para formar un precodificador conjunto específico para un rango deseado (el rango deseado puede o puede no ser el mismo que el rango de las matrices seleccionadas individuales, dado que dichas matrices se combinan lógicamente). En los ejemplos específicos anteriores las dos matrices de precodificación seleccionadas se multiplican entre sí, pero puede utilizarse alguna otra combinación lógica en su lugar. Luego, en el bloque 312 la información en el precodificador conjunto se reporta a un nodo de red sobre una transmisión de enlace ascendente. A modo de ejemplo, el nodo de red puede ser una eNB 12 de un sistema LTE versión 10, o un nodo de relé o cualquier otro nodo de acceso de radio.

35 Las flechas de líneas punteadas de la Figura 3 representan elementos opcionales, consistentes con ciertos criterios de diseño detallados anteriormente. En el bloque 314 el rango deseado utilizado para seleccionar del primer y segundo libros de códigos no es mayor al número más bajo de antenas transmisoras N_t y la cantidad de antenas receptoras N_r involucradas en enviar la transmisión en el bloque 312.

40 El bloque 316 lista varias características adicionales del primer libro de códigos de $W1$ para la información sobre el estado del canal de largo plazo, características que surgen del diseño de acuerdo con las enseñanzas contempladas anteriormente. Estas pueden estar presentes individualmente en una realización particular o múltiples de dichas características pueden estar presentes en una realización individual. Una característica del primer libro de códigos (que porta las matrices $W1$) en el bloque 316 es que al menos una matriz diagonal del primer libro de códigos (que es una matriz de precodificación asociada a un rango por encima de cierto rango) comprende una versión en escala de una matriz de identidad de tamaño $N_t * N_t$. Dicha matriz diagonal puede portar elementos de calibración de antenas.

50 Otra característica del primer libro de códigos en el bloque 316 es que comprende matrices de precodificación derivadas de disposiciones de palabras clave definidas por libros de códigos LTE v.-8; y además el primer libro de códigos en una realización consiste en libros de códigos jerárquicos.

55 El bloque 318 lista varias características adicionales del segundo libro de códigos para información sobre el estado del canal de corto plazo, características que surgen de diseñar de acuerdo con las enseñanzas mencionadas anteriormente. Estas también pueden estar presentes en forma individual en una realización particular o múltiples de dichas características pueden estar presentes en una realización individual. Una característica del segundo libro de códigos en el bloque 318 es que el segundo libro de códigos comprende un libro de códigos LTE v.-8; y comparado a los matrices de $W1$ en cualquiera de los tres ejemplos anteriores se ve que el tamaño de la matriz de precodificación del segundo libro de códigos asociada a un rango superior es el mismo tamaño que las matrices diagonales del primer libro de códigos. Adicionalmente, la matriz de precodificación del segundo libro de códigos asociada al más bajo de los rangos N se caracteriza por tener vectores de selección de antenas. Y también como se muestra para $RI=2$ para el primer ejemplo y $RI=4$ para el segundo y tercer ejemplos de las tablas 1-3, hay al menos una matriz del segundo libro de códigos asociada ni a un rango más bajo ni a un rango más alto ($RI=1$ y 8 en los ejemplos anteriores) que se construye con una matriz de identidad.

65 Los pasos de proceso de la Figura 3A pueden, por ejemplo, seguirse por el UE 10 donde se envía el reporte en su enlace ascendente. Nótese que los varios bloques mostrados en la Figura 3A para una entidad particular (en

particular, UE) pueden visualizarse como pasos de método, y/o como operaciones que resultan de la operación de códigos de programa de computadora, y/o como una pluralidad de elementos de circuito lógico acoplados contruidos para llevar a cabo las funciones asociadas.

5 En la Figura 3B se muestra un proceso de ejemplo desde la perspectiva de una eNB 12. La eNB recibe en el bloque 350 desde un equipo de usuario una indicación de un precodificador conjunto. En el bloque 352 determina a partir de la indicación recibida una primera matriz de precodificación W1. Esto lo hace accediendo a un primer libro de códigos almacenado en su memoria, y este libro de códigos es el mismo que el almacenado en el UE 10. El primer libro de códigos comprende conjuntos de matrices de precodificación de rango específico y se caracteriza por que
10 hay menos matrices de precodificación asociadas a rangos más altos que asociadas a rangos más bajos, y el primer libro de códigos se caracteriza además por matrices de precodificación asociadas a rangos por encima de cierto rango, siendo todas matrices diagonales.

En el bloque 354 la eNB 12 determina a partir de la indicación recibida una segunda matriz de precodificación W2.
15 Esto también lo realiza accediendo a un segundo libro de códigos almacenado en la memoria, pero en este caso, como para el UE 10, el segundo libro de códigos se caracteriza por matrices de precodificación de diferentes tamaños asociados a cada uno de los rangos totales N. N es por supuesto un número entero mayor a uno. La eNB 12 utiliza entonces en el bloque 356 al menos las primera y segunda matrices de precodificación determinadas para codificar espacialmente una transmisión a al menos el equipo de usuario. La eNB 12 puede utilizar precodificadores
20 conjuntos que recibe de múltiples UEs para determinar su propio precodificador conjunto para enviar un mensaje MU-MIMO a dichos múltiples UEs.

Los pasos de proceso de la Figura 3B pueden por ejemplo seguirse por la eNB 12 para sus propias transmisiones de DL. Nótese que los varios bloques mostrados en la Figura 3B para una entidad particular (eNB en particular, pero
25 también podría realizarse mediante un nodo de relé, por ejemplo) pueden verse como pasos de método, y/o como operaciones que resultan del funcionamiento del código de programa de computadora, y/o como una pluralidad de elementos de circuito lógicos acoplados para llevar a cabo las funciones asociadas.

En un ejemplo de realización de la presente invención hay un aparato que comprende al menos un procesador y al
30 menos una memoria que almacena un programa de instrucciones legibles por ordenador, donde el al menos un procesador se configura para funcionar con la memoria y el programa almacenado para hacer que el aparato cumpla al menos los elementos previstos en las Figuras 3A o 3B. En otro ejemplo de realización de la presente invención hay una memoria que almacena un programa de instrucciones que al ser ejecutado por un procesador genera acciones que comprenden las contempladas en las Figuras 3A o 3B.
35

En general, los varios ejemplos de realización de la invención pueden implementarse en hardware o circuitos de fines especiales, software, lógica o cualquier combinación de ellos. Por ejemplo, algunos aspectos pueden implementarse en hardware, mientras que otros aspectos pueden implementarse en firmware o software que pueden ejecutarse mediante un controlador, un microprocesador u otro dispositivo informático, a pesar de que la invención
40 no se limita a ello. Aunque pueden ilustrarse y describirse varios aspectos de los ejemplos de realización de la presente invención como diagramas de bloque, diagramas de flujo, o utilizando alguna otra representación pictórica, se entiende que estos bloques, aparatos, sistemas, técnicas o métodos aquí descritos pueden implementarse en, a modo de ejemplo no limitativo, hardware, software, firmware, circuitos de fines especiales o lógica, hardware de fines generales o controladores u otros dispositivos informáticos, o alguna combinación de ellos. Como tales, debe
45 apreciarse que al menos algunos aspectos de los ejemplos de realización de las invenciones pueden llevarse a la práctica en varios componentes tales como chips de circuitos integrados y módulos.

Varias modificaciones y adaptaciones pueden tornarse aparentes a los expertos en las técnicas correspondientes en vista de la descripción anterior de EP 2 556 638 B1, al leerse conjuntamente con los dibujos y reivindicaciones
50 adjuntas. Por ejemplo, ciertos bloques mostrados en las Figuras 3A-B pueden ejecutarse en otro orden que el mostrado, y ciertos cálculos descritos pueden realizarse de otros modos.

Además, a pesar de que los ejemplos de realización han sido descritos anteriormente en el contexto del sistema de la LTE versión 10, debería apreciarse que los ejemplos de realización de la presente invención no se limitan para
55 uso con solo este tipo particular de sistema de comunicación inalámbrica, y que pueden usarse para tomar ventaja en otros tipos de sistemas de comunicación inalámbrica que utilizan retroalimentación tanto de largo plazo como de corto plazo.

Debería aclararse que los términos "conectado", "acoplado" o cualquier variante de ellos, significa toda conexión o
60 acoplamiento, directo o indirecto, entre dos o más elementos, y puede abarcar la presencia de uno o más elementos intermedios entre dos elementos que están "conectados" o "acoplados" entre sí. El acoplamiento o la conexión entre los elementos puede ser física, lógica o una combinación de ellos. Según se emplea aquí, dos elementos pueden considerarse "conectados" o "acoplados" entre sí mediante el uso de uno o más alambres, cables y/o conexiones eléctricas impresas, así como también mediante el uso de energía electromagnética, tal como la energía
65 electromagnética que tiene longitudes de onda en la región de radiofrecuencia, la región de microondas y la región óptica (tanto visible como invisible), a modo de varios ejemplos no limitantes ni exhaustivos.

Además, algunas de las funciones de los ejemplos de la presente invención pueden usarse ventajosamente sin el correspondiente uso de otras funciones. De tal modo, la descripción anterior debería considerarse simplemente ilustrativa de los principios, enseñanzas, ejemplos y ejemplos de realización de la presente invención, y no en forma restrictiva de la misma.

5

REIVINDICACIONES

1. Un método, que comprende:

5 seleccionar una primera matriz de precodificación W1 de un primer libro de códigos que comprende conjuntos de matrices de precodificación de rango específico,

10 donde para el primer libro de códigos hay las mismas o menos matrices de precodificación cuando los rangos aumentan, y donde las matrices de precodificación asociadas a rangos por encima de un cierto rango son todas matrices diagonales;

15 usar la primera matriz de precodificación W1 seleccionada para seleccionar una segunda matriz de precodificación W2 de rango específico desde un segundo libro de códigos de forma tal que la primera y la segunda matrices de precodificación seleccionadas forman un precodificador conjunto específico para un rango deseado, en el que el segundo libro de códigos comprende matrices de precodificación de diferentes tamaños asociados a rangos totales N, donde N es un número entero mayor de uno; y

20 proporcionar información sobre el precodificador conjunto a un nodo de red (12) sobre una transmisión de enlace ascendente, donde la primera matriz de precodificación W1 se dirige a propiedades de ancho de banda y/o de canal de largo plazo; y

la segunda matriz de precodificación se dirige a propiedades de canal selectoras de frecuencia y/o de corto plazo.

2. Un aparato (10), que comprende:

25 medios para seleccionar una primera matriz de precodificación W1 a partir de un primer libro de códigos que comprende conjuntos de matrices de precodificación de rango específico, donde para el primer libro de códigos hay las mismas o menos matrices de precodificación cuando los rangos aumentan, y donde las matrices de precodificación asociadas a rangos por encima de un cierto rango son todas matrices diagonales;

30 medios para usar la primera matriz de precodificación W1 seleccionada para seleccionar una segunda matriz de precodificación W2 de rango específico a partir de un segundo libro de códigos de modo tal que la primera y la segunda matrices de precodificación seleccionadas forman un precodificador conjunto específico para un rango deseado, en el que el segundo libro de códigos comprende matrices de precodificación de diferentes tamaños asociadas a rangos totales N, donde N es un número entero mayor de uno; y

35 medios para proporcionar información sobre el precodificador conjunto a un nodo de red (12) sobre una transmisión de enlace ascendente, donde la primera matriz de precodificación W1 se dirige a propiedades de ancho de banda y/o de canal de largo plazo; y

40 la segunda matriz de precodificación se dirige a propiedades de canal selectoras de frecuencia y/o de corto plazo.

45 3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 2, donde el rango deseado no es mayor que el número Nt más bajo de antenas transmisoras y el número Nr de antenas receptoras involucradas en una comunicación desde el nodo de red (12).

50 4. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2-3, donde al menos una matriz diagonal del primer libro de códigos que es una matriz de precodificación asociada a un rango por encima del cierto rango comprende una versión en escala de una matriz de identidad de tamaño Nt * Nt, donde Nt es un numero de antenas transmisoras.

55 5. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2-4, donde el primer libro de códigos comprende matrices de precodificación derivadas de disposiciones de palabras clave definidas por los libros de códigos LTE v.-8, y donde el segundo libro de códigos comprende un libro de códigos LTE v.-8.

6. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2-5, donde la matriz de precodificación del segundo libro de códigos asociado al menor de los rangos N tiene vectores de selección de antenas.

60 7. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2-5, donde el primer libro de códigos consiste en libros de códigos jerárquicos.

8. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2-5, donde el cierto rango divide el primer libro de códigos a la mitad de modo tal que hay cantidades iguales de números de rangos por encima del cierto rango así como también por debajo e incluyendo el cierto rango.

65

9. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2-5, donde el cierto rango divide el primer libro de códigos de modo tal que hay una cantidad mayor de rangos por encima del cierto rango que por debajo e incluyendo el cierto rango.
- 5 10. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2-5, donde la información en el precodificador conjunto que se proporciona al nodo de red comprende indicadores separados de la primera matriz de precodificación W1 seleccionada y de la segunda matriz de precodificación W2 seleccionada.
- 10 11. El aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2-5, donde la información sobre el precodificador conjunto que se proporciona al nodo de red (12) comprende un indicador de una combinación lógica de la primera matriz de precodificación W1 seleccionada combinada con la segunda matriz de precodificación W2 seleccionada.
- 15 12. Una memoria legible por ordenador que almacena instrucciones de programa para llevar a cabo el método de acuerdo con la reivindicación 1 cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador.
13. Un aparato (12), que comprende:
- 20 medios para determinar, a partir de un indicador recibido de un precodificador conjunto, una primera matriz de precodificación W1 accediendo a un primer libro de códigos almacenado en la memoria, comprendiendo el primer libro de códigos conjuntos de matrices de precodificación de rango específico, donde para el primer libro de códigos hay las mismas o menos matrices de precodificación a medida que los rangos aumentan, y donde las matrices de precodificación asociadas a rangos por encima de un cierto rango son todas matrices diagonales;
- 25 medios para determinar a partir de un indicador recibido una segunda matriz de precodificación W2 accediendo a un segundo libro de códigos almacenado en la memoria, el segundo libro de códigos comprende matrices de precodificación asociadas de diferentes tamaños con rangos totales N, donde N es un número entero mayor de uno; y
- 30 medios para usar al menos la primera y la segunda matrices de precodificación determinadas para codificar espacialmente una transmisión a al menos un equipo de usuario (10),
- 35 donde la primera matriz de precodificación W1 se dirige a propiedades de ancho de banda y/o de canal de largo plazo; y
- la segunda matriz de precodificación se dirige a propiedades selectoras de frecuencia y/o de corto plazo.

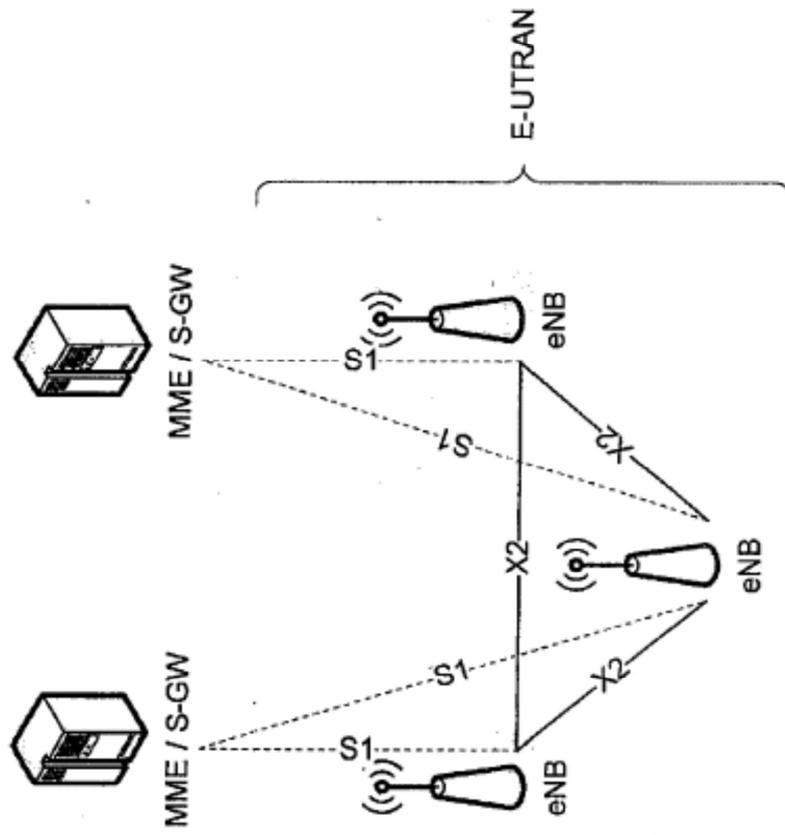


Figura 1: Técnica anterior

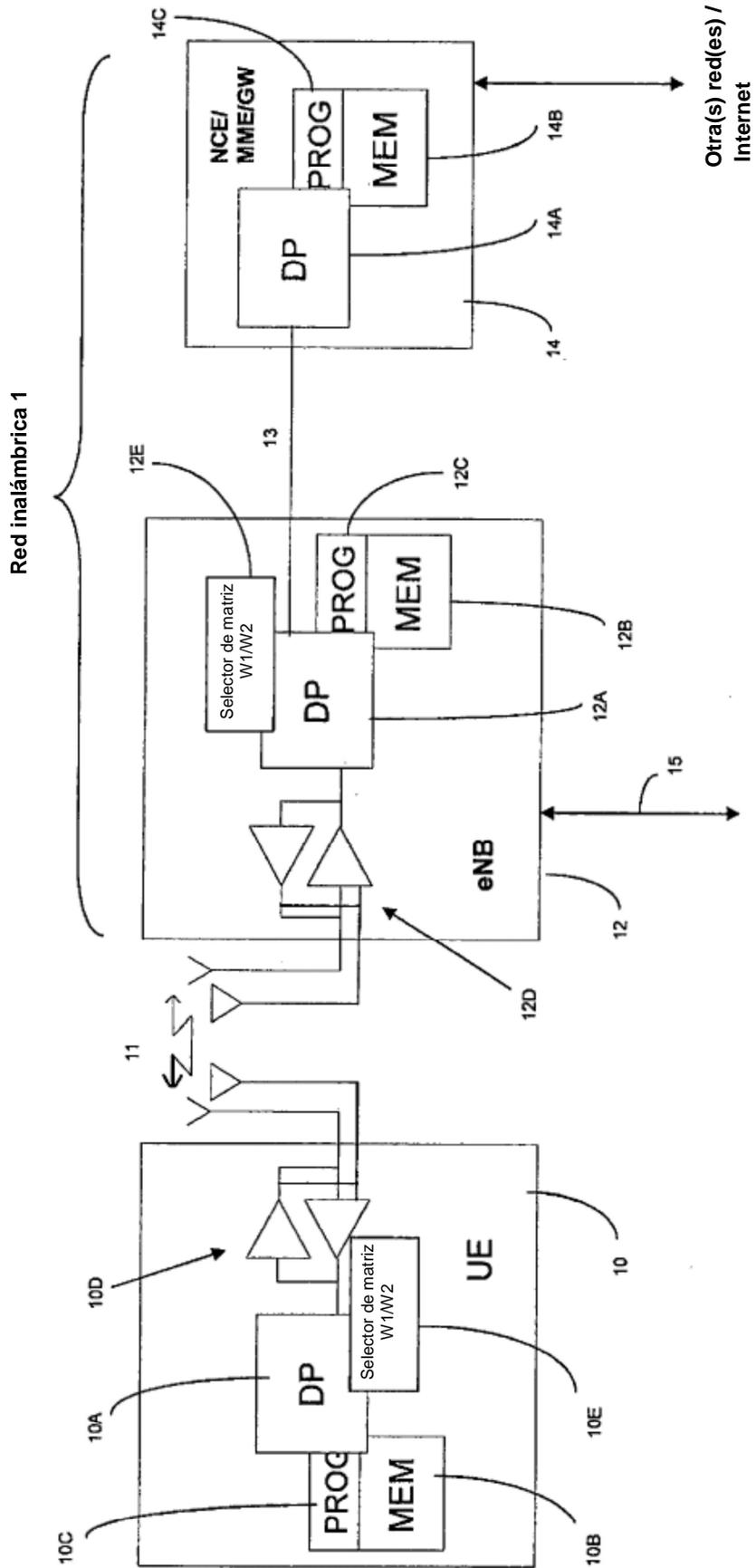


Figura 2A

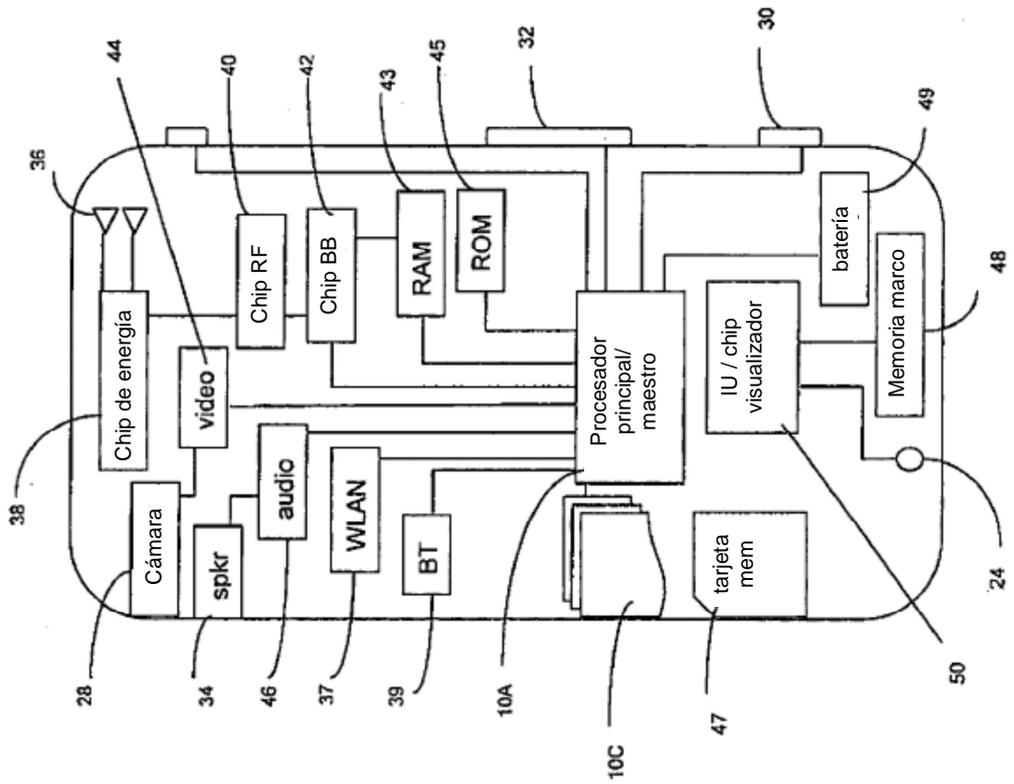
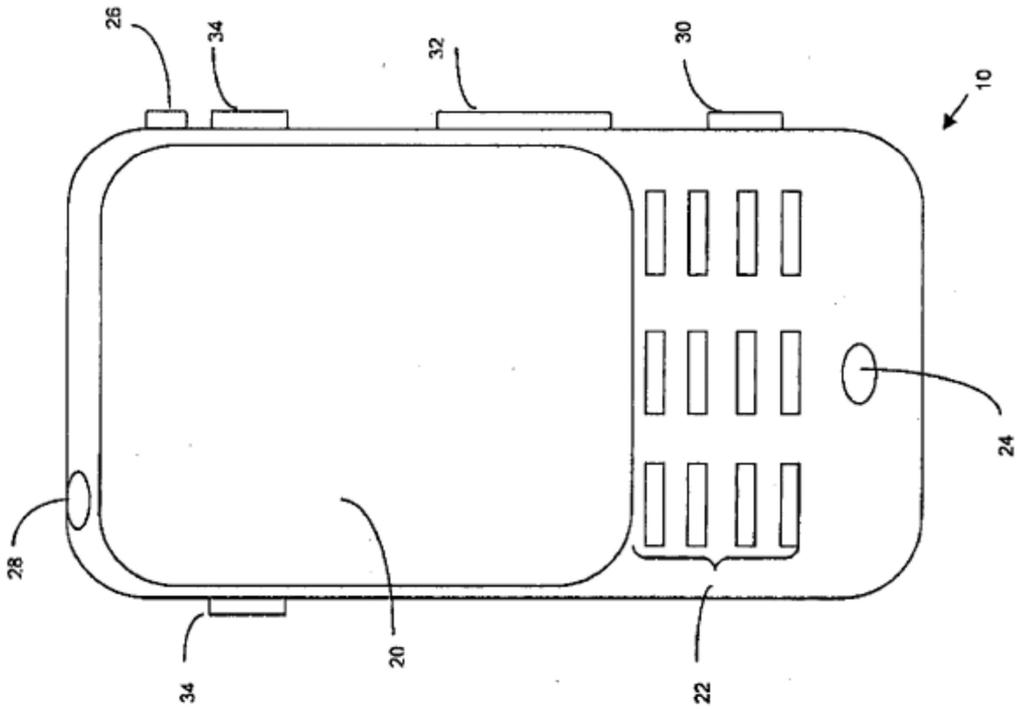


Figura 2B



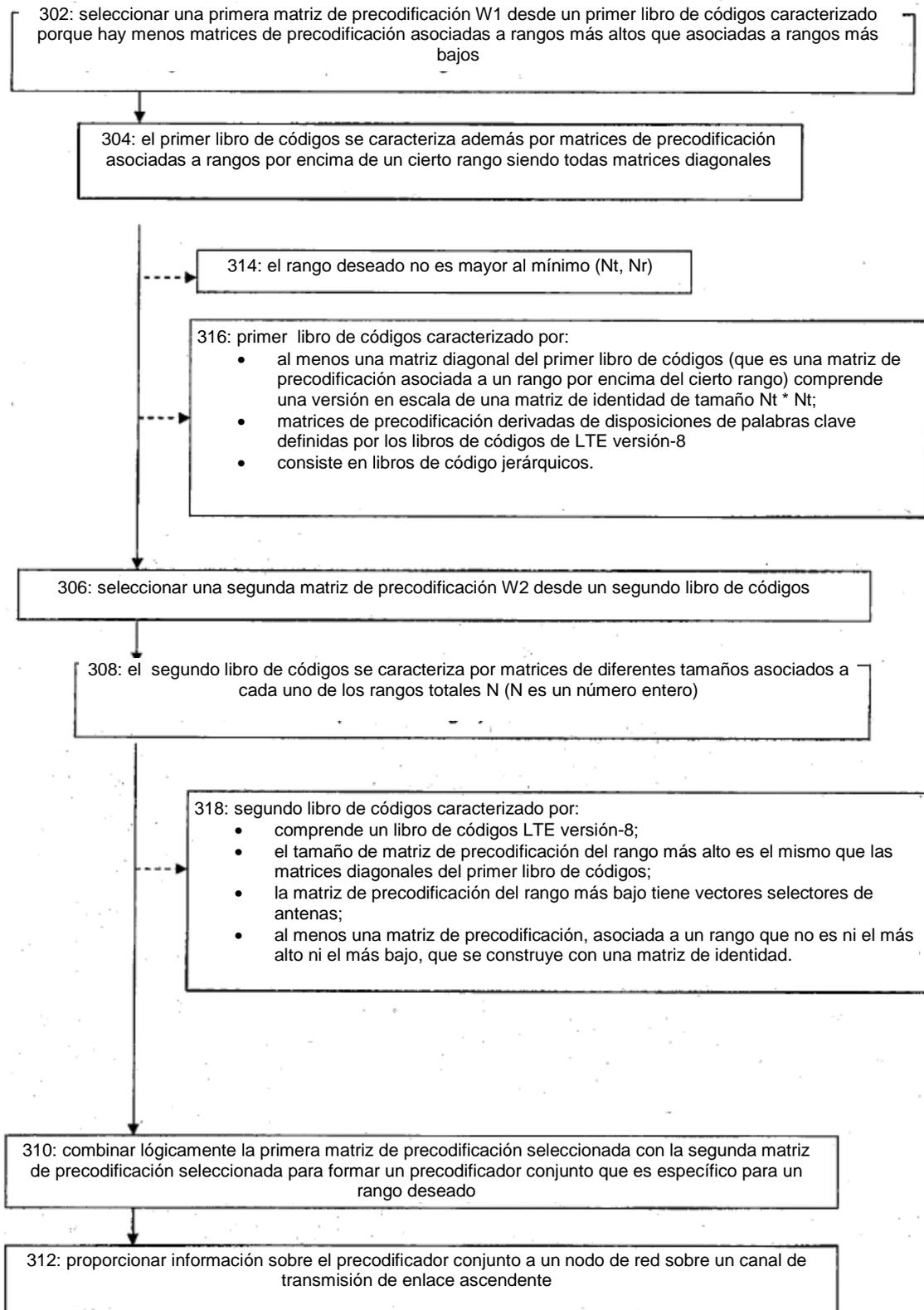


Figura 3A

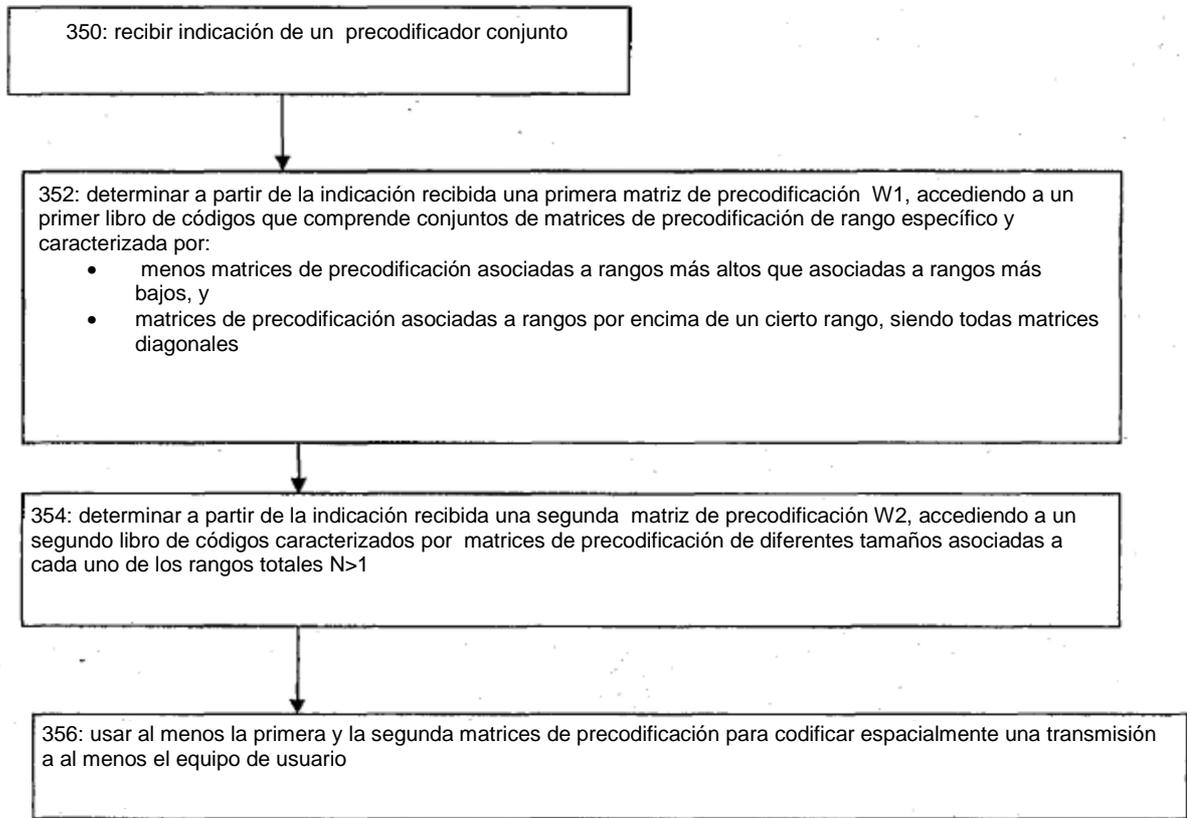


Figura 3B