

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 699**

51 Int. Cl.:

H04L 25/03 (2006.01)

H04B 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.06.2010 PCT/CN2010/073463**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2011 WO11150559**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2010 E 10852358 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 2577923**

54 Título: **Aparato, método y producto de programa informático para seleccionar un grupo de haces y un subconjunto de haces en un sistema de comunicación**

30 Prioridad:

01.06.2010 WO PCT/CN2010/073411

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

16.11.2020

73 Titular/es:

**BEIJING XIAOMI MOBILE SOFTWARE CO., LTD.
(100.0%)**

**Room 01, Floor 9, Rainbow City Shopping Mall of,
China Resources, No. 68, Qinghe Middle Street,
Haidian District
Beijing 100085, CN**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 793 699 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

Aparato, método y producto de programa informático para seleccionar un grupo de haces y un subconjunto de haces en un sistema de comunicación

5

Campo técnico

La presente invención se refiere, en general, a sistemas de comunicación y, en particular, a un aparato, un método y un sistema para seleccionar un grupo de haces y un subconjunto de haces en un sistema de comunicación.

10

Antecedentes

La Evolución a Largo Plazo ("LTE") del Proyecto Asociación de la Tercera Generación ("3GPP"), también denominada como 3GPP LTE, se refiere a la investigación y desarrollo que implica a la Versión 8 de 3GPP LTE y superiores, que es el nombre generalmente usado para describir un esfuerzo en curso a través de la industria que tiene como objetivo identificar tecnologías y capacidades que mejoran sistemas tales como el sistema universal de telecomunicación móvil ("UMTS"). La notación "LTE-A" se usa en general en la industria para hacer referencia a mejoras adicionales en LTE. Los objetivos de este proyecto de amplia base incluyen mejorar la eficacia de la comunicación, reducir costes, mejorar servicios, hacer uso de nuevas oportunidades de espectro y conseguir mejor integración con otras normas.

15

20

La red de acceso de radio terrestre universal evolucionada ("E-UTRAN") en 3GPP incluye estaciones base que proporcionan terminaciones de protocolo de plano de usuario (incluyendo las subcapas del protocolo de convergencia de datos de paquetes/control de enlace de radio/control de acceso al medio/físico ("PD-CP/RLC/MAC/PHY")) y del plano de control (incluyendo la subcapa de control de recursos de radio ("RRC")) hacia dispositivos de comunicación inalámbrica tales como teléfonos celulares. Un dispositivo o terminal de comunicación inalámbrica es conocido de manera general como equipo de usuario (también denominado como "UE"). Una estación base es una entidad de una red de comunicación a menudo denominada como un nodo B o un NB. Particularmente en la E-UTRAN, una estación base "evolucionada" se denomina como un eNodo B o un eNB. Para detalles acerca de la arquitectura global de la E-UTRAN, véase la Especificación Técnica del 3GPP ("TS") 36.300 v8.7.0 (12-2008). Para detalles del control de gestión de recursos de radio, véase 3GPP TS 25.331 v.9.1.0 (12-2009) y 3GPP TS 36.331 v.9.1.0 (12-2009).

25

30

Ya que los sistemas de comunicación inalámbrica tales como sistemas de comunicación de telefonía celular, por satélite y de microondas se han desplegado ampliamente y continúan atrayendo un número creciente de usuarios, existe una necesidad urgente de adaptar un número grande y variable de dispositivos de comunicación que transmiten una cantidad creciente de datos con una asignación espectral fijada y potencia de transmisión limitada. La cantidad aumentada de datos es una consecuencia de que los dispositivos de comunicación inalámbrica transmiten información de vídeo y navegan por Internet, así como realizan comunicación de voz ordinaria. Para tratar estas necesidades en curso, un asunto actual de interés general en 3GPP es el uso eficaz de transmisión celular espacialmente multiplexada. El uso eficaz de transmisión espacialmente multiplexada puede posibilitar que se transmita una tasa de datos superior por hercio ("Hz") de ancho de banda a un nivel de potencia de transmisión limitado, posibilitando de esta manera que se transmita una cantidad de datos mayor por un dispositivo de comunicación inalámbrica en un periodo de tiempo más corto, o, de manera equivalente, la adaptación de operación sustancialmente simultánea de un número mayor de dispositivos de comunicación inalámbrica.

35

40

45

Para cumplir requisitos de eficacia espectral pico (hasta 30 bit(s)/Hz), se normalizará el soporte de hasta ocho antenas de transmisión ("Tx") en un enlace descendente ("DL") en LTE de 3GPP Rel-10, posibilitando la transmisión espacialmente multiplexada de enlace descendente con hasta ocho capas espaciales. Tanto múltiple entrada/múltiple salida ("MIMO") de ocho transmisiones como la múltiple entrada/múltiple salida de múltiples usuarios ("MU-MIMO") mejorada se están acordando ahora para que sean parte de un elemento de trabajo de la Rel-10 en transmisión de MIMO de enlace descendente mejorada. Tales procesos posibilitarán que se transmita la tasa de datos superior con un nivel de potencia de transmisor limitada por hercio de ancho de banda.

50

Sin embargo, los procesos para posibilitar que un dispositivo de comunicación inalámbrica comunique información de estado de canal y otra relacionada de vuelta a una estación base de modo que pueda realizarse de manera eficaz transmisión espacialmente multiplexada en un enlace descendente por la estación base introduce un número de desafíos. Uno de los inconvenientes más problemáticos es cómo tratar con la dimensionalidad de canal de comunicación aumentada y los grados de libertad asociados con la formación de haces de antena de enlace descendente (también conocido como precodificación de transmisión) sin información de estado de canal que informe de la sobrecarga del canal de comunicación de enlace ascendente para el dispositivo de comunicación inalámbrica. Otro inconveniente es posibilitar el rendimiento de múltiple entrada/múltiple salida de usuario único ("SU-MIMO") con acimutal grande ensanchado en el canal de comunicación inalámbrica en el conjunto de antenas de transmisión. Se reconoce en general que la cobertura para dispositivos de comunicación inalámbrica ubicados en los cruces de haces en el espacio de haces de antena puede ser pobre con las disposiciones actuales.

60

65

En vista del creciente despliegue de sistemas de comunicación, tales como los sistemas de comunicación celular, y estos inconvenientes no resueltos, sería beneficioso emplear un formato de libro de códigos mejorado para posibilitar que un dispositivo de comunicación inalámbrica determine de manera eficaz y comunique el estado de canal y características de haz de antena a una estación base que evite las deficiencias de los sistemas de comunicación actuales. El documento R1-102104 por Texas Instruments, titulado "Possible Refinement on 8Tx Codebook Design", 3GPP TSG RAN WG1 reunión 60bis, Beijing, China, 12-16 de abril de 2010, desvela un diseño de módulo constante de libro de códigos 8Tx extraído en una estructura de precodificador a corto plazo/largo plazo de etapa dual.

El documento R1-102875 por Panasonic, titulado "Further Considerations on BTx Codebook Design", 3GPP TSG RAN WG1 reunión 61, Montreal, Canadá, 10-14 de mayo de 2010, desvela un libro de códigos de etapa dual de libro de códigos 8 Tx, basado en una forma Kronecker y/o una forma de producción y rotación.

El documento R1-102959 por Nokia y Nokia Siemens Networks, titulado "Feedback design and signaling considerations for dual codebook operation", 3GPP TSG RAN WG1 reunión 61, Montreal, Canadá, 10-14 de mayo de 2010, desvela realimentación de PMI de banda ancha/subbanda, realimentación de PMI de banda ancha de tiempo promedio y libro de códigos único basado en realimentación sobre PUCCH o PUSCH.

Sumario de la invención

Estos y otros problemas se resuelven o evitan en general, y se consiguen ventajas técnicas en general, por las realizaciones de la presente invención, que incluyen un aparato, método y sistema para seleccionar un grupo de haces y un subconjunto de haces en un sistema de comunicación. En una realización, un aparato incluye un procesador y memoria que incluye código de programa informático. La memoria y el código de programa informático están configurados para, con el procesador, provocar que el aparato mida información de estado de canal en un enlace descendente de una estación base, e identificar un grupo de haces seleccionado fuera de un conjunto de grupos de haces de acuerdo con una propiedad de banda ancha de la información de estado de canal. La característica del conjunto de grupos de haces depende de una clasificación de transmisión. La memoria y el código de programa informático están configurados adicionalmente para, con el procesador, provocar que el aparato identifique un subconjunto de haces seleccionado en el grupo de haces seleccionado de acuerdo con al menos una subbanda. El número de haces en el subconjunto de haces seleccionado es igual a la clasificación de transmisión.

Lo anterior ha señalado bastante ampliamente las características y ventajas técnicas de la presente invención para que la descripción detallada de la invención que sigue pueda entenderse mejor. La invención se define por las reivindicaciones independientes adjuntas. Las características y ventajas adicionales de la invención se describirán en lo sucesivo. Debería apreciarse por los expertos en la materia que la concepción y realización específica desvelada pueden utilizarse fácilmente como una base para modificar o diseñar otras estructuras o procesos para llevar a cabo los mismos fines de la presente invención. Debe apreciarse también por los expertos en la materia que tales construcciones equivalentes no se alejan del alcance de la invención como se expone en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Para un entendimiento más completo de la invención, y las ventajas de la misma, se hace referencia ahora a las siguientes descripciones tomadas en conjunto con los dibujos adjuntos, en los que:

Las Figuras 1 y 2 ilustran diagramas de nivel de sistema de las realizaciones de sistemas de comunicación que incluyen una estación base y dispositivos de comunicación inalámbrica que proporcionan un entorno para la aplicación de los principios de la presente invención;

Las Figuras 3 y 4 ilustran diagramas de nivel de sistema de las realizaciones de sistemas de comunicación que incluyen sistemas de comunicación inalámbrica que proporcionan un entorno para la aplicación de los principios de la presente invención;

La Figura 5 ilustra un diagrama de nivel de sistema de una realización de un elemento de comunicación de un sistema de comunicación para la aplicación de los principios de la presente invención;

Las Figuras 6A, 6B, 7A y 7B ilustran representaciones gráficas de realizaciones de formación de grupos de haces de acuerdo con los principios de la presente invención;

La Figura 8 ilustra una representación gráfica de una realización de grupos de haces de acuerdo con los principios de la presente invención; y

La Figura 9 ilustra un diagrama de flujo de una realización de un método de operación de un sistema de comunicación de acuerdo con los principios de la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

La fabricación y el uso de las realizaciones actualmente preferidas se analizan en detalle a continuación. Debería apreciarse, sin embargo, que la presente invención proporciona muchos conceptos inventivos aplicables que pueden realizarse en una amplia diversidad de contextos específicos. Las realizaciones específicas analizadas son simplemente ilustrativas de maneras específicas para fabricar y usar la invención, y no limitan el alcance de la invención. En vista de lo anterior, la presente invención se describirá con respecto a realizaciones ejemplares en un contexto específico de un aparato, método y sistema para determinar y comunicar el estado de canal y características de haz de antena de un dispositivo de comunicación inalámbrica tal como un equipo de usuario a una estación base en un sistema de comunicación. El aparato, método y sistema son aplicables, sin limitación, a cualquier sistema de comunicación que incluya tecnologías de 3GPP existentes y futuras (es decir, UMTS, LTE, y sus variantes futuras tales como los sistemas de comunicación de la 4ª generación ("4G")).

Volviendo ahora a la Figura 1, se ilustra un diagrama de nivel de sistema de una realización de un sistema de comunicación que incluye una estación 115 base y dispositivos de comunicación inalámbrica (por ejemplo, equipo de usuario) 135, 140, 145 que proporciona un entorno para la aplicación de los principios de la presente invención. La estación 115 base está acoplada a una red telefónica pública conmutada (no mostrada). La estación 115 base está configurada con una pluralidad de antenas para transmitir y recibir señales en una pluralidad de sectores que incluyen un primer sector 120, un segundo sector 125, y un tercer sector 130, cada uno de los cuales típicamente abarca 120 grados. Aunque la Figura 1 ilustra un dispositivo de comunicación inalámbrica (por ejemplo, el dispositivo 140 de comunicación inalámbrica) en cada sector (por ejemplo, el primer sector 120), un sector (por ejemplo, el primer sector 120) puede contener en general una pluralidad de dispositivos de comunicación inalámbrica. En una realización alternativa, una estación 115 base puede formarse con únicamente un sector (por ejemplo, el primer sector 120), y pueden construirse múltiples estaciones base para transmitir de acuerdo con operación de múltiple entrada/múltiple salida cooperativa ("C-MIMO"), etc.

Los sectores (por ejemplo, el primer sector 120) se forman enfocando y poniendo en fases señales radiadas de las antenas de la estación, y pueden emplearse antenas separadas por sector (por ejemplo, el primer sector 120). La pluralidad de sectores 120, 125, 130 aumenta el número de estaciones de abonado (por ejemplo, los dispositivos 135, 140, 145 de comunicación inalámbrica) que pueden comunicar simultáneamente con la estación 115 base sin la necesidad de aumentar el ancho de banda utilizado por la reducción de interferencia que resulta del enfoque y puesta en fase de las antenas de la estación base. Aunque los dispositivos 135, 140, 145 de comunicación inalámbrica son parte de un sistema de comunicación primario, los dispositivos 135, 140, 145 de comunicación inalámbrica y otros dispositivos tales como máquinas (no mostrados) pueden ser una parte de un sistema de comunicación secundario para participar en, sin limitación, comunicaciones de dispositivo a dispositivo y de máquina a máquina u otras comunicaciones.

Volviendo ahora a la Figura 2, se ilustra un diagrama de nivel de sistema de una realización de un sistema de comunicación que incluye una estación 210 base y dispositivos de comunicación inalámbrica (por ejemplo, equipo de usuario) 260, 270 que proporciona un entorno para aplicación de los principios de la presente invención. El sistema de comunicación incluye la estación 210 base acoplada por la ruta o enlace 220 de comunicación (por ejemplo, por una ruta de comunicación de fibra óptica) a una red de telecomunicaciones principal tal como la red telefónica pública conmutada ("PSTN") 230. La estación 210 base está acoplada por rutas o enlaces 240, 250 de comunicación inalámbrica a los dispositivos 260, 270 de comunicación inalámbrica, respectivamente, que radican dentro de su área 290 celular.

En operación del sistema de comunicación ilustrado en la Figura 2, la estación 210 base comunica con cada dispositivo 260, 270 de comunicación inalámbrica a través de recursos de comunicación de control y datos asignados por la estación 210 base a través de las rutas 240, 250 de comunicación, respectivamente. Los recursos de comunicación de control y datos pueden incluir recursos de comunicación de frecuencia y de intervalo de tiempo en los modos de comunicación de dúplex por división de frecuencia ("FDD") y/o dúplex por división en el tiempo ("TDD"). Mientras que los dispositivos 260, 270 de comunicación inalámbrica son parte de un sistema de comunicación primario, los dispositivos 260, 270 de comunicación inalámbrica y otros dispositivos tales como las máquinas (no mostradas) pueden ser una parte de un sistema de comunicación secundario para participar en, sin limitación, comunicaciones de dispositivo a dispositivo y de máquina a máquina u otras comunicaciones.

Volviendo ahora a la Figura 3, se ilustra un diagrama de nivel de sistema de una realización de un sistema de comunicación que incluye un sistema de comunicación inalámbrica que proporciona un entorno para la aplicación de los principios de la presente invención. El sistema de comunicación inalámbrica puede estar configurado para proporcionar servicios de telecomunicaciones móviles universales de la red de acceso de radio terrestre de UMTS evolucionada ("E-UTRAN"). Una pasarela de la evolución de la arquitectura de entidad/sistema de gestión móvil ("MME/SAE GW", una de las cuales está designada 310) proporciona funcionalidad de control para un Nodo B de E-UTRAN (designado "eNB", un "Nodo B evolucionado", también denominado como una "estación base", una de la cual está designada 320) mediante un enlace de comunicación S1 (uno de los cuales está designado "enlace S1"). Las estaciones 320 base se comunican mediante enlaces de comunicación X2 (unos de los cuales están designados "enlace X2"). Los diversos enlaces de comunicación son típicamente fibra, microondas u otras rutas de

comunicación metálicas de alta frecuencia tales como enlaces coaxiales o combinaciones de los mismos.

Las estaciones 320 base se comunican con dispositivos de comunicación inalámbrica tales como un equipo de usuario ("UE", uno de los cuales está designado 330), que es típicamente un transceptor móvil llevado por un usuario. Por lo tanto, los enlaces de comunicación (designados enlaces de comunicación "Uu", unos de los cuales están designados "enlace Uu") que acoplan las estaciones 320 base al equipo 330 de usuario son enlaces aéreos que emplean una señal de comunicación inalámbrica tal como, por ejemplo, una señal de múltiplex por división de frecuencia ortogonal ("OFDM"). Mientras que el equipo 330 de usuario es parte de un sistema de comunicación primario, el equipo 330 de usuario y otros dispositivos tales como máquinas (no mostradas) pueden ser una parte de un sistema de comunicación secundario para participar en, sin limitación, comunicaciones de dispositivo a dispositivo y de máquina a máquina u otras comunicaciones.

Volviendo ahora a la Figura 4, se ilustra un diagrama de nivel de sistema de una realización de un sistema de comunicación que incluye un sistema de comunicación inalámbrica que proporciona un entorno para la aplicación de los principios de la presente invención. El sistema de comunicación inalámbrica proporciona una arquitectura de E-UTRAN que incluye estaciones base (una de las cuales está designada 410) que proporciona terminaciones de protocolo de plano de usuario de E-UTRAN (protocolo de convergencia de datos de paquetes/control de enlace de radio/control de acceso al medio/físico) y de plano de control (control de recursos de radio) hacia dispositivos de comunicación inalámbrica tales como el equipo 420 de usuario y otros dispositivos tales como las máquinas 425 (por ejemplo, un aparato, televisión, contador, etc.). Las estaciones 410 base están interconectadas con interfaces X2 o enlaces de comunicación (designados "X2"). Las estaciones 410 base también están conectadas por interfaces S1 o enlaces de comunicación (designados "S1") a un núcleo de paquetes evolucionado ("EPC") que incluye una entidad de gestión móvil/pasarela de evolución de arquitectura de sistema ("MME/SAE GW", una de las cuales está designada 430). La interfaz S1 soporta una relación de entidad múltiple entre la entidad de gestión móvil/pasarela 430 de evolución de arquitectura de sistema y las estaciones 410 base. Para aplicaciones que soportan traspaso móvil terrestre inter-público, se soporta movilidad de modo activo inter-eNB mediante la reubicación de la entidad de gestión móvil/pasarela 430 de evolución de arquitectura de sistema mediante la interfaz S1.

Las estaciones 410 base pueden alojar funciones tales como gestión de recursos de radio. Por ejemplo, las estaciones 410 base pueden realizar funciones tales como la compresión de encabezado del protocolo de Internet ("IP") y encriptación de flujos de datos de usuario, cifrado de flujos de datos de usuario, control de portadora de radio, control de admisión de radio, control de movilidad de conexión, asignación dinámica de recursos de comunicación a equipo de usuario para tanto el enlace ascendente como el enlace descendente, selección de una entidad de gestión de movilidad en la conexión del equipo de usuario, encaminamiento de datos de plano de usuario hacia la entidad de plano de usuario, planificación y transmisión de mensajes de radiobúsqueda (originados de la entidad de gestión de movilidad), planificación y transmisión de información de difusión (originada de la entidad de gestión de movilidad u operaciones y mantenimiento), y configuración de medición e información para movilidad y planificación. La entidad de gestión móvil/pasarela 430 de evolución de arquitectura de sistema puede alojar funciones tales como distribución de mensajes de radiobúsqueda a las estaciones 410 base, control de seguridad, terminación de paquetes de plano U por razones de radiobúsqueda, conmutación de plano U para soporte de la movilidad de equipo de usuario, control de movilidad de estado en espera y control de portadora de evolución de arquitectura de sistema. El equipo 420 de usuario y las máquinas 425 reciben una asignación de un grupo de bloques de información de las estaciones 410 base.

Adicionalmente, unas de las estaciones 410 base están acopladas a una estación 440 base doméstica (un dispositivo), que está acoplada a dispositivos tales como el equipo 450 de usuario y/o las máquinas (no mostradas) para un sistema de comunicación secundario. La estación 410 base puede asignar recursos de sistema de comunicación secundario directamente al equipo 420 de usuario y a las máquinas 425, o a la estación 440 base doméstica para comunicaciones (por ejemplo, comunicaciones locales) en el sistema de comunicación secundario. Para un mejor entendimiento de las estaciones base domésticas (designadas "HeNB"), véase el documento 3GPP TS 32.871 v.9.1.0 (03-2010). Mientras que el equipo 420 de usuario y las máquinas 425 son parte de un sistema de comunicación primario, el equipo 420 de usuario, las máquinas 425 y la estación 440 base doméstica (que se comunican con otro equipo 450 de usuario y las máquinas (no mostradas)) pueden ser una parte de un sistema de comunicación secundario para participar en, sin limitación, comunicaciones de dispositivo a dispositivo y de máquina a máquina u otras comunicaciones.

Volviendo ahora a la Figura 5, se ilustra un diagrama de nivel de sistema de una realización de un elemento 510 de comunicación de un sistema de comunicación para la aplicación de los principios de la presente invención. El elemento o dispositivo 510 de comunicación puede representar, sin limitación, una estación base, un dispositivo de comunicación inalámbrica (por ejemplo, una estación de abonado, terminal, estación móvil, equipo de usuario, máquina), un elemento de control de red, un nodo de comunicación, o similares. El elemento 510 de comunicación incluye, al menos, un procesador 520, memoria 550 que almacena programas y datos de una naturaleza temporal o más permanente, una antena 560, y un transceptor 570 de frecuencia de radio acoplado a la antena 560 y al procesador 520 para comunicación inalámbrica bidireccional. El elemento 510 de comunicación puede proporcionar servicios de comunicación de punto a punto y/o de punto a múltiples puntos.

- 5 El elemento 510 de comunicación, tal como una estación base en una red celular, puede acoplarse a un elemento de red de comunicación, tal como un elemento 580 de control de red de una red de telecomunicación pública conmutada ("PSTN"). El elemento 580 de control de red puede formarse, a su vez, con un procesador, memoria, y otros elementos electrónicos (no mostrados). El elemento 580 de control de red proporciona en general acceso a una red de telecomunicación tal como una PSTN. El acceso puede proporcionarse usando fibra óptica, coaxial, par trenzado, comunicación de microondas, o enlace similar acoplado a un elemento de terminación de enlace apropiado. Un elemento 510 de comunicación formado como un dispositivo de comunicación inalámbrica es en general un dispositivo autocontenido pretendido para ser llevado por un usuario final.
- 10 El procesador 520 en el elemento 510 de comunicación, que puede implementarse con uno o una pluralidad de dispositivos de procesamiento, realiza funciones asociadas con su operación que incluyen, sin limitación, precodificación de ganancia de antena/parámetros de fase (precodificador 521), codificación y decodificación (codificador/decodificador 523) de bits individuales que forman un mensaje de comunicación, formateo de información y control global (controlador 525) del elemento de comunicación, que incluye procesos relacionados con la gestión de recursos de comunicación (gestor 528 de recursos). Las funciones ejemplares relacionadas con la
- 15 la gestión de recursos de comunicación incluyen, sin limitación, instalación de hardware, gestión de tráfico, análisis de datos de rendimiento, rastreo de usuarios finales y equipo, gestión de configuración, administración de usuario final, gestión de dispositivos de comunicación inalámbrica, gestión de tarifas, suscripciones, seguridad, facturación y similares. Por ejemplo, de acuerdo con la memoria 550, el gestor 528 de recursos está configurado para asignar recursos de comunicación primarios y secundarios (por ejemplo, recursos de comunicación de tiempo y frecuencia) para transmisión de comunicaciones de voz y datos a/desde el elemento 510 de comunicación y para formatear mensajes que incluyen los recursos de comunicación de los mismos en un sistema de comunicación primario y secundario.
- 20 La ejecución de todas o porciones de las funciones o procesos particulares relacionados con la gestión de recursos de comunicación pueden realizarse en equipo separado de y/o acoplado al elemento 510 de comunicación, con los resultados de tales funciones o procesos comunicados para la ejecución al elemento 510 de comunicación. El procesador 520 del elemento 510 de comunicación puede ser de cualquier tipo adecuado al entorno de aplicación local, y puede incluir uno o más de ordenadores de fin general, ordenadores de fin especial, microprocesadores,
- 25 procesadores de señales digitales ("DSP"), campos de matrices de puertas programables ("FPGA"), circuitos integrados específicos de la aplicación ("ASIC"), y procesadores basados en una arquitectura de procesador multi-núcleo, como ejemplos no limitantes.
- 30 El transceptor 570 del elemento 510 de comunicación modula información hasta una forma de onda portadora para su transmisión por el elemento 510 de comunicación mediante la antena o antenas 560 a otro elemento de comunicación. El transceptor 570 demodula información recibida mediante la antena o antenas 560 para procesamiento adicional por otros elementos de comunicación. El transceptor 570 puede soportar operación dúplex para el elemento 510 de comunicación.
- 35 La memoria 550 del elemento 510 de comunicación, como se ha introducido anteriormente, puede ser una o más memorias de cualquier tipo adecuado al entorno de aplicación local, y puede implementarse cualquier tecnología de almacenamiento de datos volátil y no volátil adecuada, tal como un dispositivo de memoria basada en semiconductores, un dispositivo y sistema de memoria magnética, un dispositivo y sistema de memoria óptica, memoria fija, y memoria extraíble. Los programas almacenados en la memoria 550 puede incluir instrucciones de programa o código de programa informático que, cuando se ejecutan por un procesador asociado, posibilitan que el elemento 510 de comunicación realice tareas como se describe en el presente documento. Por supuesto, la memoria 550 puede formar una memoria intermedia de datos para datos transmitidos a y desde el elemento 510 de comunicación. Pueden implementarse realizaciones del sistema, subsistemas y módulos ejemplares como se describe en el presente documento, al menos en parte, por software informático ejecutable por procesadores de,
- 40 por ejemplo, el dispositivo de comunicación inalámbrica y la estación base, o por hardware, o por combinaciones de los mismos. Como se hará más evidente, pueden realizarse sistemas, subsistemas y módulos en el elemento 510 de comunicación como se ilustra y describe en el presente documento.
- 45 El análisis en el 3GPP se ha centrado recientemente en el diseño de libro de códigos para ocho antenas de transmisión de estación base y precodificación de transmisión relacionada, que falta en la nueva norma LTE Rel-10. En la reunión RANI N.º 59, se ha acordado ampliar la estructura de realimentación implícita de la Rel-8 a la LTE Rel-10. Esta está basada en un diseño modular (o multi-granular), que combina dos componentes de realimentación de libros de códigos separados que representan diferentes características de información de estado de canal. Un componente de realimentación tiene como objetivo las propiedades de canal de comunicación de banda ancha (también denominadas como propiedades de banda ancha) y/o propiedades de canal de comunicación a largo plazo (también denominadas como propiedades a largo plazo), mientras que el otro tiene como objetivo propiedades de canal de comunicación de frecuencia selectiva (también denominadas como propiedades de frecuencia selectiva) y/o propiedades de canal de comunicación a corto plazo (también denominadas como propiedades a corto plazo). Un ejemplo de una propiedad a largo plazo es la estructura direccional de los haces de transmisión óptimos. Por
- 50 ejemplo, una ubicación del equipo de usuario no cambia rápidamente y, en consecuencia, su dirección acimutal puede ser sustancialmente estática. Por consiguiente, la estructura direccional de los haces de transmisión puede
- 55
- 60
- 65

representarse con una propiedad a largo plazo que resulta ser de naturaleza de banda ancha especialmente en presencia de correlación espacial intensa en el conjunto de antenas de transmisión, que es bastante probable que se observe bajo la suposición de elementos de antena estrechamente espaciados (por ejemplo, espaciados por la mitad de una longitud de onda). Un ejemplo de una propiedad a corto plazo son las fluctuaciones de amplitud y fase rápidas de la ruta de comunicación en el transcurso de la comunicación. Tales fluctuaciones rápidas pueden representarse con una propiedad a corto plazo, que son típicamente de naturaleza de frecuencia selectiva (es decir, varían de una subbanda de frecuencia a otra).

Esta estructura de realimentación de canal de comunicación también se denomina en el presente documento como una estructura de libro de códigos doble. Mientras que las especificaciones de la norma LTE Rel-10 faltantes están relacionadas con una transmisión de ocho capas en una estación base con una configuración de ocho antenas de transmisión, los principios de una estructura de libro de códigos doble pueden generalizarse a un número arbitrario de antenas de transmisión. Como se introduce en el presente documento, se describe un nuevo diseño y estructura de libro de códigos para realimentación de información de estado de canal ("CSI") basada en libro de códigos dual en soporte de operación de SU-/MU-MIMO para su aplicación, sin limitación, en la LTE Rel-10 y superiores.

La operación de MIMO de enlace descendente de 3GPP LTE es uno de los varios elementos de trabajo bajo consideración en la LTE Rel-10. Se están considerando dos mejoras a LTE Rel-8/9 de MIMO de enlace descendente. Una mejora es la optimización de la operación de MU-MIMO, que se beneficia de un nuevo paquete de diseño de símbolo de referencia ("RS") que emplea símbolos de referencia específicos de equipo de usuario precodificados (denominados en la comunidad del 3GPP como UE-RS, o "símbolos de referencia especializados "DM-RS"), y símbolos de referencia de información de estado de canal periódicos ("CSI-RS"). Una segunda mejora es la ampliación de la operación de transmisión de enlace descendente hasta SU-MIMO de enlace descendente de ocho capas.

Estas mejoras sirven como soporte para un modo de realimentación de equipo de usuario mejorado, que sigue los principios de realimentación implícitos de la LTE Rel-8. La realimentación de información de estado de canal precisa desempeña un papel importante para comunicación fiable, sin interferencia (o sustancialmente sin) especialmente para MU-MIMO. Además, los aspectos de señalización y los tamaños de libro de códigos son importantes cuando se considera la extensión a la operación de SU-/MU-MIMO de ocho transmisiones debido a la dimensionalidad de canal de comunicación aumentada y a los grados de libertad en los mismos.

El diseño de realimentación de equipo de usuario de la LTE Rel-10 construye los principios de realimentación implícita (indicador de calidad de canal/indicador de matriz de precodificación/indicador de clasificación), similares a la LTE Rel-8, pero con la diferencia de que se usa un formato de libro de códigos doble en lugar de un único formato de libro de códigos. Sin embargo, la realimentación de libro de códigos única puede aún observarse como un caso especial estableciendo una de las entradas de libro de códigos a la matriz de identidad. Las decisiones sobre el diseño Rel-10 se remontan al grupo de trabajo del 3GPP RANI N.º 59 donde en la presentación de diapositivas representada en el documento 3GPP R1-101683 titulado "Way Forward for Rel-10 Feedback Framework", que se incorpora en el presente documento por referencia, se describe que un precodificador para una subbanda está compuesto de dos matrices que pertenecen a libros de códigos distintos. Un libro de códigos tiene como objetivo propiedades de canal de comunicación de banda ancha y/o propiedades a largo plazo, la matriz del mismo indicada en el presente documento como " W_1 ". El otro libro de códigos tiene como objetivo las propiedades de frecuencia selectiva y/o a corto plazo, la matriz del mismo indicada como " W_2 ". El precodificador resultante para cada subbanda puede construirse, por ejemplo, como la multiplicación matricial de las dos matrices.

En una reunión del 3GPP RANI reciente, se presentaron varias propuestas de diseño de libro de códigos y maneras de utilización de las propiedades a largo/corto plazo. Varios aspectos de diseño clave se incluyen entre estas propuestas: se prevé un concepto de realimentación para operar con tipos de conjuntos de polaridad cruzada ("XP") y de conjunto lineal uniforme ("ULA") de las configuraciones de antena de estación base, y por lo tanto los libros de códigos tienen que diseñarse y optimizarse en consecuencia. Las propiedades a largo y corto plazo pueden muestrearse con las mismas periodicidades de tiempo o diferentes e informarse en consecuencia (en las mismas instancias de tiempo o diferentes). Mientras se considera un presupuesto de tasa de realimentación total relativamente fijo (es decir, un número total de bits a través de un intervalo de tiempo dado), puede intentarse hallar el mejor equilibrio al invertir los bits de realimentación entre los libros de códigos que caracterizan las propiedades a largo plazo y a corto plazo. El precodificador final es la salida de una operación (por ejemplo, una multiplicación matricial) entre los precodificadores a largo plazo y a corto plazo.

El orden de la disposición de matriz precodificadora de banda ancha/a largo plazo y la matriz precodificadora a corto plazo W_2 en un producto de este tipo puede diferenciar adicionalmente los conceptos. Si las propiedades de banda ancha/a largo plazo se manejan cerca del canal de comunicación (es decir, la matriz de canal " H " se multiplica desde la derecha como $H*W_1$), puede observarse como una orientación de los haces de antena principales hacia el espacio de señal de equipo de usuario, mientras que el perfeccionamiento adicional puede mejorar la puesta en fase (clasificación de transmisión-1) o la ortogonalidad (clasificación de transmisión>1) entre los haces/precodificadores a un nivel de subbanda. Esto puede observarse como una operación de multiplicación matricial W_1*W_2 . Por otra parte, se puede crear un espacio de haz mayor para la matriz W_1 que se perfecciona adicionalmente por la matriz W_2

multiplicada desde la izquierda. La matriz precodificadora final W es la salida de una multiplicación matricial $W_2 * W_1$. Posiblemente estas dos maneras de formación del producto de los dos libros de códigos son casi la misma. La diferencia principal es cómo se definen los haces y los perfeccionamientos de las matrices W_1 y W_2 . Un denominador común es la construcción de la matriz W_1 usando vectores o matrices de transformada de Fourier discreta ("DFT") (sobremuestreados).

La manera de la selección las matrices W_1 y W_2 en el equipo de usuario del canal de comunicación es también importante desde una perspectiva de complejidad, y esto puede impactar el rendimiento del mismo esquema. Por ejemplo, una propuesta de realimentación puede rendir mejor bajo una suposición de una búsqueda exhaustiva a través de todas las posibles combinaciones de precodificadores de banda ancha/a largo plazo y a corto plazo (matrices W_1 y W_2), mientras se pierde terreno bajo una selección de precodificación más práctica y menos compleja. Aunque se consideran hasta ocho capas espaciales (o flujos), el concepto de libro de códigos doble se considera principalmente atractivo para clasificaciones de transmisión inferiores, en concreto clasificaciones de transmisión 1-2, y tal vez también clasificaciones de transmisión 3-4, mientras que las clasificaciones de transmisión superiores pueden operar basándose únicamente en un único componente de realimentación (por ejemplo, matriz W_2 de tamaño N_t veces R donde N_t y R son el número de antenas de transmisión en la estación base y la clasificación de transmisión, respectivamente), estableciéndose conceptualmente el otro componente a la matriz de identidad (por ejemplo, la matriz W_1 de tamaño N_t por N_t).

Como se ha presentado en los puntos anteriores, el concepto de libro de códigos doble puede reducirse a la definición de haces y vectores o precodificadores de selección/combinación de haces que son parte de los dos libros de códigos. Puesto que la construcción de la matriz puede emplear matrices/vectores de transformada de Fourier discreta sobremuestreados, los diseños se construyen de manera efectiva en alguna forma del concepto de cuadrícula de haces bien conocido, donde el equipo de usuario elige de manera efectiva un haz (una columna de una matriz de transformada de Fourier discreta) que proporciona el mejor rendimiento de transmisión.

El concepto de realimentación de Rel-10 debe soportar tanto SU-MIMO como MU-MIMO, donde SU-MIMO es típico y ofrece las mayores ganancias de rendimiento para escenarios menos correlacionados con ensanchamiento acimutal (angular) de canal de comunicación superior, mientras que MU-MIMO es típico y proporciona las ganancias de rendimiento mayores para escenarios altamente correlacionados con ensanchamiento acimutal pequeño. En un caso de ensanchamiento acimutal superior y operación de SU-MIMO, seleccionar simplemente un haz (o múltiples haces en caso de la clasificación de transmisión > 1) para la banda total como en una cuadrícula de haces habitual típicamente no es suficiente para buen rendimiento de comunicación, puesto que la precodificación de frecuencia selectiva y selección de haz en un nivel de subbanda se sabe que rinde lo mejor en esta situación. Por otra parte, para ensanchamiento acimutal muy bajo y operación de MU-MIMO, se sabe que una cuadrícula de haces rinde bien como está, puesto que en este caso la precodificación selectiva de ancho de banda y frecuencia consiguen casi el mismo rendimiento, y la precodificación de banda ancha es más atractiva debido a la sobrecarga de realimentación de información de estado de canal asociada mucho menor. Como se introduce en el presente documento, el concepto de cuadrícula de haces tradicional se mejora de modo que aún soporta escenarios de ensanchamiento acimutal bajos también, pero mejora el rendimiento de operación de SU-/MU-MIMO en escenarios con ensanchamiento acimutal alto.

Se introdujeron estructuras de libros de códigos principales durante una reunión RANI N.º 61 en Montreal, Canadá, 10-14 de mayo de 2010. Sin embargo, partes de los conceptos son incluso anteriores. Una estructura de libro de códigos se describe en 3GPP TSG-RAN WG1 N.º 61 documento R1-102630 titulado "Refinements of Feedback and Codebook Design", Montreal, Canadá, 10-14 de mayo de 2010, que se incorpora en el presente documento por referencia.

En una primera propuesta para una estructura de libro de códigos, la matriz precodificadora W_1 se maneja principalmente en el sentido de banda ancha, comprimiendo el canal de comunicación en la dimensión espacial de manera que la matriz de canal de comunicación equivalente resultante $H * W_1$ es de dimensionalidad inferior que la matriz de canal de comunicación de transmisión física H (por ejemplo, de tamaño N_r por N_t donde N_t y N_r son el número de antenas de transmisión y recepción, respectivamente). Además, mediante la combinación (poniendo en fase) las dos dimensiones (o haces) restantes (para antenas de polaridad cruzada) o la ortogonalización entre los flujos se maneja a través de la matriz W_2 , que se aplica en forma de frecuencia selectiva a un nivel de subbanda. La matriz precodificadora W_1 es diagonal en bloque, en el que cada bloque incluye columnas de matrices de transformada de Fourier discreta sobremuestreadas. El diseño cuidadoso de ambas de las matrices W_1 y W_2 puede permitir el soporte de tanto configuración de antena de conjunto de polarización cruzada como lineal uniforme con los mismos libros de códigos. Esto se consigue usando cuatro bits para la matriz W_1 y dos bits para la matriz W_2 . Los cuatro bits para la matriz W_1 esencialmente se traducen en un factor de sobremuestreo de cuatro para matrices de transformada de Fourier discreta en el caso de transmisión de cuatro antenas (por ejemplo, que corresponden a cualquier configuración de conjunto lineal uniforme de cuatro transmisiones o a cada bloque de cuatro elementos de antena de transmisión copolarizadas configuración de ocho antenas de transmisión de polaridad cruzada). Las entradas en el libro de códigos para la matriz W_2 consisten en el libro de códigos de 2 antenas de transmisión de la Rel-8, ya que el concepto también trata la operación de clasificación de transmisión 1-2 en la Rel-10. El fin de la matriz precodificadora W_2 es manejar la combinación de polaridad cruzada (puesta en fase y ortogonalización)

después de que se haya aplicado la estructura de matriz W_1 al canal de comunicación, y también para proporcionar soporte para operación de conjunto lineal uniforme, realizándose todas las operaciones basadas en la matriz W_2 de una manera de frecuencia selectiva en un nivel de subbanda.

5 Adicionalmente/como alternativa, algunos modos de generación de información de realimentación de equipo de usuario (por ejemplo, a través de un canal de control de enlace ascendente físico ("PUCCH")) pueden diseñarse bajo la restricción de sobrecarga de realimentación asociada muy baja. En el último caso, tendría sentido, por ejemplo, considerar la selección de matriz W_1 y W_2 y la generación de la información ambas de una manera de banda ancha. La diferencia principal en comparación con la cuadrícula habitual de haces es que la realimentación está basada en el formato o estructura de libro de códigos doble, en el que el formato se usa para proporcionar una cuadrícula de operación similar a haces para tanto conjunto lineal uniforme como tipo de conjuntos de polaridad cruzada con la misma realimentación. El problema con este esquema es exactamente el referido anteriormente en el presente documento (es decir, el esquema no permite rendimiento de SU-MIMO mejorado cuando el ensanchamiento acimutal es superior).

15 En una segunda propuesta, la matriz precodificadora W_1 selecciona un conjunto de vectores de columna de las matrices de transformada de Fourier discreta sobremuestreadas. Para el caso de antenas de polarización cruzada, se crean cuatro haces de antena por polarización, mientras que se usan ocho haces para conjunto lineal uniforme. Haciendo uso de un bit para la señalización de matriz W_1 , el libro de códigos divide el espacio de palabra de código (haz) en dos partes no solapantes y selecciona una de ellas para que se use adicionalmente para perfeccionamiento o ajuste de haz apropiado a un nivel de subbanda mediante la matriz precodificadora W_2 . Obsérvese que, en el espacio seleccionado de un bit, los haces se predefinen para procesamiento adicional; por lo tanto, el tamaño de la matriz W_1 es una matriz de 8×16 en el caso de ocho antenas de transmisión ya que hay ocho haces definidos por una matriz W_1 . La estructura de libro de códigos se describe en 3GPP TSG-RAN WG1 N.º 61 documento R1-102823 titulado "8 Tx Codebook Design", Montreal, Canadá, 10 - 14 de mayo, 2010, que se incorpora en el presente documento por referencia.

20 También se observa que una diferencia principal con la propuesta anterior era la compresión del canal de comunicación en la dimensión espacial con la matriz. Permitir que se procese adicionalmente un espacio mayor (es decir, con dimensionalidad de canal de comunicación completa) a un nivel de subbanda con la matriz W_2 puede observarse como una ventaja de uno de los conceptos, especialmente en escenarios con mayor ensanchamiento acimutal y transmisión de SU-MIMO de clasificación transmisión superior. La matriz precodificadora W_2 se señala con cuatro bits, y el libro de códigos asociado consiste en combinadores y selectores de haces.

35 La libertad de selección de múltiples haces por subbanda, debido al particionamiento principal operado por la matriz W_1 puede observarse como una ventaja, especialmente en el caso de SU-MIMO anteriormente descrito. Sin embargo, esta flexibilidad proporciona su propia desventaja ya que la matriz no puede usarse también en solitario puesto que el espacio de haces definido por una matriz W_1 es muy grande. Además, debido a los dos espacios creados con la matriz, hay cobertura pobre para el equipo de usuario ubicado en el cruce de los espacios.

40 En una tercera propuesta, están permitidos múltiples haces por subbanda, a través de la matriz W_1 . La segunda matriz precodificadora W_2 perfecciona la matriz W_1 mediante la multiplicación a la izquierda (es decir, $W_2 * W_1$), realizando de esta manera una rotación del haz inicial. El primer libro de códigos (es decir, el asociado con la matriz también contiene combinadores a lo largo de los haces principales y tiene un tamaño mayor que 32 haces en total, mientras que el segundo libro de códigos (es decir, el asociado con la matriz W_2) puede tener únicamente 2-3 bits, que consiste en varias matrices de rotación. De hecho, hay únicamente dos combinadores inter-polo disponibles para operación de polarización cruzada, que puede observarse como una desventaja. También es posible una restricción de subconjunto de libro de códigos para la matriz W_1 . La estructura de libro de códigos se describe en el documento 3GPP TSG-RAN WG1 N.º 61 R1-103026 titulado "Views on the Feedback Framework for Rel. 10", Montreal, Canadá, 10-14 de mayo de 2010.

50 Un resumen de los conceptos principales propuestos se ilustra en la Tabla 1 a continuación:

TABLA 1

Propuesta	N.º haces	N.º combinadores	W_1	W_2
1	16	4	haz de 4 bits	fase de 2 bits
2	8	4	haz de 1 bit	haz de 2 bits + fase de 2 bits
3	32	2	haz de 3 bits + fase de 1 bit	fase de 2 bits

55 La Tabla II a continuación ilustra tasas de realimentación de los conceptos principales propuestos, considerando la misma generación de información de tiempo para las matrices W_1 y W_2 (que afecta a la utilización de canal compartido de enlace ascendente físico ("PUSCH")) y 50 bloques de recursos físicos ("PRB") con granularidad de seis PRB de la matriz W_2 y periodicidad de 10 milisegundos ("ms") para la generación de información.

TABLA II

Propuesta	W ₁ (N.º bits)	W ₂ (N.º bits)	N.º bits para W ₂ a través de toda la banda	N.º bits en un informe	Tasa de bits de precodificador
1	4	2	18	22	2200 bps
2	1	4	36	37	3700 bps
3	4	3	27	31	3100 bps

5 Como se introduce en el presente documento, se describe una estructura de libro de códigos que proporciona soporte mejorado para escenarios con correlación espacial baja/ensanchamiento acimutal alto en la que se requiere realimentación de frecuencia selectiva mejorada para buen rendimiento. El formato o estructura de libro de códigos también proporciona soporte mejorado para clasificaciones de transmisión superiores, especialmente para el caso de conjuntos lineales uniformes.

10 La estructura de libro de códigos está basada en agrupación de haces similares como en la segunda propuesta como se ha descrito anteriormente en el presente documento (es decir, la primera parte de la señal de realimentación realiza selección de grupo de haces y la segunda parte de la señal de realimentación realiza selección de haces del grupo de haces seleccionado). La primera parte de la realimentación se aplica a la totalidad de la banda o a las propiedades de banda ancha, mientras que la segunda parte de la realimentación es específica de subbanda. Como un caso especial, la segunda parte de la realimentación puede aplicarse también de una manera de banda ancha. En este caso especial, se ha de entender que hay una única subbanda para realimentación de información de estado de canal, en la que la anchura es igual al ancho de banda de sistema de banda ancha. Para posibilitar la selección de grupo de haces y selección de haz del grupo de haces seleccionado con el formato o estructura de libro de códigos doble, hay una matriz precodificadora W₁ que contiene, por ejemplo, submatrices basadas en la transformada de Fourier discreta, y matrices precodificadoras W₂ que contienen vectores de selección de columna y desplazamiento de fase de manera que los haces reales en el grupo de haces se determinan por multiplicaciones matriciales de la forma:

$$W = W_1 * W_2.$$

25 Como se introduce en el presente documento, los grupos de haces pueden solaparse. Se pretende el solapamiento de grupos de haces para cubrir casos con ensanchamiento acimutal superior en el que la dirección de transmisión de banda ancha/a largo plazo mejorada se encuentra en los "bordes" o, en otras palabras, en el límite de dos grupos de haces. Sin solapamiento de grupos de haces en tales casos, parte del ensanchamiento acimutal puede no capturarse con la precodificación puesto que cae en el grupo de haces adyacente. El solapamiento típicamente significa que el dominio angular total (o dominio angular) abarcado por los grupos de haces se está solapando. El dominio angular puede significar el intervalo angular desde la dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz a la dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en un grupo de haces o de manera equivalente el intervalo angular posible máximo en términos de dirección de ganancias de conjunto máximas entre cualesquiera dos haces dentro del grupo de haces. Un caso especial de un solapamiento de grupo de haces de este tipo es que los grupos de haces contienen parcialmente los mismos haces. En este caso, podrían construirse parcialmente diferentes matrices W₁ a partir de los mismos vectores de columna.

40 En segundo lugar, el número de grupos de haces y/o tamaño de grupo de haces (número de haces en el grupo) y/o dominio angular de grupo de haces total (intervalo angular abarcado por el grupo de haces) depende de la clasificación de transmisión. Los conjuntos de ocho antenas de transmisión típicos tienen antenas físicamente espaciadas de manera muy estrecha. Puesto que las clasificaciones de transmisión superiores emplean canales de comunicación descorrelacionados de manera equitativa, el ensanchamiento acimutal del canal de comunicación tiene que ser grande para permitir transmisión de clasificación superior. Con el formato o estructura de libro de códigos doble, tal ensanchamiento acimutal alto puede capturarse de manera apropiada si el tamaño de grupo de haces y el dominio angular total son lo suficientemente grandes de manera que cubren un gran intervalo de ángulos acimutales. Por lo tanto, para clasificaciones de transmisión superiores, el tamaño de grupo de haces y el dominio angular total debe hacerse mayor. Los dos aspectos introducidos de esta manera pueden combinarse. Se construye el solapamiento de grupos de haces, donde el tamaño, número, y dominio angular de los grupos de haces solapantes puede variar de acuerdo con la clasificación de transmisión.

55 Como se introduce en el presente documento en una realización ejemplar, la descripción se proporciona en términos de grupos de haces seleccionados de un conjunto de grupos de haces y en la selección de subconjunto de haces del grupo de haces seleccionado, así como grupos de haces potencialmente solapantes. Esto puede traducirse de manera equivalente en términos de descripción matricial/vector y formato o estructura de libro de códigos. Un conjunto de grupos de haces específico a una clasificación de transmisión se traduce a un conjunto de W₁ matrices específicas o asociadas a una clasificación de transmisión en el libro de códigos que tiene como objetivo propiedades de banda ancha y/o a largo plazo. Un número de grupos de haces dentro de un conjunto de grupos de haces dependiendo de la clasificación de transmisión significa que el número de W₁ matrices en el conjunto de

matrices asociadas a una clasificación dada depende de la misma clasificación. Los haces dentro de un grupo de haces dado se traducen a vectores de columnas específicas dentro de W_1 matrices asociadas al grupo de haces o de manera equivalente columnas específicas de la matriz precodificadora resultante $W=W_1*W_2$. En consecuencia, un número de haces dentro de un grupo de haces se traduce al número de columnas dentro del precodificador asociado. El solapamiento de grupos de haces dentro de un conjunto de grupos de haces puede describirse como precodificadores (por ejemplo, matrices) asociados a un grupo de haces que tiene un subconjunto de vectores de columna hallados en otro precodificador o precodificadores (por ejemplo, otra matriz o matrices) asociados a otro u otros grupo o grupos de haces en el conjunto de grupos de haces. La selección de un subconjunto de haces del grupo de haces seleccionado se traduce, por ejemplo, a vectores/matrices de selección de columna (por ejemplo, matriz W_2) que selecciona subconjuntos de columna de la matriz asociada al grupo de haces seleccionado (por ejemplo, matriz W_1). Adicionalmente, la puesta en fase u ortogonalización de haces a nivel de subbanda puede manejarse con componentes de precodificador de vector o matriz adicionales (por ejemplo, W_2 que consiste en los desplazadores de fase además de elementos de selección de columna).

Por lo tanto, se emplea realimentación de equipo de usuario en la que un equipo de usuario mide en primer lugar la información de estado de canal y a continuación selecciona el grupo de haces de un conjunto de grupos de haces de acuerdo con información de estado de canal de banda ancha o a largo plazo, en el que el tamaño de cada grupo de haces (es decir, un número de haces en cada grupo de haces de un conjunto de grupos de haces) y/o el número de grupos de haces (es decir, un número de grupos de haces en un conjunto de grupos de haces) y/o el dominio angular total abarcado por cada grupo de haces (es decir, un dominio angular total abarcado desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz hasta una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en cada grupo de haces en un conjunto de grupos de haces) depende de la clasificación de transmisión y/o en el que los diferentes grupos de haces se están solapando. En otras palabras, una característica de un conjunto de grupos de haces incluye al menos uno de un número de haces en cada grupo de haces del conjunto de grupos de haces, un número de grupos de haces en el conjunto de grupos de haces, y un dominio angular total abarcado desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz a una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en cada grupo de haces en un conjunto de grupos de haces. Para cada subbanda, el equipo de usuario selecciona un subconjunto de los haces en el grupo de haces seleccionado en el que el tamaño de subconjunto es igual a la clasificación de transmisión. Adicionalmente el subconjunto de haces seleccionado puede consistir en haces ortogonales entre sí. El equipo de usuario codifica la información de realimentación en un formato de libro de códigos doble o precodificador que emplea matrices W_1 y W_2 para su transmisión en un canal de comunicación de enlace ascendente, y transmite el formato de libro de códigos doble a la estación base.

La estación base recibe la realimentación transmitida en un canal de comunicación de enlace ascendente, decodifica la información de realimentación, y la traduce en un formato o estructura de libro de códigos o precodificador doble (es decir, en las matrices W_1 , y W_2). La estación base calcula el precodificador final (es decir, los pesos de antena) a usarse para su transmisión al equipo de usuario por subbanda de frecuencia basándose en las matrices W_1 y W_2 , por ejemplo, por multiplicación matricial como:

$$W= W_1*W_2.$$

Cuando se transmiten datos al equipo de usuario, la estación base hace la ponderación de la antena en las subbandas planificadas de acuerdo con los pesos en la matriz W .

Para calcular la realimentación a la estación base, el equipo de usuario mide en primer lugar la información de estado de canal. En caso de un sistema de comunicación basado en LTE, esta medición podría hacerse usando señales de referencia, por ejemplo, la CSI-RS en caso de ocho antenas de transmisión, o cualquier CSI-RS en caso de cuatro antenas de transmisión (o menos). El equipo de usuario a continuación obtiene la información de estado de canal para la totalidad del ancho de banda de sistema.

Una vez que el equipo de usuario ha obtenido información de estado de canal, puede calcularse la realimentación (es decir, el equipo de usuario determina el grupo de haces, así como selecciona un haz para cada subbanda), con el formato o estructura de libro de códigos doble, el equipo de usuario selecciona una matriz precodificadora de banda ancha/a largo plazo W_1 y una matriz precodificadora W_2 para cada subbanda, condicionado en la matriz precodificadora elegida W_1 . En un aspecto, el grupo de haces se selecciona con la matriz W_1 , mientras que las matrices precodificadoras W_1 y W_2 juntas forman los haces finales (precodificadores) dentro de cada grupo de haces. Los precodificadores finales se construyen a continuación empleando la multiplicación matricial:

$$W= W_1*W_2.$$

Volviendo ahora a las Figuras 6A y 6B, se ilustran representaciones gráficas de realizaciones de formación de grupos de haces de acuerdo con los principios de la presente invención. Debería entenderse que la característica de ganancia acimutal de un haz de transmisión particular no es plana y está limitada de manera precisa en dominio angular según se representa en las figuras. En la Figura 6A, se ilustran cuatro grupos de haces para el caso de clasificaciones de transmisión 1-2, incluyendo cada grupo de haces, por ejemplo, cuatro haces. Como se ilustra en la Figura 6B para clasificaciones de transmisión 3-4, hay dos grupos de haces, pero con un dominio angular de grupo

de haces mayor (acimutal), incluyendo cada grupo, por ejemplo, ocho haces. Los tamaños de los grupos de haces y/o el número de grupos de haces y/o dominio angular total abarcado por los grupos de haces dependen de la clasificación de transmisión. Las entradas de libro de códigos ejemplares para las matrices precodificadoras W_1 , W_2 que soportan este formato o estructura se presentan a continuación.

5 Volviendo ahora a las Figuras 7A y 7B, se ilustran representaciones gráficas de realizaciones de formación de grupos de haces de acuerdo con los principios de la presente invención. En la realización ilustrada, los grupos de haces se solapan. Obsérvese que el número de grupos de haces, tamaños y dominio angular abarcado por cada grupo de haces son dependientes de la clasificación de la transmisión. Se presentan a continuación entradas de libro de códigos ejemplares para un formato o estructura de este tipo.

10 Tanto la estación base como el equipo de usuario conocen el libro de códigos construido usando estos principios. El equipo de usuario puede seleccionar las entradas de libro de códigos usando, por ejemplo, el siguiente esquema de selección de matriz ejemplar. En primer lugar, el equipo de usuario calcula la matriz de covarianza espacial de canal de comunicación de banda ancha R:

$$R = E\{H^H H\},$$

20 donde E es el operador de expectativa y el operador de superíndice "H" representa el operador hermitiano (es decir, la conjugación y la transposición de la respectiva matriz). De nuevo, la (no en superíndice) H representa la matriz de canal de comunicación. El equipo de usuario a continuación utiliza, por ejemplo, y sin limitación, una de las siguientes maneras para elegir la matriz W_1 .

25 En un método ejemplar, el equipo de usuario forma todas las combinaciones de las matrices,

$$W = W_1 * W_2$$

30 barriendo (buscando) sobre todas las elecciones posibles globales para las matrices W_1 y W_2 . La búsqueda puede hacerse a través de la banda ancha para la matriz W_2 , (es decir, a través del ancho de banda de sistema total) para limitar la complejidad computacional. El equipo de usuario a continuación halla la matriz precodificadora W que reduce (por ejemplo, minimiza) un cordal, estudio Fubini, o proyección de distancia dos normas a V donde la matriz S,

$$R = USV^H$$

35 es la descomposición de valor singular de la matriz R. Las matrices U y V son las matrices unitarias obligatorias asociadas con la transformación de la matriz R en la matriz diagonal S. La matriz precodificadora W_1 se selecciona como la que corresponde una W mejorada (por ejemplo, óptima).

40 En otro método ejemplar, el equipo de usuario forma todas las combinaciones de las matrices,

$$W = W_1 * W_2$$

45 barriendo a través de todas las posibles elecciones para las matrices W_1 y W_2 , (por ejemplo, en un sentido de banda ancha). El equipo de usuario a continuación halla la matriz precodificadora W que mejora (por ejemplo, maximiza) la capacidad (por ejemplo, maximiza la expresión):

$$\det\left(I + \frac{1}{\sigma^2} W^H R W\right)$$

50 La matriz precodificada W_1 se selecciona como la correspondiente a una W mejorada (por ejemplo, óptima).

Para reducir la complejidad en los métodos anteriores, las combinaciones,

$$W = W_1 * W_2$$

55 podrían muestrearse de manera que, por ejemplo, únicamente se seleccione un haz de cada grupo de haces como representativo de ese grupo de haces, y la selección se hace basándose en ese subconjunto de matrices W, se selecciona la matriz W_1 que mejora (por ejemplo, maximiza),

$$\det\left(I + \frac{1}{\sigma^2} W_1^H R W_1\right)$$

60 Una segunda opción es seleccionar la matriz W_1 que mejora (por ejemplo, maximiza),

$$\text{traza}(W_1^H R W_1).$$

Una vez que se ha seleccionado la matriz precodificadora de banda ancha/a largo plazo, se seleccionan las matrices precodificadoras W_2 por subbanda de frecuencia, por ejemplo, hallando la matriz precodificadora W_2 que mejora (por ejemplo, maximiza) el caudal en una subbanda dada condicionada en la elección de la matriz.

Una vez que el equipo de usuario ha determinado el grupo de haces y la selección de haz dentro de ese grupo de haces por subbanda, el equipo de usuario codifica las selecciones para su transmisión en un canal de comunicación de enlace ascendente. Ambas de las matrices W_1 y W_2 se codifican como índices en libros de códigos conocidos tanto por la estación base como el equipo de usuario. El equipo de usuario transmite el índice de la matriz seleccionada, así como los índices de las matrices seleccionadas W_2 a la estación base (por ejemplo, el formato de libro de códigos doble). En caso de un sistema de comunicación basado en LTE, el canal de comunicación de enlace ascendente usado para transmisión de realimentación puede ser cualquiera de un canal de control de enlace ascendente físico ("PUCCH") o PUSCH. En caso de PUCCH, se prevén al menos dos soluciones de señalización alternativas.

En una solución de señalización, puede codificarse el índice de la matriz W_1 junto con el indicador de clasificación de transmisión en un primer informe de PUCCH, y puede codificarse el índice de la matriz W_2 junto con indicadores de calidad de canal ("el o los CQI") en otro informe de PUCCH. En otra solución de señalización, el indicador de clasificación de transmisión se transmite de manera separada en un primer informe de PUCCH, y el índice de la matriz W_1 , así como el índice de la matriz W_2 y el o los CQI se transmiten en otro informe de PUCCH. En una realización ejemplar, pueden informarse datos para la matriz W_1 y pueden informarse datos para la matriz W_2 con la misma frecuencia, o pueden informarse datos para la matriz W_2 con una frecuencia superior que los datos para la matriz W_1 . En caso de PUSCH, toda la información que incluye el indicador de clasificación de transmisión, ambos índices de libro de códigos (por ejemplo, formato de libro de códigos doble) así como el o los CQI se transmitirían en un informe de PUSCH. La transmisión de informes de realimentación de PUSCH se activa típicamente por la estación base, a diferencia de PUCCH, que ocurre periódicamente de acuerdo con algunas configuraciones semiestáticas.

La estación base obtiene la matriz precodificadora final como resultado de la multiplicación matricial,

$$W = W_1 * W_2$$

Ya que ninguna de las matrices de libro de códigos está autocontenida, la recepción de ambas matrices en un informe puede ser ventajosa. Sin embargo, ya que la matriz W_1 aprovecha propiedades de banda ancha/a largo plazo del canal de comunicación, la generación de información de la matriz W_1 puede realizarse con una periodicidad de tiempo inferior, mientras que el perfeccionamiento de la matriz W_2 puede enviarse con una periodicidad de tiempo superior. Con la condición de que la matriz W_1 sea constante de manera equitativa con el tiempo y se haya realizado transmisión no errónea, puede emplearse tal señalización desacoplada.

Se describe ahora un diseño de libro de códigos ejemplar para grupos de haces dependientes de clasificación de transmisión con operación de clasificación de transmisión 1-4. En este diseño ejemplar, hay cuatro grupos de haces en el caso de clasificaciones de transmisión 1 y 2, y dos grupos de haces que abarcan un espacio de haz mayor en el caso de clasificaciones de transmisión 3 y 4. Los cuatro grupos de haces en el caso de clasificaciones de transmisión 1 y 2 se describen con matrices de diagonal de bloque basadas en la transformada de Fourier discreta como sigue.

$$W_1^{(1,2)}(0) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & e^{i\frac{\pi}{8}} & e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{3\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} & i & e^{i\frac{3\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & e^{i\frac{3\pi}{8}} & e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{9\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & e^{i\frac{\pi}{8}} & e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{3\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} & i & e^{i\frac{3\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & e^{i\frac{3\pi}{8}} & e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{9\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

$$W_1^{(1,2)}(1) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ i & e^{i\frac{5\pi}{8}} & e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{7\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -i & e^{i\frac{15\pi}{8}} & e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{5\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & i & e^{i\frac{5\pi}{8}} & e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{7\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -i & e^{i\frac{15\pi}{8}} & e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{5\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

$$W_1^{(1,2)}(2) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & e^{i\frac{9\pi}{8}} & e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{11\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} & i & e^{i\frac{3\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & e^{i\frac{11\pi}{8}} & e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & e^{i\frac{9\pi}{8}} & e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{11\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} & i & e^{i\frac{3\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & e^{i\frac{11\pi}{8}} & e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

$$W_1^{(1,2)}(3) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -i & e^{i\frac{13\pi}{8}} & e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{15\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ i & e^{i\frac{7\pi}{8}} & e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{13\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -i & e^{i\frac{13\pi}{8}} & e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{15\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & i & e^{i\frac{7\pi}{8}} & e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{13\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

Los dos grupos de haces en caso de clasificaciones de transmisión 3-4 pueden describirse como sigue:

$$W_1^{(3,4)}(n) = \frac{1}{2} \cdot \begin{bmatrix} X(n) & 0 \\ 0 & X(n) \end{bmatrix}, n = 0,1$$

donde

$$X(n) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (-1)^n & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (-1)^n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & e^{j\frac{\pi}{8}} & e^{j(2)\frac{\pi}{8}} & \dots & e^{j(7)\frac{\pi}{8}} \\ 1 & e^{j(2)\frac{\pi}{8}} & e^{j(2)(2)\frac{\pi}{8}} & \dots & e^{j(7)(2)\frac{\pi}{8}} \\ 1 & e^{j(3)\frac{\pi}{8}} & e^{j(2)(3)\frac{\pi}{8}} & \dots & e^{j(7)(3)\frac{\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

Los correspondientes W_2 vectores/matrices están compuestos de vectores de selección de haz, multiplicados por un número complejo para desplazar la fase de los vectores. Estos se enumeran a continuación en la Tabla 3 únicamente para la clasificación de transmisión 1, pero para la clasificación de transmisión 2-4 los diseños siguen de manera similar tomando los vectores de selección de haz de clasificación de transmisión 2-4 con desplazamiento de

fase apropiado. En la Tabla III a continuación, e_i indica un vector de 4×1 que selecciona el i ésimo haz, por ejemplo,

$$e_2 = [0 \ 1 \ 0 \ 0]^T$$

5

TABLA III

Índice	W_2	Aplicable a
0	$1/\sqrt{2}[e_1^T \ e_1^T]^T$	XP, ULA
1	$1/\sqrt{2}[e_1^T \ -e_1^T]^T$	XP
2	$1/\sqrt{2}[e_1^T \ je_1^T]^T$	XP
3	$1/\sqrt{2}[e_1^T \ -je_1^T]^T$	XP
4	$1/\sqrt{2}[e_2^T \ e_2^T]^T$	XP
5	$1/\sqrt{2}[e_2^T \ -e_2^T]^T$	XP
6	$1/\sqrt{2}[e_2^T \ je_2^T]^T$	XP, ULA
7	$1/\sqrt{2}[e_2^T \ -je_2^T]^T$	XP
8	$1/\sqrt{2}[e_2^T \ -je_2^T]^T$	XP
9	$1/\sqrt{2}[e_3^T \ -e_3^T]^T$	XP, ULA
10	$1/\sqrt{2}[e_3^T \ je_3^T]^T$	XP
11	$1/\sqrt{2}[e_3^T \ -je_3^T]^T$	XP
12	$1/\sqrt{2}[e_4^T \ e_4^T]^T$	XP
13	$1/\sqrt{2}[e_4^T \ -e_4^T]^T$	XP
14	$1/\sqrt{2}[e_4^T \ je_4^T]^T$	XP
15	$1/\sqrt{2}[e_4^T \ -je_4^T]^T$	XP, ULA

Se describe ahora a continuación, un diseño de libro de códigos ejemplar para solapar grupos de haces para la operación de clasificación de transmisión 1-2. En este diseño ejemplar, hay ocho grupos de haces que se solapan parcialmente. El solapamiento es visible en las W_1 matrices proporcionando alguna de las columnas el mismo en dos matrices adyacentes.

10

$$W_1^{(1,2)}(0) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & e^{i\frac{\pi}{8}} & e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{3\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} & i & e^{i\frac{3\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & e^{i\frac{3\pi}{8}} & e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{9\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & e^{i\frac{\pi}{8}} & e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{3\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} & i & e^{i\frac{3\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & e^{i\frac{3\pi}{8}} & e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{9\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

$$W_1^{(1,2)}(1) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{3\pi}{8}} & i & e^{i\frac{5\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ i & e^{i\frac{3\pi}{4}} & -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{9\pi}{8}} & -i & e^{i\frac{15\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{3\pi}{8}} & i & e^{i\frac{5\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & i & e^{i\frac{3\pi}{4}} & -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{9\pi}{8}} & -i & e^{i\frac{15\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

$$W_1^{(1,2)}(2) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ i & e^{i\frac{5\pi}{8}} & e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{7\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -i & e^{i\frac{15\pi}{8}} & e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{5\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & i & e^{i\frac{5\pi}{8}} & e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{7\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -i & e^{i\frac{15\pi}{8}} & e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{5\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

$$W_1^{(1,2)}(3) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{7\pi}{8}} & -1 & e^{i\frac{9\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} & 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{5\pi}{8}} & -1 & e^{i\frac{11\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{i\frac{3\pi}{4}} & e^{i\frac{7\pi}{8}} & -1 & e^{i\frac{9\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} & 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{i\frac{\pi}{4}} & e^{i\frac{5\pi}{8}} & -1 & e^{i\frac{11\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

$$W_1^{(1,2)}(4) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & e^{i\frac{9\pi}{8}} & e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{11\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} & i & e^{i\frac{3\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & e^{i\frac{11\pi}{8}} & e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & e^{i\frac{9\pi}{8}} & e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{11\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} & i & e^{i\frac{3\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & e^{i\frac{11\pi}{8}} & e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

$$W_1^{(1,2)}(5) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{11\pi}{8}} & -i & e^{i\frac{13\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ i & e^{i\frac{3\pi}{4}} & -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{\pi}{8}} & i & e^{i\frac{7\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{11\pi}{8}} & -i & e^{i\frac{13\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & i & e^{i\frac{3\pi}{4}} & -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{\pi}{8}} & i & e^{i\frac{7\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

$$W_1^{(1,2)}(6) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -i & e^{i\frac{13\pi}{8}} & e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{15\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ i & e^{i\frac{7\pi}{8}} & e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{13\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -i & e^{i\frac{13\pi}{8}} & e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{15\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & i & e^{i\frac{7\pi}{8}} & e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{13\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

$$W_1^{(1,2)}(7) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{15\pi}{8}} & 1 & e^{i\frac{\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} & 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{13\pi}{8}} & 1 & e^{i\frac{3\pi}{8}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{i\frac{7\pi}{4}} & e^{i\frac{15\pi}{8}} & 1 & e^{i\frac{\pi}{8}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -i & e^{i\frac{7\pi}{4}} & 1 & e^{i\frac{\pi}{4}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & e^{i\frac{5\pi}{4}} & e^{i\frac{13\pi}{8}} & 1 & e^{i\frac{3\pi}{8}} \end{bmatrix}$$

5 Los correspondientes W_2 vectores/matrices son similares como en el primer diseño de libro de códigos ejemplar (es decir, estas matrices están compuestas de vectores de columna de selección de haz).

10 Por lo tanto, puede conseguirse el soporte mejorado de escenarios de ensanchamiento acimutal superior en el caso de tipo de realimentación de cuadrícula de haces. El espacio de señales total puede capturarse mejor de una manera de frecuencia selectiva cuando hay menos correlación espacial en el canal de comunicación (es decir, hay un ensanchamiento acimutal superior). También se mantienen los beneficios de cuadrícula de haces para MU-MIMO en casos altamente correlacionados.

15 Volviendo a la Figura 8, se ilustra una representación gráfica de una realización de grupos de haces para el caso de clasificaciones de transmisión 1-2 de acuerdo con los principios de la presente invención. Un primer grupo de haces (designado el grupo de haces 1) incluye cuatro haces teniendo un primer haz 810 una ganancia máxima de seis decibelios ("dB") en dirección acimutal de cero grados y teniendo un cuarto haz 820 una ganancia máxima de seis decibelios ("dB") en dirección acimutal de menos 22 grados. Un segundo grupo de haces (designado el grupo de haces 2) incluye cuatro haces teniendo un primer haz 830 una ganancia máxima de seis decibelios ("dB") en dirección acimutal de 18 grados y teniendo un cuarto haz 840 una ganancia máxima de seis decibelios ("dB") en dirección acimutal de menos 4 grados. El intervalo 850 angular de una dirección de ganancia de conjunto máximo del primer haz 810 a una dirección de ganancia de conjunto máximo del cuarto haz (el último haz) 820 en el primer grupo de haces es 22 grados y se solapa en dominio angular con un intervalo 860 angular de una dirección de ganancia de conjunto máximo del primer haz 830 a una dirección de ganancia de conjunto máximo del cuarto haz (un último haz) 840 en el segundo grupo de haces (un grupo de haces adyacentes).

30 Volviendo ahora a la Figura 9, se ilustra un diagrama de flujo de una realización de un método de operación de un sistema de comunicación de acuerdo con los principios de la presente invención. Después de una etapa o módulo 910 de inicio, un elemento de un sistema de comunicación (por ejemplo, un equipo de usuario y/o estación base en el mismo) mide información de estado de canal en un enlace descendente de una estación base en una etapa o módulo 920. En una etapa o módulo 930, se identifica un grupo de haces seleccionado de un conjunto de grupos de

haces de acuerdo con una propiedad de banda ancha de la información de estado de canal, en el que una característica del conjunto de grupos de haces depende de una clasificación de transmisión, la característica del conjunto de grupos de haces puede ser un número de haces en cada grupo de haces del conjunto de grupos de haces, un número de grupos de haces en el conjunto de grupos de haces, y/o un dominio angular total abarcado desde una dirección de ganancia de conjunto máximo de un primer haz hasta una dirección de ganancia de conjunto máximo de un último haz en cada grupo de haces en el conjunto de grupos de haces. En una etapa o módulo 940, se identifica un subconjunto de haces seleccionado en el grupo de haces seleccionado de acuerdo con al menos una subbanda, en el que un número de haces en el subconjunto de haces seleccionado es igual a la clasificación de transmisión.

En una etapa o módulo 950, se genera información de realimentación codificada para identificar el grupo de haces seleccionado y el subconjunto de haces seleccionado para cada subbanda en un formato de libro de códigos doble. El formato de libro de códigos doble está estructurado como una primera matriz que representa el grupo de haces seleccionado y una segunda matriz que representa el subconjunto de haces seleccionado para cada subbanda. La primera matriz puede estar formada empleando conjuntos de columnas tomadas de matrices de transformada de Fourier discreta sobremuestreadas. Adicionalmente, un intervalo angular de una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz a una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en el grupo de haces seleccionado puede solaparse en dominio angular con un intervalo angular de una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz a una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en un grupo de haces adyacentes. El grupo de haces seleccionado puede emplearse para controlar ocho antenas de transmisión de una estación base. De acuerdo con la información de realimentación codificada, se forma un precodificador (por ejemplo, en una estación base) para transmisión de una señal en el sistema de comunicación usando el formato de libro de códigos doble, en una etapa o módulo 960. El método finaliza en la etapa o módulo 970.

Por lo tanto, se introduce en el presente documento un aparato, método y sistema para seleccionar un grupo de haces y un subconjunto de haces en un sistema de comunicación. En una realización, un aparato (por ejemplo, incorporado en un equipo de usuario) incluye un procesador y memoria que incluye código de programa informático. La memoria y el código de programa informático están configurados para, con el procesador, provocar que el aparato mida información de estado de canal en un enlace descendente de una estación base, e identifique un grupo de haces seleccionado de un conjunto de grupos de haces de acuerdo con una propiedad de banda ancha de la información de estado de canal. La característica del conjunto de grupos de haces depende de una clasificación de transmisión. La memoria y el código de programa informático están configurados adicionalmente para, con el procesador, provocar que el aparato identifique un subconjunto de haces seleccionado en el grupo de haces seleccionado de acuerdo con al menos una subbanda. El número de haces en el subconjunto de haces seleccionado es igual a la clasificación de transmisión.

Adicionalmente, la memoria y el código de programa informático están configurados adicionalmente para, con el procesador, provocar que el aparato genere información de realimentación codificada que identifica el grupo de haces seleccionado y el subconjunto de haces seleccionado para cada subbanda en un formato de libro de códigos doble, y transmita la información de realimentación codificada a la estación base. El formato de libro de códigos doble incluye una primera matriz que representa el grupo de haces seleccionado y una segunda matriz que representa el subconjunto de haces seleccionado para cada subbanda. La primera matriz está formada empleando conjuntos de columnas tomadas de matrices de transformada de Fourier discreta sobremuestreadas. También, la característica del conjunto de grupos de haces incluye al menos uno de un número de haces en cada grupo de haces del conjunto de grupos de haces, un número de grupos de haces en el conjunto de grupos de haces, y un dominio angular total abarcado de una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz a una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en cada grupo de haces en el conjunto de grupos de haces. Adicionalmente, un grupo de haces seleccionado puede solaparse en dominio angular total (o dominio angular) con un grupo de haces adyacentes. Por ejemplo, un intervalo angular desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz hasta una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en el grupo de haces seleccionado puede solaparse en dominio angular con un intervalo angular desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz hasta una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en un grupo de haces adyacentes. También, el grupo de haces seleccionado puede caracterizar ocho antenas de transmisión.

En otra realización, un aparato (por ejemplo, incorporado en una estación base) incluye un procesador y memoria que incluye código de programa informático. La memoria y el código de programa informático están configurados para, con el procesador, provocar que el aparato reciba información de realimentación codificada de un equipo de usuario que identifica un grupo de haces seleccionado y un subconjunto de haces seleccionado para al menos una subbanda en un formato de libro de códigos doble. El grupo de haces seleccionado representa uno de un conjunto de grupos de haces de acuerdo con una propiedad de banda ancha de información de estado de canal medida por el equipo de usuario y una característica del conjunto de grupos de haces está basada en una clasificación de transmisión. También, el subconjunto de haces seleccionado en el grupo de haces seleccionado se selecciona de acuerdo con la al menos una subbanda y un número de haces en el subconjunto de haces seleccionado es igual a la clasificación de transmisión. La memoria y el código de programa informático están configurados adicionalmente para, con el procesador, provocar que el aparato forme un precodificador para transmisión de una señal al equipo de

usuario usando el formato de libro de códigos doble. Aunque se ha descrito el aparato, método y sistema descritos en el presente documento con respecto a sistemas de comunicación celulares, el aparato y método son igualmente aplicables a otros tipos de sistemas de comunicación tales como un sistema de comunicación WiMax®.

5 El programa o los segmentos de código que componen las diversas realizaciones de la presente invención pueden almacenarse en un medio legible por ordenador o transmitirse por una señal de datos informática incorporada en una onda portadora, o una señal modulada por una portadora, a través de un medio de transmisión. Por ejemplo, un producto de programa informático que incluye un código de programa almacenado en un medio legible por ordenador puede formar diversas realizaciones de la presente invención. El "medio legible por ordenador" puede
10 incluir cualquier medio que pueda almacenar o transferir información. Ejemplos del medio legible por ordenador incluyen un circuito electrónico, un dispositivo de memoria de semiconductores, una memoria de sólo lectura ("ROM"), una memoria flash, una ROM borrable ("EROM"), un disquete flexible, un disco compacto ("CD")-ROM, un disco óptico, un disco duro, un medio de fibra óptica, un enlace de radiofrecuencia ("RF"), y similares. La señal de datos informática puede incluir cualquier señal que pueda propagarse a través de un medio de transmisión tal como
15 canales de comunicación de red de comunicación electrónica, fibras ópticas, aire, enlaces electromagnéticos, enlaces de RF y similares. Los segmentos de código pueden descargarse mediante redes informáticas tal como Internet, Intranet, y similares.

20 Como se ha descrito anteriormente, la realización ejemplar proporciona tanto un método como correspondiente aparato que consisten en diversos módulos que proporcionan funcionalidad para realizar las etapas del método. Los módulos pueden implementarse como hardware (incorporarse en uno o más chips que incluyen un circuito integrado tal como un circuito integrado específico de la aplicación), o pueden implementarse como software o firmware para su ejecución en un procesador informático. En particular, en el caso de firmware o software, la realización ejemplar puede proporcionarse como un producto de programa informático que incluye una estructura de almacenamiento
25 legible por ordenador que incorpora código de programa informático (es decir, software o firmware) en la misma para su ejecución por el procesador informático.

Aunque se ha descrito en detalle la presente invención y sus ventajas, debería entenderse que pueden realizarse en la misma diversos cambios, sustituciones y modificaciones sin alejarse del alcance de la invención como se define
30 por las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, muchas de las otras características y funciones analizadas anteriormente pueden implementarse en software, hardware, o firmware, o una combinación de los mismos. También, muchas de las características, funciones y etapas de operación de las mismas pueden reordenarse, omitirse, añadirse, etc., y caer aún dentro del alcance de la presente invención como se define por las
35 reivindicaciones adjuntas.

Además, el alcance de la presente solicitud no se pretende que esté limitado a las realizaciones particulares del proceso, máquina, fabricación, composición de materia, medios, métodos y etapas descritos en la memoria
40 descriptiva. Como apreciará fácilmente un experto en la materia a partir de la divulgación de la presente invención, procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, métodos, o etapas, actualmente existentes o a desarrollarse más tarde, que realizan sustancialmente la misma función o consiguen sustancialmente el mismo resultado que las correspondientes realizaciones descritas en el presente documento pueden utilizarse de acuerdo con la presente invención. Por consiguiente, se pretende que las reivindicaciones adjuntas estén incluidas dentro del alcance de tales procesos, máquinas, fabricación, composiciones de materia, medios, métodos, o etapas.

REIVINDICACIONES

1. Un método, que comprende:

5 medir (920) información de estado de canal en un enlace descendente de una estación base;
 identificar (930) un grupo de haces seleccionado de un conjunto de grupos de haces de acuerdo con una
 propiedad de banda ancha de dicha información de estado de canal, en donde una característica de dicho
 conjunto de grupos de haces depende de una clasificación de transmisión; e
 10 identificar (940) un subconjunto de haces seleccionado en dicho grupo de haces seleccionado de acuerdo con al
 menos una subbanda, en donde un número de haces en dicho subconjunto de haces seleccionado es igual a
 dicha clasificación de transmisión;
 en donde un intervalo angular desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz hasta una
 dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en dicho grupo de haces seleccionado se solapa en
 15 dominio angular con un intervalo angular desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz
 hasta una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en un grupo de haces adyacentes.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

20 generar (950) información de realimentación codificada que identifica dicho grupo de haces seleccionado y dicho
 subconjunto de haces seleccionado para cada subbanda en un formato de libro de códigos doble; y
 transmitir dicha información de realimentación codificada a dicha estación base.

3. Un método, que comprende:

25 recibir información de realimentación codificada de un equipo de usuario que identifica un grupo de haces
 seleccionado y un subconjunto de haces seleccionado para al menos una subbanda en un formato de libro de
 códigos doble, en donde dicho grupo de haces seleccionado representa uno de un conjunto de grupos de haces
 de acuerdo con una propiedad de banda ancha de información de estado de canal medida por dicho equipo de
 30 usuario y una característica de dicho conjunto de grupos de haces basándose en una clasificación de
 transmisión, y en donde dicho subconjunto de haces seleccionado en dicho grupo de haces seleccionado se
 selecciona de acuerdo con dicha al menos una subbanda y un número de haces en dicho subconjunto de haces
 seleccionado es igual a dicha clasificación de transmisión; y
 formar (960) un precodificador para transmisión de una señal a dicho equipo de usuario usando dicho formato de
 35 libro de códigos doble;
 en donde un intervalo angular desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz hasta una
 dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en dicho grupo de haces seleccionado se solapa en
 dominio angular con un intervalo angular desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz
 hasta una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en un grupo de haces adyacentes.

40 4. El método de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en donde dicho formato de libro de códigos doble comprende
 una primera matriz que representa dicho grupo de haces seleccionado y una segunda matriz que representa dicho
 subconjunto de haces seleccionado para cada subbanda.

45 5. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde dicha primera matriz se forma empleando conjuntos de
 columnas tomadas de matrices de transformada de Fourier discreta (DFT) sobremuestreadas.

6. El método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde dicha característica de dicho conjunto de
 grupos de haces comprende al menos uno de un número de haces en cada grupo de haces de dicho conjunto de
 grupos de haces, un número de grupos de haces en dicho conjunto de grupos de haces, y un dominio angular total
 50 abarcado desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz hasta una dirección de ganancia
 de conjunto máxima de un último haz en cada grupo de haces en dicho conjunto de grupos de haces.

7. El método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde el solapamiento de dominio angular tiene
 lugar entre grupos de haces que contienen parcialmente los mismos haces.

8. Un aparato, que comprende:

60 medios para medir información de estado de canal en un enlace descendente de una estación base;
 medios para identificar (520) un grupo de haces seleccionado de un conjunto de grupos de haces de acuerdo
 con una propiedad de banda ancha de dicha información de estado de canal, en donde una característica de
 dicho conjunto de grupos de haces depende de una clasificación de transmisión; y
 medios para identificar (520) un subconjunto de haces seleccionado en dicho grupo de haces seleccionado de
 acuerdo con al menos una subbanda, en donde un número de haces en dicho subconjunto de haces
 65 seleccionado es igual a dicha clasificación de transmisión;
 en donde un intervalo angular desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz hasta una
 dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en dicho grupo de haces seleccionado se solapa en

dominio angular con un intervalo angular desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz hasta una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en un grupo de haces adyacentes.

5 9. El aparato de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende adicionalmente:

medios para generar (520) información de realimentación codificada que identifica dicho grupo de haces seleccionado y dicho subconjunto de haces seleccionado para cada subbanda en un formato de libro de códigos doble; y

medios para transmitir (570) dicha información de realimentación codificada a dicha estación base.

10 10. Un aparato, que comprende:

medios para recibir (570) información de realimentación codificada de un equipo de usuario que identifica un grupo de haces seleccionado y un subconjunto de haces seleccionado para al menos una subbanda en un formato de libro de códigos doble, en donde dicho grupo de haces seleccionado representa uno de un conjunto de grupos de haces de acuerdo con una propiedad de banda ancha de información de estado de canal medida por dicho equipo de usuario y una característica de dicho conjunto de grupos de haces basándose en una clasificación de transmisión, y en donde dicho subconjunto de haces seleccionado en dicho grupo de haces seleccionado se selecciona de acuerdo con dicha al menos una subbanda y un número de haces en dicho subconjunto de haces seleccionado es igual a dicha clasificación de transmisión; y

medios para formar (520) un precodificador para transmisión de una señal a dicho equipo de usuario usando dicho formato de libro de códigos doble;

en donde un intervalo angular desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz hasta una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en dicho grupo de haces seleccionado se solapa en dominio angular con un intervalo angular desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz hasta una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en un grupo de haces adyacentes.

11. El aparato de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, en donde dicho formato de libro de códigos doble comprende una primera matriz que representa dicho grupo de haces seleccionado y una segunda matriz que representa dicho subconjunto de haces seleccionado para cada subbanda.

12. El aparato de acuerdo con la reivindicación 11, en donde dicha primera matriz se forma empleando conjuntos de columnas tomadas de matrices de transformada de Fourier discreta (DFT) sobremuestreadas.

13. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 - 12, en donde dicha característica de dicho conjunto de grupos de haces comprende al menos uno de un número de haces en cada grupo de haces de dicho conjunto de grupos de haces, un número de grupos de haces en dicho conjunto de grupos de haces, y un dominio angular total abarcado desde una dirección de ganancia de conjunto máxima de un primer haz hasta una dirección de ganancia de conjunto máxima de un último haz en cada grupo de haces en dicho conjunto de grupos de haces.

14. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 - 12, en donde el solapamiento del dominio angular se encuentra entre grupos de haces que contienen parcialmente los mismos haces.

15. Un producto de programa informático que comprende un código de programa almacenado en un medio legible por ordenador configurado para provocar que un aparato realice al menos el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 7.

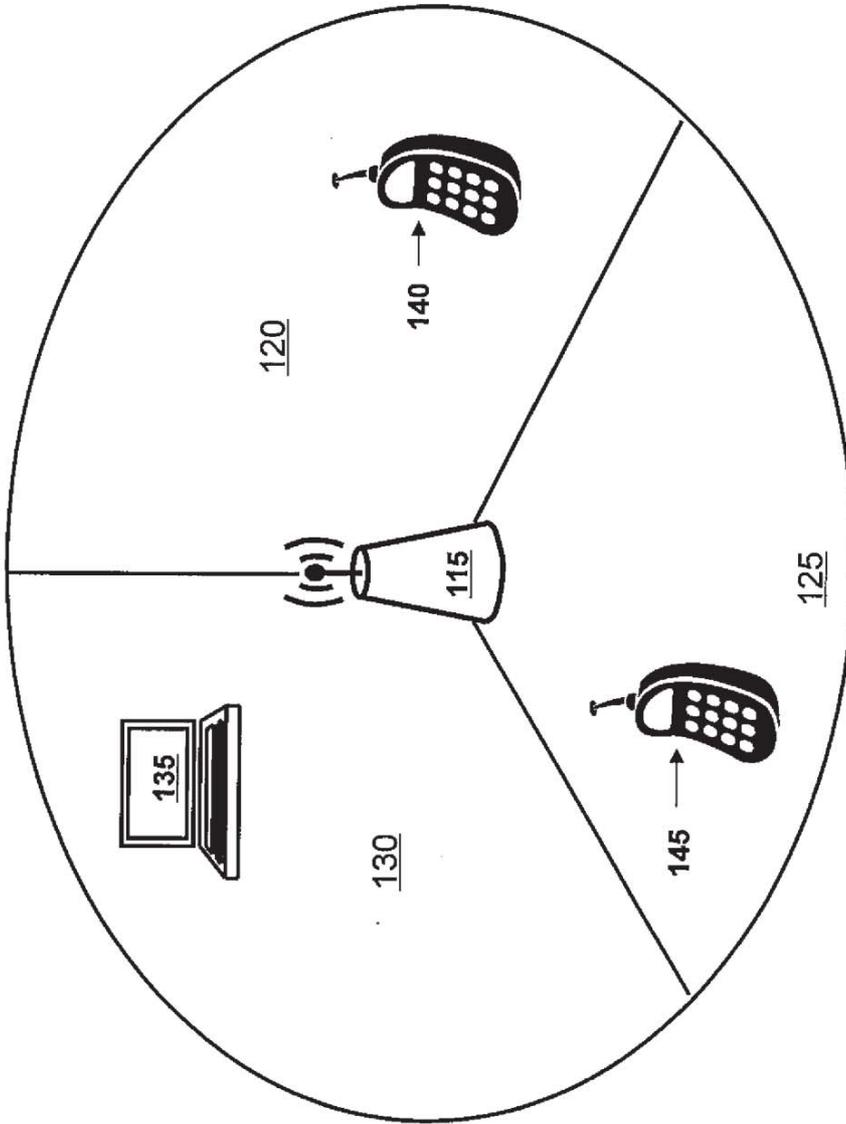


FIGURA 1

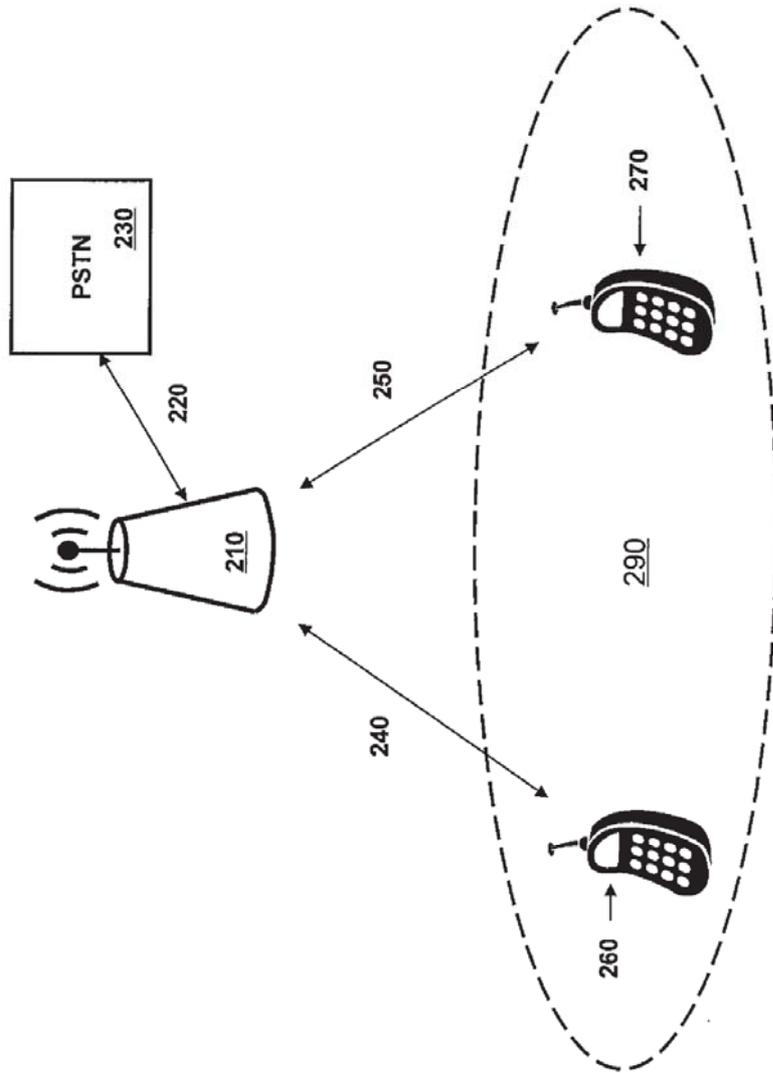


FIGURA 2

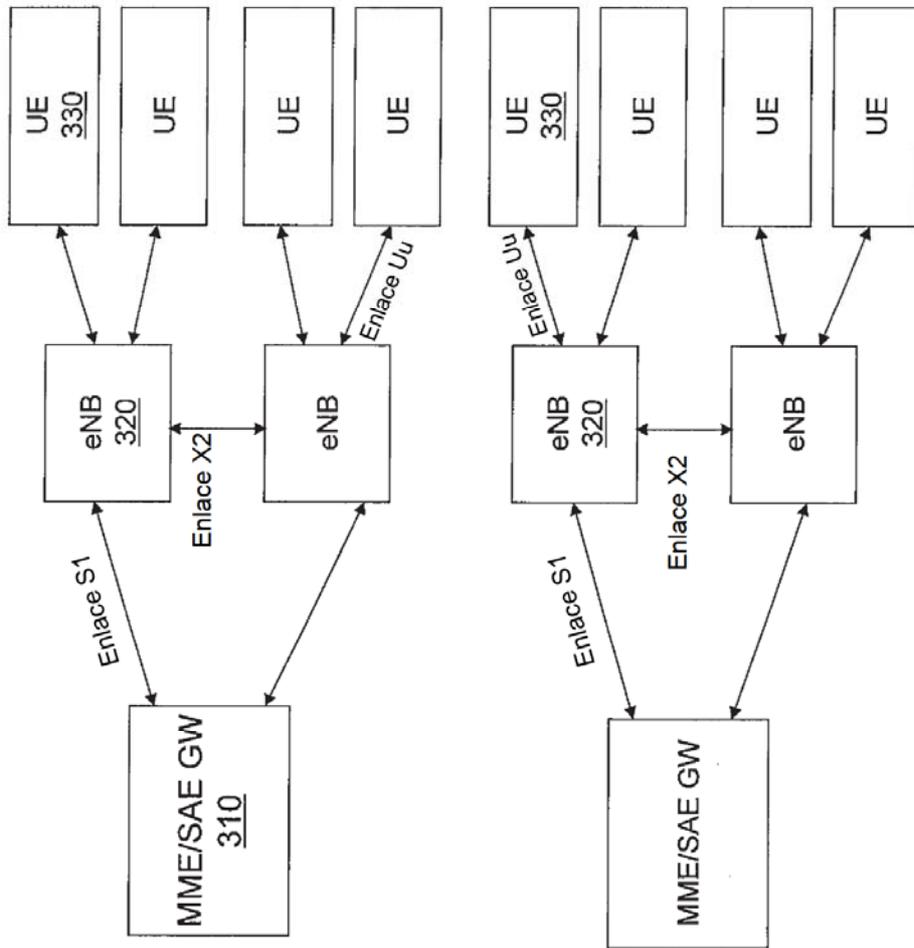


FIGURA 3

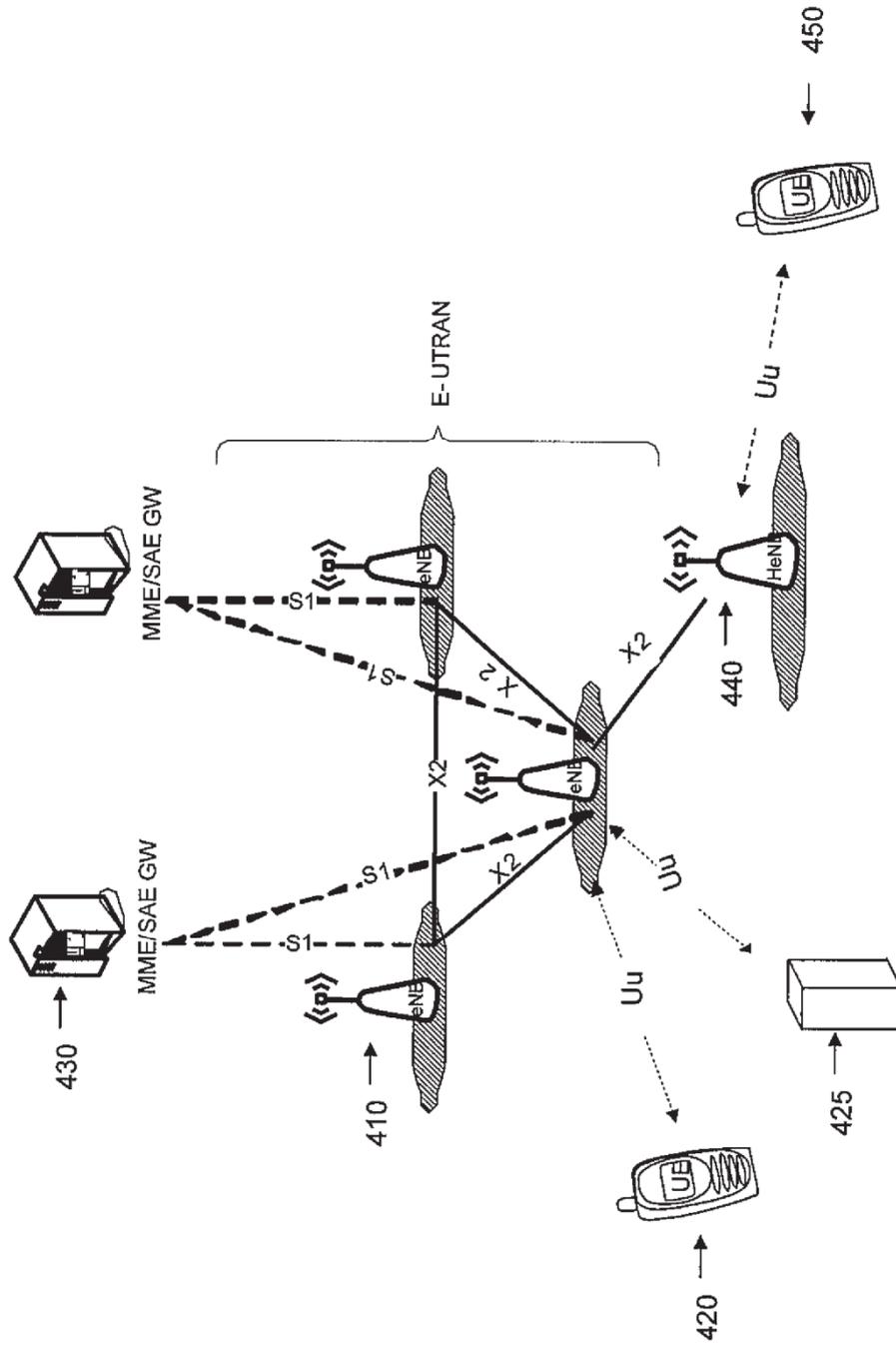


FIGURA 4

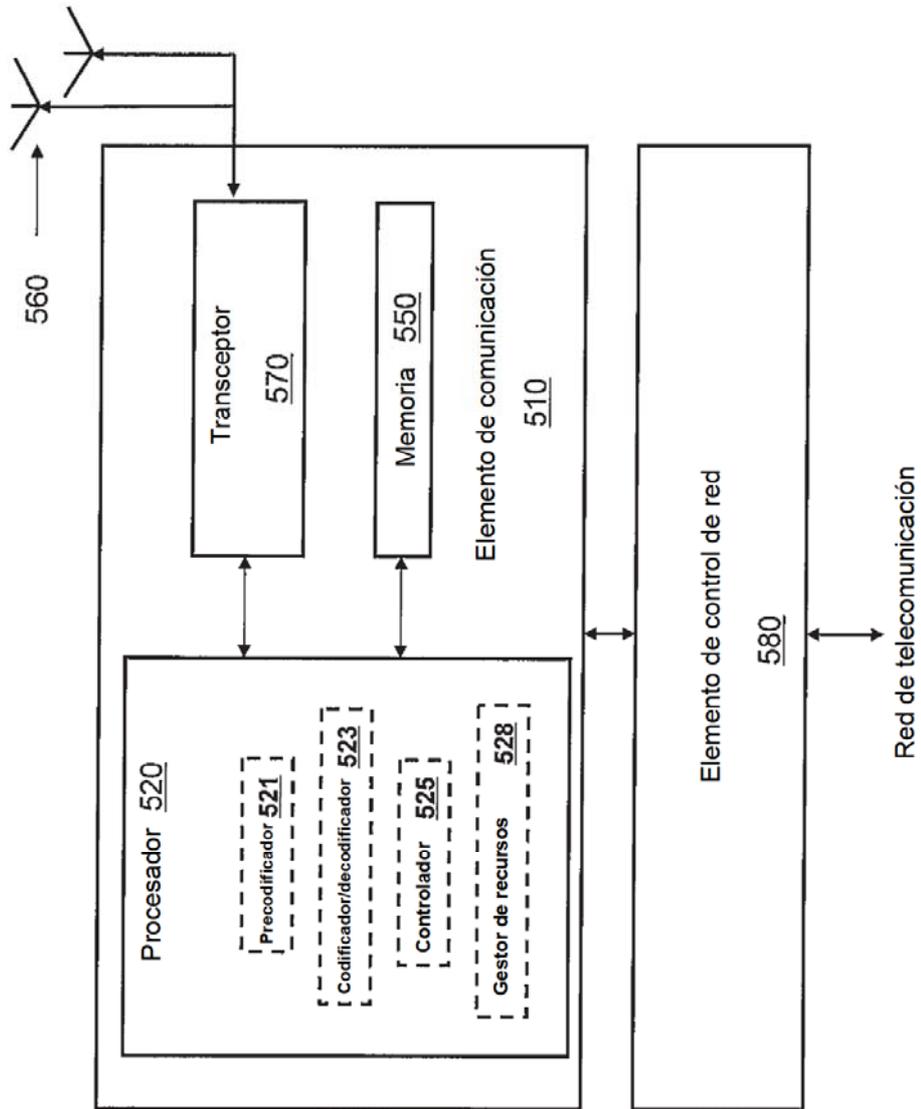


FIGURA 5

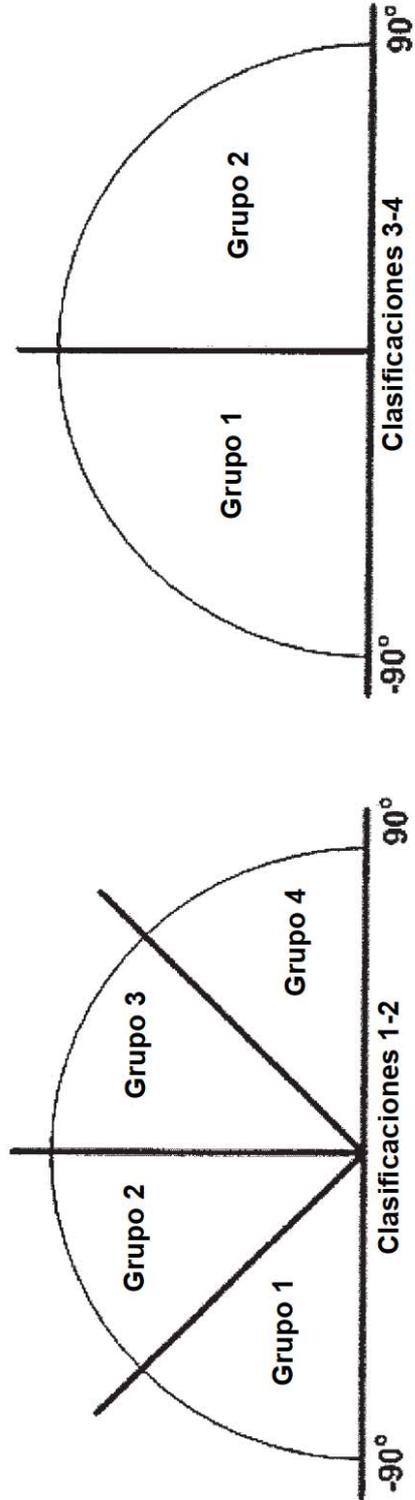


FIGURA 6A

FIGURA 6B

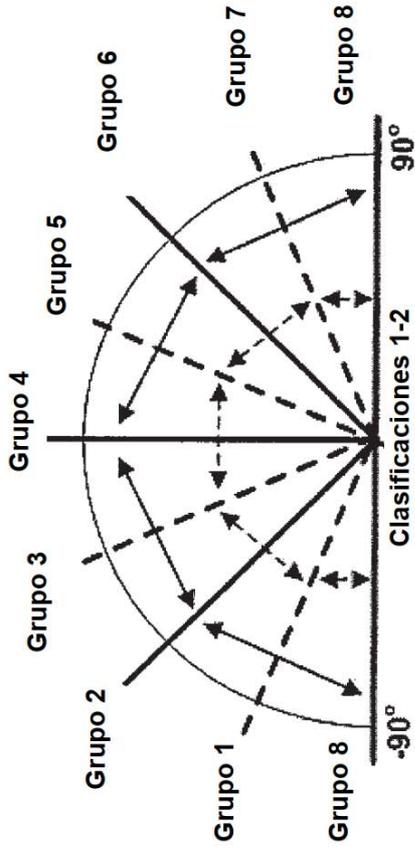


FIGURA 7A

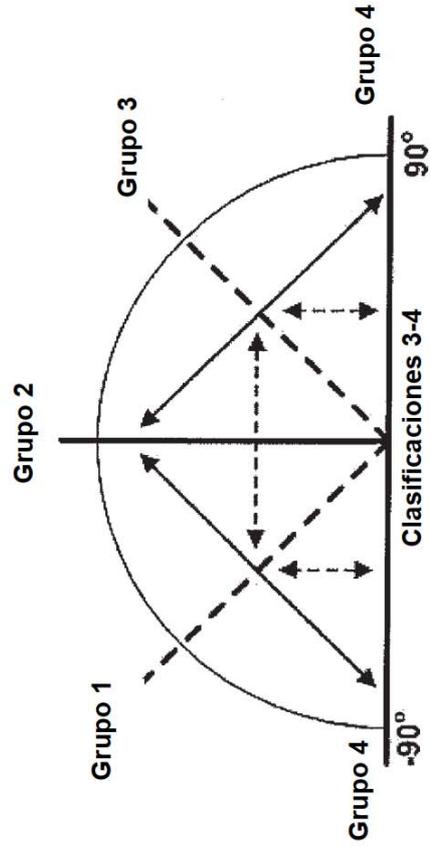


FIGURA 7B

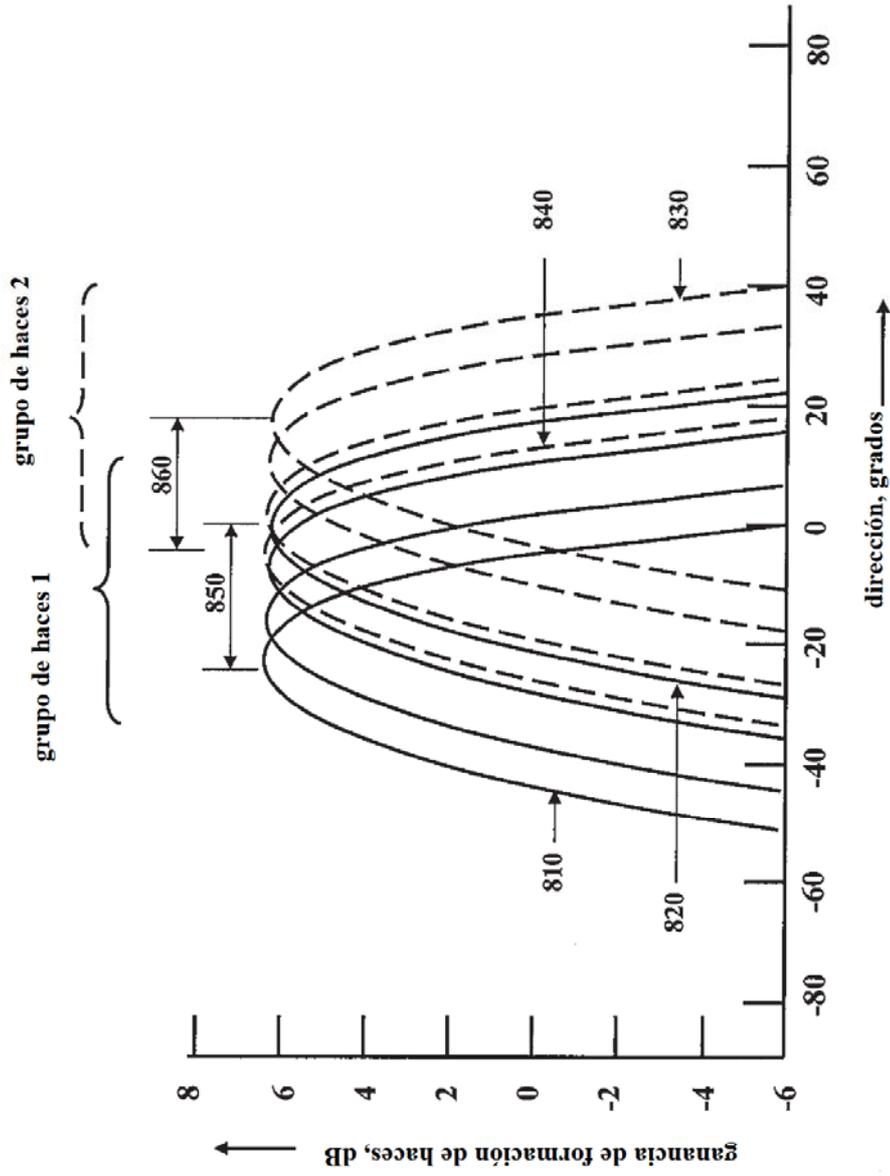


FIGURA 8

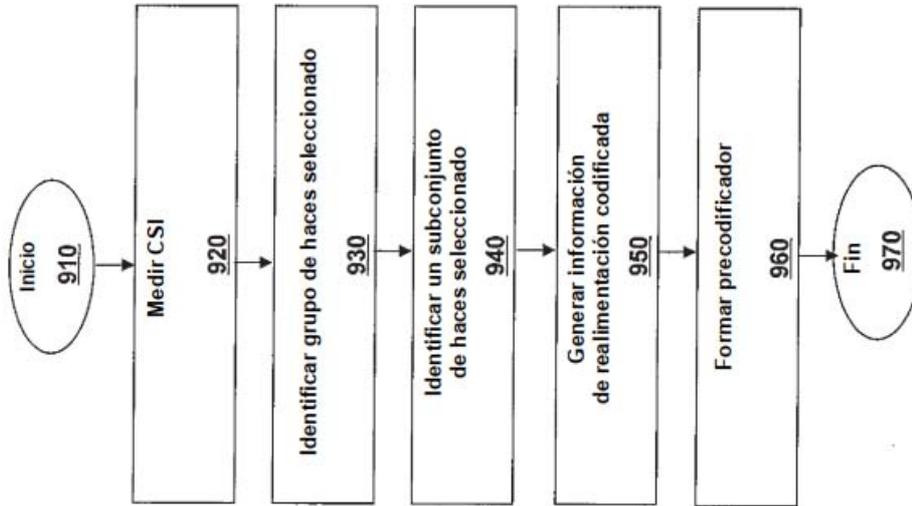


FIGURA 9