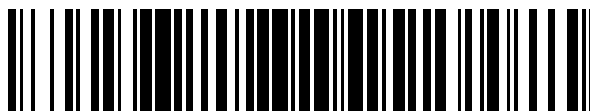


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 600**

51 Int. Cl.:

**H04L 25/03** (2006.01)

**H04L 25/02** (2006.01)

**H04B 7/04** (2007.01)

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04B 7/0417** (2007.01)

**H04B 7/0452** (2007.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.03.2010** **PCT/US2010/025745**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.09.2010** **WO10101816**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2010** **E 10749152 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017** **EP 2404399**

54 Título: **Procedimiento de reajuste de polo para libro de códigos diferencial para comunicaciones inalámbricas**

30 Prioridad:

**03.03.2009 US 156882 P**

**25.09.2009 US 567364**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.03.2018**

73 Titular/es:

**INTEL CORPORATION (100.0%)**  
**2200 Mission College Boulevard**  
**Santa Clara, CA 95052, US**

72 Inventor/es:

**ZHU, YUAN y**  
**LI, QINGHUA**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 660 600 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de reajuste de polo para libro de códigos diferencial para comunicaciones inalámbricas

### 5 Antecedentes

Los sistemas de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) son una tecnología prometedora diseñada para mejorar el rendimiento de sistema en las comunicaciones inalámbricas de nueva generación. Cuando un sistema MIMO usa multiplexación por división espacial (SDM) de múltiples flujos de símbolos de modulación para un único usuario usando el mismo recurso de tiempo/frecuencia, se denomina sistema MIMO de usuario único (SU-MIMO). Cuando un sistema MIMO usa SDM de múltiples flujos de símbolos de modulación para diferentes usuarios usando el mismo recurso de tiempo/frecuencia, se denomina sistema MIMO multiusuario (MU-MIMO).

Los sistemas MU-MIMO han acaparado la atención debido a su capacidad de beneficiarse tanto de la diversidad multiusuario como de la diversidad espacial. Además, un sistema MU-MIMO puede proporcionar un elevado caudal de tráfico celular al implementar un esquema de precodificación de libro de códigos diferencial. Mejoras en los esquemas de precodificación de libro de códigos diferencial pueden mejorar el rendimiento global de un sistema MU-MIMO. Es debido a esto y a otras consideraciones por lo que se necesitan las presentes mejoras.

El documento WO 2007/092539 se refiere a la conformación de haz usando libros de códigos en sistemas MIMO en los que las palabras de código indican la matriz de conformación de haz que va a usarse por un transmisor. Cuando las variaciones de canal son pequeñas "en comparación con" el periodo de actualización, puede usarse un conjunto de libros de códigos polarizados más pequeños para corregir la desviación de canal en el tiempo para reducir los requisitos de realimentación, o los libros de códigos polarizados pueden usarse de manera más precisa para realizar un seguimiento de las variaciones de canal, o un libro de códigos de distribución completa y un libro de códigos polarizado pueden usarse de manera alterna en el dominio de frecuencia así como en el dominio de tiempo.

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato que comprende un dispositivo fijo como el reivindicado en la reivindicación 1.

Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un aparato que comprende un dispositivo móvil como el reivindicado en la reivindicación 6.

Según un tercer aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento en un dispositivo fijo como el reivindicado en la reivindicación 11.

Según un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento en un dispositivo móvil como el reivindicado en la reivindicación 13.

40 Formas de realización adicionales de la invención se incluyen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 ilustra una forma de realización de un sistema de comunicaciones.

45 La FIG. 2 ilustra una forma de realización de un primer diagrama de usuario.

La FIG. 3 ilustra una forma de realización de un segundo diagrama de usuario.

La FIG. 4 ilustra una forma de realización de un tercer diagrama de usuario.

La FIG. 5 ilustra una forma de realización de un cuarto diagrama de usuario.

La FIG. 6 ilustra una forma de realización de un primer flujo lógico.

50 La FIG. 7 ilustra una forma de realización de un segundo flujo lógico.

Descripción detallada

55 Varias formas de realización pueden estar dirigidas, en términos generales, a técnicas de comunicación para una red de comunicaciones inalámbricas, tal como un sistema de comunicaciones móviles de banda ancha. Algunas formas de realización pueden estar dirigidas, en particular, a técnicas mejoradas para un esquema de precodificación de libro de códigos diferencia para un esquema MU-MIMO de bucle cerrado (MU-MIMO).

60 Internet está dando el salto hacia las aplicaciones móviles. Esta evolución requiere comunicaciones ubicuas a altas velocidades de transferencia de datos. Sistemas de comunicaciones móviles de banda ancha que utilizan técnicas de multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM) y de acceso múltiple por división ortogonal de

frecuencia (OFDMA) están emergiendo como una de las tecnologías dominantes para satisfacer las altas demandas de velocidad de transferencia de datos.

Sistemas de comunicaciones móviles de banda ancha que implementan MU-MIMO han acaparado la atención debido a su capacidad de beneficiarse tanto de la diversidad multiusuario como de la diversidad espacial. Además, la tecnología MU-MIMO puede proporcionar un mayor caudal de tráfico celular con respecto a la tecnología SU-MIMO al aprovechar la información de estado de canal en el transmisor y al utilizar un esquema de precodificación de libro de códigos diferencial. Sin embargo, para obtener estas y otras ventajas, pueden necesitarse técnicas para reajustar el polo para el esquema de precodificación de libro de códigos diferencial. Esta necesidad puede dar como resultado una pérdida de eficacia espectral en muchos sistemas.

Para resolver estos y otros problemas, varias formas de realización están dirigidas a técnicas de reajuste de polo para un esquema de precodificación de libro de códigos diferencial, donde el reajuste periódico de una o más matrices de precodificación y/o de polos para una pluralidad de dispositivos móviles se coordina entre la pluralidad de dispositivos móviles y un dispositivo fijo para mitigar la pérdida de eficacia espectral. Las técnicas de reajuste de polo incluyen, en algunas formas de realización, un dispositivo fijo y uno o más dispositivos móviles, donde los dispositivos intercambian periódicamente palabras de código correspondientes a libros de código para generar matrices de precodificación. En algunas formas de realización pueden acumularse diferencias entre la matriz de precodificación en el dispositivo fijo y en el uno o más dispositivos móviles. Puede requerirse un reajuste periódico para borrar el error acumulado. Se describen y reivindican otras formas de realización.

Algunas formas de realización están dirigidas a dispositivos fijos. Una forma de realización, por ejemplo, está dirigida a un dispositivo fijo para un sistema de comunicaciones móviles de banda ancha que utiliza una técnica OFDMA. El dispositivo fijo puede tener un módulo de precodificación que puede hacerse funcionar para generar una matriz de precodificación usando una primera palabra de código recibida de un primer libro de códigos base, después para reconstruir la matriz de precodificación usando una palabra de código polarizada recibida de un libro de códigos polarizado, y para reajustar periódicamente la matriz de precodificación para borrar errores acumulados en el dispositivo fijo usando una segunda palabra de código recibida de un segundo libro de códigos base.

Algunas formas de realización están dirigidas a dispositivos móviles. Una forma de realización, por ejemplo, está dirigida a un dispositivo móvil (por ejemplo, una estación de abonado móvil) para un sistema de comunicaciones móviles de banda ancha que utiliza una técnica OFDMA. El dispositivo móvil puede incluir un módulo de libro de códigos polarizado que puede hacerse funcionar para generar un primer libro de códigos de un primer libro de códigos base, posteriormente para generar una palabra de código polarizada de un libro de códigos polarizado, donde la palabra de código polarizada representa cambios en un canal desde la generación de la primera palabra de código base, y para generar periódicamente una segunda palabra de código de un segundo libro de códigos base. Debe entenderse que aunque se describen un primer y un segundo libro de códigos base, el primer y el segundo libro de códigos pueden ser libros de códigos idénticos o diferentes. Además, tanto el primer como el segundo libro de códigos base son, normalmente, libros de códigos más grandes y más completos que el libro de códigos polarizado que representa cambios en el canal y, por lo tanto, tiene una palabra de código que usa menos bits que una palabra de código base completa de un libro de códigos base completo. Se describen y reivindican otras formas de realización.

Varias formas de realización pueden comprender uno o más elementos. Un elemento puede comprender cualquier estructura dispuesta para realizar determinadas operaciones. Cada elemento puede implementarse como hardware, software o cualquier combinación de los mismos, como se desee para un conjunto dado de parámetros de diseño o de restricciones de funcionamiento. Aunque una forma de realización puede describirse con un número limitado de elementos en una cierta topología a modo de ejemplo, la forma de realización puede incluir más o menos elementos en topologías alternativas según requiera una implementación dada. Cabe señalar que cualquier referencia a "una forma de realización" significa que una propiedad, estructura o característica particular descrita en relación con la forma de realización está incluida en al menos una forma de realización. No todas las veces que aparece la expresión "en una forma de realización" en varios puntos de la memoria descriptiva se hace referencia necesariamente a la misma forma de realización.

La FIG. 1 ilustra un diagrama de bloques de una forma de realización de un sistema de comunicaciones 100. En varias formas de realización, el sistema de comunicaciones 100 puede comprender múltiples nodos. Un nodo puede comprender, en general, cualquier entidad física o lógica para comunicar información en el sistema de comunicaciones 100 y puede implementarse como hardware, software o cualquier combinación de los mismos, como se desee para un conjunto dado de parámetros de diseño o de restricciones de funcionamiento. Aunque la FIG. 1 puede mostrar un número limitado de nodos a modo de ejemplo, puede apreciarse que puede utilizarse un número mayor o menor de nodos en una implementación dada.

En varias formas de realización, el sistema de comunicaciones 100 puede comprender o formar parte de un sistema de comunicaciones cableado, un sistema de comunicaciones inalámbricas o una combinación de ambos. Por ejemplo, el sistema de comunicaciones 100 puede incluir uno o más nodos dispuestos para comunicar información a través de uno o más tipos de enlaces de comunicación cableados. Ejemplos de un enlace de comunicación

cableado pueden incluir, sin limitación, un hilo, un cable, un bus, una placa de circuito impreso (PCI), una conexión Ethernet, una conexión de par a par (P2P), una placa posterior, un módulo de matriz de conmutación, un material semiconductor, un hilo de par trenzado, un cable coaxial, una conexión de fibra óptica, etc. El sistema de comunicaciones 100 también puede incluir uno o más nodos dispuestos para comunicar información a través de uno o más tipos de enlaces de comunicación inalámbrica, tales como medios compartidos inalámbricos 140. Ejemplos de un enlace de comunicación inalámbrica pueden incluir, sin limitación, un canal de radio, un canal de infrarrojos, un canal de radiofrecuencia (RF), un canal de fidelidad inalámbrica (WiFi), una parte del espectro de RF y/o una o más bandas de frecuencias con licencia o sin licencia. En el último caso, los nodos inalámbricos pueden incluir una o más interfaces inalámbricas y/o componentes de comunicación inalámbrica, tal como uno o más transmisores, receptores, transmisores/receptores ("transceptores"), aparatos de radio, conjuntos de chips, amplificadores, filtros, lógica de control, tarjetas de interfaz de red (NIC), antenas, sistemas de antenas, etc. Ejemplos de una antena pueden incluir, sin limitación, una antena interna, una antena omnidireccional, una antena monopolo, una antena dipolo, una antena alimentada en los extremos, una antena polarizada de manera circular, una antena de microbanda, una antena de diversidad, una antena dual, un sistema de antenas, etc. En una forma de realización, determinados dispositivos pueden incluir sistemas de antenas de múltiples antenas para implementar varias técnicas de antenas adaptativas y técnicas de diversidad espacial.

Como se muestra en la forma de realización ilustrada de la FIG. 1, el sistema de comunicaciones 100 comprende múltiples elementos, tales como un dispositivo fijo 110 y un conjunto de dispositivos móviles 120-1-*m*, los cuales se comunican a través de los medios compartidos inalámbricos 140. El dispositivo fijo puede incluir además un aparato de radio 112, un módulo de precodificación 114, un conformador de haz 116 y un generador de matrices 118. Como se muestra mediante el dispositivo móvil 120-1, los dispositivos móviles 120-1-*m* pueden incluir además un procesador 122, una unidad de memoria 124, un aparato de radio 126, un módulo de libro de códigos diferencial/polarizado 130, un estimador de canal 132, un sistema de circuitos de descomposición 134 y un generador de palabras de código 136. Sin embargo, las formas de realización no están limitadas a los elementos mostrados en la FIG. 1 o a la disposición mostrada en la FIG. 1.

En varias formas de realización, el sistema de comunicaciones 100 puede comprender o implementarse como un sistema de comunicaciones móviles de banda ancha. Ejemplos de sistemas de comunicaciones móviles de banda ancha incluyen, sin limitación, sistemas compatibles con varias normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), tales como las normas IEEE 802.11 para redes inalámbricas de área local (WLAN) y variantes, las normas IEEE 802.16 para redes inalámbricas de área metropolitana (WMAN) y variantes, y las normas de acceso inalámbrico de banda ancha móvil (MBWA) o IEEE 802.20 y variantes, entre otras. En una forma de realización, por ejemplo, el sistema de comunicaciones 100 puede implementarse según la norma de interoperabilidad mundial para acceso por microondas (WiMAX) o WiMAX II. WiMAX es una tecnología de banda ancha inalámbrica basada en la norma IEEE 802.16, cuyas modificaciones IEEE 802.16-2004 y 802.16e (802.16e-2005) son especificaciones de capa física (PHY). WiMAX II es un sistema avanzado de cuarta generación (4G) basado en las normas IEEE 802.16j e IEEE 802.16m propuestas para la serie de normas 4G avanzadas de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT).

Aunque algunas formas de realización pueden describir el sistema de comunicaciones 100 como un sistema o normas WiMAX o WiMAX II a modo de ejemplo y de manera no limitativa, puede apreciarse que el sistema de comunicaciones 100 puede implementarse como otros tipos de sistemas y normas de comunicaciones móviles de banda ancha, tal como una serie de normas y variantes del Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), una serie de normas y variantes de sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA) 2000 (por ejemplo, CDMA2000 1xRTT, CDMA2000 EV-DO, CDMA EV-DV, etc.), una serie de normas de sistemas de red radioeléctrica de área metropolitana de alto rendimiento (HIPERMAN) creadas por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), normas y variantes de redes de acceso radioeléctrico de banda ancha (BRAN), una serie de normas y variantes de sistemas de banda ancha inalámbrica (WiBro), una serie de normas y variantes del Sistema Global de Comunicaciones Móviles (GSM) con servicio radioeléctrico general por paquetes (GPRS) (GSM/GPRS), una serie de normas y variantes de sistemas de velocidades de datos mejoradas para evolución global (EDGE), una serie de normas y variantes de sistemas de acceso por paquetes de enlace descendente de alta velocidad (HSDPA), una serie de normas y variantes de sistemas de acceso por paquetes (HSOPA) de multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM) de alta velocidad, una serie de normas y variantes de sistemas de acceso por paquetes de enlace ascendente de alta velocidad (HSUPA), etc. Las formas de realización no están limitadas en este contexto.

En varias formas de realización, el sistema de comunicaciones 100 puede comprender un dispositivo fijo 110 que cuenta con capacidades inalámbricas. Un dispositivo fijo puede comprender un conjunto de equipos generalizado que proporciona conectividad, gestión o control de otro dispositivo inalámbrico, tal como uno o más dispositivos móviles. Ejemplos del dispositivo fijo 110 pueden incluir un punto de acceso (AP) inalámbrico, una estación base o nodo B, un encaminador, un conmutador, un concentrador, una pasarela, etc. En una forma de realización, por ejemplo, el dispositivo fijo puede comprender una estación base o nodo B para un sistema radiotelefónico celular o un sistema de comunicaciones móviles de banda ancha. El dispositivo fijo 110 también puede proporcionar acceso a una red (no mostrada). La red puede comprender, por ejemplo, una red de paquetes tal como Internet, una red corporativa o de empresa, una red de voz tal como la red telefónica pública conmutada (PSTN), etc. Aunque algunas

formas de realización pueden describirse con el dispositivo fijo 110 implementado como una estación base o nodo B a modo de ejemplo, puede apreciarse que otras formas de realización pueden implementarse usando otros dispositivos inalámbricos. Las formas de realización no están limitadas en este contexto.

5 En varias formas de realización, el sistema de comunicaciones 100 puede comprender un conjunto de dispositivos móviles 120-1-*m* que cuenta con capacidades inalámbricas. Los dispositivos móviles 120-1-*m* pueden comprender un conjunto de equipos generalizado que proporcionan conectividad a otros dispositivos inalámbricos, tales como otros dispositivos móviles o dispositivos fijos (por ejemplo, el dispositivo fijo 110). Ejemplos de los dispositivos móviles 120-1-*m* pueden incluir, sin limitación, un ordenador, un servidor, una estación de trabajo, un ordenador tamaño agenda, un ordenador portátil, un teléfono, un teléfono celular, un asistente personal digital (PDA), una combinación de teléfono celular y PDA, un ordenador de tipo *netbook*, un ordenador de tipo tableta, etc. En una forma de realización, por ejemplo, los dispositivos móviles 120-1-*m* pueden implementarse como estaciones de abonado móviles (MSS) para una WMAN. Aunque algunas formas de realización pueden describirse con los dispositivos móviles 120-1-*m* implementados como una MSS a modo de ejemplo, puede apreciarse que otras formas de realización pueden implementarse usando otros dispositivos inalámbricos. Las formas de realización no están limitadas en este contexto.

20 Como se muestra mediante el dispositivo móvil 120-1, los dispositivos móviles 120-1-*m* pueden comprender un procesador 122. El procesador 122 puede implementarse como cualquier procesador, tal como un microprocesador de ordenador de conjunto de instrucciones complejas (CISC), un microprocesador de ordenador de conjunto de instrucciones reducido (RISC), un microprocesador de palabras de instrucciones muy largas (VLIM), un procesador que implementa una combinación de conjuntos de instrucciones u otro dispositivo de procesador. En una forma de realización, por ejemplo, el procesador 122 puede implementarse como un procesador de propósito general, tal como un procesador fabricado por Intel® Corporation, Santa Clara, California. El procesador 122 también puede implementarse como un procesador dedicado, tal como un controlador, un microcontrolador, un procesador integrado, un procesador de señales digitales (DSP), un procesador de red, un procesador multimedia, un procesador de entrada/salida (E/S), etc. Las formas de realización no están limitadas en este contexto.

30 Como se muestra además mediante el dispositivo móvil 120-1, los dispositivos móviles 120-1-*m* pueden comprender una unidad de memoria 124. La memoria 124 puede comprender cualquier medio legible por máquina o medio legible por ordenador capaz de almacenar datos, incluida una memoria volátil y una memoria no volátil. Por ejemplo, la memoria 124 puede incluir memoria de solo lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), RAM dinámica (DRAM), DRAM de doble velocidad de datos (DDRAM), DRAM síncrona (SDRAM), RAM estática (SRAM), ROM programable (PROM), ROM programable y borrrable (EPROM), ROM programable y borrrable eléctricamente (EEPROM), memoria flash, memoria de polímero tal como memoria de polímero ferroeléctrico, memoria ovónica, memoria de cambio de fase o ferroeléctrica, memoria de silicio-óxido-nitrato-óxido-silicio (SONOS), tarjetas magnéticas u ópticas, o cualquier otro tipo de medio adecuado para almacenar información. Cabe señalar que parte de o toda la memoria 124 puede estar incluida en el mismo circuito integrado que el procesador 122 o, como alternativa, parte de o toda la memoria 124 puede estar dispuesta en un circuito integrado o en otro medio, por ejemplo una unidad de disco duro, externo al circuito integrado del procesador 122. Las formas de realización no están limitadas en este contexto.

45 Como se muestra además mediante el dispositivo móvil 120-1, los dispositivos móviles 120-1-*m* pueden comprender un dispositivo de visualización 132. El dispositivo de visualización 132 puede comprender cualquier unidad de visualización adecuada para mostrar información apropiada para un dispositivo informático móvil. Además, el dispositivo de visualización 132 puede implementarse como un dispositivo de E/S adicional, tal como una pantalla táctil, un panel táctil, un panel de pantalla táctil, etc. Las pantallas táctiles son superposiciones de dispositivos de visualización que se implementan usando una de varias técnicas diferentes, tales como técnicas sensibles a la presión (resistivas), técnicas sensibles eléctricamente (capacitivas), técnicas sensibles acústicamente (onda acústica de superficie), técnicas fotosensibles (infrarrojos), etc. El efecto de tales superposiciones permite usar un dispositivo de visualización como un dispositivo de entrada, con el fin de suprimir o mejorar el teclado y/o el ratón como el dispositivo de entrada primario para interactuar con el contenido proporcionado en el dispositivo de visualización 132.

55 En una forma de realización, por ejemplo, el dispositivo de visualización 132 puede implementarse mediante una pantalla de cristal líquido (LCD) u otro tipo de interfaz visual adecuada. El dispositivo de visualización 132 puede comprender, por ejemplo, una pantalla a color (por ejemplo, color de 56 bits) sensible al tacto. En varias implementaciones, el dispositivo de visualización 132 puede comprender una LCD TFT (LCD con uno o más transistores de película delgada) que incluyen transistores integrados. En tales implementaciones, el dispositivo de visualización 132 puede comprender un transistor para cada píxel con el fin de implementar una matriz activa. Aunque las formas de realización no están limitadas en este contexto, un dispositivo de visualización de matriz activa es deseable ya que requiere menor corriente para iluminar los píxeles y es más sensible a los cambios que una matriz pasiva.

65 En varias formas de realización, los dispositivos 110, 120 pueden comunicar información a través de medios compartidos inalámbricos 140 a través de aparatos de radio 112, 126 respectivos. Los medios compartidos

inalámbricos 140 pueden comprender una o más asignaciones del espectro de RF. Las asignaciones del espectro de RF pueden ser contiguas o no contiguas. En algunas formas de realización, los aparatos de radio 112, 126 pueden comunicar información a través de los medios compartidos inalámbricos 140 usando varias técnicas de multiplexación utilizadas, por ejemplo, por sistemas WiMAX o WiMAX II. Por ejemplo, los aparatos de radio 112, 126 pueden utilizar varias técnicas MU-MIMO para realizar conformación de haz, diversidad espacial o diversidad de frecuencia.

Durante el funcionamiento general, los aparatos de radio 112, 126 pueden comunicar información usando uno o más canales de comunicación, tales como los canales de comunicación 142-1-p. Un canal de comunicación puede ser un conjunto definido de frecuencias, ranuras de tiempo, códigos o combinaciones de los mismos. En una forma de realización, por ejemplo, la parte de transmisión del aparato de radio 112 del dispositivo fijo 110 puede comunicar información multimedia y de control a la parte de recepción del aparato de radio 126 de los dispositivos móviles 120-1-m usando el canal de comunicación 142-1, denominado algunas veces "canal de enlace descendente". En una forma de realización, por ejemplo, la parte de transmisión del aparato de radio 126 del dispositivo móvil 110 puede comunicar información multimedia y de control a la parte de recepción del aparato de radio 112 del dispositivo fijo 110 usando el canal de comunicación 142-2, denominado algunas veces "canal de enlace ascendente". En algunos casos, los canales de comunicación 142-1, 142-2 pueden usar el mismo conjunto, u otro diferente, de frecuencias de transmisión y/o recepción, dependiendo de una implementación dada.

En varias formas de realización, el sistema de comunicaciones 100 puede comprender un sistema de comunicaciones MIMO de bucle cerrado. Los sistemas MIMO de bucle cerrado transmiten normalmente información de estado de canal desde un receptor a un transmisor a través de una trayectoria de realimentación 145. La información de estado de canal puede usarse para utilizar conformación de haz para compensar las condiciones de canal actuales aumentando los niveles de señal a ruido (SNR) en el receptor. En algunas formas de realización, una matriz de precodificación puede generarse en el receptor según las condiciones de canal. La matriz de precodificación puede proporcionarse después al transmisor como realimentación. Esta realimentación consume ancho de banda que podría estar disponible de otro modo para el tráfico de datos. Para reducir la sobrecarga asociada a esta realimentación, pueden proporcionarse palabras de código de un libro de códigos conocido en lugar de una matriz de precodificación real. Las palabras de código pueden indicar qué matriz de precodificación va a usarse por el transmisor.

En sistemas MIMO, el tamaño de los libros de códigos puede aumentar considerablemente con el número de antenas de transmisión y el número de flujos de datos transmitidos. En algunas formas de realización, el tamaño del libro de códigos puede basarse en el número de antenas de transmisión y el número de flujos de datos. Esto puede dar como resultado un aumento considerable de la realimentación.

En varias formas de realización, una serie de libros de códigos puede usarse para codificar de manera eficiente una matriz de precodificación. Libros de código base, de distribución completa o de espacio completo pueden ayudar a minimizar la realimentación en el enlace ascendente para seleccionar una matriz de precodificación que se usará en el enlace descendente. En algunas formas de realización, un conjunto de libros de códigos polarizados o diferenciales más pequeños pueden usarse para corregir la desviación de canal en el tiempo. El uso de estos libros de códigos polarizados más pequeños puede permitir una reducción adicional en la cantidad de realimentación, ya que los libros de códigos polarizados pueden ser más pequeños que los libros de código base y, por lo tanto, utilizan palabras de código que usan menos bits en el canal. En algunas formas de realización, el tamaño puede comprender el número de palabras de código del libro de códigos, y la extensión o intervalo de palabras de código del libro de códigos diferencial puede ser menor que la extensión o intervalo de palabras de código del libro de códigos base. Por ejemplo, la distribución de palabras de código del libro de códigos diferencial puede tener una mayor concentración que la del libro de códigos base. Se describen y reivindican otras formas de realización.

En varias formas de realización, el dispositivo fijo 110 comprende un conformador de haz 116 para ponderar, mediante una matriz de precodificación, señales de datos recibidas. El dispositivo fijo 110 también puede comprender antenas de transmisión (no mostradas) para transmitir las señales de datos ponderadas. En algunas formas de realización, el dispositivo fijo 110 también puede incluir un generador de matrices 118 para generar una matriz de precodificación a partir de una palabra de código recibida desde el dispositivo móvil 120-1. Por ejemplo, la palabra de código puede ser de un libro de códigos base o de un libro de códigos polarizado.

El dispositivo móvil 120-1 puede incluir una o más antenas de recepción (no mostradas) para recibir señales transmitidas a través de medios compartidos inalámbricos 140 mediante el dispositivo fijo 110, y un estimador de canal 132 para determinar una matriz de canal que describe el estado actual del canal de medios compartidos inalámbricos 140. En varias formas de realización, el dispositivo móvil 120-1 también puede incluir un sistema de circuitos de descomposición 134 para descomponer la matriz de canal en varias matrices adicionales, incluida la matriz de precodificación. El dispositivo móvil 120-1 también puede incluir un generador de palabras de código 136 para cuantificar la matriz de precodificación y generar palabras de código de un libro de códigos base o un libro de códigos de polarización para su transmisión al dispositivo fijo 110 a través de una trayectoria de realimentación 145. Se describen y reivindican otras formas de realización.

En varias formas de realización, el uso de un libro de códigos diferencial puede dar como resultado matrices de precodificación en el dispositivo fijo 110 y el dispositivo móvil 120-1 de las que se realiza un seguimiento iterativo para aproximarse a una matriz de precodificación ideal usando un pequeño número de bits de realimentación. Por ejemplo, el enfoque de seguimiento iterativo de matriz de precodificación puede describirse usando las siguientes ecuaciones:

Diferencial en el dispositivo móvil 120-1:

$$\mathbf{D} = [\mathbf{P}(t-1) \quad \mathbf{P}^{-1}(t-1)]^{\#} \mathbf{V}(t) \quad \text{Ecuación (1)}$$

Cuantificación en el dispositivo móvil 120-1:

$$\hat{\mathbf{D}} = \arg \min_{\mathbf{D}_t \in \mathcal{C}_d} \|\mathbf{D}^{\#} \mathbf{D}_t\|_F \quad \text{Ecuación (2)}$$

Reconstrucción de matriz de conformación de haz en el dispositivo fijo 110:

$$\hat{\mathbf{V}}(t) = [\mathbf{P}(t-1) \quad \mathbf{P}^{-1}(t-1)] \hat{\mathbf{D}} \quad \text{Ecuación (3)}$$

Conformación de haz en el dispositivo fijo 110:

$$\mathbf{y} = \mathbf{H} \hat{\mathbf{V}}(t) \mathbf{s} + \mathbf{n} \quad \text{Ecuación (4)}$$

En vista de las ecuaciones anteriores, en algunas formas de realización, la matriz de precodificación cuantificada  $\hat{\mathbf{V}}(t-1)$  en el instante de tiempo  $t-1$  puede usarse para construir una matriz base  $[\hat{\mathbf{V}}(t-1) \quad \hat{\mathbf{V}}^{\dagger}(t-1)]$  tanto en el dispositivo fijo 110 como en el dispositivo móvil 120-1. La matriz de precodificación medida  $\mathbf{V}(t)$  puede proyectarse al todo el espacio y el vector de proyección  $\mathbf{D}$  se cuantificará usando un libro de códigos diferencial  $\mathcal{C}_d$ , y el vector de proyección cuantificado  $\hat{\mathbf{D}}$  se usará para reconstruir la matriz de precodificación  $\hat{\mathbf{V}}(t)$  en el dispositivo fijo 110 y los datos de conformación de haz en el dispositivo móvil 120-1.

En estas formas de realización, puede reducirse la realimentación usando el esquema de precodificación de libro de códigos diferencial ya que el libro de códigos polarizado o la palabra de código polarizada pueden tener un tamaño mucho más pequeño que el libro de códigos base y/o la palabra de código base. Por consiguiente, la palabra de código del libro de códigos polarizado puede representarse con menos bits que las palabras de código del libro de códigos base.

Lo anterior puede ilustrarse mejor a modo de ejemplo. En algunas formas de realización, el dispositivo fijo 110 puede tener datos que enviar al dispositivo móvil 120-1. En varias formas de realización, por ejemplo, el dispositivo fijo 110 puede enviar un paquete "solicitud de envío" (RTS) al dispositivo móvil 120-1. El dispositivo móvil 120-1 puede calcular una matriz de precodificación inicial o base basándose en la recepción del paquete RTS y puede enviar una palabra de código de un libro de códigos base al dispositivo fijo 110 en un paquete "listo para el envío" (CTS). El dispositivo fijo 110 puede aplicar coeficientes de conformación de haz basándose en la palabra de código del libro de códigos base para transmitir un paquete de datos al dispositivo móvil 120-1. Basándose en la recepción del paquete de datos, el dispositivo móvil 120-1 puede generar una palabra de código de un libro de códigos polarizado que representa las desviaciones, cambios o variaciones en el canal desde la generación de la palabra de código del libro de códigos base. En varias formas de realización, el dispositivo móvil 120-1 puede transmitir la palabra de código de un libro de códigos polarizado al dispositivo fijo 110 en un paquete de acuse de recibo (ACK).

En algunas formas de realización, el dispositivo fijo 110 puede aplicar coeficientes de conformación de haz basándose en la palabra de código del libro de códigos polarizado para transmitir un paquete de datos subsiguiente al dispositivo móvil 120-1. En algunas formas de realización, el proceso de realimentación iterativo puede continuar haciendo que el dispositivo móvil 120-1 reciba paquetes subsiguientes procedentes del dispositivo fijo, y que después genere y proporcione palabras de código subsiguientes de uno o más libros de código polarizados al dispositivo fijo 110, donde el dispositivo fijo actualiza después la matriz de precodificación.

En varias formas de realización, el esquema de precodificación de libro de códigos diferencial puede dar como resultado que la matriz de precodificación en el dispositivo fijo 110 y la matriz de precodificación en el dispositivo móvil 120-1 converjan hacia diferentes estados. Por ejemplo, un error puede acumularse en el dispositivo fijo 110. En algunas formas de realización, el error puede comprender diferencias entre la matriz de precodificación en el dispositivo fijo 110 y una o más matrices de precodificación de uno o más dispositivos móviles 120-1- $m$ . Como resultado del posible escenario de propagación de errores, se necesita un reajuste periódico para borrar el error acumulado en el dispositivo fijo 110. Este reajuste periódico puede provocar pérdidas de eficacia espectral. En varias formas de realización, el reajuste periódico de la matriz de precodificación y/o del polo de los dispositivos

móviles 120-1-*m* puede coordinarse entre una pluralidad de dispositivos móviles para mitigar la pérdida de eficacia espectral. Se describen y reivindican otras formas de realización.

En varias formas de realización, el dispositivo móvil 120-1 puede incluir un módulo de libro de códigos polarizado 130. Aunque en la FIG. 1 se muestra que el módulo de libro de códigos polarizado 130 tiene un número limitado de módulos, puede tener cualquier número, tipo o disposición de módulos, lo cual está dentro del alcance de las formas de realización descritas. El módulo de libro de códigos polarizado 130 puede hacerse funcionar para generar una primera palabra de código de un primer libro de códigos base y para transmitir la primera palabra de código al dispositivo fijo 110. La primera palabra de código puede generarse y transmitirse como se ha descrito anteriormente.

El dispositivo fijo 110 puede tener un módulo de precodificación 114 en algunas formas de realización. Aunque en la FIG. 1 se muestra que el módulo de precodificación 114 tiene un número limitado de módulos, puede tener cualquier número, tipo o disposición de módulos, lo cual está dentro del alcance de las formas de realización descritas. En algunas formas de realización, el módulo de precodificación 114 puede hacerse funcionar para generar una matriz de precodificación usando la primera palabra de código de un primer libro de códigos base recibido desde el dispositivo móvil 120-1 a través de los medios compartidos inalámbricos 140, por ejemplo. El primer libro de códigos base puede corresponder a una matriz de precodificación base de espacio completo en algunas formas de realización.

El dispositivo móvil 120-1 puede recibir uno o más paquetes transmitidos en función del primer libro de códigos base y puede generar posteriormente una palabra de código polarizada de un libro de códigos polarizado en algunas formas de realización. En varias formas de realización, la palabra de código polarizada puede representar cambios en un canal desde la generación de la primera palabra de código base. El dispositivo móvil 120-1 puede transmitir la palabra de código polarizada al dispositivo fijo 110 usando, por ejemplo, una trayectoria de realimentación 145. Tras la recepción de la palabra de código polarizada, el dispositivo fijo 110 puede reconstruir posteriormente la matriz de precodificación usando la palabra de código polarizada recibida del libro de códigos polarizado. Este proceso de recibir paquetes y generar una palabra de código polarizada que representa cambios en el canal puede repetirse cualquier número de veces o durante cualquier periodo de tiempo, dando como resultado un refinamiento continuo del canal entre el dispositivo fijo 110 y el dispositivo móvil 120-1 sin tener que retransmitir una palabra de código base o de espacio completo.

El funcionamiento ideal del esquema de precodificación de libro de códigos diferencial dará como resultado que no se produzca ningún error de realimentación y no será necesario reajustar el polo o matriz de precodificación, y la eficacia espectral podrá alcanzar su límite superior. Sin embargo, en varias formas de realización, el uso continuado del esquema de precodificación de libro de códigos diferencial puede dar como resultado que un error se acumule en el dispositivo fijo 110.

En algunas formas de realización, el dispositivo móvil 120-1 puede generar periódicamente una segunda palabra de código de un segundo libro de códigos base que, cuando se recibe mediante el dispositivo fijo 110, da como resultado que el dispositivo fijo 110 reajuste la matriz de precodificación para borrar cualquier error acumulado en el dispositivo fijo 110. En varias formas de realización, generar el reajuste periódico de la matriz de precodificación puede comprender generar una nueva matriz de espacio completo y/o reajustar el polo para una pluralidad de dispositivos móviles. Por ejemplo, la segunda palabra de código del segundo libro de códigos base puede corresponder a una matriz de espacio completo según la transmisión de enlace descendente más reciente, y el dispositivo fijo 110 puede usar la segunda palabra de código para generar una segunda matriz de espacio completo, a partir de lo cual puede empezar de nuevo el proceso de precodificación de libro de códigos diferencial. Debe entenderse que aunque se describen el primer y el segundo libro de códigos, el primer y el segundo libro de códigos pueden ser libros de códigos idénticos o diferentes. Además, el primer y el segundo libro de códigos base son, normalmente, libros de códigos más grandes y más completos que el libro de códigos polarizado. Se describen y reivindican otras formas de realización.

En varias formas de realización, el dispositivo fijo 110 puede comunicarse a través de los medios compartidos inalámbricos 140 con una pluralidad de dispositivos móviles 120-1-*m*. En algunas formas de realización, el reajuste periódico de la matriz de precodificación mediante el módulo de precodificación 114 del dispositivo fijo 100 puede coordinarse entre la pluralidad de dispositivos móviles 120-1-*m* para mitigar la pérdida de eficacia espectral.

Las FIG. 2 a 4 ilustran formas de realización de diagramas de usuario 200, 300 y 400, respectivamente. Los diagrama de usuario 200, 300 y 400 muestran dos usuarios, el usuario 202 y el usuario 204, en tiempo y frecuencia durante los periodos de reajuste y de seguimiento del esquema de reajuste de precodificación de libro de códigos diferencial descrito anteriormente. En algunas formas de realización, el periodo de seguimiento puede corresponder a las actualizaciones periódicas de una palabra de código polarizada entre los dispositivos móviles 120-1-*m* y el dispositivo fijo 110, y el periodo de reajuste puede corresponder a la generación de una nueva palabra de código base para su uso en la generación de una nueva matriz de precodificación base en el dispositivo fijo 110. Debe observarse que aunque se muestra un número específico de usuarios a modo de ejemplo, puede apreciarse que puede usarse un número mayor o menor de usuarios, lo cual está dentro del alcance de las formas de realización descritas.

En la forma de realización ilustrada mostrada en la FIG. 2, la matriz de precodificación para la pluralidad de dispositivos móviles, por ejemplo los usuarios 202 y 204, se reajusta en la misma subtrama. Por ejemplo, los polos de todos los usuarios de todas las subbandas o la matriz de precodificación para cada usuario pueden reajustarse en la misma trama. En varias formas de realización, la pluralidad de dispositivos móviles 120-1-*m* puede generar y transmitir la segunda palabra de código (por ejemplo, la segunda palabra de código base) durante la misma subtrama. La coordinación de la generación y la transmisión puede controlarse por el dispositivo fijo 110 en algunas formas de realización o puede coordinarse por los dispositivos móviles 120-1-*m* a través de los canales de comunicación establecidos entre los dispositivos móviles. En algunas formas de realización, cuando los polos de todos los usuarios se reajustan al mismo tiempo, el dispositivo fijo 110 puede experimentar una reducción de capacidad repentina ya que toda la información de calidad de canal (CQI) notificada puede reducirse instantáneamente en una trama.

Como se muestra en la FIG. 3, la multiplexación en el dominio de tiempo puede utilizarse en algunas formas de realización para reajustar la matriz de precodificación o polo para la pluralidad de dispositivos móviles en diferentes subtramas. En varias formas de realización, el procedimiento mostrado en la FIG. 3 puede utilizar diversidad multiusuario para mitigar cualquier pérdida de eficacia espectral causada por el reajuste. En algunas formas de realización, la pluralidad de dispositivos móviles 120-1-*m* puede coordinarse por el dispositivo fijo 110 para utilizar multiplexación en el dominio de tiempo para generar y transmitir la segunda palabra de código para la pluralidad de dispositivos móviles en diferentes subtramas. Por ejemplo, el dispositivo fijo 110 puede reajustar la matriz de precodificación base para una pluralidad de dispositivos móviles 120-1-*m* en momentos diferentes en función de la recepción variada de segundas palabras de código base procedentes de los dispositivos móviles 120-1-*m*, lo que evita la reducción repentina de CQI asociada al reajuste de todos los usuarios al mismo tiempo.

La FIG. 4, en algunas formas de realización, ilustra el uso de la multiplexación en el dominio de tiempo y el dominio de frecuencia para reajustar la matriz de precodificación o polo para la pluralidad de dispositivos móviles usando diferentes subtramas y diferentes frecuencias. Por ejemplo, los dispositivos móviles 120-1-*m* pueden utilizar multiplexación en el dominio de tiempo y en el dominio de frecuencia para generar y transmitir la segunda palabra de código al dispositivo fijo 110 usando diferentes subtramas y diferentes frecuencias. Usando este enfoque, en algunas formas de realización, mientras que una subbanda está en un estado de reajuste, las otras subbandas están en el estado de seguimiento. En varias formas de realización, el procedimiento ilustrado en la FIG. 4 distribuye de manera equitativa entre todas las tramas la pérdida de capacidad causada por el reajuste y utiliza diversidad multiusuario para mitigar la pérdida de eficacia espectral. Se describen y reivindican otras formas de realización.

En varias formas de realización, el diagrama de tiempo ilustrado en la FIG. 5 puede utilizarse además de y/o junto con cualquiera de las formas de realización descritas anteriormente en las FIG. 1 a 4 para reducir adicionalmente la pérdida de eficacia espectral asociada al reajuste de polo. La FIG. 5, por ejemplo, ilustra un periodo de tránsito definido. En varias formas de realización, el periodo de tránsito definido comprende una subbanda que empieza a partir de una trama cuando se reajusta una subbanda. El periodo de tránsito puede durar varias tramas, por ejemplo tres tramas como se muestra en la FIG. 5. Se describen y reivindican otras formas de realización.

En varias formas de realización, el módulo de libro de códigos polarizado 130 puede hacerse funcionar para transmitir la segunda palabra de código del segundo libro de códigos base al dispositivo fijo 110 descrito anteriormente. Sin embargo, en algunas formas de realización, la transmisión puede producirse tras un periodo de tránsito definido. En varias formas de realización, el módulo de precodificación 114 puede recibir la segunda palabra de código del segundo libro de códigos base desde el dispositivo móvil 120-1 tras un reajuste de periodo de tránsito definido de la matriz de precodificación en función del segundo libro de códigos recibido. En algunas formas de realización, el módulo de libro de códigos polarizado 130 puede realizar un seguimiento de las condiciones de canal usando una matriz de precodificación en función de una palabra de código previamente transmitida hasta que se reciba desde el dispositivo fijo 110 una matriz de precodificación basada en la segunda palabra de código. Se describen y reivindican otras formas de realización.

En algunas formas de realización, como se muestra en la FIG. 5, el dispositivo móvil 120-1 seguirá usando la matriz de precodificación convergida de la trama antes del reajuste para la precodificación durante el periodo de tránsito. Después, el dispositivo móvil 120-1 puede reajustar y realizar un seguimiento de una nueva matriz de precodificación y notificar al dispositivo fijo 110 el índice de matriz de precodificación diferencial cuantificada. En algunas formas de realización, el dispositivo fijo 110 usará esta realimentación para crear y realizar un seguimiento de una nueva matriz de precodificación para el nuevo periodo de tránsito. El dispositivo móvil 120-1 puede empezar a usar la nueva matriz de precodificación después del periodo de tránsito en algunas formas de realización. El dispositivo móvil 120-1 puede usar la matriz de codificación antigua para estimar la CQI y notificar la CQI durante el periodo de tránsito, o el dispositivo móvil 120-1 puede usar la nueva matriz de precodificación para estimar la CQI, por ejemplo. En algunas formas de realización, si la nueva matriz de precodificación se usa para estimar la CQI, el dispositivo fijo 110 puede ignorar esta CQI durante el periodo de tránsito y seguir usando la CQI convergida antes del periodo de tránsito.

En varias formas de realización, el uso de los periodos de tránsito descritos anteriormente puede funcionar junto con cualquiera de las técnicas de reajuste descritas anteriormente en las FIG. 1 a 4. En algunas formas de realización, esta técnica puede utilizar la correlación de tiempo de CQI y PMI, especialmente para canales altamente correlacionados.

La FIG. 6 ilustra una forma de realización de un flujo lógico 600. El flujo lógico 600 puede representar las operaciones ejecutadas por una o más formas de realización descritas en el presente documento, tal como uno o ambos dispositivos 110, 120-1-*m*. Por ejemplo, el flujo lógico 600 puede implementarse mediante el dispositivo fijo 110.

En una forma de realización, el flujo lógico 600 puede generar una matriz de precodificación en un dispositivo fijo usando una primera palabra de código de un primer libro de códigos base recibido desde un dispositivo móvil en 602. Por ejemplo, el dispositivo fijo 110 puede generar una primera matriz de precodificación base después de recibir desde el dispositivo móvil 120-1 una primera palabra de código base de un primer libro de códigos base. Posteriormente, en 604, la matriz de precodificación puede reconstruirse usando una palabra de código polarizada de un libro de códigos polarizado recibido desde el dispositivo móvil. En algunas formas de realización, el dispositivo fijo 110 puede reconstruir la primera matriz de precodificación base en función de la palabra de código polarizada recibida de un libro de códigos polarizado que representa cambios en el canal desde la transmisión de la primera palabra de código base.

En 606, la matriz de precodificación puede reajustarse periódicamente para borrar un error acumulado en el dispositivo fijo usando una segunda palabra de código de un segundo libro de códigos base recibido desde el dispositivo móvil. Por ejemplo, el dispositivo fijo 110 puede recibir una segunda palabra de código base después de recibirse una o más palabras de código polarizadas, correspondiendo la segunda palabra de código base a una matriz de precodificación base o de espacio completo, donde el dispositivo fijo genera una nueva matriz de precodificación base o de espacio completo usando la segunda palabra de código base.

En algunas formas de realización, una pluralidad de segundas palabras de código de segundos libros de código base pueden recibirse desde una pluralidad de dispositivos móviles en la misma subtrama. Por ejemplo, una pluralidad de dispositivos móviles 120-1-*m* pueden transmitir segundas palabras de código tras una serie de palabras de código polarizadas, donde las segundas palabras de código son enviadas por cada uno de los dispositivos móviles 120-1-*m* al mismo tiempo.

En varias formas de realización, una pluralidad de segundas palabras de código de segundos libros de código base pueden recibirse desde una pluralidad de dispositivos móviles en diferentes subtramas. Por ejemplo, la multiplexación en el dominio de tiempo puede utilizarse de manera que las segundas palabras de código se reciben desde la pluralidad de dispositivos móviles 120-1-*m* en momentos diferentes. En algunas formas de realización, una pluralidad de segundas palabras de código de segundos libros de código base pueden recibirse desde una pluralidad de dispositivos móviles en diferentes subtramas y a diferentes frecuencias. Puede utilizarse multiplexación en el dominio de tiempo y en el dominio de frecuencia, por ejemplo para garantizar la recepción de las segundas palabras de código en diferentes momentos y a diferentes frecuencias.

En algunas formas de realización puede definirse un periodo de tránsito y la segunda palabra de código del segundo libro de códigos base puede recibirse desde un dispositivo móvil después del periodo de tránsito definido, donde la matriz de precodificación se reajusta en función de la segunda palabra de código recibida. Se describen y reivindican otras formas de realización.

La FIG. 7 ilustra una forma de realización de un flujo lógico 700. El flujo lógico 700 puede representar las operaciones ejecutadas por una o más formas de realización descritas en el presente documento, tal como uno o ambos de los dispositivos 110, 120-1-*m*. Por ejemplo, el flujo lógico 700 puede implementarse mediante uno o más de los dispositivos móviles 120-1-*m*.

En una forma de realización, el flujo lógico 700 puede generar una primera palabra de código de un primer libro de códigos base en 702. Por ejemplo, el dispositivo móvil 120-1 puede generar un libro de códigos base o de espacio completo y transmitir este libro de códigos al dispositivo fijo 110 para la generación de una matriz de precodificación de espacio completo. Posteriormente, en 704, puede generarse una palabra de código polarizada de un libro de códigos polarizado. En varias formas de realización, la palabra de código polarizada representa cambios en un canal desde la generación de la primera palabra de código base.

En 706 puede generarse periódicamente una segunda palabra de código de un segundo libro de códigos base. Por ejemplo, el dispositivo móvil 120-1 puede generar periódicamente un nuevo libro de códigos base o de espacio completo para borrar un error acumulado en el dispositivo fijo 110 en el tiempo en función de una serie de libros de códigos polarizados transmitidos, donde las matrices de precodificación en el dispositivo fijo 110 y el dispositivo móvil 120-1 están desfasadas.

En varias formas de realización, la transmisión de la segunda palabra de código puede coordinarse entre una pluralidad de dispositivos móviles para producirse en la misma subtrama. Por ejemplo, los dispositivos móviles 120-1-*m* pueden recibir ranuras de tiempo reservadas y coincidentes en el canal, de modo que las segundas palabras de código se transmiten al dispositivo fijo 110 al mismo tiempo.

En algunas formas de realización, la transmisión de la segunda palabra de código se coordina entre una pluralidad de dispositivos móviles para producirse en diferentes tramas. Por ejemplo, el tiempo reservado para cada dispositivo móvil puede multiplexarse en el dominio de tiempo de modo que cada dispositivo móvil 120-1-*m* transmite la segunda palabra de código en un tiempo diferente. En varias formas de realización, la transmisión de la segunda palabra de código puede coordinarse entre una pluralidad de dispositivos móviles para producirse en diferentes subtramas y usando diferentes frecuencias. Por ejemplo, la multiplexación en el dominio de tiempo y en el dominio de frecuencia puede utilizarse para garantizar que los dispositivos móviles 120-1-*m* transmitan las segundas palabras de código al dispositivo fijo 110 en diferentes momentos y usando diferentes frecuencias.

En varias formas de realización, la segunda palabra de código del segundo libro de códigos base puede transmitirse a un dispositivo fijo tras un periodo de tránsito definido. Por ejemplo, el dispositivo móvil 120-1 puede definir un periodo de tránsito y enviar la segunda palabra de código al dispositivo fijo 110 solo tras finalizar el periodo de tránsito definido. En algunas formas de realización, el dispositivo móvil puede realizar un seguimiento de las condiciones de canal usando una matriz de precodificación en función de la primera palabra de código hasta que se reciba desde el dispositivo fijo una matriz de precodificación basada en la segunda palabra de código. Se describen y reivindican otras formas de realización.

En el presente documento se han expuesto numerosos detalles específicos para proporcionar un entendimiento minucioso de las formas de realización. Sin embargo, los expertos en la técnica entenderán que las formas de realización pueden llevarse a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos no se han descrito en detalle operaciones, componentes y circuitos ampliamente conocidos para no oscurecer las formas de realización. Puede apreciarse que los detalles estructurales y funcionales específicos dados a conocer en el presente documento pueden ser representativos y no limitan necesariamente el alcance de las formas de realización.

Varias formas de realización pueden implementarse usando elementos de hardware, elementos de software o una combinación de los mismos. Ejemplos de elementos de hardware pueden incluir procesadores, microprocesadores, circuitos, elementos de circuito (por ejemplo, transistores, resistencias, condensadores, inductores, etc.) circuitos integrados, circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), dispositivos de lógica programable (PLD), procesadores de señales digitales (DSP), matrices de puertas programables *in situ* (FPGA), puertas lógicas, registros, dispositivos semiconductores, chips, microchips, conjuntos de chips, etc. Ejemplos de software pueden incluir componentes de software, programas, aplicaciones, programas informáticos, programas de aplicación, programas de sistema, programas de máquinas, software de sistema operativo, middleware, firmware, módulos de software, rutinas, subrutinas, funciones, métodos, procedimientos, interfaces de software, interfaces de programas de aplicación (API), conjuntos de instrucciones, código informático, código de ordenador, segmentos de código, segmentos de código de ordenador, palabras, valores, símbolos o cualquier combinación de los mismos. Determinar si una forma de realización se implementa usando elementos de hardware y/o elementos de software puede variar según diversos factores, tal como la tasa computacional deseada, los niveles de potencia, la tolerancia al calor, el coste de los ciclos de procesamiento, las velocidades de datos de entrada, las velocidades de datos de salida, los recursos de memoria, las velocidades de bus de datos y otras restricciones de diseño o de funcionamiento.

Algunas formas de realización pueden describirse usando la expresión "acoplado" y "conectado" junto con sus derivados. Estos términos no se utilizan como sinónimos. Por ejemplo, algunas formas de realización pueden describirse usando los términos "conectado" y/o "acoplado" para indicar que dos o más elementos están en contacto físico o eléctrico directo entre sí. Sin embargo, el término "acoplado" también puede significar que dos o más elementos no están en contacto directo entre sí, pero que actúan conjuntamente o interaccionan entre sí.

Por ejemplo, algunas formas de realización pueden implementarse usando un medio o artículo legible por ordenador que puede almacenar una instrucción o un conjunto de instrucciones que, si se ejecutan por un ordenador, pueden hacer que el ordenador realice un procedimiento y/u operaciones según las formas de realización. Un ordenador de este tipo puede incluir, por ejemplo, cualquier plataforma de procesamiento, plataforma informática, dispositivo informático, dispositivo de procesamiento, sistema informático, sistema de procesamiento, ordenador, procesador, etc. adecuados, y puede implementarse usando cualquier combinación adecuada de hardware y/o software. El medio o artículo legible por ordenador puede incluir, por ejemplo, cualquier tipo adecuado de unidad de memoria, dispositivo de memoria, artículo de memoria, medio de memoria, dispositivo de almacenamiento, artículo de almacenamiento, medio de almacenamiento y/o unidad de almacenamiento, por ejemplo una memoria, medios extraíbles o no extraíbles, medios borrables o no borrables, medios grabables o regrabables, medios digitales o analógicos, discos duros, discos flexibles, memorias de solo lectura de disco compacto (CD-ROM), discos compactos grabables (CD-R), discos compactos regrabables (CD-RW), discos ópticos, medios magnéticos, medios magnético-ópticos, tarjetas o discos de memoria extraíbles, varios tipos de discos versátiles digitales (DVD), una cinta, un casete, etc. Las instrucciones pueden incluir cualquier tipo de código adecuado, tal como código fuente, código compilado, código interpretado, código ejecutable, código estático, código dinámico, código cifrado y similar,

implementado usando cualquier lenguaje de programación adecuado de alto nivel, bajo nivel, orientado a objetos, visual, compilado y/o interpretado.

5 A no ser que se indique expresamente lo contrario, puede apreciarse que términos tales como "procesamiento", "computación", "cálculo", "determinación", etc., se refieren a la acción y/o procesos de un ordenador o sistema informático, o un dispositivo informático electrónico similar, que manipula y/o transforma datos representados como cantidades físicas (por ejemplo, electrónicas) de los registros y/o memorias del sistema informático en otros datos representados de manera similar como cantidades físicas de las memorias, registros u otros dispositivos de almacenamiento, transmisión o visualización de información del sistema informático. Las formas de realización no  
10 están limitadas en este contexto.

Aunque el contenido se ha descrito en un lenguaje específico a características estructurales y/o acciones metodológicas, debe entenderse que el contenido definido en las reivindicaciones adjuntas no está limitado necesariamente a las características o acciones específicas descritas anteriormente. En cambio, las características y acciones específicas descritas anteriormente se dan a conocer como formas de ejemplo de implementación de las  
15 reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato, que comprende:

- 5 un dispositivo fijo (110) para un sistema de comunicaciones móviles de banda ancha (100) que utiliza una técnica de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia, presentando el dispositivo fijo un módulo de precodificación (114) operativo para generar una matriz de precodificación que usa una primera palabra de código recibida de un primer libro de códigos base, después para reconstruir la matriz de precodificación usando una palabra de código polarizada recibida de un libro de códigos polarizado, y para reajustar  
10 periódicamente la matriz de precodificación para borrar un error acumulado en el dispositivo fijo usando una segunda palabra de código recibida de un segundo libro de códigos base,  
caracterizado por que:  
el dispositivo fijo presenta un módulo de precodificación (114) operativo para cada uno de una pluralidad de dispositivos móviles (120),  
15 el dispositivo fijo puede hacerse funcionar para coordinar los reajustes periódicos de las matrices de precodificación para la pluralidad de dispositivos móviles usando multiplexación en el dominio de tiempo y el dominio de frecuencia y para recibir las segundas palabras de código para la pluralidad de dispositivos móviles usando diferentes subtramas y diferentes subbandas, de manera que cuando una subbanda de una pluralidad de subbandas está en un estado de reajuste, las otras subbandas están en un estado de  
20 seguimiento.

2. El aparato según la reivindicación 1, en el que el reajuste periódico de cada matriz de precodificación comprende generar una nueva matriz de espacio completo.

25 3. El aparato según la reivindicación 1, en el que el módulo de precodificación está operativo para:

recibir la segunda palabra de código para el dispositivo móvil después de un periodo de tránsito definido; y  
reajustar la matriz de precodificación para el dispositivo móvil en función de la segunda palabra de código  
30 recibida.

4. El aparato según la reivindicación 1, en el que el error acumulado comprende diferencias entre la matriz de precodificación en el dispositivo fijo y una o más matrices de precodificación de uno o más dispositivos móviles.

35 5. El aparato según la reivindicación 1, en el que la palabra de código polarizada representa cambios en un canal (142) desde la recepción de la primera palabra de código del primer libro de códigos base, y el libro de códigos polarizado comprende un libro de códigos diferencial, donde una distribución de palabras de código del libro de códigos diferencial tiene una mayor concentración que una distribución de palabras de código del libro de códigos base.

40 6. Un aparato, que comprende:

un dispositivo móvil (120) para un sistema de comunicaciones móviles de banda ancha (100) que utiliza una técnica de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia, donde el dispositivo móvil presenta un  
45 módulo de libro de códigos polarizado (130) para generar una primera palabra de código de un primer libro de códigos base, posteriormente para generar una palabra de código polarizada de un libro de códigos polarizado, donde la palabra de código polarizada representa cambios en un canal (142) desde la generación de la primera palabra de código base, y para generar periódicamente una segunda palabra de código de un segundo libro de códigos base,

caracterizado por que:

50 la generación de la segunda palabra de código y la transmisión de la segunda palabra de código se coordina entre la generación y la transmisión de una pluralidad de segundas palabras de código para una pluralidad de dispositivos móviles usando multiplexación en el dominio de tiempo y el dominio de frecuencia, según lo cual la pluralidad de segundas palabras de código se transmiten usando diferentes subtramas y diferentes subbandas, de manera que cuando una subbanda de una pluralidad de subbandas está en un estado de  
55 reajuste, las otras subbandas están en un estado de seguimiento.

7. El aparato según la reivindicación 6, en el que el libro de códigos polarizado comprende un libro de códigos diferencial que tiene una mayor concentración de distribución de palabras de código que el libro de códigos base.

60 8. El aparato según la reivindicación 6, en el que el módulo de libro de códigos polarizado está operativo para:

transmitir la segunda palabra de código del segundo libro de códigos base después de un periodo de tránsito definido; y

realizar un seguimiento de condiciones de canal usando una matriz de precodificación en función de una palabra de código transmitida previamente hasta que se reciba una matriz de precodificación basada en la segunda palabra de código.

9. El aparato según la reivindicación 6, que comprende:

un aparato de radio (126) operativo para recibir una o más señales a través de un canal inalámbrico de enlace descendente (142-1) y para transmitir una o más señales a través de un canal inalámbrico de enlace ascendente (142-2).

10. El aparato según la reivindicación 6, en el que una matriz de precodificación se genera usando un esquema de precodificación no unitario para un esquema de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, de múltiples usuarios en bucle cerrado.

11. Un procedimiento (600), que comprende:

generar (602), en un dispositivo fijo (110), para cada uno de una pluralidad de dispositivos móviles (120), una matriz de precodificación usando una primera palabra de código de un primer libro de códigos base recibido;

posteriormente, reconstruir (604) la matriz de precodificación para cada uno de la pluralidad de dispositivos móviles usando una palabra de código polarizada de un libro de códigos polarizado;

reajustar periódicamente (606) la matriz de precodificación para cada uno de una pluralidad de dispositivos móviles para borrar un error acumulado en el dispositivo fijo usando una segunda palabra de código de un segundo libro de códigos base; y

coordinar los reajustes periódicos de las matrices de precodificación para la pluralidad de dispositivos móviles usando multiplexación en el dominio de tiempo y el dominio de frecuencia y para recibir las segundas palabras de código para la pluralidad de dispositivos móviles usando diferentes subtramas y diferentes subbandas, de manera que cuando una subbanda de una pluralidad de subbandas está en un estado de reajuste, las otras subbandas están en un estado de seguimiento.

12. El procedimiento según la reivindicación 11, que comprende:

recibir la segunda palabra de código para un dispositivo móvil después de un periodo de tránsito definido; y reajustar la matriz de precodificación para el dispositivo móvil en función de la segunda palabra de código recibida.

13. Un procedimiento (700), que comprende:

generar (702) en un dispositivo móvil (120) una primera palabra de código de un primer libro de códigos base;

posteriormente, generar (704) una palabra de código polarizada de un libro de códigos polarizado, representando la palabra de código polarizada cambios en un canal (142) desde la generación de la primera palabra de código base; y

generar periódicamente (706) una segunda palabra de código de un segundo libro de códigos base, donde la generación y transmisión de la segunda palabra de código se coordina entre la generación y la transmisión de una pluralidad de segundas palabras de código para una pluralidad de dispositivos móviles usando multiplexación en el dominio de tiempo y el dominio de frecuencia, según lo cual la pluralidad de segundas palabras de código se transmiten usando diferentes subtramas y diferentes subbandas, de manera que cuando una subbanda de una pluralidad de subbandas está en un estado de reajuste, las otras subbandas están en un estado de seguimiento.

14. El procedimiento según la reivindicación 13, que comprende:

transmitir la segunda palabra de código del segundo libro de códigos base a un dispositivo fijo (110) después de un periodo de tránsito definido; y

realizar un seguimiento de las condiciones de canal usando una matriz de precodificación en función de la primera palabra de código hasta que se reciba desde el dispositivo fijo una matriz de precodificación basada en la segunda palabra de código.

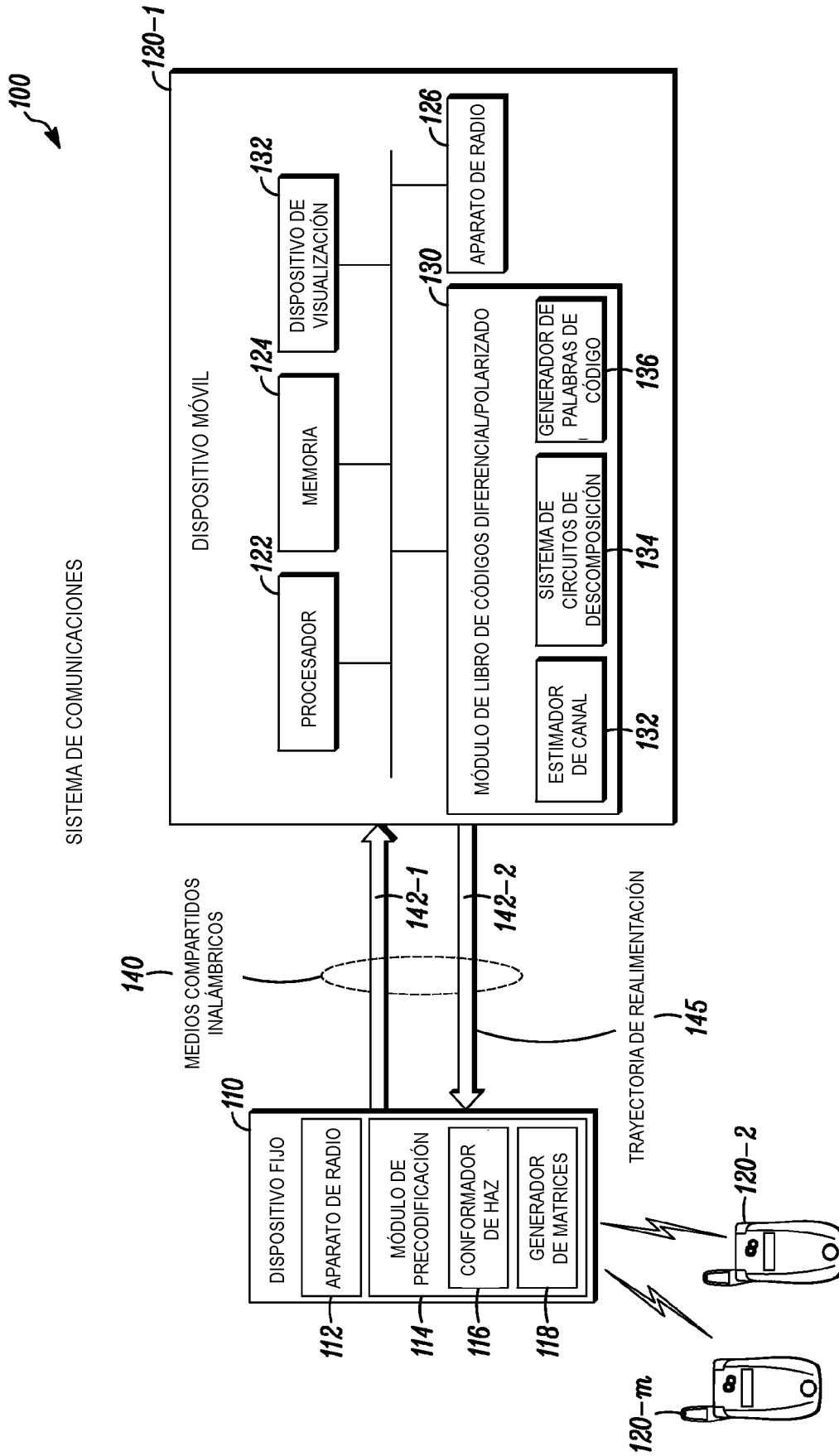


FIG. 1

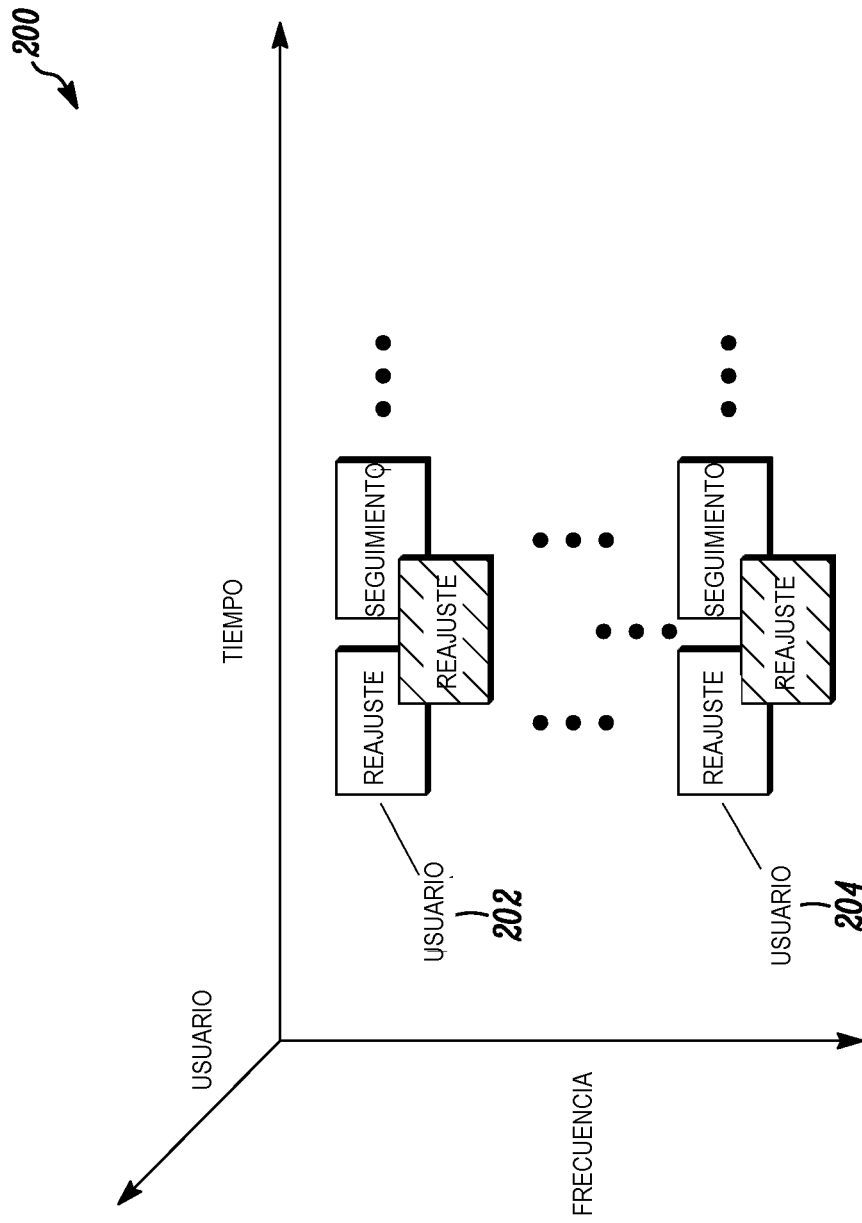
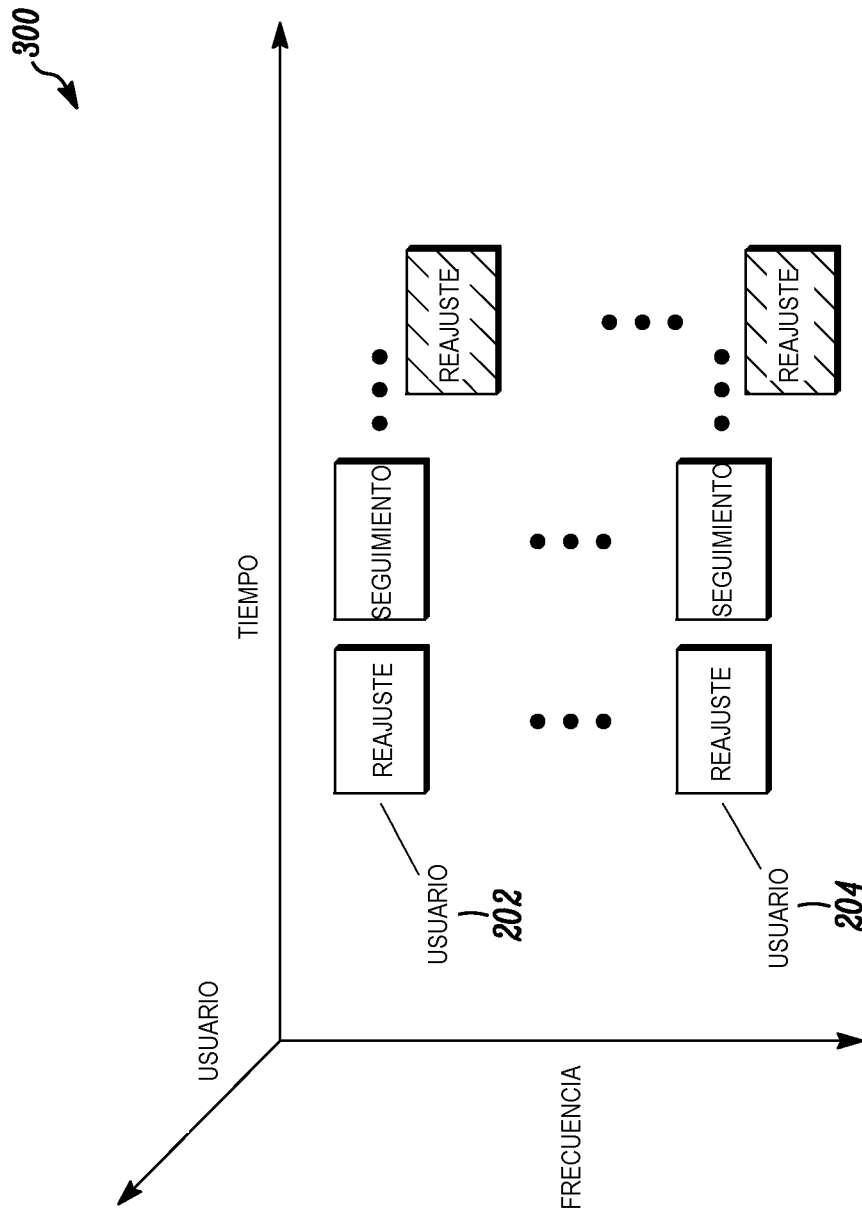
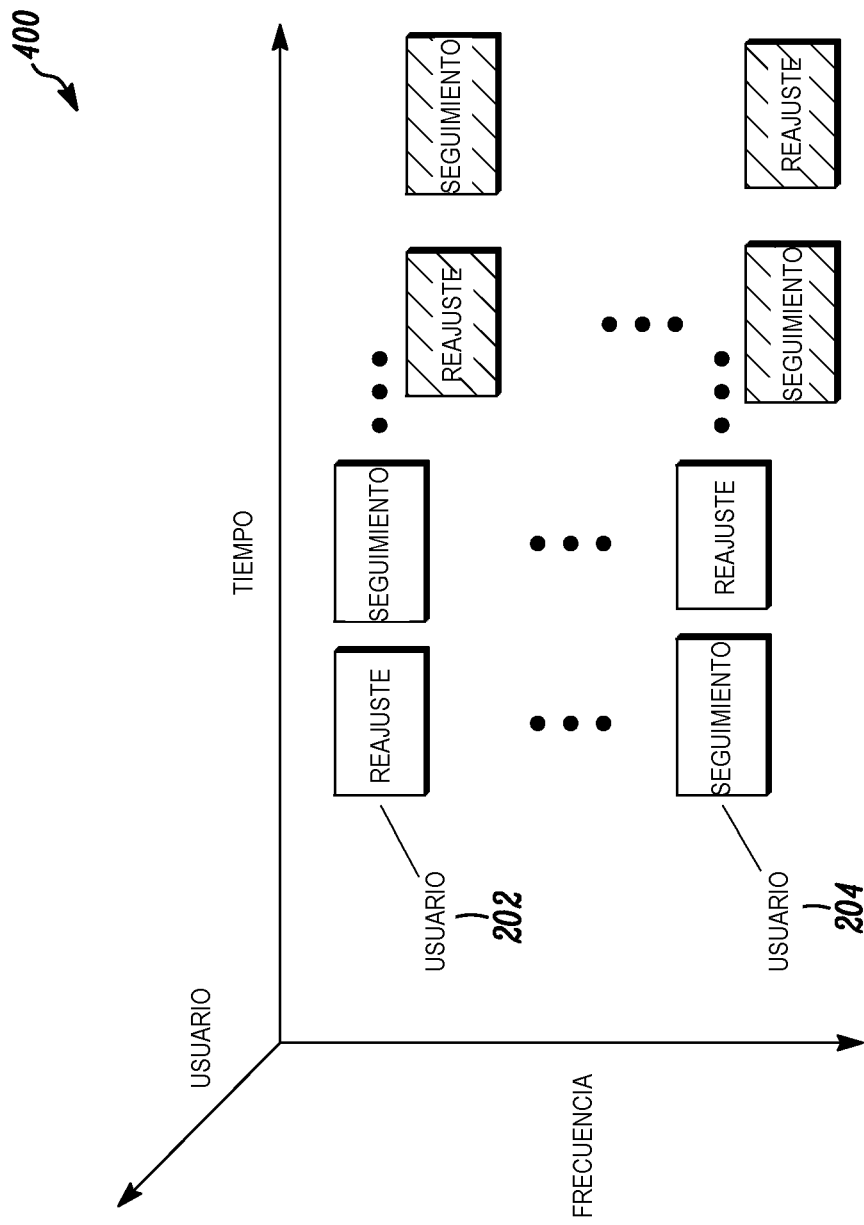


FIG. 2



**FIG. 3**



**FIG. 4**

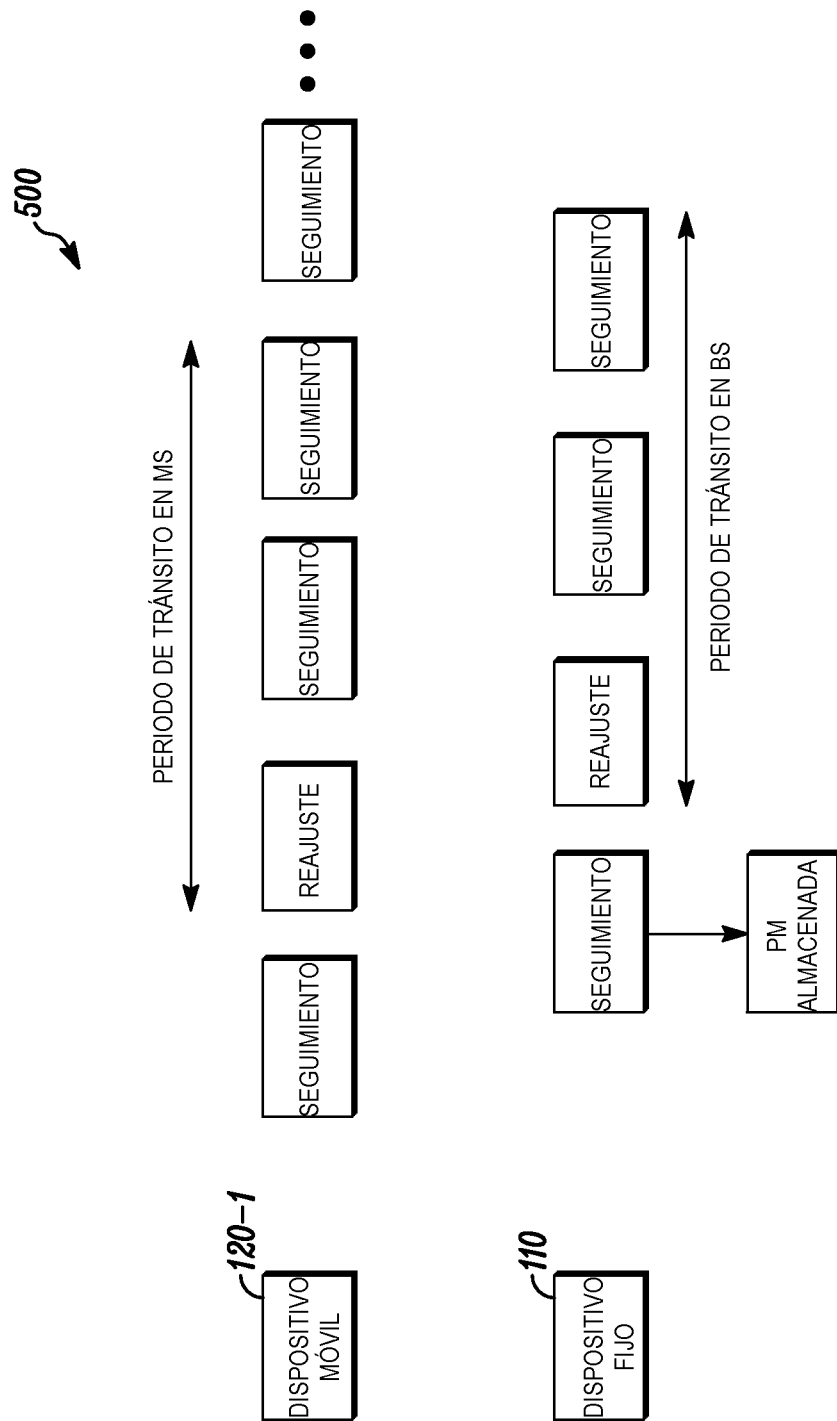
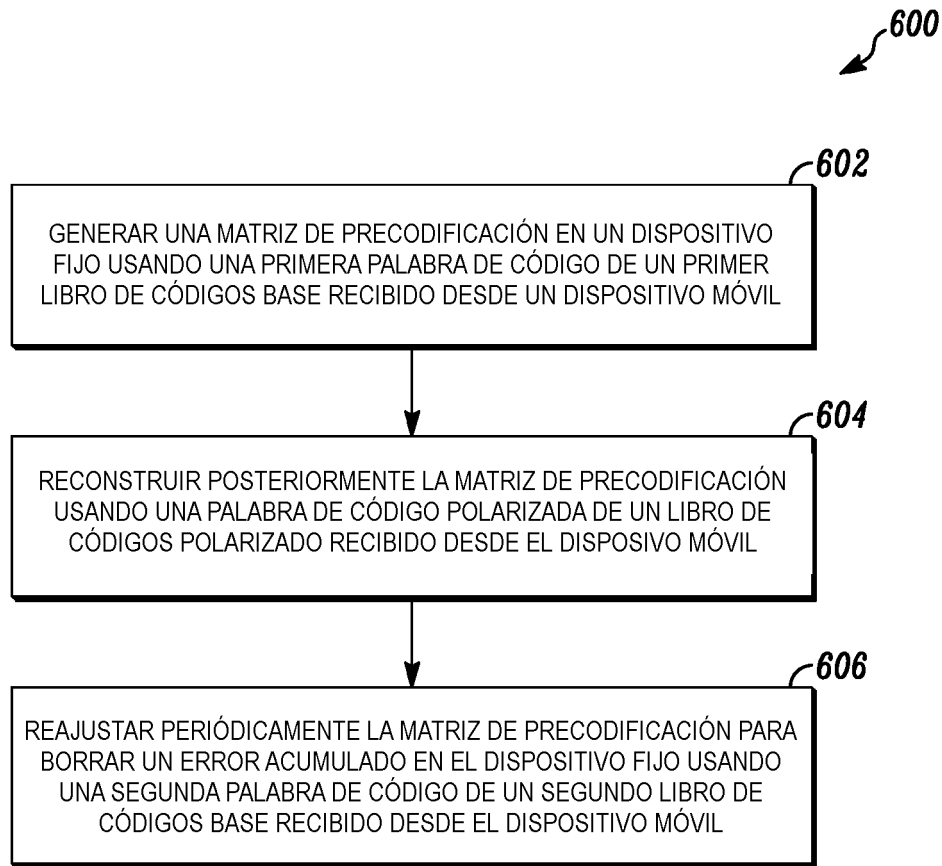
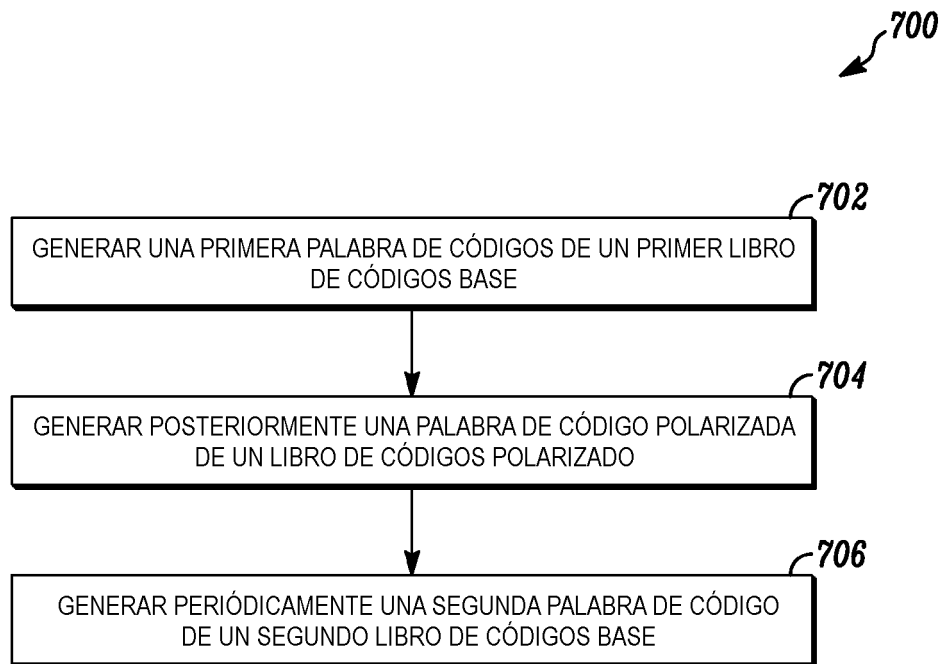


FIG. 5



*FIG. 6*



*FIG. 7*