

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 273**

51 Int. Cl.:

**H04W 24/04** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.06.2013 PCT/US2013/047323**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.01.2014 WO14018205**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2013 E 13823036 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2878092**

54 Título: **Procedimiento y aparato de retroalimentación en sistemas inalámbricos MIMO 3D**

30 Prioridad:

**27.07.2012 US 201261676775 P**  
**19.12.2012 US 201213719343**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.02.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SHIRANI-MEHR, HOOMAN;**  
**DAVYDOV, ALEXEI y**  
**FWU, JONG-KAE**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 656 273 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 y aparato de retroalimentación en sistemas inalámbricos MIMO 3D

## 5 Campo técnico

Esta divulgación se refiere a redes de comunicaciones inalámbricas. Específicamente, esta divulgación se refiere a sistemas y procedimientos para proporcionar retroalimentación de información de estado de canal en un sistema de múltiples entradas y múltiples salidas.

10

## Antecedentes

La tecnología de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) se usa en los sistemas de comunicaciones inalámbricas para aumentar la capacidad y la calidad de la transmisión. La tecnología MIMO puede aplicarse en diversas aplicaciones incluidos, por ejemplo, los sistemas 3G y 4G, tales como las redes de Evolución a Largo Plazo (LTE) y/o las redes de LTE Avanzada del Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP), la norma 802.16 (por ejemplo, 802.16p) del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), conocida habitualmente como WiMAX (Interoperabilidad Mundial para el Acceso por Microondas) en el sector industrial, y la norma IEEE 802.11, conocida habitualmente como WiFi en el sector industrial. En las redes de acceso radioeléctrico (RAN) de 3GPP en los sistemas LTE, una estación de transmisión puede ser una combinación de Nodos B de Red de Acceso Radioeléctrico Terrestre Universal Evolucionada (E-UTRAN) (denominados también habitualmente como Nodos B evolucionados, Nodos B mejorados o eNodosB) y de controladores de redes radioeléctricas (RNC) en una E-UTRAN, que se comunica con el dispositivo móvil inalámbrico, conocido como equipo de usuario (UE).

15

20

25

30

35

Para conseguir una mejor multiplexación espacial con una alta velocidad de transmisión, un transmisor (por ejemplo, en un punto de acceso o estación base tal como un eNodoB) lleva a cabo una conformación de haz y una asignación de potencia según el estado de canal. Un receptor (por ejemplo, en el teléfono móvil de un usuario u otro UE) mide la información de estado de canal (CSI) y proporciona retroalimentación al transmisor. La CSI de un sistema MIMO puede representarse mediante una matriz que tiene una pluralidad de elementos complejos. En función del número de antenas y usuarios, la matriz CSI puede ser muy grande. Para reducir la sobrecarga en el canal de enlace ascendente, algunos sistemas inalámbricos usan un procedimiento de precodificación basado en libro de códigos, donde el UE selecciona una matriz de precodificación de un libro de códigos según la matriz CSI medida, y notifica al eNodoB un índice correspondiente a la matriz de precodificación seleccionada. Después, el eNodoB obtiene la matriz de precodificación consultando el libro de códigos según el índice, y precodifica los datos a transmitir usando esta matriz de precodificación (por ejemplo, en un sistema MIMO de un solo usuario) o una matriz de precodificación recién calculada basándose en las matrices de precodificación recibidas desde múltiples UE (por ejemplo, en un sistema MIMO de múltiples usuarios).

40

Más información de la técnica anterior puede encontrarse en los documentos US 2011/164696 A1, WO 2009/107090 A1 o US 2015/124736 A1.

## Breve descripción de los dibujos

45

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones móviles que aplica una conformación de haz horizontal para transmitir un haz en un ángulo vertical fijo.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones móviles que aplica una conformación de haz tridimensional según determinadas formas de realización.

La FIG. 3 ilustra esquemáticamente una disposición de antenas bidimensional según una forma de realización.

50

La FIG. 4 es un diagrama de bloques de la disposición de antenas bidimensional mostrada en la FIG. 3, que ilustra un desplazamiento de fase respectivo según una forma de realización.

La FIG. 5 ilustra esquemáticamente la orientación de un haz en tres dimensiones con la disposición de antenas bidimensional mostrada en la FIG. 3 según una forma de realización.

55

La FIG. 6 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema MIMO inalámbrico con una conformación de haz tridimensional según una forma de realización.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento para notificar información de canal en una red MIMO con una conformación de haz tridimensional según una forma de realización.

La FIG. 8 es un diagrama de flujo de un procedimiento de conformación de haz tridimensional en una estación transmisora con una disposición de antenas bidimensional según una forma de realización.

60

La FIG. 9 ilustra un equipo de usuario de ejemplo que puede usarse con determinadas formas de realización dadas a conocer en el presente documento.

## Descripción detallada

5 A continuación se proporciona una descripción detallada de sistemas y procedimientos compatibles con las formas de realización de la presente divulgación. Aunque se describen varias formas de realización, debe entenderse que la divulgación no está limitada a una forma de realización particular, sino que abarca numerosas alternativas, modificaciones y equivalencias. Además, aunque en la siguiente descripción se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar un entendimiento minucioso de las formas de realización dadas a conocer en el presente documento, algunas formas de realización pueden llevarse a la práctica sin algunos o sin ninguno de estos detalles. Además, para una mayor claridad, no se describe en detalle determinado material técnico conocido en la técnica relacionada para no oscurecer innecesariamente la divulgación.

15 Como se ha mencionado anteriormente, una estación base, tal como un eNodoB de un sistema MIMO, puede conseguir una mejor multiplexación espacial con una alta velocidad de transmisión llevando a cabo una conformación de haz y una asignación de potencia según el estado de canal. Aunque puede usarse una disposición de antenas unidimensional (1D) para una orientación de haz horizontal, muchos sistemas que usan una disposición de antenas 1D transmiten haces de radiofrecuencia (RF) en un ángulo vertical fijo. Por ejemplo, la FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones móviles 100 que aplica una conformación de haz horizontal para transmitir un haz de RF 110 desde un eNodoB 112 en un ángulo vertical fijo que es común a través de una célula 114 y que no es específico de usuario. Como se ilustra en la FIG. 1, esto genera una reducción en la potencia de señal recibida en un UE previsto 116 cuando el ángulo vertical real desde el eNodoB 112 a ese UE 116 es diferente del ángulo de inclinación vertical del haz de RF 110 usado por el eNodoB 112. Además, usando una disposición de antenas 1D (no mostrada), el eNodoB 112 puede no ser capaz de minimizar interferencias dentro de una célula y entre las células. Por tanto, la señal que interfiere en otros UE 118, 120, 122 del sistema puede ser relativamente grande.

30 El caudal de tráfico del sistema puede aumentar y el rendimiento puede mejorarse usando una conformación de haz tridimensional (3D), donde una disposición de antenas bidimensional (2D) orienta uno o más haces RF de transmisión en direcciones tanto horizontales como verticales. Por tanto, la conformación de haz 3D proporciona una inclinación vertical específica de usuario al sistema para aumentar la potencia de señal recibida y reducir la interferencia en otros usuarios.

35 Por ejemplo, la FIG. 2 es un diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones móviles 200 que aplica una conformación de haz 3D según determinadas formas de realización. En la FIG. 2, un eNodoB 212 en una célula 214 orienta un primer haz de RF 210 hacia un primer UE 216, así como un segundo haz de RF 213 hacia un segundo UE 218. Los expertos en la técnica reconocerán a partir de la divulgación del presente documento que el eNodoB 212 puede configurarse para transmitir un único haz de RF a la vez o más de dos haces de RF 210, 213 a la vez. Por ejemplo, el eNodoB 212 puede configurarse para transmitir haces RF simultáneamente a cada uno de una pluralidad de UE 216, 218, 220, 222 dentro de la célula 214. La FIG. 2 muestra un ejemplo en el que se usan diferentes inclinaciones verticales dependiendo de la posición de los UE 216, 218 con respecto al eNodoB 212.

45 Sin embargo, un desafío en los sistemas de comunicación con conformación de haz 3D es la gran cantidad de datos CSI que es necesario notificar desde los UE 216, 218 al eNodoB 212. Esto se debe al uso de una disposición de antenas 2D (no mostrada) con un número de antenas relativamente grande requerido en el eNodoB 212 para permitir la conformación de haz tanto en las direcciones horizontales como en las verticales. Por ejemplo, en determinadas formas de realización, el eNodoB 212 envía una señal piloto o señal de referencia para cada antena de la disposición de antenas. Los UE 216, 218, sabiendo con antelación las características y los parámetros de las señales de referencia, usan las señales de referencia para estimar los canales respectivos a partir del eNodoB 212. Por tanto, aumentando el número de antenas aumenta la cantidad de datos CSI y la sobrecarga de retroalimentación, en comparación con los sistemas convencionales que usan solamente una disposición de antenas 1D. Los inventores de la presente solicitud han reconocido que se necesitan nuevos libros de código para la cuantificación vectorial en tales sistemas.

55 Por tanto, en el presente documento se describe un procedimiento para cuantificar un indicador de matriz de precodificación (PMI) y notificarlo desde un UE a un eNodoB. En determinadas formas de realización, el procedimiento utiliza libros de código LTE para la cuantificación vectorial de una dirección horizontal óptima y un cuantificador escalar para cuantificar la dirección vertical óptima con respecto a un UE seleccionado.

60 La FIG. 3 ilustra esquemáticamente una disposición de antenas 2D 300 dispuesta con respecto a un eje x, un eje y y un eje z según una forma de realización. Con fines ilustrativos, un vector 306 correspondiente a una dirección de haz RF se muestra en un ángulo vertical  $\theta$  con respecto al eje z. Una proyección 308 del vector 306 se muestra en el plano x-y para ilustrar que el vector 306 está apuntando en un ángulo horizontal  $\varphi$  con respecto al eje x.

65 La disposición de antenas 2D 300 incluye  $N_H$  elementos de antena horizontales y  $N_V$  elementos de antena verticales 310, separados respectivamente en la dirección horizontal (por ejemplo, la dirección x) en una distancia  $d_H$  y en la dirección vertical (por ejemplo, la dirección z) en una distancia  $d_V$ . En este ejemplo,  $N_H = 5$  elementos de antena 310

y  $N_V = 5$  elementos de antena 310. Sin embargo, los expertos en la técnica reconocerán que puede usarse cualquier número de elementos de antena en cualquier dirección para formar una disposición 2D y que  $N_H$  y  $N_V$  no tienen que ser necesariamente iguales. En determinadas formas de realización, los elementos de antena 310 de una fila pueden polarizarse conjuntamente o polarizarse de manera cruzada.

5 En estas condiciones, el haz de RF global transmitido por la disposición de antenas 2D 300 puede apuntar de manera selectiva en un ángulo vertical  $\theta_0$  (mostrado en la FIG. 5) introduciendo desplazamientos de fase respectivos en las antenas verticales  $n_V = 1, 2, \dots, N_V$ . Por ejemplo, la FIG. 4 es un diagrama de bloques de la disposición de antenas 2D 300 mostrada en la FIG. 3, que ilustra un desplazamiento de fase respectivo 410 aplicado a los  
10 elementos de antena 310 (Ant) según una forma de realización.

En la columna 1, los términos de fase aplicados en la señal de RF introducida en los elementos de antena 310 de cada fila son:

15 Fila 1:  $w_1,$   
Fila 2:  $e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} w_1, \dots$   
Fila  $N_V$ :  $e^{-j(N_V-1)\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} w_1.$

20 donde  $w_1$  es un coeficiente del canal de transmisión correspondiente a la columna 1, y  $\lambda$  es la longitud de onda de la señal de RF.

Cada columna de elementos de antena 310 aplica un coeficiente respectivo de peso lineal de antena de transmisión (por ejemplo, la columna 1 usa  $w_1$ , la columna 2 usa  $w_2, \dots$ , la columna  $N_H$  usa  $w_{N_H}$ ). Por tanto, en la columna  $N_H$ , los términos de fase aplicados a la señal de RF introducida en los elementos de antena 310 de cada fila son:

25 Fila 1:  $w_{N_H},$   
Fila 2:  $e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} w_{N_H}, \dots$   
Fila  $N_V$ :  $e^{-j(N_V-1)\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} w_{N_H}.$

30 Como se muestra en la FIG. 5, el desplazamiento de fase de la FIG. 4 da como resultado la orientación horizontal de un haz de RF 510 en función de los coeficientes de pesos lineales de antena de transmisión  $w_1, w_2, \dots, w_{N_H}$ , así como una orientación vertical en función del parámetro  $\theta_0$ .

35 La FIG. 6 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema MIMO inalámbrico 600 con una conformación de haz 3D según una forma de realización. El sistema 600 incluye un eNodoB 610 y un UE 611. El eNodoB 610 incluye un sistema de circuitos para un precodificador/transmisor 612, un reconstructor de PMI 614, un descuantificador vectorial 616 y un descuantificador escalar 618. El UE 611 incluye un sistema de circuitos para un receptor/estimador de canal 620, un módulo de PMI 622, un cuantificador vectorial 624 y un cuantificador escalar 624.

40 El precodificador/transmisor 612 del eNodoB 610 está configurado para transmitir señales de referencia 628 al UE 611. Como se ha mencionado anteriormente, el precodificador/transmisor 612 puede transmitir una señal de referencia para cada antena en una disposición de antenas 2D (no mostrada) del eNodoB 610, o para un subconjunto de la antena en la disposición de antenas 2D. El receptor/estimador de canal 620 del UE 611 recibe las  
45 señales de referencia 628 y estima una canal  $N_H N_V \times N_r$  representado por una matriz de canal  $H$  basándose en las señales de referencia 628 recibidas.  $N_H$  es el número de antenas horizontales de transmisión en la disposición de antenas 2D del eNodoB,  $N_V$  es el número de antenas verticales de transmisión en la disposición de antenas 2D del eNodoB y  $N_r$  es el número de antenas de recepción en el UE 611.

50 El receptor/estimador de canal 620 proporciona la matriz de canal estimada  $H$  al módulo de PMI 622. El módulo de PMI 622 procesa la matriz de canal estimada  $H$  para calcular uno o más vectores de PMI y estimar valores para  $w_1, w_2, \dots, w_{N_H}$  y  $d_v \cos\theta_0$ . El módulo de PMI 622 puede calcular los vectores de PMI usando varios procedimientos diferentes. En una forma de realización, por ejemplo, el módulo de PMI 622 realiza una descomposición en valores singulares (SVD) en la matriz de canal  $H$  y encuentra los  $r$  vectores propios dominantes, donde " $r$ " es el rango de  
55 transmisión. En determinadas formas de realización, los  $r$ -ésimos vectores propios tienen la siguiente forma:

$$v_r = [v_{r,1}, \dots, v_{r,N_H N_V}]^T,$$

60 donde "T" denota la matriz transpuesta.

Los sistemas convencionales con estaciones base que transmiten señales de enlace descendente usando una disposición de antenas 1D pueden usar un vector de PMI de la forma:

$$u(w_1, \dots, w_{N_H}) = [w_1, w_2, \dots, w_{N_H}]^T.$$

5 Sin embargo, determinadas formas de realización dadas a conocer en el presente documento usan un vector de PMI que tiene en cuenta la disposición de antenas 2D del eNodeB 610, y que tiene la forma:

$$u(w_1, \dots, w_{N_H}, \theta_0) = \left[ w_1, \dots, w_{N_H}, e^{j\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} w_1, \dots, e^{j\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} w_{N_H}, \dots, e^{j(N_V-1)\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} w_1, \dots, e^{j(N_V-1)\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} w_{N_H} \right]^T.$$

10 Para encontrar los valores óptimos de  $w_1, \dots, w_{N_H}, \theta_0$ , el módulo de PMI 622 resuelve el problema de mínimos cuadrados (LS) no lineales:

$$\min_{w_1, \dots, w_{N_H}, \theta_0} \|v_r - u(w_1, \dots, w_{N_H}, \theta_0)\|^2.$$

15 Este problema de LS puede resolverse usando cualquier solución al problema de LS. En una forma de realización, por ejemplo, el problema de LS se soluciona de la siguiente manera:

$$\min_{w_1, \dots, w_{N_H}, \theta_0} \|\ln(v_r) - Az\|^2, A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & N_V - 1 \end{bmatrix},$$

$$z = \begin{bmatrix} \ln(w_1) \\ \vdots \\ \ln(w_{N_H}) \\ j\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0 \end{bmatrix} \Rightarrow z = (A^T A)^{-1} A^T \ln(v_r).$$

20 El módulo de PMI 622 proporciona entonces los coeficientes estimados de pesos lineales de antena de transmisión  $w_1, w_2, \dots, w_{N_H}$  (como se indica en la flecha 630) al cuantificador vectorial 626 y el parámetro de desplazamiento de fase vertical estimado  $d_v \cos\theta_0$  (como se indica en la flecha 632) al cuantificador escalar 626.

25 El cuantificador vectorial 624 cuantifica el vector  $[w_1, \dots, w_{N_H}]^T$  usando el libro de códigos LTE de  $N_H$  antenas Tx o cualquier otro libro de códigos (por ejemplo, un libro de códigos WiMax) conocido tanto por el UE 611 como por el eNodeB 610, y envía un índice 634 correspondiente a una palabra de código óptima del libro de códigos al eNodeB 610.

30 El cuantificador escalar 626 cuantifica  $\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0$  usando valores de cuantificación escalares conocidos tanto por el UE 611 como por el eNodeB 610, y envía al eNodeB 610 un índice 636 correspondiente a un nivel óptimo.

35 En el eNodeB 610, el descuantificador vectorial 616 usa el índice 634 para seleccionar la palabra de código óptima del libro de códigos para obtener  $[w_1, \dots, w_{N_H}]^T$ , que el descuantificador vectorial 616 proporciona (como se indica en la flecha 638) al reconstructor de PMI 614.

40 También en el eNodeB 610, el descuantificador escalar 618 usa el índice correspondiente al nivel óptimo para obtener  $d_v \cos\theta_0$ , que el descuantificador escalar 618 proporciona (como se indica en la flecha 640) al reconstructor de PMI 614.

Basándose en la información del descuantificador vectorial 616 y del descuantificador escalar 618, el reconstructor de PMI 614 del eNodeB 610 reconstruye el vector de PMI de la siguiente forma:

$$\left[ W_1, \dots, W_{N_H}, e^{j\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} W_1, \dots, e^{j\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} W_{N_H}, \dots, e^{j(N_V-1)\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} W_1, \dots, e^{j(N_V-1)\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0} W_{N_H} \right]^T.$$

5 El reconstructor de PMI 614 proporciona (como se indica en la flecha 642) el vector de PMI reconstruido al precodificador/transmisor 612 para su uso en la transmisión de datos de enlace descendente al UE 611. Por ejemplo, en un sistema MIMO de un solo usuario, el eNodoB 610 puede usar el vector de PMI reconstruido para precodificar los siguientes datos de enlace descendente que se enviarán al UE 611. Sin embargo, en un sistema MIMO de múltiples usuarios, el constructor PMI 614 reconstruye una pluralidad de vectores de PMI a partir de datos recibidos desde UE respectivos. Después, dependiendo del esquema de conformación de haz, el eNodoB 610  
10 calcula nuevas matrices de precodificación para cancelar o reducir la interferencia entre los múltiples usuarios.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento 700 para notificar información de canal en una red MIMO con una orientación de haz 3D según una forma de realización. El procedimiento 700 incluye recibir 710 información de canal desde un eNodoB y calcular 712 un primer índice de libro de códigos para una parte de orientación de haz horizontal de la información de canal. Calcular el primer índice de libro de códigos incluye, según determinadas formas de realización, llevar a cabo una cuantificación vectorial en la parte de orientación de haz horizontal de la información de canal. El procedimiento 700 incluye además calcular 714 un segundo índice de libro de códigos para una parte de orientación de haz vertical de la información de canal. Calcular el segundo índice de libro de códigos incluye, según determinadas formas de realización, llevar a cabo una cuantificación escalar de un parámetro asociado a un ángulo de orientación vertical. El procedimiento 700 incluye además proporcionar 716, como retroalimentación, el primer índice de libro de códigos y el segundo índice de libro de códigos.  
15  
20

La FIG. 8 es un diagrama de flujo de un procedimiento 800 de conformación de haz 3D en una estación transmisora con una disposición de antenas 2D según una forma de realización. El procedimiento 800 incluye recibir 810 un primer indicador de retroalimentación desde un UE y descuantificar 812 el primer indicador de retroalimentación para determinar coeficientes de pesos lineales de antena de transmisión para aplicar columnas respectivas de antenas en la disposición de antenas 2D. El procedimiento 800 incluye además descuantificar 814 el segundo indicador de retroalimentación para determinar parámetros de desplazamiento de fase vertical para su aplicación en filas respectivas de las antenas en la disposición de antenas 2D.  
25  
30

La FIG. 9 proporciona una ilustración de ejemplo del dispositivo móvil, tal como un UE, una estación móvil (MS), un dispositivo inalámbrico móvil, un dispositivo de comunicación móvil, un ordenador de tipo tableta, un microteléfono u otro tipo de dispositivo inalámbrico móvil que pueda usarse con determinadas formas de realización dadas a conocer en el presente documento. El dispositivo móvil puede incluir una o más antenas configuradas para comunicarse con la estación de transmisión, tal como una estación base (BS), un nodo B evolucionado (eNB), una unidad de banda base (BBU), un terminal de radio remoto (RRH), un equipo de radio remoto (RRE), una estación de retransmisión (RS), un equipo de radio (RE) u otro tipo de punto de acceso de red inalámbrica de área extensa (WWAN). El dispositivo móvil puede configurarse para la comunicación usando al menos una norma de comunicación inalámbrica, incluidas 3GPP LTE, WiMAX, Acceso por Paquetes de Alta Velocidad (HSPA), Bluetooth y WiFi. El dispositivo móvil puede comunicarse usando antenas individuales para cada norma de comunicación inalámbrica o antenas compartidas para múltiples normas de comunicación inalámbrica. El dispositivo móvil puede comunicarse en una red inalámbrica de área local (WLAN), una red inalámbrica de área personal (WPAN) y/o una WWAN.  
35  
40

La FIG. 9 proporciona también una ilustración de un micrófono y de uno o más altavoces que pueden usarse para la entrada y salida de audio en el dispositivo móvil. La pantalla puede ser una pantalla de cristal líquido (LCD) u otro tipo de pantalla, tal como una pantalla de diodos orgánicos de emisión de luz (OLED). La pantalla puede estar configurada como una pantalla táctil. La pantalla táctil puede usar una tecnología capacitiva, resistiva u otro tipo de tecnología de pantalla táctil. Un procesador de aplicaciones y un procesador de gráficos pueden acoplarse a una memoria interna para proporcionar capacidades de procesamiento y de visualización. Un puerto de memoria no volátil también puede usarse para proporcionar opciones de entrada/salida de datos a un usuario. El puerto de memoria no volátil también puede usarse para ampliar las capacidades de memoria del dispositivo móvil. Un teclado puede estar integrado en el dispositivo móvil o estar conectado de manera inalámbrica al dispositivo móvil para proporcionar una entrada de usuario adicional. También puede proporcionarse un teclado virtual usando la pantalla táctil.  
45  
50  
55

Parte de la infraestructura que puede usarse con las formas de realización dadas a conocer en el presente documento ya está disponible, tales como ordenadores de propósito general, teléfonos móviles, herramientas y técnicas de programación informática, medios de almacenamiento digitales y redes de comunicaciones. Un dispositivo informático puede incluir un procesador, tal como un microprocesador, un microcontrolador, un sistema de circuitos lógico o similar. El dispositivo informático puede incluir un dispositivo de almacenamiento legible por ordenador tal como una memoria no volátil, una memoria de acceso aleatorio estática (RAM), una RAM dinámica, una memoria de solo lectura (ROM), una memoria flash, óptica, magnética, de cinta, de disco u otro medio de almacenamiento legible por ordenador.  
60

Varios aspectos de determinadas formas de realización pueden implementarse usando hardware, software, firmware o una combinación de los mismos. Un componente o módulo puede hacer referencia a, ser parte de o incluir un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), un circuito electrónico, un procesador (compartido, dedicado o grupal) y/o una memoria (compartida, dedicada o grupal) que ejecuta uno o más programas de software o firmware, un circuito de lógica combinatorial y/u otros componentes adecuados que proporcionen la funcionalidad descrita. Tal y como se usa en el presente documento, un módulo o componente de software puede incluir cualquier tipo de instrucción informática o código ejecutable por ordenador almacenados en un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador. Un módulo o componente de software puede comprender, por ejemplo, uno o más bloques físicos o lógicos de instrucciones informáticas, que pueden organizarse como una rutina, un programa, un objeto, un componente, una estructura de datos, etc., que lleva a cabo una o más tareas o implementa tipos de datos abstractos particulares.

En determinadas formas de realización, un módulo o componente de software particular puede comprender diversas instrucciones almacenadas en diferentes ubicaciones de un medio de almacenamiento legible por ordenador, que implementan conjuntamente la funcionalidad descrita del módulo o componente. De hecho, un módulo o componente puede comprender una única instrucción o muchas instrucciones, y puede estar distribuido a través de varios segmentos de código diferentes, entre diferentes programas y a través de varios medios de almacenamiento legibles por ordenador. Algunas formas de realización pueden llevarse a la práctica en un entorno informático distribuido en el que las tareas se llevan a cabo mediante un dispositivo de procesamiento remoto enlazado a través de una red de comunicaciones.

Aunque lo expuesto anteriormente se ha descrito en cierto detalle para una mayor claridad, resultará evidente que pueden realizarse ciertos cambios y modificaciones sin apartarse de los principios de la misma. Debe observarse que hay muchas maneras alternativas de implementar los procesos y aparatos descritos en el presente documento. Por consiguiente, las presentes formas de realización deben considerarse ilustrativas y no restrictivas, y la invención no está limitada a los detalles ofrecidos en el presente documento, sino que puede modificarse dentro del alcance y equivalencias de las reivindicaciones adjuntas.

Los expertos en la técnica apreciarán que pueden realizarse muchos cambios en los detalles de las formas de realización antes descritas sin apartarse de los principios subyacentes de la invención. Por lo tanto, el alcance de la presente invención debe determinarse solamente por las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Un equipo de usuario, UE, (116) para la comunicación en una red de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, con orientación de haz tridimensional, comprendiendo el UE (116):

5 un estimador de canal para estimar información de canal en función de señales de referencia de enlace descendente recibidas desde un Nodo B evolucionado, eNodoB, (112);  
 un cuantificador vectorial para cuantificar una primera parte de la información de canal usando un libro de códigos;  
 10 y caracterizado porque comprende además un cuantificador escalar para cuantificar una segunda parte de la información de canal en función de un ángulo vertical de un haz de radiofrecuencia, RF, transmitido por el eNodoB (112).

2. El UE (116) según la reivindicación 1, que comprende además:

15 un módulo de indicador de matriz de precodificación, PMI, para calcular un vector de PMI en función de la información de canal estimada, comprendiendo el vector de PMI coeficientes de pesos lineales de antena de transmisión para orientar el haz de RF en el eNodoB en una dirección horizontal, y en el que uno o más de los coeficientes del vector de PMI se multiplican por un parámetro de desplazamiento de fase vertical en  
 20 función de la orientación del haz de RF en el eNodoB (112) en el ángulo vertical.

3. El UE (116) según la reivindicación 2, en el que el vector de PMI está basado en un libro de códigos de retroalimentación para una orientación de haz de RF tridimensional, 3D.

25 4. El UE (116) según cualquiera de las reivindicaciones 2-3, en el que el estimador de canal está configurado para estimar una matriz de canal en función de las señales de referencia recibidas y en el que el módulo de PMI está configurado para calcular el vector de PMI llevando a cabo una descomposición en valores singulares, SVD, en la matriz de canal estimada y para encontrar un número r de vectores propios dominantes, donde el número r es un rango de transmisión.

30 5. El UE (116) según cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en el que el módulo de PMI está configurado para estimar un conjunto óptimo de los coeficientes y el parámetro de desplazamiento de fase vertical.

35 6. El UE (116) según la reivindicación 5, en el que el módulo de PMI está configurado para realizar un cálculo de mínimos cuadrados para obtener la estimación.

7. El UE (116) según la reivindicación 2, en el que el parámetro de desplazamiento de fase vertical tiene la forma:

40 
$$e^{j\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0},$$

donde  $\lambda$  es una longitud de onda de las señales de referencia de enlace descendente,  $d_v$  es una distancia vertical entre antenas en una disposición de antenas bidimensional (2D) en el eNodoB (112), y  $\theta_0$  es el ángulo vertical.

45 8. El UE (116) según la reivindicación 7, en el que el cuantificador escalar está configurado para cuantificar el término:

$$d_v \cos\theta_0$$

usando un cuantificador escalar conocido tanto por el UE (116) como por el eNodoB (112).

50 9. El UE (116) según cualquiera de las reivindicaciones 2-8, en el que el libro de códigos usado por el cuantificador vectorial comprende un libro de códigos de N<sub>H</sub> antenas de transmisión de una red de Evolución a Largo Plazo, LTE, o de LTE Avanzada, LTE-A, del Proyecto de Asociación de Tercera Generación, 3GPP, donde N<sub>H</sub> es el número de antenas dispuestas de manera horizontal en una disposición de antenas bidimensional, 2D, en el eNodoB (112).

55 10. Un procedimiento para notificar información de canal en una red de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, con orientación de haz tridimensional, comprendiendo el procedimiento:

recibir (710) información de canal desde un Nodo B evolucionado, eNodoB;  
 60 calcular (712) un primer índice de libro de códigos para una parte de orientación de haz horizontal de la información de canal, donde calcular el primer índice de libro de códigos comprende una cuantificación vectorial;



calcular (714) un segundo índice de libro de códigos para una parte de orientación de haz vertical de la información de canal, donde calcular el segundo índice de libro de códigos comprende una cuantificación escalar de un parámetro asociado a un ángulo de orientación vertical; y

5 proporcionar (716), como retroalimentación, el primer índice de libro de códigos y el segundo índice de libro de códigos al eNodoB.

11. El procedimiento según la reivindicación 10, en el que el parámetro asociado con el ángulo de orientación vertical tiene la forma:

10 
$$e^{j\frac{2\pi}{\lambda}d_v \cos\theta_0},$$

donde  $\lambda$  es una longitud de onda de las señales de referencia de enlace descendente,  $d_v$  es una distancia vertical entre antenas en una disposición de antenas bidimensional (2D) en el eNodoB,  $\theta_0$  es el ángulo de orientación vertical, y la cuantificación escalar cuantifica el término  $d_v \cos\theta_0$ .

15 12. Un Nodo B evolucionado, eNodoB, (112) que comprende:

una disposición de antenas bidimensional, 2D, para la orientación tridimensional, 3D, de un haz de radiofrecuencia, RF, hacia un primer equipo de usuario, UE, (116);

20 un descuantificador escalar para descuantificar un primer indicador de retroalimentación recibido desde el primer UE (116) para determinar parámetros de desplazamiento de fase vertical que se aplican en filas respectivas de las antenas de la disposición de antenas 2D para orientar el haz de RF en una dirección vertical; y

25 un descuantificador vectorial para descuantificar un segundo indicador de retroalimentación recibido desde el primer UE (116) para determinar coeficientes de pesos lineales de antena de transmisión que se aplican en columnas respectivas de las antenas de la disposición de antenas 2D para orientar el haz de RF en una dirección horizontal.

30 13. El eNodoB (112) según la reivindicación 12, que comprende además:

un reconstructor de indicador de matriz de precodificación, PMI, para calcular un vector de PMI que comprende los coeficientes multiplicados por los parámetros de desplazamiento de fase vertical; y/o

un precodificador para, en un modo de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, de un solo usuario, usar el vector de PMI calculado para precodificar datos de enlace descendente; y/o

35 un transmisor para transmitir los datos de enlace descendente precodificados al primer UE (116).

14. El eNodoB (112) según la reivindicación 12, que comprende además:

40 un precodificador para, en un modo de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, de múltiples usuarios:

combinar el vector de PMI calculado con uno o más vectores de PMI reconstruidos correspondientes a uno o más segundos UE (118-122), respectivamente;

45 calcular, usando la combinación, una matriz de precodificación en función de un esquema de conformación de haz para reducir la interferencia entre el primer UE (116) y el uno o más segundos UE (118-122); y

usar la matriz de precodificación calculada para precodificar datos de enlace descendente; y

un transmisor para transmitir los datos de enlace descendente precodificados al primer UE (116).

50 15. Un almacenamiento legible por máquina que incluye instrucciones legibles por máquina que cuando se ejecutan implementan un procedimiento o realizan un aparato como los reivindicados en cualquier reivindicación anterior.

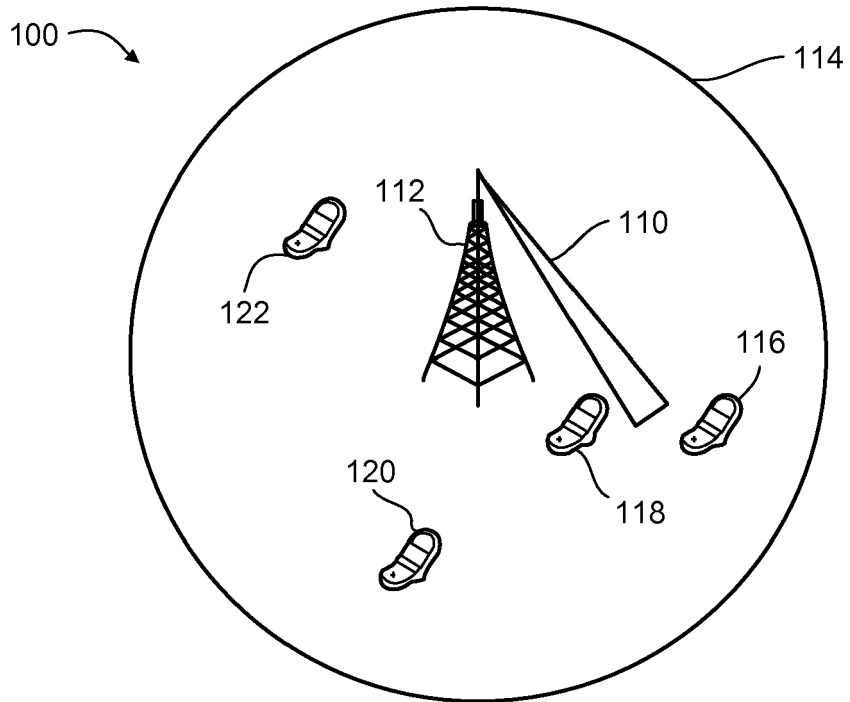


FIG. 1

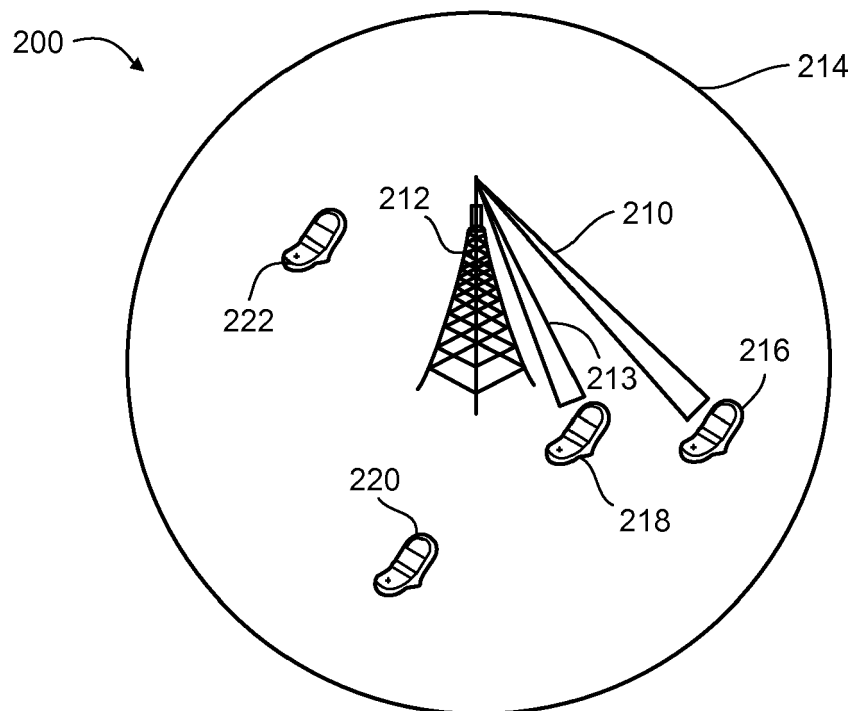


FIG. 2

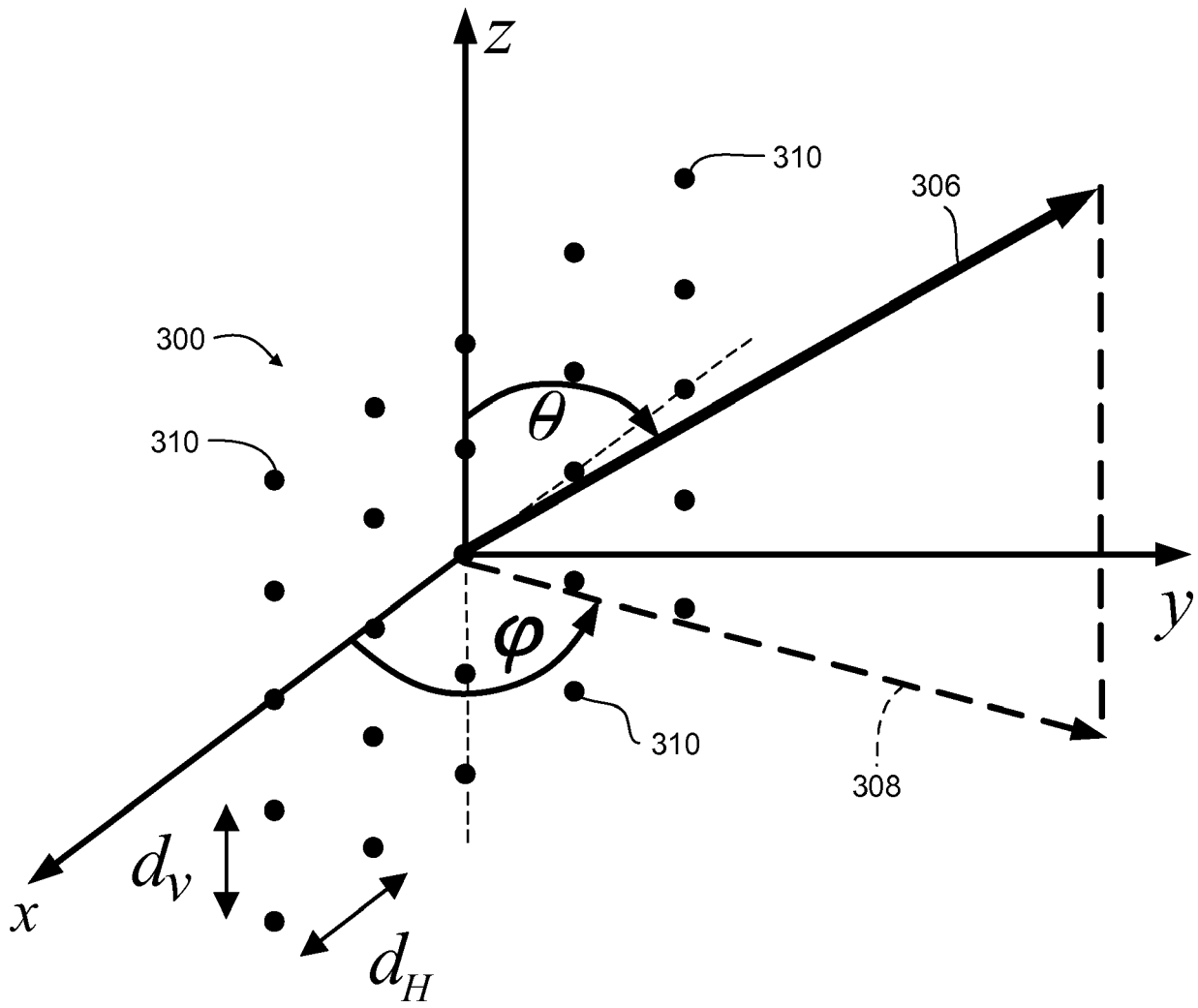


FIG. 3

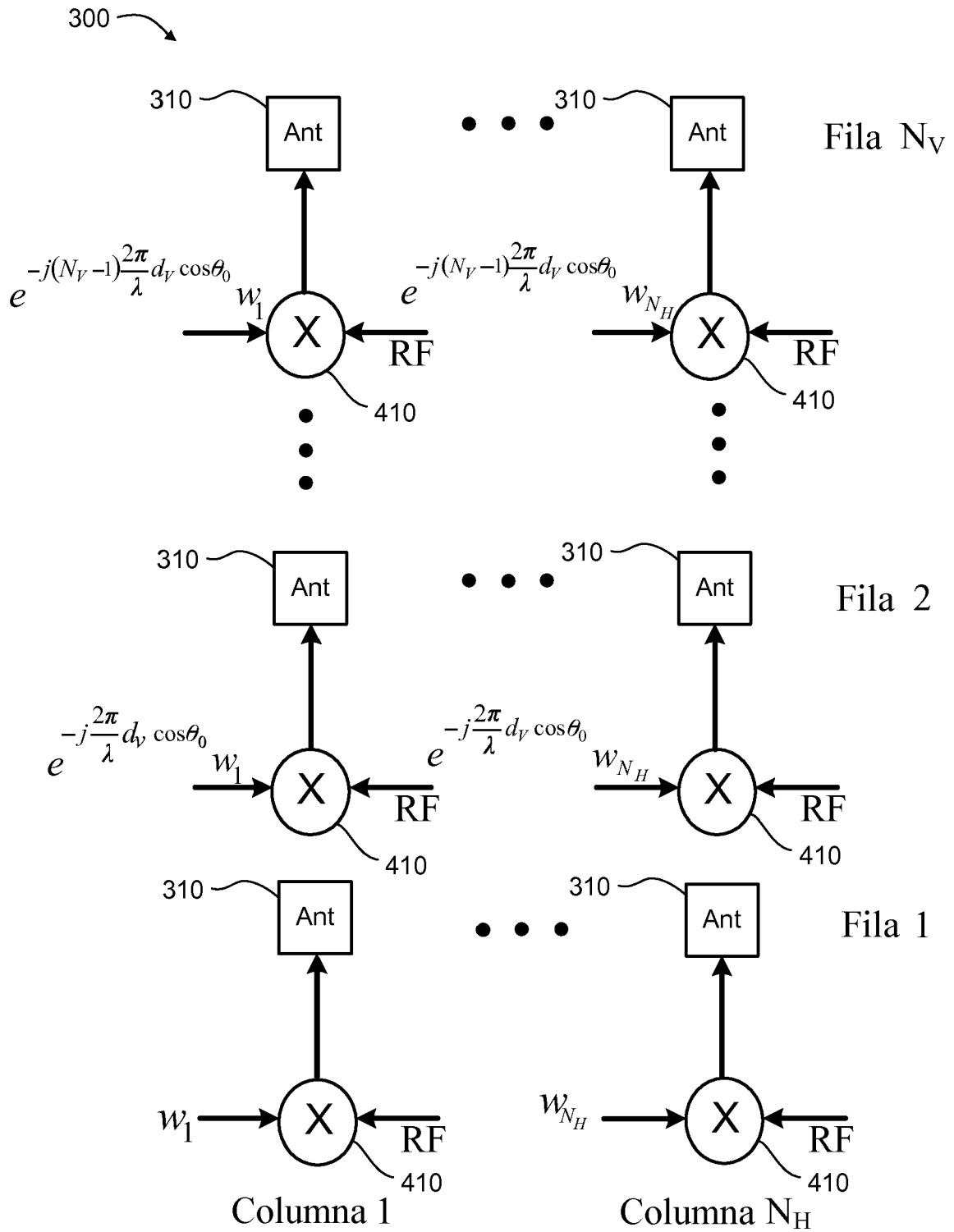


FIG. 4

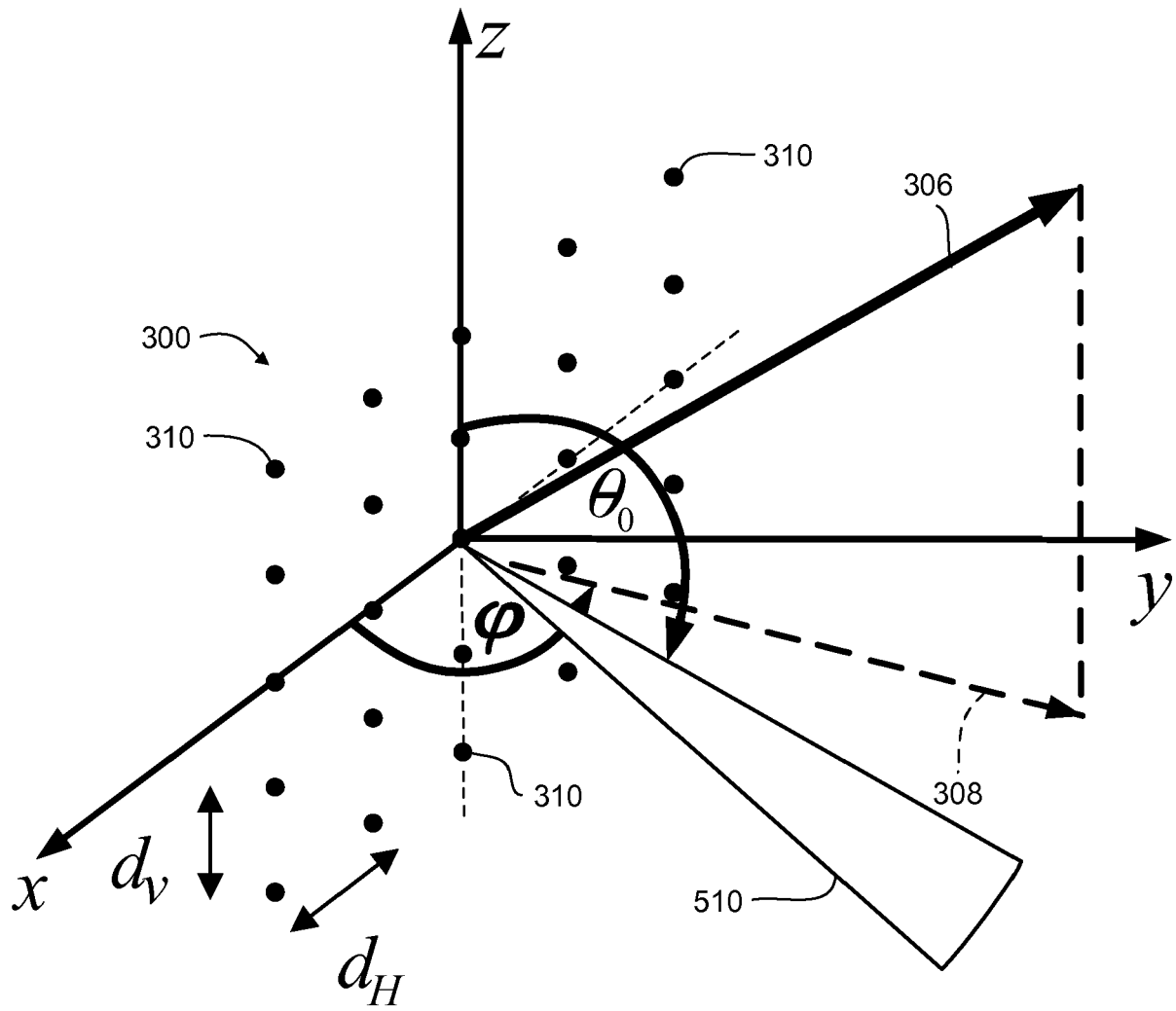


FIG. 5

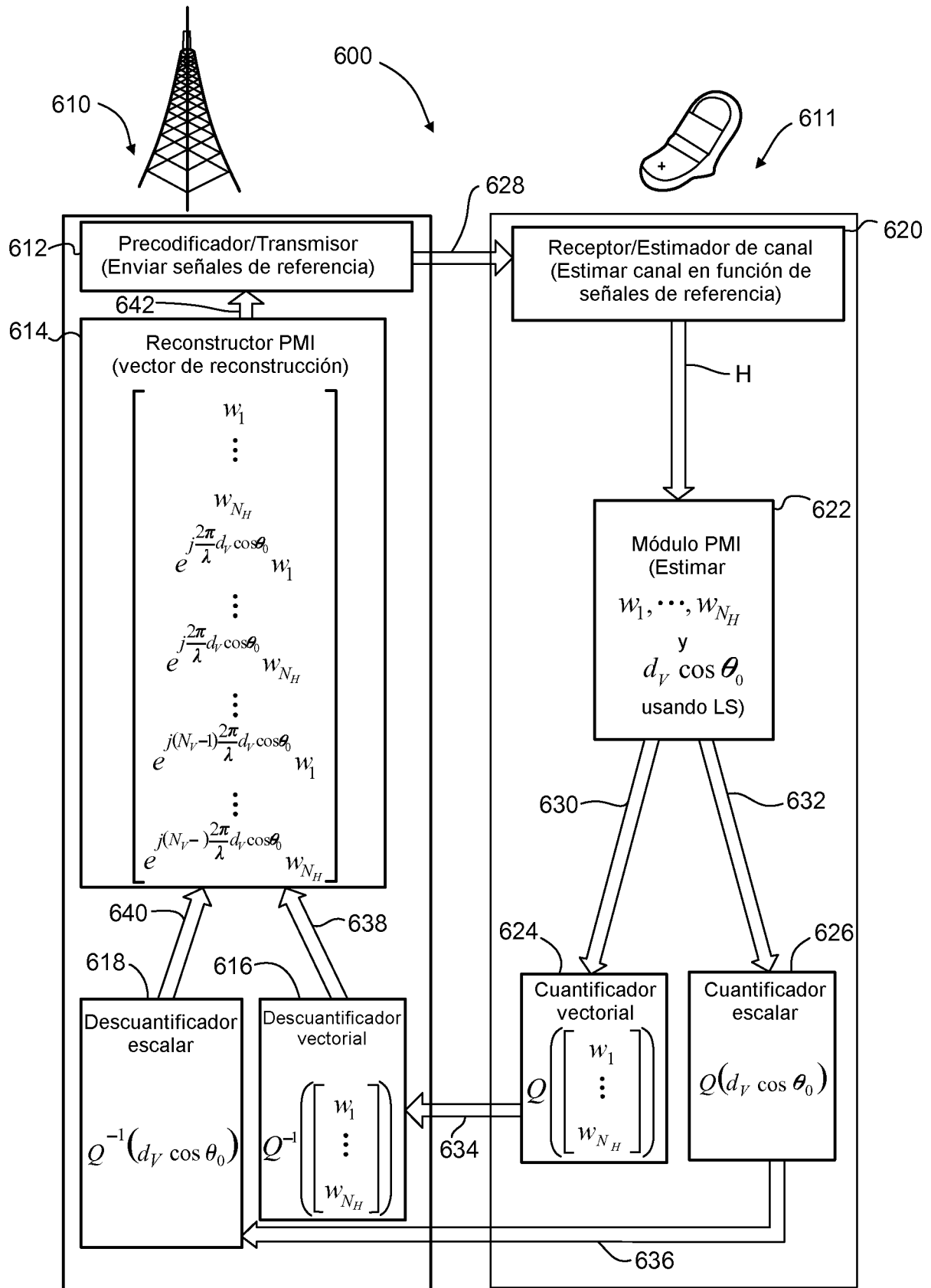


FIG. 6

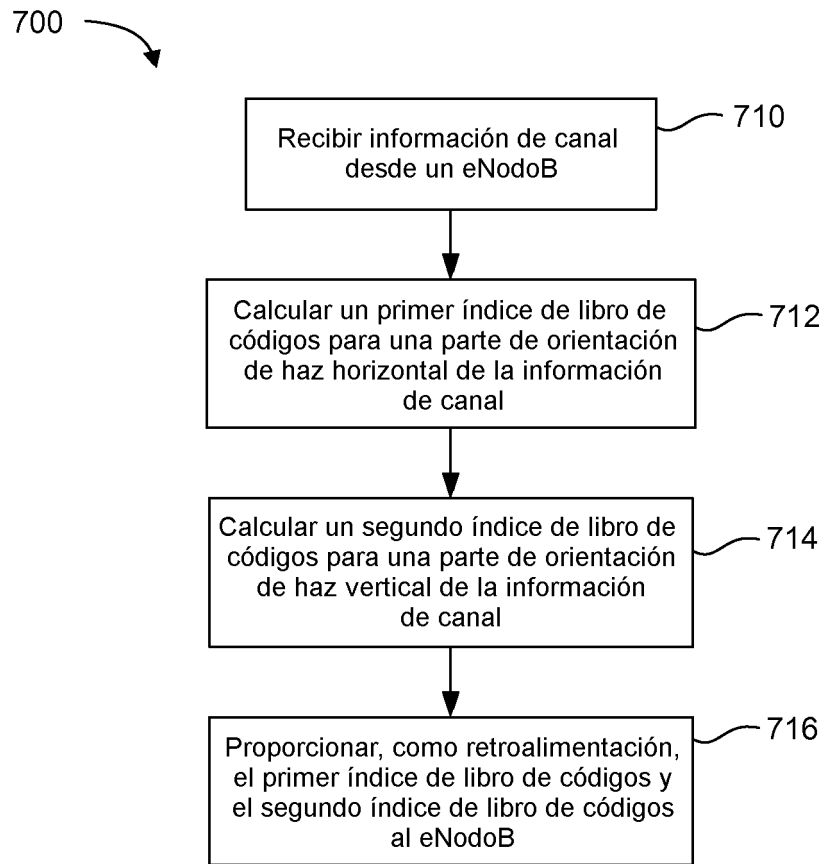


FIG. 7

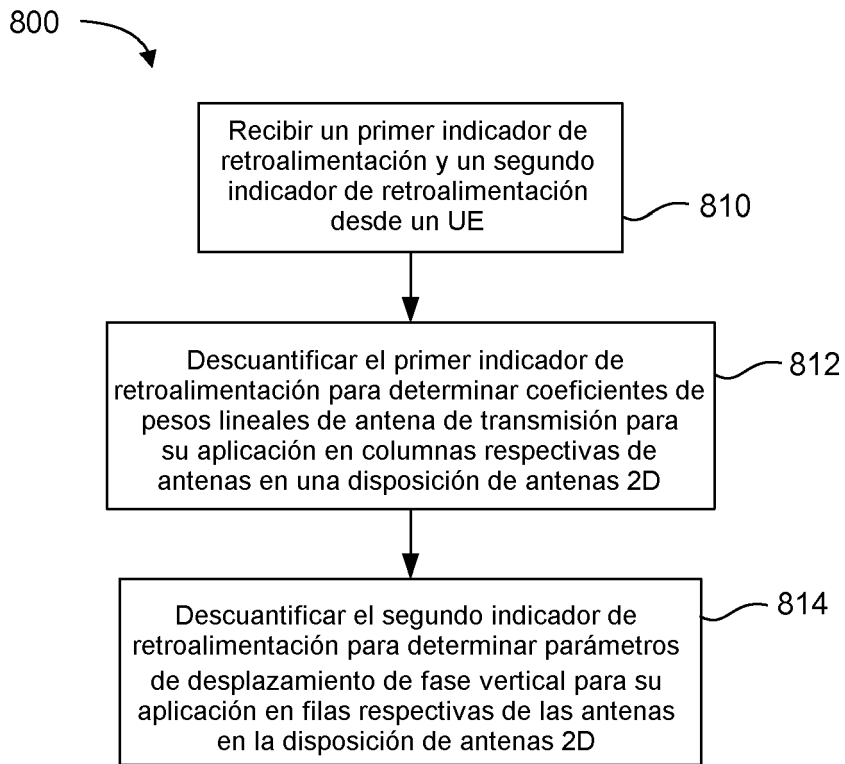


FIG. 8



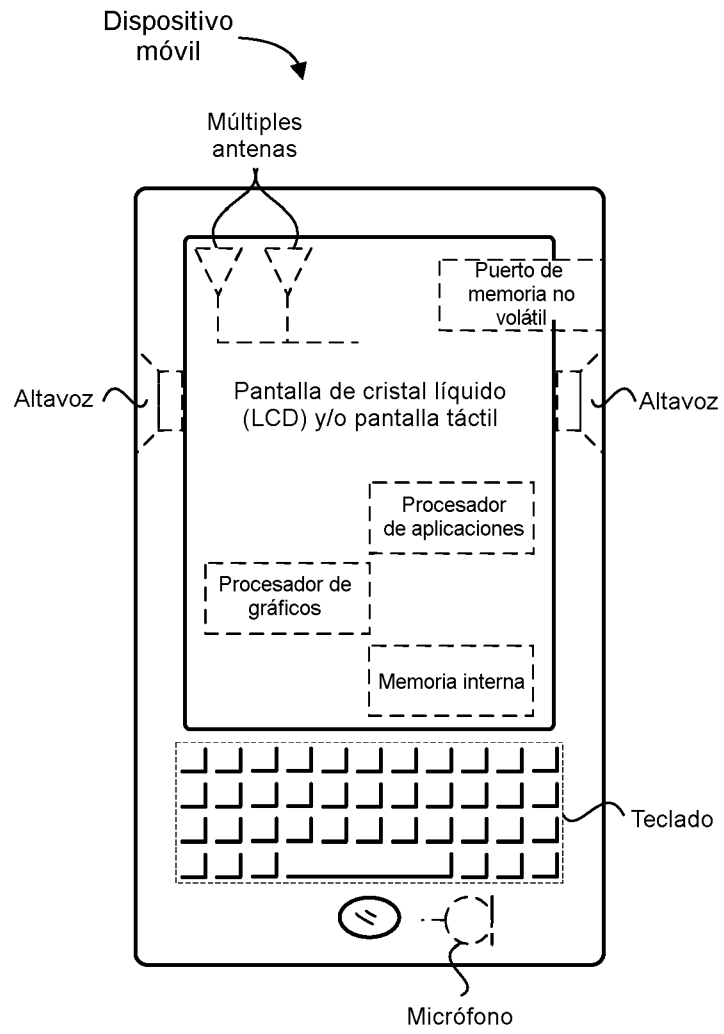


FIG. 9