

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 929 848**

51 Int. Cl.:

H04B 7/06 (2006.01)

H04L 5/00 (2006.01)

H04L 25/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.11.2017 E 21153665 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2022 EP 3832901**

54 Título: **Sistema y procedimiento para transmitir una selección de subespacio**

30 Prioridad:

04.11.2016 US 201662417832 P

01.11.2017 US 201715800955

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

02.12.2022

73 Titular/es:

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)

Huawei Administration Building, Bantian,

Longgang District

Shenzhen, Guangdong 518129, CN

72 Inventor/es:

LIU, BIN y

XIA, PENGFEI

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 929 848 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

Sistema y procedimiento para transmitir una selección de subespacio

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere en general a un sistema y procedimiento para una selección de subespacio y, en realizaciones particulares, a un sistema y procedimiento para transmitir una selección de subespacio.

10 Antecedentes

Las señales inalámbricas comunicadas a altas frecuencias portadoras, como las señales de ondas milimétricas (mmW), tienden a presentar una gran pérdida de trayectoria en el espacio libre. Para compensar las altas tasas de pérdida de trayectoria, las redes de telecomunicaciones de próxima generación pueden utilizar la formación de haces tanto en la estación base como en el UE para explotar la propagación por trayectos múltiples y aumentar el rendimiento y/o la fiabilidad del sistema. La implementación de la formación de haces tanto en la estación base como en el UE puede aumentar significativamente la complejidad de las técnicas de gestión de haces subyacentes.

20 El documento US 2016/142117 A1 muestra procedimientos para calcular precodificadores de combinación lineal para sistemas de comunicaciones inalámbricas MIMO.

El documento de ZTE Corporation et al: "Discussion on CSI reporting of linear combination codebook" R1-165444 es un documento de estandarización relativo a la notificación de CSI, especialmente en el contexto de las combinaciones lineales de las entradas del libro de códigos.

25 El documento de ZTE Corporation et al: "Discussion on the design of linear combination codebook" R1-166322 es un documento de estandarización relativo al diseño del libro de códigos, especialmente en relación con una combinación lineal de entradas del libro de códigos.

30 El documento de NTT Docomo: "Codebook enhancement for eFD-MIMO" R1-167348 es también un documento de estandarización relativo al diseño del libro de códigos, especialmente para MIMO.

Resumen

35 La invención concedida se define por las reivindicaciones independientes. Las realizaciones se describen por las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con una realización, se proporciona un procedimiento para el envío de una información de estado de canal que incluye la selección de, por parte de un equipo de usuario (UE), un primer grupo de haces de un libro de códigos de haces, teniendo el primer grupo de haces una secuencia predefinida. El procedimiento también incluye transmitir, por parte del UE, un índice de primer grupo a una estación base (BS), identificando el índice de primer grupo de manera única el primer grupo de haces seleccionados de entre el libro de códigos de haces, con un primer número de

bits que representa el primer grupo de haces siendo igual a $\lceil \log_2 \binom{N}{M} \rceil$, N es un número de palabras de código en el libro de códigos de haces y M es un número de haces en el primer grupo de haces. En un ejemplo, cada haz del primer grupo de haces está representado por un vector o una matriz. Opcionalmente, en tal ejemplo, o en otro ejemplo, cada haz en el libro de códigos de haces está representado por un vector o una matriz. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer número de bits es un número de bits antes de la codificación potencial. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, un índice de grupo se determina mediante $C1 + l$, donde x_0, x_1, \dots, x_{M-1} son M índices de haz que se van a informar, C1 es una constante arbitraria, y l es igual a

$$l = \sum_{n=1}^{x_0} \binom{N-n}{M-1} + \sum_{i=0}^{M-3} \sum_{n=x_i+2}^{x_{i+1}} \binom{N-n}{M-2-i} + x_{M-1} - x_{M-2} - 1.$$

Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, un índice de grupo está determinado por $C2-l$, donde x_0, x_1, \dots, x_{M-1} son M índices de haz que se informarán, C2 es una constante arbitraria y l es igual a

$$l = \sum_{n=1}^{x_0} \binom{N-n}{M-1} + \sum_{i=0}^{M-3} \sum_{n=x_i+2}^{x_{i+1}} \binom{N-n}{M-2-i} + x_{M-1} - x_{M-2} - 1.$$

55 Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, la secuencia predefinida se especifica en un texto estándar. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el procedimiento incluye además recibir, por parte del UE, la secuencia predefinida en un mensaje de señalización. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, la secuencia predefinida es una lista secuencial creciente de índices de haz. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, la secuencia predefinida es una lista secuencial decreciente de índices de haz.

Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces es adyacente a un segundo grupo de haces en respuesta a que el índice de primer grupo es adyacente a un índice de segundo grupo, estando el primer grupo de haces mapeado al índice de primer grupo, y estando el segundo grupo de haces mapeado al índice de segundo grupo. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces es adyacente al segundo grupo de haces en respuesta a un último índice de haz del primer grupo de haces que es adyacente a un último índice de haz del segundo grupo de haces y cada uno de los otros índices de haz del primer grupo de haces es igual al correspondiente de los otros índices de haz del segundo grupo de haces. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el índice del primer grupo es adyacente al índice del segundo grupo en respuesta a que el índice del primer grupo está secuencialmente antes o después del índice del segundo grupo. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, un último índice de haz del primer grupo de haces es adyacente a un último índice de haz del segundo grupo de haces en respuesta al último índice de haz del primer grupo de haces que tienen un índice mayor o menor que uno del último índice de haz del segundo grupo de haces. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces es mayor que un segundo grupo de haces en respuesta a que el índice de primer grupo es mayor que un índice de segundo grupo, estando el primer grupo de haces mapeado al índice de primer grupo, y estando el segundo grupo de haces mapeado al índice de segundo grupo. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el segundo grupo de haces es mayor que el primer grupo de haces en respuesta a una representación N-aria del índice del segundo grupo que tiene M índices de haz que son mayores que la representación N-aria del índice del primer grupo, siendo la representación N-aria igual a $x_{(1)} \times N^{(M-1)} + x_{(2)} \times N^{(M-2)} + \dots + x_{(M-1)} \times N^{(1)} + x_{(M)} \times N^{(0)}$, y x_y es un índice de haz correspondiente a un índice de haz y ésima. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces y el segundo grupo de haces son uno del grupo de haces. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces es menor que un segundo grupo de haces en respuesta a que un índice de segundo grupo es mayor que el índice de primer grupo, estando el primer grupo de haces mapeado al índice de primer grupo, y estando el segundo grupo de haces mapeado al índice de segundo grupo. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el segundo grupo de haces es menor que el primer grupo de haces en respuesta a una representación N-aria del índice del segundo grupo que tiene M índices de haz que son menores que la representación N-aria del índice del primer grupo, siendo la representación N-aria igual a $x_1 \times N^{(M-1)} + x_{(2)} \times N^{(M-2)} + \dots + x_{(M-1)} \times N^{(1)} + x_{(M)} \times N^{(0)}$ y x_y es un índice de haz correspondiente a un índice de haz y ésima. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces y el segundo grupo de haces son uno del grupo de haces. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el procedimiento incluye además transmitir, por parte del UE, un índice de rotación a la estación base, identificando el índice de rotación un ángulo de rotación seleccionado de un espacio de canal que comprende un conjunto de haces en un grupo de haces. En esta realización, el procedimiento incluye además transmitir, por parte del UE, un índice de calidad de canal (CQI) correspondiente a la combinación ponderada seleccionada de haces. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el procedimiento incluye además calcular, por parte del UE, una estimación de canal de un canal de enlace descendente de acuerdo con una señal de referencia (RS), una combinación de haces seleccionados de acuerdo con la estimación del canal; seleccionar, por parte del UE, un índice de rotación de acuerdo con la estimación del canal; y transmitir, por parte del UE, el índice de rotación seleccionado a la estación base.

De acuerdo con todavía otra realización, se proporciona un procedimiento para recibir información de estado de canal que incluye la recepción, por parte de un nodo de acceso, de un índice de primer grupo de un equipo de usuario (UE), el índice de primer grupo identifica únicamente un primer grupo de haces seleccionados de entre un libro de códigos

de haces, un primer número de bits que representa el primer grupo de haces que es igual a $\text{techo}(\log_2 \binom{N}{M})$, N es un número de palabras de código en el libro de códigos de haces y M es un número de haces en el primer grupo de haces; y mapear, por parte del el nodo de acceso, el índice de primer grupo recibido al primer grupo de haces seleccionados del libro de códigos de haces, teniendo el primer grupo de haces una secuencia predefinida. En un ejemplo, cada haz del primer grupo de haces está representado por un vector o una matriz. Opcionalmente, en tal ejemplo, o en otro ejemplo, cada haz en el libro de códigos de haces está representado por un vector o una matriz. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer número de bits es un número de bits antes de la codificación potencial. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, un índice de grupo se determina mediante $C1 + l$, donde x_0, x_1, \dots, x_{M-1} son M índices de haz que se van a informar, C1 es una constante arbitraria, y l es igual a

$$l = \sum_{n=1}^{x_0} \binom{N-n}{M-1} + \sum_{i=0}^{M-3} \sum_{n=x_i+2}^{x_{i+1}} \binom{N-n}{M-2-i} + x_{M-1} - x_{M-2} - 1.$$

Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, un índice de grupo está determinado por $C2 - l$, donde x_0, x_1, \dots, x_{M-1} son M índices de haz que se informarán, C2 es una constante arbitraria y l es igual a

$$l = \sum_{n=1}^{x_0} \binom{N-n}{M-1} + \sum_{i=0}^{M-3} \sum_{n=x_i+2}^{x_{i+1}} \binom{N-n}{M-2-i} + x_{M-1} - x_{M-2} - 1.$$

Opcionalmente, en uno cualquiera de los

ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, la secuencia predefinida se especifica en un texto estándar. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el procedimiento incluye además recibir, por parte del UE, la secuencia predefinida en un mensaje de señalización. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, la secuencia predefinida es una lista

5 secuencial creciente de índices de haz. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, la secuencia predefinida es una lista secuencial decreciente de índices de haz. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces es adyacente a un segundo grupo de haces en respuesta a que el índice de primer grupo es adyacente a un índice de segundo grupo, estando el primer grupo de haces mapeado al índice de primer grupo, y estando el segundo

10 grupo de haces mapeado al índice de segundo grupo. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces es adyacente al segundo grupo de haces en respuesta a un último índice de haz del primer grupo de haces que es adyacente a un último índice de haz del segundo grupo de haces y cada uno de los otros índices de haz del primer grupo de haces es igual al correspondiente de los otros índices de haz del segundo grupo de haces. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el índice del primer grupo es adyacente al índice del segundo grupo en respuesta a que el índice del primer grupo está secuencialmente antes o después del índice del segundo grupo. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, un último índice de haz del primer grupo de haces es adyacente a un último índice de haz del segundo grupo de haces en respuesta al último índice de haz del primer grupo de haces que tienen un índice mayor o menor que uno del último índice de haz del segundo grupo de haces. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces es mayor que un segundo grupo de haces en respuesta a que el índice de primer grupo es mayor que un índice de segundo grupo, estando el primer grupo de haces mapeado al índice de primer grupo, y estando el segundo grupo de haces mapeado al índice de segundo grupo. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el segundo grupo de haces es mayor que el primer grupo de haces en respuesta a una representación N-aria del índice de segundo grupo que tiene índices de haz de M mayores que la representación N-aria del índice de primer grupo, siendo la representación de N-aria igual a $x_1 \times N^{(M-1)} + x_{(2)} \times N^{(M-2)} + \dots + x_{(M-1)} \times N^{(1)} + x_{(M)} \times N^{(0)}$; y siendo x_y un índice de haz que corresponde a un índice de haz y ésima Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces y el segundo grupo de haces son uno del grupo de haces. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces es menor que un segundo grupo de haces en respuesta a que un índice de segundo grupo es mayor que el índice de primer grupo, estando el primer grupo de haces mapeado al índice de primer grupo, y estando el segundo grupo de haces mapeado al índice de segundo grupo. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el segundo grupo de haces es menor que el primer grupo de haces en respuesta a una representación N-aria del índice del segundo grupo que tiene M índices de haz que son menores que la representación N-aria del índice del primer grupo, siendo la representación N-aria igual a $x_1 \times N^{(M-1)} + x_{(2)} \times N^{(M-2)} + \dots + x_{(M-1)} \times N^{(1)} + x_{(M)} \times N^{(0)}$; y x_y es un índice de haz correspondiente a un índice de haz y ésima. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el primer grupo de haces y el segundo grupo de haces son uno del grupo de haces. Opcionalmente, en uno cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, o en otro ejemplo, el procedimiento incluye además recibir, por parte del nodo de acceso, un índice de rotación del UE, identificando el índice de rotación un ángulo de rotación seleccionado de un conjunto de haces en el libro de códigos de haces; y recibir, por parte del nodo de acceso, un índice de calidad de canal (CQI) correspondiente al primer grupo de haces.

Breve descripción de los dibujos

45 Para una mejor comprensión de la presente divulgación, y las ventajas de la misma, se hace referencia ahora a las siguientes descripciones tomadas junto con los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es un diagrama de una realización de una red de comunicaciones inalámbricas;

50 La figura 2 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento para operar un equipo de usuario (UE) y transmitir un índice de combinación lineal;

La figura 3 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento para operar una estación base y recibir un índice de combinación lineal;

La figura 4 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento para operar un UE y transmitir retroalimentación CSI;

55 La figura 5 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento para operar una estación base y recibir retroalimentación CSI;

La figura 6 es un diagrama de una realización de agrupación de subbandas para ponderación de canales;

La figura 7 es un diagrama de flujo de otra realización de un procedimiento para operar una estación base y recibir retroalimentación CSI;

60 La figura 8 es un diagrama de una realización de un sistema de procesamiento; y

La figura 9 es un diagrama de una realización de un transceptor.

Descripción detallada de las realizaciones ilustrativas

65 La presente divulgación proporciona muchos conceptos inventivos aplicables que pueden realizarse en una amplia

- variedad de contextos específicos. Las realizaciones específicas analizadas son meramente ilustrativas de configuraciones específicas y no limitan el alcance de la divulgación. Por ejemplo, aunque la divulgación describirá las realizaciones en el contexto particular de un canal de enlace descendente de una estación base a un equipo de usuario (UE), las realizaciones son igualmente aplicables en un enlace ascendente de un UE de múltiples antenas a una estación base o en cualquier otro enlace de comunicaciones por aire que se origine en un dispositivo que tenga múltiples antenas. Como se usa en esta invención, el término «dirección del haz» se refiere a un patrón de antena de radio, o conjunto de ponderaciones de formación de haces, que se usa para la transmisión y/o recepción de señales direccionales. Los términos «direcciones del haz» y «haces» se usan indistintamente en esta invención.
- Como se mencionó anteriormente, la implementación de la formación de haces tanto en el UE como en la estación base puede aumentar la complejidad de las técnicas de gestión de haces, tales como exploración de haces y/o seguimiento de haces. La exploración de haces se realiza generalmente durante, o justo antes, del establecimiento del enlace con el fin de identificar qué par de direcciones del haz se utilizarán para la transmisión/recepción inicial de datos. Los esquemas convencionales de exploración de haces generalmente requieren que el UE seleccione un subconjunto de haces basándose en señales de referencia recibidas desde la estación base, y posteriormente retroalimente una lista correspondiente de índices de haces a la estación base. El subconjunto de haces seleccionados puede usarse para programar transmisiones de señales de referencia de sondeo (SRS), que pueden evaluarse para desarrollar una mejor estimación del canal para seleccionar el par apropiado de haces TX y RX para la transmisión de datos inicial.
- Las realizaciones de esta divulgación reducen la sobrecarga de señalización asociada con la exploración de haces al retroalimentar un índice de combinación lineal que identifica el subconjunto de haces seleccionados, en lugar de una lista de índices que identifican haces individuales dentro del subconjunto. Debido a que el índice de combinación lineal identifica la «combinación» seleccionada de haces, el número de bits usados para representar el índice de combinación lineal es generalmente menor que el número de bits requeridos para comunicar una lista correspondiente de índices de haz individuales, reduciendo así la sobrecarga de señalización. En algunas realizaciones, el índice de combinación lineal pertenece a un conjunto de índices de combinación lineal predefinidos, con cada índice de combinación lineal predefinido en el conjunto identificando una combinación diferente de haces disponibles.
- En una realización, un UE recibe una señal de referencia (RS) de una estación base en un canal de enlace descendente y calcula una estimación de canal de acuerdo con la RS. El UE selecciona una combinación de haces de un conjunto de haces disponibles de acuerdo con la estimación de canal calculada. El UE transmite un índice de combinación lineal a la estación base que identifica la combinación seleccionada de haces. En una realización, el UE transmite un índice de calidad de canal (CQI) correspondiente a la combinación seleccionada de haces a la estación base. En esta realización, el UE selecciona un ángulo de rotación de un espacio de canal girado que comprende el conjunto de haces disponibles. A continuación, el UE transmite un índice de rotación que identifica el espacio del canal girado a la estación base. El UE selecciona el ángulo de rotación de acuerdo con la estimación del canal.
- En una realización, una estación base transmite una RS a un UE en un canal de enlace descendente. En esta realización, la estación base recibe un índice de combinación lineal del UE, por ejemplo, como retroalimentación CSI. La estación base utiliza el índice de combinación lineal para identificar una combinación de haces seleccionados por el UE de entre un conjunto de haces disponibles. La combinación de haces que se han identificado es utilizada por la estación base para comunicarse con el UE. En una realización, el índice de combinación lineal identifica la combinación seleccionada de haces sin indicar explícitamente o identificar los haces individuales en la combinación seleccionada de haces. En otro ejemplo, el índice de combinación lineal pertenece a un conjunto de índices de combinación lineal predefinidos. En este ejemplo, cada índice de combinación lineal predefinido en el conjunto de índices de combinación lineal predefinidos identifica una combinación diferente de haces en el conjunto de haces disponibles. En otro ejemplo más, la RS se transmite a través de diferentes haces en el conjunto de haces en el canal de enlace descendente. En otra realización más, la estación base recibe un índice de rotación del UE. En esta realización, el índice de rotación identifica un ángulo de rotación de un espacio de canal girado que comprende el conjunto de haces disponibles seleccionados por el UE. En una realización, la estación base recibe un CQI correspondiente a la combinación seleccionada de haces del UE. En algunas realizaciones, cada haz en un índice de combinación lineal está representado por un vector. En algunas otras realizaciones, cada haz del índice de combinación lineal está representado por una matriz de bits.
- En una realización, el UE puede recibir una RS transmitida desde 32 puertos de una estación base en un escenario de libro de códigos DFT, dando como resultado una base de espacio completo de 16 haces debido a la polarización. El UE puede a continuación retroalimentar índices de haz para cada uno de los 4 haces seleccionados, donde cada uno de estos índices de haz debe incluir al menos 4 bits ya que hay 16 haces en total. Los bits totales necesarios para retroalimentar el descriptor del subespacio serían $4 \times 4 = 16$ bits. Si tal sistema sólo está diseñado para una retroalimentación de no más de 16 bits del descriptor de subespacio, entonces el UE no puede seleccionar más de 4 haces cuando se usa un esquema de retroalimentación de índice de haz individual. Alternativamente, si se usa un mapa de bits de 16 bits como descriptor de subespacio, el UE puede variar el número de haces seleccionados de entre 1 a 16 basándose en las condiciones locales sin requerir señalización adicional.
- Ventajosamente, un índice de combinación lineal utilizado como descriptor de subespacio puede reducir la sobrecarga

en relación con la retroalimentación de los índices de haz seleccionados. Como ejemplo, cuando el UE va a seleccionar

4 haces de un espacio de canal completamente representado por 16 haces, entonces $\binom{16}{4} = \frac{16!}{4!(16-4)!} = 1820$ combinaciones diferentes son posibles. Por consiguiente, el índice de combinación lineal puede representarse con tan solo $\lceil \log_2 1820 \rceil = 11$ bits. Por lo tanto, tal índice de combinación lineal podría reducir la sobrecarga en comparación con la retroalimentación de los 4 índices de haz seleccionados, que como se discutió anteriormente requerirían al menos 16 bits.

El número de bits que representan cada grupo de haces en un índice de haz de combinación lineal se calcula usando

la ecuación: $\lceil \log_2 \binom{N}{M} \rceil$. En esta ecuación, el menor número entero de logaritmo (base 2) del coeficiente binomial

$\binom{N}{M}$ representa el número de bits de un grupo. El coeficiente binomial $\binom{N}{M}$ se puede calcular usando la fórmula:

$\left(\frac{N!}{M!(N-M)!} \right)$. En tal realización, N representa un número de palabras de código en un libro de códigos de haces y M es un número de haces en un grupo de haces.

La Fig. 1 ilustra una red 100 para comunicar datos. La red 100 comprende una estación base 110 que tiene un área de cobertura 101, una pluralidad de UE 115 y una red de retorno 130. Como se muestra, la estación base 110 establece conexiones de enlace ascendente (línea discontinua) y/o enlace descendente (línea discontinua) con los UE 115, que sirven para transportar datos desde los UE 115 a la estación base 110 y viceversa. Los datos transportados a través de las conexiones de enlace ascendente/enlace descendente pueden incluir datos comunicados entre los UE 115, así como datos comunicados hacia/desde un extremo remoto (no mostrado) por medio de la red de retorno 130. Como se usa en esta invención, el término «estación base» se refiere a cualquier componente (o colección de componentes) configurado para proporcionar acceso inalámbrico a una red, como una estación base mejorada (eNB), una macrocélula, una femtocélula, un punto de acceso Wi-Fi (AP) u otros dispositivos con funcionalidad inalámbrica. Las estaciones base pueden proporcionar acceso inalámbrico de acuerdo con uno o más protocolos de comunicación inalámbrica, por ejemplo, evolución a largo plazo (LTE), LTE Advanced (LTE-A), acceso de paquete de alta velocidad (HSPA), Wi-Fi 802,11A/B/ G/N/AC, etc. Como se usa en esta invención, el término «UE» se refiere a cualquier componente (o recopilación de componentes) capaces de establecer una conexión inalámbrica con una estación base, como un dispositivo móvil, una estación móvil (STA) y otros dispositivos habilitados de forma inalámbrica. En algunas realizaciones, la red 100 puede comprender varios otros dispositivos inalámbricos, tales como relés, nodos de baja potencia, etc.

La figura 2 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento 200 para recibir una RS y transmitir un grupo seleccionado de haces a una estación base, como puede ser realizado por un UE. En la etapa 202, el UE recibe la RS de la estación base en un canal de enlace descendente. En una realización, el UE puede recibir la RS a través de haces de recepción desde la estación base. En otra realización, la RS puede recibirse sin formación de haces, como en la señal de referencia de información de estado de canal no precodificada (CSI-RS) de una red LTE. En otra realización más, la RS puede formarse en haz en el canal de enlace descendente, pero el UE puede recibir la RS sin recibir la formación de haz, como en la clase B de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) de una red LTE.

En la etapa 204, el UE calcula una estimación de canal del canal de enlace descendente de acuerdo con la RS. En la etapa 206, en un subespacio de un espacio de canal entre el UE y la estación base, donde el espacio de canal tiene una base formada por un conjunto de haces disponibles, el UE selecciona una combinación de haces que forman una base para el subespacio. La combinación de haces seleccionados por el UE está de acuerdo con la estimación de canal calculada en la etapa 204. En la etapa 208, el UE determina a partir de un conjunto de índices de combinación lineal predefinidos, un índice de combinación lineal que identifica la combinación seleccionada de haces. En el conjunto de índices de combinación lineales predefinidos, cada índice de combinación lineal predefinido identifica una combinación diferente de haces del conjunto de haces disponibles. El índice de combinación lineal identifica la combinación seleccionada de haces sin identificar, o indicando explícitamente cada haz individual en la combinación seleccionada de haces. En la etapa 210, el UE transmite el índice de combinación lineal a la estación base.

La figura 3 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento 300 para transmitir un RS y recibir un grupo seleccionado de haces de un UE, como puede ser realizado por una estación base. En la etapa 302, la estación base transmite una RS al UE en un canal de enlace descendente. Como se indicó anteriormente, con respecto a la figura 2, en algunas realizaciones, la RS puede transmitirse por haces; y en otras realizaciones, la RS puede transmitirse al UE sin formación de haces. En la etapa 304, la estación base recibe un índice de combinación lineal del UE en respuesta a la RS transmitida. En la etapa 306, la estación base identifica un grupo de haces en un espacio de canal que forma una base para un subespacio que el UE ha seleccionado. En la etapa 308, la estación base puede usar un mismo conjunto de índices de combinación lineal predefinidos para identificar el grupo de haces. A continuación, la estación base usa este grupo de haces para comunicarse con el UE.

La figura 4 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento 400 para recibir una RS y transmitir un grupo seleccionado de haces a una estación base como retroalimentación CSI, como puede ser realizado por un UE.

En la etapa 402, el UE recibe la RS de la estación base en un canal de enlace descendente. Como se indicó anteriormente, con respecto a la figura 2, en algunas realizaciones, la RS se puede recibir sobre los haces; y en otras realizaciones, la RS se puede recibir sin formación de haces.

5 En la etapa 404, el UE calcula una estimación de canal del canal de enlace descendente de acuerdo con la RS. En algunas realizaciones, el UE también puede realizar una estimación de canal sobre un espacio de canal que el UE modela como que tiene, por ejemplo, una base ortogonal de N haces diferentes. En una realización, este modelo de espacio de canal también se puede rotar P número de veces cuando se calcula la estimación de canal.

10 En una realización, el modelo de espacio de canal puede rotarse P número de veces para soportar P veces sobremuestreo en el dominio espacial. La rotación se utiliza para alinear mejor el modelo de espacio de canal con la trayectoria de canal óptima. Un libro de códigos utilizado para esta estimación de canal puede ser, por ejemplo, un libro de códigos basado en una Transformada de Fourier Discreta (DFT) como el libro de códigos basado en DFT utilizado por LTE Release 13.

15 En entornos MIMO a gran escala, donde un gran número de estaciones base y UE utilizan técnicas MIMO, las estadísticas de canal como la correlación de canal o la matriz de covarianza de canal (CCM) se utilizan típicamente para determinar la información de estado del canal (CSI). La CCM puede utilizarse para estimar los canales de alta dimensión y/o convertir los canales de alta dimensión en subespacios de baja dimensión, lo que reduce las dimensiones efectivas del canal. En la etapa 406, el UE deriva una matriz de covarianza de canal de enlace descendente (DCCM) basada en el modelo de espacio de canal de la base de espacio completo. En la etapa 408, el UE selecciona uno o más autovectores de la matriz de covarianza. En la etapa 410, en un subespacio del espacio del canal, donde el espacio del canal tiene una base formada por un conjunto de haces disponibles, el UE selecciona un subespacio. La combinación de haces seleccionados por el UE está de acuerdo con al menos el autovector principal de la matriz de covarianza determinada en la etapa 406. Se puede usar un número creciente de autovectores para la selección de subespacio a medida que aumenta el rango de la matriz de covarianza del canal.

20 En una realización con sobremuestreo donde la base del subespacio del canal puede tener una base no ortogonal, el UE también puede seleccionar uno de los P ángulos de rotación del espacio del canal girado. El subespacio del canal tiene una base de M haces diferentes seleccionados de entre los N haces totales, donde M es menor o igual que N . El UE mapea los autovectores en el subespacio de haces M seleccionado para calcular M ponderaciones de canal. La/s ponderación/es del canal puede/n incluir coeficientes de amplitud y fase cuantificados que serán utilizados por la estación base para precodificar transmisiones sobre una banda de frecuencia particular. Cuando una banda de frecuencia se divide en subbandas, se pueden utilizar varios protocolos de ponderación de canal para proporcionar una granularidad aumentada o disminuida de las ponderaciones de canal en las diferentes subbandas. En un protocolo de ponderación de canal ejemplar, el UE retroalimenta diferentes coeficientes de fase y amplitud para cada subbanda respectiva. Este protocolo puede resultar en una mejor calidad del canal a expensas de una alta sobrecarga de retroalimentación. Por ejemplo, cuando una banda de 20 MHz se divide en 13 subbandas y se usan coeficientes de fase de 3 bits y coeficientes de amplitud de 3 bits para cada subbanda, entonces se usan $13 \times (3 + 3) = 78$ bits para la retroalimentación de ponderación del canal.

30 En la etapa 412, el UE determina a partir de un conjunto de índices de combinación lineal predefinidos, un índice de combinación lineal que identifica el subespacio. En el conjunto de índices de combinación lineal predefinidos, cada índice de combinación lineal predefinido identifica un subespacio de la base de espacio completo. El índice de combinación lineal identifica el subespacio sin identificar, o indicando explícitamente cada haz individual en el subespacio. En la etapa 414, el UE determina un índice de calidad de canal (CQI) del subespacio correspondiente a cada conjunto de ponderaciones de canal.

45 En realizaciones con sobremuestreo, se selecciona un índice de rotación que describe el ángulo de rotación seleccionado. En la etapa 416, el UE determina un índice de rotación que corresponde al ángulo de rotación seleccionado de un espacio girado que comprende la base de espacio completo. Como ejemplo, un índice de rotación de 3 bits puede indicar hasta 8 ángulos de rotación diferentes para soportar un sobremuestreo de 8 veces en el dominio espacial.

50 En la etapa 418, el UE transmite una retroalimentación CSI a la estación base que comprende el índice de combinación lineal, el índice de calidad del canal (CQI) y el ángulo de rotación del espacio girado.

60 La figura 5 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento 500 para transmitir una RS y recibir una retroalimentación CSI desde un UE, como puede ser realizado por una estación base. En la etapa 502, la estación base transmite una RS al UE en un canal de enlace descendente. Como se indicó anteriormente, con respecto a la figura 2, en algunas realizaciones, la RS se puede transmitir sobre los haces; y en otras realizaciones, la RS se puede transmitir al UE sin formación de haces. La estación base transmite una señal de referencia a un UE. En la etapa 504, la estación base recibe, desde el UE, una retroalimentación CSI. La retroalimentación CSI puede comprender un índice de combinación lineal, un índice de rotación y factores de ponderación y un índice de calidad de canal asociado. En la etapa 506, la estación base puede usar el índice de combinación lineal en la retroalimentación CSI para identificar una combinación de haces que forman una base para un subespacio de un espacio de canal. El subespacio de canal

5 seleccionado de entre un espacio de canal identificado por el UE. En la etapa 508, la estación base usa el índice de calidad del canal para identificar el índice de calidad del canal de la combinación seleccionada de haces identificados usando el índice de combinación lineal. En la etapa 510, la estación base puede usar el índice de rotación para identificar un ángulo de rotación seleccionado en un modelo de espacio de canal girado para soportar el sobremuestreo en el dominio espacial. La estación base usa la información de la retroalimentación CSI y al menos uno del subespacio del canal, el ángulo de rotación, los factores de ponderación y el índice de calidad del canal para comunicarse con el UE.

10 En algunas realizaciones, el descriptor de la combinación seleccionada de las haces puede ser un mapa de bits de N -bits. En este mapa de bits, cada bit corresponde a una selección de un haz; si un elemento de bit particular en el mapa de bits se establece en uno, este valor indica que se selecciona un haz correspondiente, mientras que un bit con valor cero indica que el haz correspondiente no está seleccionado. En otras realizaciones, se puede utilizar el inverso de esta lógica.

15 En relación con la retroalimentación de los índices individuales de todos los haces seleccionados, un mapa de bits utilizado como descriptor de subespacio puede aumentar la flexibilidad del sistema al permitir que varíe el número de haces seleccionados. Permitir que varíe el número de haces seleccionados puede lograr una mejor compensación de rendimiento-sobrecarga. En algunos escenarios de implementación. Por ejemplo, en condiciones de visibilidad directa, un UE solo necesitaría retroalimentar una trayectoria seleccionada desde la estación base al UE. En otras implementaciones, sin embargo, puede ser necesario un grupo de trayectorias que cubra un ángulo más amplio para representar de manera más efectiva el canal de comunicaciones. Para cubrir esta extensión de ángulo más amplia, es posible que sea necesario seleccionar varios haces como base para el subespacio del canal. Sin embargo, si se retroalimentan los índices de todos los haces seleccionados, el número de bits de retroalimentación requeridos aumenta a medida que aumenta el número de haces seleccionados.

25 La figura 6 ilustra una realización de una banda 600 subdividida en subbandas 604 en la que el protocolo de ponderación de canal ejemplar descrito anteriormente se modifica para permitir la agrupación de subbandas. Las subbandas 604 dentro de un intervalo de frecuencia particular pueden agruparse en paquetes que pueden diferir en el ancho de banda. El UE puede a continuación calcular diferentes coeficientes de fase y amplitud para cada paquete 604. En la realización de la figura 6, un intervalo de frecuencia 602 puede ser, por ejemplo, de 20 MHz de ancho. Este intervalo de frecuencia 602 se divide en 13 subbandas 604 que están etiquetadas como S1 a S13. S1 y S2 se agrupan juntos como un primer paquete de subbandas 606, S3 a S12 se agrupan juntos como un segundo paquete de subbandas 608 y S13 es un tercer paquete de subbandas 610. La retroalimentación CSI puede incluir 3 bits de amplitud y 3 bits de fase para cada uno de estos tres paquetes, lo que da como resultado $(3 + 3) \times 3 = 18$ bits de ponderación de canal. En una realización, la estación base puede dirigir la agrupación de subbandas basándose en las condiciones del canal para proporcionar una compensación de rendimiento-sobrecarga. Por ejemplo, la estación base podría agrupar subbandas con una granularidad suficiente para proporcionar el número mínimo de bits de retroalimentación para lograr un nivel de rendimiento predeterminado.

40 La figura 7 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento 700 para transmitir una RS y un descriptor de un agrupamiento de subbandas a un UE y recibir retroalimentación CSI, como puede ser realizado por una estación base. En la etapa 702, la estación base selecciona una agrupación de subbandas en una banda de frecuencia que se divide en subbandas en función de la condición del canal. Cada subbanda se puede agrupar como parte de un paquete de subbandas, como se describió previamente con respecto a la figura 6. En la etapa 704, la estación base transmite un descriptor de la agrupación de subbandas junto con una RS en un canal de enlace descendente a un UE. En una realización, la RS puede ser un CSI-RS no codificado LTE. En otra realización, la RS puede estar en una red LTE de clase B MIMO. En algunas realizaciones, el descriptor de agrupación de subbandas puede incluirse en una transmisión que es diferente y distinta de la señal de referencia. En la etapa 706, la estación base recibe retroalimentación CSI transmitida desde el UE. Esta retroalimentación de CSI indica tanto un subespacio seleccionado por el UE como la/s ponderación/es de canal calculadas por el UE de acuerdo con la agrupación de subbandas seleccionada. El subespacio de canal seleccionado por el UE tiene una base de M haces diferentes seleccionados de entre N haces totales de todo el espacio del canal, donde M es menor o igual que N . En realizaciones donde el UE utiliza sobremuestreo espacial, la retroalimentación CSI también puede incluir un índice de rotación que describe cuál de los P ángulos de rotación se ha seleccionado. El descriptor del subespacio seleccionado que se incluye en la CSI puede ser un mapa de bits de N -bits o un índice de combinación lineal.

55 En la etapa 708, la estación base identifica el subespacio del canal seleccionado usando la retroalimentación CSI. La estación base puede usar el índice de combinación lineal en la retroalimentación CSI para identificar una combinación de haces que forman una base para un subespacio de un espacio de canal. El subespacio de canal se selecciona de entre un espacio de canal identificado por el UE. En la etapa 710, la estación base identifica la ponderación del canal de acuerdo con la retroalimentación CSI. Además de los protocolos de ponderación de canal ya descritos, también se pueden usar otros protocolos de ponderación de canal. En otro protocolo ejemplar, se deben usar los mismos coeficientes de amplitud en toda la banda de frecuencia, pero se deben usar diferentes coeficientes de fase en diferentes subbandas, lo que puede disminuir la calidad del canal mientras se ahorra la sobrecarga. Por ejemplo, una banda de 20 MHz puede tener un coeficiente de amplitud de 3 bits y puede dividirse en 13 subbandas, cada una con coeficientes de fase de 3 bits, lo que da como resultado $(13 \times 3) + 3 = 42$ bits de ponderación del canal y una pérdida

aproximada del rendimiento del 6% en relación con el uso de todos los bits de ponderación de 78 canales. En otro protocolo ejemplar más, se puede usar una amplitud diferencial para cada subbanda respectiva junto con una amplitud para todo el intervalo de frecuencia, mientras que todavía se usan coeficientes de fase diferentes para cada subbanda respectiva. Por ejemplo, se pueden utilizar 2 bits de amplitud de banda ancha, 1 bit de amplitud diferencial por subbanda y 3 bits de fase por subbanda. En 13 subbandas, este ejemplo daría como resultado una retroalimentación de $13 \times (1 + 3) + 2 = 54$ bits de ponderación de canal.

En la etapa 712, la estación base transmite datos precodificados al equipo de usuario (UE) de acuerdo con los M haces seleccionados y la/s ponderación/es de los canales identificada/s.

En una realización donde el descriptor de la combinación de haces es un índice de combinación lineal, el UE selecciona un número de M haces de un conjunto de haces disponible N (M es menor que o igual a N). En esta realización, se puede formar un vector de índice x M por 1 . Este vector de índice x incluye M elementos que cada uno incluye un índice respectivo de uno diferente de los haces seleccionados M . Los N haces se clasifican de acuerdo con cierto orden y la estación base y el UE conocen comúnmente el orden de los haces. El orden de los haces de M haces seleccionados en x sigue el mismo orden. Una función lineal puede a continuación mapear únicamente todos los valores posibles del vector de índice x a un escalar único l en \mathbb{R}^1 . En otras palabras, el índice de combinación lineal $l = a_0x_0 + a_1x_1 + \dots + a_{M-1}x_{M-1}$, donde a_0, a_1, \dots, a_{M-1} , son escalares con valores que proporcionan un mapeo único a \mathbb{R}^1 .

Por ejemplo, cuando N es igual a 16 y M es igual a 4, el UE puede calcular el índice de combinación lineal utilizando la ecuación 1 siguiente:

$$l = \sum_{n=1}^{x_0} \binom{16-n}{3} + \sum_{n=x_0+2}^{x_1} \binom{16-n}{2} + \sum_{n=x_1+2}^{x_2} \binom{16-n}{1} + x_3 - x_2 - 1 \quad (\text{Ec. 1})$$

Más generalmente, para un número arbitrario de M haces seleccionadas de entre N total de haces, un índice de combinación lineal se puede calcular utilizando la Ecuación 2 a continuación:

$$l = \sum_{n=1}^{x_0} \binom{N-n}{M-1} + \sum_{i=0}^{M-3} \sum_{n=x_i+2}^{x_{i+1}} \binom{N-n}{M-2-i} + x_{M-1} - x_{M-2} - 1 \quad (\text{Ec. 2})$$

En otra realización, donde el índice de notificación del haz se indexa como $i_{1,2} = [n_1 \ n_2]$, $n_1 = [n_1^{(0)}, \dots, n_1^{(L-1)}]$, $n_2 = [n_2^{(0)}, \dots, n_2^{(L-1)}]$ donde $n_1^{(i)} \in \{0, 1, \dots, N_1 - 1\}$, $n_2^{(i)} \in \{0, 1, \dots, N_2 - 1\}$, la numeración combinatoria se puede calcular usando la ecuación 3 a continuación:

$$i_{1,2} = \sum_{i=0}^{L-1} \binom{N_1 N_2 - 1 - n^{(i)}}{L-i} \quad (\text{Ec. 3})$$

Los índices $i_{1,2}$ se informan utilizando una tabla de coeficientes combinatoria donde para un determinado L y (N_1, N_2) , se utilizan las filas $0, \dots, N_1 N_2 - 1$, y columnas $1, \dots, L$.

En el mapeo $[n_1, n_2]$ a $i_{1,2}$, la clasificación de haces puede identificarse como $n^{(i)} = N_1 n_2^{(i)} + n_1^{(i)}$ (se le asigna índices

i tal que $n^{(i)}$ aumenta a medida que aumenta i). Como resultado, los índices $i_{1,2}$ donde $C(x, y)$ es un conjunto de coeficientes combinatorios.

En el mapeo $i_{1,2}$ a $[n_1, n_2]$, para $i = 0, \dots, L - 1$, $e_i = C(x^*, L - i)$ se obtiene usando $i_{1,2}$ y la tabla de coeficientes combinatorios.

$$n^{(i)} = N_1 N_2 - 1 - x^*$$

$$n_1^{(i)} = n^{(i)} \bmod N_1, \quad n_2^{(i)} = \frac{n^{(i)}}{N_1}$$

Mientras se itera sobre $i = 0, 1, \dots, L - 1$, donde $s_1 = 0$, el más grande $x^* \in \{L - 1 - i, \dots, N_1 N_2 - 1 - i\}$ s. t. $i_{1,2} - s_{i-1} \geq C(x^*, L - i)$ se utiliza para calcular $e_i = C(x^*, L - i)$, $s_i = s_{i-1} + e_i$.

Vale la pena señalar que la ecuación 2 es equivalente a la ecuación 3. Suponiendo que $N = N_1 N_2$ y $n = n^{(i)}$, Ec. 2 = $C(N, M)$ - Ec. 3.

- Los índices de haz en la combinación lineal predefinida de índices tienen una secuencia u orden predefinidos. En una realización, la secuencia predefinida de haces puede tener un orden ascendente. En esta realización, cada haz de la combinación lineal tiene un número ascendente secuencial, siendo el índice del primer haz menor que el índice del último haz. En una realización alternativa, la secuencia predefinida de haces puede tener un orden descendente. En tal realización, cada haz en la combinación lineal tiene un orden descendente secuencialmente, con el primer índice de haz mayor que el último índice de haz. En una realización, el orden secuencial se puede especificar en un texto estándar. En otra realización, la secuencia predefinida de la combinación lineal predefinida de índices puede ser señalizada, usando un mensaje de señalización, al UE desde una estación base.
- Se puede decir que un grupo de haces en la combinación lineal de índice es adyacente entre sí cuando el índice de grupo correspondiente es adyacente entre sí. También se puede decir que el grupo de haces es adyacente entre sí cuando el último índice de haz de cada grupo de haces es adyacente entre sí y todos los demás índices de los grupos coinciden. En tal realización, el último índice de haz de grupos adyacentes están separados por un único índice.
- En una realización, el índice de cada grupo de haces está directamente correlacionado con su correspondiente grupo de haces. Como ejemplo, un grupo de haces que tiene un índice mayor que un segundo grupo de haces también tiene un grupo de haces más grande. Lo contrario también es cierto.
- El tamaño de un grupo puede ser determinado por la representación N-aria del grupo. La representación N-aria es igual a $x_1 \times N^{(M-1)} + x_{(2)} \times N^{(M-2)} + \dots + x_{(M-1)} \times N^{(1)} + x_{(M)} \times N^{(0)}$. En esta ecuación, x_y representa el y-ésimo índice de haz de un grupo de haces que tienen M índices de haz.
- La figura 8 ilustra un diagrama de bloques de un sistema de procesamiento de realización 800 para realizar los procedimientos descritos en esta invención, que puede instalarse en un dispositivo anfitrión. Como se muestra, el sistema de procesamiento 800 incluye un procesador 804, una memoria 806 e interfaces 810-814, que pueden (o no) estar dispuestos como se muestra en la Fig. 8. El procesador 804 puede ser cualquier componente o colección de componentes adaptados para realizar cálculos y/u otras tareas relacionadas con el procesamiento, y la memoria 806 puede ser cualquier componente o colección de componentes adaptados para almacenar programación y/o instrucciones para su ejecución por parte del procesador 804. En una realización, la memoria 806 incluye un medio legible por ordenador no transitorio. Las interfaces 810, 812, 814 pueden ser cualquier componente o colección de componentes que permitan que el sistema de procesamiento 800 se comunique con otros dispositivos/componentes y/o un usuario. Por ejemplo, una o más de las interfaces 810, 812, 814 pueden adaptarse para comunicar datos, control o mensajes de gestión desde el procesador 804 a aplicaciones instaladas en el dispositivo anfitrión y/o un dispositivo remoto. Como otro ejemplo, una o más de las interfaces 810, 812, 814 pueden adaptarse para permitir que un usuario o dispositivo de usuario (por ejemplo, computadora personal (PC), etc.) interactúe/se comunique con el sistema de procesamiento 800. El sistema de procesamiento 800 puede incluir componentes adicionales no representados en la Fig. 8, como almacenamiento a largo plazo (por ejemplo, memoria no volátil, etc.).
- En algunas realizaciones, el sistema de procesamiento 800 está incluido en un dispositivo de red que está accediendo a, o es parte de otra manera, de una red de telecomunicaciones. En un ejemplo, el sistema de procesamiento 800 está en un dispositivo del lado de la red en una red de telecomunicaciones inalámbrica o alámbrica, como una estación base, una estación de retransmisión, un programador, un controlador, una puerta de enlace, un enrutador, un servidor de aplicaciones o cualquier otro dispositivo de la red de telecomunicaciones. En otras realizaciones, el sistema de procesamiento 800 está en un dispositivo del lado del usuario que accede a una red de telecomunicaciones inalámbrica o alámbrica, como una estación móvil, un equipo de usuario (UE), un ordenador personal (PC), una tableta, un dispositivo de comunicaciones portátil (por ejemplo, un reloj inteligente, etc.), o cualquier otro dispositivo adaptado para acceder a una red de telecomunicaciones.
- En algunas realizaciones, una o más de las interfaces 810, 812, 814 conectan el sistema de procesamiento 800 a un transceptor adaptado para transmitir y recibir señalización a través de la red de telecomunicaciones. La Fig. 9 ilustra un diagrama de bloques de un transceptor 900 adaptado para transmitir y recibir señalización a través de una red de telecomunicaciones. El transceptor 900 puede instalarse en un dispositivo anfitrión. Como se muestra, el transceptor 900 comprende una interfaz del lado de la red 902, un acoplador 904, un transmisor 906, un receptor 908, un procesador de señales 910 y una interfaz del lado del dispositivo 912. La interfaz del lado de la red 902 puede incluir cualquier componente o colección de componentes adaptados para transmitir o recibir señalización a través de una red de telecomunicaciones inalámbrica o alámbrica. El acoplador 904 puede incluir cualquier componente o colección de componentes adaptados para facilitar la comunicación bidireccional a través de la interfaz del lado de la red 902. El transmisor 906 puede incluir cualquier componente o colección de componentes (por ejemplo, convertidor ascendente, amplificador de potencia, etc.) adaptados para convertir una señal de banda base en una señal portadora modulada adecuada para la transmisión a través de la interfaz del lado de la red 902. El receptor 908 puede incluir cualquier componente o colección de componentes (por ejemplo, convertidor descendente, amplificador de bajo ruido, etc.) adaptados para convertir una señal portadora recibida a través de la interfaz del lado de la red 902 en una señal de banda base. El procesador de señales 910 puede incluir cualquier componente o colección de componentes adaptados para convertir una señal de banda base en una señal de datos adecuada para la comunicación a través de las interfaces del lado del dispositivo 912, o viceversa. Las interfaces del lado del dispositivo 912 pueden incluir cualquier componente o colección de componentes adaptados para comunicar señales de datos entre el procesador

de señales 910 y los componentes dentro del dispositivo anfitrión (por ejemplo, el sistema de procesamiento 800, puertos de red de área local (LAN), etc.).

5 El transceptor 900 puede transmitir y recibir señalización sobre cualquier tipo de medio de comunicación. En algunas realizaciones, el transceptor 900 transmite y recibe señales a través de un medio inalámbrico. Por ejemplo, el transceptor 900 puede ser un transceptor inalámbrico adaptado para comunicarse de acuerdo con un protocolo de telecomunicaciones inalámbrico, como un protocolo celular (por ejemplo, evolución a largo plazo (LTE), etc.), un protocolo de red de área local inalámbrica (WLAN) (por ejemplo, Wi-Fi, etc.) o cualquier otro tipo de protocolo inalámbrico (por ejemplo, Bluetooth, comunicación de campo cercano (NFC), etc.). En tales realizaciones, la interfaz del lado de la red 902 comprende uno o más elementos de antena/radiantes. Por ejemplo, la interfaz del lado de la red 902 puede incluir una única antena, múltiples antenas separadas, o una matriz de múltiples antenas configurada para comunicación de múltiples capas, por ejemplo, entradas únicas y múltiples salidas (SIMO), múltiples entradas y salidas únicas (MISO), múltiples entradas múltiples salidas (MIMO), etc. En otras realizaciones, el transceptor 900 transmite y recibe la señalización a través de un medio alámbrico, por ejemplo, cable de par trenzado, cable coaxial, fibra óptica, etc. Los sistemas de procesamiento específicos y/o transceptores pueden utilizar todos los componentes mostrados, o solo un subconjunto de los componentes, y los niveles de integración pueden variar de dispositivo a dispositivo.

20 Debe apreciarse que una o más etapas de los procedimientos de realización proporcionados en esta invención pueden realizarse mediante conjuntos o módulos correspondientes. Por ejemplo, una señal puede ser transmitida por un conjunto de transmisión o un módulo de transmisión. Una señal puede ser recibida por un conjunto receptora o un módulo receptor. Una señal puede ser procesada por un conjunto de procesamiento o un módulo de procesamiento. Una señal puede ser seleccionada por un conjunto de selección o un módulo de almacenamiento. Los conjuntos/módulos respectivos pueden ser hardware, software o una combinación de los mismos. Por ejemplo, uno o más de los conjuntos/módulos pueden ser un circuito integrado, como FPGA o ASIC.

Si bien la descripción se ha descrito en detalle, debe entenderse que se pueden hacer varios cambios, sustituciones y alteraciones sin apartarse del alcance de esta divulgación, tal como lo definen las reivindicaciones adjuntas.

30 Las realizaciones ilustrativas tienen la ventaja de usar retroalimentación CSI en una red de comunicaciones para proporcionar una resolución de canal incrementada para una precodificación mejorada y/o programación multiusuario. En relación con la retroalimentación del libro de códigos o la retroalimentación del índice del haz, las realizaciones proporcionan las ventajas de reducir la sobrecarga y/o mejorar la flexibilidad de selección del haz mientras se mantiene el rendimiento de las comunicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para enviar una información de estado de canal, que comprende:

5 seleccionar (206), por parte de un equipo de usuario (UE), un primer grupo de haces de entre un libro de códigos de haces, teniendo el primer grupo de haces una secuencia predefinida; y
 transmitir (210), por parte del UE, un índice de primer grupo a una estación base (BS), identificando el índice de primer grupo de manera única el primer grupo de haces seleccionados de entre el libro de códigos de haces, con
 10 un primer número de bits que representa el primer grupo de haces siendo igual a $\lceil \log_2 \binom{N}{M} \rceil$, N es un número de palabras de código en el libro de códigos de haces y M es un número de haces en el primer grupo de haces.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde cada haz en el primer grupo de haces está representado por un vector o una matriz.

15 3. El procedimiento de la reivindicación 1, donde cada haz en el libro de códigos de haces está representado por un vector o una matriz.

20 4. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el primer número de bits es un número de bits antes de la codificación potencial.

5. El procedimiento de la reivindicación 1, donde un índice de grupo se determina mediante $C1 + l$, donde x_0, x_1, \dots, x_{M-1} son M índices de haz que se van a informar, C1 es una constante arbitraria, y l es igual a

25
$$l = \sum_{n=1}^{x_0} \binom{N-n}{M-1} + \sum_{i=0}^{M-3} \sum_{n=x_i+2}^{x_{i+1}} \binom{N-n}{M-2-i} + x_{M-1} - x_{M-2} - 1.$$

6. El procedimiento de la reivindicación 1, donde un índice de grupo está determinado por $C2 - l$, donde x_0, x_1, \dots, x_{M-1} son M índices de haz que se van a informar, C2 es una constante arbitraria y l es igual a

30
$$l = \sum_{n=1}^{x_0} \binom{N-n}{M-1} + \sum_{i=0}^{M-3} \sum_{n=x_i+2}^{x_{i+1}} \binom{N-n}{M-2-i} + x_{M-1} - x_{M-2} - 1.$$

7. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el procedimiento comprende además recibir, por parte del UE, la secuencia predefinida en un mensaje de señalización.

35 8. El procedimiento de la reivindicación 1, donde la secuencia predefinida es una lista secuencial creciente de índices de haz o la secuencia predefinida es una lista secuencial decreciente de índices de haz.

9. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el primer grupo de haces es adyacente a un segundo grupo de haces en respuesta a que el índice de primer grupo es adyacente a un índice de segundo grupo, estando el primer grupo de haces mapeado al índice de primer grupo, y estando el segundo grupo de haces mapeado al índice de segundo grupo.

10. Un procedimiento para recibir información de estado de canal, que comprende:

45 recibir (706) por parte de un nodo de acceso, un índice de primer grupo de un equipo de usuario (UE), identificando el índice de primer grupo únicamente un primer grupo de haces seleccionados de entre un libro de códigos de haces, un primer número de bits que representa el primer grupo de haces que es igual a $\lceil \log_2 \binom{N}{M} \rceil$, N es un número de palabras de código en el libro de códigos de haces y M es un número de haces en el primer grupo de haces; y
 50 mapear, por parte del el nodo de acceso, el índice de primer grupo recibido al primer grupo de haces seleccionados del libro de códigos de haces, teniendo el primer grupo de haces una secuencia predefinida.

11. El procedimiento de la reivindicación 10, donde el índice de grupo está determinado por $C2 - l$, donde x_0, x_1, \dots, x_{M-1} son M índices de haz que se van a informar, C2 es una constante arbitraria y l es igual a

55
$$l = \sum_{n=1}^{x_0} \binom{N-n}{M-1} + \sum_{i=0}^{M-3} \sum_{n=x_i+2}^{x_{i+1}} \binom{N-n}{M-2-i} + x_{M-1} - x_{M-2} - 1.$$

12. El procedimiento de la reivindicación 10, donde la secuencia predefinida es una lista secuencial creciente de índices de haz o la secuencia predefinida es una lista secuencial decreciente de índices de haz.

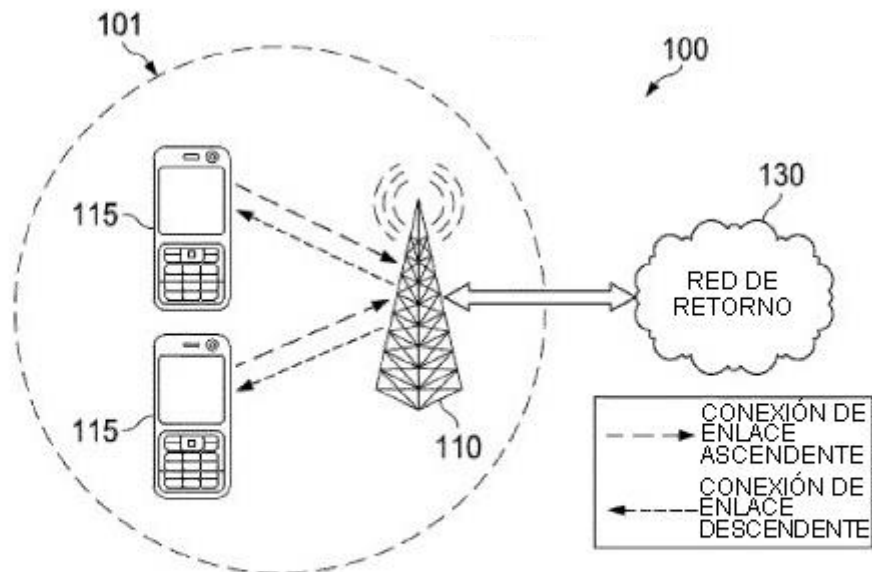


FIG. 1

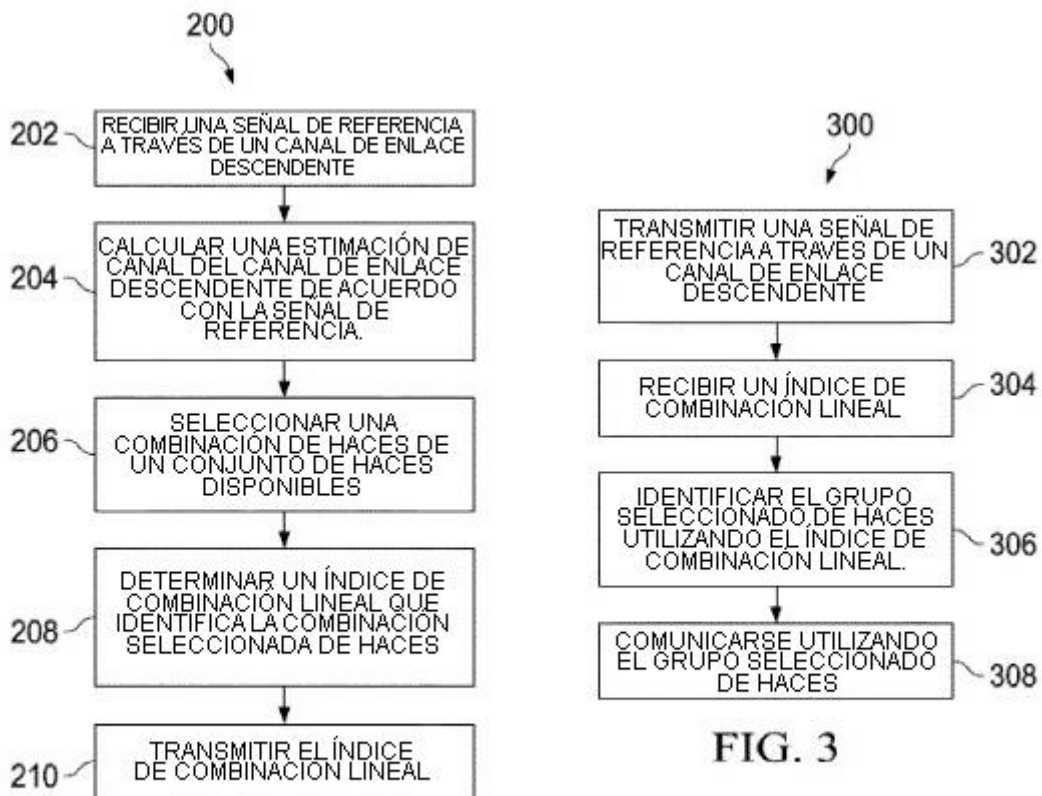


FIG. 3

FIG. 2

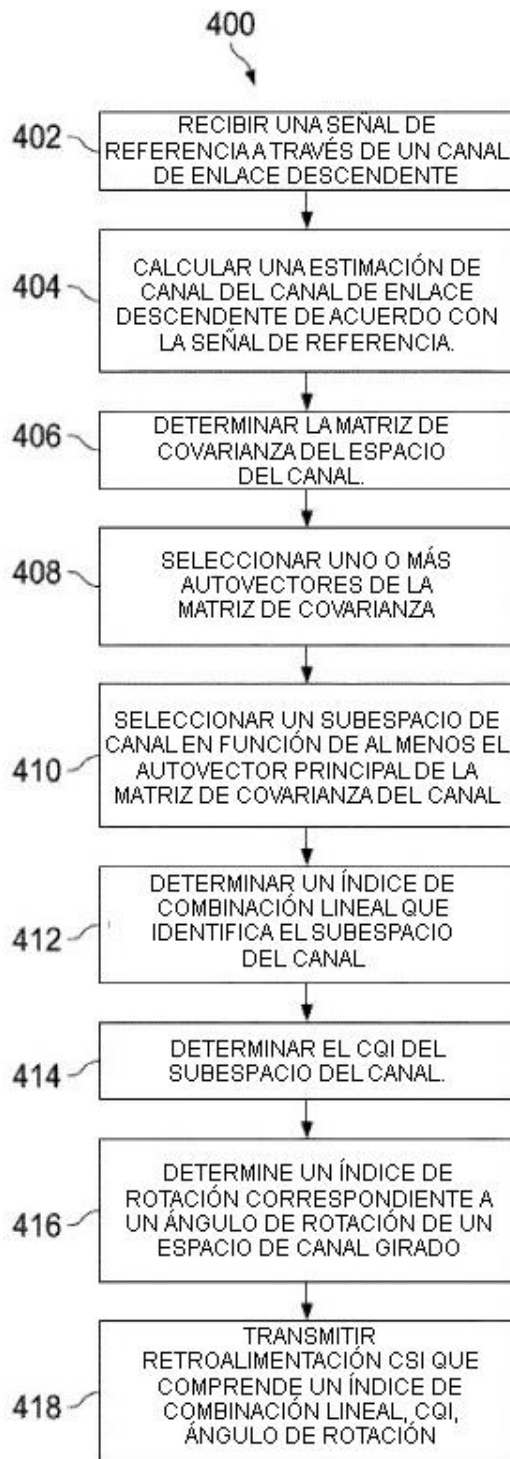


FIG. 4

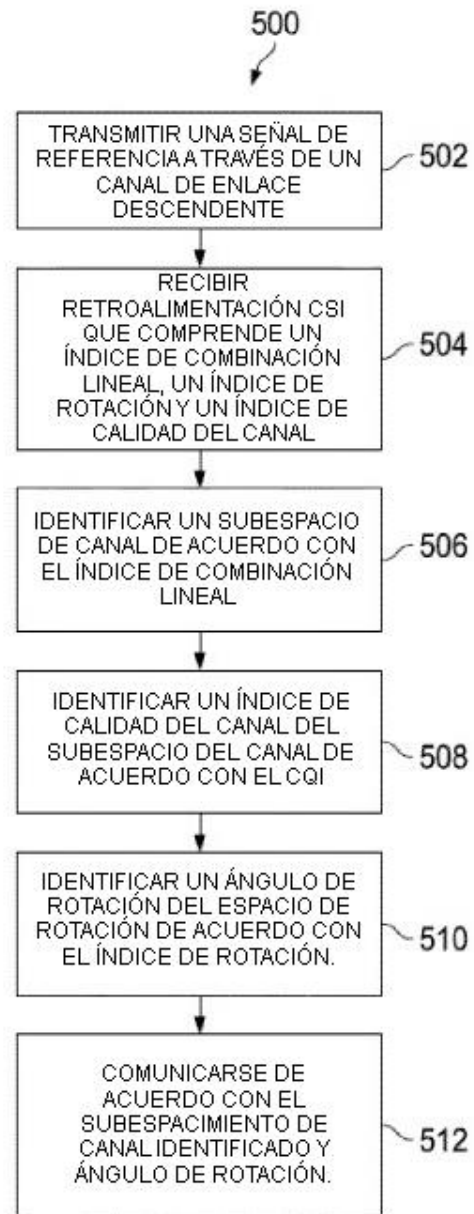


FIG. 5

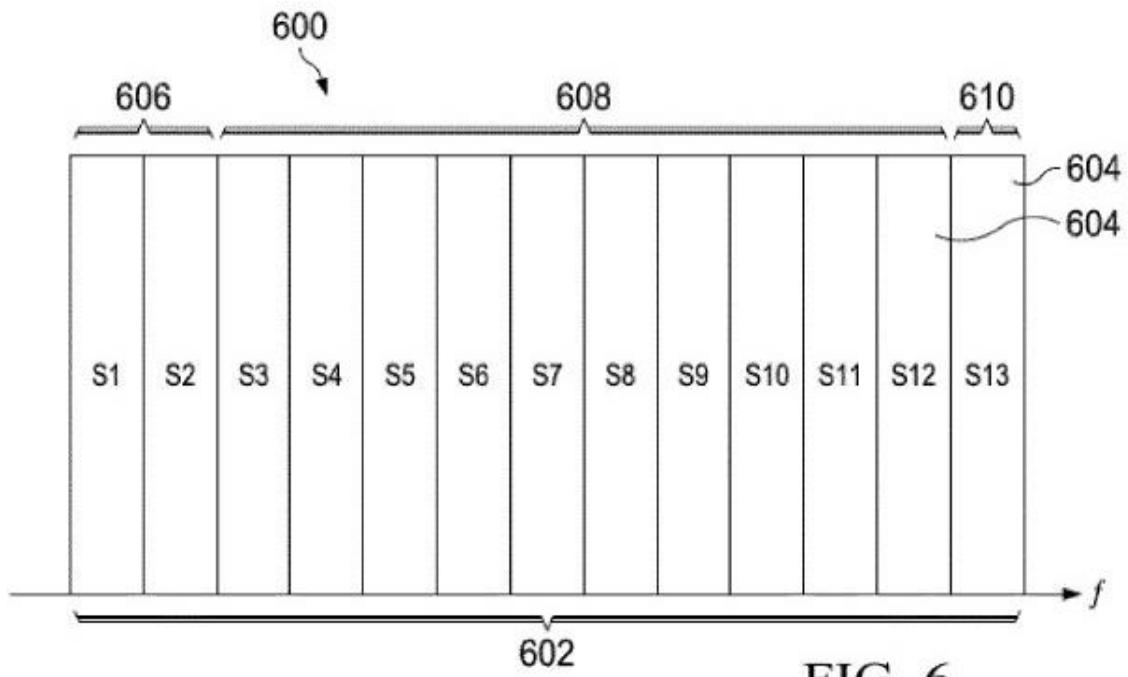


FIG. 6



FIG. 7

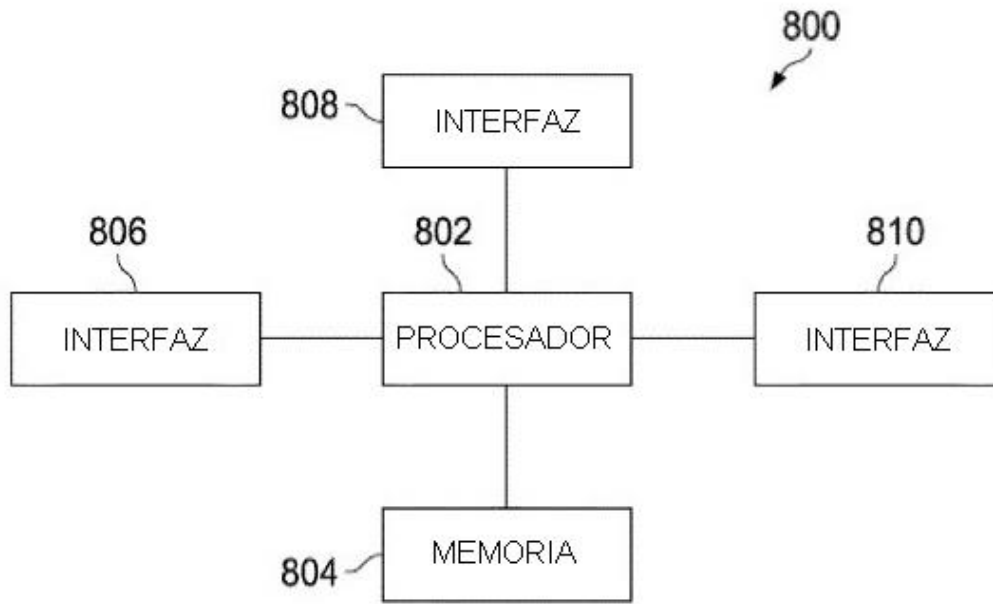


FIG. 8

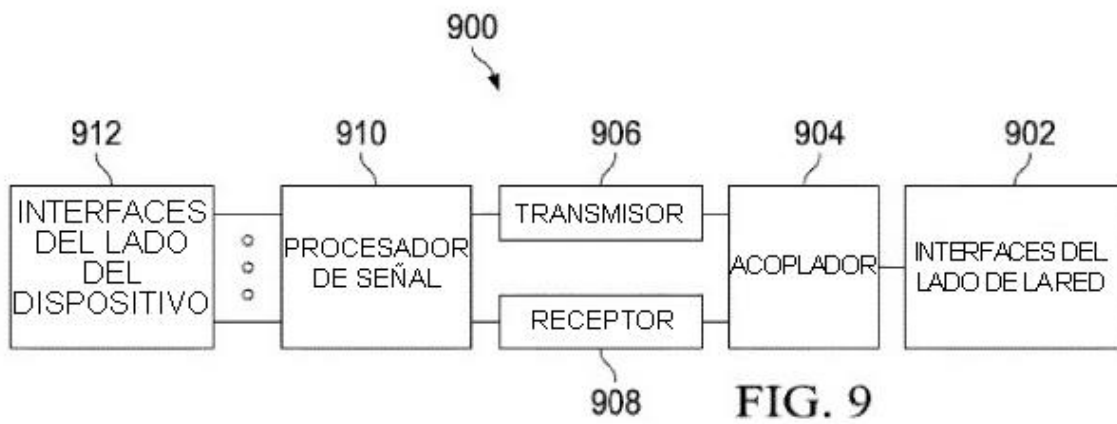


FIG. 9