

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 845 228**

51 Int. Cl.:

**H04L 5/00** (2006.01)

**H04B 7/0452** (2007.01)

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04L 25/02** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2018 PCT/IB2018/053133**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.11.2018 WO18203307**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2018 E 18727440 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2020 EP 3635902**

54 Título: **Mediciones de interferencia y retroalimentación de información de estado de canal para multi-entrada y multi-salida de multi-usuario**

30 Prioridad:

**05.05.2017 US 201762502454 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.07.2021**

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)  
(100.0%)  
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**GAO, SHIWEI;  
FAXÉR, SEBASTIAN;  
FRENNE, MATTIAS;  
GRANT, STEPHEN;  
HARRISON, ROBERT MARK y  
MURUGANATHAN, SIVA**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 845 228 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

Mediciones de interferencia y retroalimentación de información de estado de canal para multi-entrada y multi-salida de multi-usuario

### Campo técnico

La comunicación inalámbrica y, en particular, para medidas de interferencia para dispositivos multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO).

### Antecedentes

El sistema de comunicaciones inalámbricas móviles de próxima generación (5G) o la nueva radio (NR) pueden soportar un conjunto diverso de casos de uso y un conjunto diverso de escenarios de desarrollo. El último caso incluye el desarrollo en ambas frecuencias bajas (cientos de MHz), similar al de los sistemas LTE existentes (evolución a largo plazo), y frecuencias muy altas (por ejemplo, ondas en mm en decenas de GHz). De manera similar a LTE, NR puede usar multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) en el enlace descendente (es decir, desde un nodo de red, gNB, eNB o una estación base (BS), hasta un dispositivo inalámbrico (WD)). En el enlace ascendente (es decir, desde el dispositivo inalámbrico hasta el nodo de red), pueden ser compatibles tanto la OFDM como la OFDM de dispersión de transformada discreta de Fourier (DFT) (DFT-S-OFDM), también conocida como acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SC-FDMA) en LTE.

El recurso físico básico de NR puede verse como una cuadrícula de tiempo-frecuencia similar a la cuadrícula en LTE, como se ilustra en la figura 1, que es un diagrama de bloques de recursos físicos de LTE, donde cada elemento de recurso corresponde a una subportadora de OFDM durante un intervalo de símbolo de OFDM. Aunque se muestra una separación de subportadoras de  $\Delta f = 15$  kHz en la figura 1, la NR soporta diferentes valores de separación de subportadoras. Los valores de separación de subportadoras soportados (también denominados como diferentes numerologías) en la NR vienen dados por  $\Delta f = (15 \times 2^\alpha)$  kHz donde  $\alpha$  es un número entero no negativo.

Además, la asignación de recursos en LTE se describe típicamente en términos de bloques de recursos (RB), donde un bloque de recursos corresponde a un intervalo (0,5 ms) en el dominio tiempo y doce subportadoras contiguas en el dominio frecuencia. Los bloques de recursos están numerados en el dominio frecuencia, comenzando con 0 desde un extremo del ancho de banda del sistema. Para NR, la asignación de recursos se describe en términos de bloques de recursos, en el dominio frecuencia, y de símbolos de OFDM en el dominio tiempo. Un bloque de recursos en NR también puede tener doce subportadoras en frecuencia. Un RB también se denomina RB físico (PRB) en el presente documento. En el dominio tiempo, las transmisiones de enlace descendente y de enlace ascendente en NR pueden organizarse en subtramas del mismo tamaño de manera similar a en LTE, como se muestra en la figura 2, que es un diagrama de bloques de la estructura de dominio tiempo de LTE con una separación de subportadoras de 15 kHz. En NR, una subtrama puede dividirse adicionalmente en múltiples intervalos de igual duración. La programación de datos en NR puede ser en base a subtramas como en LTE, o en base a intervalos. En NR, la longitud de subtrama puede fijarse en 1 ms, independientemente de la numerología utilizada. En NR, la duración del intervalo para una numerología de  $(15 \times 2^\alpha)$  kHz puede venir dada por  $1/2^\alpha$  ms, asumiendo 14 símbolos de OFDM por intervalo, y el número de intervalos por subtrama depende de la numerología. Por conveniencia, aquí se usa subestructura.

Las transmisiones de enlace descendente se programan dinámicamente, es decir, que en cada subtrama, el gNB transmite información de control de enlace descendente (DCI) sobre qué datos se van a transmitir y en qué bloques de recursos de la subtrama actual de enlace descendente van los datos. Esta señalización de control se transmite típicamente en los primeros símbolos uno o dos de OFDM de cada subtrama en NR. La información de control puede ir en el canal físico de control de enlace descendente (PDCCH), y los datos pueden ir en el canal físico compartido de enlace descendente (PDSCH). Un dispositivo inalámbrico primero detecta y decodifica el PDCCH, y, si el PDCCH se decodifica con éxito, el dispositivo inalámbrico decodifica el PDSCH correspondiente en base a la información de control decodificada en el PDCCH.

Las transmisiones de datos de enlace ascendente se pueden también programar dinámicamente usando PDCCH. De manera similar al enlace descendente, un dispositivo inalámbrico primero decodifica las concesiones de enlace ascendente en el PDCCH y luego transmite los datos a través del canal físico compartido de enlace ascendente (PUSCH) en base a la información de control decodificada en la concesión de enlace ascendente, tal como de orden de modulación, velocidad de codificación, asignación de recursos de enlace ascendente, etc.

### Multiplexación espacial

Las técnicas de múltiples antenas pueden aumentar significativamente las velocidades de datos y la fiabilidad de un sistema de comunicación inalámbrica. El rendimiento puede mejorarse en particular si tanto el transmisor como el receptor están equipados con múltiples antenas, lo que da como resultado un canal de comunicación de multi-entrada y multi-salida (MIMO). Tales sistemas y/o técnicas relacionadas se denominan comúnmente MIMO. Un

componente central en LTE y NR es el soporte de desarrollos de antenas MIMO y técnicas relacionadas con MIMO. La multiplexación espacial es una de las técnicas MIMO utilizadas para conseguir altas velocidades de datos en condiciones favorables de canal. Se proporciona una ilustración de la función de multiplexación espacial en la figura 3, que ilustra una estructura ejemplar de transmisión del modo precodificado de multiplexación espacial en LTE.

Como se ve en la figura 3, el vector  $s = [s_1, s_2, \dots, s_r]^T$  de símbolo portador de información se multiplica por una matriz  $W$  de precodificador de  $N_T \times r$ , que sirve para distribuir la energía de transmisión en un subespacio del espacio vectorial dimensional de  $N_T$  (correspondiente a los  $N_T$  puertos de antena). La matriz de precodificador se selecciona típicamente de un libro de códigos de posibles matrices de precodificador, y se indica típicamente mediante un indicador de matriz de precodificador (PMI), que especifica una matriz de precodificador única en el libro de códigos para un número dado de flujos de símbolos. Cada símbolo en  $s = [s_1, s_2, \dots, s_r]^T$  corresponde a una capa MIMO, y  $r$  puede denominarse rango de transmisión. De esta manera, se puede conseguir la multiplexación espacial, ya que se pueden transmitir múltiples símbolos simultáneamente a través del mismo elemento de recursos de tiempo/frecuencia (RE). El número  $r$  de símbolos se adapta típicamente para adecuarse a las propiedades del canal actual.

La señal recibida en un UE con  $N_R$  antenas de recepción en un cierto RE  $n$  viene dada por

$$y_n = H_n W s + e_n$$

donde  $y_n$  es un  $N_R \times 1$  vector de señal recibida,  $H_n$  una  $N_R \times N_T$  matriz de canal en el RE,  $e_n$  es un  $N_R \times 1$  vector de ruido e interferencia recibido en el RE por el UE. El precodificador  $W$  puede ser un precodificador de banda ancha, que sea constante en frecuencia, o selectivo en frecuencia, es decir, diferente en frecuencia. La matriz del precodificador se elige a menudo para que coincida con las características de la  $N_R \times N_T$  matriz  $H_n$  de canal MIMO, lo que da como resultado la denominada precodificación dependiente del canal. Esto también se conoce comúnmente como precodificación de circuito cerrado, y esencialmente se concentra en enfocar la energía de transmisión en un subespacio que es fuerte en el sentido de transmitir gran parte de la energía transmitida al dispositivo inalámbrico. Además, la matriz de precodificador también puede seleccionarse para que se concentre en ortogonalizar el canal, lo que significa que, después de una ecualización lineal apropiada en el dispositivo inalámbrico, la interferencia entre capas puede reducirse.

El rango de transmisión, y, de este modo, el número de capas multiplexadas espacialmente, se refleja en el número de columnas del precodificador. El rango de transmisión también puede depender de la relación señal/ruido más interferencia (SINR) observada en el dispositivo inalámbrico. Típicamente, se requiere una SINR más alta para transmisiones con rangos más altos. Para un rendimiento eficiente, puede ser importante seleccionar un rango de transmisión que coincida con las propiedades del canal y con la interferencia.

#### Señales de referencia de información de estado de canal (CSI-RS)

En LTE, la CSI-RS se introdujo para estimaciones de canal en el enlace descendente para los modos 9 y 10 de transmisión. Se puede asignar una CSI-RS única a cada antena de transmisión de nodo de red (o puerto de antena) y puede ser usada por un UE para medir el canal de enlace descendente asociado con cada uno de los puertos de antena de transmisión. Las señales de referencia de CSI se definen para desde 1 a 32 puertos de antena. Los puertos de antena a veces se denominan también puertos de CSI-RS. Las CSI-RS se transmiten en ciertos RE y subtramas. La figura 4 es un diagrama de bloques de RE disponibles para asignación de CSI-RS en cada PRB en LTE. La figura 4 muestra los RE disponibles para asignaciones de CSI-RS en cada PRB en LTE. Se pueden configurar hasta 40 RE para CSI-RS.

Para dos puertos de antena, puede asignarse una CSI-RS para cada puerto de antena con dos RE en la misma subportadora y en dos símbolos adyacentes de OFDM en cada PRB. Las señales CSI-RS para dos puertos de antena se multiplexan utilizando una longitud de dos códigos ortogonales de cobertura (OCC), también denominados OCC2. De este modo, para 2 puertos de antena, hay 20 patrones diferentes disponibles dentro de una subtrama. Las figuras 5 y 6 muestran un ejemplo de recurso de CSI-RS para 2 y 4 puertos en LTE, respectivamente.

Al medir CSI-RS, un dispositivo inalámbrico puede estimar el canal que la CSI-RS está atravesando, incluyendo el canal de propagación de radio y las ganancias de antena. Este tipo de CSI-RS también puede denominarse CSI-RS de potencia no cero (NZP). Además de CSI-RS de NZP, se introdujo CSI-RS de potencia cero (ZP) en LTE. La CSI-RS de ZP se puede definir en uno o más recursos de CSI-RS de 4 puertos. El fin era indicar a un dispositivo inalámbrico que los RE asociados están silenciados en el nodo de red. Si la CSI-RS de ZP puede asignarse para superponerse completamente con CSI-RS de NZP en una célula adyacente para mejorar la estimación del canal por los dispositivos inalámbricos en la célula adyacente, ya que esta célula no crea interferencias. Un ejemplo de recurso de ZP-CSI-RS se muestra en la figura 7, donde la CSI-RS de ZP ocupa 8 RE por PRB (es decir, dos recursos de CSI-RS de 4 puertos). La figura 7 es, por tanto, un diagrama de bloques de CSI-RS de NZP y CSI-RS de ZP.

En la versión (Rel) 11 de LTE, también se introdujo el recurso de medición de interferencia de CSI (CSI-IM) para que

un dispositivo inalámbrico mida la interferencia. Un recurso de CSI-IM puede definirse como un recurso de CSI-RS de 4 puertos que puede también superponerse completamente con CSI-RS de ZP. Un proceso de CSI puede definirse mediante un recurso de CSI-RS de NZP, para la estimación de canal, y un recurso de CSI-IM, para la estimación de interferencia y ruido. Un dispositivo inalámbrico puede estimar el canal efectivo y el ruido más la interferencia para un proceso de CSI-RS y, en consecuencia, determinar el rango, la matriz de precodificación y la calidad del canal. La figura 8 es un diagrama de bloques de CSI-RS de NZP, CSI-RS de ZP y CSI-IM.

#### Retroalimentación de CSI

Para la retroalimentación de CSI, la LTE ha adoptado un mecanismo CSI implícito donde una retroalimentación del dispositivo inalámbrico de la información de estado del canal de enlace descendente es, en términos de indicador de rango de transmisión (RI), un indicador de matriz de precodificador (PMI) y uno o dos indicador/es de calidad del canal (CQI). El reporte de CQI/RI/PMI puede ser banda ancha o frecuencia selectiva, dependiendo del modo de reporte que esté configurado. El RI corresponde a un número recomendado de capas que van a multiplexarse espacialmente, y, de este modo, a transmitirse en paralelo a través del canal efectivo. El PMI identifica un precodificador recomendado. El CQI representa un nivel recomendado de modulación (es decir, QPSK, 16QAM, etc.) y una velocidad de codificación para cada bloque de transporte. La LTE soporta la transmisión de uno o dos bloques de transporte (es decir, de bloques de información codificados por separado) a un dispositivo inalámbrico en una subtrama. Existe, de este modo, una relación entre un CQI y una SINR de las capas espaciales a través de las cuales se transmite/n el bloque o los bloques de transporte.

#### CSI-RS con forma de haz

El concepto de CSI-RS con forma de haz (o precodificado) se introdujo en LTE, en la que una CSI-RS se precodifica y se transmite a través de más de un puerto de antena. Esto contrasta con CSI-RS no precodificada en la que cada CSI-RS se transmite en un puerto de antena. La CSI-RS con forma de haz se puede usar cuando se conoce aproximadamente la dirección de un dispositivo inalámbrico o de varios dispositivos inalámbricos, de modo que la CSI-RS se puede transmitir en un haz o haces estrecho/s para alcanzar el dispositivo inalámbrico o los dispositivos inalámbricos. Esto puede mejorar la cobertura de CSI-RS con una mayor ganancia de formación de haces, y también reducir el recurso de CSI-RS y la sobrecarga de retroalimentación de CSI.

La retroalimentación basada en CSI-RS no precodificada se denomina retroalimentación de CSI de "CLASE A", mientras que la función CSI-RS formada por haz se denomina retroalimentación de CSI de "Clase B". En la retroalimentación de CSI de CLASE B, un dispositivo inalámbrico se puede configurar con hasta 8 recursos de CSI-RS (es decir, con múltiples haces de CSI-RS), cada uno con hasta 8 puertos. El dispositivo inalámbrico reporta de vuelta un indicador de recursos de CSI-RS (CRI) que indica el mejor haz y los correspondientes CQI, RI, PMI dentro del haz seleccionado.

Un dispositivo inalámbrico configurado para un funcionamiento de Clase B con un recurso de CSI-RS de hasta 8 puertos es un caso especial, en el que cada puerto de CSI-RS puede corresponder a un haz particular. En ese caso, se puede configurar un dispositivo inalámbrico para usar una selección de puerto y combinar un libro de códigos.

También se pueden soportar reportes de CSI híbridos de Clase A y Clase B. En un escenario, la Clase A se usa para identificar la dirección aproximada de un dispositivo inalámbrico, mientras que la Clase B se usa para "ajustar finamente" la CSI.

#### MU-MIMO

Cuando todas las capas de datos se transmiten a un dispositivo inalámbrico, la técnica puede denominarse de multi-entrada y multi-salida para un único usuario o SU-MIMO. Por otro lado, cuando las capas de datos se transmiten a múltiples dispositivos inalámbricos, la técnica puede denominarse MIMO de multi-usuario o MU-MIMO. MU-MIMO es posible cuando, por ejemplo, dos dispositivos inalámbricos están ubicados en diferentes áreas de una célula, de tal manera que se pueden separar a través de diferentes precodificadores (o haces) en el nodo de red, como, por ejemplo, eNB/gNB. Los dos dispositivos inalámbricos se pueden servir en los mismos recursos de tiempo-frecuencia (por ejemplo, en PRB) mediante el uso de diferentes precodificadores o haces. MU-MIMO puede requerir información de canal de enlace descendente mucho más precisa que SU-MIMO, a fin de que el nodo de red utilice la precodificación para separar los dispositivos inalámbricos, es decir, para reducir la interferencia cruzada a los dispositivos inalámbricos programados conjuntamente. Para ese fin, se introdujo una retroalimentación avanzada de CSI en LTE en la que se definió un nuevo libro de códigos tratando de capturar información de canal de enlace descendente más precisa. En NR, un libro de códigos de tipo II puede diseñarse para el mismo fin.

#### Interferencia MU-MIMO

En MU-MIMO, además de la interferencia de otras células, también conocida como interferencia intercelular, la interferencia entre los UE que participan en MU-MIMO puede ser también experimentada por los dispositivos inalámbricos, también denominada interferencia intracelular o interferencia de MU. La interferencia de MU puede ser

más difícil de medir o estimar debido a la naturaleza dinámica de las transmisiones a dispositivos inalámbricos emparejados en MU-MIMO. Suponiendo que hay  $K+1$  dispositivos inalámbricos que comparten los mismos recursos de tiempo-frecuencia en una transmisión de datos, la señal recibida en el  $k$ -ésimo ( $k=1, 2, \dots, K+1$ ) dispositivo inalámbrico y en el  $i$ -ésimo RE puede ser expresada como

$$y^k(i) = H^k(i)W^k(i)s^k(i) + H^k(i) \sum_{m \neq k}^{K+1} W^m(i)s^m(i) + e^k(i)$$

donde  $H^k(i)$ ,  $W^k(i)$ ,  $s^k(i)$  son la matriz de canal, la matriz de precodificación y el vector de datos asociado con el  $k$ -ésimo dispositivo inalámbrico en el  $i$ -ésimo RE. La interferencia de MU experimentada en el  $k$ -ésimo dispositivo inalámbrico puede expresarse como

$$I_{MU}^k = H^k(i) \sum_{m \neq k}^{K+1} W^m(i)s^m(i)$$

y  $e^k(i)$  puede ser el ruido más la interferencia intercelular recibida en el  $k$ -ésimo dispositivo inalámbrico. Típicamente, sólo se considera  $e^k(i)$  en la retroalimentación de CSI existente de LTE.

El reporte de CSI existente definido en LTE es principalmente para el funcionamiento de SU-MIMO, en que un dispositivo inalámbrico está configurado con un recurso de CSI-RS para la medición del canal y un recurso de CSI-IM para la medición de interferencia. Con el aumento de la cantidad de puertos de antena soportados tanto en LTE como en NR, la compatibilidad con MU-MIMO se vuelve aún más importante. La retroalimentación de CSI existente en LTE puede no ser suficiente para soportar MU-MIMO. En teoría, eNB/gNB puede utilizar ZP-CSI-RS para emular la interferencia de MU-MIMO inyectando interferencia de MU en el recurso de CSI-RS de ZP. Sin embargo, puede que sea en general necesaria una CSI-RS de ZP separada para cada dispositivo inalámbrico, y, cuando muchos dispositivos inalámbricos participen en MU-MIMO, los recursos de CSI-RS de ZP necesarios pueden ser grandes. Desafortunadamente, esto puede aumentar significativamente la sobrecarga de CSI-RS de ZP.

El proyecto de asociación de tercera generación; la red de acceso por radio del grupo de especificaciones técnicas; el estudio sobre nuevos perfeccionamientos del funcionamiento multipunto coordinado para LTE (versión 14) analizan los perfeccionamientos para el funcionamiento multipunto coordinado en LTE.

El documento LIU HIALING *et al.*, US 2017/063503 A1 analiza la adaptación a redes inalámbricas.

El documento CMCC: "Enhancing interference measurement for MU transmission", borrador del 3GPP; R1-1609291, Proyecto de asociación de tercera generación, vol. RAN WG1 analiza el perfeccionamiento en la medición de interferencia para la transmisión de MU.

El documento CATT: "On interference measurement enhancement for multi-user MIMO operation", borrador del 3GPP; R1-146223, Proyecto de asociación de tercera generación, vol. RAN WG1 analiza el perfeccionamiento de la medición de interferencias, retroalimentación de múltiples procesos CSI, en base de la emulación en UE y al perfeccionamiento de la medición de interferencias en base a la emulación en eNB.

Los documentos WO 2017/050299 A1 y US 2018/212663 analizan la transmisión de datos y el equipo relacionado.

## Sumario

La presente invención se define en las reivindicaciones independientes. Las implantaciones ventajosas de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes. Las realizaciones que no caen dentro del alcance de las reivindicaciones deben interpretarse como ejemplos útiles para comprender la invención.

Algunas realizaciones proporcionan ventajosamente métodos y aparatos para mediciones de interferencia y retroalimentación de CSI para MU-MIMO.

De acuerdo con un primer método/proceso:

1. El nodo de red obtiene primero CSI de SU-MIMO de los dispositivos inalámbricos de servicio como es habitual en LTE o NR, y determina  $K+1$  ( $K > 0$ ) candidatos de dispositivo inalámbrico para MU-MIMO.

2. El nodo de red configura cada uno de los  $K+1$  candidatos de dispositivo inalámbrico con  $K+1$  recursos de CSI-RS de NZP y una CSI-RS de ZP común como CSI-IM en la misma subtrama o intervalo, y solicita el reporte de CSI de cada dispositivo inalámbrico. El nodo de red también puede configurar una relación de potencia de energía por RE

(EPRE),  $\beta = \frac{EPRE_{PDSCH}}{EPRE_{NZP\ CSI-RS}}$ , entre PDSCH y CSI-RS de NZP para cada una de las  $K+1$  CSI-RS de NZP.

3. Para cada dispositivo inalámbrico, el nodo de red también indica uno de los K+1 recursos de CSI-RS de NZP para la medición de canal y la K CSI-RS de NZP restante para las mediciones de interferencia. Cada dispositivo inalámbrico también está configurado con un libro de códigos para la retroalimentación de CSI.

4. Cada dispositivo inalámbrico mide la interferencia intercelular,  $I_{intercelular}$ , a través del recurso de ZP-CSI-RS, y la interferencia de MU-MIMO,  $I_m$  ( $m = 1, \dots, K$ ), en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados para la medición de interferencia, asumiendo interferencia isotropical, es decir, promediando la potencia de todos los puertos en un recurso de CSI-RS.

5. Cada dispositivo inalámbrico estima la interferencia total como  $I = \sum_{m=1}^K (I_m - I_{intercelular}) + I_{intercelular}$  y calcula CSI de acuerdo con el libro de códigos configurado.

De acuerdo con un segundo método/proceso:

1. De manera similar al primer paso en el primer método (método 1) anterior, es decir, el nodo de red obtiene primero CSI de SU-MIMO al servir dispositivos inalámbricos como es habitual en LTE o NR, y determina K+1 candidatos de dispositivo inalámbrico para MU-MIMO.

2. El nodo de red configura cada uno de los K+1 ( $K > 0$ ) candidatos de dispositivo inalámbrico con un recurso de CSI-RS de NZP y una CSI-RS de ZP. La CSI-RS de ZP es común a los K+1 dispositivos inalámbricos en la misma subtrama o intervalo, y solicita el reporte de CSI de cada dispositivo inalámbrico. En una o más realizaciones, el

nodo de red indica también una relación de potencia de energía por RE (EPRE),  $\beta = \frac{EPRE_{PDSCH}}{EPRE_{NZP \text{ CSI-RS}}}$ , entre PDSCH y la CSI-RS de NZP.

3. El nodo de red transmite una señal que representa una señal de MU-MIMO para todos los K+1 dispositivos inalámbricos en el recurso de CSI-RS de ZP, es decir, transmite señal  $\sum_{k=1}^{K+1} W^k s^k$  en el recurso de CSI-RS de ZP, donde  $W^k$  y  $s^k$  son la matriz de precodificación y la señal asociada con el k-ésimo dispositivo inalámbrico.

4. Cada dispositivo inalámbrico mide la interferencia,  $I_{ZP}$ , a través del recurso de ZP-CSI-RS, y estima una potencia de señal precodificada,  $p_s = \beta \cdot \|HW\|^2$ , a través del recurso de CSI-RS de NZP, donde H es la matriz estimada de canal y W es la matriz estimada de precodificación basada en la estimación de canal en el recurso configurado de CSI-RS de NZP para la estimación de canal.

5. Cada dispositivo inalámbrico calcula la CSI asumiendo  $I = I_{ZP} - p_s$  como la interferencia total y la estimación H del canal de acuerdo con el libro de códigos configurado.

De acuerdo con un aspecto de la divulgación, se proporciona un método para un UE. El método incluye recibir señalización por parte del UE, incluyendo, la señalización: una primera configuración de señal de referencia de información de estado de canal (CSI-RS) de potencia no cero (NZP) para la medición de canal; una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y una configuración de medición de interferencia de CSI (CSI-IM) para la medición de interferencia; y estimar, por parte del UE, CSI basándose al menos en parte en la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, en la segunda configuración de CSI-RS de NZP y en la configuración de CSI-IM.

De acuerdo con este aspecto, en algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$ . En algunas realizaciones, la medición de interferencia medida en los K recursos de CSI-RS de NZP corresponde a la interferencia de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, K+1 corresponde a un número de equipos de usuario candidatos para la comunicación de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para la medición de interferencia de multi-usuario (MU). En algunas realizaciones, la configuración de CSI-IM es para la medición de interferencia intercelular. En algunas realizaciones, la señalización incluye adicionalmente recibir la señalización que incluye una configuración de libro de códigos. En algunas realizaciones, la estimación de la CSI comprende adicionalmente estimar la CSI en base a la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, el método comprende adicionalmente recibir, por parte del UE, una solicitud de retroalimentación de CSI para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP, la configuración de CSI-IM y la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, el método comprende adicionalmente recibir, por parte del UE, una solicitud de retroalimentación de CSI para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, la estimación de la CSI incluye adicionalmente medir un canal de enlace descendente en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas

realizaciones, estimar la CSI incluye adicionalmente medir la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP correspondientes a la segunda configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la medición de la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP da como resultado K estimaciones de potencia de interferencia. En algunas realizaciones, cada una de las K estimaciones de potencia de interferencia se escala de acuerdo con un factor de escala de potencia asociado con los K recursos de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP comprende un factor de escala de potencia para cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia. En algunas realizaciones, la estimación de la CSI incluye medir la interferencia en al menos un recurso de CSI-IM correspondiente a la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, medir la interferencia en el al menos un recurso de CSI-IM da como resultado al menos una estimación de potencia de interferencia. En algunas realizaciones, el método comprende adicionalmente sumar al menos las K estimaciones de potencia de interferencia basadas en los K recursos de CSI-RS de NZP y la al menos una estimación de potencia de interferencia basada en el al menos un recurso de CSI-IM para obtener una estimación de interferencia combinada. En algunas realizaciones, la CSI estimada se basa en la estimación combinada de interferencia y en un canal medido de enlace descendente. En algunas realizaciones, el canal medido de enlace descendente se mide en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, el método comprende adicionalmente recibir, por parte del UE, una solicitud de retroalimentación de CSI que comprende una configuración de libro de códigos.

De acuerdo con otro aspecto de la divulgación, se proporciona un UE que comprende circuitería de procesamiento. La circuitería de procesamiento está configurada para hacer al UE: recibir señalización, incluyendo la señalización: una primera configuración de señal de referencia (RS) de información de estado de canal (CSI) de potencia no cero (NZP) para la medición de canal; una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y una configuración de medición de interferencia de CSI (CSI-IM) para la medición de interferencia; y estimar CSI en base a, al menos en parte, la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM.

De acuerdo con este aspecto, en algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$ . En algunas realizaciones, la medición de interferencia medida en los K recursos de CSI-RS de NZP corresponde a la interferencia de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones,  $K+1$  corresponde a un número de equipos de usuario candidatos para la comunicación de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para la medición de interferencia de multi-usuario (MU). En algunas realizaciones, la configuración de CSI-IM es para la medición de interferencia intercelular. En algunas realizaciones, la señalización recibida incluye adicionalmente una configuración de libro de códigos. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para hacer que el UE estime la CSI configurándose adicionalmente para estimar la CSI en base a la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada adicionalmente para hacer que el UE reciba una solicitud de retroalimentación de CSI para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP, la configuración de CSI-IM y la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada adicionalmente para hacer que el UE reciba una solicitud de retroalimentación de CSI para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para hacer que el UE estime la CSI al ser adicionalmente configurada para medir un canal de enlace descendente en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para hacer que el UE estime la CSI al ser adicionalmente configurada para medir la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP correspondientes a la segunda configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para medir la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP que dan como resultado K estimaciones de potencia de interferencia. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para escalar cada una de las K estimaciones de potencia de interferencia de acuerdo con un factor de escala de potencia asociado con los K recursos de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP comprende un factor de escala de potencia para cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para hacer que el UE estime la CSI al ser adicionalmente configurada para medir la interferencia en al menos un recurso de CSI-IM correspondiente a la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para medir la interferencia en el al menos un recurso de CSI-IM dando como resultado al menos una estimación de potencia de interferencia. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para hacer que el UE añada al menos las K estimaciones de potencia de interferencia basadas en los K recursos de CSI-RS de NZP y la al menos una estimación de potencia de interferencia basada en el al menos un recurso de CSI-IM para obtener una estimación de interferencia combinada. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para hacer que el UE estime la CSI en base a la estimación de interferencia combinada y un canal medido de enlace descendente. En algunas realizaciones, el canal medido de enlace descendente se mide en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada adicionalmente para hacer

que el UE reciba una solicitud de retroalimentación de CSI que comprende una configuración de libro de códigos.

De acuerdo con otro aspecto más de la divulgación, se proporciona un método para una estación base. El método incluye señalizar, por la estación base, a un equipo de usuario, UE: una primera configuración de señal de referencia (RS) de información de estado de canal (CSI) de potencia no cero (NZP) para la medición de canal; una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y una configuración de medición de interferencia de CSI (CSI-IM) para la medición de interferencia; y recibir, por la estación base, un reporte de CSI del UE, basándose el reporte de CSI, al menos en parte, en la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM.

De acuerdo con este aspecto, en algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$ . En algunas realizaciones, la medición de interferencia medida en los K recursos de CSI-RS de NZP corresponde a la interferencia de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, K+1 corresponde a un número de equipos de usuario candidatos para la comunicación de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para la medición de interferencia de multi-usuario (MU). En algunas realizaciones, la configuración de CSI-IM es para la medición de interferencia intercelular. En algunas realizaciones, la señalización incluye adicionalmente señalizar una configuración de libro de códigos. En algunas realizaciones, el reporte de CSI recibido se basa, al menos en parte, en la configuración señalizada del libro de códigos. En algunas realizaciones, el método incluye adicionalmente enviar, desde la estación base, una solicitud de retroalimentación de CSI al UE para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP, la configuración de CSI-IM, y la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, el método incluye adicionalmente enviar, desde la estación base, una solicitud de retroalimentación de CSI al UE para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, el método incluye adicionalmente transmitir, desde la estación base, K+1 CSI-señales de referencia (RS) de NZP a través de K+1 recursos de CSI-RS de NZP configurados por la señalización de la primera configuración de CSI-RS de NZP y la segunda configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la señalización, por la estación base, al UE incluye señalización semiestática sobre señalización de control de recursos de radio. En algunas realizaciones, el envío, desde la estación base, de la solicitud de retroalimentación de CSI al UE incluye enviar la solicitud de retroalimentación de CSI dinámicamente a través de un canal de control de enlace descendente. En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP comprende un factor de escala de potencia para cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia. En algunas realizaciones, el reporte de CSI recibido se basa en una estimación de interferencia combinada y un canal medido de enlace descendente, siendo, la estimación de interferencia combinada, una suma de al menos K estimaciones de potencia de interferencia basadas en K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP y al menos una estimación de potencia de interferencia basada en al menos un recurso de CSI-IM configurado por la configuración de CSI-IM, y basándose, el canal medido de enlace descendente, en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, el método incluye adicionalmente enviar, desde la estación base, una solicitud de retroalimentación de CSI que comprende una configuración de libro de códigos.

De acuerdo con otro aspecto más de la divulgación, se proporciona una estación base que comprende circuitería de procesamiento. La circuitería de procesamiento está configurada para hacer que la estación base: envíe una señal a un UE: una primera configuración de señal de referencia (RS) de información de estado de canal (CSI) de potencia no cero (NZP) para la medición de canal; una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y una configuración de medición de interferencia de CSI (CSI-IM) para la medición de interferencia; y recibir un reporte de CSI del UE, el reporte de CSI se basa al menos en parte en la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM.

De acuerdo con este aspecto, en algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$ . En algunas realizaciones, la medición de interferencia medida en los K recursos de CSI-RS de NZP corresponde a la interferencia de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, K+1 corresponde a un número de equipos de usuario candidatos para la comunicación de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para la medición de interferencia de multi-usuario (MU). En algunas realizaciones, la configuración de CSI-IM es para la medición de interferencia intercelular. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para señalizar al UE, al estar configurada adicionalmente para señalizar una configuración de libro de códigos. En algunas realizaciones, el reporte de CSI recibido se basa, al menos en parte, en la configuración señalizada del libro de códigos. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada adicionalmente para enviar una solicitud de retroalimentación de CSI al UE para CSI en base a al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP, la configuración de CSI-IM y la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada adicionalmente para enviar una solicitud de retroalimentación de CSI al UE para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada

adicionalmente para transmitir K+1 CSI-señales de referencia (RS) de NZP a través de K+1 recursos de CSI-RS de NZP configurados por la señalización de la primera configuración de CSI-RS de NZP y la segunda configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para señalar al UE, al estar configurada adicionalmente para señalar semiestáticamente a través de señalización de control de recursos de radio. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para enviar la solicitud de retroalimentación de CSI al UE, al estar configurada adicionalmente para enviar la solicitud de retroalimentación de CSI dinámicamente a través de un canal de control de enlace descendente. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada para enviar una señal al UE, al estar configurada adicionalmente para señalar la segunda configuración de CSI-RS de NZP que comprende un factor de escala de potencia para cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia. En algunas realizaciones, el reporte de CSI recibido se basa en una estimación de interferencia combinada y un canal medido de enlace descendente, siendo la estimación de interferencia combinada la suma de al menos K estimaciones de potencia de interferencia basadas en K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP y al menos una estimación de potencia de interferencia basada en al menos un recurso de CSI-IM configurado por la configuración de CSI-IM, y basándose, el canal medido de enlace descendente, en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la circuitería de procesamiento está configurada adicionalmente para enviar una solicitud de retroalimentación de CSI que comprende una configuración de libro de códigos.

## Breve descripción de los dibujos

Una comprensión más completa de las presentes realizaciones, y de las ventajas y características concomitantes de las mismas, se verá facilitada por referencia a la siguiente descripción detallada cuando se considere junto con los dibujos que se acompañan, en los que:

la figura 1 es un diagrama de bloques de recursos físicos de LTE;

la figura 2 es un diagrama de bloques de la estructura de dominio tiempo de LTE;

la figura 3 es un diagrama de bloques de la estructura de transmisión del modo de multiplexación espacial precodificado en LTE;

la figura 4 es un diagrama de bloques de RE disponibles para la asignación de CSI-RS en cada PRB en LTE;

las figuras 5 y 6 son diagramas de bloques de un ejemplo de recurso de CSI-RS para dos y cuatro puertos en LTE, respectivamente;

la figura 7 es, por tanto, un diagrama de bloques de recursos de CSI-RS de NZP y CSI-RS de ZP;

la figura 8 es un diagrama de bloques de recursos de CSI-RS de NZP, CSI-RS de ZP y CSI-IM;

la figura 9 es un diagrama de bloques de un sistema ejemplar para la medición de interferencia y la configuración de retroalimentación de CSI para multi-entrada y multi-salida (MIMO) de multi-usuario (MU) de acuerdo con los principios de la divulgación;

la figura 10 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar de configuración de código de configuración de acuerdo con los principios de la divulgación;

la figura 11 es un diagrama de bloques de tres dispositivos inalámbricos que son candidatos MU-MIMO, y cada uno está configurado con tres recursos de CSI-RS de NZP y un recurso común de CSI-IM;

la figura 12 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar de estimación de código de estimación de acuerdo con los principios de la divulgación;

la figura 13 es un diagrama de flujo de otra realización del proceso de configuración de código de configuración de acuerdo con los principios de la divulgación;

la figura 14 es un diagrama de flujo de otra realización del proceso de estimación de código de estimación de acuerdo con los principios de la divulgación;

la figura 15 es un diagrama de bloques del método dos de acuerdo con los principios de la divulgación;

la figura 16 es una realización alternativa del nodo de red de acuerdo con los principios de la divulgación; y

la figura 17 es una realización alternativa del dispositivo inalámbrico de acuerdo con los principios de la divulgación.

## Descripción detallada

Nótese que aunque se puede usar terminología de LTE del 3GPP y de NR (nueva radio) en esta divulgación, para ejemplificar las realizaciones en la divulgación, esto no debe verse como una limitación del alcance de la divulgación a sólo los sistemas mencionados anteriormente. Otros sistemas inalámbricos pueden también beneficiarse del aprovechamiento de las ideas cubiertas por esta divulgación.

Téngase también en cuenta que terminología tal como nodo, eNodoB/eNB/gNB y dispositivo inalámbrico/UE debe considerarse no limitante, y, en particular, que no implica una cierta relación jerárquica entre los dos términos; en general, "eNodoB"/"nodo" podría considerarse como un primer dispositivo y "UE"/"dispositivo inalámbrico" como un segundo dispositivo, y que estos dos dispositivos se comunican entre sí a través de algún canal de radio. En el presente documento, la atención se centrará en las transmisiones inalámbricas en el enlace descendente, pero la divulgación es igualmente aplicable en el enlace ascendente.

Los métodos y procesos descritos en el presente documento son eficaces para la medición de interferencia y la retroalimentación de CSI para MU-MIMO. En una o más realizaciones, los métodos/procesos descritos en el presente documento utilizan K+1 recursos de CSI-RS de NZP para K+1 dispositivos inalámbricos en MU-MIMO y un recurso de CSI-RS de ZP común. Por lo tanto, los métodos y procesos descritos en el presente documento pueden ser escalables en el sentido de que puede ser necesario sólo un recurso de CSI-RS de NZP más para que cada dispositivo inalámbrico aumentado participe en MU-MIMO. El recurso de CSI-RS de ZP que había sido alguna vez antes común todavía se puede usar para cada uno de estos dispositivos inalámbricos aumentados.

En una o más realizaciones, para un primer método/proceso, distinto de la estimación de interferencia a través de recursos adicionales de CSI-RS de NZP, el proceso puede ser similar para la retroalimentación de CSI SU-MIMO, de modo que se puede requerir un cambio mínimo en un dispositivo inalámbrico.

En una o más realizaciones, para un segundo método/proceso, la precodificación también se tiene en cuenta en la estimación de interferencia debido a la transmisión del nodo de red de la interferencia emulada de MU-MIMO, y, de este modo, la estimación de interferencia puede ser más precisa cuando se compara con el primer método.

Antes de describir en detalle las realizaciones ejemplares, se observa que las realizaciones residen principalmente en combinaciones de componentes y pasos de procesamiento relacionados con métodos, nodos de red y dispositivos inalámbricos. En consecuencia, los componentes se han representado cuando haya sido apropiado mediante símbolos convencionales en los dibujos, que muestran sólo aquellos detalles específicos que son pertinentes para comprender las realizaciones como para no empañar la descripción con detalles que serán fácilmente evidentes para el experto en la técnica que tenga el beneficio de la descripción del presente documento.

Como se usa en el presente documento, los términos relacionales, como "primero", "segundo", "arriba" y "abajo", y similares, pueden usarse únicamente para distinguir una entidad o elemento de otra entidad o elemento sin requerir o implicar necesariamente alguna relación u orden físico o lógico entre tales entidades o elementos. La terminología utilizada en el presente documento tiene únicamente el fin de describir realizaciones particulares y no pretende ser una limitación de los conceptos descritos en el presente documento. Como se usa en el presente documento, las formas singulares "un", "una" y "el" "la" pretenden incluir asimismo las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá adicionalmente que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye", cuando se usan en el presente documento, especifican la presencia de características, números enteros, pasos, funcionamientos, elementos y/o componentes establecidos, pero no excluyen la presencia o adición de más características, números enteros, pasos, funcionamientos, elementos, componentes y/o grupos de estos elementos.

A menos que se defina lo contrario, todos los términos (incluidos los términos técnicos y científicos) usados en el presente documento tienen el mismo significado que el que entiende comúnmente el experto en la técnica a la que pertenece esta descripción. Se entenderá además que los términos usados en el presente documento deben interpretarse como que tienen un significado que sea consistente con su significado en el contexto de esta especificación y de la técnica relevante, y no se interpretarán en un sentido idealizado o demasiado formal a menos que se defina expresamente en el presente documento.

En las realizaciones descritas en el presente documento, el término de unión, "en comunicación con" y similares, puede usarse para indicar comunicación eléctrica o de datos, que puede lograrse mediante contacto físico, inducción, radiación electromagnética, radio señalización, señalización infrarroja o señalización óptica, por ejemplo. El experto en la técnica apreciará que pueden interaccionar múltiples componentes y que se pueden hacer modificaciones y variaciones para conseguir la comunicación eléctrica y de datos.

Con referencia ahora a las figuras de los dibujos en los que similares elementos de designación de referencia se refieren a elementos similares, lo que se muestra en la figura 9 es un diagrama de bloques de un sistema ejemplar para la medición de interferencia y configuración de retroalimentación de CSI para multi-entrada y multi-salida (MIMO) de multi-usuario (MU) de acuerdo con los principios de la divulgación. El sistema 10 incluye uno o más

5 nodos 12 de red y uno o más dispositivos inalámbricos 14, en comunicación entre sí mediante una o más redes de comunicación, rutas y/o enlaces usando uno o más protocolos de comunicación, como se describe en el presente documento.

- 5 El nodo 12 de red incluye circuitería 16 de transmisor y circuitería 16 de receptor para comunicarse con el dispositivo inalámbrico 14, otros nodos 12 y/u otras entidades en el sistema 10. En una o más realizaciones, la circuitería 16 de transceptor y/o la circuitería 16 de receptor incluye/n y/o es/son reemplazada/s por una o más interfaces de comunicación. El nodo 12 de red incluye la circuitería 20 de procesamiento. El término "nodo de red", tal como "nodo 12 de red" utilizado en el presente documento, puede ser cualquier tipo de nodo de red comprendido en una red de radio, que puede comprender adicionalmente cualquier elemento de entre estación base (BS), estación base de radio, estación transceptora base (BTS), controlador de estación base (BSC), controlador de red de radio (RNC), Nodo B evolucionado (eNB o eNodeB), Nodo B, gNodeB (gNB), nodo de radio de radio multi-estándar (MSR) tal como BS de MSR, nodo de repetidor, repetidor de control de nodo donante, punto de acceso de radio (AP), puntos de transmisión, nodos de transmisión, cabeza remota de radio (RRH) de unidad remota de radio (RRU), nodos en sistema de antena distribuido (DAS), etc. los términos "nodo de red" y "estación base" se pueden utilizar aquí indistintamente.

- 20 La circuitería 20 de procesamiento incluye el procesador 22 y la memoria 24. Además de un procesador y la memoria tradicionales, la circuitería 20 de procesamiento puede comprender una circuitería integrada para procesar y/o controlar, por ejemplo, uno o más procesadores y/o núcleos de procesador y/o FPGA (matrices de puertas programables en campo) y/o ASIC (circuitería integrada específica de aplicación). El procesador 22 se puede configurar para acceder (por ejemplo, escribir en y/o leer desde) la memoria 24, que puede comprender cualquier tipo de memoria volátil y/o no volátil, por ejemplo, caché y/o memoria intermedia y/o RAM (memoria de acceso aleatorio) y/o ROM (memoria de sólo lectura) y/o memoria óptica y/o EPROM (memoria de sólo lectura programable y borrrable). Tal memoria 24 puede configurarse para almacenar código ejecutable por el procesador 22 y/u otros datos, por ejemplo, datos pertenecientes a la comunicación, por ejemplo, configuración y/o datos de dirección de nodos, etc.

- 30 La circuitería 20 de procesamiento se puede configurar para controlar cualquiera de los métodos y/o procesos descritos en el presente documento y/o para hacer que tales métodos, señalizaciones y/o procesos sean realizados, por ejemplo, por el nodo 12 de red. El procesador 22 corresponde a uno o más procesadores 22 para realizar funciones y procesos del nodo 12 de red descritos en el presente documento. El nodo 12 de red incluye la memoria 24 que está configurada para almacenar datos, código programático de equipo lógico informático (software) y/u otra información descrita en el presente documento. En una o más realizaciones, la memoria 24 está configurada para almacenar el código 26 de configuración. Por ejemplo, el código 26 de configuración incluye instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador 22, hacen que el procesador 22 realice las funciones descritas en el presente documento, tales como las funciones descritas con respecto a las figuras 10 y/o 13.

- 40 El dispositivo inalámbrico 14 incluye la circuitería 28 de transmisor y la circuitería 30 de receptor para comunicarse con el nodo 12 de red, otros dispositivos inalámbricos 14 y/u otras entidades en el sistema 10. En una o más realizaciones, la circuitería 28 de transmisor y/o la circuitería 30 de receptor incluye/n y/o es/son reemplazada/s por una o más interfaces de comunicación. El dispositivo inalámbrico 14 incluye circuitería 32 de procesamiento.

- 45 La circuitería 32 de procesamiento incluye el procesador 34 y la memoria 36. Además de un procesador y la memoria tradicionales, la circuitería 32 de procesamiento puede incluir circuitería integrada para el procesamiento y/o control, por ejemplo, uno o más procesadores y/o núcleos de procesador y/o FPGA (matrices de puertas programables en campo) y/o ASIC (circuitería integrada específica de aplicación). El procesador 34 puede configurarse para acceder (por ejemplo, escribir en y/o leer desde) la memoria 36, que puede comprender cualquier tipo de memoria volátil y/o no volátil, por ejemplo, caché y/o memoria intermedia y/o RAM (memoria de acceso aleatorio) y/o ROM (memoria de sólo lectura) y/o memoria óptica y/o EPROM (memoria de sólo lectura programable y borrrable). Tal memoria 36 puede configurarse para almacenar código ejecutable por el procesador 34 y/u otros datos, por ejemplo, datos pertenecientes a la comunicación, por ejemplo, datos de configuración y/o de dirección de nodos, etc.

- 55 La circuitería 32 de procesamiento puede configurarse para controlar cualquiera de los métodos y/o procesos descritos en el presente documento y/o para hacer que tales métodos, señalizaciones y/o procesos se realicen, por ejemplo, mediante el dispositivo inalámbrico 14. El procesador 34 corresponde a uno o más procesadores 34 para realizar funciones y procesos del dispositivo inalámbrico 14 descritos en el presente documento. El dispositivo inalámbrico 14 incluye una memoria 36 que está configurada para almacenar datos, código programático de software y/u otra información descrita en el presente documento. En una o más realizaciones, la memoria 36 está configurada para almacenar el código 38 de estimación. Por ejemplo, el código 38 de estimación incluye instrucciones que, cuando son ejecutadas por el procesador 34, hacen que el procesador 34 realice las funciones descritas en el presente documento, tales como las funciones descritas con respecto a las figuras 12 y/o 15.

- 65 Los términos "dispositivo inalámbrico" y "UE" se pueden utilizar aquí indistintamente. El dispositivo inalámbrico 14 puede ser un dispositivo de comunicación por radio, un punto final de dispositivo inalámbrico, un punto final de móvil,

un punto final de dispositivo, un dispositivo de sensor, un dispositivo de destino, un dispositivo inalámbrico de dispositivo a dispositivo, un equipo de usuario (UE), un dispositivo inalámbrico tipo máquina o un dispositivo inalámbrico capaz de comunicación máquina a máquina, un sensor equipado con dispositivo inalámbrico, una tableta, un terminal móvil, un teléfono móvil, un ordenador portátil, un ordenador, un electrodoméstico, un automóvil, un teléfono inteligente, un ordenador portátil empotrado equipado (LEE), un equipo montado en ordenador portátil (LME), un dongle USB y un equipo en las instalaciones del cliente (CPE), entre otros dispositivos que pueden comunicar señales de radio o inalámbricas como se conocen en la técnica.

Aunque en el presente documento se describen realizaciones con referencia a determinadas funciones realizadas por el nodo 12 de red y/o el dispositivo inalámbrico 14, se entiende que las funciones pueden realizarse en otros nodos y elementos de red. También se entiende que las funciones del nodo 12 de red y/o del dispositivo inalámbrico 14 se pueden distribuir a través de la nube de la red, tal como de Internet o de la red de retorno de red de acceso, de modo que otros nodos puedan realizar una o más funciones o incluso partes de funciones descritas en el presente documento.

Se describen a continuación, en una o más realizaciones, el proceso de configuración en el nodo 12 de red y el proceso de estimación en cada WD 14, de acuerdo con un primer aspecto de ejemplo de la divulgación.

#### En el nodo 12 de red

Paso 1: Obtener CSI de SU-MIMO;

Paso 2: Determinar K+1 WD 14 como candidatos de MU-MIMO, configurar cada candidato con K+1 recursos de CSI-RS de NZP y un recurso de CSI-IM;

Paso 3: Indicar qué CSI-RS de NZP es para la medición del canal;

Paso 4: Solicitar nueva retroalimentación de CSI con un libro de códigos;

Paso 5: Recibir CSI de MU-MIMO de cada WD 14;

Paso 6: Realizar la transmisión MU-MIMO a los K+1 WD 14 utilizando las nuevas CSI.

#### En WD 14

Paso 1: Recibir la configuración con K+1 recursos de CSI-RS de NZP y una CSI-IM y recibir la indicación de una de las K+1 CSI-RS de NZP para la medición del canal;

Paso 2: Recibir una solicitud de CSI del nodo 12 de red;

Paso 3: Medir el canal en el recurso de CSI-RS de NZP como se indica;

Paso 4: Medir la interferencia intercelular en CSI-IM

Paso 5: Medir las K interferencias de MU en los recursos restantes de K CSI-RS de NZP y restar la interferencia medida intercelular de cada una de las K interferencias medidas, lo que da como resultado K interferencias de MU;

Paso 6: Sumar las K interferencias de MU y la interferencia medida intercelular, lo que da como resultado la interferencia estimada total;

Paso 7: Calcular la CSI en base al canal medido y la interferencia estimada total de acuerdo con el libro de códigos configurado; y

Paso 8: retroalimentar la CSI (CSI de MU-MIMO) al nodo 12 de red.

La figura 10 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar de configuración del código 26 de configuración del nodo 12 de red de acuerdo con los principios de la divulgación, y, en particular, de acuerdo con un primer aspecto ejemplar de la divulgación. La circuitería 20 de procesamiento del nodo de red/la estación base 12 está configurada para señalar a un dispositivo inalámbrico/UE 14: una primera configuración de señal de referencia (RS) de CSI de potencia no cero (NZP) para la medición de canal; una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y una configuración de medición de interferencia de CSI (CSI-IM) para la medición de interferencia (Bloque S 100). En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para mediciones de interferencia de multi-usuario (MU) en K recursos de NZP-CSI, donde  $K \geq 1$ . En algunas realizaciones, la señalización incluye una configuración de libro de códigos. En algunas realizaciones, la configuración de CSI-IM es para mediciones de interferencia intercelular. Además, la relación de energía por relación de RE (EPRE)  $\beta$  entre PDSCH y CSI-RS de NZP para cada CSI-RS de NZP puede indicarse también en las configuraciones primera y

segunda de CSI-RS de NZP.

La circuitería 20 de procesamiento está configurada opcionalmente para enviar una solicitud de retroalimentación de CSI al dispositivo inalámbrico 14 para la medición y retroalimentación de CSI en base a las configuraciones de las configuraciones primera y segunda de CSI-RS de NZP para recursos de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM (Bloque S102). La circuitería 20 de procesamiento está configurada opcionalmente para transmitir K+1 CSI-RS de NZP a través de los K+1 recursos configurados de CSI-RS de NZP (Bloque S104). La circuitería 20 de procesamiento está configurada para recibir un reporte de CSI del UE/dispositivo inalámbrico 14 (Bloque S106). En una realización, el reporte de CSI se basa al menos en parte en la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP, y la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, el reporte de CSI se basa adicionalmente en la configuración del libro de códigos. La circuitería 20 de procesamiento está configurada opcionalmente para transmitir datos con la CSI reportada al dispositivo inalámbrico 14 (Bloque S108). En otras palabras, en una o más realizaciones del proceso de configuración, es decir, del Método 1, el nodo 1 de red (por ejemplo, el nodo 12 de red) obtiene primero CSI de SU-MIMO (es decir, CRI, RI, PMI, CQI) de los dispositivos inalámbricos 14, como es habitual en LTE o NR. El nodo 12 de red determina después candidatos de dispositivo inalámbrico 14 para MU-MIMO basándose en la CSI de SU-MIMO. Asumiendo que los K+1 dispositivos inalámbricos 14 se seleccionan como candidatos MU-MIMO, es decir, que pueden programarse potencialmente juntos en una subtrama con los mismos recursos de tiempo-frecuencia. Para obtener CQI de MU-MIMO teniendo en cuenta la interferencia de MU, el nodo 12 de red configura cada uno de los K+1 dispositivos inalámbricos 14 candidatos con K+1 recursos de CSI-RS de NZP y un CSI-RS de ZP común como CSI-IM en la misma subtrama o el mismo intervalo y solicita reporte de CSI de cada dispositivo inalámbrico 14.

Para cada dispositivo inalámbrico 14, el nodo 12 de red indica también uno de los K+1 recursos de CSI-RS de NZP para la medición del canal y los restantes K recursos de CSI-RS de NZP para las mediciones de interferencia. Cada dispositivo inalámbrico 14 está también configurado con un libro de códigos para la retroalimentación de la CSI.

Después de recibir la configuración y la solicitud de retroalimentación de CSI, cada dispositivo inalámbrico 14 estima el canal H de enlace descendente y mide la interferencia intercelular,  $I_{intercelular}$ , a través del recurso de ZP-CSI-RS. Además, cada dispositivo inalámbrico 14 mide también la interferencia de MU-MIMO,  $I_m$  ( $m = 1, \dots, K$ ), en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados para la medición de interferencia, asumiendo interferencia isotropical, es decir, promediando la potencia a través de todos los puertos en un recurso de CSI-RS. La medición se puede hacer en todo el ancho de banda (es decir, banda ancha) y/o en cada subbanda (es decir, en varios PRB). Por ejemplo, asumiendo que la CSI-IM consta de cuatro RE por PRB, entonces, la  $I_{intercelular}$  y la  $I_m$  para el k-ésimo dispositivo inalámbrico 14 en el i-ésimo PRB se pueden obtener como

$$I_{intercelular}^k(i) = \frac{1}{4} \sum_{l=1}^4 |y_{ZP}^k(n_l, i)|^2$$

$$I_m^k(i) = \sum_{j=1}^{N_m} |y_{NZP,m}^k(n_j, i)|^2$$

Donde  $y_{ZP}^k(n_l, i)$  es la señal recibida en el l-ésimo RE de la CSI-IM en el i-ésimo PRB y  $y_{NZP,m}^k(n_j, i)$  es la señal recibida en el j-ésimo RE de la m-ésima CSI-RS de NZP en el i-ésimo PRB, ambos en el k-ésimo UEWD 14.  $N_m$  es el número de puertos de CSI-RS del m-ésimo recurso de CSI-RS de NZP. Si bien se utilizan cuatro RE para cada CSI-IM en LTE, el número de RE puede ser diferente en NR.

Cada dispositivo inalámbrico 14 estima la interferencia total (es decir, intercelular más interferencia de MU) como

$$I = \sum_{m=1}^K (I_m - I_{intercelular}) + I_{intercelular}$$

y calcula y reporta CSI en base a I y H de acuerdo con el libro de códigos configurado. Es decir, que el dispositivo inalámbrico 14 estima la interferencia  $I_m$  en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados para la medición de interferencia, elimina el término  $I_{intercelular}$  de interferencia intercelular de solicitud de cada  $I_m$  de estimación de interferencia, y luego suma la interferencia correspondiente a los K recursos de CSI-RS de NZP después de eliminar la solicitud intercelular para calcular la interferencia total de MU (es decir, que  $\sum_{m=1}^K (I_m - I_{intercelular})$ ).

Una diferencia de la estimación de CSI de SU-MIMO existente puede ser que la interferencia de MU sea también estimada a través de las configuraciones de CSI-RS de NZP. Un ejemplo se muestra en la figura 11, donde tres dispositivos inalámbricos 14a-14c son candidatos MU-MIMO, y cada uno está configurado con tres recursos de CSI-RS de NZP y un recurso común de CSI-IM. Para el dispositivo inalámbrico 14a, el nodo 12 de red indica CSI-RS de NZP 1 para la medición del canal. Para el dispositivo inalámbrico 14b, CSI-RS de NZP 2 se indica como medida de canal, y, de manera similar para el dispositivo inalámbrico 14c, CSI-RS de NZP 3 es para la medición del canal.

Aunque la figura 10 ilustra un proceso ejemplar que incluye los pasos S100-S108, debe entenderse que algunas realizaciones pueden incluir más o menos pasos de los mostrados en la figura 10 (por ejemplo, sólo los pasos S100 y S106).

En una realización alternativa, en lugar de incluir la interferencia medida de MU de todos los K recursos de CSI-RS de NZP, el nodo 12 de red puede señalar al dispositivo inalámbrico 14 las hipótesis de interferencia que el dispositivo inalámbrico 14 debería usar para medir y reportar CSI. En un ejemplo, el nodo 12 de red puede solicitar al dispositivo inalámbrico 14 que reporte una CSI de SU-MIMO considerando sólo la interferencia intercelular, CSI0, una CSI de MU-MIMO considerando sólo la interferencia medida más pequeña de MU de múltiples estimaciones de interferencia de MU, cada una medida en uno de los K recursos de CSI-RS de NZP, CSI1, y el índice asociado de recursos de CSI-RS de NZP, CRI1. En este caso, el dispositivo inalámbrico 14 reportaría CSI0 de SU-MIMO, CSI1 de MU-MIMO y CRI1. Esto puede ayudar al nodo 12 de red a decidir qué dispositivo inalámbrico 14 de los K dispositivos inalámbricos 14 puede ser el mejor candidato para emparejar con el dispositivo inalámbrico 14.

En otro ejemplo, el nodo 12 de red puede solicitar al dispositivo inalámbrico 14 que también reporte una CSI adicional de MU-MIMO, CSI2, asumiendo que el dispositivo inalámbrico 14 está emparejado con otros dos dispositivos inalámbricos 14. En este caso, se considera la suma más pequeña de interferencia de MU en cualesquiera dos recursos de CSI-RS de NZP de entre múltiples estimaciones de interferencia de MU, y también se reportan los dos índices asociados de recursos de CSI-RS de NZP, CRI21 y CRI22. De este modo, el UE reportaría CSI0 de SU-MIMO, {CSI1, CRI1} de MU-MIMO, {CSI2, CRI21, CRI22}. Esto puede ayudar al nodo 12 de red a decidir qué dispositivo inalámbrico 14, de dos dispositivos inalámbricos 14, de los K dispositivos inalámbricos 14 pueden ser el mejor candidato para emparejar con el dispositivo inalámbrico 14.

De manera similar, el concepto puede extenderse a hipótesis de interferencia para más de dos dispositivos 14 inalámbricos.

La figura 12 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar de estimación del código 38 de estimación del dispositivo inalámbrico 14 de acuerdo con los principios de la divulgación, y, en particular, de acuerdo con un primer aspecto ejemplar de la divulgación. La circuitería 32 de procesamiento está configurada para recibir señalización, incluyendo la señalización: una primera configuración de señal de referencia (RS) de CSI de potencia no cero (NZP) para la medición del canal; una segunda configuración de CSI-RS de NZP para mediciones de interferencia; y una configuración de medición de interferencia de CSI (CSI-IM) para la medición de interferencia (Bloque S110). En algunas realizaciones, la señalización incluye adicionalmente una configuración de libro de códigos. En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para la medición de interferencia de multi-usuario (MU). En algunas realizaciones, la configuración de CSI IM es para la medición de interferencia intercelular. La circuitería 32 de procesamiento está configurada opcionalmente para recibir una solicitud de retroalimentación de CSI para CSI basada en las configuraciones primera y segunda configuradas para recursos de CSI-RS de NZP, y la configuración de CSI-IM para el recurso de CSI-IM (Bloque S112). En algunas realizaciones, la solicitud de retroalimentación de CSI para CSI se basa adicionalmente en la configuración del libro de códigos. La circuitería 32 de procesamiento está configurada para estimar la CSI basándose al menos en parte en la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM (Bloque S114). Las configuraciones primera y segunda de CSI-RS de NZP pueden ser para los recursos de CSI-RS de NZP, que pueden ser K+1 recursos de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada adicionalmente para estimar la CSI en base a la configuración del libro de códigos.

Aunque la figura 11 ilustra un proceso ejemplar que incluye los pasos S110-S114, debe entenderse que algunas realizaciones pueden incluir más o menos los pasos de los mostrados en la figura 11 (por ejemplo, sólo los pasos S110 y S114).

Se describen a continuación el proceso de configuración en el nodo 12 de red y el proceso de estimación en cada WD 14 en una o más de otras realizaciones, de acuerdo con un segundo aspecto ejemplar de la divulgación.

#### En el nodo 12 de red:

Paso 1: obtener CSI de SU-MIMO para todos los WD 14;

Paso 2: determinar K+1 WD 14 como candidatos de MU-MIMO;

Paso 3: configurar cada candidato con un recurso de CSI-RS de NZP para la medición de canal y un recurso de CSI-IM para la medición de interferencia, incluyendo el parámetro  $\beta$  de relación de potencia;

Paso 4: solicitar una nueva retroalimentación de CSI con un libro de códigos, y transmitir una señal de MU-MIMO a través del recurso de CSI-IM;

Paso 5: recibir CSI de MU-MIMO de cada WD 14;

Paso 6: realizar la transmisión MU-MIMO a los K+1 WD 14 utilizando las nuevas CSI.

En WD 14:

- 5 Paso 1: recibir la configuración con un recurso de CSI-RS de NZP y un recurso de CSI-IM, incluido el parámetro de relación  $\beta$  de potencia;
- 10 Paso 2: recibir la solicitud de CSI y el libro de códigos utilizado para la retroalimentación de CSI;
- 15 Paso 3: medir el canal en el recurso de CSI-RS de NZP y estimar la matriz de precodificación, y estimar la potencia de señal con la matriz de precodificación estimada y el canal medido;
- 20 Paso 4: medir la interferencia en el recurso de CSI-IM y restar la potencia de señal estimada de la interferencia medida, lo que da como resultado la interferencia estimada total;
- 25 Paso 5: calcular la CSI en función del canal medido y la interferencia estimada total de acuerdo con el libro de códigos configurado;
- 30 Paso 6: retroalimentar la CSI (CSI de MU-MIMO) al nodo 12 de red.

La figura 13 es un diagrama de flujo de otra realización, es decir, del método 2, que muestra el proceso de configuración del código 26 de configuración del nodo 12 de red de acuerdo con los principios de la divulgación y, en particular, de acuerdo con el segundo aspecto ejemplar de la divulgación. La circuitería 20 de procesamiento del nodo 12 de red está configurada para señalar, a un dispositivo inalámbrico 14: una configuración de recursos de RS de CSI de NZP para la medición del canal; una configuración de recursos de CSI-IM para la medición de interferencia; una configuración de libro de códigos (Bloque S116) y la relación  $\beta$  de potencia. La circuitería 20 de procesamiento está configurada para enviar una solicitud de retroalimentación de CSI en una subtrama o intervalo al dispositivo inalámbrico 14 para la medición y retroalimentación de CSI en base al recurso configurado de CSI-RS de NZP y al recurso de CSI-IM, el libro de códigos (Bloque S118) y la relación  $\beta$  de potencia. La circuitería 20 de procesamiento está configurada para transmitir una señal CSI-RS de NZP a través del recurso configurado de CSI-RS de NZP y una señal de MU en los recursos de CSI-IM (Bloque S120). La circuitería 20 de procesamiento está configurada para recibir un reporte de CSI desde el dispositivo inalámbrico 14 (Bloque S122). En una realización, el reporte de CSI se basa al menos en parte en la configuración de recursos de CSI-RS de NZP, la configuración de recursos de CSI-IM, la configuración del libro de códigos y la relación  $\beta$  de potencia. La circuitería 20 de procesamiento está configurada para transmitir datos con la CSI reportada al dispositivo inalámbrico 14 (Bloque S124).

La figura 14 es un diagrama de flujo de otra realización del proceso de estimación del código 38 de estimación del dispositivo inalámbrico 14 de acuerdo con los principios de la divulgación. La circuitería 32 de procesamiento de WD 14 está configurada para recibir: una configuración de recursos de RS de CSI de NZP para la medición del canal; una configuración de recursos de CSI-IM para la medición de interferencia; una configuración de libro de códigos (Bloque S126) y una relación  $\beta$  de potencia. La circuitería 32 de procesamiento está configurada para recibir una solicitud de retroalimentación de CSI en una subtrama o intervalo para la medición y la retroalimentación de CSI en base al recurso configurado de CSI-RS de NZP y al recurso de CSI-IM, al libro de códigos (Bloque S128) y a la relación  $\beta$  de potencia. La circuitería 32 de procesamiento está configurada para recibir una señal de CSI-RS de NZP a través del recurso configurado de CSI-RS de NZP, y una señal de MU en los recursos de CSI-IM (Bloque S130). La circuitería 32 de procesamiento está configurada para estimar la CSI en base a las señales recibidas en el recurso de CSI-RS de NZP y la interferencia en el recurso de CSI-IM de acuerdo con el libro de códigos (Bloque S132) y la relación  $\beta$  de potencia. La circuitería 32 de procesamiento está configurada para transmitir un reporte de CSI (Bloque S134). El reporte de CSI puede basarse en la CSI estimada.

A continuación se describen realizaciones adicionales de un proceso de configuración en el nodo 12 de red y de un proceso de estimación en cada dispositivo inalámbrico 14.

En una o más realizaciones del proceso de configuración, es decir, del Método 2, de modo similar a como ocurre en el Método 1, se asume que el nodo 12 de red, primero, obtiene CSI de SU-MIMO (es decir, CRI, RI, PMI, CQI) de los dispositivos inalámbricos 14 servidores como es habitual en LTE o NR. El nodo 12 de red determina entonces los K+1 ( $K > 0$ ) dispositivos inalámbricos 14 candidatos para MU-MIMO en base a la CSI de SU-MIMO. En este método, para obtener CQI de MU-MIMO tomando en la interferencia de MU, el nodo 12 de red configura cada uno de los K+1 dispositivos inalámbricos 14 candidatos con un recurso de CSI-RS de NZP para la medición de canal y una CSI-RS de ZP como CSI-IM. El recurso de CSI-IM es común a los K+1 dispositivos inalámbricos 14 en la misma subtrama o intervalo y solicita el reporte de CSI desde cada dispositivo 14 inalámbrico.

El nodo 12 de red transmite una señal de MU-MIMO que incluye todos los K+1 dispositivos inalámbricos 14 en el recurso configurado de CSI-RS de ZP, es decir, que envía las siguientes señales

$$\sum_{m=1}^{K+1} \mathbf{w}^m(i) \mathbf{s}^m(i)$$

donde  $\mathbf{W}^k(i)$ ,  $\mathbf{s}^k(i)$  son la matriz de precodificación y el vector de datos asociados con el k-ésimo UE en el i-ésimo RE del recurso de CSI-IM.

Cada dispositivo inalámbrico 14 mide la interferencia,  $I_{ZP}$ , a través del recurso de CSI-IM, y estima una potencia de señal precodificada a través del recurso de CSI-RS de NZP, es decir, que  $p_s = \beta \|\mathbf{H}\mathbf{W}\|^2$ , donde  $\mathbf{H}$  es la matriz de canal estimada y  $\mathbf{W}$  es la matriz de precodificación estimada del recurso de CSI-RS de NZP. Cada dispositivo inalámbrico 14 calcula y reporta CSI en base a  $I = I_{ZP} - p_s$  y  $\mathbf{H}$  de acuerdo con el libro de códigos configurado. Aquí, la solicitud  $p_s$  se debe al hecho de que una señal precodificada destinada a cada dispositivo inalámbrico 14 se transmite en el recurso de CSI-IM para otros dispositivos inalámbricos 14 en un grupo MU-MIMO para medir su interferencia. Por tanto, en una o más realizaciones, se elimina de la medición  $I_{ZP}$  hecha en el recurso de CSI-IM para obtener una estimación de la interferencia total de otros dispositivos inalámbricos 14.

Se muestra un ejemplo en la figura 15, en la que tres dispositivos inalámbricos 14a-14c son candidatos MU-MIMO y cada uno está configurado con un recurso de CSI-RS de NZP, es decir, CSI-RS de NZP 1 para el dispositivo inalámbrico 14a, CSI-RS de NZP 2 para el dispositivo inalámbrico 14b y CSI-RS de NZP 3 para dispositivo inalámbrico 14c. También se configura un recurso de CSI-IM común para los tres dispositivos inalámbricos 14.

La figura 16 es una realización alternativa del nodo 12 de red de acuerdo con los principios de la divulgación. En esta realización, el nodo 12 de red incluye un módulo 40 de transmisión para realizar la transmisión, envío y/o señalización como se describió anteriormente. El nodo 12 de red incluye el módulo 42 de configuración para realizar las funciones y/o procesos descritos anteriormente con respecto al código 26 de configuración.

La figura 17 es una realización alternativa del dispositivo inalámbrico 14 de acuerdo con los principios de la divulgación. En esta realización, el dispositivo inalámbrico 14 incluye un módulo 44 de recepción para recibir transmisiones, comunicaciones y/o señalización desde el nodo 12 de red como se describió anteriormente. El dispositivo inalámbrico 14 incluye un módulo 46 de estimación para realizar los procesos y/o funciones descritos anteriormente con respecto al código 38 de estimación.

De acuerdo con un aspecto de la divulgación, se proporciona un método para un UE 14. El método incluye recibir (S110) señalización, por parte del UE 14, incluyendo la señalización: una primera configuración de señal de referencia de información de estado de canal (CSI-RS) de potencia no cero (NZP) para la medición de canal; una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y una configuración de medición de interferencia de CSI (CSI-IM) para la medición de interferencia; y estimar (S 114), por parte del UE 14, CSI basada, al menos en parte, en la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM.

De acuerdo con este aspecto, en algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$ . En algunas realizaciones, la medición de interferencia medida en los K recursos de CSI-RS de NZP corresponde a la interferencia de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, K+1 corresponde a un número de equipos de usuario candidatos para la comunicación de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para la medición de interferencia de multi-usuario (MU). En algunas realizaciones, la configuración de CSI-IM es para la medición de interferencia intercelular. En algunas realizaciones, recibir (S110) señalización incluye adicionalmente la recepción de la señalización que incluye una configuración de libro de códigos. En algunas realizaciones, la estimación (S114) de la CSI comprende adicionalmente estimar la CSI en base a la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, el método comprende adicionalmente recibir (S112), por parte del UE 14, una solicitud de retroalimentación de CSI para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP, la configuración de CSI-IM y la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, el método comprende adicionalmente recibir (S112), por parte del UE 14, una solicitud de retroalimentación de CSI para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, la estimación (S114) de la CSI incluye adicionalmente medir un canal de enlace descendente en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la estimación (S114) de la CSI incluye adicionalmente medir la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP correspondientes a la segunda configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la medición de la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP da como resultado K estimaciones de potencia de interferencia. En algunas realizaciones, cada una de las K estimaciones de potencia de interferencia se escala de acuerdo con un factor de escala de potencia asociado con los K recursos de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP comprende un factor de escala de potencia para cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia. En algunas realizaciones, la estimación (S114) de la CSI

incluye medir la interferencia en al menos un recurso de CSI-IM correspondiente a la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, la medición de la interferencia en el al menos un recurso de CSI-IM da como resultado al menos una estimación de potencia de interferencia. En algunas realizaciones, el método comprende adicionalmente sumar al menos las K estimaciones de potencia de interferencia basadas en los K recursos de CSI-RS de NZP y la al menos una estimación de potencia de interferencia basada en al menos un recurso de CSI-IM para obtener una estimación de interferencia combinada. En algunas realizaciones, la CSI estimada se basa en la estimación de interferencia combinada y un canal medido de enlace descendente. En algunas realizaciones, el canal medido de enlace descendente se mide en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, el método comprende adicionalmente recibir, por parte del UE 14, una solicitud de retroalimentación de CSI que comprende una configuración de libro de códigos.

De acuerdo con otro aspecto de la divulgación, se proporciona un UE 14 que comprende circuitería 32 de procesamiento. La circuitería 32 de procesamiento está configurada para hacer que el UE 14: reciba señalización, incluyendo la señalización: una primera configuración de señal de referencia (RS) de información de estado de canal (CSI) de potencia no cero (NZP) para la medición de canal; una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y una configuración de medición de interferencia de CSI (CSI-IM) para la medición de interferencia; y estimar CSI basándose al menos en parte en la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM.

De acuerdo con este aspecto, en algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$ . En algunas realizaciones, la medición de interferencia medida en los K recursos de CSI-RS de NZP corresponde a la interferencia de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones,  $K+1$  corresponde a un número de equipos de usuario candidatos para la comunicación de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para la medición de interferencia de multi-usuario (MU). En algunas realizaciones, la configuración de CSI-IM es para la medición de interferencia intercelular. En algunas realizaciones, la señalización recibida incluye adicionalmente una configuración de libro de códigos. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada para hacer que el UE 14 estime la CSI, al estar configurada adicionalmente para estimar la CSI en base a la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada adicionalmente para hacer que el UE 14 reciba una solicitud de retroalimentación de CSI para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP, la configuración de CSI-IM y la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada adicionalmente para hacer que el UE 14 reciba una solicitud de retroalimentación de CSI para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada para hacer que el UE 14 estime la CSI, al estar configurada adicionalmente para medir un canal de enlace descendente en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada para hacer que el UE 14 estime la CSI, al estar configurada adicionalmente para medir la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP correspondientes a la segunda configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada para medir la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP que dan como resultado K estimaciones de potencia de interferencia. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada para escalar cada una de las K estimaciones de potencia de interferencia de acuerdo con un factor de escala de potencia asociado con los K recursos de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP comprende un factor de escala de potencia para cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada para hacer que el UE 14 estime la CSI, al estar configurada adicionalmente para medir la interferencia en al menos un recurso de CSI-IM correspondiente a la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada para medir la interferencia en el al menos un recurso de CSI-IM que da como resultado al menos una estimación de potencia de interferencia. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada para hacer que el UE 14 añada al menos las K estimaciones de potencia de interferencia basadas en los K recursos de CSI-RS de NZP y la al menos una estimación de potencia de interferencia basada en el al menos un recurso de CSI-IM para obtener una estimación de interferencia combinada. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada para hacer que el UE 14 calcule la CSI en base a la estimación de interferencia combinada y a un canal medido de enlace descendente. En algunas realizaciones, el canal medido de enlace descendente es medido en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la circuitería 32 de procesamiento está configurada adicionalmente para hacer que el UE 14 reciba una solicitud de retroalimentación de CSI que comprende una configuración de libro de códigos.

De acuerdo con otro aspecto más de la divulgación, se proporciona un método para una estación base 12. El método incluye señalizar (S 100), por parte de la estación base 12, a un equipo de usuario, UE 14: una primera configuración de señal de referencia (RS) de información de estado de canal (CSI) de potencia no cero (NZP) para la medición de canal; una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y una configuración de medición de interferencia de CSI (CSI-IM) para la medición de interferencia; y recibir (S 106), por la

estación base 12, un reporte de CSI del UE 14, basándose, el reporte de CSI, al menos en parte, en la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP, y la configuración CSI-IM.

5 De acuerdo con este aspecto, en algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$ . En algunas realizaciones, la medición de interferencia medida en los K recursos de CSI-RS de NZP corresponde a la interferencia de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, K+1 corresponde a un número de equipos de usuario candidatos para la comunicación de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para la medición de interferencia de multi-usuario (MU). En algunas realizaciones, la configuración de CSI-IM es para la medición de interferencia intercelular. En algunas realizaciones, la señalización (S100) incluye adicionalmente señalar una configuración de libro de códigos. En algunas realizaciones, el reporte de CSI recibido se basa, al menos en parte, en la configuración señalizada del libro de códigos. En algunas realizaciones, el método incluye adicionalmente enviar (S 102), desde la estación base 12, una solicitud de retroalimentación de CSI al UE 14 para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP, la configuración de CSI-IM y la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, el método incluye adicionalmente enviar (S 102), desde la estación base 12, una solicitud de retroalimentación de CSI al UE 14 para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, el método incluye adicionalmente transmitir (S 104), desde la estación base 12, K+1 CSI-señales de referencia (RS) de NZP a través de K+1 recursos de CSI-RS de NZP configurados por la señalización de la primera configuración de CSI-RS de NZP y de la segunda configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la señalización, por la estación base 12, al UE 14 incluye señalar semiestáticamente a través de señalización de control de recursos de radio. En algunas realizaciones, el envío, desde la estación base 12, de la solicitud de retroalimentación de CSI al UE 14, incluye enviar la solicitud de retroalimentación de CSI dinámicamente a través de un canal de control de enlace descendente. En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP comprende un factor de escala de potencia para cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia. En algunas realizaciones, el reporte recibido de CSI se basa en una estimación de interferencia combinada y un canal medido de enlace descendente, siendo la estimación de interferencia combinada una suma de al menos K estimaciones de potencia de interferencia basadas en K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP y al menos una estimación de potencia de interferencia basada en al menos un recurso de CSI-IM configurado por la configuración de CSI-IM, y basándose, el canal medido de enlace descendente, en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, el método incluye adicionalmente enviar, desde la estación base 12, una solicitud de retroalimentación de CSI que comprende una configuración de libro de códigos.

De acuerdo con otro aspecto más de la divulgación, se proporciona una estación base 12 que comprende circuitería 20 de procesamiento. La circuitería 20 de procesamiento está configurada para hacer a la estación base 12: enviar una señal a un UE 14: una primera configuración de señal de referencia (RS) de información de estado de canal (CSI) de potencia no cero (NZP) para la medición de canal; una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y una configuración de medición de interferencia de CSI (CSI-IM) para la medición de interferencia; y recibir un reporte de CSI del UE 14, basándose el reporte de CSI, al menos en parte, en la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM.

De acuerdo con este aspecto, en algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$ . En algunas realizaciones, la medición de interferencia medida en los K recursos de CSI-RS de NZP corresponde a la interferencia de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, K+1 corresponde a un número de equipos de usuario candidatos para la comunicación de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario (MU-MIMO). En algunas realizaciones, la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para la medición de interferencia de multi-usuario (MU). En algunas realizaciones, la configuración de CSI-IM es para la medición de interferencia intercelular. En algunas realizaciones, la circuitería 20 de procesamiento está configurada para señalar al UE 14, al estar configurada adicionalmente para señalar una configuración de libro de códigos. En algunas realizaciones, el reporte de CSI recibido se basa, al menos en parte, en la configuración señalizada del libro de códigos. En algunas realizaciones, la circuitería 20 de procesamiento está configurada adicionalmente para enviar (S102) una solicitud de retroalimentación de CSI al UE 14 para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP, la CSI-IM configuración, y la configuración del libro de códigos. En algunas realizaciones, la circuitería 20 de procesamiento está configurada adicionalmente para enviar una solicitud de retroalimentación de CSI al UE 14 para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM. En algunas realizaciones, la circuitería 20 de procesamiento está configurada adicionalmente para transmitir K+1 CSI-señales de referencia (RS) de NZP a través de K+1 recursos de CSI-RS de NZP configurados por la señalización de la primera configuración de CSI-RS de NZP y la segunda configuración CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la circuitería 20 de procesamiento está configurada para señalar al UE 14, al estar configurada adicionalmente para señalar semiestáticamente a

través de señalización de control de recursos de radio. En algunas realizaciones, la circuitería 20 de procesamiento está configurada para enviar la solicitud de retroalimentación de CSI al UE 14, al estar configurada adicionalmente para enviar la solicitud de retroalimentación de CSI dinámicamente a través de un canal de control de enlace descendente. En algunas realizaciones, la circuitería 20 de procesamiento está configurada para señalar al UE 14, al estar configurada adicionalmente para señalar la segunda configuración de CSI-RS de NZP que comprende un factor de escala de potencia para cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia. En algunas realizaciones, el reporte de CSI recibido se basa en una estimación de interferencia combinada y un canal medido de enlace descendente, siendo la estimación de interferencia combinada una suma de al menos K estimaciones de potencia de interferencia basadas en K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP y al menos una estimación de potencia de interferencia basada en al menos un recurso de CSI-IM configurado por la configuración de CSI-IM, y basándose, el canal medido de enlace descendente, en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP. En algunas realizaciones, la circuitería 20 de procesamiento está configurada adicionalmente para enviar una solicitud de retroalimentación de CSI que comprende una configuración de libro de códigos.

Como apreciará el experto en la técnica, los conceptos descritos en el presente documento pueden materializarse como un método, un sistema de procesamiento de datos y/o un producto de programa informático. Por consiguiente, los conceptos descritos en el presente documento pueden tomar la forma de una realización completamente de equipo físico informático (hardware), de una realización completamente de equipo lógico informático (software) o de una realización que combina software y hardware, aspectos todos generalmente referidos en el presente documento como a un "circuito" o a un "módulo". Además, la divulgación puede tomar la forma de un producto de programa informático en un medio de almacenamiento tangible utilizable por ordenador que tiene un código de programa informático empotrado en el medio que puede ser ejecutado por un ordenador. Puede utilizarse cualquier medio legible por ordenador, tangible y adecuado, incluidos discos duros, CD-ROM, dispositivos de almacenamiento electrónico, dispositivos de almacenamiento óptico o dispositivos de almacenamiento magnético.

En el presente documento están descritas algunas realizaciones con referencia a ilustraciones de diagramas de flujo y/o de diagramas de bloques de métodos, sistemas y productos de programas informáticos. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones del diagrama de flujo y/o de los diagramas de bloques, y las combinaciones de bloques en las ilustraciones de los diagramas de flujo y/o en los diagramas de bloques, pueden implantarse mediante instrucciones de programa informático. Estas instrucciones del programa informático se pueden proporcionar a un procesador de un ordenador de fines generales, de un ordenador de fines especiales a otro aparato programable de procesamiento de datos para producir una máquina, de tal modo que las instrucciones, que se ejecutan mediante el procesador del ordenador o mediante otro aparato de procesamiento programable de datos, creen medios para implantar las funciones/actos especificadas/os en el diagrama de flujo y/o en el bloque o los bloques del diagrama de bloques.

Estas instrucciones del programa informático también se pueden almacenar en una memoria legible por ordenador o en un medio de almacenamiento que pueda dirigir a un ordenador o a otro aparato programable de procesamiento de datos para que funcione de una manera particular, de tal modo que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por ordenador produzcan un artículo de fabricación, que incluya los medios de instrucción que implantan la función/acto especificado en el diagrama de flujo y/o en el bloque o los bloques del diagrama de bloques.

Las instrucciones del programa informático también pueden cargarse en un ordenador o en otro aparato programable de procesamiento de datos para hacer que se realicen una serie de pasos operativos en el ordenador o en el otro aparato programable, para producir un proceso implantado por ordenador de tal manera que las instrucciones que se ejecuten en el ordenador o en el otro aparato programable proporcionen pasos para implantar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o en el bloque o los bloques del diagrama de bloques. Debe entenderse que las funciones/actos indicados en los bloques pueden producirse fuera del orden indicado en las ilustraciones operativas. Por ejemplo, dos bloques que se muestren en sucesión pueden, de hecho, ser ejecutados substancialmente al mismo tiempo, o pueden los bloques ejecutarse a veces en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad/los actos involucrada/os. Aunque algunos de los diagramas incluyen flechas en las rutas de comunicación para mostrar una dirección principal de comunicación, debe entenderse que la comunicación puede producirse en la dirección opuesta a las flechas representadas.

El código de programa informático para realizar las funciones de los conceptos descritos en el presente documento puede escribirse en un lenguaje de programación orientado a objetos tal como Java® o C++. Sin embargo, el código de programa informático para realizar las funciones de la divulgación también se puede escribir en lenguajes de programación de procedimientos convencionales, tales como el lenguaje "C" de programación. El código de programa puede ejecutarse completamente en el ordenador del usuario, en parte en el ordenador del usuario, como un paquete independiente de software, en parte en el ordenador del usuario y en parte en un ordenador remoto, o completamente en el ordenador remoto. En este último caso, el ordenador remoto puede estar conectado al ordenador del usuario a través de una red de área local (LAN) o de una red de área amplia (WAN), o puede realizarse la conexión a un ordenador externo (por ejemplo, a través de Internet, usando un proveedor de servicios de Internet).

En el presente documento se han descrito muchas realizaciones diferentes, en conexión con la descripción anterior y los dibujos. Existe una variedad de modificaciones y variaciones a la luz de las enseñanzas anteriores sin apartarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

5

## REIVINDICACIONES

1. Un método para un equipo de usuario, UE (14), comprendiendo el método:
  - 5 recibir (S110) la señalización, por parte del UE (14), señalización que incluye:  
una primera configuración de señal de referencia, RS, de información de estado del canal, CSI, de potencia distinta de cero, NZP, para la medición del canal;
  - 10 una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y  
una configuración de medición de interferencia de CSI, CSI-IM, para la medición de interferencia; y
  - 15 recibir, por parte del UE (14), una solicitud de retroalimentación de CSI para CSI basada en al menos la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM,  
caracterizado porque la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$  y  $K+1$  corresponde a un número de candidatos de UE para multi-entrada y multi-salida de multi-usuario, MU-MIMO.
  - 20
2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la señalización de recepción (S110) incluye adicionalmente recibir la señalización que incluye una configuración de libro de códigos.
- 25 3. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, que comprende adicionalmente estimar (S114), por el UE (14), CSI que incluye medir un canal de enlace descendente en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP.
- 30 4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende adicionalmente estimar (S114), por parte del UE (14), CSI que incluye medir la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP correspondientes a la segunda configuración de CSI-RS de NZP,  
en el que, opcionalmente, la medición de la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP da como resultado K estimaciones de potencia de interferencia,  
35 en el que, adicionalmente, opcionalmente, el método comprende adicionalmente agregar al menos las K estimaciones de potencia de interferencia en base a los K recursos de CSI-RS de NZP y la al menos una estimación de potencia de interferencia en base al al menos un recurso de CSI-IM para obtener una estimación de interferencia combinada .  
40
5. Un equipo de usuario, UE (14), que comprende circuitería (32) de procesamiento configurada para hacer al UE (14):  
45 recibir señalización, incluyendo la señalización:  
una primera configuración de señal de referencia, RS, de información de estado del canal, CSI, de potencia distinta de cero, NZP, para la medición del canal;  
una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y  
50 una configuración de medición de interferencia de CSI, CSI-IM, para la medición de interferencia; y  
recibir una solicitud de retroalimentación de CSI para CSI basada en al menos la primera configuración señalizada de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM,  
55 caracterizado porque la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$  y  $K+1$  corresponde a un número de candidatos de UE para multi-entrada y multi-salida de multi-usuario, MU-MIMO.
- 60 6. El UE (14) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la medición de interferencia medida en los K recursos de CSI-RS de NZP corresponde a interferencia de multi-entrada y multi-salida de multi-usuario, MU-MIMO; y/o  
en el que la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para la medición de interferencia de multi-usuario, MU; y/o  
65 en el que la configuración de CSI-IM es para la medición de interferencia intercelular.

7. El UE (14) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 y 6, en el que la señalización recibida incluye adicionalmente una configuración de libro de códigos.

8. El UE (14) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5-7, en el que la circuitería (32) de procesamiento está configurada para hacer que el UE (14) estime la CSI midiendo un canal de enlace descendente en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP.

9. El UE (14) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5-8, en el que la circuitería (32) de procesamiento está configurada para hacer que el UE (14) estime la CSI midiendo la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP correspondientes a la segunda configuración de CSI-RS de NZP,

en el que, opcionalmente, la circuitería (32) de procesamiento está configurada para medir la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP dando como resultado K estimaciones de potencia de interferencia,

en el que, adicionalmente, opcionalmente, la circuitería (32) de procesamiento está configurada para escalar cada una de las K estimaciones de potencia de interferencia de acuerdo con un factor de escala de potencia asociado con los K recursos de CSI-RS de NZP.

10. El UE (14) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5-9, en el que la segunda configuración de CSI-RS de NZP comprende un factor de escala de potencia para cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y/o

en el que la circuitería (32) de procesamiento está configurada para hacer que el UE (14) estime la CSI midiendo la interferencia en al menos un recurso de CSI-IM correspondiente a la configuración de CSI-IM, y

en el que, opcionalmente, la circuitería (32) de procesamiento está configurada para medir la interferencia en el al menos un recurso de CSI-IM dando como resultado al menos una estimación de potencia de interferencia.

11. El UE (14) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10 cuando depende de la reivindicación 9, en el que la circuitería (32) de procesamiento está configurada para medir la interferencia en cada uno de los K recursos de CSI-RS de NZP que dan como resultado K estimaciones de potencia de interferencia, y en el que la circuitería (32) de procesamiento está configurada para hacer que el UE (14) añada al menos las K estimaciones de potencia de interferencia basadas en los K recursos de CSI-RS de NZP y la al menos una estimación de potencia de interferencia basada en el al menos un recurso de CSI-IM para obtener una estimación de interferencia combinada.

12. Un método para una estación base (12), comprendiendo el método:

señalizar (S100), por parte de la estación base (12), a un equipo de usuario, UE (14):

una primera configuración de señal de referencia, RS, de información de estado del canal, CSI, de potencia no cero, NZP, para la medición del canal;

una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y

una configuración de medición de interferencia de CSI, CSI-IM, para la medición de interferencia; y

enviar (S102), por parte de la estación base (12), una solicitud de retroalimentación de CSI al UE (14) para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM,

caracterizado porque la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$  y  $K+1$  corresponde a un número de candidatos de UE para multi-entrada y multi-salida de multi-usuario, MU-MIMO.

13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la señalización (S100) incluye adicionalmente señalar una configuración de libro de códigos.

14. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12-13, que comprende recibir (S106), por la estación base (12), un reporte de CSI del UE (14), en el que el reporte de CSI recibido se basa en una estimación de interferencia combinada y un canal medido de enlace descendente, siendo, la estimación de interferencia combinada, una suma de al menos K estimaciones de potencia de interferencia basadas en K recursos de CSI-RS de NZP configurados por la segunda configuración de CSI-RS de NZP y al menos una estimación de potencia de interferencia basada en al menos un recurso de CSI-IM configurado por la configuración de CSI-IM, y basándose, el canal medido de enlace descendente, en un primer recurso de CSI-RS de NZP correspondiente a la primera configuración de CSI-RS de NZP.

15. Una estación base (12) que comprende circuitería (20) de procesamiento, estando, la circuitería (20) de procesamiento, configurada para hacer a la estación base (12):

señalizar a un equipo de usuario, UE (14):

5 una primera configuración de señal de referencia, RS, de información de estado del canal, CSI, de potencia no cero, NZP, para la medición del canal;

una segunda configuración de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia; y

10 una configuración de medición de interferencia de CSI, CSI-IM, para la medición de interferencia; y

en el que la circuitería (20) de procesamiento está configurada adicionalmente para enviar una solicitud de retroalimentación de CSI al UE (14) para CSI basada en al menos la primera configuración de CSI-RS de NZP, la

15 segunda configuración de CSI-RS de NZP y la configuración de CSI-IM,

caracterizado porque la segunda configuración de CSI-RS de NZP es para configurar K recursos de CSI-RS de NZP para la medición de interferencia, donde  $K \geq 1$  y  $K+1$  corresponde a un número de candidatos de UE para multi-entrada y multi-salida de multi-usuario, MU-MIMO.

20 16. La estación base (12) de acuerdo con la reivindicación 15, en la que la circuitería (20) de procesamiento está configurada para enviar una señal al UE (14), al estar configurada adicionalmente para señalar una configuración de libro de códigos.

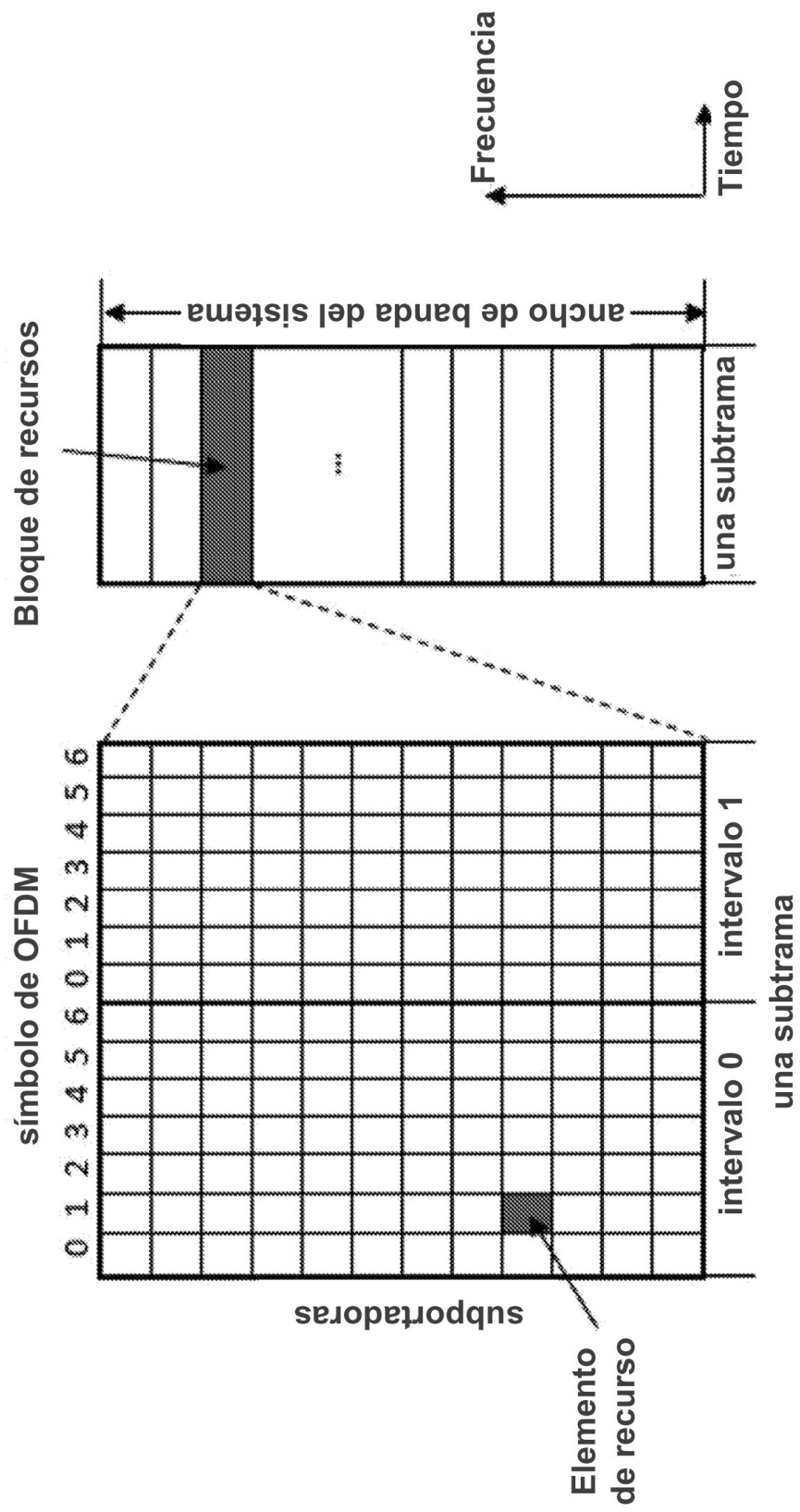


FIG. 1

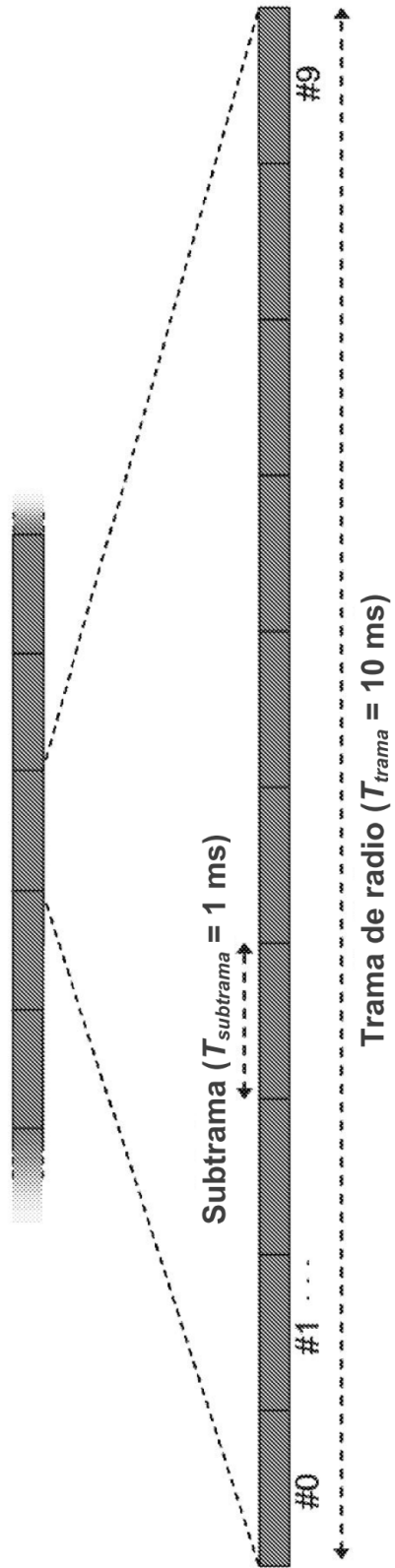


FIG. 2

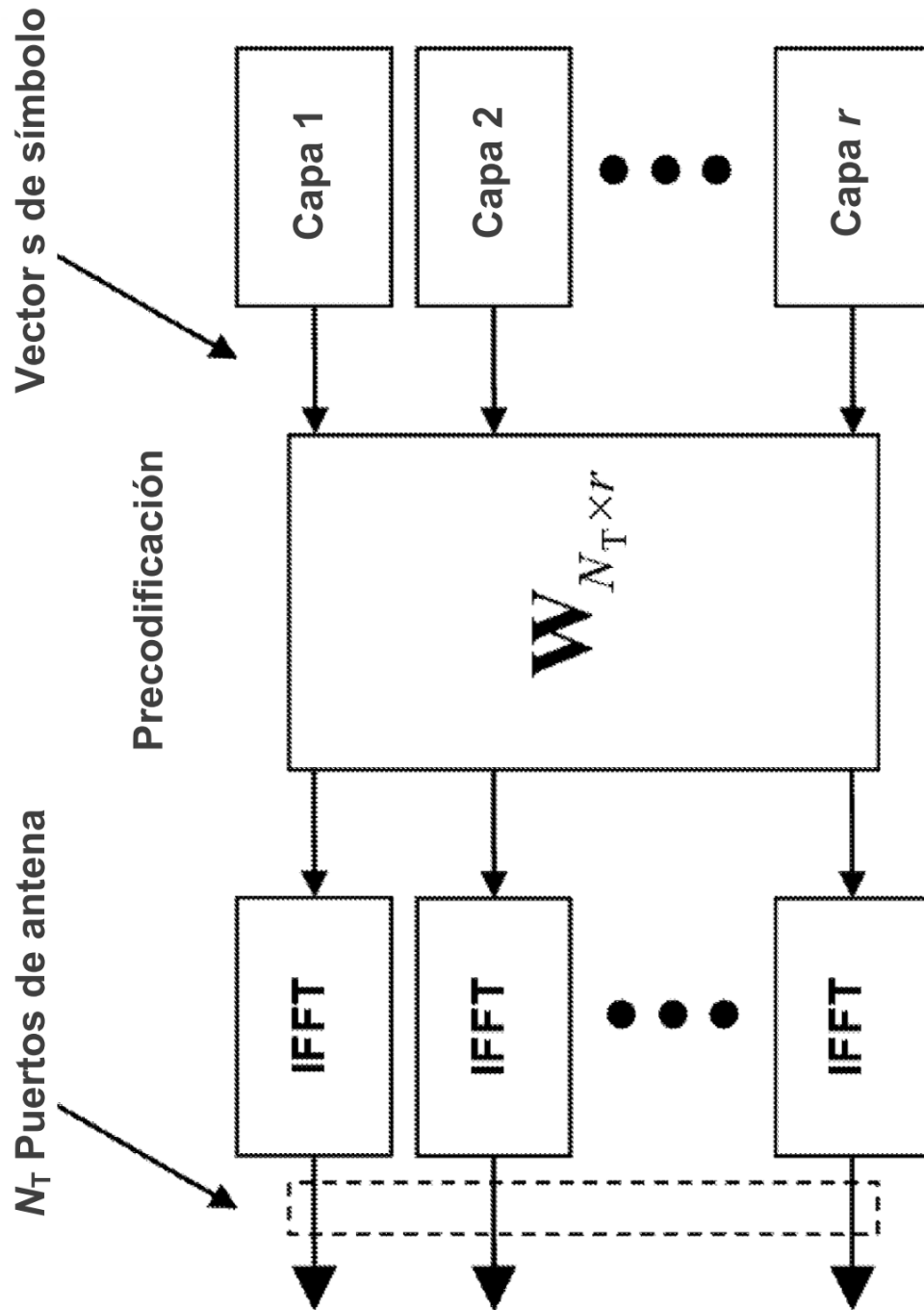


FIG. 3

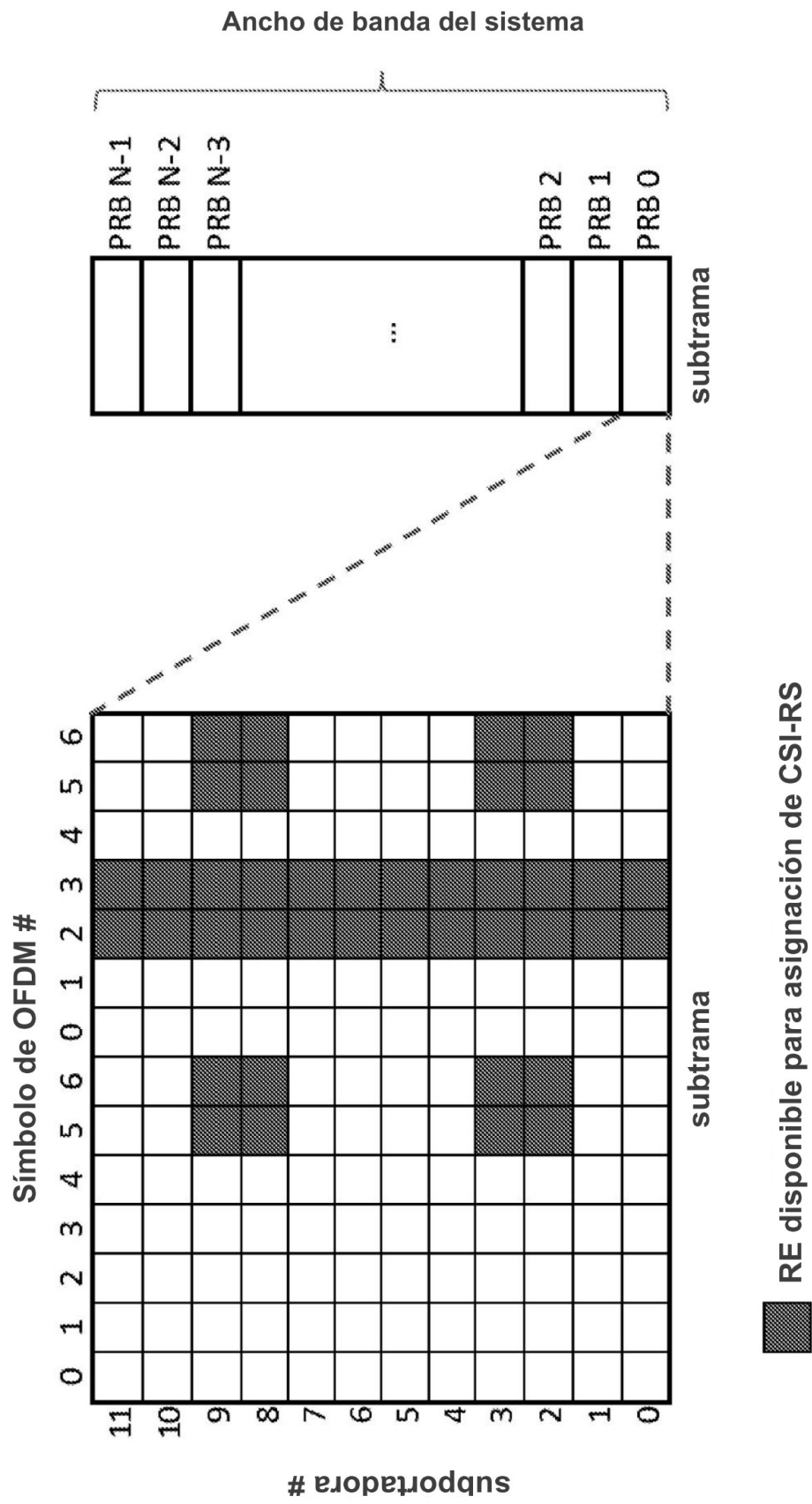


FIG. 4

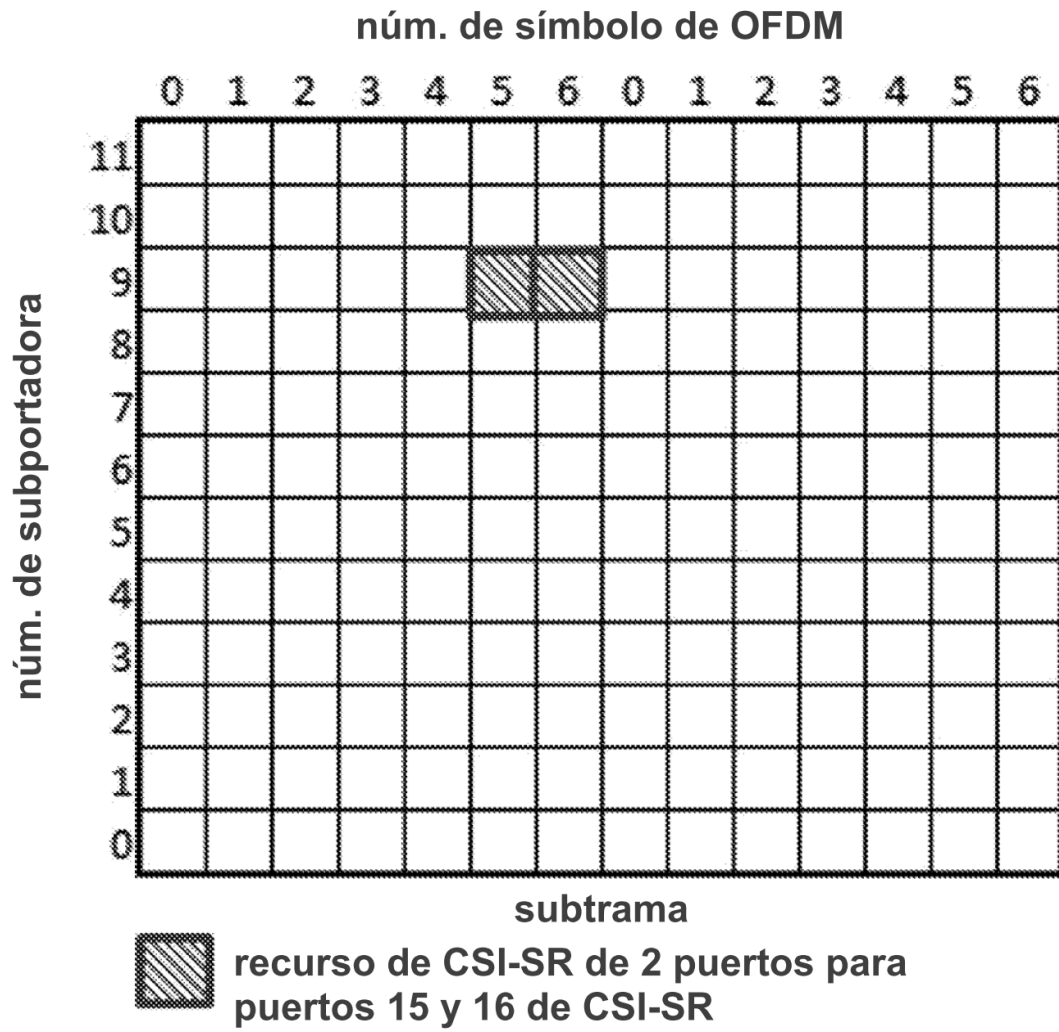


FIG. 5

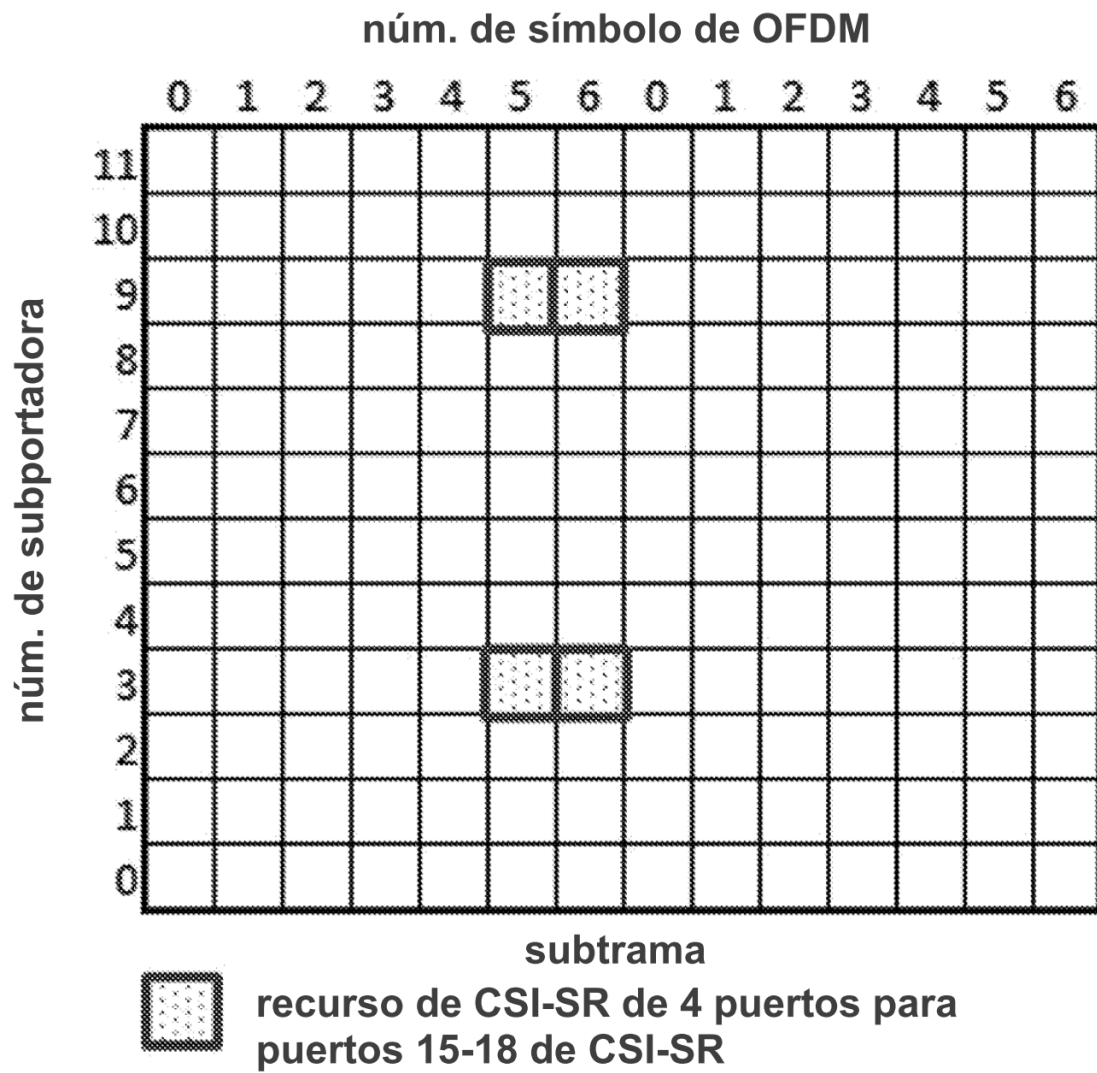


FIG. 6

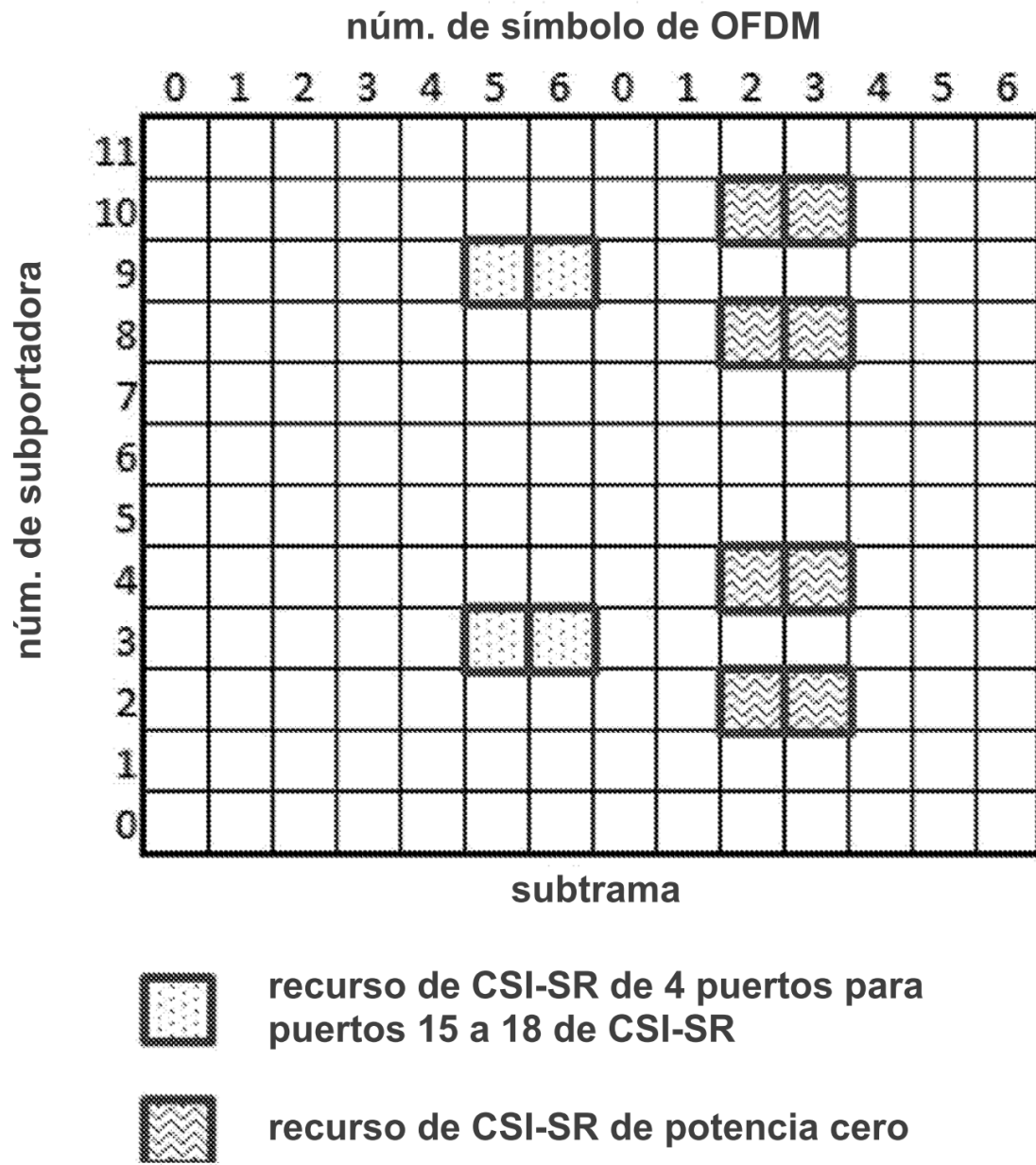


FIG. 7

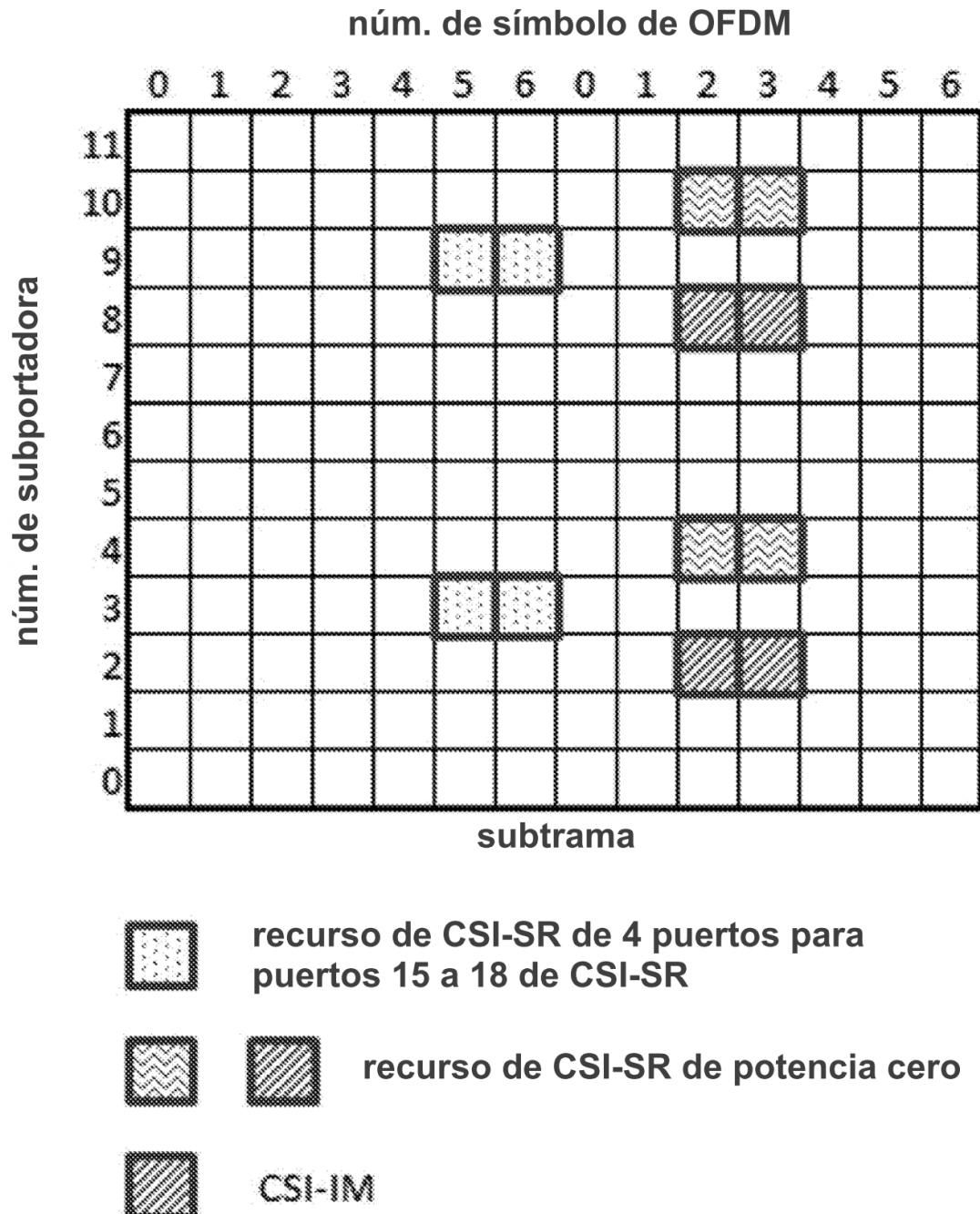


FIG. 8

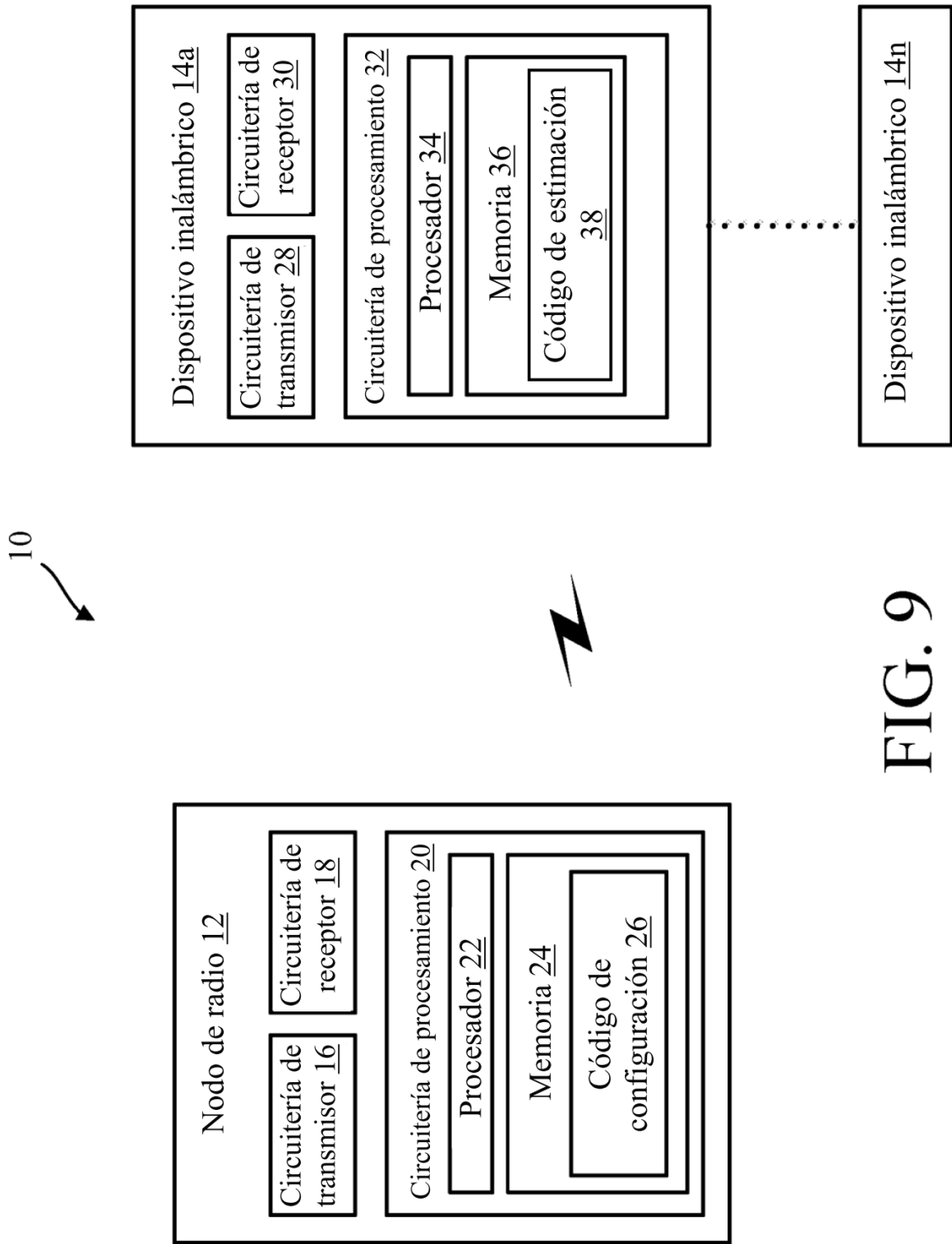


FIG. 9

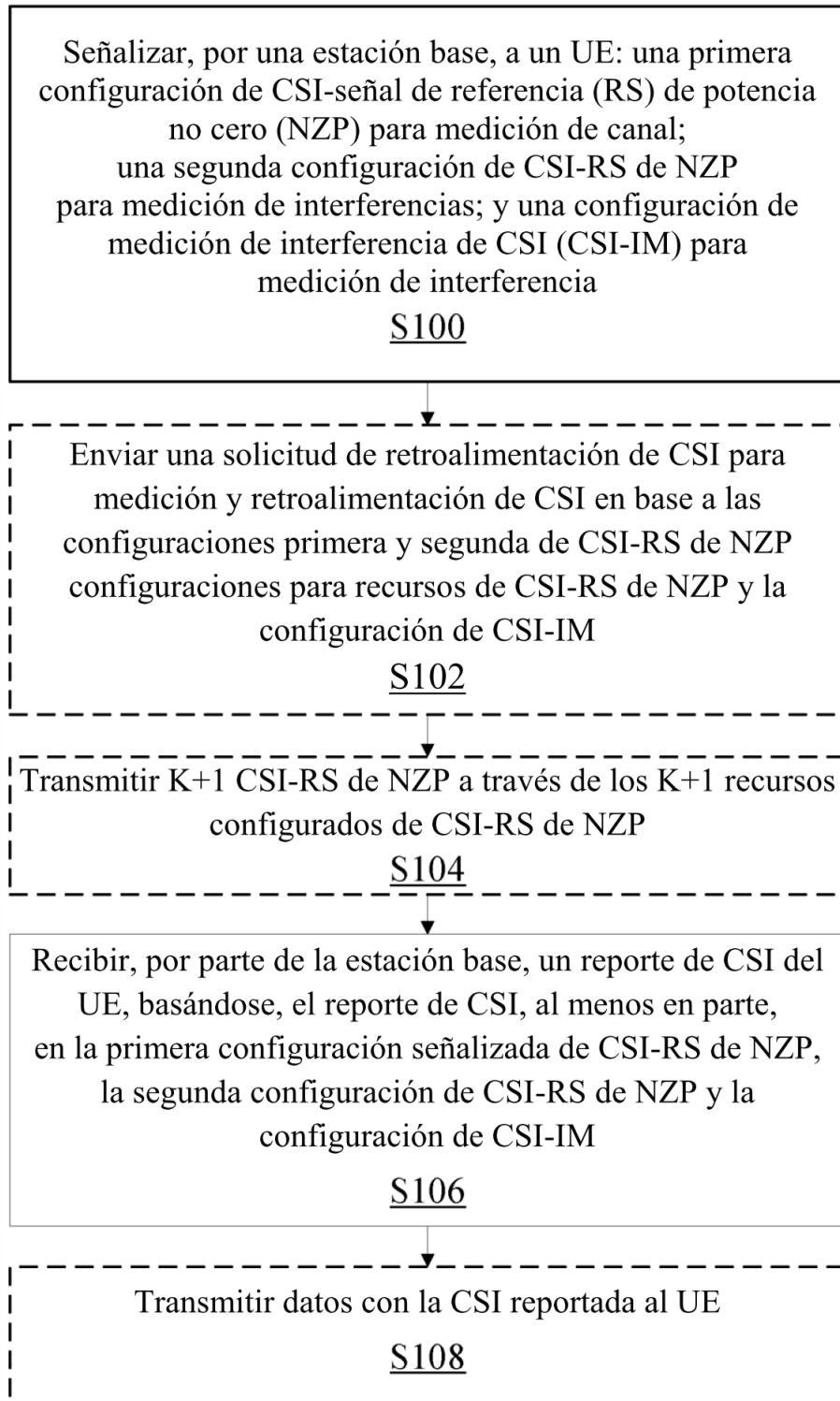


FIG. 10

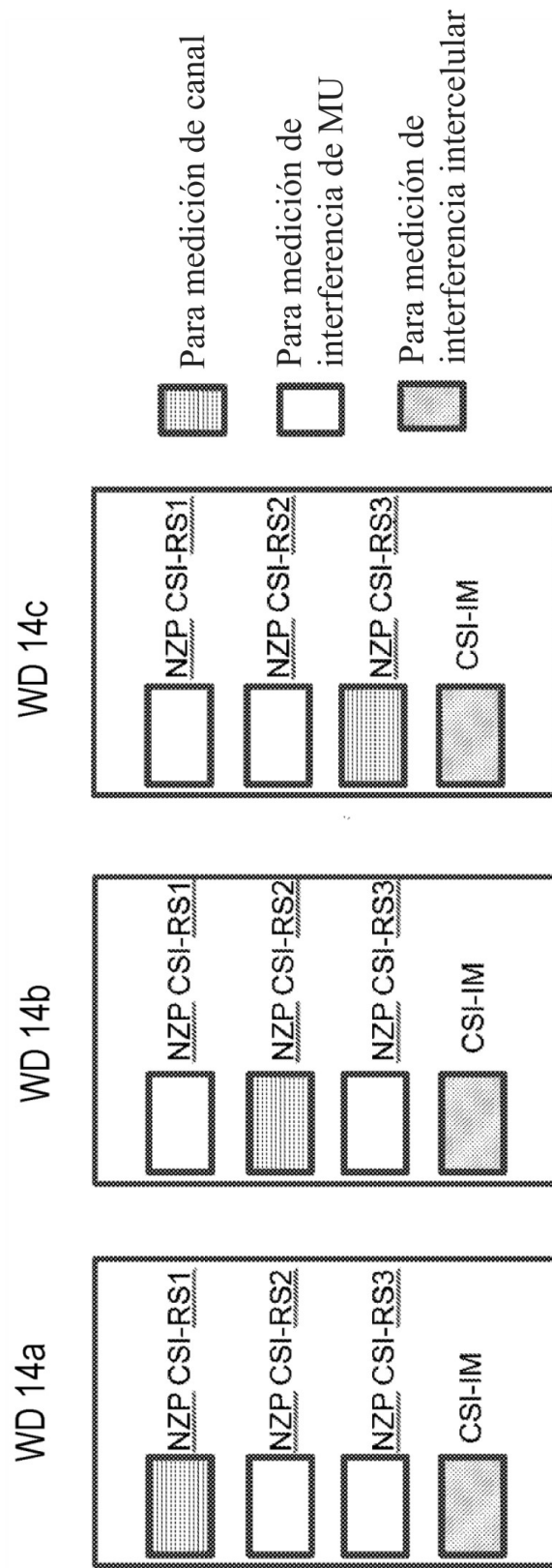


FIG. 11

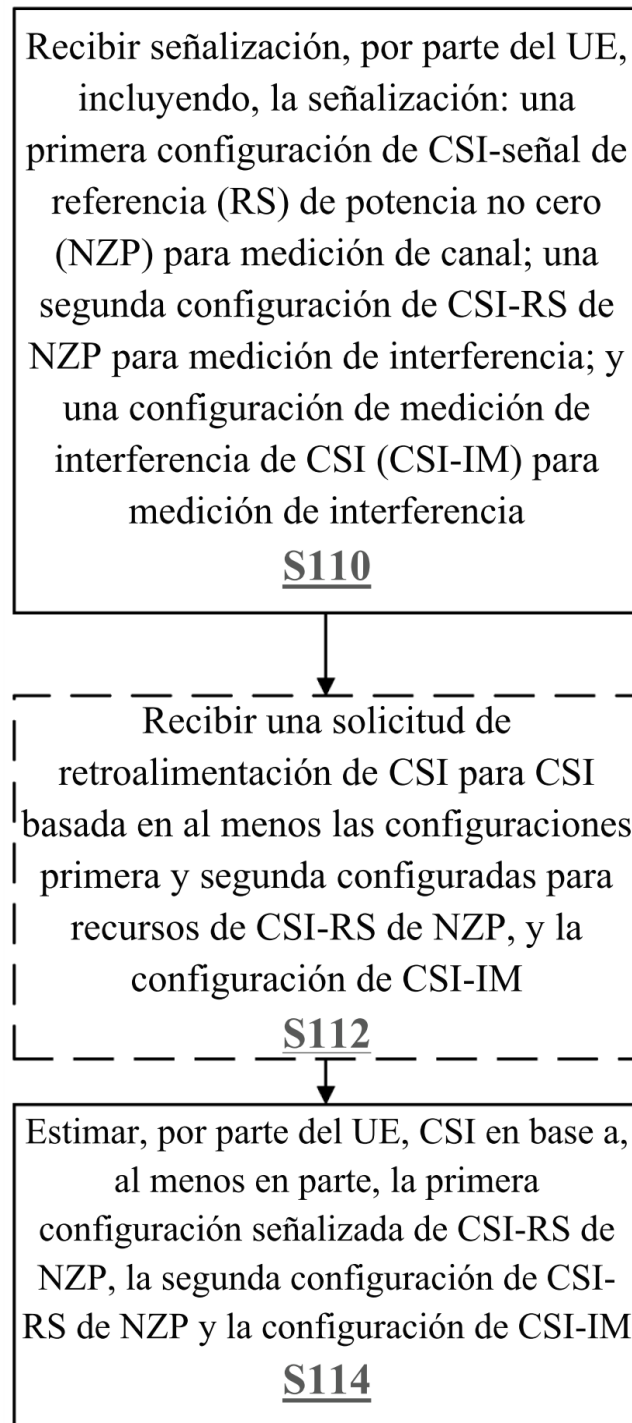


FIG. 12

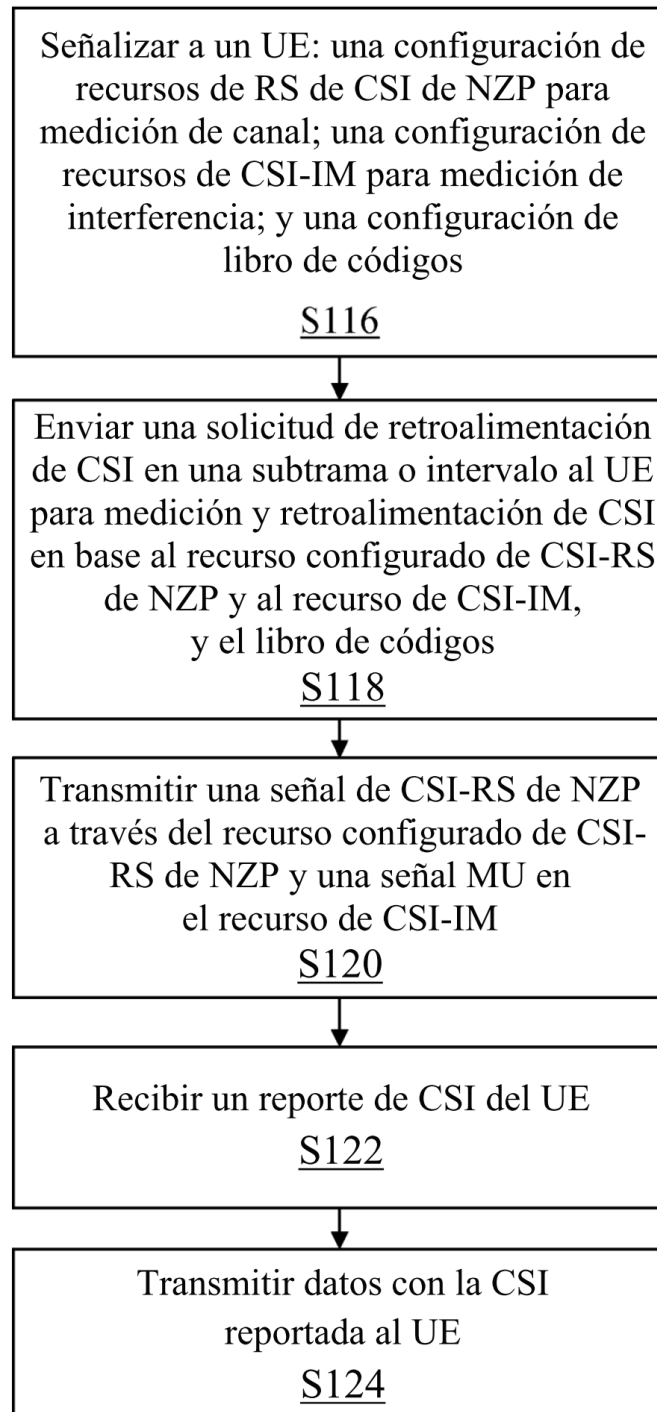


FIG. 13

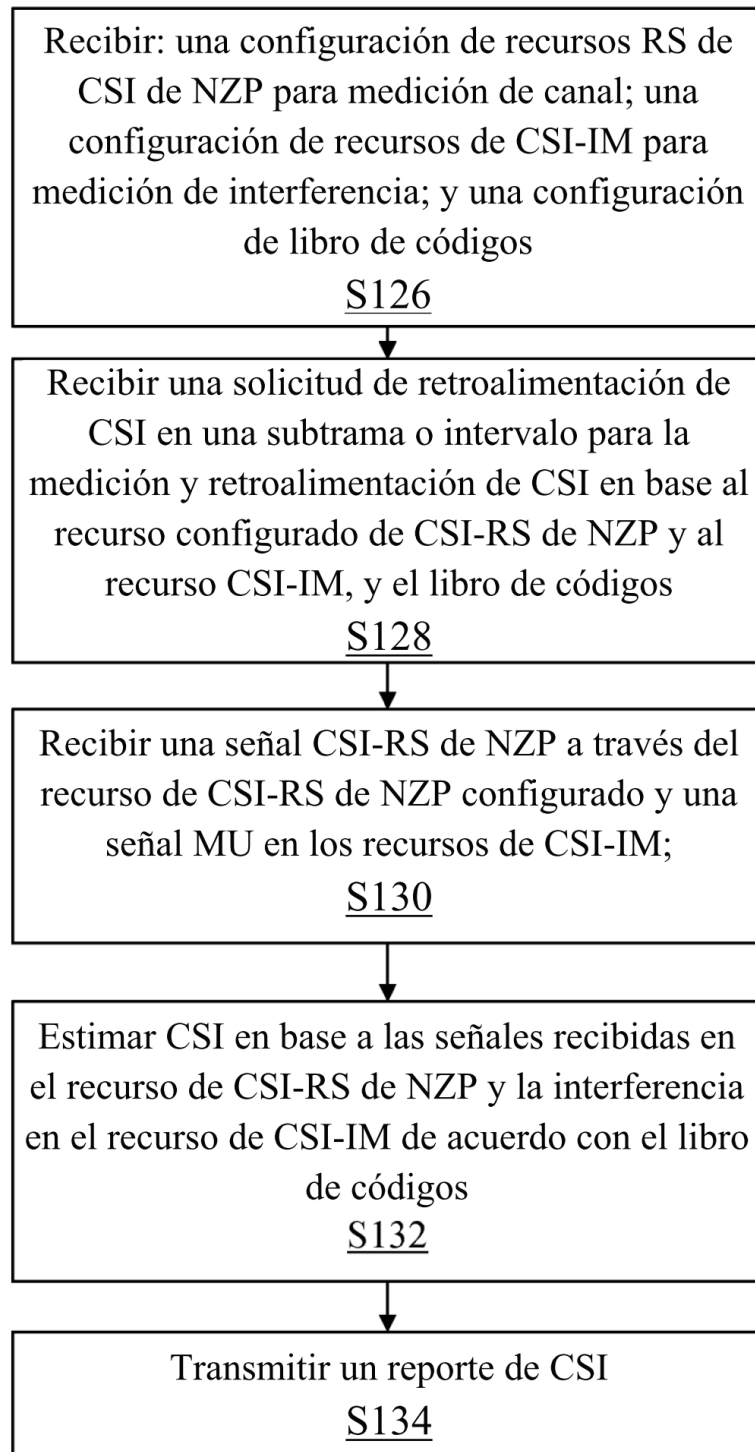


FIG. 14

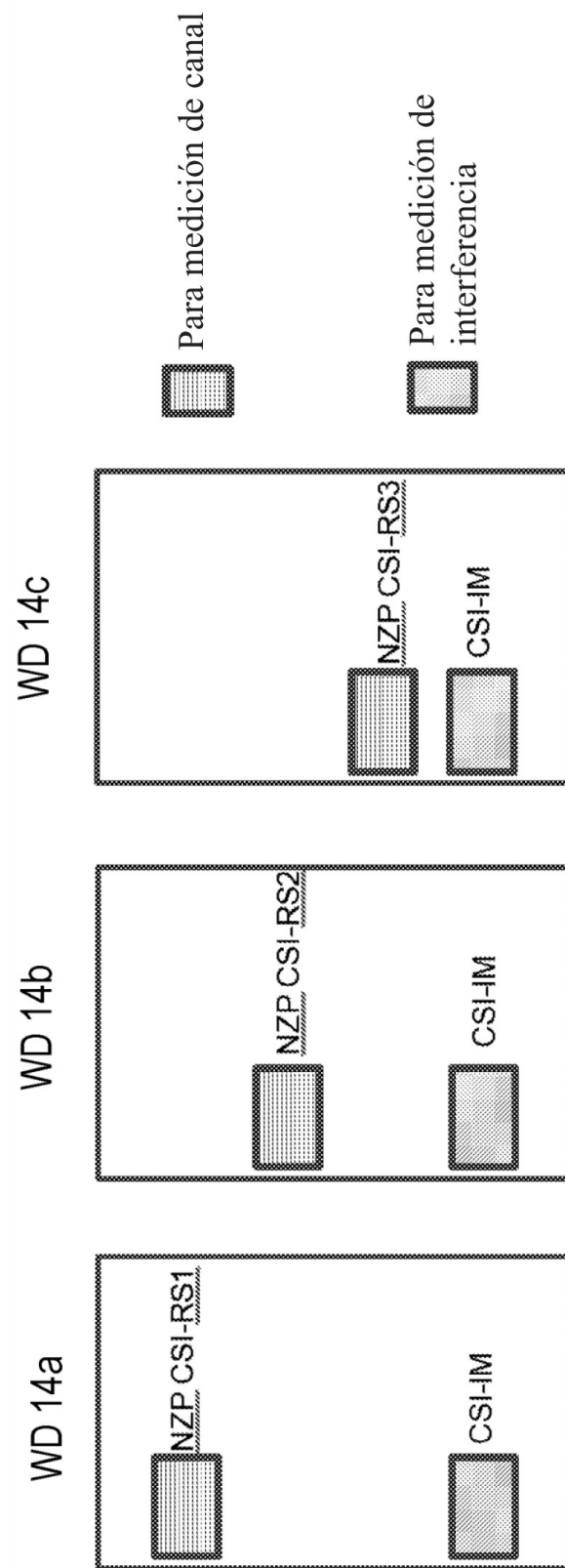


FIG. 15

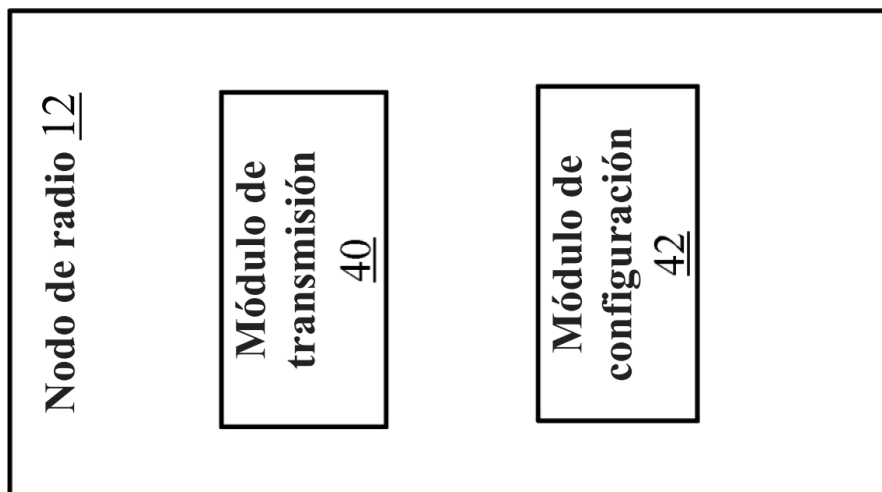


FIG. 16

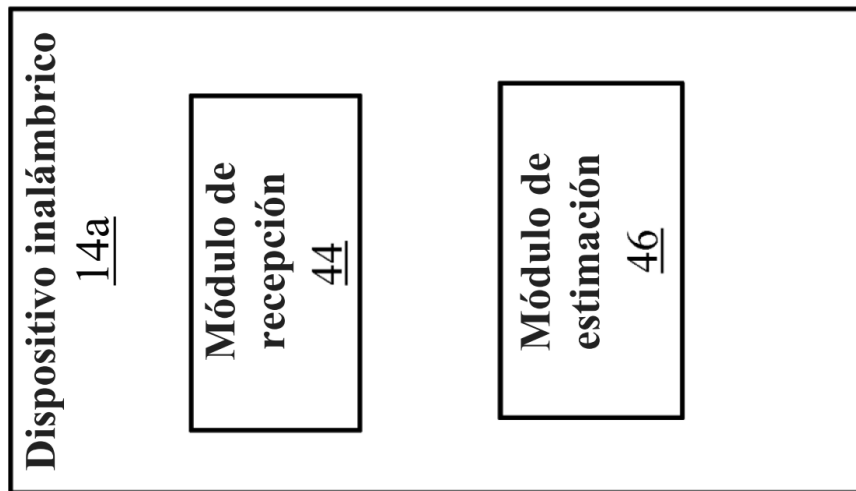


FIG. 17