

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 975 037**

51 Int. Cl.:

**H04B 7/06** (2006.01)

**H04L 5/00** (2006.01)

**H04W 72/04** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2016 E 20186899 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2024 EP 3758250**

54 Título: **Configuración de señales de referencia de medición para MIMO**

30 Prioridad:

**14.05.2015 US 201562161729 P**

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

**02.07.2024**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FRENNE, MATTIAS;  
HARRISON, ROBERT MARK;  
GAO, SHIWEI y  
MURUGANATHAN, SIVA**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 975 037 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

Configuración de señales de referencia de medición para MIMO

**Solicitudes relacionadas**

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional de número de serie 62/161.729, presentada el 14 de mayo de 2015.

**Sector técnico**

Esta invención se refiere a la configuración de señales de referencia de medición y, en particular, a la configuración de señales de referencia de medición para un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO, Multiple Input, Multiple Output).

10 **Antecedentes**

*Precodificación basada en libro de códigos*

15 Las técnicas de antenas múltiples pueden aumentar significativamente las velocidades de datos y la fiabilidad de un sistema de comunicación inalámbrica. El rendimiento mejora particularmente si tanto el transmisor como el receptor están equipados con múltiples antenas, lo que da como resultado un canal de comunicación de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). Estos sistemas y/o técnicas relacionadas se denominan comúnmente MIMO.

20 El estándar Evolución a largo plazo (LTE, Long Term Evolution) del Proyecto de asociación de tercera generación (3GPP, Third Generation Partnership Project) está evolucionando actualmente con soporte de MIMO mejorado. Un componente central de LTE es el soporte de implementaciones de antenas de MIMO y técnicas relacionadas con MIMO. Actualmente, LTE-Avanzado soporta un modo de multiplexación en el espacio de 8 capas para ocho antenas de transmisión (TX) con precodificación dependiente del canal. El modo de multiplexación en el espacio está destinado a altas velocidades de datos en condiciones de canal favorables. En la figura 1 se da a conocer una ilustración de la operación de multiplexación en el espacio.

25 En particular, la figura 1 ilustra la estructura de transmisión del modo de multiplexación en el espacio precodificada, en LTE. Tal como se ve, la información que transporta el vector de símbolos  $\mathbf{s}$  se multiplica por una matriz de precodificación  $\mathbf{W}$  de  $N_T \times r$ , que sirve para distribuir la energía de transmisión en un subespacio del espacio vectorial dimensional  $N_T$  (correspondiente a  $N_T$  puertos de antena). La matriz de precodificación habitualmente se selecciona de un libro de códigos de posibles matrices de precodificación y, habitualmente, se indica por medio de un indicador de matriz de precodificación (PMI, Precoder Matrix Indicator), que especifica una sola matriz de precodificación en el libro de códigos para un número determinado de flujos de símbolos. Cada uno de los  $r$  símbolos en  $\mathbf{s}$  corresponde a una capa, y  $r$  se conoce como rango de transmisión. De esta manera, se consigue la multiplexación en el espacio, puesto que se pueden transmitir múltiples símbolos simultáneamente sobre el mismo elemento de recurso de tiempo y frecuencia (TFRE, Time/Frequency Resource Element). El número  $r$  de símbolos habitualmente se adapta para adaptarse a las propiedades actuales del canal.

35 LTE utiliza multiplexación por división ortogonal de la frecuencia (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing) en el enlace descendente (y OFDM precodificada mediante transformada discreta de Fourier (DFT, Discrete Fourier Transform) en el enlace ascendente) y, por ello, el vector  $\mathbf{y}_n$  de  $N_R \times 1$  recibido para un determinado TFRE en la subportadora  $n$  (o, alternativamente, número  $n$  de TFRE de datos número  $n$ ) es modelizado, por lo tanto mediante

$$\mathbf{y}_n = \mathbf{H}_n \mathbf{W} \mathbf{s}_n + \mathbf{e}_n$$

40 donde  $\mathbf{e}_n$  es un vector de ruido/interferencia obtenido como realizaciones de un proceso aleatorio. El precodificador  $\mathbf{W}$  puede ser un precodificador de banda ancha, que es constante en una frecuencia, o selectivo en frecuencia.

45 La matriz de precodificación a menudo se elige para que coincida con las características de la matriz  $\mathbf{H}$  de canales de MIMO de  $N_R \times N_T$ , lo que da como resultado la denominada precodificación dependiente del canal. Esto también se conoce comúnmente como precodificación de circuito cerrado y, esencialmente, busca enfocar la energía de transmisión en un subespacio que sea fuerte en el sentido de transmitir gran parte de la energía transmitida al dispositivo inalámbrico (por ejemplo, dispositivo de equipo de usuario (UE, User Equipment)). Además, la matriz de precodificación también puede ser seleccionada para esforzarse por ortogonalizar el canal, lo que significa que después de una ecualización lineal adecuada en el dispositivo inalámbrico, se reduce la interferencia entre capas.

50 El rango de transmisión y, por lo tanto, el número de capas multiplexadas en el espacio, se refleja en el número de columnas del precodificador. Para un rendimiento eficiente, es importante seleccionar un rango de transmisión que coincida con las propiedades del canal.

*Símbolos/señales de referencia de Información del estado del canal (CSI-RS, Channel State Information Reference Symbols/Signals)*

En LTE Versión-10, se introdujo una nueva secuencia de símbolos de referencia con la intención de estimar la información del estado del canal (CSI, Channel State Information), la CSI-RS para hasta 8 antenas. La CSI-RS proporciona varias ventajas sobre basar la retroalimentación de la CSI en los símbolos/señales de referencia comunes (CRS, Common Reference Symbols/signals) que se utilizaron, para ese fin, en versiones anteriores. En primer lugar, la CSI-RS no se utiliza para la demodulación de la señal de datos y, por lo tanto, no requiere la misma densidad (es decir, la sobrecarga de la CSI-RS es sustancialmente menor).

En segundo lugar, la CSI-RS proporciona un medio mucho más flexible para configurar las mediciones de retroalimentación de CSI (por ejemplo, qué recurso de CSI-RS medir se puede configurar de una manera específica para el dispositivo inalámbrico).

Realizando una medición en una CSI-RS, un dispositivo inalámbrico puede estimar el canal efectivo que atraviesa la CSI-RS, incluido el canal de propagación de radio y la ganancia de la antena. En mayor rigor matemático, esto implica que si se transmite una señal  $\mathbf{X}$  de CSI-RS conocida, un dispositivo inalámbrico puede estimar el acoplamiento entre la señal transmitida y la señal recibida (es decir, el canal efectivo). Por ello, si no se realiza ninguna virtualización en la transmisión, la señal  $\mathbf{y}$  recibida se puede expresar como

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{e}$$

y el dispositivo inalámbrico puede estimar el canal  $\mathbf{H}$  efectivo.

Se pueden configurar hasta ocho puertos de CSI-RS; es decir, el dispositivo inalámbrico puede estimar el canal de hasta ocho antenas de transmisión. Las CSI-RS se modulan utilizando una secuencia que depende de un identificador (ID) de celda virtual, que puede ser diferente del ID de celda que se utiliza en la celda. La CSI-RS utiliza un código de cubierta ortogonal (OCC, Orthogonal Cover Code) de longitud dos para superponer dos puertos de antena en dos elementos de recursos (RE, Resource Elements) consecutivos. Tal como se ve en las figuras 2A-2C, hay disponibles muchos patrones de CSI-RS diferentes. Para el caso de dos puertos de antena de CSI-RS (figura 2A), hay 20 patrones diferentes dentro de una subtrama. El número correspondiente de patrones es diez y cinco para cuatro y ocho puertos de antena de CSI-RS, respectivamente. Para la duplexación por división del tiempo (TDD, Time Division Duplexing), están disponibles algunos patrones de CSI-RS adicionales.

En subtramas configuradas para la transmisión de señales de referencia de CSI, una secuencia de señales de referencia CSI-RS  $r_{l,n_s}(m)$  es asignada a símbolos de modulación de valores complejos  $a_{k,l}^{(p)}$  utilizados como símbolos de referencia en el puerto de antena  $p$  como sigue:

$$a_{k,l}^{(p)} = w_p \cdot r_{l,n_s}(m')$$

donde  $n_s \in \{0,1\}$  es el número de intervalo dentro de una trama de radio y  $l \in \{0,1,2,\dots,6\}$  es el número de símbolo de OFDM dentro del intervalo,  $m = 0,1,\dots, N_{RB}^{max,DL} - 1$  es el índice de PRB y  $N_{RB}^{max,DL}$  es el número máximo de PRB en el enlace descendente soportado por LTE,  $k \in \{0,1,2,\dots,12N_{RB}^{DL} - 1\}$  es el índice de subportadora y  $N_{RB}^{DL}$  es el número de PRB en el ancho de banda de un sistema de enlace descendente,  $w_p$  y  $m'$  se describen con más detalle a continuación.

Las configuraciones de la señal de referencia de CSI se dan en la Tabla 1, tomada de la Especificación Técnica (TS, Technical Specification) 36.211 V12.5.0, que se ilustra en la figura 3. Por ejemplo, la configuración 4 de CSI-RS para cuatro puertos de antena utiliza  $(k', l') = (9, 5)$  en el intervalo 1 (el segundo intervalo de la subtrama), y utilizando las fórmulas siguientes, los puertos 15, 16, utilizan OCC sobre los elementos de recursos  $(k, l) = (9, 5), (9, 6)$  y los puertos 17, 18 utilizan OCC sobre RE  $(3, 5), (3, 6)$  respectivamente (suponiendo que el índice del bloque de recursos físicos (PRB, Physical Resource Block)  $m = 0$ ). Cabe señalar, con respecto al índice  $l$  de símbolo de OFDM, que mientras que las figuras 2A-2C (y otras figuras similares) muestran los números de símbolo de OFDM del 0 al 13, en la Tabla 1 ilustrada en la figura 3 y en las ecuaciones que siguen, los símbolos de OFDM están indexados como símbolos de OFDM de 0 a 6 del intervalo 0 (donde  $n_s \bmod(2) = 0$ ) y símbolos de OFDM de 0 a 6 del intervalo 1 (donde  $n_s \bmod(2) = 1$ ). El código de cobertura ortogonal (OCC) se introduce a continuación mediante el factor  $w_p$ .

$$k = k' + 12m + \begin{cases} -0 \text{ para } p \in \{15,16\}, \text{ prefijo cíclico normal} \\ -6 \text{ para } p \in \{17,18\}, \text{ prefijo cíclico normal} \\ -1 \text{ para } p \in \{19,20\}, \text{ prefijo cíclico normal} \\ -7 \text{ para } p \in \{21,22\}, \text{ prefijo cíclico normal} \\ -0 \text{ para } p \in \{15, 16\}, \text{ prefijo cíclico extendido} \\ -3 \text{ para } p \in \{17,18\}, \text{ prefijo cíclico extendido} \\ -6 \text{ para } p \in \{19,20\}, \text{ prefijo cíclico extendido} \\ -9 \text{ para } p \in \{21, 22\}, \text{ prefijo cíclico extendido} \end{cases}$$

$$l = l'$$

$$+ \begin{cases} l' \text{ configuraciones } 0 - 19 \text{ de la señal de referencia, prefijo cíclico normal} \\ 2l' \text{ configuraciones } 20 - 31 \text{ de la señal de referencia, prefijo cíclico normal} \\ l' \text{ configuraciones } 0 - 27 \text{ de la señal de referencia, prefijo cíclico normal} \end{cases}$$

$$w_{l'} = \begin{cases} l & p \in \{15,17,19,21\} \\ (-1)^{l'} & p \in \{16,18,20,22\} \end{cases}$$

$$l' = 0,1$$

$$m = 0,1, \dots, N_{RB}^{DL} - 1$$

$$m' = m + \left\lfloor \frac{N_{RB}^{max,DL} - N_{RB}^{DL}}{2} \right\rfloor$$

## 5 Matrices de antenas bidimensionales (2D)

Los desarrollos recientes en el 3GPP han llevado al análisis sobre las matrices de antenas 2D donde cada elemento de antena tiene una fase y control de amplitud independiente, lo que permite la formación de haces en la dimensión tanto vertical como horizontal. Dichas matrices de antenas se pueden describir (parcialmente) por el número de columnas de antenas correspondientes a la dimensión horizontal  $M_h$ , el número de filas de antenas correspondientes a la dimensión vertical  $M_v$  y el número de dimensiones correspondientes a las diferentes polarizaciones  $M_p$ . Por lo tanto, el número total de antenas es  $M = M_h M_v M_p$ . Un ejemplo de una antena donde  $M_h = 8$  y  $M_v = 4$ , suponiendo que un elemento de antena corresponde a un puerto de antena, se ilustra en la figura 4. La antena consta, además, de elementos de antena con polarización cruzada, lo que significa que  $M_p = 2$ . Una antena de este tipo se denomina matriz de antenas de 8 x 4 con elementos de antena con polarización cruzada.

Cabe señalar que el concepto de elemento de antena es no limitativo, en el sentido de que se puede referir a cualquier virtualización (por ejemplo, asignación lineal) de una señal transmitida a los elementos físicos de la antena. Por ejemplo, grupos de elementos físicos de antena podrían recibir la misma señal y, por lo tanto, compartirían el mismo puerto de antena virtualizado cuando se los observe mediante el receptor. Por lo tanto, el receptor no puede distinguir y medir el canal de cada elemento de antena individual dentro del grupo de elementos que están virtualizados juntos. Por ello, los términos "elemento de antena", "puerto de antena" o simplemente "puerto" deben ser considerados intercambiables en este documento. El documento WO 2014/051374 A1 (LG ELECTRONICS INC [KR]) del 3 de abril de 2014 (2014-04-03) da a conocer señalización de patrones de CSI-RS extendidos que están basados en patrones de CSI-RS heredados de 1, 2, 4, 8 puertos.

### Compendio

La invención está definida por las reivindicaciones adjuntas. Los expertos en la materia apreciarán el alcance de la presente invención y descubrirán aspectos adicionales de la misma después de la lectura de la siguiente descripción detallada de las realizaciones en asociación con las figuras de los dibujos adjuntos.

### Breve descripción de los dibujos

Las figuras de los dibujos adjuntos incorporadas y que forman parte de esta memoria descriptiva ilustran varios aspectos de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

La figura 1 es una ilustración de una operación de multiplexación en el espacio;

las figuras 2A a 2C ilustran muchos patrones diferentes de señal de referencia de información del estado de canal (CSI-RS) que están disponibles en la Versión 12 de la Evolución a largo plazo (LTE) del Proyecto de asociación de

tercera generación (3GPP);

la figura 3 ilustra una tabla tomada de la Especificación Técnica (TS) 36.211 del 3GPP V12.5.0, que define muchos patrones o configuraciones de CSI-RS diferentes, disponibles en LTE Versión 12 del 3GPP;

la figura 4 ilustra una antena bidimensional (2D);

5 la figura 5 ilustra un ejemplo de una red de comunicaciones celular en el que se dan a conocer configuraciones de CSI-RS de 6 puertos y/o más de 8 puertos, según algunas realizaciones de la presente invención;

la figura 6 ilustra una tabla de configuración de CSI-RS extendida que soporta CSI-RS de 6 puertos y CSI-RS de 10, 12, 14 y 16 puertos, según algunas realizaciones de la presente invención;

10 la figura 7 ilustra un ejemplo de la asignación de elementos de recursos (RE) correspondiente para las dos configuraciones de CSI-RS de 16 puertos de la figura 6;

la figura 8 ilustra un ejemplo de la asignación del número de puerto de CSI-RS al RE para las dos configuraciones de CSI-RS de 16 puertos de la figura 6;

la figura 9 ilustra otro ejemplo de dos configuraciones de CSI-RS de 16 puertos, según algunas realizaciones de la presente invención;

15 la figura 10 ilustra una asignación de RE correspondiente para las dos configuraciones de CSI-RS de 16 puertos de la figura 9, según algunas realizaciones de la presente invención;

la figura 11 ilustra el funcionamiento de una estación base y un dispositivo inalámbrico para utilizar una nueva configuración de CSI-RS, según algunas realizaciones de la presente invención;

20 la figura 12 ilustra el funcionamiento de una estación base y un dispositivo inalámbrico para utilizar una nueva configuración de CSI-RS, según algunas otras realizaciones de la presente invención;

la figura 13 ilustra un ejemplo en el que cuatro puertos de CSI-RS están multiplexados en cuatro RE en el dominio del tiempo utilizando un código de cubierta ortogonal (OCC) de longitud 4, según algunas realizaciones de la presente invención;

25 La figura 14 ilustra el funcionamiento de una estación base y un dispositivo inalámbrico para utilizar una nueva configuración de CSI-RS, según algunas realizaciones de la presente invención;

La figura 15 ilustra un ejemplo en el que la tabla de configuración de CSI-RS existente se amplía incluyendo una nueva columna para cada uno de seis, diez, doce, catorce y dieciséis puertos de CSI-RS, según algunas realizaciones de la presente invención;

30 la figura 16 ilustra un ejemplo de diez configuraciones de puerto de CSI-RS que permiten un aumento de potencia uniforme, según algunas realizaciones de la presente invención;

la figura 17 ilustra un ejemplo de doce configuraciones de puerto de CSI-RS que permiten un aumento de potencia uniforme, según algunas realizaciones de la presente invención;

la figura 18 ilustra un ejemplo de una configuración de CSI-RS de 14 puertos conseguida fusionando varias de las configuraciones de CSI-RS existentes, según algunas realizaciones de la presente invención;

35 la figura 19 ilustra el funcionamiento de una estación base y un dispositivo inalámbrico para utilizar configuraciones de CSI-RS fusionadas, según algunas realizaciones de la presente invención;

la figura 20 ilustra las veinte configuraciones de CSI-RS de 2 puertos;

la figura 21 ilustra cuatripletas de RE con un OCC 2D de longitud 2 tanto en tiempo como en frecuencia, que se pueden utilizar según algunas realizaciones de la presente invención;

40 la figura 22 ilustra el funcionamiento de una estación base y un dispositivo inalámbrico para utilizar un mapa de bits para la configuración de CSI-RS, según algunas realizaciones de la presente invención;

las figuras 23 y 24 son diagramas de bloques de un dispositivo inalámbrico, según algunas realizaciones de la presente invención; y

45 las figuras 25 a 27 son diagramas de bloques de un nodo de acceso por radio, según algunas realizaciones de la presente invención.

## Descripción detallada

Las realizaciones expuestas a continuación representan información para permitir a los expertos en la materia poner en práctica las realizaciones e ilustrar el mejor modo de puesta en práctica de las realizaciones. Tras la lectura de la siguiente descripción a la luz de las figuras de los dibujos adjuntos, los expertos en la materia comprenderán los conceptos de la invención y reconocerán las aplicaciones de estos conceptos que no se abordan particularmente en este documento. Se debe comprender que estos conceptos y aplicaciones caen dentro del alcance de la invención y de las reivindicaciones adjuntas.

**Nodo de radio:** tal como se utiliza en este documento, un “nodo de radio” es un nodo de acceso por radio o un dispositivo inalámbrico.

**Nodo de acceso por radio:** tal como se utiliza en este documento, un “nodo de acceso por radio” es cualquier nodo en una red de acceso por radio de una red de comunicaciones celular que funciona para transmitir y/o recibir señales de manera inalámbrica. Algunos ejemplos de un nodo de acceso por radio incluyen, entre otros, una estación base (por ejemplo, un Nodo B (eNB) mejorado o evolucionado en una red de Evolución a largo plazo (LTE) del Proyecto de asociación de tercera generación (3GPP), una macro estación base o de alta potencia, una estación base de baja potencia (por ejemplo, una microestación base, una picoestación base, un eNB doméstico o similar) y un nodo de retransmisión.

**Nodo de red central:** tal como se utiliza en este documento, un “nodo de red central” es cualquier tipo de nodo en una red central (CN, Core Network). Algunos ejemplos de un nodo de red central incluyen, por ejemplo, una Entidad de gestión de la movilidad (MME, Mobility Management Entity), una Puerta de enlace de red de datos en paquetes (PDN, Packet Data Network) (P-GW, PDN GateWay), una Función de exposición de capacidad de servicio (SCEF, Service Capability Exposure Function), o similares.

**Dispositivo inalámbrico:** tal como se utiliza en este documento, un “dispositivo inalámbrico” es cualquier tipo de dispositivo que tenga acceso a (es decir, es atendido por) una red de comunicaciones celular mediante la transmisión y/o recepción inalámbrica de señales a uno o varios nodo de acceso por radio. Algunos ejemplos de un dispositivo inalámbrico incluyen, entre otros, un dispositivo de equipo de usuario (UE) en una red 3GPP y un dispositivo de comunicación de tipo máquina (MTC, Machine Type Communication).

**Nodo de red:** tal como se utiliza en el presente documento, un “nodo de red” es cualquier nodo que forme parte de la red de acceso por radio o de la CN de una red/sistema de comunicaciones celulares.

Cabe señalar que la descripción proporcionada en el presente documento se centra en un sistema de comunicaciones celulares del 3GPP y, de este modo, a menudo se utiliza terminología de LTE del 3GPP o terminología similar a la terminología de LTE del 3GPP. No obstante, los conceptos dados a conocer en el presente documento no están limitados a LTE o a un sistema del 3GPP. Aunque en esta invención se ha utilizado terminología de LTE del 3GPP como ejemplo, esto no debe ser considerado solamente como una limitación del alcance de la invención al sistema mencionado anteriormente. Otros sistemas inalámbricos, incluido el acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA, Wideband Code Division Multiple Access), WiMax, la banda ancha ultramóvil (UMB, Ultra Mobile Broadband) y el sistema global para comunicaciones móviles (GSM, Global System for Mobile Communications) también se pueden beneficiar de aprovechar las ideas cubiertas en esta invención.

Asimismo, cabe señalar que la terminología, tal como eNB y UE, debe ser considerada no limitativa y no implica una cierta relación jerárquica entre los dos; en general, el “eNB” podría ser considerado como el dispositivo 1 y el “UE”, como el dispositivo 2, y estos dos dispositivos se comunican entre sí a través de algún canal de radio. En este documento, la atención se centra en las transmisiones inalámbricas en el enlace descendente, pero la invención es igualmente aplicable en el enlace ascendente. Otra terminología para el eNB incluye estación base, nodo de red, etc. Un UE también se puede denominar dispositivo de comunicación inalámbrica, dispositivo inalámbrico, dispositivo móvil, etc.

Cabe señalar que, en la descripción del presente documento, se puede hacer referencia al término “celda”; no obstante, particularmente con respecto a los conceptos de quinta generación (5G), se pueden utilizar haces en lugar de celdas y, por lo tanto, es importante señalar que los conceptos descritos en este documento son igualmente aplicables tanto a las celdas como a los haces.

En LTE versión 12, se admiten dos, cuatro y ocho puertos de antena de múltiple entrada y múltiple salida (MIMO). En la versión 13, se están debatiendo otras dimensiones, tales como matrices de antenas con seis puertos de antena o más de ocho puertos de antena y con un diseño bidimensional (2D). Se definen nuevas configuraciones de símbolo/señal de referencia de información de estado de canal (CSI-RS). En particular, son de interés las configuraciones de información de estado del canal (CSI) que tienen seis, diez, doce, catorce y dieciséis puertos de antena. Otro problema es cómo garantizar que se pueda aplicar el aumento de potencia de la CSI-RS. La solución al problema es fusionar de manera eficiente múltiples configuraciones de CSI-RS de dos, cuatro u ocho puertos de antena existentes, teniendo en cuenta los aspectos de aumento de potencia y aspectos generales de señalización. Cabe señalar que, en el presente documento en ocasiones se hace referencia a un puerto de antena como “puerto”.

Sin limitarse a esto, a continuación se describen algunas realizaciones de ejemplo. En una primera realización de ejemplo, la señalización de CSI-RS existente se amplía para soportar seis configuraciones de puertos de CSI-RS o más de ocho configuraciones de puertos de CSI-RS. Los puertos de CSI-RS se asignan a un grupo de elementos de recursos (RE) que pueden tener más RE de CSI-RS que puertos de CSI-RS. El grupo puede estar indexado mediante un número de índice de configuración de CSI-RS, y se puede utilizar el mismo número de índice de configuración de CSI-RS para diez, doce, catorce y dieciséis puertos de CSI-RS, es decir, los mismos RE están reservados para diez, doce, catorce y dieciséis puertos. De manera similar, se puede utilizar un índice de configuración de CSI-RS para seis y ocho puertos. Los puertos de CSI-RS se pueden asignar dentro de un grupo para facilitar un aumento uniforme de la potencia de CSI-RS en todos los puertos configurados. Se pueden utilizar códigos de código de cobertura ortogonal (OCC) de longitud 4 para multiplexar cuatro puertos de CSI-RS en cuatro RE para mejorar la estimación del canal de CSI-RS. Los cuatro RE pueden estar en cuatro símbolos de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia (OFDM) de una sola subportadora, cuatro subportadoras de un símbolo de OFDM o dos símbolos de OFDM y dos subportadoras.

En una segunda realización de ejemplo, la señalización de CSI-RS existente se amplía para soportar más de ocho configuraciones de puertos de CSI-RS. Se utilizan diferentes números de RE para diferentes números de puertos de CSI-RS, es decir, se puede reservar un número diferente de RE para seis, diez, doce, catorce y dieciséis puertos. Se permite un aumento de potencia de CSI-RS uniforme en todos los puertos configurados. Esta realización de ejemplo puede haber reducido la sobrecarga de CSI-RS para seis, diez y doce puertos en comparación con la primera realización de ejemplo.

En la tercera y cuarta realizaciones de ejemplo, se permite fusionar recursos de CSI-RS de dos, cuatro y ocho puertos para formar recursos de CSI-RS para seis, diez, doce, catorce y dieciséis puertos. Los recursos de una CSI-RS de 8 puertos, una CSI-RS de 4 puertos y una CSI-RS de 2 puertos se pueden fusionar para formar recursos para una CSI-RS de 14 puertos. Los recursos de dos CSI-RS de 8 puertos se pueden fusionar para formar recursos para una CSI-RS de 16 puertos. Los recursos de una CSI-RS de 8 puertos se pueden fusionar con los recursos de una CSI-RS de 4 puertos para formar recursos para una CSI-RS de 12 puertos. Los recursos de una CSI-RS de 8 puertos se pueden fusionar con los recursos de una CSI-RS de 2 puertos para formar recursos para una CSI-RS de 10 puertos. Los recursos de una CSI-RS de 4 puertos se pueden fusionar con los recursos de una CSI-RS de 2 puertos para formar recursos para una CSI-RS de 6 puertos.

La tercera y cuarta realizaciones de ejemplo también pueden permitir un aumento de potencia uniforme en todos los puertos de CSI-RS fusionados mediante la introducción de la restricción de que la CSI-RS fusionada tenga al menos cuatro RE de CSI-RS en cada símbolo de OFDM (de modo que se pueda tomar prestada energía de RE silenciados) en el caso de diez, doce, catorce y dieciséis puertos de CSI-RS. Para CSI-RS de 6 puertos, la CSI-RS fusionada tiene tres RE de CSI-RS en cada símbolo de OFDM. Para CSI-RS de 16 puertos fusionados, las CSI-RS de 8 puertos se pueden fusionar de manera flexible. Para CSI-RS de diez, doce y catorce puertos fusionados, las CSI-RS que se fusionarán se deben elegir entre los símbolos de OFDM {9, 10}. Para CSI-RS de seis puertos fusionadas, las CSI-RS de 2 y 4 puertos que se fusionarán se deben elegir del mismo par de símbolos de OFDM (de entre los pares de símbolos de OFDM {5, 6}, {9, 10} y {12, 13}).

En la realización de ejemplo tres, al menos en algunas realizaciones particulares, se utilizan once bits para señalar (por ejemplo, mediante señalización de control de los recursos de radio (RRC, Radio Resource Control)) una configuración de CSI-RS fusionada con seis, diez, doce, catorce o dieciséis puertos. Como ejemplo, los primeros cuatro bits más significativos (MSB, Most Significant Bits) se utilizan para seleccionar una o dos configuraciones de CSI-RS de 8 puertos, los siguientes tres MSB se utilizan para seleccionar una o ninguna configuración de RE de CSI-RS de 4 puertos y los tres bits menos significativos (LSB, Least Significant Bits) se utilizan para seleccionar una o ninguna configuración de RE de CSI-RS de 2 puertos.

En la realización de ejemplo cuatro, al menos en algunas realizaciones particulares, se utilizan siete bits para señalar (por ejemplo, mediante señalización de RRC) una configuración de CSI-RS fusionada con diez, doce, catorce o dieciséis puertos. Alternativamente, se utilizan ocho bits para señalar mediante RRC una configuración de CSI-RS fusionada con seis, diez, doce, catorce o dieciséis puertos.

Para ambas realizaciones tres y cuatro de ejemplo, la numeración de los puertos de antena para los recursos de CSI-RS fusionados se puede realizar de la siguiente manera, a modo de ejemplo. Primero, se numera la configuración de 8 puertos que se fusionan. A esto le sigue la configuración de 4 puertos (si se está fusionando uno) para la cual la numeración de puertos continúa desde el recurso de 8 puertos anterior y, finalmente, la configuración de 2 puertos (si se está fusionando uno). En caso de que se fusionen dos configuraciones de CSI-RS de 8 puertos, se numeran primero los recursos de CSI-RS de 8 puertos con la configuración más baja.

En una quinta realización de ejemplo, un mapa de bits indica qué RE contienen CSI-RS. Cada bit del mapa de bits se refiere a grupos de RE de CSI-RS, correspondientes a múltiples puertos de CSI-RS. Los RE dentro de los grupos son sustancialmente adyacentes en tiempo (símbolos de OFDM adyacentes), en frecuencia (subportadoras adyacentes), o sustancialmente adyacentes tanto en tiempo como en frecuencia. Los grupos pueden contener, por ejemplo, dos RE de CSI-RS adyacentes en el tiempo, utilizando la asignación de RE de CSI-RS de LTE versión 12. Los grupos también pueden estar compuestos por cuatro RE, con los RE en subportadoras y símbolos de OFDM adyacentes. Los grupos

pueden estar en ubicaciones fijas dentro de un bloque de recursos físicos (PRB) LTE, y dichas ubicaciones fijas pueden ser identificadas utilizando una regla predeterminada. Los grupos seleccionados por el mapa de bits no están necesariamente en los mismos símbolos de OFDM o en subportadoras adyacentes.

5 En la quinta realización de ejemplo, al menos en algunas realizaciones particulares, los grupos están cubiertos con un OCC y son, por ejemplo, de tamaño dos o de tamaño cuatro, coincidiendo el tamaño con el número de RE en el grupo. Se puede utilizar el mismo OCC para cada instancia de un grupo dentro de un PRB. Cuando el OCC es de tamaño cuatro, puede ser un OCC bidimensional aplicado tanto en frecuencia como en tiempo.

En la quinta realización de ejemplo, el mapa de bits también puede indicar qué puertos de CSI-RS están asignados a qué grupos de RE.

10 En la quinta realización de ejemplo, cada uno en el mapa de bits indica que un grupo de puertos de CSI-RS, por ejemplo dos puertos de CSI-RS, están asignados al grupo de CSI-RE. El número total de unos en el mapa de bits indica el número total de puertos de CSI-RS; por ejemplo, si hay siete "1" en el mapa de bits, se asignan catorce puertos de CSI-RS. Los puertos de CSI-RS se pueden asignar en orden uniformemente creciente, por ejemplo, estando asignado el puerto quince al bit indexado más bajo en el mapa de bits. Más de un bit del mapa de bits puede  
15 corresponder a un RE del grupo CSI-RS. Por ejemplo, si hay cuatro RE en el grupo, dos bits pueden corresponder a dos pares de puertos de CSI-RS asignados al grupo.

Las ventajas de las realizaciones descritas en el presente documento serán fácilmente evidentes para los expertos en la materia. Entre las ventajas se encuentran: los patrones de RE de CSI-RS existentes se pueden reutilizar, no hay impacto en la asignación del canal físico compartido de enlace descendente (PDSCH, Physical Downlink Shared Channel) para terminales heredados, puesto que las configuraciones de CSI-RS heredadas Zero Power (ZP) se  
20 pueden utilizar para evitar colisiones con seis, diez, doce, catorce o dieciséis puertos de CSI-RS de terminales más nuevos, los diseños de fusión garantizan la recuperación total de la cobertura mediante el aumento de energía y se minimiza la sobrecarga de señalización para la configuración.

En particular, las nuevas configuraciones de CSI-RS se pueden obtener de varias maneras. Por ejemplo, un modo de obtener configuraciones de CSI-RS es señalando una fusión de múltiples configuraciones de CSI-RS existentes (dos, cuatro u ocho). Por ejemplo, se puede obtener una configuración de CSI-RS de 12 puertos fusionando una configuración de CSI-RS de 8 puertos y un recurso de CSI-RS de 4 puertos. En otras palabras, se puede obtener un recurso de CSI-RS de 12 puertos fusionando recursos para una configuración de CSI-RS de 8 puertos y recursos para una configuración de CSI-RS de 4 puertos. Con este enfoque se pueden obtener seis, diez, doce y dieciséis puertos  
25 de CSI-RS fusionando dos configuraciones existentes. Para soportar catorce puertos, se pueden fusionar tres configuraciones existentes (configuración de CSI-RS de 8 puertos + configuración de CSI-RS de 4 puertos + configuración de CSI-RS de 2 puertos). Otro modo de señalar una configuración de CSI-RS es señalar un mapa de bits de longitud igual al número total de pares de RE que pueden ser utilizados para CSI-RS en LTE heredada (por ejemplo, 20 pares para duplexación por división de la frecuencia (FDD, Frequency Division Duplexing) y 32 pares para duplexación por división del tiempo (TDD)). Por lo tanto, el mapa de bits indica al UE si un par de RE contiene CSI-RS o no. Por ejemplo, un mapa de bits con siete "unos" y los bits restantes "cero" indica los recursos de CSI-RS de potencia distinta de cero (NZP, Non-Zero Power) y que se ha configurado un recurso de CSI-RS de catorce puertos. Por lo tanto, para cada par, el UE supone un OCC, de modo que cada par proporcione dos puertos.  
30

Esta invención describe varias realizaciones sobre cómo señalar eficientemente estos recursos de CSI-RS. Aspectos que se consideran en el diseño de la señalización también son la posibilidad de realizar aumentos de potencia. Puesto que cada CSI-RS se transmite desde una antena física independiente, tiene su propio amplificador de potencia de transmisión. Además, puesto que todas las demás antenas están silenciadas en los RE donde una antena está transmitiendo, existe la posibilidad de aumentar la potencia de los RE de CSI-RS de la antena de transmisión. En otras palabras, los RE de CSI-RS utilizados para otros puertos de antena distintos del puerto de antena transmitido desde una antena física particular están silenciados. Por lo tanto, se puede "tomar prestada" energía de estos RE silenciados (en el mismo símbolo de OFDM) para aumentar la potencia de transmisión de la CSI-RS mientras se mantiene la misma potencia de transmisión total por cada antena.  
35

La posibilidad de aumentar la potencia depende del número de puertos de antena multiplexados en frecuencia dentro de un símbolo de OFDM. Por ejemplo, cuando se configuran ocho puertos de CSI-RS en los símbolos de OFDM cinco y seis, hay cuatro RE de CSI-RS en cada uno de los dos símbolos de OFDM. Para cada puerto de antena, la CSI-RS correspondiente se transmite solo en un RE de CSI-RS por cada símbolo de OFDM en cada bloque de recursos, los otros tres RE en el mismo símbolo de OFDM y el mismo bloque de recursos se silencian y no se transmite ninguna señal. Por lo tanto, la potencia que se habría utilizado en esos tres RE silenciados se puede utilizar para aumentar la CSI-RS transmitida en el RE no silenciado. En este ejemplo, se puede aplicar un aumento de potencia de hasta 6 decibelios (dB) ( $=10\log_{10}(4)$ ) a la transmisión de CSI-RS.  
40  
45  
50  
55

Cuando se utiliza un OCC para multiplexar señales CSI-de RS en el dominio del tiempo, la frecuencia o tanto en el tiempo como en la frecuencia, la energía en múltiples RE cubiertos por el OCC se puede combinar en el receptor del UE. Esto puede aumentar la relación de señal a ruido (SNR, Signal to Noise Ratio) y, de este modo, mejorar aún más el rendimiento de estimación del canal de CSI-RS. Por ejemplo, si se multiplexan conjuntamente cuatro u ocho puertos

de CSI-RS con un OCC, es posible aumentar la relación de señal a interferencia más ruido (SINR, Signal to Interference plus Noise Ratio) de la CSI-RS en 3 o 6 dB en relación con el OCC de longitud 2 utilizado en LTE de Versión 10.

5 Otro aspecto a considerar es la utilización de una matriz de antenas 2D. Puesto que la matriz puede ser 2D con M puertos verticales y N puertos horizontales, esto también se podría considerar en un diseño de puerto de CSI-RS eficiente.

10 En el presente documento se describen sistemas y métodos relacionados con configuraciones de CSI-RS de 6 puertos y/o más de 8 puertos. A este respecto, la figura 5 ilustra un ejemplo de una red de comunicaciones celular 10 en la que se proporcionan configuraciones de CSI-RS de 6 puertos y/o más de 8 puertos, según algunas realizaciones de la presente invención. Tal como se ilustra, la red de comunicaciones celular 10 incluye una red de acceso por radio que incluye varias estaciones base 12 (por ejemplo, eNB), que se pueden denominar de manera más general nodos de acceso por radio, que atienden a las celdas 14 correspondientes para proporcionar de este modo acceso por radio (es decir, inalámbrico) a varios dispositivos inalámbricos 16 (por ejemplo, un UE), como apreciará un experto en la materia. Las estaciones base 12 están acopladas comunicativamente a una red central 18. Para LTE del 3GPP, la red de acceso por radio es una Red de acceso por radio terrestre universal evolucionada o mejorada (E-UTRAN, Evolved or Enhanced Universal Terrestrial Radio Access Network), y la red central 18 es una red central de paquetes evolucionada (EPC, Evolved Packet Core).

15 Tal como se analiza en detalle a continuación, una estación base 12 configura una serie de puertos de CSI-RS para el dispositivo inalámbrico 16. En algunas realizaciones, la estación base 12 está habilitada para configurar el dispositivo inalámbrico 16 con más de ocho puertos de CSI-RS (por ejemplo, diez, doce, catorce o dieciséis puertos de antena de CSI-RS). Además, en algunas realizaciones, la estación base 12 está habilitada para configurar el dispositivo inalámbrico 16 con seis puertos de CSI-RS. Por el contrario, los sistemas de LTE heredados solo permiten configuraciones de CSI-RS para uno, dos, cuatro y ocho puertos de CSI-RS. Al habilitar nuevas configuraciones de CSI-RS para más de ocho puertos de CSI-RS, se brinda soporte para, por ejemplo, MIMO, utilizando más de ocho antenas de transmisión (Tx) y/o matrices de antenas 2D.

#### *Ampliación del esquema de configuración de CSI-RS existente*

20 En algunas realizaciones de la presente invención, el esquema de configuración de CSI-RS de LTE Versión 10 existente se amplía para soportar puertos  $P$  ( $P = 6, 10, 12, 14, 16$ ) que son diferentes de los dos, cuatro y ocho puertos de CSI-RS existentes, por ejemplo, seis, diez, doce, catorce y dieciséis puertos. Se pueden combinar dos recursos de 8 puertos de las configuraciones de CSI-RS existentes para soportar una configuración de CSI-RS de 16 puertos. En la figura 6 se muestra un ejemplo, donde la tabla de configuración de CSI-RS existente se modifica para soportar CSI-RS de 6 puertos y se amplía incluyendo una nueva columna para soportar CSI-RS de diez, doce, catorce y dieciséis puertos, donde esta nueva columna está etiquetada como "12/10/14/16". La nueva columna se selecciona cuando el número de puertos de CSI-RS configurados para el dispositivo inalámbrico 16 es mayor de ocho. Por ejemplo, si están configurados dieciséis puertos, el dispositivo inalámbrico 16 utiliza la nueva columna para asignar la configuración de CSI-RS a los RE de CSI-RS utilizados para los dieciséis puertos de CSI-RS. Se pueden soportar dos configuraciones de 16 puertos en una subestructura, una con la configuración #0 y la otra con la configuración #1. En la figura 7 se muestra un ejemplo de la asignación de RE correspondiente para las dos configuraciones de CSI-RS de 16 puertos. En la figura 8 se muestra un ejemplo del número de puerto de CSI-RS a la asignación RE, donde R15/R16 es el recurso para los puertos de CSI-RS quince y dieciséis y R17/R18 son el recurso para los puertos diecisiete y dieciocho, etc. Como con el estándar existente y según la invención, dos puertos ocupan dos RE adyacentes en el dominio del tiempo, y están modulados mediante un OCC de longitud 2, por ejemplo, los puertos quince y dieciséis se multiplexan en el mismo recurso R15/R16. Los puertos de CSI-RS se asignan primero a los RE de CSI-RS en el dominio de la frecuencia y, a continuación, en el dominio del tiempo. También existen otras configuraciones alternativas, combinando las dos configuraciones de 8 puertos existentes (combinando las configuraciones de CSI-RS de 8 puertos #0 y #4). En este sentido, en la figura 9 se muestra otro ejemplo de dos configuraciones de CSI-RS de dieciséis puertos, y la asignación de RE correspondiente se muestra en la figura 10.

25 La figura 11 ilustra el funcionamiento de la estación base 12 y el dispositivo inalámbrico 16 para utilizar una de las nuevas configuraciones de CSI-RS descritas anteriormente según algunas realizaciones de la presente invención. Tal como se ilustra, la estación base 12 configura el dispositivo inalámbrico 16 con una configuración de CSI-RS (etapa 100). En otras palabras, la estación base 12 señala la configuración de CSI-RS al dispositivo inalámbrico 16. En este ejemplo, la configuración de CSI-RS es una configuración de CSI-RS de 6 puertos o una configuración de CSI-RS de 10, 12, 14 o 16 puertos. Tal como se describió anteriormente, la tabla de configuración de CSI-RS existente se amplía para soportar la cantidad señalada de puertos de CSI-RS, donde la extensión combina de manera efectiva dos configuraciones de CSI-RS existentes (por ejemplo, heredadas) para proporcionar la nueva configuración de CSI-RS. En otras palabras, en esta realización, la nueva configuración de CSI-RS señalada en la etapa 100 es una nueva configuración de CSI-RS que es equivalente a la combinación de dos (o más) configuraciones de CSI-RS existentes, tal como se ha descrito anteriormente.

La estación base 12 transmite CSI-RS de acuerdo con la configuración de CSI-RS señalada al dispositivo inalámbrico 16 en la etapa 100 (etapa 102). En otras palabras, la configuración de CSI-RS se asigna a un conjunto de RE para el número configurado de puertos de antena de CSI-RS (por ejemplo, a través de la tabla de la figura 6 o la tabla de la figura 9). La estación base 12 transmite la CSI-RS en el número configurado de puertos de CSI-RS utilizando ese conjunto respectivo de RE. El dispositivo inalámbrico 16 realiza mediciones en el número configurado de puertos de CSI-RS de acuerdo con la configuración de CSI-RS (etapa 104). Nuevamente, la configuración de CSI-RS (por ejemplo, la configuración #0 para dieciséis puertos de CSI-RS) se asigna a un conjunto respectivo de RE en los que se transmite la CSI-RS para los dieciséis puertos. El dispositivo inalámbrico 16 realiza mediciones en la CSI-RS para esos puertos de CSI-RS en el conjunto respectivo de RE. Basándose en las mediciones, el dispositivo inalámbrico 16 genera un informe de CSI y transmite el informe de CSI a la estación base 12 (etapa 106), tal como apreciará un experto en la materia.

En una realización alternativa, para puertos  $P$  puertos de CSI-RS, donde  $8 < P < 16$ , se configuran los mismos RE de CSI-RS de dieciséis puertos pero, solo los RE correspondientes a los puertos de CSI-RS 15 a  $15 + P - 1$  se utilizan realmente para transmitir la CSI-RS. Los RE restantes se dejan sin utilizar, es decir, no se transmite nada en esos RE sobrantes. Por lo tanto, la sobrecarga de RE es la misma que en el caso de los dieciséis puertos. No obstante, esto permite un aumento de potencia uniforme en todos los puertos de CSI-RS. En otra realización alternativa, para  $P$  puertos de CSI-RS, donde  $P = 6$ , se configuran los mismos RE de CSI-RS de ocho puertos, pero solo los RE correspondientes a los puertos de CSI-RS quince a 20 se utilizan realmente para transmitir la CSI-RS. Los RE restantes se dejan sin utilizar, es decir, no se transmite nada en esos RE sobrantes. Por lo tanto, la sobrecarga de RE es la misma que en el caso de los ocho puertos. No obstante, esto permite un aumento de potencia uniforme en todos los puertos de CSI-RS. En los dos casos mencionados anteriormente, la estación base 12 señala al dispositivo inalámbrico 16 una configuración de una o varias configuraciones de CSI-RS heredadas, pero también indica al dispositivo inalámbrico 16 el número de puertos que están realmente activos (que contienen NZP), para una o ambas de las dos configuraciones de CSI-RS. El dispositivo inalámbrico 16 solo mide los  $P$  puertos de antena de CSI-RS activos, y notifica la CSI para estos  $P$  puertos.

Esta realización alternativa se ilustra en la figura 12. Tal como se ilustra, la estación base 12 señala una configuración de CSI-RS al dispositivo inalámbrico 16 junto con una indicación del número ( $P$ ) de puertos de CSI-RS activos (etapa 200). Más específicamente, tal como se describió anteriormente, en algunas realizaciones, el dispositivo inalámbrico 16 está configurado con una configuración de CSI-RS de 16 puertos y el número de puertos de CSI-RS activos se indica como diez, doce, catorce o dieciséis (es decir,  $P = 10, 12, 14$  o  $16$ ). De esta manera, todos los RE de CSI-RS asignados a la configuración de CSI-RS de 16 puertos están reservados para CSI-RS; no obstante, la CSI-RS solo se transmite en los RE de CSI-RS para  $P$  de esos puertos de CSI-RS. En otras realizaciones, el dispositivo inalámbrico 16 está configurado con una configuración de CSI-RS de 8 puertos y el número de puertos de CSI-RS activos se indica como seis u ocho (es decir,  $P = 6$  u  $8$ ). De esta manera, todos los RE de CSI-RS asignados a la configuración de CSI-RS de 8 puertos están reservados para la CSI-RS; no obstante, la CSI-RS solo se transmite en los RE de CSI-RS para  $P$  de esos puertos de CSI-RS.

La estación base 12 transmite la CSI-RS de acuerdo con la configuración de CSI-RS señalada al dispositivo inalámbrico 16 en la etapa 200 (etapa 202). En otras palabras, el número de puertos de CSI-RS configurados para el dispositivo inalámbrico 16 mediante la configuración de CSI-RS se asigna a un conjunto de RE (por ejemplo, a través de la tabla de la figura 6 o la tabla de la figura 9). La estación base 12 transmite la CSI-RS solo en los  $P$  puertos de CSI-RS activos del número configurado de puertos de CSI-RS utilizando ese conjunto respectivo de RE (y el OCC de longitud 2). El dispositivo inalámbrico 16 realiza mediciones solo en los puertos de CSI-RS configurados activos de acuerdo con la configuración de CSI-RS y con la indicación recibida de  $P$  (etapa 204). Por ejemplo, si el dispositivo inalámbrico 16 está configurado con una configuración de CSI-RS de 16 puertos u 8 puertos, el dispositivo inalámbrico 16 realiza mediciones solo en los primeros  $P$  puertos de CSI-RS del número configurado de puertos de CSI-RS. Basándose en las mediciones, el dispositivo inalámbrico 16 genera un informe de CSI y transmite el informe de CSI a la estación base 12 (etapa 206), tal como apreciará un experto en la materia.

En otra realización alternativa más, se configuran uno o dos recursos de CSI-RS de 8 puertos y se puede aplicar un OCC a través de uno o dos recursos de 8 puertos subyacentes para conseguir seis, diez, doce, catorce o dieciséis puertos. En la figura 13 se muestra un ejemplo de configuración de CSI-RS #0, donde cuatro puertos de CSI-RS se multiplexan en cuatro RE en el dominio del tiempo (es decir, en los símbolos de OFDM cinco, seis, nueve y diez) utilizando un OCC de longitud 4. Esto permite soportar una cantidad flexible de puertos (es decir,  $P = \{10, 12, 14, 16\}$ ) con los RE de la configuración de CSI-RS de 16 puertos. Esto permitiría una ganancia de la SINR de hasta 6 dB para cada puerto de CSI-RS. Para la configuración de CSI-RS #1, el OCC se puede aplicar de manera similar en el dominio de la frecuencia. En este caso, la estación base 12 señala al dispositivo inalámbrico 16 una configuración de una o varias configuraciones de CSI-RS heredadas pero también indica cuántos puertos  $P$  están activos para que se pueda aplicar el OCC apropiado para cada puerto de CSI-RS. El dispositivo inalámbrico 16 solo mide los  $P$  puertos de antena activos de la CSI-RS y notifica la CSI para estos  $P$  puertos.

Con respecto a los OCC de longitud 4, en algunas realizaciones, la aplicación de un OCC de longitud 4 incluye aplicar un OCC de longitud 2 convencional a través de dos símbolos de OFDM y otro OCC de longitud 2 a través de dos subportadoras. Entonces, observando el grupo de cuatro RE en los símbolos de OFDM cinco y seis y las subportadoras tres y cuatro, se aplica un primer OCC de longitud 2 a través de los símbolos de OFDM cinco y seis en ambas

subportadoras tres y cuatro y, a continuación, se aplica un segundo OCC de longitud 2 a través de las subportadoras tres y cuatro en ambos símbolos de OFDM cinco y seis. En conjunto, esto aplica un OCC de longitud 4 al grupo de cuatro RE.

Esta realización alternativa se ilustra en la figura 14. Tal como se ilustra, la estación base 12 señala una configuración de CSI-RS al dispositivo inalámbrico 16 junto con una indicación del número ( $P$ ) de puertos de CSI-RS activos (etapa 300). Más específicamente, tal como se describió anteriormente, en algunas realizaciones, el dispositivo inalámbrico 16 está configurado con una configuración de CSI-RS de 16 puertos y el número de puertos de CSI-RS activos se indica como diez, doce, catorce o dieciséis (es decir,  $P = 10, 12, 14$  o  $16$ ). De esta manera, todos los RE de CSI-RS asignados a la configuración de CSI-RS de 16 puertos están reservados para CSI-RS; no obstante, la CSI-RS solo se transmite en los RE de CSI-RS para  $P$  de esos puertos de CSI-RS. En otras realizaciones, el dispositivo inalámbrico está configurado con una configuración de CSI-RS de 8 puertos y el número de puertos de CSI-RS activos se indica como seis u ocho (es decir,  $P = 6$  u  $8$ ). De esta manera, todos los RE de CSI-RS asignados a la configuración de CSI-RS de 8 puertos están reservados para CSI-RS; no obstante, CSI-RS solo se transmite en los RE de CSI-RS para  $P$  de esos puertos de CSI-RS.

La estación base 12 transmite CSI-RS de acuerdo con la configuración de CSI-RS señalada al dispositivo inalámbrico 16 en la etapa 300 utilizando los OCC de longitud 4 apropiados (etapa 302). En otras palabras, el número de puertos de CSI-RS configurados para el dispositivo inalámbrico 16 mediante la configuración de CSI-RS se asigna a un conjunto de RE (por ejemplo, a través de la tabla de la figura 6 o la tabla de la figura 9) y los OCC respectivos. La estación base 12 transmite la CSI-RS solo en los  $P$  puertos de CSI-RS activos del número configurado de puertos de CSI-RS utilizando ese conjunto respectivo de RE y OCC de longitud 4. El dispositivo inalámbrico 16 realiza mediciones solo en los puertos de CSI-RS configurados activos de acuerdo con la configuración de CSI-RS y la indicación recibida de  $P$  (etapa 304). Por ejemplo, si el dispositivo inalámbrico 16 está configurado con una configuración de CSI-RS de 16 u 8 puertos, el dispositivo inalámbrico 16 realiza mediciones solo en los primeros  $P$  puertos de CSI-RS del número configurado de puertos de CSI-RS. Basándose en las mediciones, el dispositivo inalámbrico 16 genera un informe de CSI y transmite el informe de CSI a la estación base 12 (etapa 306), tal como apreciará un experto en la materia.

En muchos de los ejemplos anteriores, se combinan dos configuraciones de CSI-RS de 8 puertos para proporcionar una nueva configuración de CSI-RS de 16 puertos (que, al menos en algunas realizaciones, soporta de manera flexible diez, doce, catorce o dieciséis puertos de CSI-RS). No obstante, también es posible combinar, por ejemplo, una configuración de CSI-RS de 8 puertos con una configuración de CSI-RS de 4 puertos y aplicar los métodos descritos anteriormente para soportar de manera flexible configuraciones de CSI-RS de diez o doce puertos (por ejemplo, proporcionar una CSI-RS de 10 puertos en lugar de la CSI-RS nominal de 12 puertos).

Los beneficios de las nuevas configuraciones de CSI-RS anteriores incluyen, por ejemplo:

- Reutilización de la señalización de configuración de CSI-RS de LTE Versión 10 existente.
- Aumento de potencia uniforme en todos los puertos de CSI-RS (es decir, seis, diez, doce, catorce y dieciséis puertos), debido a que hay el mismo número de RE de CSI-RS en cada símbolo de OFDM para una configuración determinada (cuatro RE en la configuración #0). Además, las configuraciones permiten cierto equilibrio entre la capacidad de aumentar la potencia de CSI-RS, puesto que la configuración #0 se distribuye en cuatro símbolos de OFDM, mientras que la configuración #1 se distribuye en dos símbolos de OFDM. Puesto que solo se utiliza un RE para transmitir CSI-RS en cada símbolo de OFDM en un bloque de recursos en cada puerto de antena, la potencia de CSI-RS se puede aumentar sin aumentar la potencia de transmisión total por cada puerto de antena.
- Además, se puede utilizar un OCC de longitud 4 en cuatro RE de CSI-RS para proporcionar más potencia de CSI-RS recibida en el dispositivo inalámbrico 16, lo que complementa el aumento de potencia de los RE de CSI-RS.

*Ampliación del esquema de configuración de CSI-RS existente con recursos explícitos asignados a cada nueva configuración de CSI-RS*

En algunas otras realizaciones de la presente invención, el esquema de configuración de CSI-RS de LTE Versión 10 existente se amplía para soportar seis y más de ocho puertos de CSI-RS, por ejemplo, seis, diez, doce, catorce y dieciséis puertos. Al menos en algunas realizaciones, cada una de estas configuraciones de CSI-RS es equivalente a una combinación de dos o más de las configuraciones de CSI-RS existentes (por ejemplo, heredadas). No obstante, a diferencia de las realizaciones descritas anteriormente, se asignan (explícitamente) diferentes recursos a los diferentes números de puertos de CSI-RS. En la figura 15 se muestra un ejemplo, donde la tabla de configuración de CSI-RS existente se amplía al incluir una nueva columna para cada uno de los seis, diez, doce, catorce y dieciséis puertos de CSI-RS. Para diez y doce puertos de CSI-RS, se asignan diez y doce RE, respectivamente. Por lo tanto, se utilizan menos RE en comparación con las primeras realizaciones descritas anteriormente. Para conseguir un aumento de potencia uniforme, solo se asignan RE en los símbolos de OFDM nueve y diez. En la figura 16 se muestra un ejemplo para diez puertos de CSI-RS y, en la figura 17, para doce puertos de CSI-RS. De manera similar, para seis puertos de CSI-RS, se asignan seis RE. La señalización para las segundas realizaciones puede ser tal como se ha descrito anteriormente con respecto a la figura 11. Además, en algunas realizaciones, se pueden utilizar OCC de

longitud 4 para multiplexar cuatro puertos de CSI-RS en cuatro RE, tal como se ha descrito anteriormente.

Los beneficios de las segundas realizaciones incluyen, por ejemplo:

- Reutilización de la señalización de configuración de CSI-RS existente.
- Aumento de potencia uniforme en todos los puertos de CSI-RS (es decir, seis, diez, doce, catorce y dieciséis puertos) porque hay el mismo número de RE de CSI-RS en cada símbolo de OFDM para cada configuración.
- Menos sobrecarga para diez y doce puertos en comparación con las realizaciones descritas anteriormente para ampliar el esquema de configuración de CSI-RS existente donde no están definidas diferentes asignaciones de recursos para cada nueva configuración de CSI-RS.

*Fusión de configuraciones de CSI-RS existentes*

En algunas otras realizaciones de la presente invención, las configuraciones de CSI-RS de la Versión 10 de LTE existentes se fusionan con el fin de formar recursos de CSI-RS de diez, doce, catorce y dieciséis puertos. Una configuración de CSI-RS de 8 puertos y una configuración de CSI-RS de 2 puertos se fusionan para formar una configuración/recurso de CSI-RS de 10 puertos; una configuración de CSI-RS de 8 puertos y una configuración de CSI-RS de 4 puertos se fusionan para formar una configuración/recurso de CSI-RS de 12 puertos; y dos configuraciones de CSI-RS de 8 puertos se fusionan para formar una configuración/recurso de CSI-RS de 16 puertos. Del mismo modo, una configuración de CSI-RS de 8 puertos, una configuración de CSI-RS de 4 puertos y una configuración de CSI-RS de 2 puertos se fusionan para formar una configuración/recurso de CSI-RS de 14 puertos. Las realizaciones de la presente invención se relacionan con la señalización de configuración eficiente de dichas configuraciones fusionadas. Esta señalización tiene lugar entre una estación base 12 y el dispositivo inalámbrico 16, por ejemplo, mediante la utilización de señalización de capa superior, tal como RRC. Después de que el dispositivo inalámbrico 16 se haya configurado con los recursos de CSI-RS, el dispositivo inalámbrico 16 puede comenzar las mediciones del canal MIMO y los informes de CSI. La CSI notificada se utiliza a continuación en la adaptación y programación del enlace posterior del canal de datos compartido (PDSCH) o del canal de control (Canal físico de control de enlace descendente mejorado (EPDCCH, Enhanced Physical Downlink Control Channel)).

Además, para garantizar que la energía por cada RE (EPRE, Energy Per RE) se pueda aumentar en 6 dB para todos los puertos de CSI-RS fusionados, las realizaciones de la presente invención restringen la señalización de modo que la CSI-RS fusionada tenga al menos cuatro RE de CSI-RS en cada símbolo de OFDM (para que se pueda tomar prestada energía de RE silenciados). Esta restricción hace que la señalización sea más eficiente, puesto que reduce el número de posibilidades. Puesto que la CSI-RS de 8 puertos existente ya cumple esta restricción, el recurso de CSI-RS de 16 puertos se puede formar fusionando de manera flexible dos configuraciones de CSI-RS de 8 puertos. No obstante, para los casos de diez, doce y catorce puertos, las configuraciones de CSI-RS existentes que se fusionarán deben ser elegidas entre los símbolos de OFDM {9, 10} para cumplir con esta restricción.

Con el fin de señalar los recursos de CSI-RS fusionados en la estructura de trama 1 (FDD), es necesario elegir dos configuraciones de 8 puertos de entre las cinco existentes (es decir, para formar una configuración de CSI-RS fusionada de 16 puertos) o una configuración de CSI-RS de 8 puertos de las tres configuraciones de CSI-RS de 8 puertos que abarcan los símbolos de OFDM {9, 10} (es decir, para formar configuraciones de diez, doce y catorce puertos de CSI-RS fusionados). El número de combinaciones posibles para una configuración de CSI-RS de 8 puertos

es  $\binom{5}{2} + \binom{3}{1} = 13$ .

Por lo tanto, se utilizan cuatro bits para señalar las configuraciones de 8 puertos a fusionar. Teniendo en cuenta que los símbolos de OFDM {9, 10} contienen seis configuraciones de CSI-RS de 4 puertos diferentes, es necesario elegir una o ninguna configuración de 4 puertos de entre estas seis (es decir, una en los casos de 12 puertos y 14 puertos fusionados, y cero en los casos de 10 puertos y 16 puertos). Esto da como resultado

$\binom{6}{1} + \binom{6}{0} = 7$

combinaciones diferentes, y se utilizan tres bits para señalar las combinaciones. Asimismo, en los casos de configuración de CSI-RS de 10 puertos y 14 puertos fusionados, se debe elegir una configuración de 2 puertos de entre las doce configuraciones de 2 puertos contenidas en los símbolos de OFDM {9, 10}. Para fusiones de 12 puertos y 16 puertos, no es necesario elegir ninguna configuración de 2 puertos. Por lo tanto, existen (

$\binom{12}{1} + \binom{12}{0} = 13$

combinaciones diferentes, lo que requiere cuatro bits a señalar. En total, esta realización requiere once bits para señalar la configuración/recursos de CSI-RS fusionados.

En una realización más detallada, sea  $\{a_{10}a_9a_8a_7a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0\}$  la cadena de bits utilizada para señalar los recursos de CSI-RS fusionados desde la estación base 12 al dispositivo inalámbrico 16, por ejemplo utilizando señalización de capa superior, tal como RRC. En este caso,  $\{a_{10}a_9a_8a_7\}$  puede contener información sobre las configuraciones de 8 puertos elegidas para ser fusionadas. Del mismo modo,  $\{a_6a_5a_4\}$  y  $\{a_3a_2a_1a_0\}$  pueden contener respectivamente la configuración de 4 puertos y la configuración de 2 puertos a fusionar. Estas cadenas de bits se pueden asociar con las configuraciones de CSI-RS existentes de la Tabla 6.10.5.2-1 de la Especificación técnica (TS) 36.211 3GPP V12.5.0 (reproducida en el presente documento como figura 3), tal como se muestra en las Tablas 1-3

que siguen.

$\{a_{10}a_9a_8a_7\}$	Identidades de configuración de CSI-RS de 8 puertos a fusionar
0000	1
0001	2
0010	3
0011	0, 1
0100	0, 2
0101	0, 3
0110	0, 4
0111	1, 2
1000	1, 3
1001	1, 4
1010	2, 3
1011	2, 4
1100	3, 4
1101-1111	Ninguna

Tabla 1: Asignación entre  $\{a_{10}a_9a_8a_7\}$  y las configuraciones de CSI-RS de 8 puertos existentes

$\{a_6a_5a_4\}$	Identidades de configuración de CSI-RS de 4 puertos a fusionar
000	1
001	2
010	3
011	6
100	7
101	8
110-111	Ninguna

Tabla 2: Asignación entre  $\{a_6 a_5 a_4\}$  y las configuraciones de CSI-RS de 4 puertos existentes

$\{a_3 a_2 a_1 a_0\}$	identidades de configuración de CSI-RS de 2 puertos a fusionar
0000	1
0001	2
0010	3
0011	6
0100	7
0101	8
0110	12
0111	13
1000	14
1001	15
1010	16
1011	17
1100-1111	Ninguna

Tabla 3: Asignación entre  $\{a_3 a_2 a_1 a_0\}$  y las configuraciones de CSI-RS de 2 puertos existentes

En otra realización alternativa, además de las posibilidades de fusión descritas anteriormente para  $P$  ( $P = 10, 12, 14, 16$ ) puertos de CSI-RS, los recursos de una CSI-RS existente de 4 puertos y uno de 2 puertos se pueden fusionar para formar una CSI-RS de 6 puertos. Las configuraciones de CSI-RS de 4 puertos y 2 puertos existentes a fusionar deben ser elegidas de entre símbolos de OFDM adyacentes (es decir, los símbolos de OFDM  $\{5, 6\}$ ,  $\{9, 10\}$  o  $\{12, 13\}$ ) para permitir un aumento de potencia uniforme en todos los puertos de CSI-RS. Por lo tanto, con esta realización alternativa, los seis, diez, doce, catorce o dieciséis puertos de CSI-RS fusionados pueden ser señalados con once bits. Para esta realización alternativa, la cadena de bits  $\{a_6 a_5 a_4\}$  que contiene información sobre la configuración de 4 puertos a fusionar se puede asignar alternativamente a configuraciones de CSI-RS de 4 puertos existentes, tal como se muestra en la Tabla 4 que sigue. La asignación alternativa para la cadena de bits  $\{a_3 a_2 a_1 a_0\}$  que contiene información sobre la configuración de 2 puertos a fusionar se puede realizar tal como se muestra en la Tabla 5 que sigue. Para la cadena de bits  $\{a_{10} a_9 a_8 a_7\}$ , la realización alternativa puede utilizar la misma asignación mostrada en la Tabla 1 anterior.

$\{a_6 a_5 a_4\}$	identidades de configuración de CSI-RS de 4 puertos a fusionar
000	1
001	2
010	3
011	6
100	7
101	8
110	0
111	4

Tabla 4: Asignación alternativa entre  $\{a_6 a_5 a_4\}$  y las configuraciones de CSI-RS de 4 puertos existentes

$\{a_3 a_2 a_1 a_0\}$	identidades de configuración de CSI-RS de 2 puertos a fusionar
0000	1
0001	2
0010	3
0011	6
0100	7
0101	8
0110	12
0111	13
1000	14
1001	15
1010	16
1011	17
1100	5
1101	11
1110	9
1111	19

Tabla 5: Asignación alternativa entre  $\{a_3 a_2 a_1 a_0\}$  y las configuraciones de CSI-RS de 2 puertos existentes

5 En una realización más detallada, la numeración de los puertos de antena para los recursos de CSI-RS fusionados se puede realizar de la siguiente manera. Primero, se numera la configuración de 8 puertos a fusionar. A esto le sigue la configuración de 4 puertos (si se está fusionando uno) para la cual la numeración de puertos continúa desde el recurso de 8 puertos anterior y, finalmente, la configuración de 2 puertos (si se está fusionando uno). En caso de que se fusionen dos configuraciones de CSI-RS de 8 puertos, los recursos de CSI-RS de 8 puertos con la configuración más baja se numeran primero.

10 En la figura 18 se muestra un ejemplo de recursos de CSI-RS de 14 puertos fusionados correspondientes al caso  $\{a_{10} a_9 a_8 a_7 a_6 a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0\} = \{00000010010\}$ . En este caso, la configuración 1 de CSI-RS de 8 puertos, la configuración 2 de CSI-RS de 4 puertos y la configuración 3 de CSI-RS de 2 puertos están fusionadas. También se muestran en la figura 18 los números de puerto de antena de los recursos de CSI-RS de 14 puertos fusionados, donde la numeración de puerto se transfiere desde el recurso anterior.

15 La figura 19 ilustra el funcionamiento de la estación base 12 y el dispositivo inalámbrico 16 para utilizar configuraciones de CSI-RS fusionadas, según algunas realizaciones de la presente invención. Tal como se ilustra, la estación base 12 señala una fusión de dos o más configuraciones de CSI-RS existentes (por ejemplo, heredadas) al dispositivo inalámbrico 16 (etapa 400). Más específicamente, tal como se describió anteriormente, en algunas realizaciones, la estación base 12 señala una secuencia de bits al dispositivo inalámbrico 16, donde un primer conjunto de bits en la secuencia de bits indica cuál, si la hay, de las múltiples configuraciones de CSI-RS de 8 puertos existentes, se incluirá en la fusión, un segundo conjunto de bits en la secuencia de bits que indica cuál, si la hay, de las múltiples configuraciones de CSI-RS de 4 puertos existentes se incluirá en la fusión, y un tercer conjunto de bits que indica cuál, si la hay, de las múltiples configuraciones de CSI-RS de 2 puertos existentes se incluirá en la fusión. Cabe señalar, no obstante, que la utilización de una secuencia de bits para señalar las configuraciones de CSI-RS para la fusión es solo un ejemplo. Se pueden utilizar otras técnicas. Cabe señalar, asimismo, que la asignación entre las diferentes secuencias de bits y las combinaciones respectivas puede estar predefinida (por ejemplo, mediante un estándar), ser señalada al dispositivo inalámbrico 16 desde la red de comunicaciones celular 10, o comunicada de otro modo al dispositivo inalámbrico 16.

20 La estación base 12 transmite CSI-RS de acuerdo con la configuración de CSI-RS fusionada señalada al dispositivo inalámbrico 16 en la etapa 400 (etapa 402). En otras palabras, el número de puertos de CSI-RS configurados para el dispositivo inalámbrico 16 mediante la configuración de CSI-RS fusionada (es decir, la fusión de dos o más configuraciones de CSI-RS existentes) se asigna a un conjunto de RE (por ejemplo, a través de la tabla de la figura 3). El dispositivo inalámbrico 16 realiza mediciones en los puertos de CSI-RS configurados de acuerdo con la

configuración de CSI-RS fusionada (etapa 404). Por ejemplo, si el dispositivo inalámbrico 16 está configurado con una configuración de CSI-RS fusionada de 16 puertos, el dispositivo inalámbrico 16 realiza mediciones en los dieciséis puertos de CSI-RS en la configuración de CSI-RS fusionada de 16 puertos. Basándose en las mediciones, el dispositivo inalámbrico 16 genera un informe de CSI y transmite el informe de CSI a la estación base 12 (etapa 406), tal como apreciará un experto en la materia.

Las ventajas clave del esquema de señalización para las realizaciones de la configuración de CSI-RS fusionada descrita anteriormente, son:

- permite fusionar los puertos de CSI-RS de LTE Versión 10 existentes para formar recursos de CSI-RS para seis, diez, doce, catorce y dieciséis puertos, y
- permite un aumento de potencia uniforme en todos los puertos de CSI-RS fusionados.
- Además, a diferencia de la realización uno que tiene una sobrecarga de CSI-RS fija correspondiente a dieciséis puertos, la sobrecarga de CSI-RS en este esquema es proporcional al número de puertos de CSI-RS fusionados.

*Fusionar configuraciones CSI-RS existentes con señalización eficiente*

En algunas realizaciones, se da a conocer una manera más eficiente de señalar las configuraciones de CSI-RS existentes que se van a fusionar. Nuevamente, esta señalización es desde la estación base 12 al dispositivo inalámbrico 16, y esta señalización puede ser realizada a través de, por ejemplo, RRC. Esta realización se basa en las realizaciones descritas anteriormente para fusionar configuraciones de CSI-RS existentes, pero reduce la sobrecarga de señalización manteniendo las ventajas clave. La reducción de la sobrecarga de señalización se proporciona reconociendo primero, para cada valor de puerto fusionado, el número de formas diferentes en las que se pueden combinar las configuraciones de CSI-RS existentes para proporcionar ese valor de puerto fusionado. Esto se describe como sigue:

- **Caso de CSI-RS de 10 puertos:** tal como se analizó en las realizaciones anteriores para fusionar configuraciones de CSI-RS existentes, las configuraciones de CSI-RS existentes deben ser elegidas entre los símbolos de OFDM {9, 10} para garantizar que se pueda impulsar el EPRE en 6 dB para todos los puertos de CSI-RS fusionados. Primero, se elige una configuración de 8 puertos de entre las configuraciones {1, 2, 3}. Una vez que se elige la configuración de 8 puertos, quedan dieciséis RE de CSI-RS restantes por bloque de recursos en símbolos de OFDM {9, 10}, lo que corresponde a ocho configuraciones diferentes de 2 puertos. A continuación, se elige una configuración de 2 puertos de entre los ocho. Por tanto, el número de combinaciones para el caso de 10 puertos es de  $\binom{3}{1} \times \binom{8}{1} = 24$ .
- **Caso de CSI-RS de 12 puertos:** de manera similar al caso de 10 puertos, las configuraciones de CSI-RS existentes deben ser elegidas de entre los símbolos de OFDM {9, 10} para garantizar que el EPRE pueda ser aumentado en 6 dB para todos los puertos de CSI-RS fusionados. Primero, se elige una configuración de 8 puertos de entre las configuraciones {1, 2, 3}. Una vez elegida la configuración de 8 puertos, quedan dieciséis RE de CSI-RS restantes por cada bloque de recursos en los símbolos de OFDM {9, 10}, lo que corresponde a cuatro configuraciones diferentes de 4 puertos. A continuación, se elige una configuración de 4 puertos de entre las cuatro. Por lo tanto, el número de combinaciones para el caso de 12 puertos es de  $\binom{3}{1} \times \binom{4}{1} = 12$ .
- **Caso de CSI-RS de 14 puertos:** de manera similar a los casos de 10 y 12 puertos, las configuraciones de CSI-RS existentes se deben elegir de entre los símbolos de OFDM {9, 10} para garantizar que el EPRE pueda ser potenciar en 6 dB para todos los puertos de CSI-RS fusionados. Primero, se elige una configuración de 8 puertos de entre las configuraciones {1, 2, 3}. Una vez elegida la configuración de 8 puertos, quedan dieciséis RE de CSI-RS restantes por cada bloque de recursos en los símbolos de OFDM {9, 10}, lo que corresponde a cuatro configuraciones diferentes de 4 puertos. A continuación, se elige una configuración de 4 puertos de entre los cuatro. Después de elegir las configuraciones de 8 puertos y 4 puertos, quedan doce RE de CSI-RS por cada bloque de recursos en los símbolos de OFDM {9, 10} que corresponden a seis configuraciones diferentes de 2 puertos. Finalmente, se elige una configuración de 2 puertos de entre las seis. Por lo tanto, el número de combinaciones para el caso de 14 puertos es de  $\binom{3}{1} \times \binom{4}{1} \times \binom{6}{1} = 72$ .
- **Caso de CSI-RS de 16 puertos:** tal como se mencionó anteriormente, dos configuraciones de CSI-RS de 8 puertos cualesquiera se pueden fusionar para formar una configuración de CSI-RS de 16 puertos fusionada. Por lo tanto, se pueden elegir dos configuraciones de 8 puertos de entre las cinco existentes (es decir, están disponibles). El número de combinaciones bien dado, por lo tanto, por  $\binom{5}{2} = 10$ .

Ahora, el número total de combinaciones para diez, doce, catorce y dieciséis casos de puertos es 118. Estas 118 combinaciones se pueden denominar espacio de código. A continuación, en este ejemplo, se pueden utilizar siete bits para representar las 118 combinaciones diferentes en el espacio de código en un formato codificado. De este modo,

se necesitan siete bits para señalar los recursos de CSI-RS fusionados. Sea  $\{a_6 a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0\}$  la cadena de bits utilizada para señalar los recursos de CSI-RS fusionados. Estas cadenas de bits se pueden asociar con las configuraciones de CSI-RS existentes tal como se muestra en la Tabla 6 que sigue. Como ejemplo, utilizando la señalización en esta realización, el ejemplo de CSI-RS fusionada de 14 puertos de la figura 18 se puede indicar como  $\{a_6 a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0\} = \{0100100\}$ .

5

$\{a_6 a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0\}$	Numero de puertos de CSI-RS fusionados	Identidad de configuración de CSI-RS de 2 puertos a fusionar	Identidad de configuración de CSI-RS de 4 puertos a fusionar	Identidad o identidades de configuración de CSI-RS de 8 puertos a fusionar
000000	10	2	-	1
000001	10	3	-	1
000010	10	7	-	1
000011	10	8	-	1
000100	10	14	-	1
000101	10	15	-	1
000110	10	16	-	1
000111	10	17	-	1
001000	10	1	-	2
001001	10	3	-	2
001010	10	6	-	2
001011	10	8	-	2
001100	10	12	-	2
001101	10	13	-	2
001110	10	16	-	2
001111	10	17	-	2
0010000	10	1	-	3
0010001	10	2	-	3
0010010	10	6	-	3
0010011	10	7	-	3
0010100	10	12	-	3
0010101	10	13	-	3
0010110	10	14	-	3
0010111	10	15	-	3
0011000	12	-	2	1
0011001	12	-	3	1
0011010	12	-	7	1
0011011	12	-	8	1
0011100	12	-	1	2
0011101	12	-	3	2
0011110	12	-	6	2

ES 2 975 037 T3

0011111	12	-	8	2
0100000	12	-	1	3
0100001	12	-	2	0
0100010	12	-	5	3
0100011	12	-	7	0
0100100	14	3	2	1
0100101	14	7	3	1
0100110	14	8	2	1
0100111	14	15	2	1
0101000	14	16	2	1
0101001	14	17	2	1
0101010	14	2	3	1
0101011	14	7	3	1
0101100	14	8	3	1
0101101	14	14	3	1
0101110	14	15	3	1
0101111	14	17	3	1
0110000	14	2	7	1
0110001	14	3	7	1
0110010	14	6	7	1
0110011	14	14	7	1
0110100	14	16	7	1
0110101	14	17	7	1
0110110	14	2	8	1
0110111	14	3	8	1
0111000	14	7	8	1
0111001	14	14	8	1
0111010	14	15	8	1
0111011	14	16	8	1
0111100	14	4	1	2
0111101	14	8	1	2
0111110	14	6	1	2
0111111	14	13	1	2
1000000	14	16	1	2
1000001	14	17	1	2
1000010	14	1	3	2
1000011	14	6	3	2
1000100	14	8	3	2
1000101	14	12	3	2
1000110	14	13	3	2
1000111	14	17	3	2
1001000	14	1	5	2
1001001	14	3	5	2
1001010	14	8	5	2
1001011	14	12	5	2

1001100	14	16	6	2
1001101	14	17	6	2
1001110	14	1	8	2
1001111	14	3	8	2
1010000	14	6	6	2
1010001	14	12	8	2
1010010	14	13	6	2
1010011	14	16	8	2
1010100	14	2	1	3
1010101	14	6	1	3
1010110	14	7	1	3
1010111	14	13	1	3
1011000	14	14	1	3
1011001	14	15	1	3
1011010	14	1	2	3
1011011	14	6	2	3
1011100	14	7	2	3
1011101	14	12	2	3
1011110	14	13	2	3
1011111	14	15	2	3
1100000	14	1	6	3
1100001	14	2	6	3
1100010	14	7	6	3
1100011	14	12	8	3
1100100	14	14	6	3
1100101	14	15	6	3
1100110	14	1	7	3
1100111	14	2	7	3
1101000	14	6	7	3
1101001	14	12	7	3
1101010	14	13	7	3
1101011	14	14	7	3
1101100	16	-	-	0, 1
1101101	16	-	-	0, 2
1101110	16	-	-	0, 3
1101111	16	-	-	0, 4
1110000	16	-	-	1, 2
1110001	16	-	-	1, 3
1110010	16	-	-	1, 4
1110011	16	-	-	2, 3
1110100	16	-	-	2, 4
1110101	16	-	-	3, 4

Tabla 6: Asignación entre  $\{a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0\}$  y configuraciones de CSI-RS existente

En una realización alternativa, el diferente número de modos de formar una CSI-RS de 6 puertos fusionada (fusionando una CSI-RS de 2 puertos existente y una CSI-RS de 4 puertos existente) se adjunta a la asignación en la Tabla 6. Tal como se analizó anteriormente, las configuraciones de CSI-RS de 4 puertos y 2 puertos existentes a fusionar deben ser elegidas entre símbolos de OFDM adyacentes (es decir, símbolos de OFDM {5, 6}, {9, 10} o {12, 13}) para permitir un aumento de potencia uniforme en todos los puertos de la CSI-RS. En los pares de símbolos de OFDM {5, 6} y {12, 13}, se puede elegir una CSI-RS de 4 puertos existente entre las dos disponibles en esos pares de símbolos. A esto le sigue la elección de una CSI-RS de 2 puertos de los dos restantes que quedan después de elegir la CSI-RS de 4 puertos. Por lo tanto, para los pares de símbolos de OFDM {5, 6} y {12, 13}, el número de combinaciones posibles

para formar una CSI-RS de 6 puertos es  $2 \times \binom{2}{1} \times \binom{2}{1} = 8$ . A continuación, en el par de símbolos de OFDM {9, 10}, se puede elegir primero una CSI-RS de 4 puertos existente de entre las seis disponibles en el par de símbolos. A esto le sigue la elección de una CSI-RS de 2 puertos de las diez restantes que quedan después de elegir la CSI-RS de 4 puertos. Por lo tanto, para el par de símbolos de OFDM {9, 10}, el número de combinaciones posibles para formar una

CSI-RS de 6 puertos es  $\binom{6}{1} \times \binom{10}{1} = 60$ . En general, el número total de modos en que una CSI-RS de 6 puertos se puede formar es  $60 + 8 = 68$ . En esta realización alternativa, el número total de combinaciones para seis, diez, doce, catorce y dieciséis casos de puertos es  $118 + 68 = 186$ . Esto requiere ocho bits para señalar los recursos de CSI-RS fusionada.

En funcionamiento, el esquema de señalización eficiente se puede utilizar tal como se ha descrito anteriormente con respecto a la figura 19. En esta realización, la secuencia de siete u ocho bits descrita anteriormente es enviada al dispositivo inalámbrico 16 para señalar de ese modo las dos o más configuraciones de CSI-RS existentes a fusionar. Cabe señalar que la asignación entre las diferentes secuencias de bits y las combinaciones respectivas puede estar predefinida (por ejemplo, mediante un estándar), ser señalada al dispositivo inalámbrico 18 desde la red de comunicaciones celular 10, o ser conocida de otro modo por el dispositivo inalámbrico 16.

Configuración de CSI-RS mediante Indicaciones de un conjunto de recursos (p. ej., mediante mapa de bits)

En algunas realizaciones, los recursos de CSI-RS señalados desde la estación base 12 al dispositivo inalámbrico 16, utilizando, por ejemplo, la señalización de RRC se indican como un conjunto de pares de RE. Un mapa de bits indica si un par de RE determinado contiene una CSI-RS o no. De esta manera, un mapa de bits de longitud  $L=\lfloor N/2 \rfloor$  bits puede indicar los recursos ocupados por cualquier número de puertos de CSI-RS hasta  $2L$  si hay  $N$  RE disponibles para una CSI-RS. Además, en diseños que requieren un número par de puertos de CSI-RS (tal como los que utilizan matrices de antenas con doble polarización), el número de unos en el mapa de bits también indica el número de puertos de CSI-RS y, por lo tanto, no se necesita una indicación separada del número de puertos de CSI-RS.

Los pares de RE pueden corresponder a aquellos que contienen CSI-RS de dos puertos de la Versión 10. Por ejemplo, la Versión 10 tiene definidas 20 CSI-RS de dos puertos, que ocupan los RE numerados en la figura 20. A continuación, se pueden indicar catorce puertos de CSI-RS estableciendo siete bits de un mapa de bits de 20 bits en uno; por ejemplo, un mapa de bits  $B=[1100\ 1011\ 0000\ 0000\ 0011]$  indicaría que los pares de RE numerados 1, 2, 5, 7, 8, 13 y 14 estaban ocupados por CSI-RS.

También se podrán asignar los índices de puerto de CSI-RS. En un enfoque, los índices de puerto de CSI-RS se asignan en orden uniformemente creciente para cada par RE de CSI-RS que tiene un bit correspondiente establecido en uno en el mapa de bits, comenzando con el bit correspondiente al par de RE indexado más bajo. Por lo tanto, continuando con el ejemplo anterior de catorce puertos de CSI-RS con  $B=[1100\ 1011\ 0000\ 0000\ 0011]$ , los pares de CSI-RS numerados 1, 2, 5, 7, 8, 13 y 14 corresponden a los puertos de CSI-RS tal como se muestra en la Tabla 7 que sigue.

Par de RE de CSI-RS	1	2	5	7	8	13	14
Puertos de CSI-RS	15,16	17,18	19,20	21,22	23,24	25,26	27,28

Tabla 7: Ejemplo de asignación de recurso de CSI-RS asignado a puerto de CSI-RS

Esta asignación de RE es más flexible que la de LTE "heredada" para hasta la Versión 12, por ejemplo, puesto que las asignaciones de RE heredadas para cuatro u ocho puertos de CSI-RS están limitadas a ser asignadas en dos símbolos de OFDM, y los grupos de cuatro RE siempre son adyacentes en el dominio de la frecuencia. El esquema propuesto permite un empaquetado más eficiente de recursos de CSI-RS cuando el número de CSI-RS no es una potencia de dos, o cuando se utilizan diferentes números de puertos de CSI-RS. Además, las asignaciones de RE de CSI-RS heredadas siempre están en potencias de dos, por lo que no es posible configurar una cantidad de puertos de CSI-RS que no sea una potencia de dos.

Este asignación más flexible utilizando el mapa de bits implica algunos compromisos en el rendimiento. Según la invención, puesto que los RE en un par de RE son adyacentes en el tiempo y se utiliza una longitud de OCC de dos, es posible seleccionar los pares de RE en una configuración de CSI-RS determinada para que estén en cualquiera de las posiciones de los pares dentro de un PRB. Por el contrario, un código de OCC más largo permitiría entregar más potencia de CSI-RS al dispositivo inalámbrico 16 sin aumentar la potencia máxima del amplificador de potencia (PA, Power Amplifier) del eNB. No obstante, si se utiliza un código de OCC más largo, los pares deben ser seleccionados de tal manera que estén lo más cerca posible entre sí en tiempo o frecuencia, de tal manera que el canal es relativamente constante sobre los RE cubiertos por un OCC para permitir que el OCC permanezca cerca de ser ortogonal. Por lo tanto, esta utilización de un OCC de longitud 2 con un mapa de bits para seleccionar cualquier combinación de pares de RE compensa la capacidad de transmitir una CSI-RS con una mayor eficiencia del amplificador de potencia de la estación base en algunos canales selectivos de frecuencia o variables en el tiempo, con la capacidad de utilizar los recursos de la CSI-RS de manera más eficiente.

En una variación de esta realización, se utilizan cuatripletas de RE con un OCC 2D de longitud 2 tanto en tiempo como en frecuencia, tal como se muestra en la figura 21. Las cuatripletas de RE están en RE adyacentes y en símbolos de OFDM adyacentes. La dimensión temporal del OCC 2D utiliza un OCC heredado de longitud 2 a través de pares de RE en el tiempo, donde una secuencia de  $[+1\ +1]$  o  $[+1\ -1]$  modula los dos RE de una subportadora en símbolos de OFDM adyacentes. La dimensión de frecuencia del OCC 2D también utiliza una secuencia de  $[+1\ +1]$  o  $[+1\ -1]$ , pero modula los dos RE de un símbolo de OFDM en subportadoras adyacentes. Por lo tanto, las secuencias de peso 4 correspondientes a cada uno de los cuatro puertos de CSI-RS multiplexados dentro de una cuatripleta se pueden expresar como:

$$w_0 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, w_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}, w_2 = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, w_3 = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

donde las filas de las matrices corresponden al índice de subportadora 'k' y las columnas corresponden al índice de símbolo de OFDM 'l' en el documento TS 36.211 del 3GPP.

En esta variación, se puede utilizar nuevamente un mapa de bits de longitud 20 para indicar qué RE contienen CSI-RS, aunque haya diez posiciones de cuatripleta diferentes. Esto se debe a que es deseable tener dos o cuatro puertos de CSI-RS asignados a una cuatripleta con diseños destinados a números pares de puertos de CSI-RS. En este caso, los pares de bits adyacentes en el mapa de bits corresponden a cada cuatripleta. Es decir, los bits (0,1), (2,3), ..., (18,19) corresponden a las cuatripletas 1, 2, ..., 10 en la figura 21, donde los bits cero, dos y dieciocho corresponden al primer par de RE en las cuatripletas uno, dos y diez. Por lo tanto, cada bit indica un par de puertos de CSI-RS asignados a la cuatripleta. Además, cuando cualquiera de los dos bits correspondientes a la cuatripleta se establece en uno, todos los RE de la cuatripleta están ocupados por CSI-RS. En un enfoque, la numeración de los puertos de CSI-RS aumenta en dos para cada uno en el mapa de bits utilizando un enfoque similar al descrito anteriormente con respecto a la Tabla 8, pero con el mapa de bits asociado con las cuatripletas de RE de CSI-RS en lugar de pares de RE de CSI-RS. Es decir, un UE que señala un mapa de bits de  $B=[1100\ 1011\ 0000\ 0000\ 0011]$  indicaría que las cuatripletas de RE numeradas 1, 3, 4 y 10 estaban ocupadas por CSI-RS, y que los puertos de CSI-RS 15-18 se asignaron a la cuatripleta 1, 19-20 se asignaron a la cuatripleta 3, 21-24 a la cuatripleta 4 y los puertos 25-28 se asignaron a la cuatripleta 10.

Debido a que se utiliza un OCC de longitud 4, se pueden transmitir 3 dB más de potencia en un puerto de CSI-RS sin aumentar las relaciones de potencia de pico a promedio del PA de eNB en relación con un OCC de longitud 2. Por otro lado, los cuatro puertos de CSI-RS en una cuatripleta son adyacentes en frecuencia, por lo que los puertos en una configuración de CSI-RS determinada pueden estar peor distribuidos en el dominio de la frecuencia. Además, si hay alguna variación en el canal entre subportadoras adyacentes (en canales altamente selectivos en frecuencia), habrá cierta pérdida de ortogonalidad entre los puertos de CSI-RS en la cuatripleta.

La figura 22 ilustra el funcionamiento de la estación base 12 y el dispositivo inalámbrico 16 para utilizar un mapa de bits para la configuración de CSI-RS, según algunas realizaciones de la presente invención. Tal como se ilustra, la estación base 12 señala un mapa de bits que indica una configuración de CSI-RS, al dispositivo inalámbrico 16 (etapa 500). Este mapa de bits en ocasiones se denomina en el presente documento mapa de bits de configuración de CSI-RS. El mapa de bits incluye, para cada uno de varios pares de RE de CSI-RS (u otras agrupaciones de uno o más RE de CSI-RS), una indicación, en forma de bit, que indica si ese par de RE de CSI-RS se utiliza para la CSI-RS, tal como se ha descrito anteriormente.

La estación base 12 transmite una CSI-RS de acuerdo con la configuración de CSI-RS señalada al dispositivo inalámbrico 16 en la etapa 500 (etapa 502). En otras palabras, se transmiten CSI-RS en los pares de RE de CSI-RS indicados. Además, el número de puertos de CSI-RS es función del número de pares de RE de CSI-RS en los que se transmite una CSI-RS. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el número de puertos de CSI-RS es el doble del número de pares de RE de CSI-RS en los que se transmite una CSI-RS. El dispositivo inalámbrico 16 realiza mediciones en los pares de RE de CSI-RS para el número apropiado de puertos de RE de CSI-RS de acuerdo con el mapa de bits de configuración de CSI-RS (etapa 504). Basándose en las mediciones, el dispositivo inalámbrico 16 genera un informe de CSI y transmite el informe de CSI a la estación base 12 (etapa 506), tal como apreciará un experto en la materia.

Si bien las soluciones descritas se pueden implementar en cualquier tipo apropiado de sistema de telecomunicaciones que soporte cualquier estándar de comunicación adecuado y utilice cualquier componente adecuado, se pueden implementar realizaciones particulares de las soluciones descritas en una red de LTE, tal como la ilustrada en la figura 5, que se describió anteriormente. Tal como se muestra en la figura 5, la red de ejemplo puede incluir una o más instancias de dispositivos inalámbricos 16, a los que también se hace referencia en el presente documento como dispositivos de comunicación inalámbrica 16 (por ejemplo, UE convencionales, MTC/UE de máquina a máquina (M2M)) y uno o más nodos de acceso por radio (por ejemplo, eNB u otras estaciones base 12) capaces de comunicarse con estos dispositivos inalámbricos 16 junto con cualquier elemento adicional adecuado para soportar la comunicación entre dispositivos inalámbricos 16 o entre un dispositivo inalámbrico 16 y otro dispositivo de comunicación (tal como un teléfono fijo). Aunque los dispositivos inalámbricos 16 ilustrados pueden representar dispositivos de comunicación que incluyen cualquier combinación adecuada de hardware y/o software, estos dispositivos inalámbricos 16 pueden, en realizaciones particulares, representar dispositivos tales como el dispositivo inalámbrico 16 de ejemplo ilustrado con mayor detalle en las figuras 23 y 24. De manera similar, aunque la estación base ilustrada 12 (o de manera más general el nodo de acceso por radio 12) puede representar nodos de red que incluyen cualquier combinación adecuada de hardware y/o software, estos nodos pueden representar, en realizaciones particulares, dispositivos tales como el nodo de acceso por radio de ejemplo ilustrado con mayor detalle en las figuras 25 a 27.

Tal como se muestra en la figura 23, el dispositivo inalámbrico de ejemplo 16 incluye un procesador 20 (por ejemplo, circuitos de procesamiento tales como, por ejemplo, una o más unidades centrales de procesamiento (CPU, Central Processing Units), uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC, Application Specific Integrated Circuits), una o más matrices de puertas programables en campo (FPGA, Field Programmable Gate Array) y/o similares), memoria 22, uno o varios transceptores 24 y una o varias antenas 26. En realizaciones particulares, algunas o todas las funciones descritas anteriormente como proporcionadas por un UE, dispositivos MTC o M2M y/o cualquier otro tipo de dispositivo inalámbrico 16, pueden ser proporcionadas mediante la ejecución por parte del procesador 20 de instrucciones almacenadas en un medio legible por ordenador, tal como la memoria 22 que se muestra en la figura 23. Realizaciones alternativas del dispositivo inalámbrico 16 pueden incluir componentes adicionales además de los que se muestran en la figura 23 que pueden ser responsables de proporcionar ciertos aspectos de la funcionalidad

del dispositivo, incluida cualquiera de las funciones descritas anteriormente y/o cualquier funcionalidad necesaria para soportar la solución descrita anteriormente.

La figura 24 ilustra el dispositivo inalámbrico 16, según algunas otras realizaciones de la presente invención. Tal como se ilustra, el dispositivo inalámbrico 16 incluye un módulo de recepción 28 de señalización de configuración de CSI-RS, un módulo de medición 30 y un módulo de transmisión 32 de informes de CSI, cada uno de los cuales está implementado en software. El módulo de recepción de señalización de la configuración de CSI-RS 28 funciona para recibir la configuración de múltiples puertos de CSI-RS desde un nodo de acceso por radio, donde los puertos de CSI-RS pueden ser seis puertos de CSI-RS, diez puertos de CSI-RS, doce puertos de CSI-RS, catorce puertos de CSI-RS o dieciséis puertos de CSI-RS, tal como se ha descrito anteriormente. El módulo de medición 30 funciona para realizar mediciones en al menos un subconjunto de los puertos de CSI-RS configurados para el dispositivo inalámbrico 16, tal como se ha descrito anteriormente. El módulo de transmisión 32 de informes de CSI funciona para transmitir un informe de CSI al nodo de acceso por radio basándose en las mediciones, tal como se ha descrito anteriormente.

Tal como se muestra en la figura 25, la estación base 12 de ejemplo, a la que se hace referencia de manera más general como nodo de acceso por radio 12, incluye un procesador 34 (por ejemplo, circuitería de procesamiento tal como, por ejemplo, una o más CPU, uno o más ASIC, una o más FPGA y/o similares), memoria 36, un transceptor 38 y una o varias antenas. Tal como se analizó anteriormente, en las realizaciones descritas en el presente documento, la una o varias antenas incluye múltiples antenas. Además, la estación base 12, o de manera más general el nodo de acceso por radio 12, incluye una interfaz de red 40 que permite la comunicación con otros nodos de red (por ejemplo, nodos en la red central 18). En realizaciones particulares, una parte o toda la funcionalidad descrita anteriormente como proporcionada por una estación base, un nodo B, un eNB y/o cualquier otro tipo de nodo de red puede ser proporcionada mediante la ejecución por parte del procesador 34 de instrucciones almacenadas en un medio legible por ordenador, tal como la memoria 36 mostrada en la figura 25. Las realizaciones alternativas del nodo de acceso por radio 12 pueden incluir componentes adicionales responsables de proporcionar una funcionalidad adicional, incluyendo cualquiera de las funcionalidades identificadas anteriormente y/o cualquier funcionalidad necesaria para soportar la solución descrita anteriormente.

La figura 26 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una realización virtualizada de la estación base 12 (de manera más general, una realización virtualizada de un nodo de acceso por radio) según algunas realizaciones de la presente invención. Tal como se utiliza en el presente documento, una estación base "virtualizada" (o también un nodo de acceso por radio "virtualizado") es una estación base en la que al menos una parte de la funcionalidad de la estación base se implementa como un componente virtual (por ejemplo, a través de una o varias máquinas que se ejecutan en uno o varios nodos de procesamiento físico en una o varias redes). Tal como se ilustra, la estación base 12 incluye el procesador 34, la memoria 36 y la interfaz de red 40, así como el transceptor 38, tal como se describió anteriormente. En este ejemplo, el procesador 34, la memoria 36 y la interfaz de red 40 están incorporados en una unidad de banda base 42 que está conectada al transceptor 38 mediante, por ejemplo, un cable óptico o similar. La unidad de banda base 42 está conectada a uno o más nodos de procesamiento 44 acoplados o incluidos como parte de una o varias redes 46 a través de la interfaz de red 40. Cada nodo de procesamiento 44 incluye uno o más procesadores 48 (por ejemplo, CPU, ASIC, FPGA y/o similares), memoria 50 y una interfaz de red 52.

En este ejemplo, las funciones 54 de la estación base 12 descrita en el presente documento están implementadas en uno o más nodos de procesamiento 44 o están distribuidas a través de la unidad de banda base 42 y de uno o más nodos de procesamiento 44 de cualquier manera deseada. En algunas realizaciones particulares, algunas o todas las funciones 54 de la estación base 12 descrita en el presente documento se implementan como componentes virtuales ejecutados por una o varias máquinas virtuales implementadas en un entorno virtual alojado por el uno o varios nodos de procesamiento 44. Tal como apreciará un experto en la materia, se utiliza señalización o comunicación adicional entre el uno o varios nodos de procesamiento 44 y la unidad de banda base 42 para llevar a cabo al menos algunas de las funciones deseadas. En particular, en algunas realizaciones, la unidad de banda base 42 puede no estar incluida, en cuyo caso el transceptor 38 se comunica directamente con el uno o varios nodos de procesamiento 44 a través de una o varias interfaces de red apropiadas.

La figura 27 ilustra la estación base 12, según algunas otras realizaciones de la presente invención. Tal como se ilustra, la estación base 12 incluye un módulo de señalización 56 de configuración de CSI-RS, un módulo de transmisión 58 de CSI-RS y un módulo de recepción 60 de informes de CSI, cada uno de los cuales está implementado en software. El módulo de señalización 56 de configuración de CSI-RS funciona para configurar puertos de CSI-RS para un dispositivo inalámbrico 16, donde el número de puertos de CSI-RS configurados puede ser seis puertos de CSI-RS, diez puertos de CSI-RS, doce puertos de CSI-RS, catorce puertos de CSI-RS, o dieciséis puertos de CSI-RS, tal como se ha descrito anteriormente. El módulo de transmisión 58 de CSI-RS funciona para transmitir una CSI-RS en al menos un subconjunto de los puertos de CSI-RS configurados para el dispositivo inalámbrico 16, tal como se ha descrito anteriormente. En algunas realizaciones, el módulo de recepción 60 de informes de CSI funciona para recibir informes de CSI desde el dispositivo inalámbrico 16, tal como se ha descrito anteriormente.

Las realizaciones de la presente invención se pueden implementar mediante hardware, software o una combinación de hardware y software. Las realizaciones se pueden implementar como programas informáticos incorporados tangiblemente en productos de programas informáticos, memoria de hardware u otras estructuras. Las realizaciones pueden estar implementadas en módulos de hardware, módulos de software o en una combinación de módulos de

hardware y software.

A lo largo de esta invención se utilizan los siguientes acrónimos.

- 2D Bidimensional
- 3GPP Proyecto de Asociación de Tercera Generación
- 5 • 5G Quinta Generación
- ASIC Circuito integrado de aplicación específica
- CN Red central
- CPU Unidad central de procesamiento
- CRS Símbolo/señal de referencia común
- 10 • CSI Información del estado del canal
- CSI-RS Símbolo/señal de referencia de información de estado del canal
- dB Decibelio
- DFT Transformada discreta de Fourier
- eNB Nodo B mejorado o evolucionado
- 15 • EPC Red central de paquetes evolucionada
- EPDCCH Canal físico de control de enlace descendente mejorado
- EPRE Energía por cada elemento de recurso
- E-UTRAN Red de acceso por radio terrestre universal evolucionada o mejorada
- FDD Duplexación por división de la frecuencia
- 20 • FPGA Matriz de puertas programables en campo
- GSM Sistema global para comunicaciones móviles
- ID Identificador
- LSB Bit menos significativo
- LTE Evolución a largo plazo
- 25 • M2M Máquina a máquina
- MIMO Múltiples entradas múltiples salidas
- MME Entidad de gestión de la movilidad
- MSB Bit más significativo
- MTC Comunicación tipo máquina
- 30 • NZP Potencia distinta de cero
- OCC Código de cobertura ortogonal
- OFDM Multiplexación por división ortogonal de la frecuencia
- PDN Red de datos en paquetes
- PDSCH Canal físico compartido de enlace descendente
- 35 • P-GW Puerta de enlace de red de datos en paquetes

- PRB Bloque de recursos físicos
- PMI Indicador de matriz de precodificación
- RE Elemento de recurso
- RRC Control de recursos de radio
- 5 • SCEF Función de exposición de la capacidad del servicio
- SINR Relación de señal a interferencia más ruido
- SNR Relación señal/ruido
- TDD Duplexación por división del tiempo
- TFRE Elemento de recurso de tiempo y frecuencia
- 10 • TS Especificación técnica
- Tx Transmisión
- UE Equipo de usuario
- UMB Banda ancha ultramóvil
- WCDMA Acceso múltiple por división de código de banda ancha
- 15 • ZP Energía cero

Los expertos en la materia reconocerán mejoras y modificaciones a las realizaciones de la presente invención. Todas estas mejoras y modificaciones se consideran dentro del alcance de los conceptos dados a conocer en el presente documento y en las reivindicaciones que siguen.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de operación por un nodo de acceso por radio (12) en una red de comunicaciones celular (10), que comprende:
- 5 configurar (100, 200, 300, 400, 500) varios puertos de señal de referencia de información del estado del canal, CSI-RS, para un dispositivo inalámbrico (16), siendo la pluralidad de puertos de CSI-RS uno de un grupo que consta de: doce puertos de CSI-RS y dieciséis puertos de CSI-RS,
- y
- 10 transmitir (102, 202, 302, 402, 502) una CSI-RS en la pluralidad de puertos de CSI-RS multiplexando pares de puertos de CSI-RS en pares de RE de CSI-RS adyacentes en el dominio del tiempo utilizando códigos de cobertura ortogonal, OCC, de longitud 2, en los que:
- configurar (100, 200, 300, 400, 500) la pluralidad de puertos de CSI-RS para el dispositivo inalámbrico (16) comprende señalar un mapa de bits al dispositivo inalámbrico (16) que indica las posiciones de los pares de RE en cualquier par de posiciones dentro de un bloque de recursos físicos, PRB.
- 15 2. El método de la reivindicación 1, en el que un grupo de cuatro puertos de CSI-RS de la pluralidad de puertos de CSI-RS configurados para el dispositivo inalámbrico se asignan a un grupo de cuatro RE de CSI-RS, y transmitir (102, 202, 302, 402, 502) la CSI-RS comprende multiplexar la CSI-RS para el grupo de cuatro puertos de CSI-RS en el grupo de cuatro RE de CSI-RS utilizando OCC de longitud 4 respectivos.
3. El método de la reivindicación 2, en el que el grupo de cuatro RE de CSI-RS están:
- en cuatro símbolos de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia, OFDM, en una sola subportadora;
- 20 en cuatro subportadoras en un solo símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia, OFDM; o
- en dos símbolos de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia, OFDM, en dos subportadoras, opcionalmente en donde cada uno de los respectivos OCC de longitud 4 comprende, para cada una de las dos subportadoras, un primer OCC de longitud 2 en los dos símbolos de OFDM y, para cada uno de los dos símbolos de OFDM, un segundo OCC de longitud 2 en las dos subportadoras, siendo el primer OCC de longitud 2 un OCC utilizado
- 25 en símbolos de OFDM para configuraciones de CSI-RS de 2, 4 u 8 puertos.
4. El método de la reivindicación 1, en el que configurar (100, 200, 300, 400, 500) la pluralidad de puertos de CSI-RS para el dispositivo inalámbrico comprende configurar una fusión de dos o más configuraciones de CSI-RS predefinidas para el dispositivo inalámbrico.
5. El método de la reivindicación 4, en el que:
- 30 existen una pluralidad de configuraciones de CSI-RS predefinidas que comprenden múltiples configuraciones de CSI-RS de 8 puertos predefinidas, múltiples configuraciones de CSI-RS de 4 puertos predefinidas y múltiples configuraciones de CSI-RS de 2 puertos predefinidas; y
- las dos o más configuraciones de CSI-RS predefinidas para la fusión se limitan a combinaciones de dos o más de una pluralidad de configuraciones de CSI-RS predefinidas que dan como resultado al menos cuatro RE de CSI-RS por
- 35 cada bloque de recursos físicos, PRB, por cada símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia, OFDM, que contiene la CSI-RS.
6. El método de la reivindicación 4, en el que las dos o más configuraciones de CSI-RS predefinidas comprenden dos configuraciones de CSI-RS de 8 puertos predefinidas de tal manera que la pluralidad de puertos de CSI-RS configurados para el dispositivo inalámbrico son dieciséis puertos de CSI-RS.
- 40 7. El método de la reivindicación 1, en el que configurar (100, 200, 300, 400, 500) la pluralidad de puertos de CSI-RS para el dispositivo inalámbrico comprende señalar una configuración de CSI-RS de entre una pluralidad de configuraciones de CSI-RS al dispositivo inalámbrico, comprendiendo la pluralidad de configuraciones de CSI-RS una o más configuraciones de CSI-RS de 16 puertos y una o más configuraciones de CSI-RS de 12 puertos, predefinidas.
- 45 8. El método de la reivindicación 1, en el que configurar (100, 200, 300, 400, 500) la pluralidad de puertos de CSI-RS para el dispositivo inalámbrico comprende señalar una secuencia de bits al dispositivo inalámbrico que es una indicación de una fusión de dos configuraciones de CSI-RS adicionales predefinidas para el dispositivo inalámbrico, comprendiendo la secuencia de bits un primer conjunto de bits, que indican cuáles, si las hay, de las múltiples configuraciones de 8 puertos predefinidas deben ser incluidas en la fusión, un segundo conjunto de bits, que indican cuáles, si las hay, de las múltiples configuraciones de 4 puertos predefinidas deben ser incluidas en la fusión, y un
- 50 tercer conjunto de bits que indican cuáles de las múltiples configuraciones predefinidas de 2 puertos, si las hay, deben ser incluidas en la fusión.

9. El método de la reivindicación 1, en el que configurar (100, 200, 300, 400, 500), la pluralidad de puertos de CSI-RS para el dispositivo inalámbrico comprende señalar una secuencia de bits codificados al dispositivo inalámbrico que es una indicación de una fusión de dos o más configuraciones de CSI-RS predefinidas para el dispositivo inalámbrico.
- 5 10. El método de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de puertos de CSI-RS que contienen CSI-RS satisface aún más el aumento de potencia uniforme en todos los puertos de CSI-RS que contienen transmisión de CSI-RS tomando prestada energía de elementos de recurso silenciados, cuando la CSI-RS tiene al menos cuatro RE de CSI-RS en cada símbolo de multiplexación por división ortogonal de la frecuencia, OFDM.
11. Un nodo de acceso por radio (12) para una red de comunicaciones celular (10), que comprende:
- un transceptor (38);
- 10 un procesador (34);
- memoria (36), que almacena instrucciones de software ejecutables por el procesador (34) mediante el cual el nodo de acceso por radio (12) es operable para:
- configurar una pluralidad de puertos de señal de referencia de información de estado de canal, CSI-RS, para un dispositivo inalámbrico (16), siendo la pluralidad de puertos de CSI-RS uno de un grupo que consta de: doce puertos de CSI-RS y dieciséis puertos de CSI-RS.
- 15 y
- transmitir, a través del transceptor, una CSI-RS en la pluralidad de puertos de CSI-RS multiplexando pares de puertos de CSI-RS en pares de RE de CSI-RS en el dominio del tiempo utilizando códigos de cobertura ortogonal, OCC, de longitud 2, en donde el nodo de acceso por radio es operable, además, para:
- 20 enviar un mapa de bits al dispositivo inalámbrico (16) que indica posiciones de par de los pares de RE en cualquier posición de par dentro de un bloque de recursos físicos, PRB.
12. Un método de operación mediante un dispositivo inalámbrico (16), que comprende:
- recibir (100, 200, 300, 400, 500) la configuración de una pluralidad de puertos de señal de referencia de información de estado de canal, CSI-RS, desde un nodo de acceso por radio (12), siendo la pluralidad de puertos de CSI-RS uno de un grupo que consta de: doce puertos de CSI-RS y dieciséis puertos de CSI-RS,
- 25 y se multiplexan pares de puertos de CSI-RS sobre pares de RE de CSI-RS adyacentes en el dominio del tiempo utilizando códigos de cobertura ortogonal, OCC, de longitud 2,
- recibir señalización de un mapa de bits que indica las posiciones de los pares de RE en cualquier posición de par dentro de un bloque de recursos físicos, PRB;
- 30 realizar (104, 204, 304, 404, 504) mediciones en la pluralidad de puertos de CSI-RS configurados para el dispositivo inalámbrico (16); y
- transmitir (106, 206, 306, 406, 506) un informe de información del estado del canal, CSI, al nodo de acceso por radio, según las mediciones.
13. Un dispositivo inalámbrico (16) para una red de comunicaciones celular, que comprende:
- 35 un transceptor (24);
- un procesador (20); y
- memoria (22) que almacena instrucciones de software ejecutables por el procesador mediante el cual el dispositivo inalámbrico (16) es operable para:
- 40 recibir, a través del transceptor (24), la configuración de una pluralidad de puertos de señal de referencia de información del estado del canal, CSI-RS, desde un nodo de acceso por radio (12), siendo la pluralidad de puertos de CSI-RS uno de un grupo que consta de: doce puertos de CSI-RS y dieciséis puertos de CSI-RS,
- y los pares de puertos de CSI-RS se multiplexan en pares de RE de CSI-RS adyacentes en el dominio del tiempo utilizando códigos de cobertura ortogonal, OCC, de longitud 2;
- 45 recibir, a través del transceptor (24), la señalización de un mapa de bits que emparejan las posiciones de los pares de RE en cualquier posición de par dentro de un bloque de recursos físicos, PRB;
- realizar mediciones en al menos un subconjunto de la pluralidad de puertos de CSI-RS configurados para el dispositivo inalámbrico (16); y

transmitir, a través del transceptor (24), un informe de información del estado del canal, CSI, al nodo de acceso por radio basándose en las mediciones.

14. Un programa informático, que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan en al menos un procesador, hacen que el al menos un procesador lleve a cabo el método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 o 12.

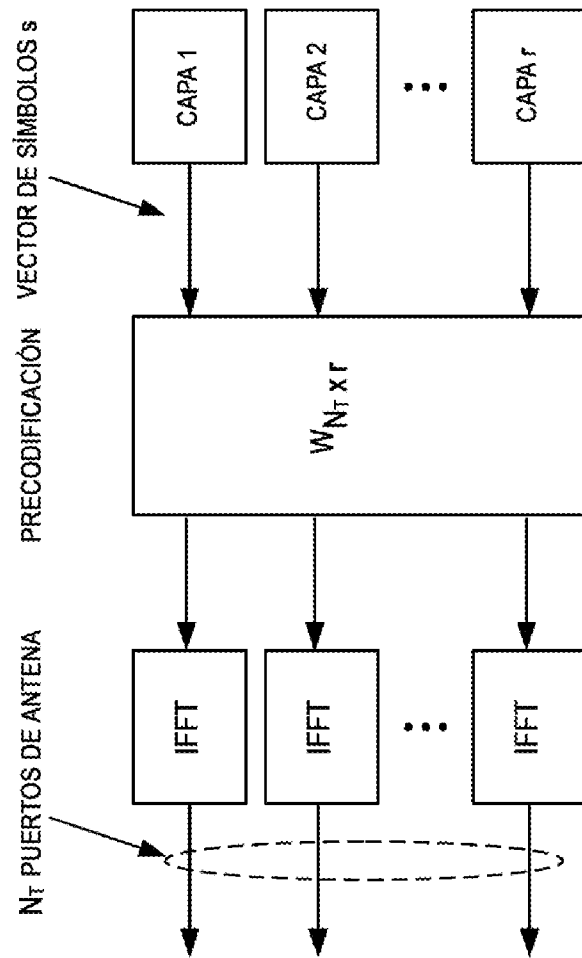


FIG. 1

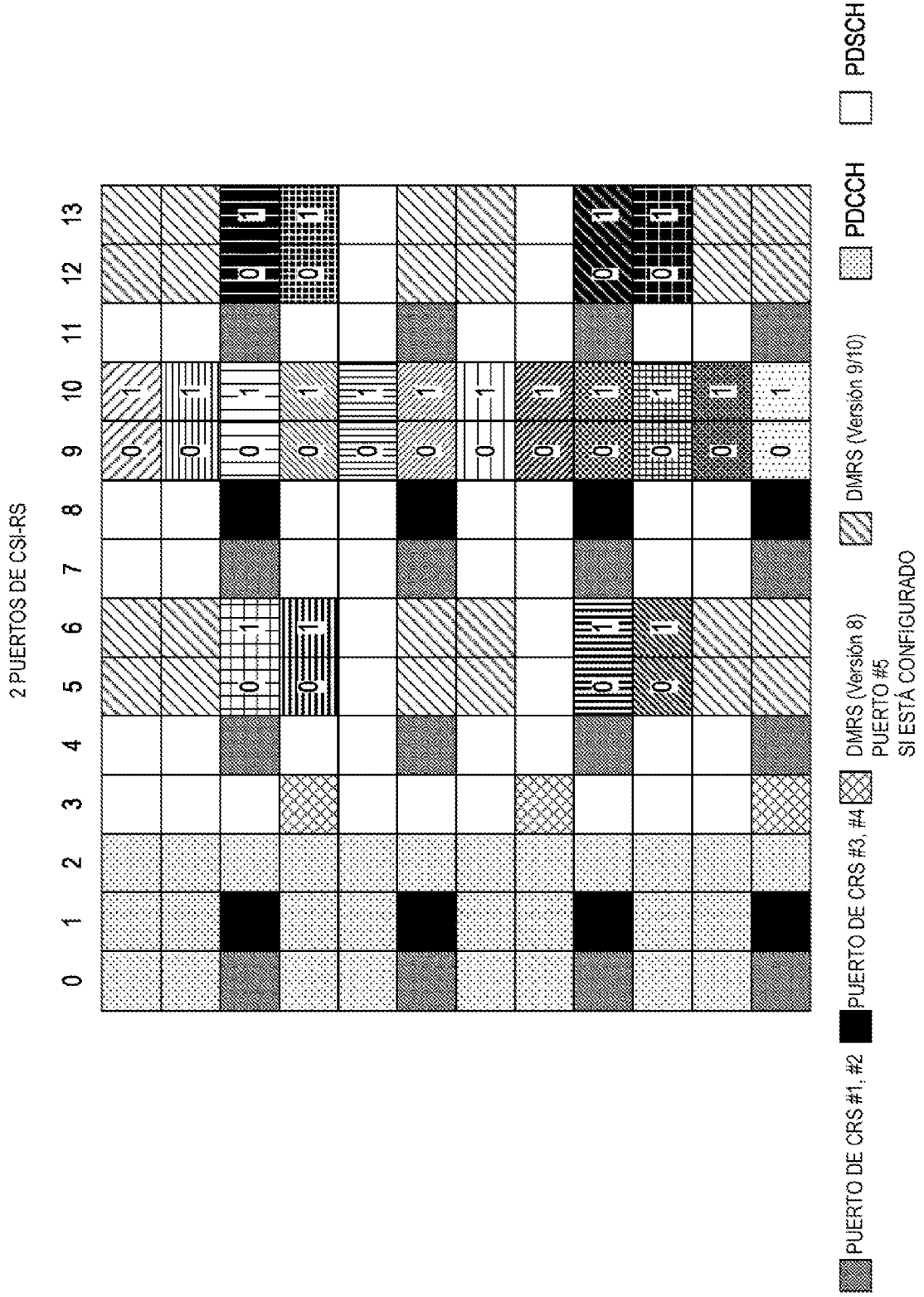
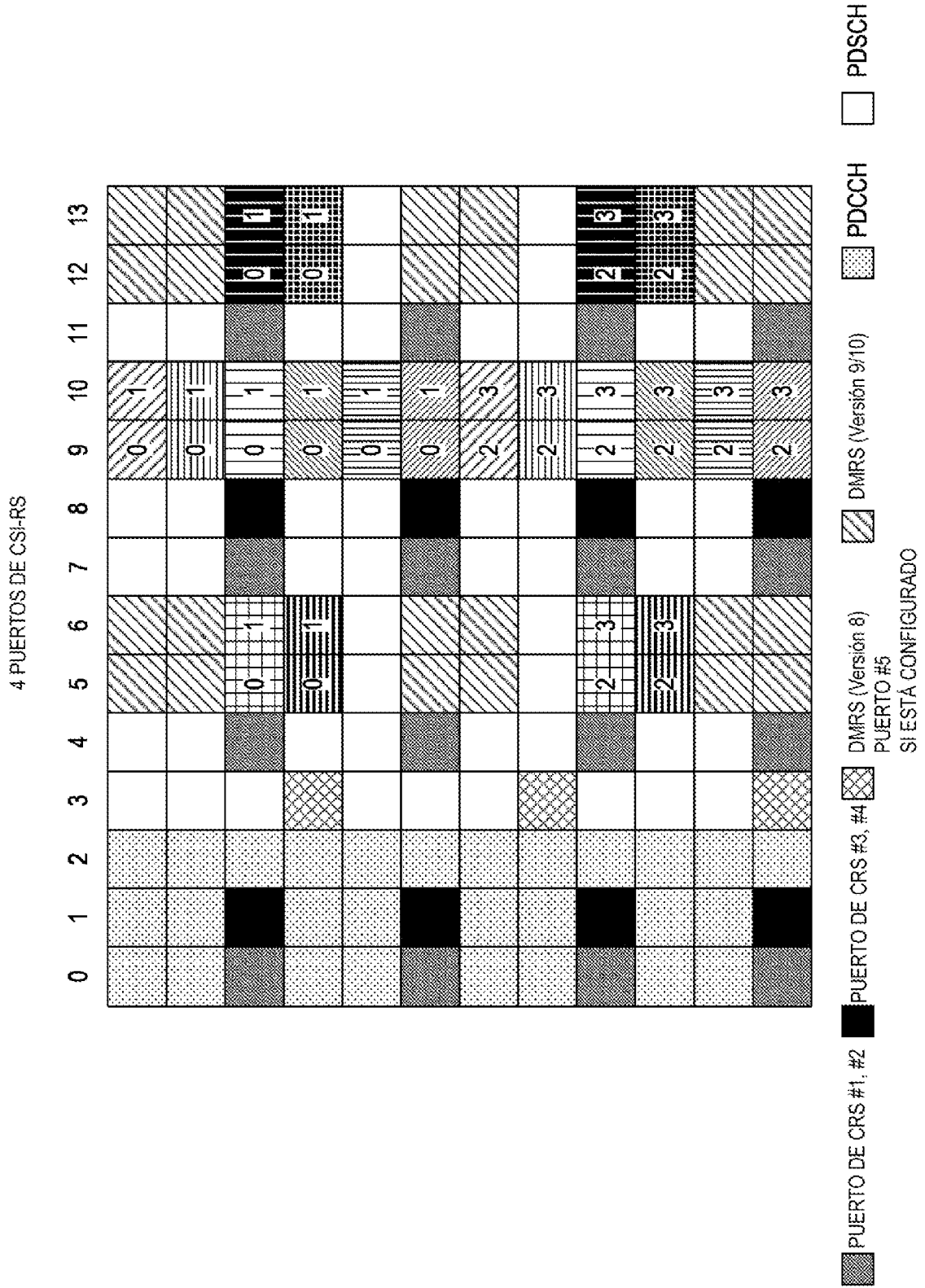


FIG. 2A



**FIG. 2B**

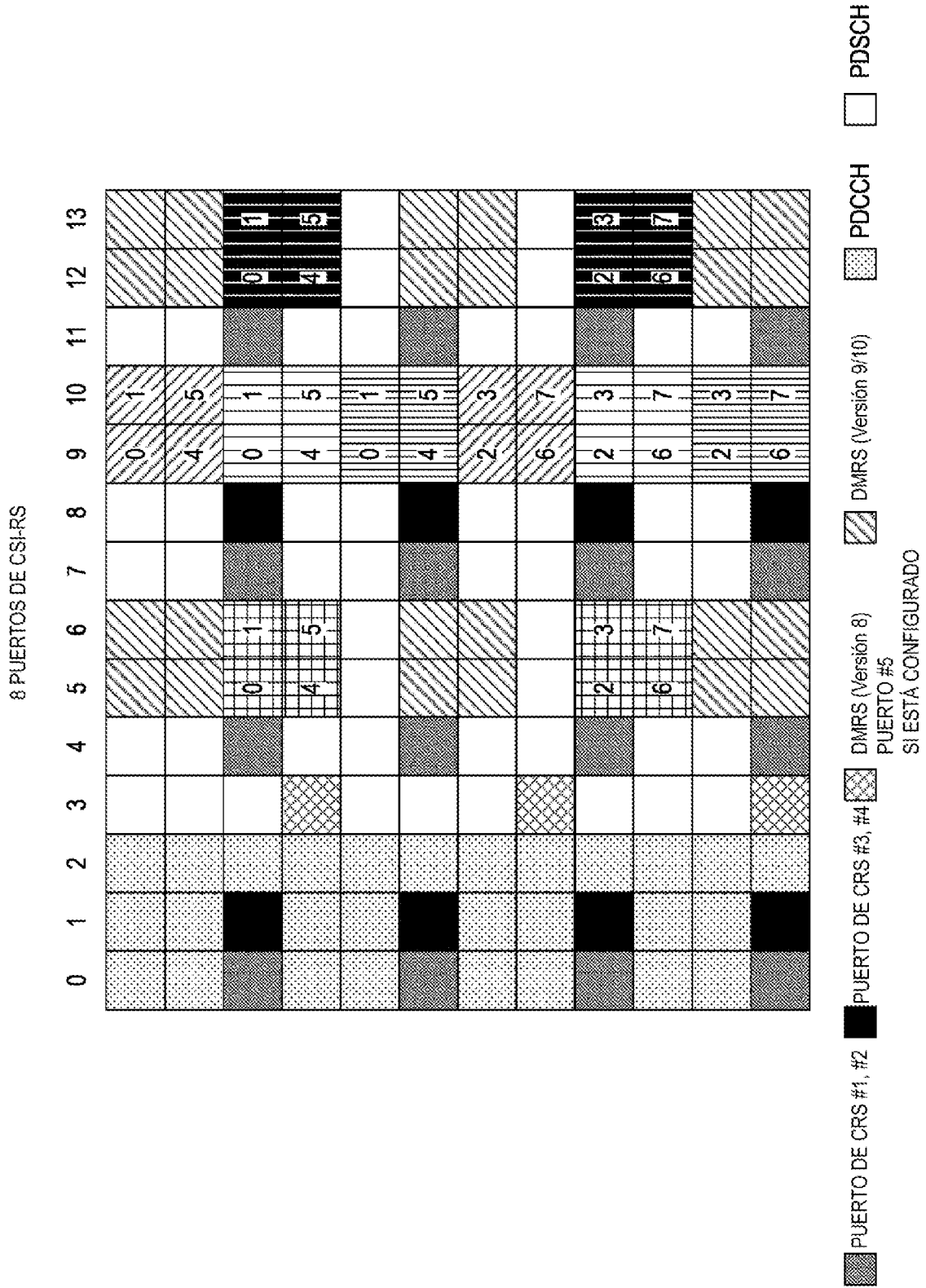
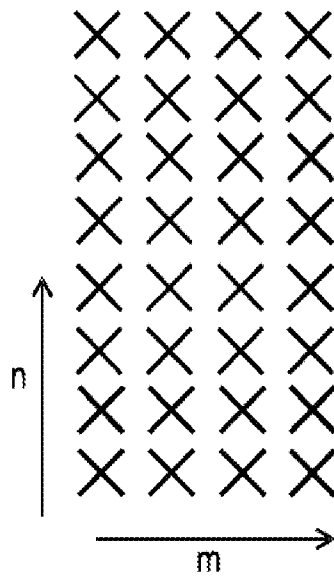


FIG. 2C

	CONFIGURACIÓN DE SEÑAL DE REFERENCIA DE CSI	NÚMERO DE SEÑALES DE REFERENCIA DE CSI CONFIGURADAS					
		1 O 2		4		8	
		(k', l')	$n_s \text{ mod } 2$	(k', l')	$n_s \text{ mod } 2$	(k', l')	$n_s \text{ mod } 2$
ESTRUCTURA DE TRAMA TIPO 1 Y 2	0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0
	1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1
	2	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1
	3	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1
	4	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1
	5	(8,5)	0	(8,5)	0		
	6	(10,2)	1	(10,2)	1		
	7	(8,2)	1	(8,2)	1		
	8	(6,2)	1	(6,2)	1		
	9	(8,5)	1	(8,5)	1		
	10	(3,5)	0				
	11	(2,5)	0				
	12	(5,2)	1				
	13	(4,2)	1				
	14	(3,2)	1				
	15	(2,2)	1				
	16	(1,2)	1				
	17	(0,2)	1				
	18	(3,5)	1				
	19	(2,5)	1				
ESTRUCTURA DE TRAMA SOLO TIPO 2	20	(11,1)	1	(11,1)	1	(11,1)	1
	21	(9,1)	1	(9,1)	1	(9,1)	1
	22	(7,1)	1	(7,1)	1	(7,1)	1
	23	(10,1)	1	(10,1)	1		
	24	(8,1)	1	(8,1)	1		
	25	(6,1)	1	(6,1)	1		
	26	(5,1)	1				
	27	(4,1)	1				
	28	(3,1)	1				
	29	(2,1)	1				
	30	(1,1)	1				
	31	(0,1)	1				

FIG. 3



**FIG. 4**

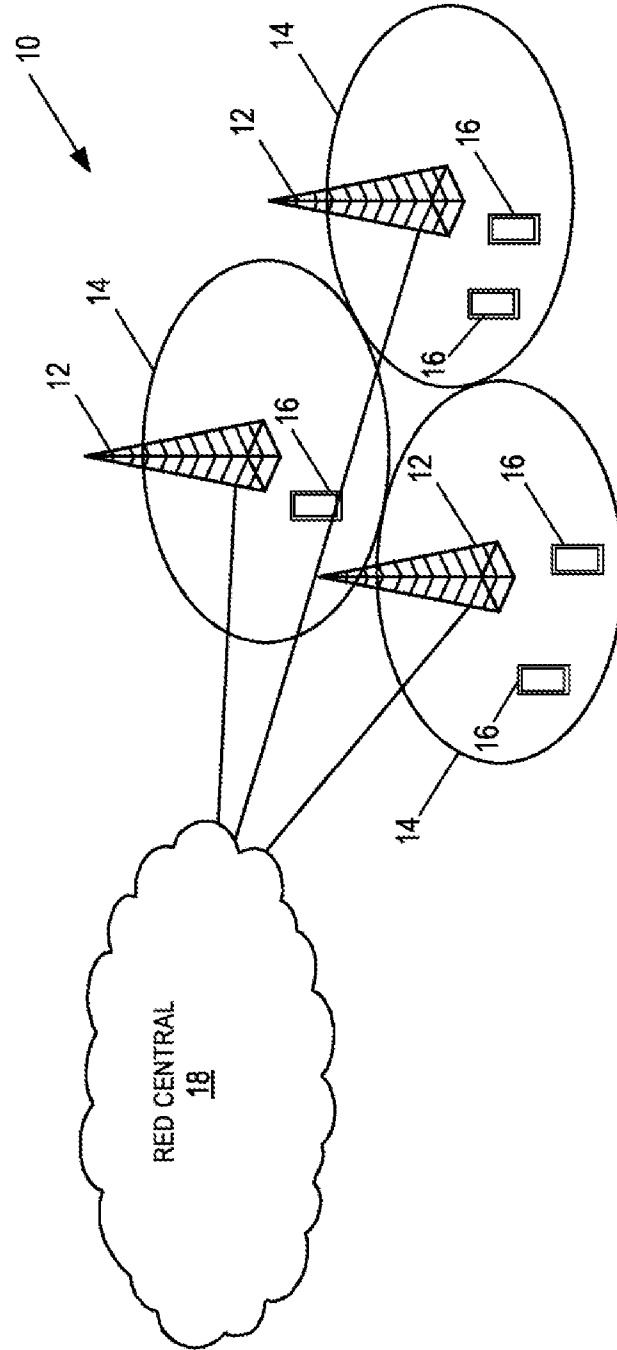


FIG. 5

CONFIGURACIÓN DE LA SEÑAL DE REFERENCIA DE CSI	NÚMERO DE SEÑALES DE REFERENCIA DE CSI CONFIGURADAS							
	1 0 2		4		6/8		10/12/14/16	
	(k', l')	n <sub>s</sub> mod 2	(k', l')	n <sub>s</sub> mod 2	(k', l')	n <sub>s</sub> mod 2	(k', l')	n <sub>s</sub> mod 2
0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0
1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1
2	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1
3	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1
4	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1

FIG. 6

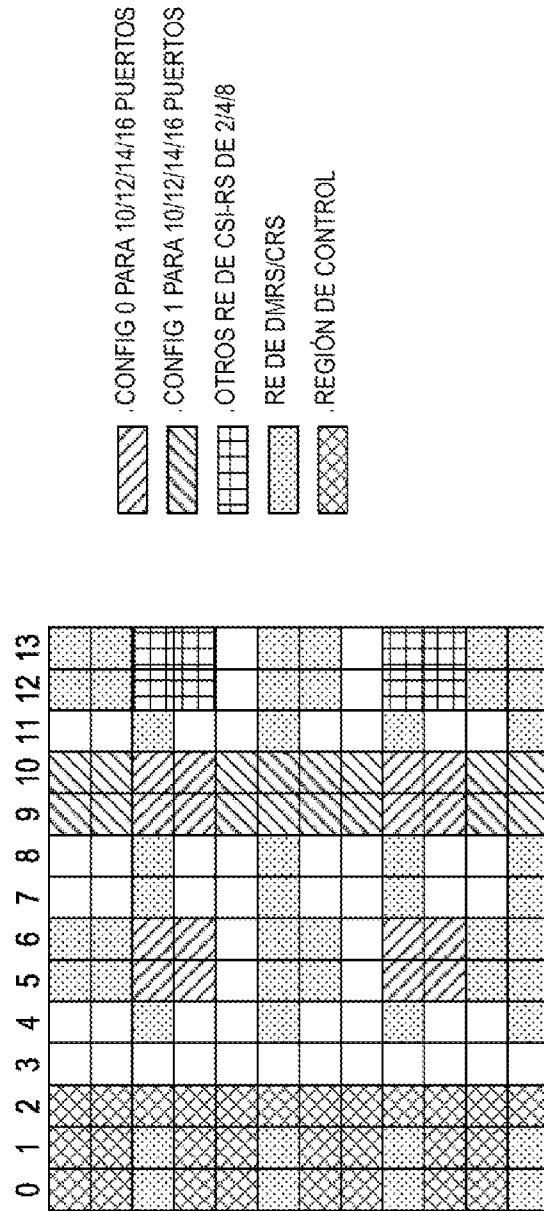


FIG. 7



ESTRUCTURA DE TRAMA TIPO 1 Y 2	NÚMERO DE SEÑALES DE REFERENCIA DE CSI CONFIGURADAS											
	10		2		4		6/8		10/12/14/16			
	(k', l')	n <sub>s</sub> mod 2	(k', l')	n <sub>s</sub> mod 2	(k', l')	n <sub>s</sub> mod 2	(k', l')	n <sub>s</sub> mod 2	(k', l')	n <sub>s</sub> mod 2		
0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0		
1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1		
2	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1		
3	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1		
4	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1		

FIG. 9

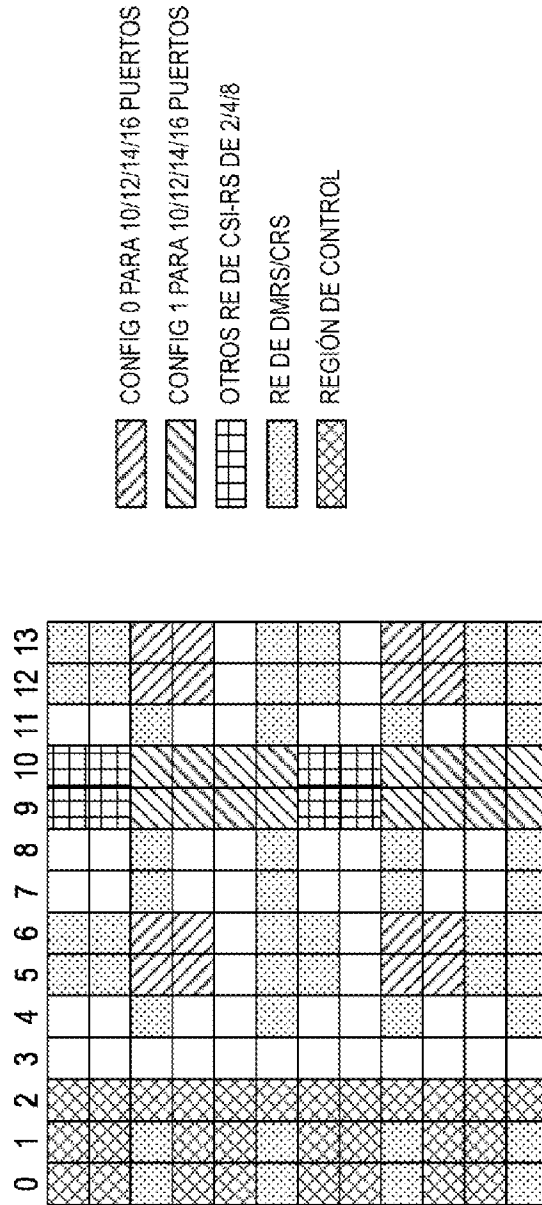


FIG. 10

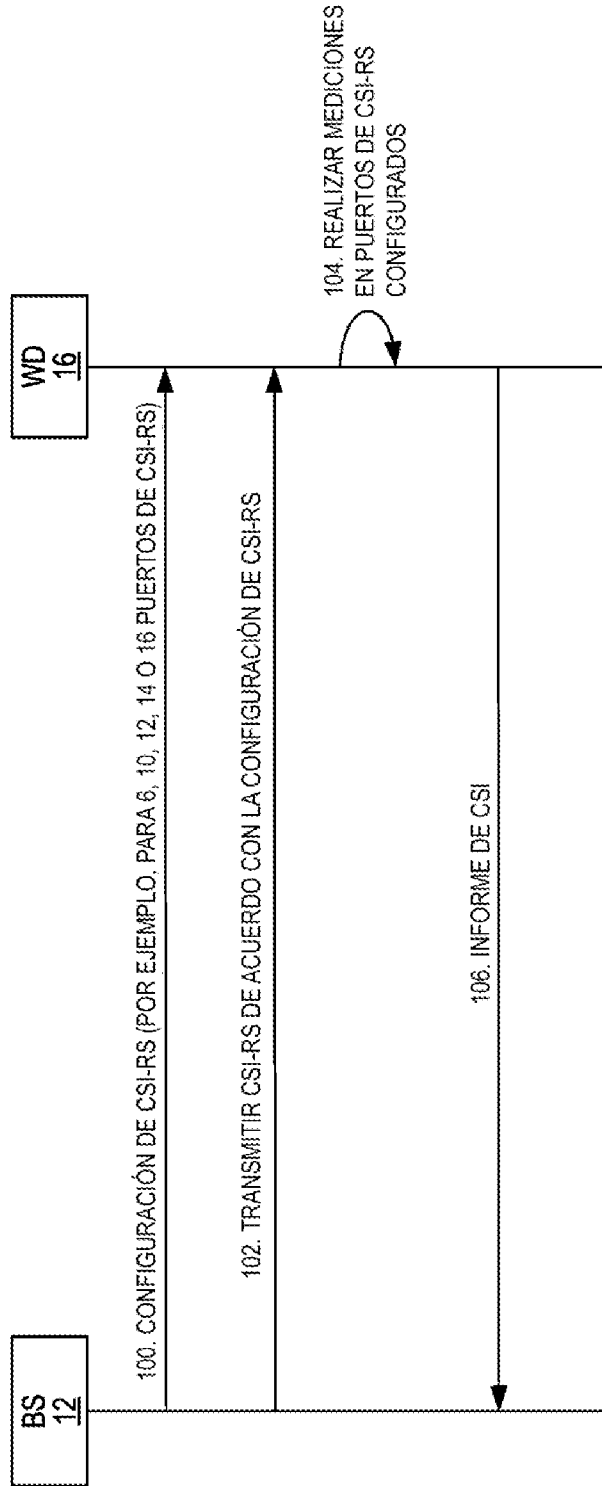


FIG. 11

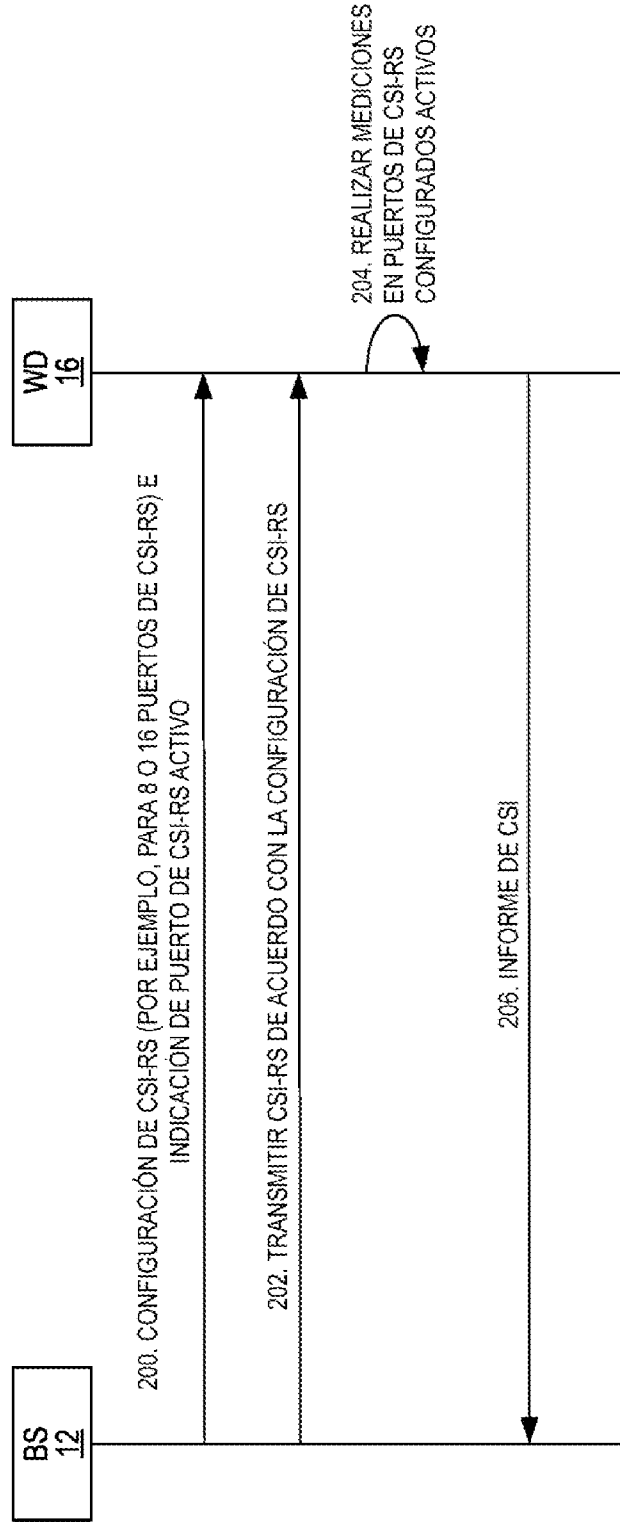


FIG. 12



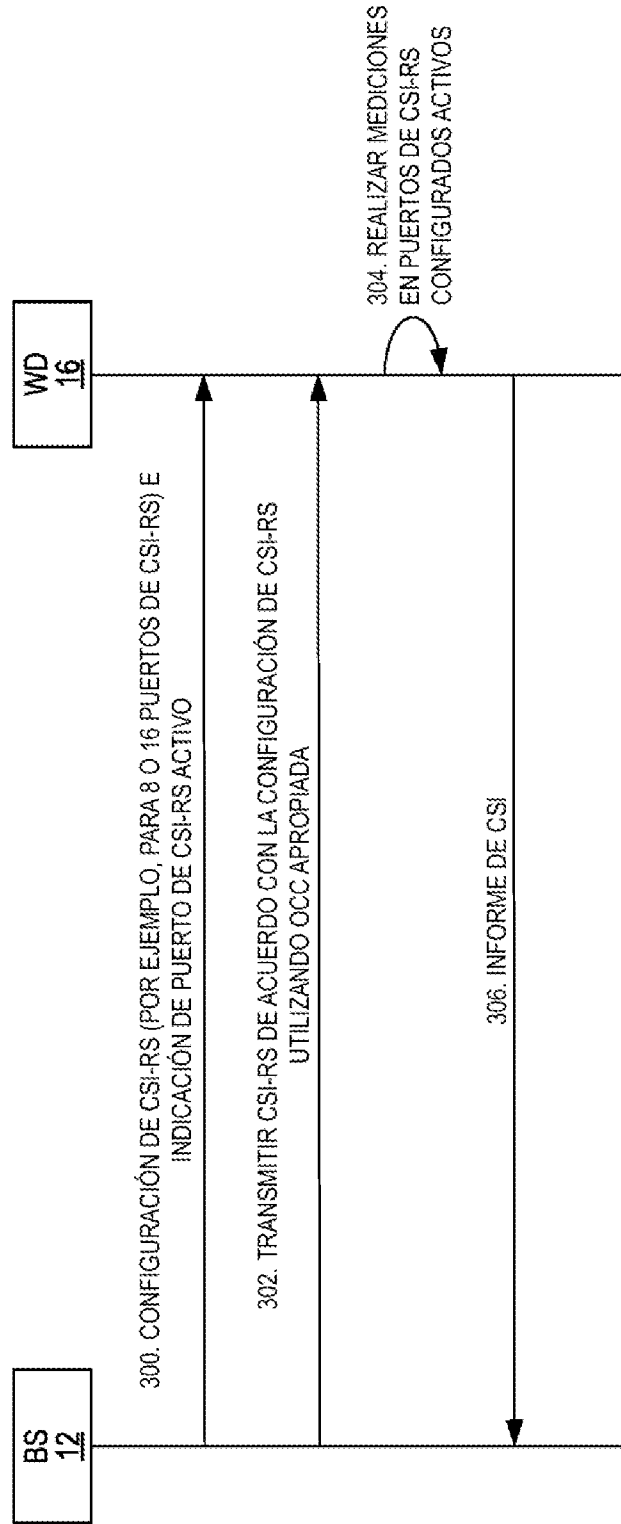


FIG. 14

SEÑAL DE REF. DE CSI CONFIG.	NÚMERO DE SEÑALES DE REFERENCIA DE CSI CONFIGURADAS															
	1 0 2		4		6		8		10		12		14		16	
	$(k', l')$	$n_s \text{ mod } 2$	$(k', l')$	$n_s \text{ mod } 2$	$(k', l')$	$n_s \text{ mod } 2$	$(k', l')$	$n_s \text{ mod } 2$	$(k', l')$	$n_s \text{ mod } 2$	$(k', l')$	$n_s \text{ mod } 2$	$(k', l')$	$n_s \text{ mod } 2$	$(k', l')$	$n_s \text{ mod } 2$
0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0	(9,5)	0
1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1	(11,2)	1
2	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1	(9,2)	1
3	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1	(7,2)	1
4	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1	(9,5)	1

ESTRUCTURA DE TRAMA TIPO 1 Y 2

FIG. 15

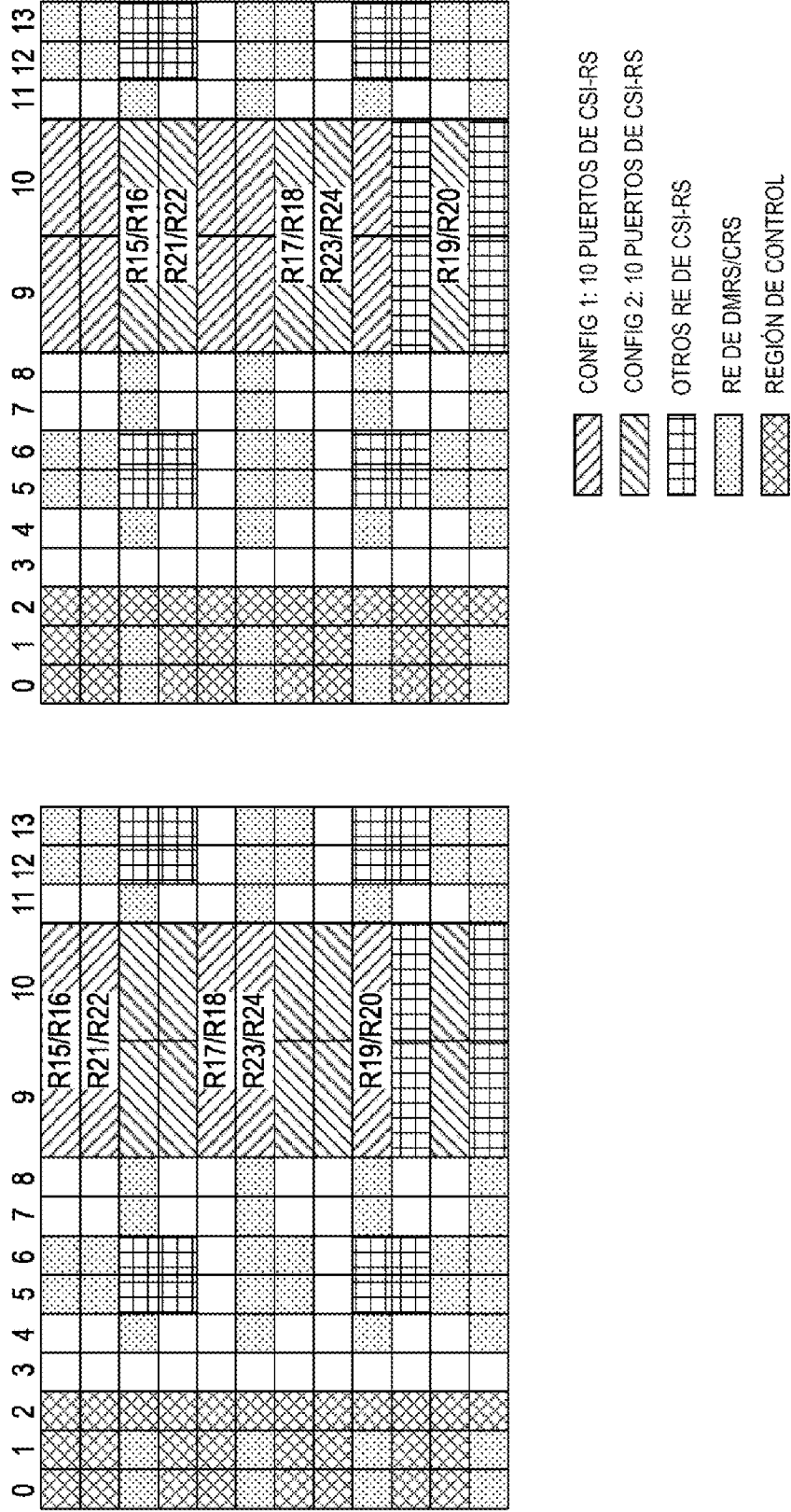


FIG. 16





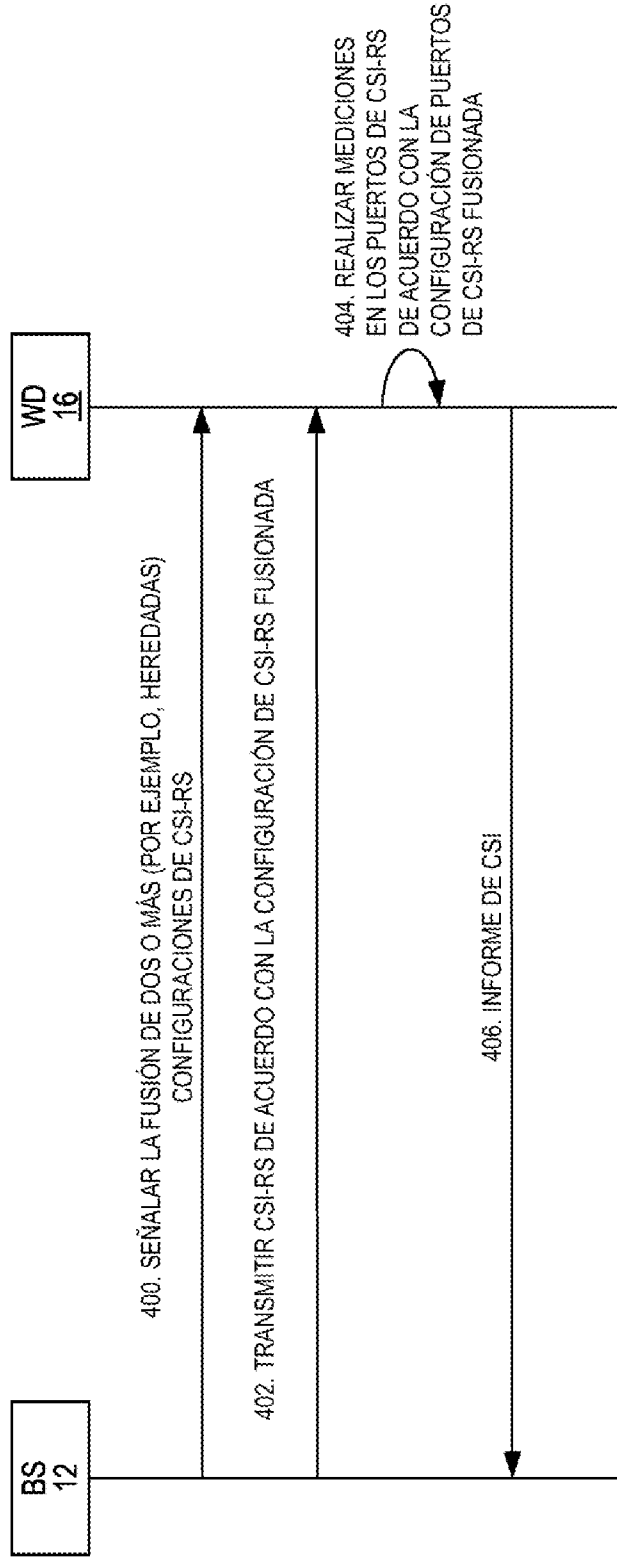


FIG. 19



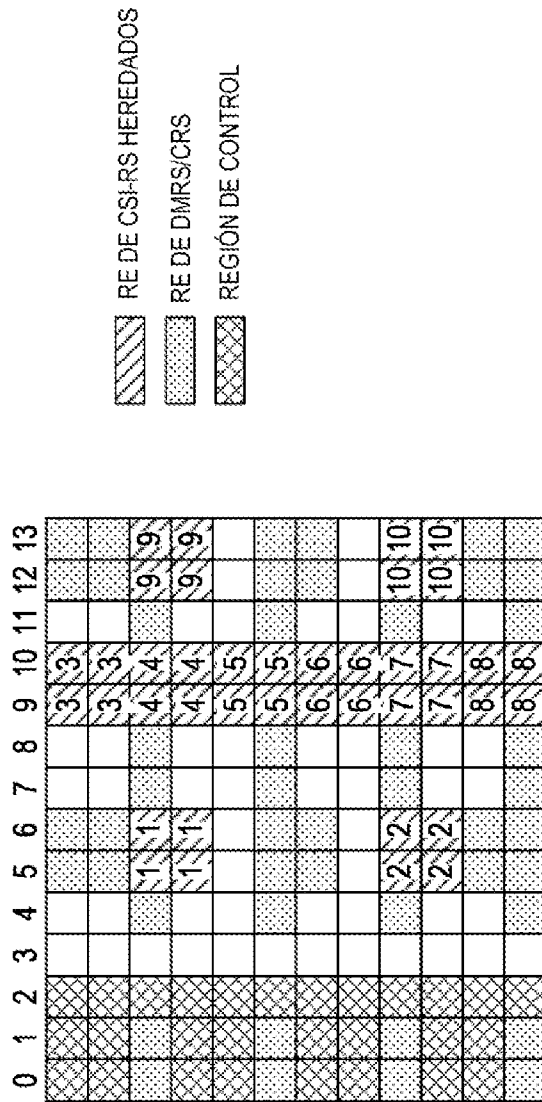
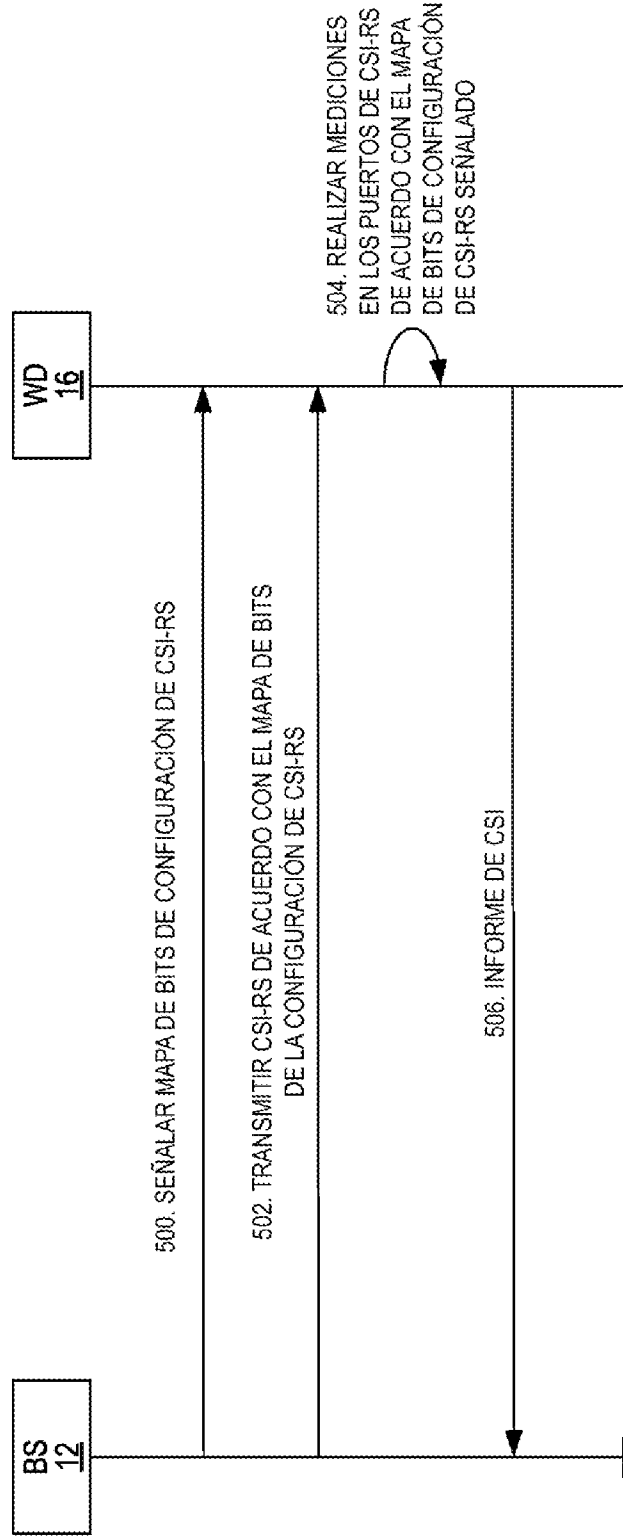
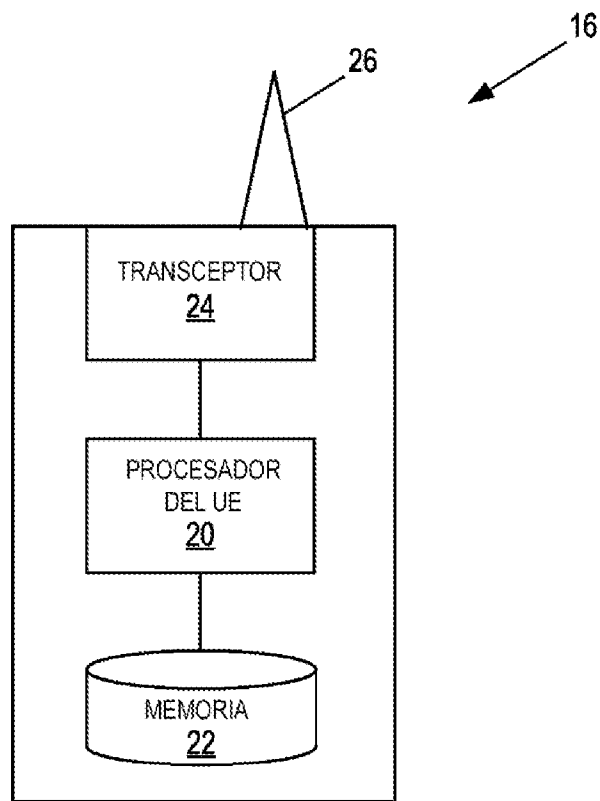


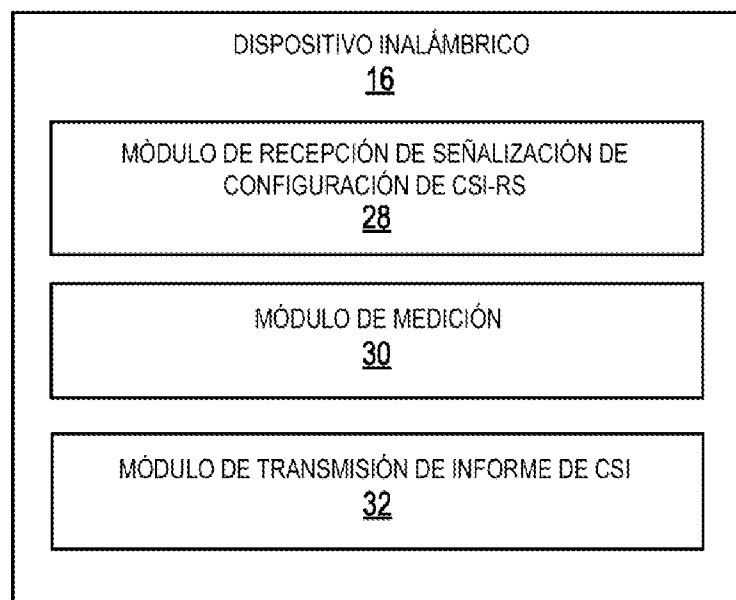
FIG. 21



**FIG. 22**



**FIG. 23**



**FIG. 24**

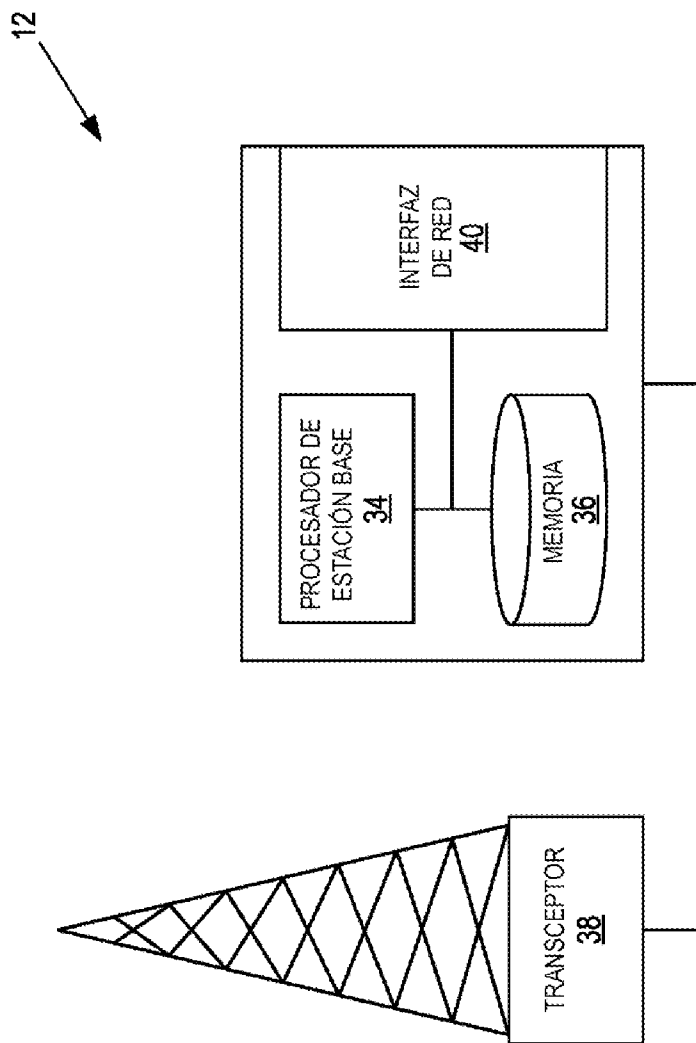


FIG. 25

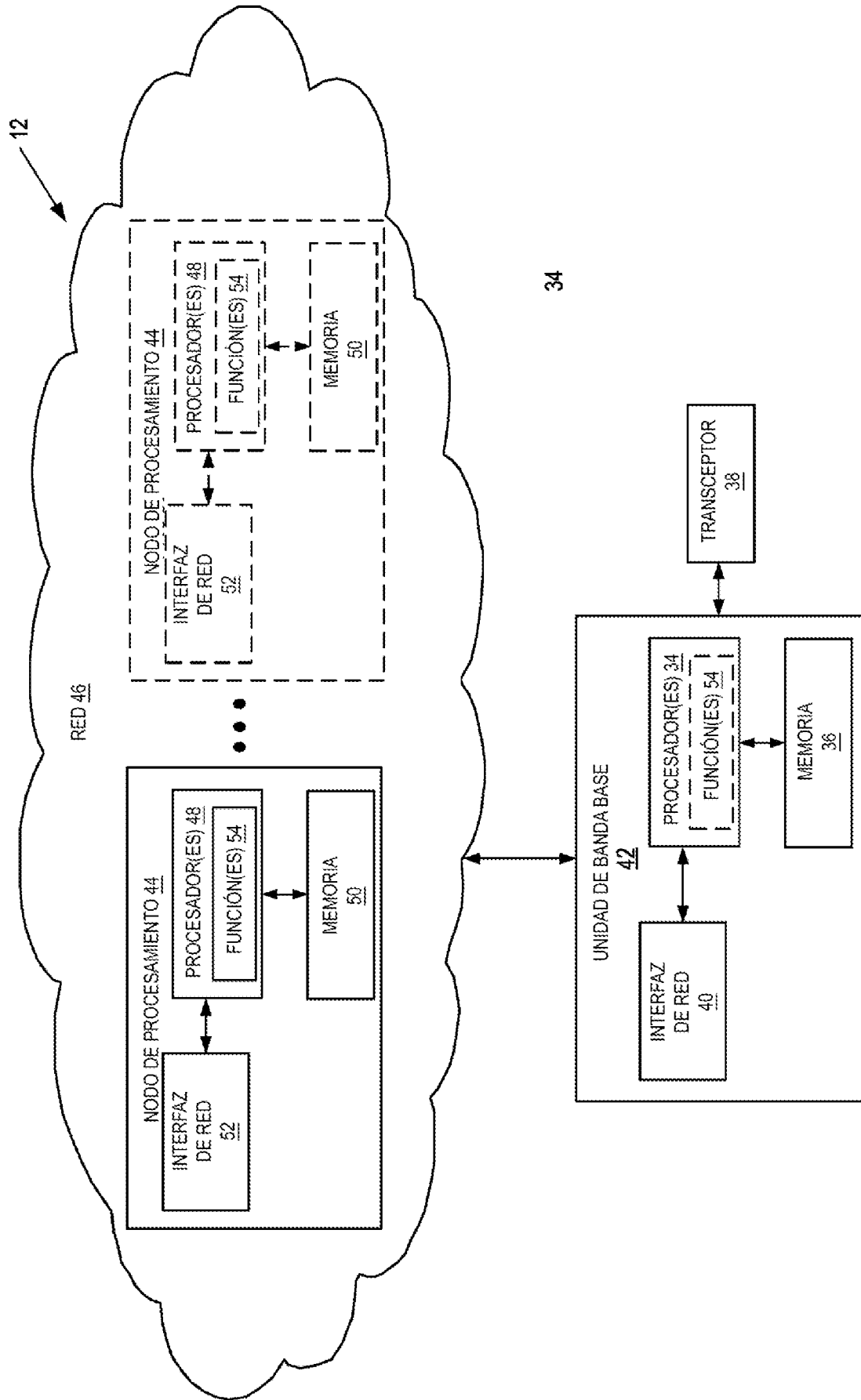
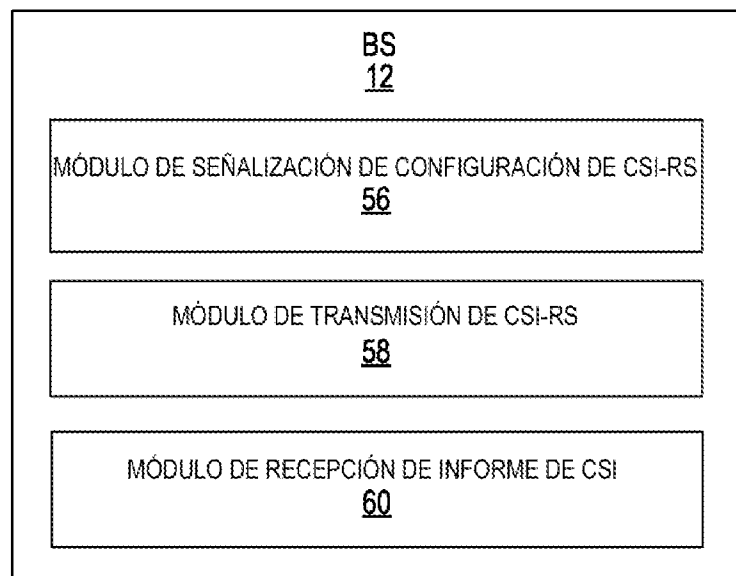


FIG. 26



**FIG. 27**