

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 945 820**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00 (2006.01)

H04B 7/0456 (2007.01)

H04B 7/06 (2006.01)

H04L 1/00 (2006.01)

H04W 72/04 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.01.2020 PCT/SE2020/050088**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.10.2020 WO20204775**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2020 E 20704628 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2023 EP 3949215**

54 Título: **Precodificación basada en CSI en un subconjunto de espacio de búsqueda**

30 Prioridad:

29.03.2019 US 201962826530 P

29.03.2019 US 201962826571 P

03.05.2019 US 201962842558 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
07.07.2023

73 Titular/es:

TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)

164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

MOLOUDI, SAEDEH y
WALLÉN, ANDERS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 945 820 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

Precodificación basada en CSI en un subconjunto de espacio de búsqueda

Campo técnico

La descripción actual se refiere a la realización de precodificación basada en información de estado de canal (CSI) en un subconjunto de espacio de búsqueda.

Antecedentes

Últimamente se ha trabajado mucho en el Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP) en la especificación de tecnologías para cubrir los casos de uso relacionados con Máquina a Máquina (M2M) y/o Internet de las Cosas (IoT). El trabajo más reciente para las versiones 13, 14 y 15 del 3GPP incluye mejoras para soportar comunicaciones tipo máquina (MTC) con nuevas categorías de Equipos de Usuario (UE) (Cat-M1, Cat-M2), que soportan un ancho de banda reducido de seis Bloques de Recursos Físicos (PRB)) (hasta 24 PRB para Cat-M2) y los UE de IoT de Banda Estrecha (NB-IoT) que proporcionan una nueva interfaz de radio (y categorías de UE, Cat-NB1 y Cat-NB2).

A menudo se hace referencia a las mejoras de Evolución a Largo Plazo (LTE) introducidas en las versiones 13, 14 y 15 del 3GPP para MTC como "LTE-M", "LTE-MTC" o "eMTC" para indicar el soporte de UE de ancho de banda limitado y el soporte de mejoras de cobertura asociadas a las categorías de UE Cat-M1 y Cat-M2 y la funcionalidad correspondiente. En los documentos de estandarización del 3GPP, también se hace referencia a los dispositivos que cumplen con esta funcionalidad como UE de baja complejidad de ancho de banda reducido y/o cobertura mejorada (BL/CE). Esto es para separar la discusión de NB-IoT (aquí se utiliza la notación para cualquier versión), aunque las funciones soportadas son similares en un nivel general.

LTE-M (así como NB-IoT) utiliza muchas de las funcionalidades y propiedades básicas de un sistema de LTE. Esto incluye las propiedades básicas de la capa física, incluyendo la cuadrícula de tiempo/frecuencia donde cada subportadora y símbolo de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM) corresponde a un Elemento de Recurso (RE). La red se puede dividir en el dominio de la frecuencia en Bloques de Recursos (RB), también denotados Bloques de Recursos Físicos (PRB), que constan de 12 subportadoras, y en el dominio del tiempo en intervalos que constan de (típicamente) 7 símbolos de OFDM y subtramas que constan de 2 intervalos. La duración de un intervalo y una subtrama en LTE es de 0,5 ms y 1 ms, respectivamente. Un RB o PRB también se usa para denotar un grupo de RE que abarcan 12 subportadoras y 7 símbolos de OFDM en un intervalo, y un par de PRB se usa para denotar un grupo de RE que abarcan 12 subportadoras y 14 símbolos de OFDM en una subtrama. Un UE de LTE necesita soportar la recepción y transmisión en un ancho de banda correspondiente a hasta 100 PRB, mientras que se supone que un dispositivo de Cat-M1 solo soporta un ancho de banda correspondiente a 6 PRB, lo que se denota Banda Estrecha (NB) en el estándar del 3GPP.

Algunos de los canales físicos y señales de LTE se reutilizan para LTE-M sin o con solo pequeños cambios en las propiedades de la capa física. Para el enlace descendente, esto incluye las señales de Sincronización Primaria y Secundaria (PSS/SSS), la Señal de Referencia específica de Celda (CRS), el Canal Físico de Difusión (PBCH) y el Canal Físico Compartido de Enlace Descendente (PDSCH) utilizados para transmisiones de datos. Fue posible reutilizar estos para LTE-M dado que se pueden recibir dentro de un ancho de banda de solo 6 PRB. Sin embargo, fue necesario introducir otros cambios con el fin de acomodar las limitaciones particulares y/o las características deseadas de comunicación usando dispositivos de LTE-M. Uno de tales cambios se relaciona con la información de control de enlace descendente (DCI), que en LTE se transmite en un Canal Físico de Control de Enlace Descendente (PDCCH). Dado que PDCCH en LTE abarca todo el ancho de banda del sistema transmitido desde una estación base (a la que también se hace referencia como eNodeB o eNB), no se puede requerir un UE de LTE-M para recibir esto. Por lo tanto, en la versión 13 se introdujo un nuevo canal de control, el Canal Físico de Control de Enlace Descendente de MTC (MPDCCH), basado en gran medida en el Canal Físico de Control de Enlace Descendente mejorado (EPDCCH) definido en la versión 11 de LTE.

Otra característica deseada en la versión 13 era soportar una cobertura mejorada para dispositivos de IoT. Esto se logró en gran medida introduciendo repeticiones de los canales físicos por medio de la repetición explícita de la transmisión de un paquete de datos o control en particular en subtramas posteriores y/o permitiendo que un receptor acumule transmisiones posteriores (heredadas) de canales y señales. El primero incluye transmisiones de control y datos en un Canal Físico de Control de Enlace Descendente de Comunicaciones Tipo Máquina (MTC) (MPDCCH) y PDSCH, respectivamente, mientras que este último también incluye señales que ya se transmitieron repetidamente en LTE heredada, tales como PSS, SSS y PBCH. Repitiendo la transmisión y la recepción del mismo paquete, el receptor de LTE-M es capaz de combinar la información de estas transmisiones con el fin de lograr una relación señal a ruido (SNR) acumulada lo suficientemente buena para demodular y decodificar con éxito el paquete recibido, también en malas condiciones de cobertura. Con el fin de diferenciar entre los dispositivos de LTE-M que necesitan una cantidad diferente de técnicas de mejora de cobertura, se han definido dos modos de Mejora de Cobertura diferentes, Modo A de CE y Modo B de CE, respectivamente. Los dispositivos que necesitan poca o ninguna mejora de cobertura se configuran típicamente en Modo A de CE, mientras que los dispositivos con mala cobertura que

necesitan una mejora de cobertura más sustancial, por ejemplo, más repeticiones de canales físicos, se configuran en Modo B de CE.

Un UE de LTE-M se puede configurar para monitorizar transmisiones de MPDCCH dentro de 2, 4 o 6 pares de PRB adyacentes en frecuencia. Un mensaje de control particular se transmite por el eNB en una de entre un número limitado de ubicaciones posibles correspondientes a un subconjunto de los elementos de recursos dentro de estos pares de PRB configurados. Un UE de LTE-M monitoriza e intenta decodificar a ciegas los candidatos de MPDCCH en un denominado espacio de búsqueda, que comprende un subconjunto bien definido de estas ubicaciones posibles. Hay Espacios de Búsqueda Comunes (CSS), conocidos por todos los UE (LTE-M) donde se transmiten principalmente mensajes de control comunes, tales como transmisiones de MPDCCH relacionadas con radiobúsqueda o acceso aleatorio. También hay Espacios de Búsqueda específicos de UE (USS), utilizados para programar transmisiones de datos dedicadas en el enlace descendente en el PDSCH o en el enlace ascendente en el Canal Físico Compartido de Enlace Ascendente (PUSCH).

Cuando el UE monitoriza el MPDCCH en un espacio de búsqueda particular, lo hace tratando de decodificar un número de candidatos de MPDCCH usando uno o más Identificadores Temporales de Red de Radio (RNTI) particulares. Un RNTI particular está asociado con un mapa de bits que se usa para aleatorizar la Comprobación de Redundancia Cíclica (CRC) del candidato de MPDCCH, de modo que el UE se pretende que decodifique con éxito el MPDCCH solo si aplica el RNTI con el que se transmitió el MPDCCH. Hay diferentes RNTI que se utilizan para diferentes propósitos, donde principalmente se considerará en la presente memoria un RNTI dedicado. Sin limitación, asumimos que se utiliza el RNTI de celda (C-RNTI), donde el C-RNTI es único para cada UE en modo conectado en la celda de servicio. Se requiere un UE en modo conectado y configurado en Modo A de CE para monitorizar candidatos de MPDCCH aleatorizados con C-RNTI tanto en el espacio de búsqueda específico de UE, USS, como en el espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0, en la presente memoria abreviado CSS-0 por el bien de la brevedad.

Además, un candidato de MPDCCH puede consistir en diferentes números de elementos de recursos para lograr diferentes tasas de código. Se hace referencia a esto como diferentes Niveles de Agregación (AL), donde el conjunto de AL permitidos para MPDCCH es {1, 2, 4, 8, 16, 24}, donde el nivel de agregación se refiere al número de Elementos de Canal de Control Mejorado (ECCE) utilizado para el candidato de MPDCCH. Cada ECCE es un conjunto de RE correspondientes al número de RE contenidos en aproximadamente $\frac{1}{4}$ PRB, lo que significa que los AL permitidos para el candidato de MPDCCH ocupan los RE correspondientes a (aproximadamente) $\{\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1, 2, 4, 6\}$ pares de PRB.

Antes de intentar decodificar un mensaje de MPDCCH, el UE de LTE-M primero recibe señales de referencia ubicadas en elementos de recursos específicos con el fin de estimar el canal de propagación entre el eNB de transmisión y el UE. Para la transmisión de MPDCCH, se utilizan Señales de Referencia de Demodulación (DM-RS), que se describirán con más detalle a continuación.

El eNB puede utilizar además uno de los dos modos de transmisión diferentes para transmitir un mensaje de MPDCCH, denotados modo localizado y distribuido, respectivamente. En resumen, los diferentes modos se refieren a qué RE se utilizan para un candidato de MPDCCH en particular y cómo los datos transmitidos en estos RE se relacionan con la DM-RS correspondiente. La transmisión localizada usa los RE en la menor cantidad posible de pares de PRB (es decir, solo un par de PRB para niveles de agregación de hasta 4), mientras que la transmisión distribuida usa los RE en todos los pares de PRB en los que el UE está configurado para monitorizar el MPDCCH. La relación entre el modo de transmisión y el uso de DM-RS se discute más adelante.

Las señales de referencia, o señales piloto, se transmiten en los sistemas de comunicación con el fin de proporcionar una referencia de fase que un receptor puede usar con el fin de sincronizar la temporización de la transmisión y ajustar cualquier error de frecuencia entre el transmisor y el receptor. En la mayoría de los sistemas de comunicación, las señales de referencia también se utilizan para proporcionar una referencia de fase de manera que el receptor pueda estimar el canal de propagación entre el transmisor y el receptor con el fin de ser capaces de demodular y decodificar el mensaje de datos transmitido. En los sistemas celulares, las señales de referencia transmitidas en una celda desde una estación base a un UE se pueden clasificar como señales de referencia o bien comunes o bien dedicadas. Las señales de referencia comunes (a las que se hace referencia a menudo como específicas de celda) están destinadas a ser utilizadas por todos los UE que se comunican con la celda y, por lo general, se difunden con la misma potencia en todas las direcciones dentro de la celda, mientras que las señales de referencia dedicadas (a las que se hace referencia a menudo como específicas de usuario) están destinadas a ser recibidas y utilizadas por un solo usuario. A lo largo de esta descripción, se usará LTE como un sistema celular ejemplar, pero las ideas presentadas en la presente memoria se aplican a cualquier sistema de comunicación con diferentes clases de señales de referencia con propiedades que se pueden mapear a las descritas.

En LTE, existen diferentes tipos de señales de referencia comunes, de las cuales la llamada Señal de Referencia específica de Celda (CRS), es el tipo más importante. Se transmite en (casi) todas las subtramas y se usa principalmente para soportar la estimación de canal con el fin de demodular los diferentes canales físicos de control y datos, pero también se usa, por ejemplo, para medir la intensidad y la calidad de la señal en celdas propias y vecinas. Además, existen dos tipos de señales de referencia dedicadas, denominadas señales de referencia de

demodulación (DM-RS) para el Canal Físico Compartido de Enlace Descendente (PDSCH) y el Canal Físico de Control de Enlace Descendente Mejorado (EPDCCH), respectivamente. Este último también se utiliza como señal de referencia de demodulación para el MPDCCH.

Cada tipo de señal de referencia se puede transmitir desde los llamados puertos de antena, que se pueden ver como antenas lógicas. Cada puerto de antena se puede mapear a una o más antenas físicas. Con el fin de soportar esquemas de transmisión de múltiples antenas, tales como la diversidad de transmisión y Múltiples Entradas, Múltiples Salidas (MIMO), cada tipo de señal de referencia se puede transmitir desde varios puertos de antena. Cada puerto de antena se mapea a un conjunto fijo de Elementos de Recursos (RE) en la cuadrícula de tiempo-frecuencia de la capa física de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA), y los símbolos de referencia enviados en cada uno de estos RE se definen en el estándar.

Además, se han definido en LTE varios modos de transmisión diferentes para la transmisión de datos en el PDSCH. En la primera versión de LTE, la atención se centró en los modos de transmisión utilizando la CRS para la demodulación. Los símbolos de CRS se utilizan por el UE, entre otras cosas, para realizar la estimación del canal de propagación desde cada puerto de antena de TX en el eNB a cada antena de RX en el UE. Las CRS se transmiten en puertos de antena $p = 0$, $p \in \{0, 1\}$ o $p \in \{0, 1, 2, 3\}$ dependiendo de si se configuran transmisiones de 1, 2 o 4 puertos de antena. Con el fin de optimizar la SNR para la transmisión de datos en esquemas de transmisión de múltiples antenas, los símbolos de datos a ser transmitido se pueden multiplicar con un vector o matriz de precodificación. Para la diversidad de TX, un vector de precodificación típicamente tiene como objetivo rotar las fases de las señales de las antenas de TX de manera que las señales se añadan de manera constructiva en las antenas de RX en el UE, logrando así una ganancia de formación de haces. De manera similar, una matriz de precodificación tiene como objetivo maximizar la ganancia de multiplexación espacial para la transmisión de MIMO. Sin embargo, dado que los símbolos de CRS son comunes a todos los usuarios de una celda, estos no se pueden precodificar para un usuario específico. En su lugar, el precodificador utilizado para la transmisión de datos se señala al UE de modo que pueda deshacer la precodificación cuando se reconstruyen los símbolos de datos transmitidos. El eNB es informado por el UE sobre el precodificador preferido, seleccionado de un libro de códigos de posibles precodificadores, en base a las mediciones del canal de propagación.

Cuando se utilizan señales de referencia específicas de usuario, tales como la DM-RS, el eNB puede realizar las rotaciones de fase para mejorar la formación de haces y las ganancias de multiplexación espacial tanto en las señales de referencia como en los símbolos de datos. Esto implica que el UE puede realizar una estimación de canal y demodular la señal de datos sin saber qué precodificador se ha utilizado realmente por el eNB. Además, el eNB no está restringido a usar solo los precodificadores definidos en los libros de códigos y también puede cambiar los precodificadores en cada subtrama. Esto hace posible, al menos en teoría, adaptar las transmisiones de una forma más ágil con el fin de maximizar el rendimiento a nivel de enlace, también en escenarios con canales de propagación que cambian rápidamente. Aun así, el eNB típicamente puede necesitar alguna ayuda de las mediciones del UE con el fin de conocer buenas selecciones de precodificador, y las imperfecciones en este procedimiento pueden reducir el rendimiento general.

Como se mencionó anteriormente, las señales de referencia específicas de usuario se pueden usar tanto con ciertos modos de transmisión del canal de datos PDSCH como con el Canal Físico de Control Mejorado EPDCCH y el Canal Físico de Control de MTC MPDCCH. Las DM-RS para el PDSCH se transmiten en puertos de antena $p=5$, $p=7$, $p=8$ o uno o varios de $p \in \{7...14\}$. Las DM-RS para EPDCCH y MPDCCH se transmiten en uno o varios de $p \in \{107...110\}$.

Como se mencionó anteriormente, para los MPDCCH hasta la Rel-15 de LTE, similar a otros canales de transmisión, la elección del precodificador se considera que es transparente para el UE. Es decir, depende del eNB seleccionar el precodificador sin informar al UE, aunque el UE puede hacer algunas suposiciones, por ejemplo, con qué frecuencia el precodificador puede variar en tiempo y/o frecuencia.

Sin embargo, existe un elemento de trabajo de la Rel-16 donde uno de los objetivos apunta a mejorar el rendimiento del MPDCCH. Uno de los factores que pueden limitar el rendimiento en versiones anteriores es la calidad de la estimación del canal. Una de las razones de esto es el hecho de que el UE puede hacer muy pocas o ninguna suposición sobre el precodificador utilizado. Se ha llegado a la conclusión de que el rendimiento de la estimación del canal se puede mejorar utilizando la CRS además de la DM-RS para el MPDCCH. Para hacerlo así, existe la necesidad de que el UE conozca la relación exacta entre la CRS y la DM-RS, es decir, que conozca el precodificador utilizado por el eNB para transmitir el MPDCCH y su DM-RS asociada. Por lo tanto, es importante que eNB seleccione y cambie el precodificador de una manera determinista que también se conozca por el UE. Esto fue abordado en el documento WO2015119559 A1 del 13 de agosto de 2015.

Existen varios métodos en los que se puede basar la selección de la matriz de precodificación.

En una alternativa, la red puede usar simplemente un precodificador constante para la transmisión de los símbolos de MPDCCH. Pero, de esta forma, la SNR de transmisión solo se puede optimizar para un conjunto limitado de realizaciones de canales. Para la transmisión localizada en particular, para asegurar que sea posible encontrar un precodificador que coincida con las condiciones de canal actuales, en la llamada precodificación de bucle cerrado, la

red puede seleccionar un precodificador particular en base a la realimentación de la Información de Estado de Canal. (CSI) del UE.

En otra alternativa, la red puede seleccionar y cambiar el precodificador independientemente del canal. Por ejemplo, en base a los acuerdos realizados en RAN1 #95, la red puede usar algunos ciclos de precodificación a lo largo del dominio del tiempo y/o de la frecuencia. Este ciclo se puede emplear sobre el libro de códigos completo definido en la Rel-8 de LTE, o sobre un subconjunto de las matrices de precodificación. Para el MPDCCH, la cobertura mejora a través de la transmisión repetida. Por lo tanto, el ciclo del precodificador permite que la red transmita un paquete de MPDCCH y sus repeticiones con diferentes precodificadores, lo que en consecuencia aumenta la posibilidad de seleccionar un precodificador que coincida más estrechamente con las condiciones del canal actuales.

Cuando se usa la precodificación basada en CSI, el UE informa de un precodificador preferido en términos de un Indicador de Matriz de Precodificación (PMI). El UE determina este PMI preferido estimando cuál, entre un conjunto dado de precodificadores, daría como resultado el mejor rendimiento para la recepción de transmisiones desde el nodo de red al UE. El UE típicamente estima una métrica que representa este rendimiento e intenta encontrar el PMI que optimiza esta métrica. Un ejemplo de tal métrica es una SNR recibida combinada para diferentes PMI. Las métricas alternativas para la recepción de un canal de datos de enlace descendente (DL) incluyen una capacidad de procesamiento de datos alcanzable estimada para diferentes opciones de PMI. Para la recepción de un canal de control de DL, la métrica se puede seleccionar como una Tasa de Error de Bloque (BLER) estimada para un formato de transmisión dado del canal de control.

En un escenario típico, el nodo de red configura el UE para enviar informes de CSI periódicos en instantes de tiempo especificados con el PMI preferido. Entonces, la red típicamente usará el PMI informado para las transmisiones de DL posteriores hasta que se reciba el siguiente informe de CSI. En otros escenarios, se utiliza un informe de CSI aperiódico, en cuyo caso el informe de CSI se desencadena por la red en términos de, por ejemplo, un DCI específico en un canal de control de enlace descendente.

Actualmente existen ciertos desafíos. Como tal, se necesitan sistemas y métodos mejorados para la precodificación basada en CSI.

El BORRADOR R1-1901742 del 3GPP describe formas para mejorar las comunicaciones tipo máquina para los UE de BL/CE.

El BORRADOR R1-1902371 del 3GPP describe puntos de vista sobre cómo realizar el mapeo de MPDCCH-CRS para mejorar la estimación de canal.

El documento US 2018/123741 A1 describe un método para transmitir datos mediante un dispositivo de transmisión, incluyendo la aplicación de una versión de redundancia (RV) a un canal de datos; aplicar una secuencia de aleatorización al canal de datos; y transmitir el canal de datos.

El documento US 2018/279101 A1 describe el diseño de espacios de búsqueda y concesiones en comunicación tipo máquina mejorada (eMTC).

El BORRADOR R1-1901862 del 3GPP describe el mapeo entre la CRS y la DM-RS para la mejora del rendimiento de MPDCCH.

El documento US 2014/050159 A1 describe un método para transmitir un canal de control de enlace descendente en al menos un bloque de recursos y el uso de dos espacios de búsqueda.

El documento "Draft Report of 3GPP TSG RAN WG1 #96 v0.2.0 (Athens, Greece, 25th February – 1st March 2019))" describe una reunión del Grupo de Trabajo 1 de RAN para mejorar las características en LTE y NR.

Compendio

Se proporcionan métodos para decodificar y codificar respectivamente una transmisión según las reivindicaciones 1 y 11, así como un dispositivo inalámbrico y una estación base según las reivindicaciones 19 y 21. Diversas realizaciones se definen por las reivindicaciones dependientes. El primer método se realiza por un dispositivo inalámbrico y comprende determinar una pluralidad de candidatos de transmisión de Canal Físico de Control de Enlace Descendente de Comunicaciones Tipo Máquina (MTC) (MPDCCH) para monitorizar. Para al menos un candidato de la pluralidad de candidatos de transmisión de MPDCCH, el método incluye determinar si el candidato pertenece a un primer grupo de candidatos o a un segundo grupo de candidatos. El primer grupo de candidatos comprende un primer subconjunto de un primer espacio de búsqueda y el segundo grupo de candidatos comprende la combinación de un segundo espacio de búsqueda y un segundo subconjunto del primer espacio de búsqueda. El segundo subconjunto es el complemento del primer subconjunto y el primer espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda específico de Equipo de Usuario (UE) y el segundo espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0. El método incluye pasos de:

- si el candidato pertenece al primer grupo de candidatos, intentar decodificar la transmisión de MPDCCH utilizando un esquema de precodificación basado en Información de Estado de Canal (CSI);
- si el candidato pertenece al segundo grupo de candidatos, intentar decodificar la transmisión de MPDCCH utilizando un esquema de precodificación predeterminado. Esto puede permitir una técnica de precodificación más robusta y se puede considerar como una técnica con una solución alternativa para los casos en los que la CSI se pierde o no es fiable.

En algunas realizaciones, el esquema de precodificación predeterminado se elige del grupo que consiste en: seleccionar el precodificador en base al ciclo de precodificador; y seleccionar un precodificador fijo.

En algunas realizaciones, determinar si el candidato pertenece al primer grupo de candidatos o al segundo grupo de candidatos se basa en un nivel de agregación (L) del candidato del canal de control.

En algunas realizaciones, determinar si el candidato pertenece al primer grupo de candidatos o al segundo grupo de candidatos se basa en uno o más del grupo que consta de: un nivel de agregación (L) del canal de control candidato; un índice (m) que identifica el candidato del canal de control para un nivel de agregación dentro del espacio de búsqueda; un factor de repetición de tiempo (R) del candidato de canal de control; un índice secuencial (u) que identifica una subtrama inicial del candidato de canal de control para un factor de repetición dado; un índice de tiempo que identifica una referencia de tiempo del candidato de canal de control; un índice de tiempo que identifica una referencia de tiempo del espacio de búsqueda; y una serie de bloques de recursos físicos usados para monitorizar candidatos de canal de control dentro del espacio de búsqueda.

En algunas realizaciones, el uso de un esquema de precodificación basado en CSI comprende el uso de una única matriz de precodificación a ser usada para todos los bloques de recursos físicos utilizados para transmitir el candidato de canal de control.

En algunas realizaciones, usar un esquema de precodificación basado en CSI comprende usar una pluralidad de matrices de precodificación, cada matriz de precodificación a ser usada para un subconjunto de los bloques de recursos físicos usados para transmitir el canal de control candidato. En algunas realizaciones, el subconjunto de los bloques de recursos físicos pertenece a diferentes bandas estrechas cuando el canal de control candidato se transmite utilizando saltos de frecuencia.

En algunas realizaciones, se emplea el salto de frecuencia entre al menos dos bandas estrechas diferentes, y se usa un esquema de precodificación en una de las bandas estrechas y se usa un esquema de precodificación diferente en al menos otra banda estrecha.

En algunas realizaciones, el uso de un esquema de precodificación predeterminado comprende el uso de una pluralidad de matrices de precodificación cuando la técnica de precodificación se basa en ciclos de precodificador. En algunas realizaciones, el precodificador utilizado varía según un patrón predeterminado en el tiempo y/o la frecuencia.

En algunas realizaciones, el uso de un esquema de precodificación basado en CSI comprende el uso de un precodificador basado en la información de estado de canal enviada por el dispositivo inalámbrico. En algunas realizaciones, la información de estado de canal comprende un Indicador de Matriz de Precodificación (PMI).

En algunas realizaciones, el método también incluye usar el precodificador determinado que se usa en un par de Bloques de Recursos Físicos (PRB) para obtener estimaciones de canal asociadas con los puertos de antena usados para la transmisión en el par de PRB realizando una estimación de canal basada en una combinación de la Señal de Referencia de Demodulación (DM-RS) ubicada en el par de PRB y al menos una de la DM-RS ubicada en uno o más de otros pares de PRB, y Señal de Referencia específica de Celda (CRS) ubicada en cualquier conjunto de pares de PRB.

En algunas realizaciones, el método también incluye usar el precodificador determinado que se usa en un par de PRB para obtener estimaciones de canal asociadas con los puertos de antena usados para la transmisión en otro par de PRB realizando una estimación de canal basada en una combinación de DM-RS ubicada en el par de PRB y al menos una de la DM-RS ubicada en uno o más de otros pares de PRB, y la CRS ubicada en cualquier conjunto de pares de PRB.

En algunas realizaciones, el método también incluye usar el precodificador determinado que se usa en un par de PRB para obtener estimaciones de canal asociadas con los puertos de antena usados para la transmisión en el par de PRB realizando una estimación de canal basada en la CRS ubicada en cualquier conjunto de pares de PRB.

En algunas realizaciones, el método también incluye usar las estimaciones de canal obtenidas asociadas con los puertos de antena usados para la transmisión en uno o más pares de PRB para demodular la información recibida en los pares de PRB. En algunas realizaciones, la información está asociada con el MPDCCH o un Canal Físico Compartido de Enlace Descendente, PDSCH

El segundo método es un método para codificar una transmisión, se realiza por una estación base e incluye determinar si codificar una transmisión de MPDCCH a un dispositivo inalámbrico utilizando un esquema de precodificación basado en CSI o un esquema de precodificación predeterminado. El método comprende pasos de:

- 5 • si se usa el esquema de precodificación basado en CSI, elegir un candidato para transmisión de un primer grupo de candidatos donde el primer grupo de candidatos comprende un primer subconjunto de un primer espacio de búsqueda y el primer espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda específico de UE;
- 10 • si se usa el esquema de precodificación predeterminado, elegir un candidato para la transmisión de un segundo grupo de candidatos donde el segundo grupo de candidatos comprende la combinación de un segundo espacio de búsqueda y un segundo subconjunto del primer espacio de búsqueda, donde el segundo subconjunto es el complemento del primer subconjunto y el segundo espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0.

Breve descripción de los dibujos

15 Las figuras de dibujos adjuntas incorporadas y que forman parte de esta especificación ilustran varios aspectos de la descripción y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la descripción.

la Figura 1 ilustra un ejemplo de una red de comunicaciones celular, según algunas realizaciones de la presente descripción;

la Figura 2 ilustra un método realizado por un dispositivo inalámbrico para decodificar una transmisión, según algunas realizaciones de la presente descripción;

20 la Figura 3 ilustra un método realizado por una estación base para codificar una transmisión, según algunas realizaciones de la presente descripción;

las Figuras 4-6 representan candidatos de Espacios de Búsqueda específicos de UE (USS) usando diferentes niveles de agregación, según algunas realizaciones de la presente descripción;

25 la Figura 7 ilustra los precodificadores asignados, para la transmisión de los pares de Bloques de Recursos Físicos (PRB) de una Banda Estrecha (NB), según algunas realizaciones de la presente descripción;

la Figura 8 ilustra un ejemplo en el que la longitud máxima del Canal Físico de Control de Enlace Descendente de comunicaciones de tipo máquina (MTC) (MPDCCH) es L, y la periodicidad de inicio del MPDCCH es T, según algunas realizaciones de la presente descripción;

la Figura 9 ilustra un método de precodificación híbrido, según algunas realizaciones de la presente descripción;

30 la Figura 10 ilustra una transmisión de MPDCCH con diferentes factores de repetición, según algunas realizaciones de la presente descripción;

la Figura 11 ilustra un mapeo de elementos de recursos de ejemplo, según algunas realizaciones de la presente descripción;

35 la Figura 12 ilustra un ejemplo que usa una matriz de precodificación que define una relación entre los puertos de DMRS en un par de PRB y los puertos de CRS, según algunas realizaciones de la presente descripción;

la Figura 13 es un diagrama de bloques esquemático de un nodo de acceso por radio según algunas realizaciones de la presente descripción;

la Figura 14 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una realización virtualizada del nodo de acceso por radio según algunas realizaciones de la presente descripción;

40 la Figura 15 es un diagrama de bloques esquemático del nodo de acceso por radio según algunas otras realizaciones de la presente descripción;

la Figura 16 es un diagrama de bloques esquemático de un UE según algunas realizaciones de la presente descripción;

45 la Figura 17 es un diagrama de bloques esquemático del UE según algunas otras realizaciones de la presente descripción;

la Figura 18 ilustra un sistema de comunicación que incluye una red de telecomunicaciones, tal como una red celular de tipo 3GPP según algunas realizaciones de la presente descripción;

la Figura 19 ilustra un sistema de comunicación que incluye un ordenador central, según algunas realizaciones de la presente descripción;

la Figura 20 es un diagrama de flujo que ilustra un método implementado en un sistema de comunicación según algunas realizaciones de la presente descripción; y

- 5 las Figuras 21-23 son diagramas de flujo que ilustran métodos implementados en un sistema de comunicación según algunas realizaciones de la presente descripción.

Descripción detallada

10 Las realizaciones expuestas a continuación representan información que permite a los expertos en la técnica practicar las realizaciones e ilustrar el mejor modo de practicar las realizaciones. Tras la lectura de la siguiente descripción a la luz de las figuras de los dibujos que se acompañan, los expertos en la técnica comprenderán los conceptos de la descripción y reconocerán aplicaciones de estos conceptos que no se abordan particularmente en la presente memoria. Se debería entender que estos conceptos y aplicaciones caen dentro del alcance de la descripción.

15 **Nodo de radio:** Como se usa en la presente memoria, un "nodo de radio" es o bien un nodo de acceso por radio o bien un dispositivo inalámbrico.

20 **Nodo de acceso por radio:** Como se usa en la presente memoria, un "nodo de acceso por radio" o "nodo de red de radio" es cualquier nodo en una red de acceso por radio de una red de comunicaciones celulares que opera para transmitir y/o recibir señales de manera inalámbrica. Algunos ejemplos de un nodo de acceso por radio incluyen, pero no se limitan a, una estación base (por ejemplo, una estación base (gNB) de Nueva Radio (NR) en una red de NR de Quinta Generación (5G) del Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP) o un Nodo B mejorado o evolucionado (eNB) en una red de Evolución a Largo Plazo (LTE) del 3GPP), una macroestación 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.

25 **Nodo de red central:** Como se usa en la presente memoria, un "nodo de red central" es cualquier tipo de nodo en una red central. Algunos ejemplos de un nodo de red central incluyen, por ejemplo, una Entidad de Gestión de Movilidad (MME), una Pasarela de Red de Datos en Paquetes (P-GW), una Función de Exposición de Capacidad de Servicio (SCEF) o similares.

30 **Dispositivo inalámbrico:** Como se usa en la presente memoria, un "dispositivo inalámbrico" es cualquier tipo de dispositivo que tiene acceso a (es decir, es servido por) una red de comunicaciones celular transmitiendo y/o recibiendo de manera inalámbrica señales a un nodo o nodos de acceso por radio. Algunos ejemplos de un dispositivo inalámbrico incluyen, pero no se limitan a, un dispositivo de Equipo de Usuario (UE) en una red de 3GPP y un dispositivo de Comunicación Tipo de Máquina (MTC).

Nodo de red: Como se usa en la presente memoria, un "nodo de red" es cualquier nodo que sea parte o bien de la red de acceso por radio o bien de la red central de una red/sistema de comunicaciones celulares.

35 Obsérvese que la descripción dada en la presente memoria se centra en un sistema de comunicaciones celulares del 3GPP y, como tal, algunas veces se usa terminología del 3GPP o terminología similar a la terminología del 3GPP. Sin embargo, los conceptos descritos en la presente memoria no se limitan a un sistema del 3GPP.

40 Obsérvese que, en la descripción en la presente memoria, se puede hacer referencia al término "celda"; sin embargo, particularmente con respecto a los conceptos de NR de 5G, se pueden usar haces en lugar de celdas y, como tal, es importante observar que los conceptos descritos en la presente memoria son igualmente aplicables tanto a las celdas como a los haces.

45 La Figura 1 ilustra un ejemplo de una red de comunicaciones celular 100 según algunas realizaciones de la presente descripción. En las realizaciones descritas en la presente memoria, la red de comunicaciones celulares 100 es una red de NR de 5G. En este ejemplo, la red de comunicaciones celulares 100 incluye las estaciones base 102-1 y 102-2, a las que se hace referencia en LTE como eNB y se hace referencia en NR de 5G como gNB, que controlan las macroceldas 104-1 y 104-2 correspondientes. En la presente memoria se hace referencia colectivamente de manera general a las estaciones base 102-1 y 102-2 como estaciones base 102 e individualmente como estación base 102. Asimismo, se hace referencia en la presente memoria colectivamente de manera general a las macroceldas 104-1 y 104-2 como macroceldas 104 y individualmente como macrocelda 104. La red de comunicaciones celular 100 también puede incluir una serie de nodos de baja potencia 106-1 a 106-4 que controlan las celdas pequeñas correspondientes 108-1 a 108-4. Los nodos de baja potencia 106-1 a 106-4 pueden ser estaciones base pequeñas (tales como pico o femtoestaciones base) o Cabeceras de Radio Remotas (RRH), o similares. En particular, aunque no se ilustra, una o más de las celdas pequeñas 108-1 a 108-4 se pueden proporcionar alternativamente por las estaciones base 102. En la presente memoria se hace referencia colectivamente de manera general a los nodos de baja potencia 106-1 a 106-4 como nodos de baja potencia 106 e individualmente como nodo de baja potencia 106. Asimismo, en la presente memoria se hace referencia colectivamente de manera general a las celdas pequeñas

108-1 a 108-4 como celdas pequeñas 108 e individualmente como celda pequeña 108. Las estaciones base 102 (y opcionalmente los nodos de baja potencia 106) están conectados a una red central 110.

Las estaciones base 102 y los nodos de baja potencia 106 proporcionan servicio a los dispositivos inalámbricos 112-1 a 112-5 en las correspondientes celdas 104 y 108. En la presente memoria se hace referencia colectivamente de manera general a los dispositivos inalámbricos 112-1 a 112-5 como dispositivos inalámbricos 112 e individualmente como dispositivo inalámbrico 112. En la presente memoria algunas veces también se hace referencia a los dispositivos inalámbricos 112 como UE.

Actualmente existen ciertos desafíos. Aunque, conociendo la condición del canal, la precodificación basada en CSI muestra un mejor rendimiento que un método de precodificación predefinido, este método puede ser ineficaz debido a algunos problemas de fiabilidad. Por ejemplo, la CSI se puede perder o decodificar incorrectamente en el lado del eNB. Si el UE ha transmitido un PMI preferido, el UE normalmente esperaría que el eNB use este PMI en transmisiones posteriores, pero cuando el informe de CSI no se recibe correctamente, el eNB no sabe qué Indicador de Matriz de Precodificación (PMI) el UE espera que sea usado. En particular, cuando el PMI informado está destinado a ser utilizado para el canal de control de enlace descendente, tal como el MPDCCH, actualmente no existe una solución alternativa. Como tal, se necesitan sistemas y métodos mejorados para la precodificación basada en CSI.

La Figura 2 ilustra un método realizado por un dispositivo inalámbrico para decodificar una transmisión, según algunas realizaciones de la presente descripción. El dispositivo inalámbrico determina una pluralidad de candidatos de transmisión de Canal Físico de Control de Enlace Descendente de Comunicaciones Tipo Máquina (MTC) (MPDCCH) para monitorizar (paso 200). Para al menos un candidato de la pluralidad de candidatos de transmisión de MPDCCH, el dispositivo inalámbrico determina si el candidato pertenece a un primer grupo de candidatos o a un segundo grupo de candidatos (paso 202). El primer grupo de candidatos comprende un primer subconjunto de un primer espacio de búsqueda y el segundo grupo de candidatos comprende la combinación de un segundo espacio de búsqueda y un segundo subconjunto del primer espacio de búsqueda. El segundo subconjunto es el complemento del primer subconjunto. El primer espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda específico del Equipo de Usuario (UE), y el segundo espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0. Si el candidato pertenece al primer grupo de candidatos, el dispositivo inalámbrico intenta decodificar la transmisión de MPDCCH utilizando un esquema de precodificación basado en Información de Estado de Canal (CSI) (paso 204). Si el candidato pertenece al segundo grupo de candidatos, el dispositivo inalámbrico intenta decodificar la transmisión de MPDCCH usando un esquema de precodificación predeterminado (paso 206). Esto puede permitir una técnica de precodificación más robusta y se puede considerar como una técnica con una solución alternativa para los casos en los que la CSI o bien se pierde o bien no es fiable.

Se observa en la presente memoria que las transmisiones de MPDCCH se envían desde la red/estación base al dispositivo inalámbrico.

La Figura 3 ilustra un método realizado por una estación base para codificar una transmisión, según algunas realizaciones de la presente descripción. La estación base determina si codificar una transmisión de MPDCCH a un dispositivo inalámbrico usando un esquema de precodificación basado en CSI o un esquema de precodificación predeterminado (paso 300). Si se usa el esquema de precodificación basado en CSI, la estación base elige un candidato para la transmisión de un primer grupo de candidatos donde el primer grupo de candidatos comprende un primer subconjunto de un primer espacio de búsqueda y el primer espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda específico de UE (paso 302). Si se usa el esquema de precodificación predeterminado, la estación base elige un candidato para la transmisión de un segundo grupo de candidatos donde el segundo grupo de candidatos comprende la combinación de un segundo espacio de búsqueda y un segundo subconjunto del primer espacio de búsqueda, donde el segundo subconjunto es el complemento del primer subconjunto y el segundo espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0 (paso 304). En algunas realizaciones, la estación base puede decidir usar el esquema de precodificación predeterminado, por ejemplo, si no se ha recibido un CSI del dispositivo inalámbrico, o si se considera por la estación base que un CSI recibido no es fiable. En algunas realizaciones, la CSI se puede considerar poco fiable si, por ejemplo, la comunicación con el dispositivo inalámbrico está operando con mala cobertura, en la que es más probable que se determine erróneamente la estimación de un precodificador preferido.

Algunas realizaciones de la descripción actual dividen los espacios de búsqueda de MPDCCH en dos grupos; un grupo G_1 para el que se utiliza la precodificación basada en CSI, y un grupo G_2 para el que se utiliza un esquema de precodificación predeterminado. Un ejemplo típico del esquema de precodificación predeterminado sería usar algún tipo de ciclo de precodificador, donde el precodificador usado varía según un patrón predeterminado en tiempo y/o frecuencia. Esto se usará a lo largo de esta descripción como el ejemplo por defecto del esquema de precodificación predeterminado a ser usado como alternativa, pero se puede usar en su lugar cualquier otro esquema de precodificación predeterminado.

Dado que la precodificación basada en CSI se relaciona naturalmente con la transmisión de unidifusión desde una estación base a un UE, este escenario se considera particularmente en la descripción a continuación. Sin embargo, la idea se puede utilizar para cualquier escenario en el que la precodificación basada en CSI sea significativa. Se

requiere un UE en modo conectado y configurado en el Modo A de CE para monitorizar candidatos de MPDCCH usando el RNTI de Celda (C-RNTI) tanto en un espacio de búsqueda específico de UE USS como en un espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0, en la presente memoria abreviado CSS-0 en aras de la brevedad. Los dos espacios de búsqueda se monitorizan dentro del mismo conjunto de 2, 4 o 6 PRB. Por lo tanto, este caso es el centro de la descripción.

En una primera realización, la precodificación basada en CSI se usa para los candidatos de MPDCCH transmitidos en el espacio de búsqueda específico de UE, USS, y el ciclo de precodificador se usa para los candidatos de MPDCCH transmitidos en el espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0, CSS-0.

Una ventaja particular de proporcionar un esquema alternativo es que existe una alta probabilidad de que se pueda mantener la comunicación con el dispositivo incluso cuando el informe de CSI no se recibe correctamente.

En una realización, un candidato de MPDCCH se transmite adicionalmente en el CSS-0 después de no recibir un informe de CSI, donde el MPDCCH contiene un desencadenante para un informe de CSI aperiódico. De esta forma, el UE tendrá una segunda oportunidad de proporcionar un PMI preferido al eNB que luego, tras una detección exitosa, se puede usar en transmisiones de MPDCCH en el USS de ahora en adelante hasta que se programe el siguiente informe de CSI (periódico o aperiódico).

Esta primera realización y variantes de la misma se describirán ahora discutiendo las propiedades de los espacios de búsqueda de MPDCCH.

La definición de los espacios de búsqueda de MPDCCH se puede encontrar en la especificación TS36.213, v13.12.0 del 3GPP, Sección 9.1.5, y algunas de las características relevantes para esta descripción actual se describen en la presente memoria. El espacio de búsqueda específico de UE se define en términos de un número de candidatos de MPDCCH para monitorizar dentro de un conjunto configurado de 2, 4 o 6 PRB. En los casos en que el UE está configurado para monitorizar el MPDCCH en modo localizado, y sin ninguna repetición en el Modo A de CE, el número de candidatos a monitorizar para diferentes niveles de agregación está dado por la Tabla 1. En este caso, se puede observar que el UE necesita monitorizar todos los posibles candidatos en el USS, dado que el número de candidatos siempre coincide con el máximo de candidatos posibles para combinaciones de nivel de agregación L y número de PRB. Por ejemplo, si el UE está configurado para monitorizar candidatos de MPDCCH en 4 PRB, hay un total de $8+4+2+1=15$ candidatos en el USS en cada subtrama aplicable.

Tabla 1. Número de candidatos de MPDCCH en el USS en modo localizado sin repeticiones de MPDCCH en Modo A de CE

PRB a monitorizar	Número de candidatos de EPDCCH			
	M_p^L			
	L=2	L=4	L=8	L=16
2	4	2	1	0
4	8	4	2	1

A diferencia del USS, CSS-0 contiene solo candidatos con el máximo nivel de agregación para el conjunto monitorizado de PRB. Por lo tanto, el candidato CSS-0 usa el nivel de agregación 8 o 16 dependiendo de si el candidato de MPDCCH se monitoriza dentro de 2 o 4 PRB, respectivamente. Dado que el CSS-0 solo usa el nivel de agregación máximo, correspondiente a la tasa de código más baja posible, se puede esperar que tenga un rendimiento de BLER más bajo que cuando se usan otros niveles de agregación, lo que lo hace muy adecuado para ser usado como solución alternativa. Esto incluye el caso abordado en esta descripción actual, es decir, como solución alternativa cuando falla la precodificación basada en CSI, por ejemplo, debido a un informe de CSI perdido.

Se puede observar que el USS y CSS-0 se construyen de formas muy similares, incluyendo el hecho de que se requiere que el UE monitorice los candidatos de MPDCCH utilizando el nivel de agregación máximo en ambos espacios de búsqueda. Además, si un UE logra detectar un candidato de MPDCCH utilizando el C-RNTI para el nivel de agregación máximo, no puede determinar sin ambigüedades si el candidato fue transmitido en el USS o el CSS-0. Sin embargo, cuando se usan diferentes técnicas de precodificación en los dos espacios de búsqueda, existe una probabilidad mucho mayor de que el UE decodifique con éxito el MPDCCH cuando se asume el precodificador asociado con el respectivo espacio de búsqueda.

La primera realización se puede ampliar y variar de varias formas. En una realización tal, los candidatos de MPDCCH asociados con el ciclo de precodificador también incluyen algunos de los candidatos del USS además del CSS-0. Una motivación para esto es permitir el ciclo también para candidatos con un nivel de agregación más bajo, es decir, una tasa de código más alta. Esto puede ser útil en los casos en que la red puede asumir que las condiciones de propagación de radio son lo suficientemente buenas, de manera que se puede evitar el nivel de agregación más alto. Esto tiene la ventaja de que los MPDCCH a diferentes UE se pueden multiplexar dentro de los mismos PRB, lo que no es posible cuando se usa el CSS-0, dado que los PRB completos están ocupados con un MPDCCH usando el nivel de agregación máximo.

Hay varias formas en las que se puede realizar esta realización asociando uno o más de los candidatos de USS con ciclos de precodificador. La Figura 4 y la Figura 5 representan los candidatos de USS que usan diferentes niveles de agregación cuando la monitorización de MPDCCH se hace en 2 o 4 PRB, respectivamente. Los diferentes candidatos de MPDCCH se pueden parametrizar con pares $(L, m)_N$, donde m puede asumir valores entre 0 y $M_p^L - 1$, donde M_p^L es el número de candidatos a monitorizar para el nivel de agregación particular L y número de PRB N , como se da en la Tabla 1. En un ejemplo no limitativo, los candidatos de MPDCCH en USS con m ya que un número par se puede asociar con la precodificación basada en CSI, mientras que los números impares se pueden asociar con el ciclo de precodificador. Sin embargo, la partición de los candidatos de USS entre la precodificación basada en CSI y el ciclo de precodificador se puede hacer de muchas otras formas. En realizaciones típicas, al menos un candidato para cada nivel de agregación en USS queda asociado con la precodificación basada en CSI, en particular el candidato con el nivel de agregación máximo, dado que el candidato CSS-0 correspondiente ya ha sido asignado al ciclo de precodificador según la primera realización.

El ejemplo de espacio de búsqueda utilizado anteriormente se refiere al caso del modo de transmisión localizado sin repeticiones de MPDCCH. En caso de que el UE esté configurado para monitorizar el MPDCCH en el Modo A de CE con repeticiones, el número de candidatos en USS se da por la Tabla 2 y la Tabla 3, donde la primera es aplicable cuando el UE está configurado para monitorizar el MPDCCH en dos o cuatro PRB, y esta última cuando el UE está configurado para monitorizar el MPDCCH en seis PRB. Además del nivel de agregación L , las tablas también incluyen un factor de repetición R que puede asumir hasta cuatro valores diferentes, r_1 a r_4 . La red configura un número máximo de repeticiones de MPDCCH $r_{\max}$, que puede asumir cualquier valor $\{2, 4, 8, \dots, 256\}$. Como ejemplo no limitativo, si $r_{\max} = 16$, los valores r_1 a r_4 asumen los valores 2, 4, 8 y 16, respectivamente. Más generalmente, r_1 es igual a $\max(r_{\max}/8, 1)$, y los valores de r_2 (y posiblemente r_3 y r_4) se determinan posteriormente duplicando el anterior hasta $r_{\max}$.

Tabla 2. Número de candidatos de MPDCCH en el USS cuando el UE está configurado para monitorizar el MPDCCH en el Modo A de CE con repeticiones y en 2 o 4 PRB

PRB a monitorizar	R	Número de candidatos de MPDCCH				
		M_p^L				
		L=2	L=4	L=8	L=16	L=24
2	r1	2	1	1	0	0
4		1	1	1	1	0
2	r2	2	1	1	0	0
4		1	1	1	1	0
2	r3	2	1	1	0	0
4		1	1	1	1	0
2	r4	2	1	1	0	0
4		1	1	1	1	0

Tabla 3. Número de candidatos de MPDCCH en el USS cuando el UE está configurado para monitorizar el MPDCCH en el Modo A de CE con repeticiones y en 6 (2+4) PRB

Conjunto de PRB de MPDCCH	R	Número de candidatos de MPDCCH				
		M_p^L				
		L=2	L=4	L=8	L=16	L=24
Conjunto de 2 PRB en conjunto 2+4 PRB	r1	1	1	0	0	0
Conjunto de 4 PRB en conjunto 2+4 PRB		0	0	2	1	0
Ambos conjuntos de PRB en conjunto de 2+4 PRB		0	0	0	0	1
Conjunto de 2 PRB en conjunto de 2+4 PRB	r2	0	1	1	0	0
Conjunto de 4 PRB en conjunto de 2+4 PRB		0	0	2	1	0
Ambos conjuntos de PRB en conjunto de 2+4 PRB		0	0	0	0	1
Conjunto de 2 PRB en conjunto de 2+4 PRB	r3	0	0	0	0	0
Conjunto de 4 PRB en conjunto de 2+4 PRB		0	0	1	1	0
Ambos conjuntos de PRB en conjunto de 2+4 PRB		0	0	0	0	1
Conjunto de 2 PRB en conjunto de 2+4 PRB	r4	0	0	0	0	0
Conjunto de 4 PRB en conjunto de 2+4 PRB		0	0	0	0	0
Ambos conjuntos de PRB en un conjunto de 2+4 PRB		0	0	0	0	1

5 Los candidatos de MPDCCH dentro del USS se ilustran en la Figura 4, Figura 5 y Figura 6 cuando el MPDCCH se monitoriza dentro de 2, 4 y 6 PRB, respectivamente. Los cuadros sombreados se refieren a ejemplos de posibles candidatos de MPDCCH en un punto de tiempo particular. Cuando el MPDCCH se monitoriza en 2 o 4 PRB, todos los candidatos aplican a todo el número posible de repeticiones, según la Tabla 2. Esto está en contraste con el caso de 6 PRB representado en la Figura 4, donde algunos de los candidatos aplican solo para algunos de los valores de repetición, según la Tabla 3. Generalmente, los niveles de agregación bajos, que se monitorizan dentro de la parte de 2 PRB de los 6 PRB, solo son aplicables para los valores más bajos del número de repeticiones configurado. Los niveles de agregación intermedios se monitorizan dentro de la parte de 4 PRB de los 6 PRB, y son aplicables para todos, excepto para los números de repetición más altos. El nivel de agregación máximo 24 es aplicable a todos los números de repetición.

15 Similar al caso sin repeticiones de MPDCCH, el CSS-0 contiene solo candidatos con el máximo nivel de agregación para el conjunto monitorizado de PRB, pero en este caso para todo el número configurado de repeticiones, es decir, generalmente de $r_{\text{máx}}/8$ a $r_{\text{máx}}$.

Se pueden contemplar varias realizaciones sobre cómo emplear las realizaciones discutidas anteriormente en el escenario con repeticiones de MPDCCH, incluyendo las descritas anteriormente para el caso sin repetición.

20 En algunas realizaciones, los candidatos de USS se dividen teniendo en cuenta una tasa de código efectiva de la transmisión de MPDCCH. La tasa de código de la transmisión de MPDCCH es esencialmente inversamente proporcional a L y R. El término "esencialmente" se usa aquí, dado que la tasa de código exacta puede depender del hecho de que el número de elementos de recursos disponibles para transmisiones de MPDCCH puede variar entre subtramas. Según la primera realización, el CSS-0 se usa para el ciclo de precodificador, y dado que este incluye un candidato con el nivel de agregación máximo para todos los niveles de repetición, la partición del USS se puede

hacer preferiblemente de modo que las combinaciones correspondientes en el USS se asocien con precodificación basada en CSI.

Como ejemplo, consideremos el caso donde el MPDCCH se monitoriza en 4 PRB, y $r_{\max} = 16$, en cuyo caso se requiere que el UE monitorice los candidatos de MPDCCH en el USS caracterizados por cada una de las 16 combinaciones posibles representadas por los conjuntos $L \in \{2, 4, 8, 16\}$ y $R \in \{2, 4, 8, 16\}$. La tasa de código más alta se representa entonces por el producto más bajo de L y R , que es 4, y la tasa de código más baja está representada por el producto más alto 256. Para todos los valores entre medias de estos valores máximos, existen múltiples combinaciones de L y R logrando la misma tasa de código. En consecuencia, en algunas realizaciones, las combinaciones de L y R se dividen de manera que para cada tasa de código efectiva, algunas de las combinaciones se asignan a la precodificación basada en CSI y otras a la predeterminada.

Hay varias formas en las que se puede realizar la partición basada en la tasa de código anterior. Supongamos en esta descripción que L está representado por un índice i_L , de manera que, por ejemplo, $L = 2^{i_L}$. De manera similar, permitamos que R sea representado por un i_R , de manera que, por ejemplo, $R = 2^{i_R}$. Entonces, una tasa de código constante corresponde a que la suma $i_L + i_R$ es constante, como se ilustra por las entradas antidiagonales en la Tabla 4 a continuación.

Tabla 4. Una tasa de código constante corresponde a que la suma $i_L + i_R$ es constante

$i_L + i_R$	$i_L = 1$	$i_L = 2$	$i_L = 3$	$i_L = 4$
	$L = 2$	$L = 4$	$L = 8$	$L = 16$
$i_R = 1$ $R = 2$	2	3	4	5
$i_R = 2$ $R = 4$	3	4	5	6
$i_R = 3$ $R = 8$	4	5	6	7
$i_R = 4$ $R = 16$	5	6	7	8

En algunas realizaciones, la partición en grupos se basa en que uno de los índices es par o impar. Como ejemplo no limitativo, se utiliza la precodificación basada en CSI si i_L es par, de lo contrario se utiliza el ciclo de precodificador.

En otras realizaciones, la partición se hace de manera que la parte triangular inferior o superior de la tabla anterior se asocia con uno de los esquemas de precodificación. Como ejemplo no limitativo, la precodificación basada en CSI se usa para combinaciones con $i_L \geq i_R$, de lo contrario, se utiliza el ciclo de precodificador. En aún otras realizaciones, se pueden definir restricciones adicionales para asociar combinaciones de índices con técnicas de precodificación. En un ejemplo no limitativo tal, la precodificación basada en CSI está asociada con la fila superior y la columna más a la derecha de la tabla, es decir, una condición $(i_R = 1) \mid (i_L = 4)$.

Las realizaciones esbozadas anteriormente se pueden usar incluso si no existe una relación matemática estricta entre el R y L y sus índices correspondientes. Más generalmente, las realizaciones y variantes de las mismas también se pueden aplicar cuando los índices representan cualquier orden de valores crecientes de R y L . Esto se puede aplicar, por ejemplo, para los casos en los que también se utiliza el nivel de agregación 24, correspondiente a cuando el UE está configurado para monitorizar los candidatos de MPDCCH en 6 PRB según la Tabla 3 anterior. Entonces, no existe una relación cuantitativa directa entre todas las combinaciones de índices y la tasa de código correspondiente, aunque se mantiene la relación cualitativa, y todavía se pueden usar las realizaciones anteriores y variantes de las mismas.

Algunas realizaciones se refieren al caso en el que el MPDCCH está empleando salto de frecuencia, de manera que diferentes conjuntos de PRB, típicamente pertenecientes a diferentes bandas estrechas, se utilizan para la

transmisión y monitorización de MPDCCH en diferentes instantes de tiempo. Las realizaciones anteriores para determinar una técnica de precodificación también se pueden usar para este caso. Dependiendo de la CSI informada, se pueden usar precodificadores iguales o diferentes para las diferentes bandas estrechas en el caso de informes basados en CSI. Sin embargo, hay algunos escenarios en los que se pueden utilizar nuevas soluciones.

5 Un escenario tal es un caso en el que un informe de CSI válido está disponible en una de las bandas estrechas pero no en la otra, pero esta situación solo se conoce por el nodo de red. Puede, por ejemplo, suceder cuando la red detecta una CSI válida solo para una de las bandas estrechas aunque el UE haya sido programado para transmitir la CSI para ambas bandas estrechas. Entonces, el eNB típicamente decidiría usar una solución alternativa seleccionando (una parte de) un espacio de búsqueda asociado con el ciclo de precodificador según las
10 realizaciones descritas anteriormente.

Otro escenario es un caso en el que un informe de CSI válido está disponible en una de las bandas estrechas pero no en la otra, y esta situación se conoce tanto por el UE como por el nodo de red. Puede, por ejemplo, ocurrir cuando se ha informado de CSI solo para una de las bandas estrechas, o cuando se agotó el tiempo de espera de uno de los informes de CSI. En una realización relacionada con este caso, se emplea (una parte de) un espacio de
15 búsqueda normalmente asociado con la precodificación basada en CSI, pero el precodificador basado en CSI solo se aplica en la banda estrecha que tiene un informe de CSI válido, y el ciclo de precodificador se aplica en la banda estrecha para la que no existe un informe de CSI válido.

Algunas de las realizaciones presentadas en la presente memoria involucran diferentes parámetros, particularmente sobre cómo determinar qué técnica de precodificador usar para un cierto candidato de MPDCCH. Esto puede estar
20 relacionado, por ejemplo, con la forma de dividir el USS de manera que algunos candidatos se asocien con la precodificación basada en CSI y otros con el ciclo de precodificador. Estos parámetros se pueden definir a partir de un documento de estándares, o se pueden configurar por la red, por ejemplo, a través de información del sistema de transmisión o señalización de Control de Recursos de Radio (RRC) dedicada.

Algunas de las realizaciones presentadas en la presente invención involucran diferentes parámetros, particularmente sobre cómo determinar qué técnica de precodificador usar para un candidato de MPDCCH en particular. Esto se
25 relaciona tanto con los parámetros que se han mencionado explícitamente en las realizaciones (por ejemplo, A, B, k), como también con los parámetros que de otras formas se pueden usar para determinar los subgrupos G_1 y G_2 . Estos parámetros se pueden definir a partir de un documento de estándares, o se pueden configurar por la red, por ejemplo, a través de información del sistema de difusión o señalización de control de recursos de radio (RRC) dedicada.
30

La estación base determina si se utiliza la precodificación basada en CSI o una precodificación predefinida. Esto puede permitir que, para los casos en los que el informe de CSI no sea fiable, se decodifique incorrectamente o se pierda, la precodificación predefinida pueda compensar el rendimiento degradado. El método se describe para su
35 uso dentro de una red inalámbrica, típicamente una red celular que comprende uno o más nodos de red, tales como estaciones base, también denotados nodos de red o eNB, y uno o más dispositivos inalámbricos, también denotados terminales o UE.

La técnica de precodificación se puede seleccionar en base a la posición de tiempo/frecuencia del PRB transmitido. Para simplificar la descripción, consideremos una realización simple representada en la Figura 7, donde se muestran los precodificadores asignados para la transmisión de los pares de PRB de un NB. En este ejemplo, el nodo de red
40 utiliza el precodificador definido por la CSI periódica, w_{PMI} para transmitir la primera A subtramas después de recibir el informe de CSI. Luego, para la transmisión de las siguientes subtramas hasta que el siguiente informe de CSI se programe para ser recibido, el eNB utiliza la precodificación cíclica como técnica de precodificación predefinida. Esta realización se puede resumir como

$$\text{técnica de precodificación} = \begin{cases} \text{precodificación basada en CSI, } (N_s \bmod CSI_p) < A \\ \text{precodificación cíclica, de otro modo} \end{cases},$$

45 donde N_s y CSI_p son el número de subtrama absoluto y el período del informe de CSI. El parámetro A se puede seleccionar, por ejemplo, como

- un número absoluto
- una relación (por ejemplo, 75%) del período de CSI

Alternativamente o adicionalmente, A se puede seleccionar en función de unos pocos de otros parámetros. Como
50 ejemplo, en una realización, se puede seleccionar en base a uno o más del período de CSI CSI_p de un informe de CSI periódico, y la longitud L de los paquetes de MPDCCH (incluyendo el número de repeticiones).

$$A = f(CSI_p, L).$$

En otra realización, A se puede basar adicional o alternativamente en una periodicidad T con lo que puede ocurrir el inicio de una transmisión de MPDCCH. Haciendo referencia a la Figura 8, donde la longitud (máxima) de MPDCCH es L , y la periodicidad de inicio de MPDCCH es T , A se puede determinar de manera que haya espacio para al menos una transmisión de MPDCCH usando precodificación cíclica al final de la periodicidad de informes de CSI.

5 Para el caso en que las periodicidades de informes de CSI y MPDCCH estén alineadas de manera que CSI_p es un múltiplo entero de T , A se puede seleccionar como

$$A = CSI_p - kT$$

donde k es un entero positivo. En algunas realizaciones, la periodicidad de inicio de MPDCCH se determina como la longitud L máxima de MPDCCH multiplicada por una constante G , en cuyo caso A se puede expresar como

$$10 \quad A = CSI_p - kGL$$

En los casos en los que la periodicidad de inicio de MPDCCH y la periodicidad de informes de CSI no estén alineadas, o, de otro modo, haya un desplazamiento de temporización entre las instancias de informes de CSI y las apariciones de MPDCCH, la determinación de A se ajusta en consecuencia para asegurar que se utilice cada tipo de técnica de precodificación al menos para una ocasión de MPDCCH. Un desplazamiento de temporización puede referirse, por ejemplo, a un caso en el que hay un retraso entre la subtrama en la que se programa el informe de CSI y la primera subtrama en la que se aplica un precodificador según la CSI informada a una transmisión de MPDCCH.

En algunas realizaciones, el número de ocasiones de MPDCCH asignadas al ciclo de precodificador puede depender en sí mismo de la longitud máxima de MPDCCH. Por ejemplo, se usa típicamente una L grande para los UE con mala cobertura, en cuyo caso también se puede suponer que los informes de CSI son menos fiables. Por lo tanto, puede ser un beneficio aumentar el uso de la técnica de precodificación alternativa, tal como el ciclo de precodificador, en estos escenarios.

En otra realización, el nodo de red puede usar la precodificación basada en CSI para los primeros B PRB de un NB y usar la precodificación cíclica para los otros PRB. Los precodificadores asignados para esta realización se muestran en la Figura 9.

$$25 \quad \text{técnica de precodificación} = \begin{cases} \text{precodificación basada en CSI, PRB}_j < B \\ \text{precodificación cíclica, de otro modo} \end{cases}$$

El parámetro B puede depender además de otros parámetros, similar a la descripción del parámetro A anterior.

En una realización más general, el nodo de red divide las subtramas/PRB transmitidas en el intervalo de tiempo entre dos informes de CSI, en dos subgrupos G_1 y G_2 ; para la transmisión del primer subgrupo, G_1 , el nodo de red utiliza el precodificador definido por el último informe de CSI y para la transmisión del segundo subgrupo, G_2 , el nodo de red utiliza un método de precodificación predefinido. Tal técnica de precodificación híbrida para el informe de CSI periódico se puede resumir como

$$30 \quad \text{técnica de precodificación} = \begin{cases} \text{precodificación basada en CSI, } f((N_s \bmod CSI_p) \text{ PRB}_j) \in G_1 \\ \text{precodificación predefinida, de otro modo} \end{cases}$$

En algunas realizaciones, la partición en subgrupos se hace considerando diferentes posibles factores de repetición de MPDCCH que se están utilizando. La Figura 10 representa cuatro factores de repetición diferentes que se pueden usar, y se puede requerir que un UE reciba uno o más de estos candidatos, sin que se superpongan en el tiempo. El parámetro $r_{\max}$ es el número máximo de repeticiones de subtramas para una transmisión de MPDCCH que un UE está configurado para recibir. Esto típicamente corresponde al parámetro L utilizado anteriormente. Además, se puede requerir que el UE reciba transmisiones de MPDCCH usando repeticiones en $r_{\max}/2$, $r_{\max}/4$, y $r_{\max}/8$ subtramas, comenzando en cualquiera de las ocasiones indicadas en la Figura 10. Como se ilustra en la figura, y similar a lo que se describió anteriormente, también puede haber un hueco entre los posibles puntos de inicio para el candidato de MPDCCH con la longitud $r_{\max}$. Además, se puede observar que las repeticiones en la figura ilustran que las subtramas utilizadas son contiguas en el tiempo, sin embargo, también puede haber huecos de una o más subtramas dentro de cada transmisión de MPDCCH. Estos huecos pueden referirse, por ejemplo, a subtramas que no se utilizan en ningún tráfico de DL a dispositivos de LTE-M, incluyendo las subtramas de enlace ascendente en un despliegue de dúplex por división de tiempo (TDD).

La partición en los subgrupos G_1 y G_2 se puede hacer entre los diferentes candidatos de MPDCCH representados por pares (R, m) donde R es un número particular de repeticiones entre $r_{\max}/8$ y $r_{\max}$, y m es un índice secuencial que identifica un instante de tiempo para un MPDCCH que usa ese número particular de repeticiones. Como un ejemplo no limitativo, la última ocasión para todas las repeticiones excepto para el número máximo de repeticiones puede pertenecer a G_2 , utilizado para el ciclo de precodificador, mientras que el resto pertenece a G_1 , utilizado para la precodificación basada en CSI. Según otro ejemplo, la precodificación basada en CSI se usa para $r_{\max}$ y $r_{\max}/4$, mientras que el ciclo de precodificador se utiliza para $r_{\max}/2$ y $r_{\max}/8$. Con el fin de permitir que ambas técnicas de

precodificación sean usadas para cualquier número de repeticiones, la asociación entre los candidatos de MPDCCH y los subgrupos pueden ser variables con el tiempo, por ejemplo, de una manera alterna al alternar las asociaciones de grupo. Este objetivo también se puede conseguir combinando este tipo de realizaciones con cualquiera de las realizaciones anteriores o variantes de las mismas. Por ejemplo, se usa una primera partición de candidatos de MPDCCH en subgrupos para las primeras subtramas A después de un instante de tiempo en el que se programa un informe de CSI, mientras que se usa una segunda partición para las subtramas restantes hasta que se programa un nuevo informe de CSI. Todas las realizaciones sugeridas en la presente memoria se pueden asociar con una serie de parámetros que determinan cómo dividir los candidatos de MPDCCH en subgrupos G_1 y G_2 . Estos parámetros se pueden utilizar, por ejemplo, para determinar cuál de los pares (R, m) que pertenecen a qué subgrupo, donde un ejemplo podría ser parámetros N_R que representa el número de ocasiones para un número de repetición particular que está asociado con uno de los grupos. Otros parámetros pueden definir un patrón de alternancia, tal como un período de alternancia $T_{alternancia}$ etc.

Se pueden contemplar varias otras realizaciones posibles, algunas de las cuales se enumeran a continuación. Se pueden usar diferentes realizaciones por separado o en combinación unas con otras.

En una realización los subgrupos G_1 y G_2 , se pueden predefinir y fijar, mientras que en otra realización los elementos de estos subgrupos se pueden seleccionar en función de unos pocos de otros parámetros.

En una realización, la precodificación predefinida se puede considerar que es una precodificación cíclica cuyo primer índice de precodificador se selecciona pseudoaleatoriamente en función del índice de subtrama/PRB. Esto se abordó en una solicitud de patente anterior (solicitud de Patente de EE. UU. 62/806.253 presentada el 15/02/2019) incorporado por ello en la presente memoria como referencia. En general, se pueden usar diferentes técnicas de ciclo de precodificación para diferentes realizaciones.

En otra realización, la precodificación constante se puede considerar como precodificación predefinida.

En algunas realizaciones, se utilizan parametrizaciones alternativas para indicar los parámetros de tiempo y frecuencia que entran en la función para seleccionar la técnica de precodificación. En el dominio del tiempo se pueden utilizar los siguientes ejemplos no limitativos de tal índice de tiempo:

- un número de intervalo N_s dentro de una trama de radio,
- un número de subtrama $\lfloor n_s/2 \rfloor$ dentro de una trama de radio, o
- un intervalo acumulado o un número de subtrama, por ejemplo, $10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor$, donde n_f es el número de trama del sistema.

En una realización alternativa, la precodificación basada en CSI y la precodificación predefinida se pueden seleccionar en base al índice de frecuencia, por ejemplo, referido a

- un índice de PRB en el ancho de banda del sistema,
- un índice de PRB dentro de la banda estrecha donde se monitoriza el MPDCCH, o
- un índice de PRB dentro del conjunto de 2, 4 o 6 PRB para los cuales se monitorizan los candidatos de MPDCCH, o
- un índice relacionado con cualquier otra granularidad de frecuencia, tal como un índice de banda estrecha o un índice de subportadora.

En algunas realizaciones, se puede usar más de un tipo de índice para seleccionar el método de precodificación.

Para el caso de una CSI perdida, en una realización, el eNB puede usar el último informe de CSI recibido, mientras que en otra realización, el eNB puede continuar usando la técnica de precodificación predefinida hasta que reciba un nuevo informe de CSI.

En una realización, el nodo de red puede dividir las subtramas/PRB transmitidos en N subgrupos y utilizar una técnica de precodificación diferente, también conocida por UE, para cada subgrupo.

En una realización, el nodo de red intenta recibir un informe de CSI desde un UE. Si el informe de CSI se recibe con éxito, el nodo de red determina un precodificador a usar como se indica por un PMI contenido en el informe de CSI. El nodo de red selecciona además un candidato de MPDCCH que pertenece a un subgrupo G_1 que está destinado a ser utilizado para la precodificación basada en CSI y transmite el candidato de MPDCCH utilizando el precodificador indicado por el PMI. Si la CSI no se recibe con éxito, el nodo de red determina un precodificador para usar en base a una técnica de precodificación predefinida, tal como el ciclo de precodificador. El nodo de red selecciona además un candidato de MPDCCH perteneciente al subgrupo G_2 que está destinado a ser utilizado para la técnica de

precodificación predefinida y transmite el candidato de MPDCCH utilizando el precodificador determinado en base a la técnica de precodificación predefinida.

En una realización relacionada, el subgrupo G_1 comprende un primer espacio de búsqueda y el subgrupo G_2 comprende un segundo espacio de búsqueda.

- 5 En otra realización relacionada, el subgrupo G_1 comprende un primer subconjunto de un primer espacio de búsqueda y el subgrupo G_2 comprende la combinación de un segundo espacio de búsqueda y un segundo subconjunto del primer espacio de búsqueda, donde el segundo subconjunto es el complemento del primer subconjunto.

- 10 En una realización relacionada adicional, el primer espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda específico de UE y el segundo espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0.

- 15 En una realización relacionada, tras determinar que el informe de CSI no se recibió con éxito, el eNB aún selecciona un candidato de MPDCCH que pertenece a un subgrupo G_1 que está destinado a ser utilizado para la precodificación basada en CSI, pero utiliza el PMI según el último informe de CSI recibido correctamente. Esta realización puede ser particularmente útil en escenarios en los que el eNB puede suponer que las variaciones del canal para la comunicación entre el eNB y el UE cambian lentamente, de manera que es probable que un informe de CSI más antiguo siga siendo válido. Además, puede ser particularmente útil en escenarios donde los subgrupos G_1 se aplican durante una gran parte inicial del período de informe de CSI CSI_P y G_2 se aplica solo al final. En lugar de esperar con la transmisión de MPDCCH hasta que se utilice la técnica predefinida (alternativa), la red puede intentar comunicarse con el UE utilizando el precodificador antiguo. El uso del precodificador antiguo se puede cancelar si la red no recibe una confirmación dentro de un cierto tiempo T_{thres} que el antiguo precodificador es útil para la transmisión de MPDCCH. Esta confirmación puede, por ejemplo, referirse a que el eNB recibe una realimentación de HARQ relacionada con una transmisión de PDSCH de DL programada a través del MPDCCH, o recibe una transmisión de PUSCH de UL programada a través de MPDCCH. El tiempo T_{thres} se puede expresar en cualquier unidad de tiempo tales subtramas, un número de intentos de transmisión de MPDCCH, un múltiplo de r_{max} o similar. Si el eNB no recibe tal confirmación, puede continuar intentando con un candidato de MPDCCH perteneciente al subgrupo G_2 que está destinado a ser utilizado para la técnica de precodificación predefinida, según la realización anterior.

- 20 En una realización, el nodo de red usa además el precodificador determinado para usar en un par de PRB particular para transmitir la DM-RS en el par de PRB.

En realizaciones relacionadas, el nodo de red usa además el precodificador determinado para transmitir información asociada con un canal físico en el par de PRB. En una realización tal, la información está asociada con el Canal Físico de Control de MTC, MPDCCH. En otra realización, la información está asociada con el Canal Físico Compartido de Enlace Descendente, PDSCH.

- 35 Las realizaciones descritas anteriormente para determinar precodificadores para transmisiones en un sistema inalámbrico y en un nodo de red todas tienen realizaciones correspondientes en un UE. En general, con el fin de que el UE determine qué precodificador ha usado el nodo de red (o bien el basado en CSI o bien el predefinido) en su transmisión, aplica el mismo método para determinar la determinación del precodificador usado que se hace en el nodo de red.

- 40 El UE determina un número de candidatos de MPDCCH para monitorizar en una pluralidad de espacios de búsqueda, por ejemplo usando un RNTI específico de usuario. Para cada candidato, la UE determina si el candidato pertenece a un subgrupo G_1 que está destinado a ser utilizado para la precodificación basada en CSI o un subgrupo G_2 que está destinado a ser utilizado para la técnica de precodificación predefinida, tal como el ciclo de precodificador. Esta determinación se basa en a qué espacio de búsqueda pertenece el candidato, y/o alguna caracterización del candidato identificando a qué subconjunto del espacio de búsqueda pertenece el candidato, donde el subconjunto está asociado con una de las técnicas de precodificación.

En una realización relacionada, el subgrupo G_1 comprende un primer espacio de búsqueda y el subgrupo G_2 comprende un segundo espacio de búsqueda.

- 50 En otra realización relacionada, el subgrupo G_1 comprende un primer subconjunto de un primer espacio de búsqueda y el subgrupo G_2 comprende la combinación de un segundo espacio de búsqueda y un segundo subconjunto del primer espacio de búsqueda, donde el segundo subconjunto es el complemento del primer subconjunto.

En otra realización relacionada, el primer espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda específico de UE y el segundo espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0.

- 55 En una realización, el UE utiliza además el precodificador determinado que se utiliza en un par de PRB para obtener estimaciones de canal asociadas con los puertos de antena utilizados para la transmisión en el par de PRB

realizando una estimación de canal basada en una combinación de la DM-RS ubicada en el par de PRB y al menos una de la DM-RS ubicada en uno o más pares de PRB, y la CRS ubicada en cualquier conjunto de pares de PRB.

En una realización relacionada, el UE usa el precodificador determinado que se usa en un par de PRB para obtener estimaciones de canal asociadas con los puertos de antena usados para la transmisión en otro par de PRB realizando una estimación de canal basada en una combinación de la DM-RS ubicada en el par de PRB y al menos una de la DM-RS ubicada en uno o más de otros pares de PRB, y la CRS ubicada en cualquier conjunto de pares de PRB.

En otra realización relacionada, el UE usa el precodificador determinado que se usa en un par de PRB para obtener estimaciones de canal asociadas con los puertos de antena usados para la transmisión en el par de PRB realizando una estimación de canal basada en CRS ubicada en cualquier conjunto de pares de PRB.

Reflejando la descripción de las realizaciones del nodo de red, el UE recibe un candidato de MPDCCH y, en base a uno o más índices que representan la ubicación de tiempo y/o frecuencia del par de PRB, determina si pertenece al subgrupo G_1 o G_2 .

La Figura 11 muestra ubicaciones de ejemplo para elementos de recursos dentro de un par de PRB que llevan la CRS utilizando los puertos de antena 0 a 3, denotados C0, C1, C2 y C3, respectivamente. De manera similar, se muestran ubicaciones ejemplares para elementos de recursos que transportan la DM-RS usando los puertos de antena 107 y 109, denotados D107 y D109, respectivamente. La Figura 12 ilustra además un ejemplo cuando una matriz de precodificación w_1 se utiliza para definir la relación entre los puertos de DM-RS 107 y 109 y los puertos de CRS 0-3 dentro del par de PRB. Las realizaciones mencionadas anteriormente para realizar estimaciones de canal basadas en la combinación de diferentes señales de referencia se discutirán ahora brevemente con referencia a estas figuras.

Con referencia a la Figura 11 y la Figura 12, las estimaciones de canal para los puertos de antena de DM-RS 107 y 109 dentro de un par de PRB se pueden derivar en base a los puertos de CRS 0 a 3 de varias formas diferentes.

En una primera realización de estimación de canal, las estimaciones de canal para cada puerto de antena se hacen primero individualmente para todos (o generalmente un subconjunto de) puertos de antena 0, 1, 2, 3, 107 y 109 usando cualquier técnica de estimación de canal conocida en la técnica anterior. Un principio básico para tales técnicas es que un valor (complejo) que representa la señal recibida asociada con un elemento de recurso que contiene una señal de referencia se divide por el valor conocido (complejo) del símbolo transmitido en este elemento de recurso para formar una estimación de canal sin procesar para el elemento de recurso. Debido al ruido y la interferencia, cada estimación de canal sin procesar tal tendrá un cierto error de estimación de canal. Luego, se pueden combinar múltiples elementos de recursos asociados con el mismo puerto de antena dentro del par de PRB utilizando la interpolación y otras técnicas de filtrado para obtener estimaciones de canal filtradas para cualquier elemento de recurso dentro del par de PRB. Se hace referencia a algunas de estas técnicas como estimación de canal de MMSE, que se esfuerza por minimizar el error cuadrático medio de las estimaciones de canal. Una vez que las estimaciones de canal para todos los puertos de antena se han obtenido individualmente, estas se pueden combinar para obtener estimaciones de canal mejoradas para los puertos de DM-RS. Supongamos que las estimaciones de canal obtenidas por puerto individualmente para un elemento de recurso en particular se denotan $\hat{h}_0, \hat{h}_1, \hat{h}_2$ y $\hat{h}_3$ para los puertos de CRS 0-3, y $\hat{h}_{107}$ y $\hat{h}_{109}$ para los puertos de DM-RS 107 y 109, respectivamente. Además, permitamos que estas estimaciones de canal se recopilen en vectores $\hat{h}_{CRS} = [\hat{h}_0, \hat{h}_1, \hat{h}_2, \hat{h}_3]^T$ y $\hat{h}_{DM-RS} = [\hat{h}_{107}, \hat{h}_{109}]^T$, respectivamente. Luego, las estimaciones de canal mejoradas $\bar{h}_{DM-RS}$ para los puertos de DM-RS cuando una matriz de precodificación w_1 se utiliza, por ejemplo, se puede derivar según

$$\bar{h}_{DM-RS} = \alpha_{DM-RS} \cdot \hat{h}_{DM-RS} + \alpha_{CRS} \cdot w_1 \cdot \hat{h}_{CRS}$$

donde α_{DM-RS} y α_{CRS} son parámetros que, como ejemplo no limitativo, se pueden seleccionar con el objetivo de minimizar un error cuadrático medio de la estimación de canal combinada. La selección óptima de estos parámetros puede depender de un error de estimación de canal esperado para las estimaciones de canal basadas en DM-RS y CRS, respectivamente. Estas a su vez pueden depender del número de elementos de recursos disponibles para los diferentes tipos de estimaciones de canal, así como de cualquier posible diferencia de potencia conocida con la que los puertos de DM-RS y de CRS se transmiten por el eNB. Además, la selección óptima de parámetros puede ser diferente para diferentes elementos de recursos, dado que, por ejemplo, se puede esperar que el error de estimación de canal para un puerto de antena en particular sea menor en elementos de recursos cercanos a donde se transmite una señal de referencia que más lejos.

En una segunda realización de estimación de canal, la estimación de canal se obtiene para los puertos de DM-RS a través de estimar primero el canal de los puertos de CRS y en ese proceso también se utilizan los elementos de recursos donde se transmiten los símbolos de referencia para el puerto de DM-RS, teniendo en cuenta el precodificador dado y la posible diferencia de potencia conocida. Por ello, las estimaciones de canal para los puertos de CRS tendrán estimaciones de canal más bajas en comparación con cuando se usan solo los elementos de recursos para los que se transmiten las CRS. Una vez que se obtienen las estimaciones basadas en CRS, las

estimaciones de canal para los puertos de DM-RS se pueden obtener mediante la multiplicación con la matriz de precodificación utilizada en el par de PRB.

Se pueden concebir varias otras variantes y alternativas a los algoritmos de estimación de canal anteriores. La descripción actual no se limita a un algoritmo de estimación de canal particular que se usa para combinar los puertos de CRS y de DM-RS.

En algunas realizaciones, el UE además usa las estimaciones de canal obtenidas asociadas con los puertos de antena usados para la transmisión en uno o más pares de PRB para demodular la información recibida en los pares de PRB. En una realización tal, la información está asociada con el Canal Físico de Control de MTC, MPDCCH. En otra realización, la información está asociada con el Canal Físico Compartido de Enlace Descendente, PDSCH.

En la descripción anterior, la determinación del precodificador se ha descrito principalmente con aplicación al MPDCCH en un sistema de LTE, y para relacionar la DM-RS con la CRS. Es posible aplicar la descripción actual a un caso más general, cuando no se transmite necesariamente ninguna señal de referencia común. Los precodificadores pueden representar una relación entre la DM-RS y un conjunto de puertos de antena virtuales y/o físicos en el transmisor. En tales casos, cada precodificador en sí mismo puede no ser necesariamente útil para un receptor, pero cuando se utiliza un conjunto de múltiples precodificadores, un receptor puede usar la información de los múltiples precodificadores con el fin de realizar una estimación de canal combinada sobre los múltiples bloques de recursos en los que se están usando los múltiples precodificadores.

Se puede observar que las realizaciones de la descripción actual se pueden aplicar en un extremo de transmisión, sin que necesariamente se apliquen en un extremo de recepción correspondiente.

La Figura 13 es un diagrama de bloques esquemático de un nodo de acceso por radio 1300 según algunas realizaciones de la presente descripción. El nodo de acceso por radio 1300 puede ser, por ejemplo, una estación base 102 o 106. Como se ilustra, el nodo de acceso por radio 1300 incluye un sistema de control 1302 que incluye uno o más procesadores 1304 (por ejemplo, Unidades de Procesamiento Central (CPU), Circuitos Integrados de Aplicaciones Específicas (ASIC), Matrices de Puertas Programables en Campo (FPGA) y/o similares), memoria 1306 y una interfaz de red 1308. También se hace referencia en la presente memoria al uno o más procesadores 1304 como circuitería de procesamiento. Además, el nodo de acceso por radio 1300 incluye una o más unidades de radio 1310, cada una de las cuales incluye uno o más transmisores 1312 y uno o más receptores 1314 acoplados a una o más antenas 1316. Se puede hacer referencia a las unidades de radio 1310 o pueden ser parte de la circuitería de interfaz de radio. En algunas realizaciones, la unidad o unidades de radio 1310 son externas al sistema de control 1302 y están conectadas al sistema de control 1302 a través de, por ejemplo, una conexión por cable (por ejemplo, un cable óptico). Sin embargo, en algunas otras realizaciones, la unidad o unidades de radio 1310 y potencialmente la antena o antenas 1316 están integradas junto con el sistema de control 1302. El uno o más procesadores 1304 operan para proporcionar una o más funciones de un nodo de acceso por radio 1300 como se describe en la presente memoria. En algunas realizaciones, la función o funciones se implementan en software que se almacena, por ejemplo, en la memoria 1306 y se ejecuta por uno o más procesadores 1304.

La Figura 14 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una realización virtualizada del nodo de acceso por radio 1300 según algunas realizaciones de la presente descripción. Esta discusión es igualmente aplicable a otros tipos de nodos de red. Además, otros tipos de nodos de red pueden tener arquitecturas virtualizadas similares.

Como se usa en la presente memoria, un nodo de acceso por radio "virtualizado" es una implementación del nodo de acceso por radio 1300 en el que al menos una parte de la funcionalidad del nodo de acceso por radio 1300 se implementa como un componente o componentes virtuales (por ejemplo, a través de una máquina o máquinas que se ejecutan en un nodo o nodos de procesamiento físico en una red o redes. Como se ilustra, en este ejemplo, el nodo de acceso por radio 1300 incluye el sistema de control 1302 que incluye el uno o más procesadores 1304 (por ejemplo, CPU, ASIC, FPGA y/o similares), la memoria 1306 y la interfaz de red 1308 y la una o más unidades de radio 1310 que incluyen cada una el uno o más transmisores 1312 y el uno o más receptores 1314 acoplados a una o más antenas 1316, como se describió anteriormente. El sistema de control 1302 está conectado a la unidad o unidades de radio 1310 a través de, por ejemplo, un cable óptico o similar. El sistema de control 1302 está conectado a uno o más nodos de procesamiento 1400 acoplados o incluidos como parte de una red o redes 1402 a través de la interfaz de red 1308. Cada nodo de procesamiento 1400 incluye uno o más procesadores 1404 (por ejemplo, CPU, ASIC, FPGA, y/o similares), la memoria 1406 y una interfaz de red 1408.

En este ejemplo, las funciones 1410 del nodo de acceso por radio 1300 descrito en la presente memoria se implementan en uno o más nodos de procesamiento 1400 o se distribuyen a través del sistema de control 1302 y uno o más nodos de procesamiento 1400 de cualquier manera deseada. En algunas realizaciones particulares, algunas o todas las funciones 1410 del nodo de acceso por radio 1300 descritas en la presente memoria se implementan como componentes virtuales ejecutados por una o más máquinas virtuales implementadas en un entorno o entornos virtuales alojados por el nodo o nodos de procesamiento 1400. Como apreciará un experto en la técnica, se utiliza señalización o comunicación adicional entre el nodo o nodos de procesamiento 1400 y el sistema de control 1302 con el fin de llevar a cabo al menos algunas de las funciones deseadas 1410. En particular, en algunas realizaciones, el sistema de control 1302 puede no estar incluido, en cuyo caso la unidad o unidades de

radio 1310 se comunican directamente con el nodo o nodos de procesamiento 1400 a través de una interfaz o interfaces de red apropiadas.

En algunas realizaciones, se proporciona un programa informático que incluye instrucciones que, cuando se ejecutan por al menos un procesador, hacen que al menos un procesador lleve a cabo la funcionalidad del nodo de acceso por radio 1300 o un nodo (por ejemplo, un nodo de procesamiento 1400) que implementa una o más de las funciones 1410 del nodo de acceso por radio 1300 en un entorno virtual según cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria. En algunas realizaciones, se proporciona un portador que comprende el producto de programa informático antes mencionado. El portador es una señal electrónica, una señal óptica, una señal de radio o un medio de almacenamiento legible por ordenador (por ejemplo, un medio legible por ordenador no transitorio tal como una memoria).

La Figura 15 es un diagrama de bloques esquemático del nodo de acceso por radio 1300 según algunas otras realizaciones de la presente descripción. El nodo de acceso por radio 1300 incluye uno o más módulos 1500, cada uno de los cuales está implementado en software. El módulo o módulos 1500 proporcionan la funcionalidad del nodo de acceso por radio 1300 descrito en la presente memoria. Esta discusión es igualmente aplicable al nodo de procesamiento 1400 de la Figura 14, donde los módulos 1500 se pueden implementar en uno de los nodos de procesamiento 1400 o distribuir a través de múltiples nodos de procesamiento 1400 y/o distribuir a través del nodo o nodos de procesamiento 1400 y el sistema de control 1302.

La Figura 16 es un diagrama de bloques esquemático de un UE 1600 según algunas realizaciones de la presente descripción. Como se ilustra, el UE 1600 incluye uno o más procesadores 1602 (por ejemplo, CPU, ASIC, FPGA y/o similares), memoria 1604 y uno o más transceptores 1606, cada uno que incluye uno o más transmisores 1608 y uno o más receptores 1610 acoplado a una o más antenas 1612. El transceptor o transceptores 1606 incluyen una circuitería de entrada de radio conectada a la antena o antenas 1612 que está configurada para acondicionar las señales comunicadas entre la antena o antenas 1612 y el procesador o procesadores 1602, como se apreciará por los expertos en la técnica. También se hace referencia en la presente memoria a los procesadores 1602 como circuitería de procesamiento. También se hace referencia en la presente memoria a los transceptores 1606 como circuitería de radio. En algunas realizaciones, la funcionalidad del UE 1600 descrita anteriormente se puede implementar total o parcialmente en software que, por ejemplo, está almacenado en la memoria 1604 y se ejecuta por el procesador o procesadores 1602. Obsérvese que el UE 1600 puede incluir componentes adicionales no ilustrados en la Figura 16 tales como, por ejemplo, uno o más componentes de la interfaz de usuario (por ejemplo, una interfaz de entrada/salida que incluye una pantalla, botones, una pantalla táctil, un micrófono, un altavoz o altavoces y/o similares y/o cualquier otro componente para permitir la entrada de información en el UE 1600 y/o permitir la salida de información desde el UE 1600), una fuente de alimentación (por ejemplo, una batería y una circuitería de alimentación asociada), etc.

En algunas realizaciones, se proporciona un programa informático que incluye instrucciones que, cuando se ejecutan por al menos un procesador, hacen que al menos un procesador lleve a cabo la funcionalidad del UE 1600 según cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria. En algunas realizaciones, se proporciona un portador que comprende el producto de programa informático antes mencionado. El portador es uno de una señal electrónica, una señal óptica, una señal de radio o un medio de almacenamiento legible por ordenador (por ejemplo, un medio legible por ordenador no transitorio, tal como una memoria).

La Figura 17 es un diagrama de bloques esquemático del UE 1600 según algunas otras realizaciones de la presente descripción. El UE 1600 incluye uno o más módulos 1700, cada uno de los cuales está implementado en software. El módulo o módulos 1700 proporcionan la funcionalidad del UE 1600 descrito en la presente memoria.

Con referencia a la Figura 18, de acuerdo con una realización, un sistema de comunicación incluye una red de telecomunicaciones 1800, tal como una red celular de tipo 3GPP, que comprende una red de acceso 1802, tal como una RAN, y una red central 1804. La red de acceso 1802 comprende una pluralidad de estaciones base 1806A, 1806B, 1806C, tales como NB, eNB, gNB u otros tipos de Puntos de Acceso (AP) inalámbricos, cada uno que define un área de cobertura 1808A, 1808B, 1808C correspondiente. Cada estación base 1806A, 1806B, 1806C se puede conectar a la red central 1804 a través de una conexión cableada o inalámbrica 1810. Un primer UE 1812 ubicado en el área de cobertura 1808C está configurado para conectarse de manera inalámbrica a la estación base 1806C correspondiente o ser buscado por ella. Un segundo UE 1814 en el área de cobertura 1808A se puede conectar de manera inalámbrica a la estación base 1806A correspondiente. Si bien en este ejemplo se ilustra una pluralidad de UE 1812, 1814, las realizaciones descritas son igualmente aplicables a una situación en la que un único UE está en el área de cobertura o donde un único UE se conectándose a la estación base 1806 correspondiente.

La red de telecomunicaciones 1800 se conecta a sí misma a un ordenador central 1816, que se puede incorporar en el hardware y/o software de un servidor independiente, un servidor implementado en la nube, un servidor distribuido o como recursos de procesamiento en una granja de servidores. El ordenador central 1816 puede estar bajo la propiedad o el control de un proveedor de servicios, o se puede operar por el proveedor de servicios o en nombre del proveedor de servicios. Las conexiones 1818 y 1820 entre la red de telecomunicaciones 1800 y el ordenador central 1816 pueden extenderse directamente desde la red central 1804 al ordenador central 1816 o pueden ir a través de una red intermedia 1822 opcional. La red intermedia 1822 puede ser una de, o una combinación de más

de una de una red pública, privada o alojada; la red intermedia 1822, si la hay, puede ser una red troncal o Internet; en particular, la red intermedia 1822 puede comprender dos o más subredes (no mostradas).

El sistema de comunicación de la Figura 18 en su conjunto permite la conectividad entre los UE 1812, 1814 conectados y el ordenador central 1816. La conectividad se puede describir como una conexión Excepcional (OTT) 1824. El ordenador central 1816 y los UE 1812, 1814 conectados están configurados para comunicar datos y/o señalización a través de la conexión OTT 1824, utilizando la red de acceso 1802, la red central 1804, cualquier red intermedia 1822 y una posible infraestructura adicional (no mostrada) como intermediarios. La conexión OTT 1824 puede ser transparente en el sentido de que los dispositivos de comunicación participantes a través de los cuales pasa la conexión OTT 1824 no son conscientes del enrutamiento de las comunicaciones de enlace ascendente y enlace descendente. Por ejemplo, la estación base 1806 puede no o no necesita ser informada sobre el enrutamiento pasado de una comunicación de enlace descendente entrante con datos que se originan en el ordenador central 1816 a ser reenviados (por ejemplo, traspasados) a un UE 1812 conectado. De manera similar, la base la estación 1806 no necesita ser consciente del enrutamiento futuro de una comunicación de enlace ascendente saliente que se origina desde el UE 1812 hacia el ordenador central 1816.

Las implementaciones de ejemplo, de acuerdo con una realización, del UE, la estación base y el ordenador central discutidos en los párrafos anteriores se describirán ahora con referencia a la Figura 19. En un sistema de comunicación 1900, un ordenador central 1902 comprende hardware 1904 que incluye una interfaz de comunicación 1906 configurada para establecer y mantener una conexión por cable o inalámbrica con una interfaz de un dispositivo de comunicación diferente del sistema de comunicación 1900. El ordenador central 1902 comprende además una circuitería de procesamiento 1908, que puede tener capacidades de almacenamiento y/o procesamiento. En particular, la circuitería de procesamiento 1908 puede comprender uno o más procesadores programables, ASIC, FPGA o combinaciones de estos (no mostrados) adaptados para ejecutar instrucciones. El ordenador central 1902 comprende además software 1910, que está almacenado en el ordenador central 1902 o accesible por él y ejecutable por la circuitería de procesamiento 1908. El software 1910 incluye una aplicación central 1912. La aplicación central 1912 puede ser operable para proporcionar un servicio a un usuario remoto, tal como un UE 1914 que se conecta a través de una conexión OTT 1916 que termina en el UE 1914 y el ordenador central 1902. Al proporcionar el servicio al usuario remoto, la aplicación central 1912 puede proporcionar datos de usuario que se transmiten utilizando la conexión OTT 1916.

El sistema de comunicación 1900 incluye además una estación base 1918 proporcionada en un sistema de telecomunicaciones y que comprende hardware 1920 que le permite comunicarse con el ordenador central 1902 y con el UE 1914. El hardware 1920 puede incluir una interfaz de comunicación 1922 para establecer y mantener una conexión cableada o inalámbrica con una interfaz de un dispositivo de comunicación diferente del sistema de comunicación 1900, así como una interfaz de radio 1924 para establecer y mantener al menos una conexión inalámbrica 1926 con el UE 1914 ubicado en un área de cobertura (no mostrada en la Figura 19) servida por la estación base 1918. La interfaz de comunicación 1922 se puede configurar para facilitar una conexión 1928 al ordenador central 1902. La conexión 1928 puede ser directa o puede pasar a través de una red central (no mostrada en la Figura 19) del sistema de telecomunicaciones y/o a través de una o más redes intermedias fuera del sistema de telecomunicaciones. En la realización mostrada, el hardware 1920 de la estación base 1918 incluye además una circuitería de procesamiento 1930, que puede comprender uno o más procesadores programables, ASIC, FPGA o combinaciones de estos (no mostrados) adaptados para ejecutar instrucciones. La estación base 1918 tiene además el software 1932 almacenado internamente o accesible a través de una conexión externa.

El sistema de comunicación 1900 incluye además el UE 1914 al que ya se ha hecho referencia. El hardware 1934 del UE 1914 puede incluir una interfaz de radio 1936 configurada para establecer y mantener una conexión inalámbrica 1926 con una estación base que da servicio a un área de cobertura en la que está ubicado actualmente el UE 1914. El hardware 1934 del UE 1914 incluye además la circuitería de procesamiento 1938, que puede comprender uno o más procesadores programables, ASIC, FPGA o combinaciones de estos (no mostrados) adaptados para ejecutar instrucciones. El UE 1914 comprende además el software 1940, que está almacenado en o es accesible por el UE 1914 y ejecutable por la circuitería de procesamiento 1938. El software 1940 incluye una aplicación cliente 1942. La aplicación cliente 1942 puede ser operable para proporcionar un servicio a un usuario humano o no humano a través del UE 1914, con el soporte del ordenador central 1902. En el ordenador central 1902, la aplicación centra 1912 que se ejecuta puede comunicarse con la aplicación cliente 1942 que se ejecuta a través de la conexión OTT 1916 que termina en el UE 1914 y el ordenador central 1902. Al proporcionar el servicio al usuario, la aplicación cliente 1942 puede recibir datos de solicitud de la aplicación central 1912 y proporcionar datos de usuario en respuesta a los datos de solicitud. La conexión OTT 1916 puede transferir tanto los datos de solicitud como los datos de usuario. La aplicación cliente 1942 puede interactuar con el usuario para generar los datos de usuario que proporciona.

Se observa que el ordenador central 1902, la estación base 1918 y el UE 1914 ilustrados en la Figura 19 pueden ser similares o idénticos al ordenador central 1816, una de las estaciones base 1806A, 1806B, 1806C y uno de los UE 1812, 1814 de la Figura 18, respectivamente. Es decir, el funcionamiento interno de estas entidades puede ser como se muestra en la Figura 19 e, independientemente, la topología de la red circundante puede ser la de la Figura 18.

En la Figura 19, la conexión OTT 1916 se ha dibujado de manera abstracta para ilustrar la comunicación entre el ordenador central 1902 y el UE 1914 a través de la estación base 1918 sin referencia explícita a ningún dispositivo intermediario y el enrutamiento preciso de mensajes a través de estos dispositivos. La infraestructura de red puede determinar el enrutamiento, que se puede configurar para ocultarse del UE 1914 o del proveedor de servicios que opera el ordenador central 1902, o de ambos. Mientras que la conexión OTT 1916 está activa, la infraestructura de la red puede además tomar decisiones mediante las cuales cambia dinámicamente el enrutamiento (por ejemplo, sobre la base de la consideración del equilibrio de carga o la reconfiguración de la red).

La conexión inalámbrica 1926 entre el UE 1914 y la estación base 1918 está de acuerdo con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta descripción. Una o más de las diversas realizaciones mejoran el rendimiento de los servicios OTT proporcionados al UE 1914 utilizando la conexión OTT 1916, en la que la conexión inalámbrica 1926 forma el último segmento. Más precisamente, las enseñanzas de estas realizaciones pueden mejorar, por ejemplo, la tasa de datos, la latencia, el consumo de energía, etc. y, por lo tanto, proporcionar beneficios tales como, por ejemplo, tiempo de espera del usuario reducido, restricción relajada en el tamaño del archivo, mejor capacidad de respuesta, vida útil prolongada de la batería, rango de operación prolongado, etc.

Se puede proporcionar un procedimiento de medición con el propósito de monitorizar la tasa de datos, la latencia y otros factores en los que mejoran la una o más realizaciones. Puede haber además una funcionalidad de red opcional para reconfigurar la conexión OTT 1916 entre el ordenador central 1902 y el UE 1914, en respuesta a variaciones en los resultados de medición. El procedimiento de medición y/o la funcionalidad de red para reconfigurar la conexión OTT 1916 se pueden implementar en el software 1910 y el hardware 1904 del ordenador central 1902 o en el software 1940 y el hardware 1934 del UE 1914, o ambos. En algunas realizaciones, los sensores (no mostrados) se pueden desplegar en o en asociación con dispositivos de comunicación a través de los cuales pasa la conexión OTT 1916; los sensores pueden participar en el procedimiento de medición suministrando valores de las cantidades monitorizadas ejemplificadas anteriormente, o suministrando valores de otras cantidades físicas a partir de las cuales el software 1910, 1940 puede calcular o estimar las cantidades monitorizadas. La reconfiguración de la conexión OTT 1916 puede incluir formato de mensaje, ajustes de retransmisión, enrutamiento preferido, etc.; la reconfiguración no necesita afectar a la estación base 1918, y puede ser desconocida o imperceptible para la estación base 1918. Dichos procedimientos y funcionalidades se pueden conocer y practicar en la técnica. En ciertas realizaciones, las mediciones pueden implicar señalización de UE propietaria que facilita las mediciones de rendimiento, tiempos de propagación, latencia y similares del ordenador central 1902. Las mediciones se pueden implementar en el sentido de que el software 1910 y 1940 haga que los mensajes sean transmitidos, en particular mensajes vacíos o 'ficticios', usando la conexión OTT 1916 mientras que monitoriza tiempos de propagación, errores, etc.

La Figura 20 es un diagrama de flujo que ilustra un método implementado en un sistema de comunicación, de acuerdo con una realización. El sistema de comunicación incluye un ordenador central, una estación base y un UE que pueden ser los descritos con referencia a las Figuras 18 y 19. Para simplificar la presente descripción, solo se incluirán en esta sección referencias de dibujos a la Figura 20. En el paso 2000, el ordenador central proporciona datos de usuario. En el subpaso 2002 (que puede ser opcional) del paso 2000, el ordenador central proporciona los datos de usuario ejecutando una aplicación central. En el paso 2004, el ordenador central inicia una transmisión que transporta los datos del usuario al UE. En el paso 2006 (que puede ser opcional), la estación base transmite al UE los datos de usuario que se transportaron en la transmisión que inició el ordenador central, de acuerdo con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta descripción. En el paso 2008 (que también puede ser opcional), el UE ejecuta una aplicación cliente asociada con la aplicación central ejecutada por el ordenador central.

La Figura 21 es un diagrama de flujo que ilustra un método implementado en un sistema de comunicación, de acuerdo con una realización. El sistema de comunicación incluye un ordenador central, una estación base y un UE que pueden ser los descritos con referencia a las Figuras 18 y 19. Para simplificar la presente descripción, solo se incluirán en esta sección referencias de dibujos a la Figura 21. En el paso 2100 del método, el ordenador central proporciona datos de usuario. En un subpaso opcional (no mostrado), el ordenador central proporciona los datos del usuario ejecutando una aplicación central. En el paso 2102, el ordenador central inicia una transmisión que transporta los datos de usuario al UE. La transmisión puede pasar a través de la estación base, de acuerdo con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta descripción. En el paso 2104 (que puede ser opcional), el UE recibe los datos de usuario transportados en la transmisión.

La Figura 22 es un diagrama de flujo que ilustra un método implementado en un sistema de comunicación, de acuerdo con una realización. El sistema de comunicación incluye un ordenador central, una estación base y un UE que pueden ser los descritos con referencia a las Figuras 18 y 19. Para simplificar la presente descripción, solo se incluirán en esta sección referencias de dibujos a la Figura 22. En el paso 2200 (que puede ser opcional), el UE recibe datos de entrada proporcionados por el ordenador central. Adicional o alternativamente, en el paso 2202, el UE proporciona datos de usuario. En el subpaso 2204 (que puede ser opcional) del paso 2200, el UE proporciona los datos de usuario ejecutando una aplicación cliente. En el subpaso 2206 (que puede ser opcional) del paso 2202, el UE ejecuta una aplicación cliente que proporciona los datos de usuario en reacción a los datos de entrada recibidos proporcionados por el ordenador central. Al proporcionar los datos de usuario, la aplicación cliente ejecutada puede considerar además la entrada de usuario recibida del usuario. Independientemente de la manera específica en que se proporcionaron los datos de usuario, el UE inicia, en el subpaso 2208 (que puede ser opcional),

la transmisión de los datos de usuario al ordenador central. En el paso 2210 del método, el ordenador central recibe los datos de usuario transmitidos desde el UE, de acuerdo con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta descripción.

5 La Figura 23 es un diagrama de flujo que ilustra un método implementado en un sistema de comunicación, de acuerdo con una realización. El sistema de comunicación incluye un ordenador central, una estación base y un UE que pueden ser los descritos con referencia a las Figuras 18 y 19. Para simplificar la presente descripción, en esta sección solo se incluirán referencias a los dibujos a la Figura 23. En el paso 2300 (que puede ser opcional), de acuerdo con las enseñanzas de las realizaciones descritas a lo largo de esta descripción, la estación base recibe datos de usuario del UE. En el paso 2302 (que puede ser opcional), la estación base inicia la transmisión de los
10 datos de usuario recibidos al ordenador central. En el paso 2304 (que puede ser opcional), el ordenador central recibe los datos de usuario transportados en la transmisión iniciada por la estación base.

Cualquier paso, método, característica, función o beneficio apropiado descrito en la presente memoria se puede realizar a través de una o más unidades funcionales o módulos de uno o más aparatos virtuales. Cada aparato virtual puede comprender un número de estas unidades funcionales. Estas unidades funcionales se pueden
15 implementar a través de circuitería de procesamiento, que pueden incluir uno o más microprocesadores o microcontroladores, así como otro hardware digital, que puede incluir Procesadores de Señales Digitales (DSP), lógica digital de propósito especial y similares. La circuitería de procesamiento se puede configurar para ejecutar código de programa almacenado en la memoria, que puede incluir uno o varios tipos de memoria, tales como Memoria de Solo Lectura (ROM), Memoria de Acceso Aleatorio (RAM), memoria caché, dispositivos de memoria
20 flash, dispositivos de almacenamiento óptico, etc. El código de programa almacenado en la memoria incluye instrucciones de programa para ejecutar uno o más protocolos de telecomunicaciones y/o comunicaciones de datos, así como instrucciones para llevar a cabo una o más de las técnicas descritas en la presente memoria. En algunas implementaciones, la circuitería de procesamiento se puede usar para hacer que la unidad funcional respectiva realice las funciones correspondientes según una o más realizaciones de la presente descripción.

25 Si bien los procesos en las figuras pueden mostrar un orden particular de operaciones realizadas por ciertas realizaciones de la presente descripción, se debería entender que tal orden es ejemplar (por ejemplo, realizaciones alternativas pueden realizar las operaciones en un orden diferente, combinar ciertas operaciones, superponer ciertas operaciones, etc.).

30 Al menos algunas de las siguientes abreviaturas se pueden usar en esta descripción. Si hay una inconsistencia entre las abreviaturas, se debería dar preferencia a cómo se usó anteriormente. Si se enumera múltiples veces a continuación, se debe preferir el primer listado a cualquier listado posterior.

- 3GPP Proyecto de asociación de tercera generación
- 4G Cuarta generación
- 5G Quinta Generación
- AL Nivel de agregación
- AN Red de acceso
- AP Punto de acceso
- ASIC Circuito Integrado de Aplicaciones Específicas
- AUSF Función del servidor de autenticación
- BCCH Canal de control de transmisión
- BCH Canal de difusión
- BLER Tasa de error de bloque
- BS Estación base
- CCCH Canal de control común

• CE	Mejora de cobertura
• CPU	Unidad Central de procesamiento
• CRC	Comprobación de redundancia cíclica
• C-RNTI	Identificador temporal de red de radio de celda
• CRS	Señal de referencia específica de celda
• CSI	Información de estado de canal
• CSI-RS	Señal de referencia de información de estado de canal
• CSS	Espacio de búsqueda común
• DCI	Información de control de enlace descendente
• DL	Enlace descendente
• DM	Demodulación
• DMRS	Señal de referencia de demodulación
• DN	Red de datos
• DSP	Procesador de señal digital
• ECCE	Elementos de canal de control mejorados
• eMTC	Comunicación tipo máquina mejorada
• eNB	Nodo B mejorado o evolucionado
• ePDCCH	Canal físico de control de enlace descendente mejorado
• FPGA	Matrices de puertas programables en campo
• GHz	Gigahercio
• gNB	Estación base de nueva radio
• HARQ	Solicitud de repetición automática híbrida
• IoT	Internet de las Cosas
• IP	Protocolo de Internet
• LTE	Evolución a largo plazo
• M2M	Máquina a máquina
• MIMO	Múltiples Entradas Múltiples Salidas
• MME	Entidad de Gestión de Movilidad
• MMSE	Minimizar un error cuadrático medio

- MPDCCH Canal físico de control de enlace descendente de MTC
- MTC Comunicación tipo máquina
- NB-IoT Internet de las cosas de banda estrecha
- NR Nueva radio
- OFDM Multiplexación por división de frecuencia ortogonal
- OFDMA Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal
- OTT Transmisión libre
- PBCH Canal de difusión físico
- PDCCH Canal físico de control de enlace descendente
- PDSCH Canal físico compartido de enlace descendente
- P-GW Pasarela de red de paquetes de datos
- PMI Indicador de matriz de precodificación
- PRB Bloque de recursos físicos
- PSS Señal de sincronización primaria
- PUCCH Canal físico de control de enlace ascendente
- PUSCH Canal físico compartido de enlace ascendente
- RAM Memoria de acceso aleatorio
- RAN Red de acceso por radio
- RAT Tecnología de acceso por radio
- RB Bloque de recursos
- RE Elemento de recurso
- RF Radiofrecuencia
- RNTI Identificador temporal de red de radio
- ROM Memoria de solo lectura
- RRC Control de recursos de radio
- RRH Cabecera de radio remota
- RRM Gestión de recursos de radio
- RRU Unidad de radio remota
- RS Señal de referencia

• RTT	Tiempo de ida y vuelta
• RX	Receptor
• SCEF	Función de exposición de capacidad de servicio
• S-GW	Pasarela de servicio
• SNR	Relación señal a ruido
• SSS	Señal de sincronización secundaria
• TX	Transmisor
• UE	Equipo de usuario
• UL	Enlace ascendente
• USB	Bus serie universal
• USS	Espacio de búsqueda específico de UE

Los expertos en la técnica reconocerán mejoras y modificaciones a las realizaciones de la presente descripción.

REIVINDICACIONES

1. Un método realizado por un dispositivo inalámbrico para decodificar una transmisión, el método que comprende:
 - determinar (200) una pluralidad de candidatos de transmisión de Canal Físico de Control de Enlace Descendente, MPDCCH, de Comunicaciones Tipo Máquina, MTC, para monitorizar;
- 5 el método que se caracteriza por que comprende además:
 - para al menos un candidato de la pluralidad de candidatos de transmisión de MPDCCH, determinar (202) si el candidato pertenece a un primer grupo de candidatos o a un segundo grupo de candidatos donde el primer grupo de candidatos comprende un primer subconjunto de un primer espacio de búsqueda y el segundo grupo de candidatos comprende la combinación de un segundo espacio de búsqueda y un segundo subconjunto del primer espacio de búsqueda, donde el segundo subconjunto es el complemento del primer subconjunto y el primer espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda específico de Equipo de Usuario, UE, y el segundo espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0;
 - 10 si el candidato pertenece al primer grupo de candidatos, intentar (204) decodificar la transmisión de MPDCCH usando un esquema de precodificación basado en Información de Estado de Canal, CSI; y
 - 15 si el candidato pertenece al segundo grupo de candidatos, intentar (206) decodificar la transmisión de MPDCCH utilizando un esquema de precodificación predeterminado.
2. El método de la reivindicación 1, en donde el esquema de precodificación predeterminado se elige del grupo que consiste en:
 - seleccionar el precodificador en base al ciclo de precodificador; y
 - 20 seleccionar un precodificador fijo.
3. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde determinar si el candidato pertenece al primer grupo de candidatos o al segundo grupo de candidatos se basa en un nivel de agregación (L) del candidato de canal de control.
4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde determinar si el candidato pertenece al primer grupo de candidatos o al segundo grupo de candidatos se basa en uno o más del grupo que consta de:
 - un nivel de agregación (L) del candidato de canal de control;
 - un índice (m) que identifica el candidato de canal de control para un nivel de agregación dentro del espacio de búsqueda;
 - un factor de repetición de tiempo (R) del candidato de canal de control;
 - 30 un índice secuencial (u) que identifica una subtrama inicial del candidato de canal de control para un factor de repetición dado;
 - un índice de tiempo que identifica una referencia de tiempo del candidato de canal de control;
 - un índice de tiempo que identifica una referencia de tiempo del espacio de búsqueda; y
 - 35 un número de bloques de recursos físicos usados para monitorizar candidatos de canal de control dentro del espacio de búsqueda.
5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde usar un esquema de precodificación basado en CSI comprende usar una única matriz de precodificación a ser usada para todos los bloques de recursos físicos usados para transmitir el candidato de canal de control.
6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde usar un esquema de precodificación basado en CSI comprende usar una pluralidad de matrices de precodificación, cada matriz de precodificación a ser usada para un subconjunto de los bloques de recursos físicos usados para transmitir el candidato de canal de control.
7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde usar un esquema de precodificación basado en CSI comprende usar un precodificador basado en la información de estado de canal enviada por el dispositivo inalámbrico.
8. El método de la reivindicación 7, en donde la información de estado de canal comprende un Indicador de Matriz de Precodificación, PMI.
9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 que comprende además:

usar el precodificador determinado que se usa en un par de PRB para obtener estimaciones de canal asociadas con los puertos de antena usados para la transmisión en el par de PRB realizando una estimación de canal basada en CRS ubicada en cualquier conjunto de pares de PRB.

10. El método de la reivindicación 9 que comprende además:

5 usar las estimaciones de canal obtenidas asociadas con los puertos de antena usados para la transmisión en uno o más pares de PRB para demodular la información recibida en los pares de PRB.

11. Un método realizado por una estación base para codificar una transmisión, el método que se caracteriza por que comprende:

10 determinar (300) si codificar una transmisión de Canal Físico de Control de Enlace Descendente de Comunicaciones Tipo Máquina, MTC,, MPDCCH, a un dispositivo inalámbrico usando un esquema de precodificación basado en Información de Estado de Canal, CSI, o un esquema de precodificación predeterminado;

15 si se usa el esquema de precodificación basado en CSI, elegir (302) un candidato para la transmisión de un primer grupo de candidatos donde el primer grupo de candidatos comprende un primer subconjunto de un primer espacio de búsqueda y el primer espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda específico de Equipo de Usuario, UE;

20 si se usa el esquema de precodificación predeterminado, elegir (304) un candidato para la transmisión de un segundo grupo de candidatos donde el segundo grupo de candidatos comprende la combinación de un segundo espacio de búsqueda y un segundo subconjunto del primer espacio de búsqueda, donde el segundo subconjunto es el complemento del primer subconjunto y el segundo espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0.

12. El método de la reivindicación 11 que comprende además:

25 si no se ha recibido una CSI del dispositivo inalámbrico o si se considera que una CSI recibida del dispositivo inalámbrico no es fiable, determinar codificar la transmisión al dispositivo inalámbrico utilizando el esquema de precodificación predeterminado.

13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 12, en donde el esquema de precodificación predeterminado se elige del grupo que consiste en:

seleccionar el precodificador en base al ciclo de precodificador; y

seleccionar un precodificador fijo.

30 14. El método de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en donde determinar si codificar la transmisión de MPDCCH al dispositivo inalámbrico utilizando un esquema de precodificación basado en CSI o un esquema de precodificación predeterminado se basa en un nivel de agregación (L) del candidato de canal de control.

35 15. El método de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en donde determinar si codificar la transmisión de MPDCCH al dispositivo inalámbrico utilizando un esquema de precodificación basado en CSI o un esquema de precodificación predeterminado se basa en uno o más del grupo que consta de:

un nivel de agregación (L) del candidato de canal de control;

un índice (m) que identifica el candidato de canal de control para un nivel de agregación dentro del espacio de búsqueda;

un factor de repetición de tiempo (R) del candidato de canal de control;

40 un índice secuencial (u) que identifica una subtrama inicial del candidato de canal de control para un factor de repetición dado;

un índice de tiempo que identifica una referencia de tiempo del candidato de canal de control;

un índice de tiempo que identifica una referencia de tiempo del espacio de búsqueda; y

45 un número de bloques de recursos físicos usados para monitorizar candidatos de canal de control dentro del espacio de búsqueda.

16. El método de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, en donde usar un esquema de precodificación basado en CSI comprende usar una única matriz de precodificación a ser usada para todos los bloques de recursos físicos usados para transmitir el candidato de canal de control.

17. El método de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, en donde usar un esquema de precodificación basado en CSI comprende usar un precodificador basado en la información de estado de canal enviada por el dispositivo inalámbrico.
18. El método de la reivindicación 17, en donde la CSI comprende un Indicador de Matriz de Precodificación, PMI.
- 5 19. Un dispositivo inalámbrico (1600) para decodificar una transmisión, el dispositivo inalámbrico (1600) que comprende:
- uno o más procesadores (1602); y
- una memoria (1604) que comprende instrucciones adaptadas, cuando se ejecutan en dicho uno o más procesadores, para hacer que el dispositivo inalámbrico (1600):
- 10 determinar una pluralidad de candidatos de transmisión de Canal Físico de Control de Enlace Descendente de Comunicaciones Tipo Máquina, MTC, MPDCCH, para monitorizar;
- el dispositivo inalámbrico que se caracteriza por que las instrucciones se adaptan además, cuando se ejecutan en dicho uno o más procesadores, para hacer que el dispositivo inalámbrico realice:
- 15 para al menos un candidato de la pluralidad de candidatos de transmisión de MPDCCH, determinar si el candidato pertenece a un primer grupo de candidatos o a un segundo grupo de candidatos donde el primer grupo de candidatos comprende un primer subconjunto de un primer espacio de búsqueda y el segundo grupo de candidatos comprende la combinación de un segundo espacio de búsqueda y un segundo subconjunto del primer espacio de búsqueda, donde el segundo subconjunto es el complemento del primer subconjunto y el primer espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda específico de Equipo de Usuario, UE, y el
- 20 segundo espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0;
- si el candidato pertenece al primer grupo de candidatos, intentar decodificar la transmisión de MPDCCH usando un esquema de precodificación basado en Información de Estado de Canal, CSI; y
- si el candidato pertenece al segundo grupo de candidatos, intentar decodificar la transmisión de MPDCCH utilizando un esquema de precodificación predeterminado.
- 25 20. El dispositivo inalámbrico (1600) de la reivindicación 19, en donde las instrucciones se adaptan además, cuando se ejecutan en dicho uno o más procesadores, para hacer que el dispositivo inalámbrico (1600) realice el método de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10.
21. Una estación base (1300) para codificar una transmisión, la estación base (1300) que comprende:
- uno o más procesadores (1304); y
- 30 una memoria (1306) que comprende instrucciones,
- caracterizada por que las instrucciones están adaptadas, cuando se ejecutan en dicho uno o más procesadores, para hacer que la estación base (1300):
- determine si codificar una transmisión de Canal Físico de Control de Enlace Descendente de Comunicaciones Tipo Máquina, MTC, MPDCCH, a un dispositivo inalámbrico utilizando un esquema de precodificación basado en Información de Estado de Canal, CSI, o un esquema de precodificación predeterminado;
- 35 si se usa el esquema de precodificación basado en CSI, elija un candidato para la transmisión de un primer grupo de candidatos donde el primer grupo de candidatos comprende un primer subconjunto de un primer espacio de búsqueda y el primer espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda específico de UE;
- si se usa el esquema de precodificación predeterminado, elija un candidato para la transmisión de un segundo grupo de candidatos donde el segundo grupo de candidatos comprende la combinación de un segundo espacio de búsqueda y un segundo subconjunto del primer espacio de búsqueda, donde el segundo subconjunto es el complemento del primer subconjunto y el segundo espacio de búsqueda comprende un espacio de búsqueda común de MPDCCH de Tipo 0.
- 40 22. La estación base (1300) de la reivindicación 21, en donde las instrucciones se adaptan además, cuando se ejecutan en dicho uno o más procesadores, para hacer que la estación base (1300) realice el método de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 18.
- 45

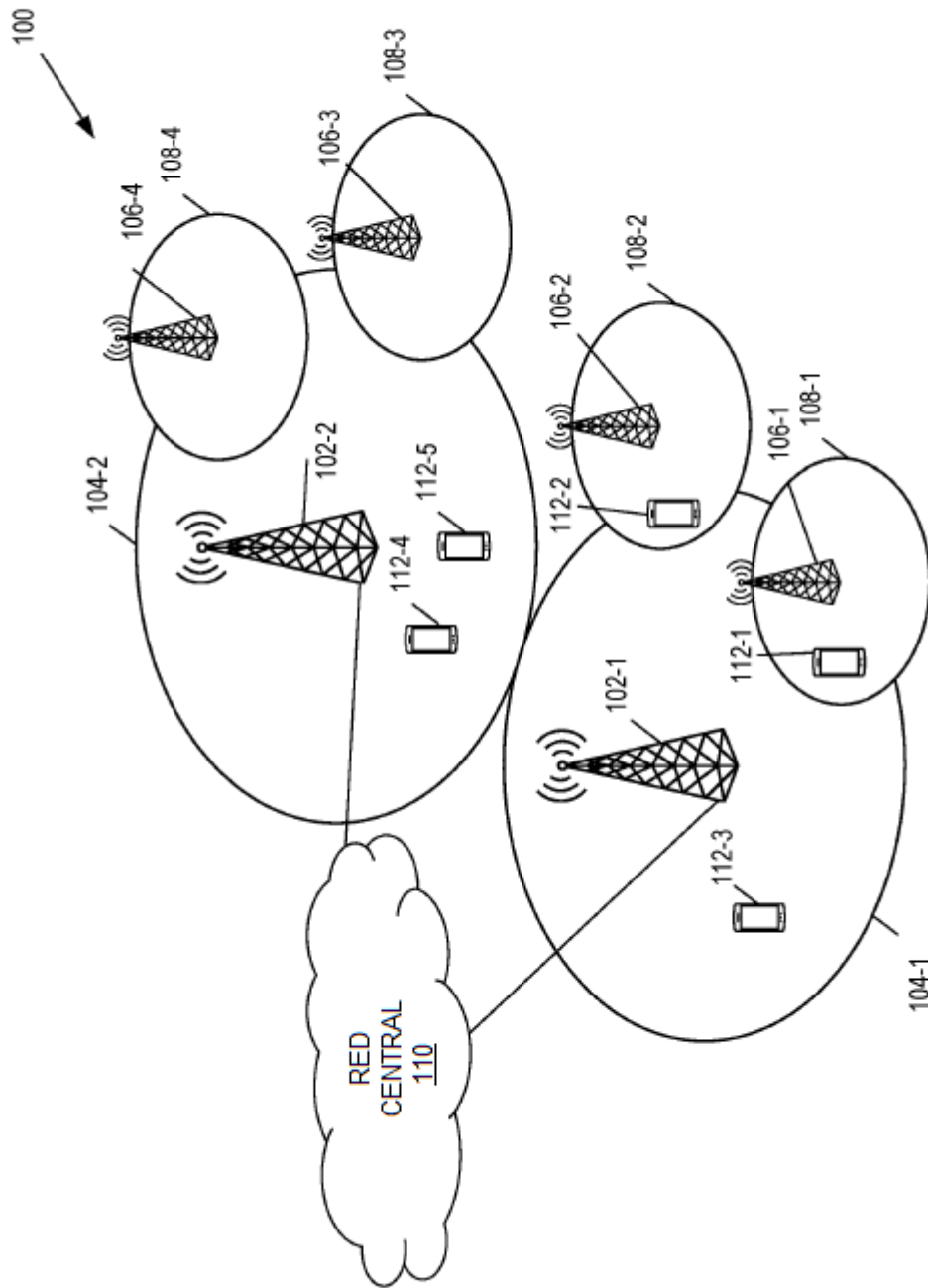


FIG. 1

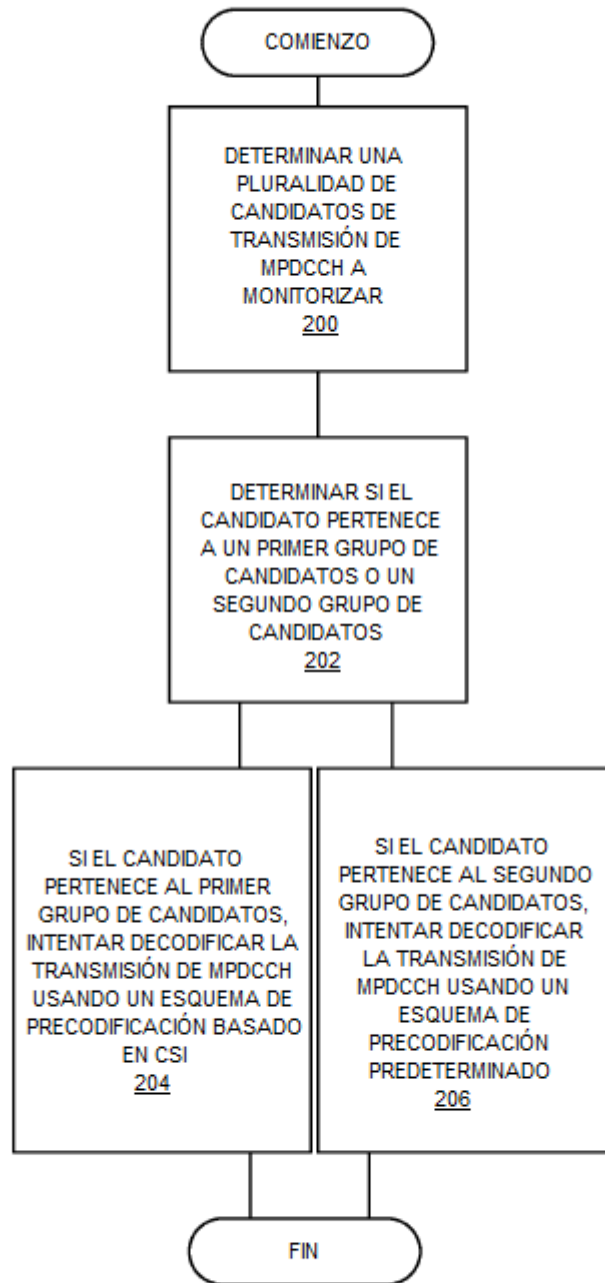


FIG. 2

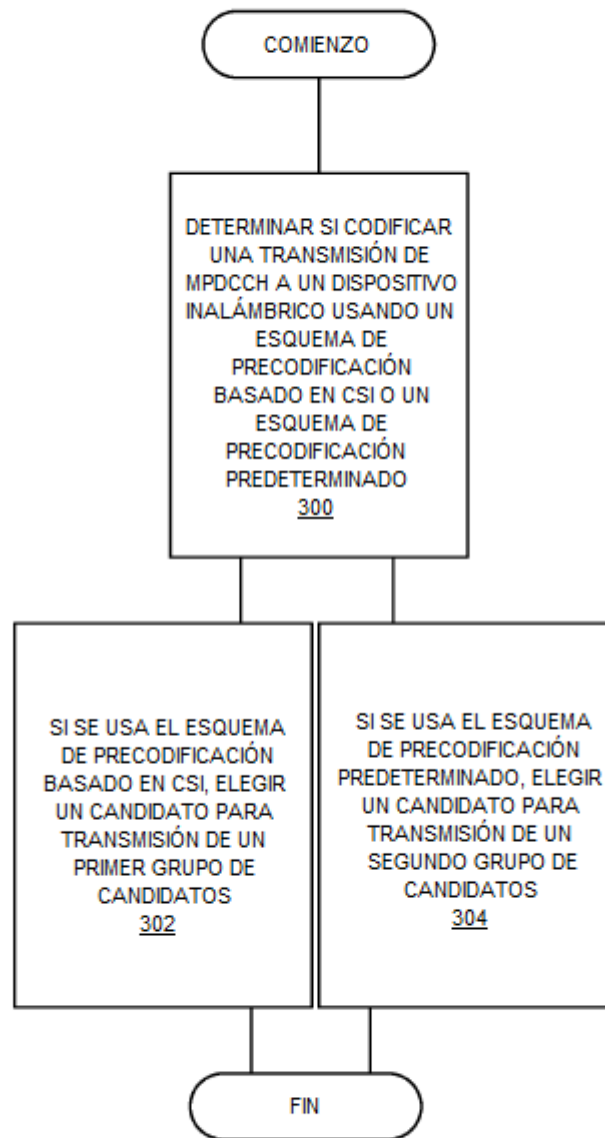


FIG. 3

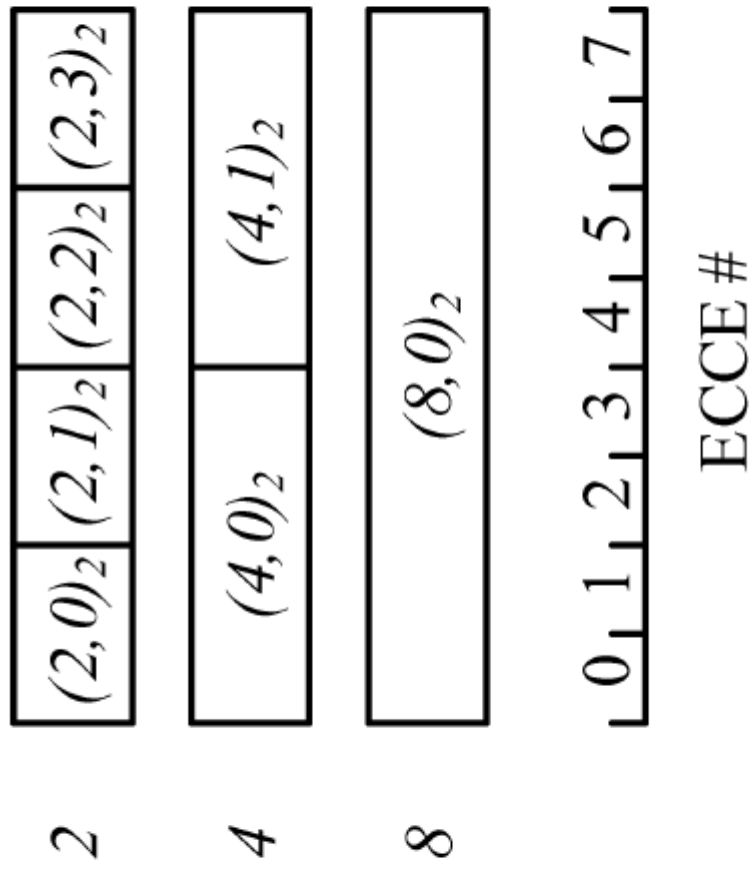


FIG. 4

EJEMPLO DE CANDIDATOS DE ESPACIO DE BÚSQUEDA ESPECÍFICO DE UE
PARA MONITORIZAR MPDCCH CON REPETICIONES EN 2 PRBS

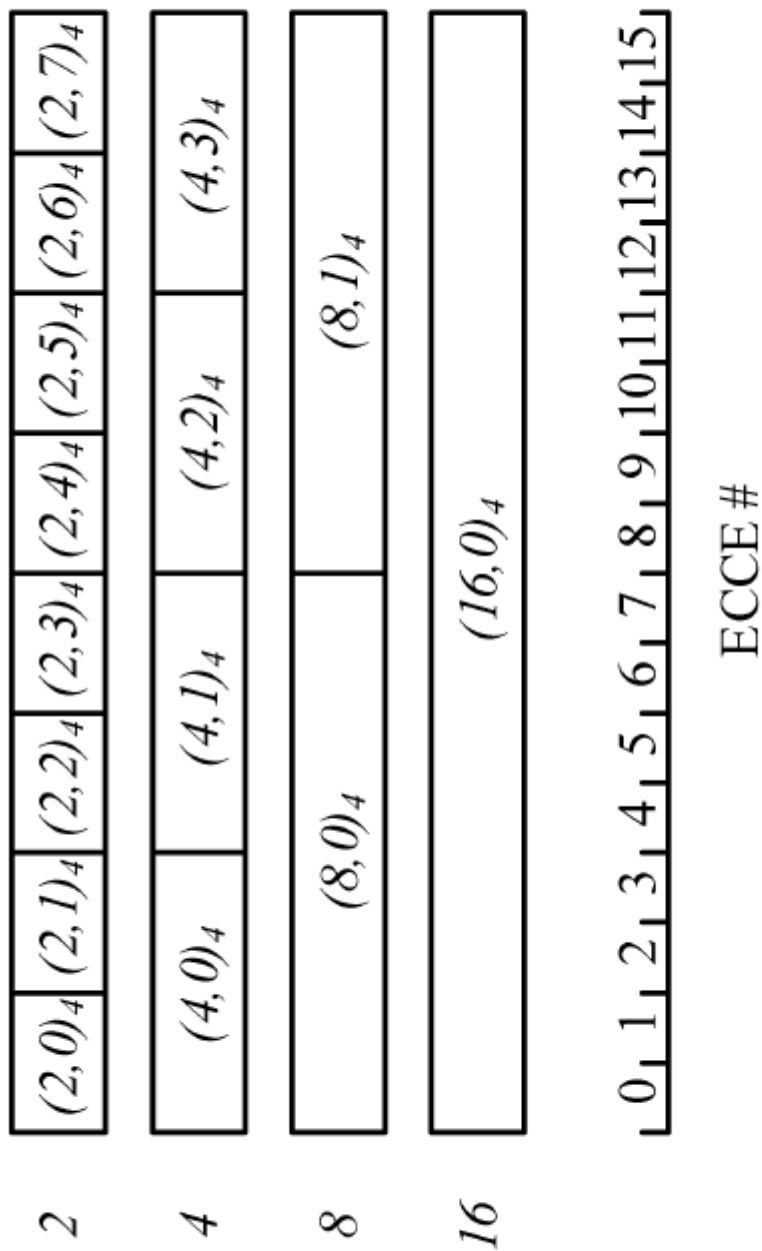


FIG. 5

EJEMPLO DE CANDIDATOS DE ESPACIO DE BÚSQUEDA ESPECÍFICO DE UE
PARA MONITORIZAR MPDCCH CON REPETICIONES EN 4 PRBS

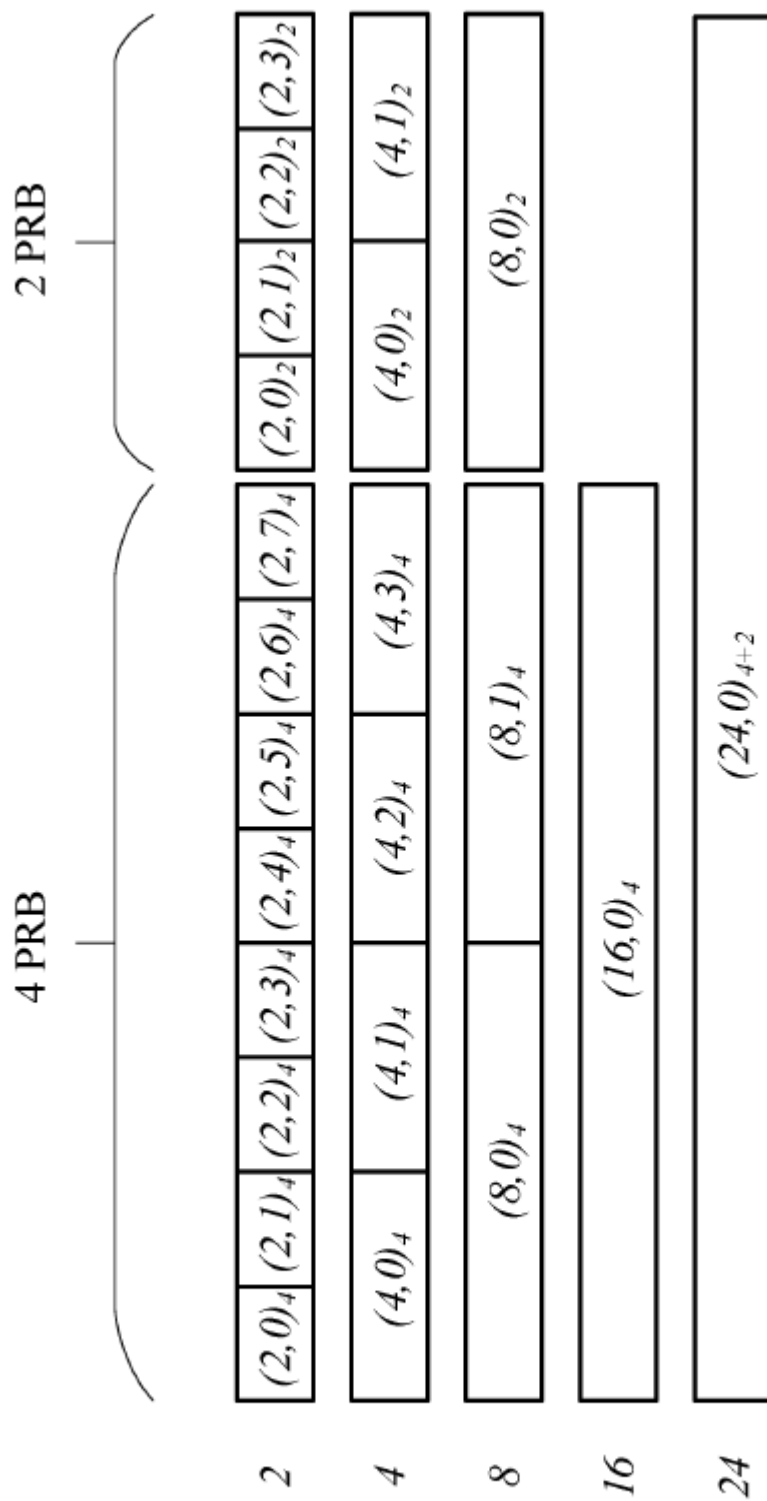


FIG. 6

EJEMPLO DE CANDIDATOS DE ESPACIO DE BÚSQUDA ESPECÍFICO DE UE
PARA MONITORIZAR MPDCCH CON REPETICIONES EN 6 (4+2) PRBS

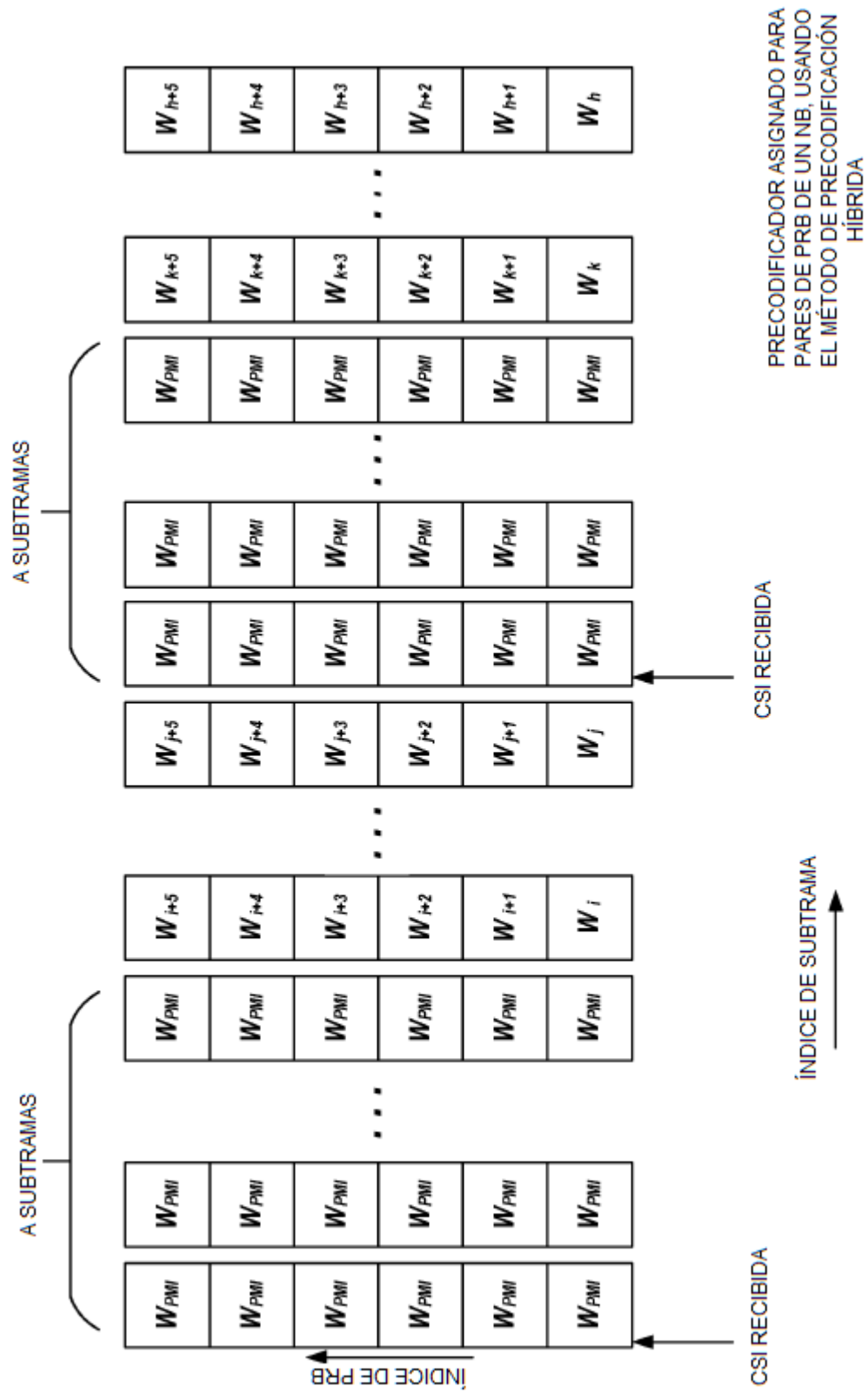
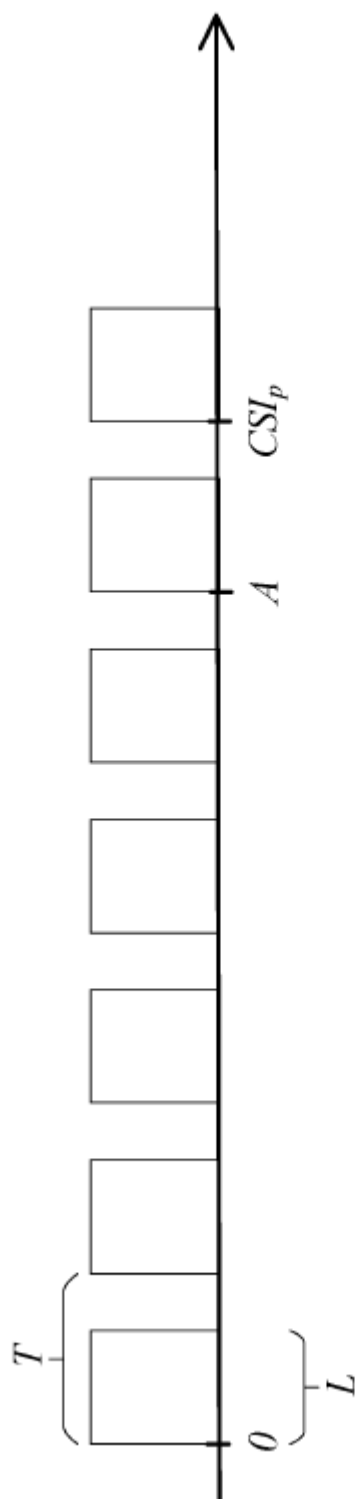
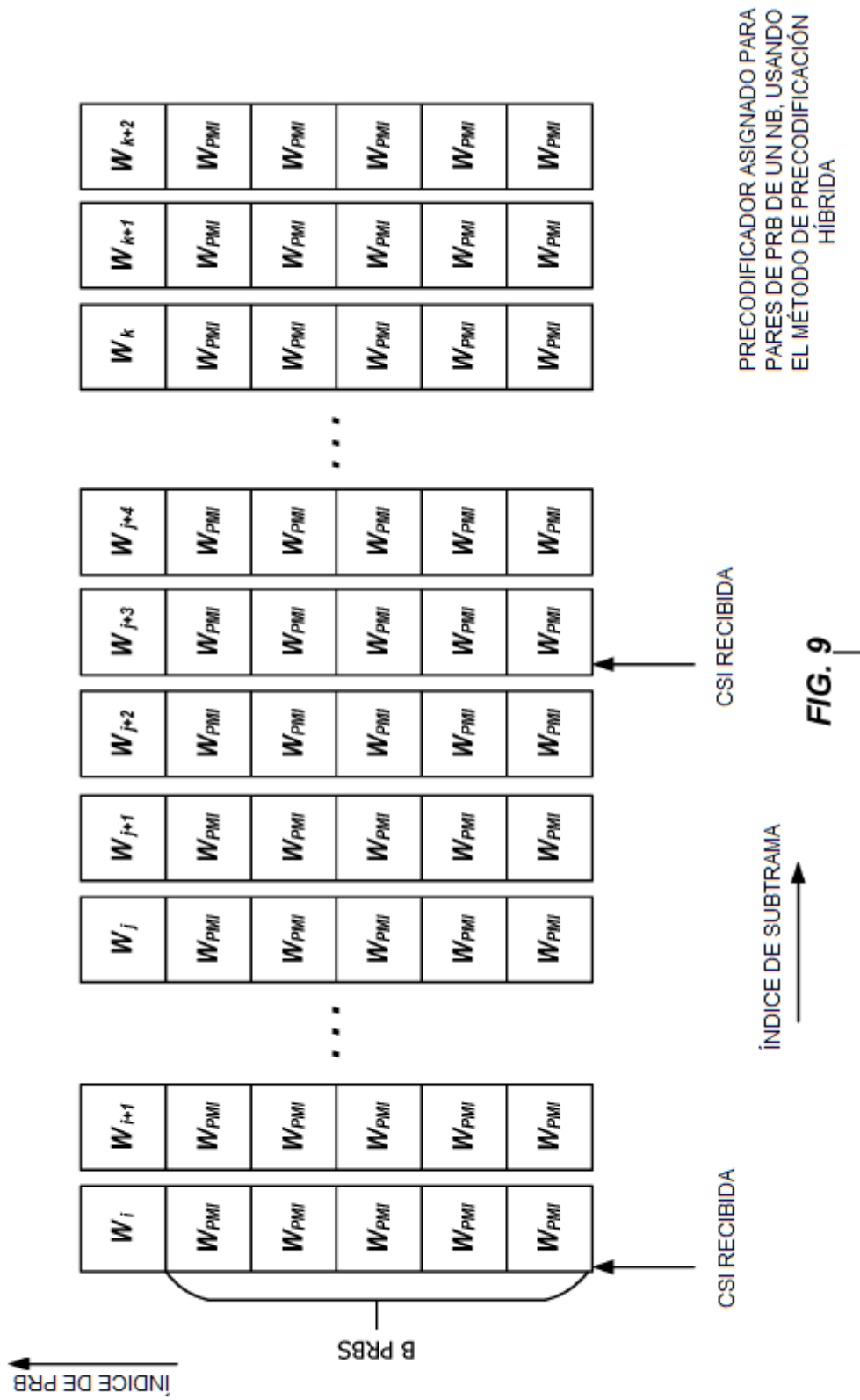


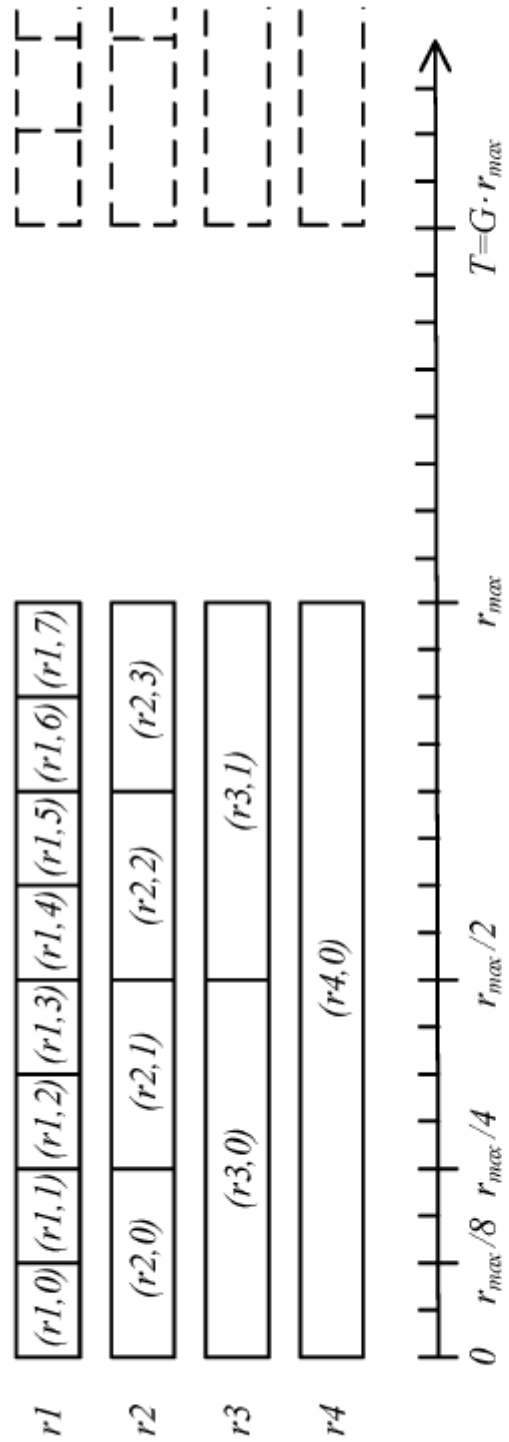
FIG. 7



EJEMPLO DE OCASIONES DE TRANSMISIÓN DE MPDCCH

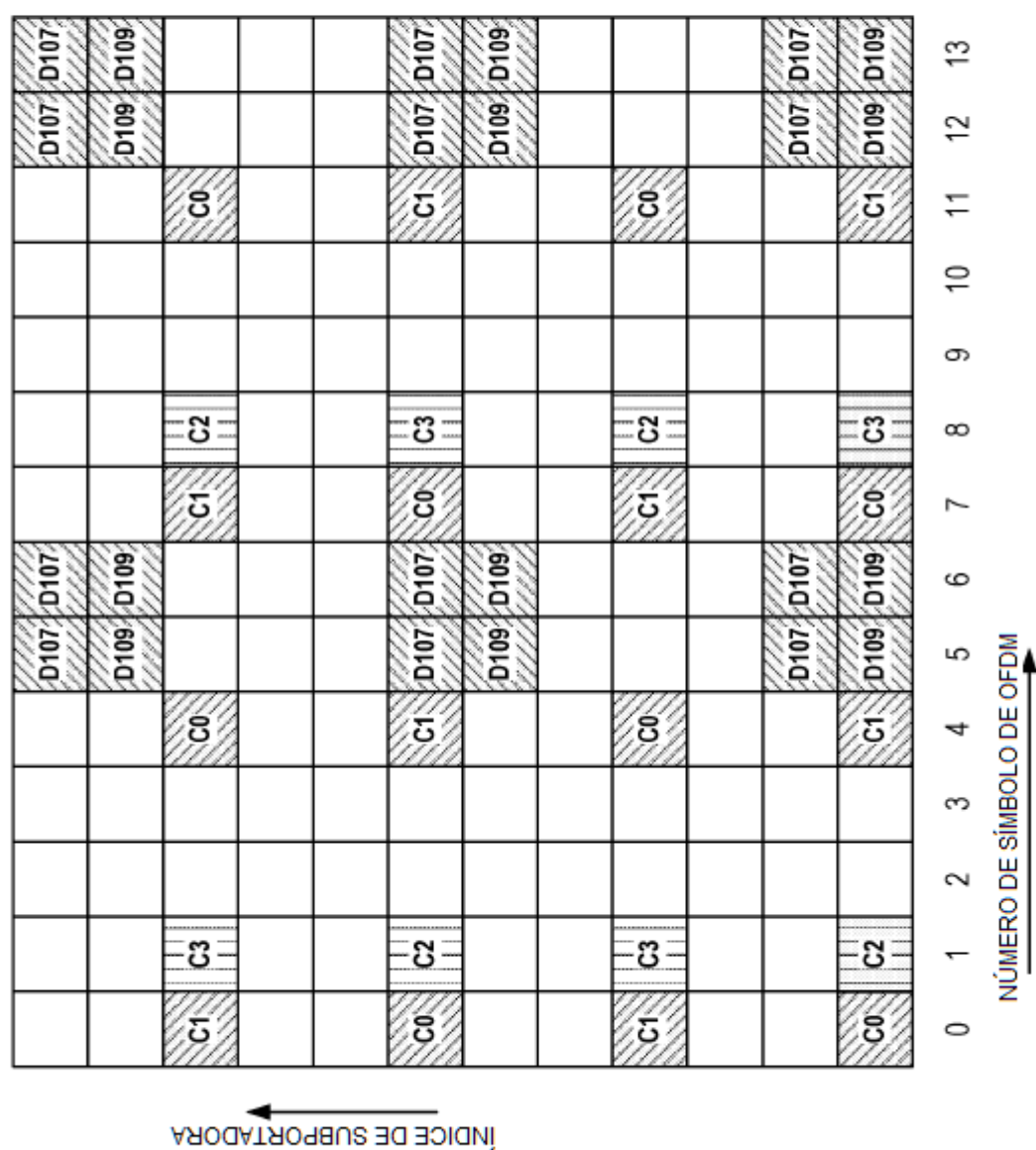
FIG. 8

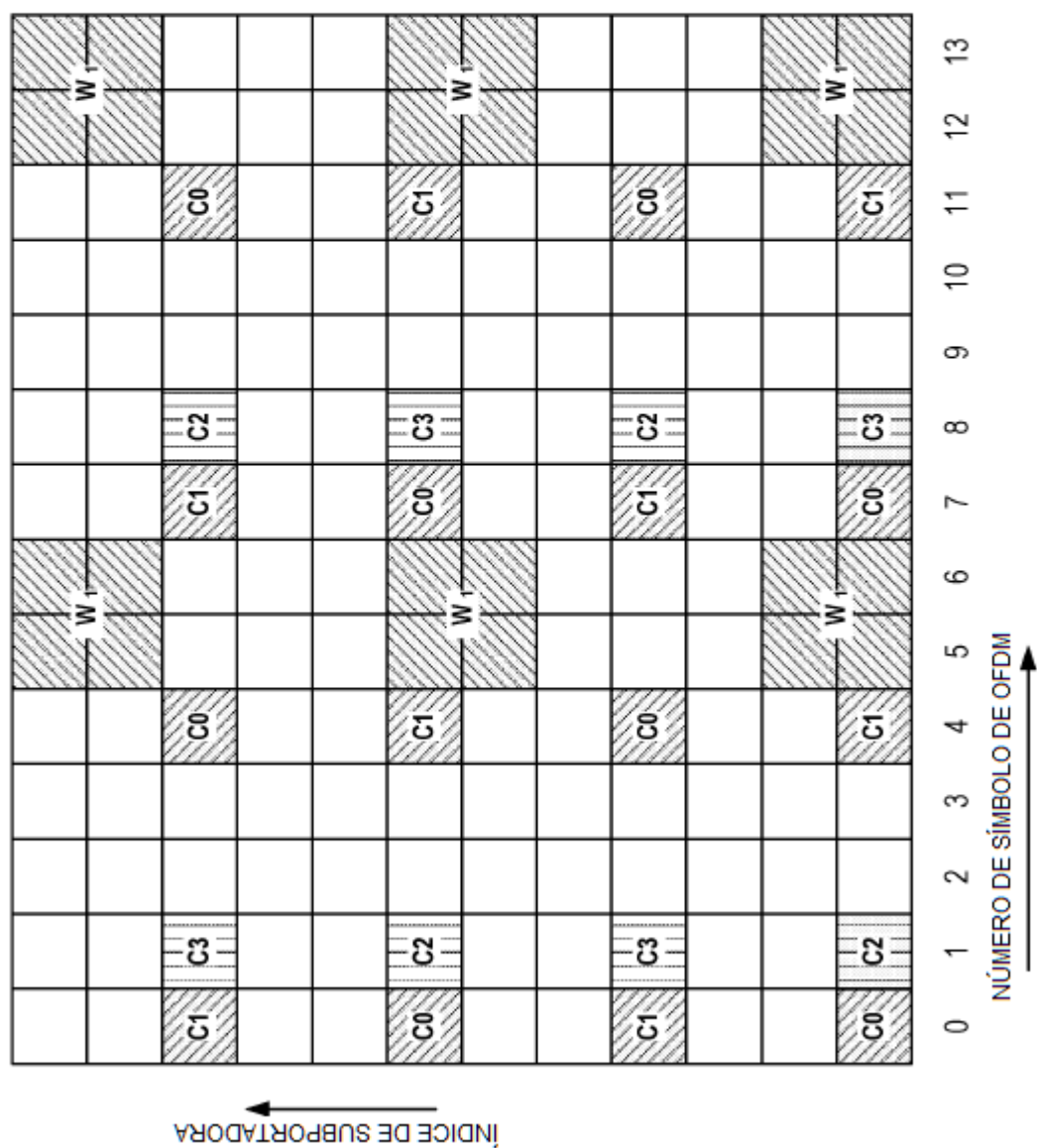




TRANSMISIÓN DE MPDCCH CON DIFERENTES FACTORES DE REPETICIÓN

FIG. 10





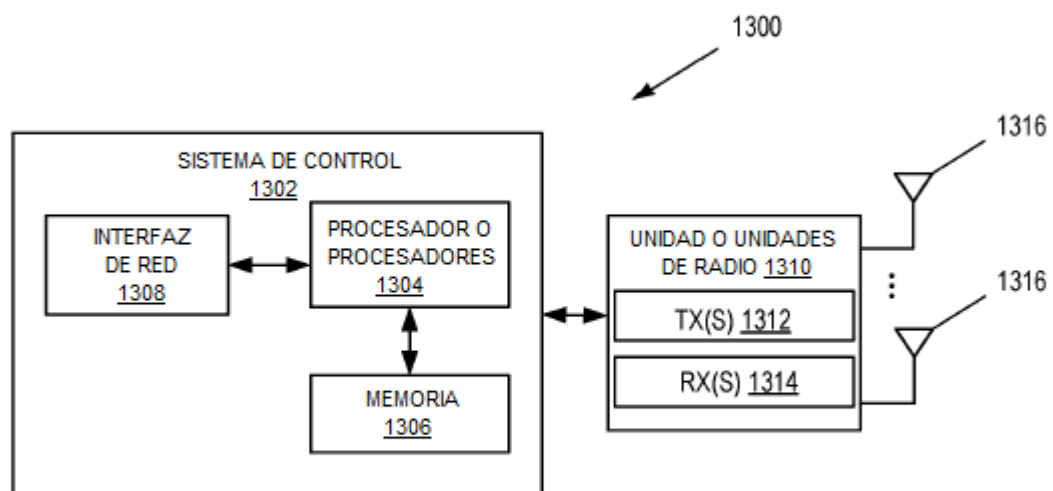


FIG. 13

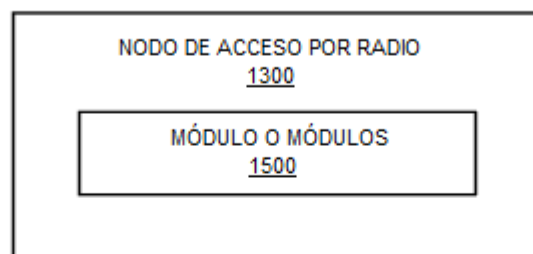
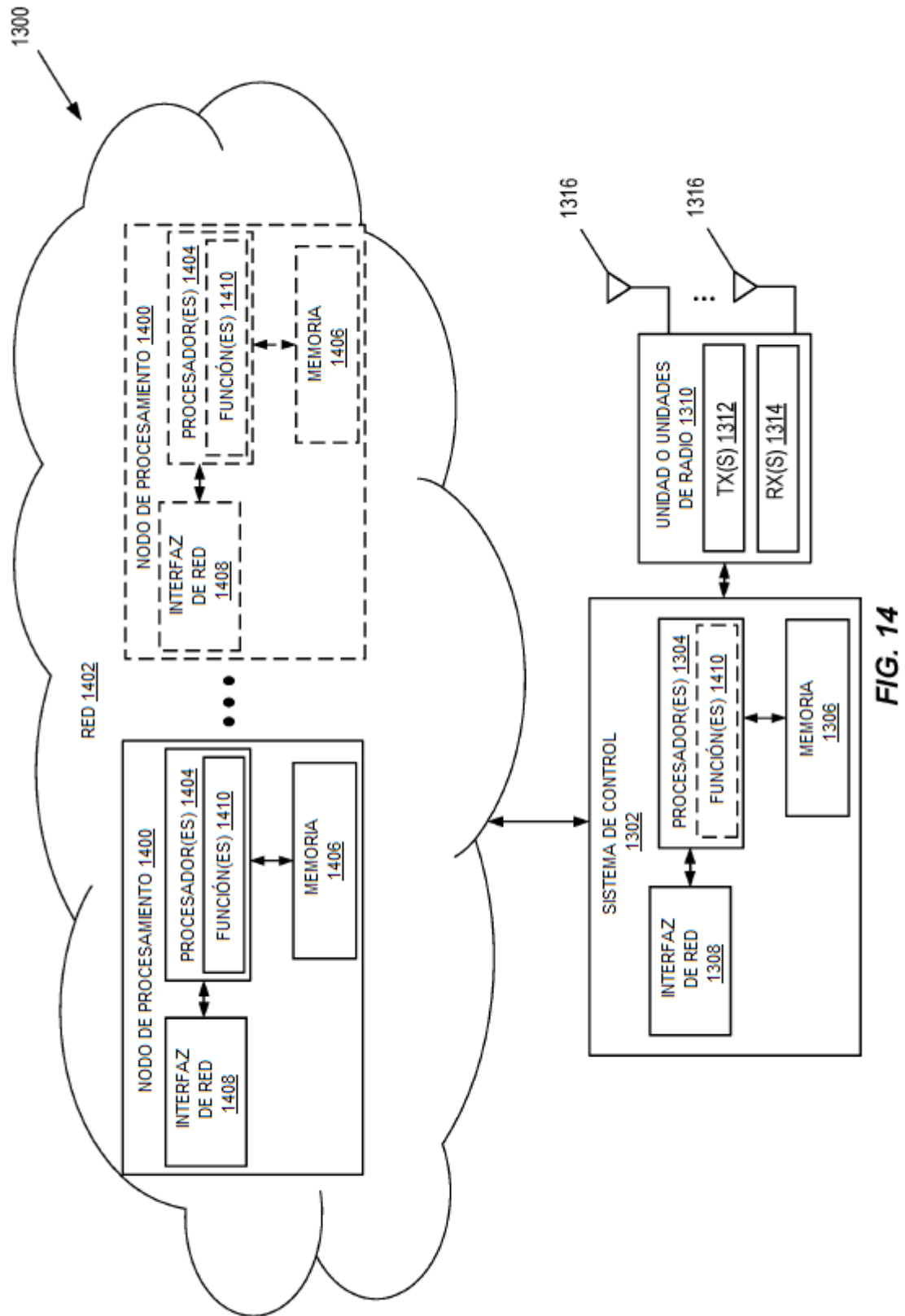


FIG. 15



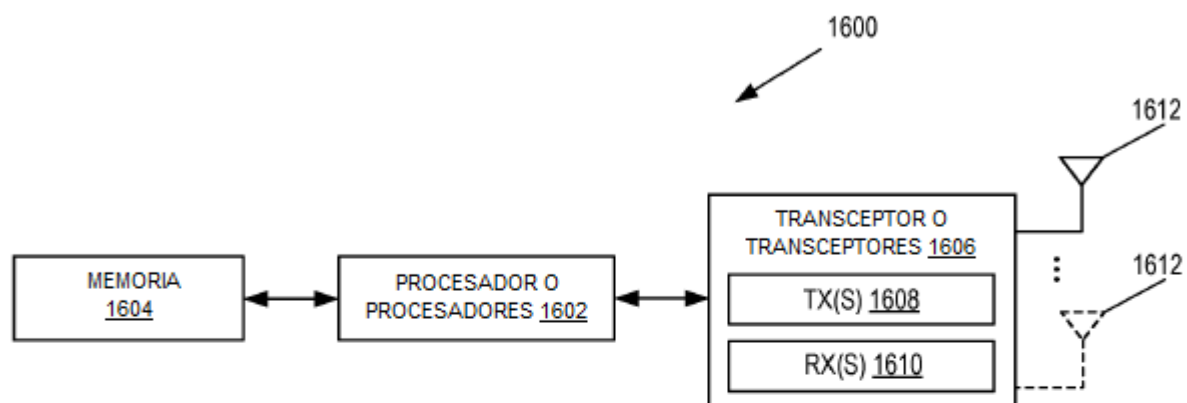


FIG. 16

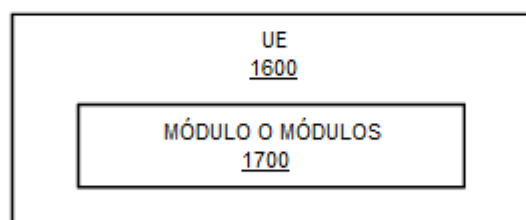


FIG. 17

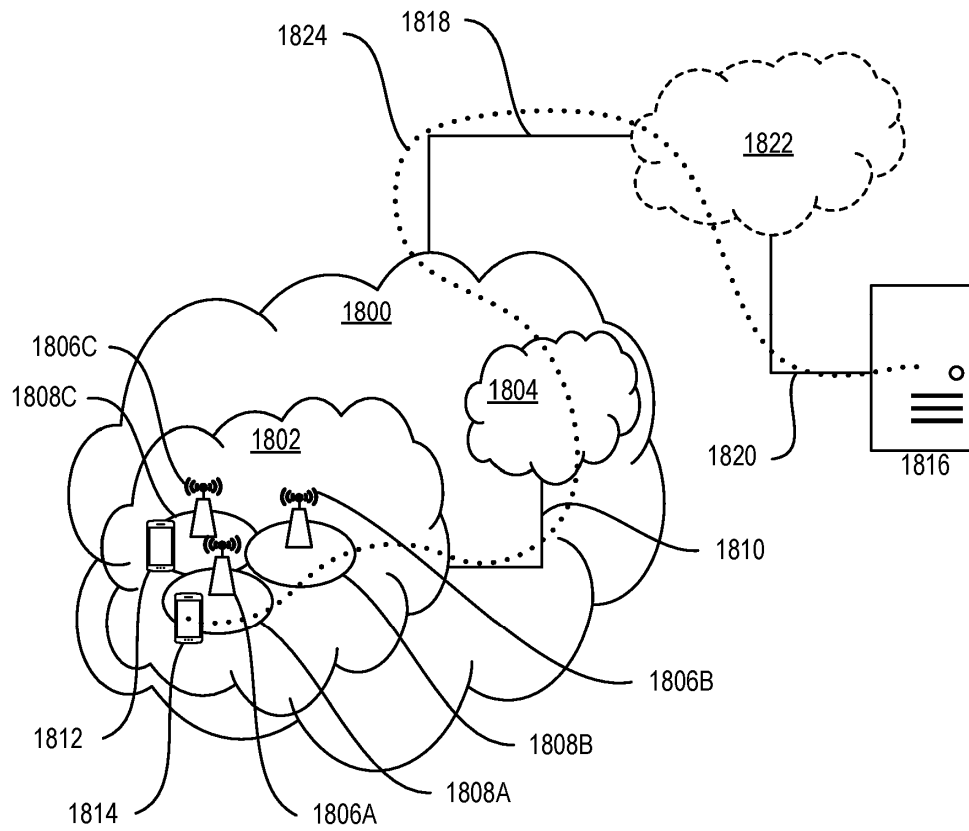


FIG. 18

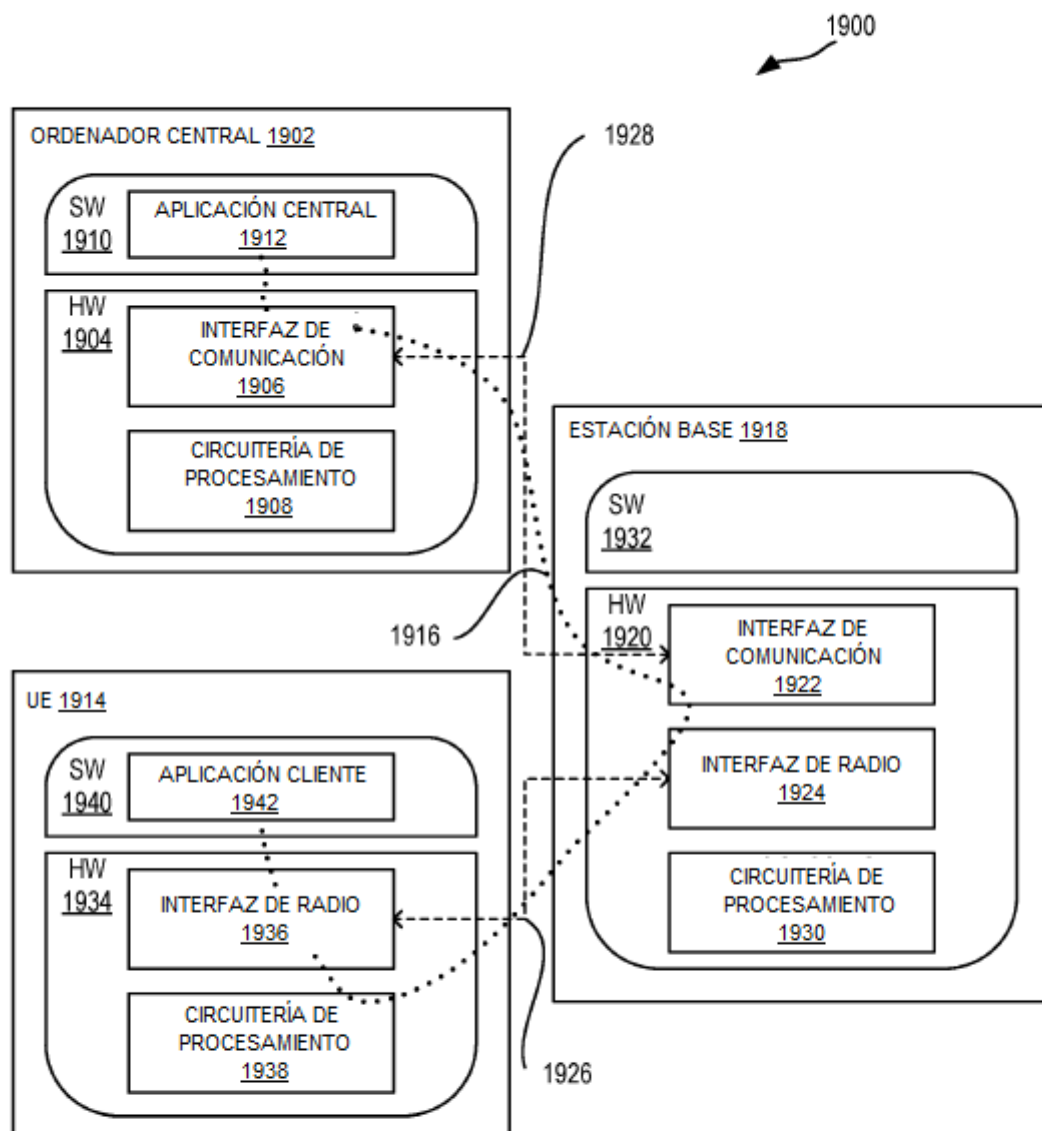


FIG. 19

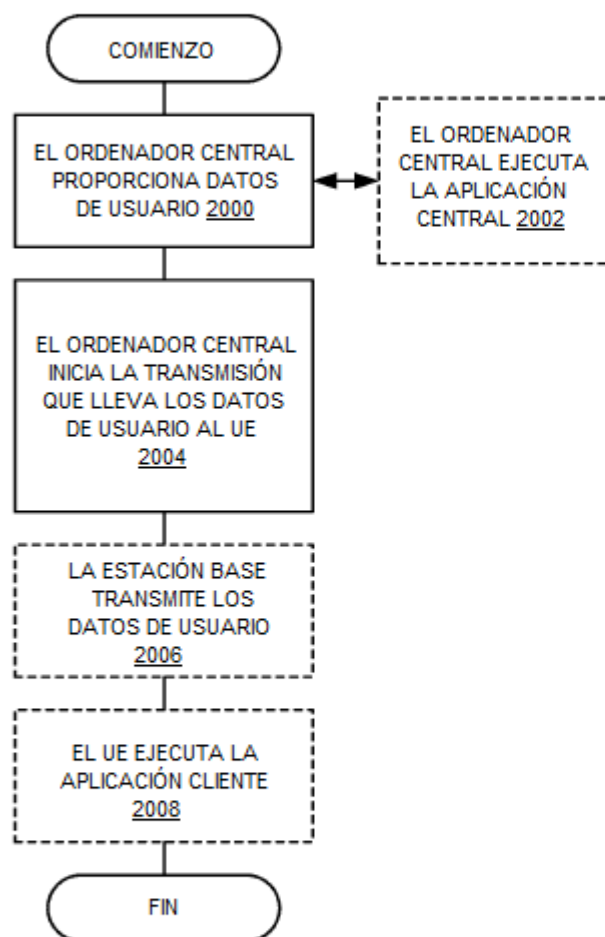


FIG. 20

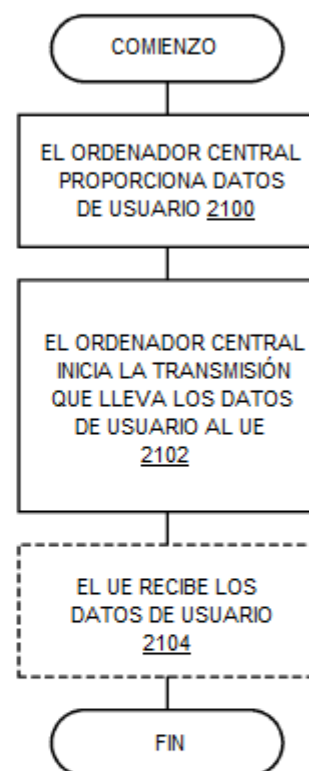


FIG. 21

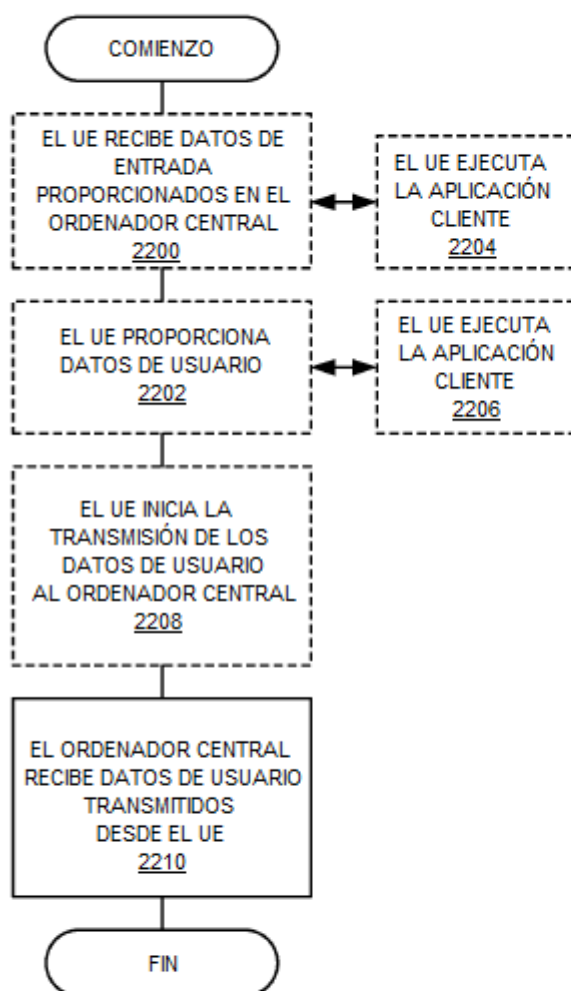


FIG. 22

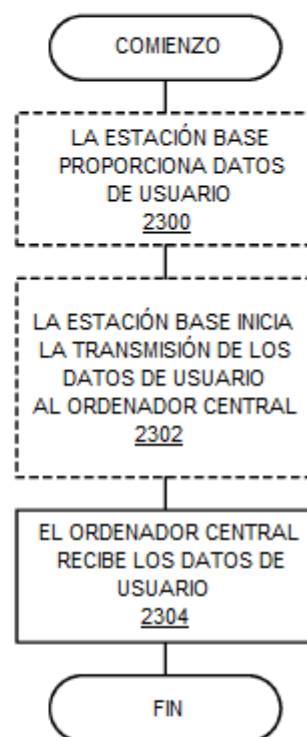


FIG. 23