

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 865 824**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

H04W 72/04 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.09.2017** **PCT/IB2017/056042**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2018** **WO18060969**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2017** **E 17794063 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.03.2021** **EP 3520306**

54 Título: **Secuencias DMRS de enlace ascendente eficientes en potencia y recursos para IFDMA**

30 Prioridad:

30.09.2016 US 201662402215 P

04.11.2016 US 201662417969 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.10.2021

73 Titular/es:

TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)

164 83 Stockholm, SE

72 Inventor/es:

GAO, SHIWEI;
HARRISON, ROBERT MARK;
LINDBOM, LARS;
MUNIER, FLORENT y
MURUGANATHAN, SIVA

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 865 824 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

Secuencias DMRS de enlace ascendente eficientes en potencia y recursos para IFDMA

5 CAMPO TÉCNICO

Esta descripción se relaciona con las comunicaciones inalámbricas, y en concreto con un método y dispositivo inalámbrico para usar una secuencia de señales de referencia con un nivel de potencia predeterminado.

ANTECEDENTES

10 En los sistemas de Evolución a Largo Plazo (LTE) 3GPP, las transmisiones de datos en tanto el enlace descendente, es decir, desde un nodo de red o estación base tal como un eNodeB (eNB) a un dispositivo inalámbrico tal como un Equipo de Usuario (UE) y como el enlace ascendente, es decir, desde un dispositivo inalámbrico o UE a un nodo de red o estación base o eNB, se organizan en tramas de 10 ms, cada trama de radio consistente en diez subtramas de igual tamaño de longitud $T_{\text{subtrama}} = 1$ ms, tal como se muestra en la FIGURA 1.

15 LTE usa Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM) en el enlace descendente y OFDM de Portadora Única (SC-OFDM) en el enlace ascendente. El recurso físico de enlace descendente LTE básico puede ser visto por tanto como una cuadrícula tiempo-frecuencia tal como se ilustra en la FIGURA 2 donde cada elemento de recurso corresponde a una subportadora OFDM durante un intervalo de símbolo OFDM.

20 Además, la asignación de recursos en LTE se describe normalmente en términos de bloques de recursos (RB), donde un bloque de recursos corresponde a un intervalo (0,5 ms) en el dominio del tiempo y 12 subportadoras contiguas en el dominio de la frecuencia. Los bloques de recursos se numeran en el dominio de la frecuencia, comenzando en 0 desde un extremo del ancho de banda del sistema.

25 De manera similar, se ilustra la cuadrícula de recursos de enlace ascendente LTE en la FIGURA 3, donde N_{RB}^{UL} es el número de RB contenido en el ancho de banda de sistema del enlace ascendente, N_{SC}^{RB} es el número de subportadoras en cada RB, normalmente $N_{SC}^{RB} = 12$, N_{simb}^{UL} es el número de símbolos SC-OFDM en cada intervalo. $N_{simb}^{UL} = 7$ para el prefijo cíclico (CP) normal y $N_{simb}^{UL} = 6$ para el CP extendido. Una subportadora y un símbolo SC-OFDM forman un elemento de recurso (RE) de enlace ascendente.

30 Las transmisiones de datos de enlace descendente desde una estación base a un dispositivo inalámbrico se programan de manera dinámica, es decir, en cada subtrama la estación base transmite información de control sobre que datos del terminal se transmiten y sobre que bloques de recursos los datos se transmiten, en la subtrama de enlace descendente actual. Esta señalización de control se transmite normalmente en los primeros 1, 2, 3 o 4 símbolos OFDM en cada subtrama. En la FIGURA 4 se ilustra un sistema de enlace descendente con 3 símbolos OFDM como control.

40 De manera similar al enlace descendente, las transmisiones de enlace ascendente desde un dispositivo inalámbrico a una estación base se programa también de manera dinámica a través del canal de control de enlace descendente. Cuando un dispositivo inalámbrico recibe una concesión de enlace ascendente en la subtrama n , transmite datos en el enlace ascendente en la subtrama $n+k$, donde $k=4$ para un sistema de Duplexación por División de Frecuencia (FDD) y k varía para los sistemas TDD.

45 En LTE, se soportan un número de canales físicos para las transmisiones de datos. Un canal físico de enlace descendente o de enlace ascendente corresponde a un conjunto de elementos de frecuencia que transportan información que se origina desde capas superiores mientras que una señal física de enlace descendente o de enlace ascendente es usada por la capa física pero no transporta información que se origina desde capas superiores. Algunos de los canales y señales físicas de enlace descendente y soportados en LTE son:

- 50
- Canal Compartido de Enlace Descendente Físico (PDSCH)
 - Canal de Control de Enlace Descendente Físico (PDCCH)
 - Canal de Control de Enlace Descendente Físico Mejorado (EPDCCH)
 - Señales de referencia:
- 55
- Señales de Referencia Específicas de Celda (CRS)
 - Señal de Referencia de Demodulación para PDSCH
 - Señales de Referencia de Información de Estado de Canal (CSI-RS)

60 PDSCH se usa principalmente para transportar datos de tráfico de usuario y mensajes de capa superior en el enlace descendente y se transmite en una subtrama de enlace descendente (DL) fuera de la región de control tal como se muestra en la FIGURA 4. Tanto PDCCH como EPDCCH se usan para transportar Información de Control de Enlace Descendente (DCI) tal como la asignación PRB, el esquema de nivel de modulación y codificación (MCS), el precodificador usado en el transmisor, etc. El PDCCH se transmite en el primer al cuarto símbolos OFDM en una

subtrama de enlace descendente (DL), es decir, la región de control, mientras que el EPDCCH se transmite en la misma región que el PDSCH.

Algunos de los canales y señales físicas de enlace ascendente soportadas en LTE son:

- Canal Compartido de Enlace Ascendente Físico (PUSCH)
- Canal de Control de Enlace Ascendente Físico (PUCCH)
- Señal de Referencia de Demodulación (DMRS) para el PUSCH
- Señal de Referencia de Demodulación (DMRS) para el PUCCH

El PUSCH se usa para transportar datos de enlace ascendente desde el dispositivo inalámbrico a la estación base. El PUCCH se usa para transportar información de control de enlace ascendente desde el dispositivo inalámbrico a la estación base

Técnicas de multiantena en el enlace ascendente

Las técnicas de multiantena pueden aumentar de manera significativa las tasas de datos y fiabilidad del sistema de comunicación inalámbrico. El rendimiento se mejora en concreto si tanto el transmisor como el receptor se equipan con antenas múltiples, lo que resulta en un canal de comunicación de múltiples entradas múltiples salidas (MIMO). Dichos sistemas y/o técnicas relacionadas son referidas comúnmente como MIMO.

Un componente central en LTE es el soporte de los despliegues de antenas MIMO y las técnicas relacionadas con MIMO. Actualmente, se soporta el modo de multiplexación espacial de enlace ascendente para 2 y 4 puertos de antena transmisores (Tx) en LTE. El modo de multiplexación espacial está destinado a altas tasas de datos en condiciones de canal favorables. En la FIGURA 5 se proporciona una ilustración de la operación de multiplexación espacial.

Tal como se ve en la FIGURA 5, el vector $s = [s_1, s_2, \dots, s_T]$ de símbolos que transporta la información a ser transmitida en un RE concreto es multiplexada primero mediante una matriz W de precodificación $N_T \times r$, que sirve para distribuir los símbolos a N_T puertos de antena. La matriz de precodificación se selecciona a partir de un libro de códigos de posibles matrices de precodificación, y es indicada normalmente por medio de un Indicador de Matriz de Precodificación Transmitido (TPMI) que especifica una matriz de precodificación única en el libro de códigos para un número dado de antenas de transmisión, N , y un número de capas MIMO, r . r es referido también como rango de transmisión. El número de capas MIMO es determinado mediante el canal subyacente. Cada uno de los r símbolos en s se asocia con una capa MIMO. De esta manera se consigue la multiplexación espacial ya que se pueden transmitir múltiples símbolos de manera simultánea sobre el mismo elemento de recurso (RE) de tiempo/frecuencia.

DMRS UL para PUSCH

Se usa DMRS para PUSCH para las demodulaciones PUSCH. Más específicamente, la DMRS es usada por el nodo de red o estación base (tal como un eNB) para la estimación de canal de enlace ascendente en los bloques de recursos (RB) programados para el PUSCH asociado. La Señal de Referencia de Demodulación (DMRS) se multiplexa en el tiempo con el PUSCH asociado y ocupa los mismo RB que el PUSCH. La DMRS se transmite sobre los RE del 3er símbolo SC-OFDM de cada intervalo de una subtrama tal como se muestra en la FIGURA 6, donde sólo se muestra un RB. Se puede ver que la DMRS ocupa todas las subportadoras en el 3er símbolo de cada intervalo.

La descripción no patente de Nokia et al: "UL DMRS Base Sequences with IFDMA", borrador 3GPP, R1-167087, vol. RAN WG1, 21 de agosto de 2016, XP051125694, propone algún diseño para las secuencias de base DMRS de UL que son necesarias para la mejora de la DMRS de UL con IFDMA RFP 2.

La descripción no patente de Huawei et al: "Uplink DMRS enhancement to Support more orthogonal partial overlapped ports", borrador 3GPP, R1.166141, vol. RAN WG1, 21 de agosto de 2016, XP051125236, discute IFDMA con OCC2 y nuevo diseño de secuencia DMRS, propone IFDMA para la mejora de la DMRS UL, y discute los impactos de la especificación de la DMRS IFDMA.

La descripción no patente de Nokia et al: "Control Signaling for UL DMRS with IFDMA", borrador 3GPP, R1-166341, vol. RAN WG1, 21 de agosto de 2016, XP051125342, propone diversos esquemas candidatos para incluir IFDMA en el mensaje de señalización de control de enlace descendente dinámico (DCI).

COMPENDIO

Según los aspectos de la presente descripción, se proporciona un método en un nodo de red, un método en un dispositivo inalámbrico, un nodo de red, y un dispositivo inalámbrico según las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas se recitan en las reivindicaciones dependientes. En lo siguiente, aspectos y realizaciones que no caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas se han de interpretar como ejemplo útiles para entender la presente descripción.

Algunas realizaciones proporcionan de manera ventajosa un método, dispositivo inalámbrico, y nodo de red para usar una secuencia de señales de referencia con un nivel de potencia predeterminado.

Según un aspecto de la descripción, se proporciona un método en un nodo de red para recibir señales de referencia de demodulación (DMRS) sobre uno, tres o cinco bloques de recursos (RB) con Acceso Múltiple por División de Frecuencias Entrelazadas (IFDMA) en una red inalámbrica en donde se despliega Acceso Múltiple por División de Frecuencias de Portadora Única (SC-OFDMA) en un enlace ascendente. Se señala una indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS al dispositivo inalámbrico. Una señal de referencia de demodulación es recibida por el nodo de red inalámbrico desde el dispositivo inalámbrico. La indicación de usar IFDMA para la transmisión DMRS se usa en la recepción. Una secuencia de señales de referencia de demodulación se deriva a partir de un conjunto de secuencias de base. La estimación de canal se realiza en base a la señal de referencia de demodulación recibida, en base a la secuencia de señales de referencia de demodulación derivada y en base a la indicación de usar IFDMA para la transmisión DMRS.

Según este aspecto, el conjunto de treinta secuencias de base está dado por:

$$\bar{r}_{u,v}(n) = e^{j\varphi(n)\pi/4}, \quad 0 \leq n \leq M_{sc}^{RS} - 1, M_{sc}^{RS} \in \{6, 18, 30\}; v = 0, u = 0, 1, \dots, 29.$$

Según este aspecto, $\varphi(n)$ está dada en las tablas siguientes:

$\varphi(n)$ para $M_{sc}^{RS} = 6$

u	$\varphi(0), \varphi(1), \dots, \varphi(5)$					
0	-1	-3	3	-3	3	-3
1	-1	3	-1	1	1	1
2	3	-1	-3	-3	1	3
3	3	-1	-1	1	-1	-1
4	-1	-1	-3	1	-3	-1
5	1	3	-3	-1	-3	3
6	-3	3	-1	-1	1	-3
7	-1	-3	-3	1	3	3
8	3	-1	-1	3	1	3
9	3	-3	3	1	-1	1
10	-3	1	-3	-3	-3	-3
11	-3	-3	-3	1	-3	-3
12	3	-3	1	-1	-3	-3
13	3	-3	3	-1	-1	-3
14	3	-1	1	3	3	1
15	-1	1	-1	-3	1	1
16	-3	-1	-3	-1	3	3
17	1	-1	3	-3	3	3
18	1	3	1	1	-3	3
19	-1	-3	-1	-1	3	-3
20	3	-1	-3	-1	-1	-3
21	3	1	3	-3	-3	1
22	1	3	-1	-1	1	-1
23	-3	1	-3	3	3	3
24	1	3	-3	3	-3	3
25	-1	-1	1	-3	1	-1
26	1	-3	-1	-1	3	1
27	-3	-1	-1	3	1	1
28	-1	3	-3	-3	-3	3
29	3	1	-1	1	3	1

Según un aspecto de la descripción, se proporciona un método en un dispositivo inalámbrico para transmitir señales de referencia de demodulación (DMRS) sobre uno, tres o cinco bloques de recursos (RB) con Acceso Múltiple por División de Frecuencias Entrelazadas (IFDMA) en una red inalámbrica en donde se despliega Acceso Múltiple por División de Frecuencias de Portadora Única (SC-OFDMA) en un enlace ascendente. Se recibe una indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS desde el nodo de red. Se determina un conjunto de secuencias de base. El conjunto de secuencias de base incluye treinta secuencias de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura, QPSK, de longitud 6, 18 o 30. Se deriva una secuencia de señales de referencia de demodulación a partir del conjunto de secuencias de base. La secuencia de señales de referencia de demodulación se multiplexa en el tiempo en los símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales de portadora única, SC-OFDM. La señal multiplexada es transmitida por un dispositivo inalámbrico al nodo de red inalámbrico.

Según este aspecto, el conjunto de treinta secuencias de base está dado por:
 $\bar{r}_{u,v}(n) = e^{j\varphi(n)\pi/4}$, $0 \leq n \leq M_{sc}^{RS} - 1, M_{sc}^{RS} \in \{6, 18, 30\}; v = 0, u = 0, 1, \dots, 29$.

5 Según este aspecto, $\varphi(n)$ está dada en las tablas siguientes:

$\varphi(n)$ para $M_{sc}^{RS} = 6$

10

u	$\varphi(0), \varphi(1), \dots, \varphi(5)$					
0	-1	-3	3	-3	3	-3
1	-1	3	-1	1	1	1
2	3	-1	-3	-3	1	3
3	3	-1	-1	1	-1	-1
4	-1	-1	-3	1	-3	-1
5	1	3	-3	-1	-3	3
6	-3	3	-1	-1	1	-3
7	-1	-3	-3	1	3	3
8	3	-1	-1	3	1	3
9	3	-3	3	1	-1	1
10	-3	1	-3	-3	-3	-3
11	-3	-3	-3	1	-3	-3
12	3	-3	1	-1	-3	-3
13	3	-3	3	-1	-1	-3
14	3	-1	1	3	3	1
15	-1	1	-1	-3	1	1
16	-3	-1	-3	-1	3	3
17	1	-1	3	-3	3	3
18	1	3	1	1	-3	3
19	-1	-3	-1	-1	3	-3
20	3	-1	-3	-1	-1	-3
21	3	1	3	-3	-3	1
22	1	3	-1	-1	1	-1
23	-3	1	-3	3	3	3
24	1	3	-3	3	-3	3
25	-1	-1	1	-3	1	-1
26	1	-3	-1	-1	3	1
27	-3	-1	-1	3	1	1
28	-1	3	-3	-3	-3	3
29	3	1	-1	1	3	1

Según una realización de este aspecto, la derivación de la secuencia de señales de referencia de demodulación a partir del conjunto de secuencias de base que incluye diezmar el conjunto de secuencia de base comprende aplicar un desplazamiento cíclico a las secuencias de base y un código de cobertura ortogonal.

15

Según otro aspecto de la descripción, se proporciona un nodo de red para recibir las señales de referencia de demodulación (DMRS) sobre uno, tres o cinco bloques de recursos (RB) con Acceso Múltiple por División de Frecuencias Entrelazadas (IFDMA) en una red inalámbrica en donde se despliega Acceso Múltiple por División de Frecuencias de Portadora Única (SC-OFDMA) en un enlace ascendente. El nodo de red incluye circuito de procesamiento configurado para: señalar, al dispositivo inalámbrico, una indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS; recibir una señal de referencia de demodulación desde el dispositivo inalámbrico, siendo la indicación de usar IFDMA para la transmisión DMRS usada en la recepción; derivar una secuencia de señales de referencia a partir de un conjunto de secuencias de base; y realizar la estimación de canal en base a la señal de demodulación recibida, en base a la secuencia de señales de referencia de demodulación derivada y en base a la indicación de usar IFDMA para la transmisión DMRS.

20

25

Según este aspecto, el conjunto de treinta secuencias de base está dado por:
 $\bar{r}_{u,v}(n) = e^{j\varphi(n)\pi/4}$, $0 \leq n \leq M_{sc}^{RS} - 1, M_{sc}^{RS} \in \{6, 18, 30\}; v = 0, u = 0, 1, \dots, 29$.

30 Según este aspecto, $\varphi(n)$ está dada en las tablas siguientes:

$\varphi(n)$ para $M_{sc}^{RS} = 6$

u	$\varphi(0), \varphi(1), \dots, \varphi(5)$					
0	-1	-3	3	-3	3	-3
1	-1	3	-1	1	1	1
2	3	-1	-3	-3	1	3
3	3	-1	-1	1	-1	-1
4	-1	-1	-3	1	-3	-1
5	1	3	-3	-1	-3	3
6	-3	3	-1	-1	1	-3
7	-1	-3	-3	1	3	3
8	3	-1	-1	3	1	3
9	3	-3	3	1	-1	1
10	-3	1	-3	-3	-3	-3
11	-3	-3	-3	1	-3	-3
12	3	-3	1	-1	-3	-3
13	3	-3	3	-1	-1	-3
14	3	-1	1	3	3	1
15	-1	1	-1	-3	1	1
16	-3	-1	-3	-1	3	3
17	1	-1	3	-3	3	3
18	1	3	1	1	-3	3
19	-1	-3	-1	-1	3	-3
20	3	-1	-3	-1	-1	-3
21	3	1	3	-3	-3	1
22	1	3	-1	-1	1	-1
23	-3	1	-3	3	3	3
24	1	3	-3	3	-3	3
25	-1	-1	1	-3	1	-1
26	1	-3	-1	-1	3	1
27	-3	-1	-1	3	1	1
28	-1	3	-3	-3	-3	3
29	3	1	-1	1	3	1

Según otro aspecto de la descripción, se proporciona un método en un dispositivo inalámbrico para transmitir las señales de referencia de demodulación (DMRS) sobre uno, tres o cinco bloques de recursos (RB) con Acceso Múltiple por División de Frecuencias Entrelazadas (IFDMA) en una red inalámbrica en donde se despliega Acceso Múltiple por División de Frecuencias de Portadora Única (SC-OFDMA) en un enlace ascendente. El dispositivo inalámbrico incluye un circuito de procesamiento configurado para: recibir, desde el nodo de red, una indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS, determinar un conjunto de secuencias de base, comprendiendo el conjunto de secuencias de base treinta secuencias de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura, QPSK, de longitud 6, 18 o 30; derivar una secuencia de señales de referencia de demodulación a partir del conjunto de secuencias de base; multiplexar en el tiempo la secuencia de señales de referencia de demodulación en los símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales de portadora única, SC-OFDM; y transmitir la señal multiplexada al nodo de red inalámbrico.

Según este aspecto, el conjunto de treinta secuencias de base está dado por:

$$\bar{r}_{u,v}(n) = e^{j\varphi(n)\pi/4}, \quad 0 \leq n \leq M_{sc}^{RS} - 1, M_{sc}^{RS} \in \{6, 18, 30\}; v = 0, u = 0, 1, \dots, 29.$$

Según este aspecto, $\varphi(n)$ está dada en las tablas siguientes:

$\varphi(n)$ para $M_{sc}^{RS} = 6$

u	$\varphi(0), \varphi(1), \dots, \varphi(5)$					
0	-1	-3	3	-3	3	-3
1	-1	3	-1	1	1	1
2	3	-1	-3	-3	1	3
3	3	-1	-1	1	-1	-1
4	-1	-1	-3	1	-3	-1
5	1	3	-3	-1	-3	3

6	-3	3	-1	-1	1	-3
7	-1	-3	-3	1	3	3
8	3	-1	-1	3	1	3
9	3	-3	3	1	-1	1
10	-3	1	-3	-3	-3	-3
11	-3	-3	-3	1	-3	-3
12	3	-3	1	-1	-3	-3
13	3	-3	3	-1	-1	-3
14	3	-1	1	3	3	1
15	-1	1	-1	-3	1	1
16	-3	-1	-3	-1	3	3
17	1	-1	3	-3	3	3
18	1	3	1	1	-3	3
19	-1	-3	-1	-1	3	-3
20	3	-1	-3	-1	-1	-3
21	3	1	3	-3	-3	1
22	1	3	-1	-1	1	-1
23	-3	1	-3	3	3	3
24	1	3	-3	3	-3	3
25	-1	-1	1	-3	1	-1
26	1	-3	-1	-1	3	1
27	-3	-1	-1	3	1	1
28	-1	3	-3	-3	-3	3
29	3	1	-1	1	3	1

Según una realización de este aspecto, la derivación de la secuencia de señales de referencia de demodulación a partir del conjunto de secuencias de base que incluye diezmar el conjunto de secuencias de base comprende aplicar un desplazamiento cíclico a las secuencias de base y un código de cobertura ortogonal.

5
BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS
Un entendimiento más completo de las presentes realizaciones, y las ventajas y características que conllevan las mismas, se alcanzará más fácilmente mediante la referencia a la siguiente descripción detalles al considerarla en conjunción con los dibujos adjuntos en donde:

10
La FIGURA 1 ilustra una estructura LTE en el dominio del tiempo;
La FIGURA 2 es una cuadrícula tiempo-frecuencia que ilustra un recurso físico LTE de enlace descendente básico;
La FIGURA 3 ilustra una cuadrícula de recursos LTE de enlace ascendente;
15
La FIGURA 4 ilustra una subtrama de enlace descendente con 3 símbolos OFDM como control;
La FIGURA 5 ilustra una estructura de transmisión del modo de multiplexación espacial precodificado en LTE;
La FIGURA 6 ilustra la asignación DMRS en un RB de una subtrama;
La FIGURA 7 ilustra la DMRS de enlace ascendente con IFDMA de RPF = 2;
20
La FIGURA 8 ilustra un ejemplo de emparejamiento de dispositivos inalámbricos dinámico;
La FIGURA 9 ilustra un ejemplo de uso de secuencias de base existentes diezadas;
La FIGURA 10 ilustra un emparejamiento de un nuevo dispositivo inalámbrico con IFDMA con dos dispositivos inalámbricos antiguos.
La FIGURA 11 ilustra un dispositivo inalámbrico ejemplar para determinar una secuencia de señales de referencia con una relación de potencia pico a promedio reducida construida de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;
25
La FIGURA 12 ilustra una realización alternativa de un dispositivo inalámbrico para determinar las señales de referencia que ocupan un número diferente de subportadoras de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;
La FIGURA 13 ilustra un dispositivo inalámbrico ejemplar para conmutar entre secuencias de señales de referencia construidas de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;
30
La FIGURA 14 ilustra un dispositivo inalámbrico ejemplar para transmitir las señales de referencia de demodulación construidas de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;
La FIGURA 15 ilustra un dispositivo inalámbrico ejemplar para identificar las subportadoras óptimas para los usuarios para mejorar la probabilidad de emparejamiento multiusuario construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;
35
La FIGURA 15 ilustra un nodo de red ejemplar configurado para utilizar una secuencia de señales de referencia recibida desde un dispositivo inalámbrico para la estimación de canal construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;

La FIGURA 17 ilustra aún otro dispositivo inalámbrico ejemplar para determinar una secuencia de señales de referencia con un nivel de potencia reducido construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;

La FIGURA 18 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar en un dispositivo inalámbrico para usar una secuencia de señales de referencia con un nivel de potencia reducido construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;

La FIGURA 19 es un diagrama de flujo de un proceso alternativo en un dispositivo inalámbrico para determinar las señales de referencia que ocupan un número diferente de subportadoras construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;

La FIGURA 20 es un diagrama de flujo de un proceso en un dispositivo inalámbrico para conmutar entre secuencias de señales de referencia construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;

La FIGURA 21 es un diagrama de flujo de un proceso en un dispositivo inalámbrico para transmitir señales de referencia de demodulación construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;

La FIGURA 22 es un diagrama de flujo de un proceso en un dispositivo inalámbrico para identificar subportadoras óptimas para usuarios para mejorar la probabilidad de emparejamiento multiusuario construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;

La FIGURA 23 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar realizado por un nodo de red para utilizar una secuencia de señales de referencia de demodulación recibida desde un dispositivo inalámbrico para la estimación de canal construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;

La FIGURA 24 es un dispositivo inalámbrico ejemplar configurado para transmitir una señal de referencia con un nivel de potencia reducido mientras se mantiene la identificabilidad de la señal de referencia entre otras señales de referencia de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;

La FIGURA 25 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar realizado por un dispositivo inalámbrico para transmitir una señal de referencia con un nivel de potencia reducido mientras se mantiene la identificabilidad de la señal de referencia entre otras señales de referencia de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;

La FIGURA 26 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar realizado por el nodo de red de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria;

La FIGURA 27 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar realizado por el dispositivo inalámbrico de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

A continuación están los objetivos de diseño principales para la DMRS de enlace ascendente:

- Amplitud constante sobre las subportadoras transmitidas para excitación y estimación de canal uniforme;
- Baja relación de potencia promedio a pico (PAPR) o métrica cúbica (CM) en el dominio del tiempo para la utilización eficiente del Amplificador de Potencia (PA); y
- Baja correlación cruzada entre las diferentes secuencias DMRS para baja interferencia entre celdas donde se usen diferentes secuencias en diferentes celdas.

Los objetivos anteriores se consiguieron en LTE usando una combinación de secuencias de base altamente optimizadas generadas por ordenador (CG) para 1 RB y 2 RB y secuencias Zadoff-Chu extendidas de manera cíclica para 3 RB o más.

Por ejemplo, hagamos que $r_{PUSCH}^{(\lambda)}(\cdot)$ sea la secuencia DMRS asociada con una capa λ MIMO de enlace ascendente, entonces la secuencia DMRS en LTE se define como:

$$r_{PUSCH}^{(\lambda)}(m_s \cdot M_{sc}^{RS} + n) = w^{(\lambda)}(m_s) r_{u,v}^{(\alpha_s)}(n) \quad (1)$$

Donde $m_s = 0, 1$ corresponde a, respectivamente, el intervalo 0 y el intervalo 1 tal como se muestra en la FIGURA 6. $N=0, \dots, M_{sc}^{RS} - 1$ y $M_{sc}^{RS} = M_{sc}^{PUSCH}$ es el número de subportadoras de los RB programados para el PUSCH asociado, $w^{(\lambda)}$ es un código de cobertura ortogonal y se puede configurar con $[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)] = [1 \ 1]$, o $[1 \ -1]$ según la Tabla 4 siguiente. α_s es un desplazamiento cíclico configurado para una capa λ MIMO.

El desplazamiento α_s cíclico en un intervalo n_s ($n_s \in \{0, 1, \dots, 9\}$) está dado como $\alpha_s = 2\pi n_{cs,\lambda}/12$ con:

$$n_{cs,\lambda} = (n_{DMRS}^{(1)} + n_{DMRS,\lambda}^{(2)} + n_{PN}(n_s)) \bmod 12 \quad (2)$$

Donde los valores de $n_{\text{DMRS}}^{(1)}$ están configurados por capas superiores, $n_{\text{DMRS}}^{(2)}$ están dados por el desplazamiento cíclico para el campo DMRS en los DCI relacionados con el enlace ascendente más recientes para el bloque de transporte asociado con la transmisión PUSCH correspondiente donde el valor de $n_{\text{DMRS}}^{(2)}$ está dado en la Tabla 4 de más adelante. $n_{\text{PN}}(n_s)$ es un número específico de celda generado de manera pseudo aleatoria en un intervalo por el sesgo de intervalo. $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ es una secuencia de señales de referencia y es definida por un desplazamiento α cíclico de una secuencia $\tilde{r}_{u,v}(n)$ de base según a;

$$r_{u,v}^{(\alpha)}(n) = e^{j\alpha n} \tilde{r}_{u,v}(n), \quad 0 \leq n < M_{\text{sc}}^{\text{RS}} \quad (3)$$

donde $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} = mN_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ es la longitud de la secuencia de señales de referencia y m es el número de RB programados para el PUSCH. Se definen múltiples secuencias de señales de referencia a partir de una secuencia $\tilde{r}_{u,v}(n)$ base única a través de diferentes valores de α .

Las secuencias $\tilde{r}_{u,v}(n)$ de base se dividen en grupos, donde $u \in \{0, 1, \dots, 29\}$ es el número de grupo y v es el número de secuencia de base dentro del grupo. Por lo que existen 30 grupos de secuencias de base para cada longitud de secuencia. Para $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} = mN_{\text{sc}}^{\text{RB}}$, $1 \leq m \leq 5$, cada grupo contiene una secuencia de base ($v = 0$). Para $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} = mN_{\text{sc}}^{\text{RB}}$, $m \geq 6$, existen dos secuencias de base ($v = 0, 1$) en cada grupo.

La definición de la secuencia $\tilde{r}_{u,v}(0), \dots, \tilde{r}_{u,v}(M_{\text{sc}}^{\text{RS}} - 1)$ de base depende de la longitud $M_{\text{sc}}^{\text{RS}}$ de la secuencia. Para secuencias de base de longitud $3N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ o superior, $\tilde{r}_{u,v}(n)$ se genera a través de la extensión cíclica de una secuencia $x_q(m)$ Zadoff-Chu (ZC) tal como sigue:

$$\tilde{r}_{u,v}(n) = x_q(n \bmod N_{\text{ZC}}^{\text{RS}}), \quad 0 \leq n < M_{\text{sc}}^{\text{RS}} \quad (4)$$

donde la secuencia Zadoff-Chu de la raíz q-ésima se define mediante:

$$x_q(m) = e^{-j \frac{\pi q m(m+1)}{N_{\text{ZC}}^{\text{RS}}}}, \quad 0 \leq m \leq N_{\text{ZC}}^{\text{RS}} - 1 \quad (5)$$

Con q dado mediante

$$q = \lfloor \bar{q} + 1/2 \rfloor + v \cdot (-1)^{\lfloor 2\bar{q} \rfloor}$$

$$\bar{q} = N_{\text{ZC}}^{\text{RS}} \cdot (u+1) / 31$$

La longitud $N_{\text{ZC}}^{\text{RS}}$ de la secuencia Zadoff-Chu está dada por el mayor número primo tal que $N_{\text{ZC}}^{\text{RS}} < M_{\text{sc}}^{\text{RS}}$.

Usando la extensión cíclica de las secuencias Zadoff-Chu, las secuencias de base tienen una amplitud constante sobre la frecuencia y mantienen también la propiedad de ortogonalidad de desplazamiento cíclico de autocorrelación cero de las secuencias Zadoff-Chu, lo que permite generar múltiples secuencias ortogonales usando diferentes desplazamientos cíclicos en una secuencia de base única. Usar la extensión, no el truncamiento, en general, proporciona mejor CM para 3 o más RB. Además, al menos se pueden generar 30 secuencias de base de esta manera.

Para uno y dos RB, sin embargo, sólo hay disponibles un pequeño número de secuencias Zadoff-Chu extendidas con bajo CM. Para conseguir una aleatorización de interferencia entre celdas similar que en el caso de 3 o más RB, son deseables 30 secuencias de base. Por tanto, las secuencias de base para uno y dos RB fueron obtenidas mediante búsquedas informáticas. Sólo se seleccionaron las secuencias basadas en modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK) para reducir el tamaño de la memoria para el almacenamiento y la complejidad de cálculo. Las secuencias de base para uno y dos RB (es decir, $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} = N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ y $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} = 2N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$) se definen como:

$$\bar{r}_{u,v}(n) = e^{j\varphi(n)\pi/4}, \quad 0 \leq n \leq M_{sc}^{RS} - 1 \quad (6)$$

donde el valor de $\varphi(n)$ está dado por la Tabla 1 a continuación para $M_{sc}^{RS} = N_{sc}^{RB}$ y por la Tabla 2 de más adelante para $M_{sc}^{RS} = 2N_{sc}^{RB}$.

5

Definición de $\varphi(n)$ para $M_{sc}^{RS} = N_{sc}^{RB}$ en LTE

TABLA 1

u	$\varphi(0), \dots, \varphi(11)$											
0	-1	1	3	-3	3	3	1	1	3	1	-3	3
1	1	1	3	3	3	-1	1	-3	-3	1	-3	3
2	1	1	-3	-3	-3	-1	-3	-3	1	-3	1	-1
3	-1	1	1	1	1	-1	-3	-3	1	-3	3	-1
4	-1	3	1	-1	1	-1	-3	-1	1	-1	1	3
5	1	-3	3	-1	-1	1	1	-1	-1	3	-3	1
6	-1	3	-3	-3	-3	3	1	-1	3	3	-3	1
7	-3	-1	-1	-1	1	-3	3	-1	1	-3	3	1
8	1	-3	3	1	-1	-1	-1	1	1	3	-1	1
9	1	-3	-1	3	3	-1	-3	1	1	1	1	1
10	-1	3	-1	1	1	-3	-3	-1	-3	-3	3	-1
11	3	1	-1	-1	3	3	-3	1	3	1	3	3
12	1	-3	1	1	-3	1	1	1	-3	-3	-3	1
13	3	3	-3	3	-3	1	1	3	-1	-3	3	3
14	-3	1	-1	-3	-1	3	1	3	3	3	-1	1
15	3	-1	1	-3	-1	-1	1	1	3	1	-1	-3
16	1	3	1	-1	1	3	3	3	-1	-1	3	-1
17	-3	1	1	3	-3	3	-3	-3	3	1	3	-1
18	-3	3	1	1	-3	1	-3	-3	-1	-1	1	-3
19	-1	3	1	3	1	-1	-1	3	-3	-1	-3	-1
20	-1	-3	1	1	1	1	3	1	-1	1	-3	-1
21	-1	3	-1	1	-3	-3	-3	-3	-3	1	-1	-3
22	1	1	-3	-3	-3	-3	-1	3	-3	1	-3	3
23	1	1	-1	-3	-1	-3	1	-1	1	3	-1	1
24	1	1	3	1	3	3	-1	1	-1	-3	-3	1
25	1	-3	3	3	1	3	3	1	-3	-1	-1	3
26	1	3	-3	-3	3	-3	1	-1	-1	3	-1	-3
27	-3	-1	-3	-1	-3	3	1	-1	1	3	-3	-3
28	-1	3	-3	3	-1	3	3	-3	3	3	-1	-1
29	3	-3	-3	-1	-1	-3	-1	3	-3	3	1	-1

10

Definición de $\varphi(n)$ para $M_{sc}^{RS} = 2N_{sc}^{RB}$ en LTE

TABLA 2

15

u	$\varphi(0), \dots, \varphi(23)$																							
0	-1	3	1	-3	3	-1	1	3	-3	3	1	3	-3	3	1	1	-1	1	3	-3	3	-3	-1	-3
1	-3	3	-3	-3	-3	1	-3	-3	3	-1	1	1	1	3	1	-1	3	-3	-3	1	3	1	1	-3
2	3	-1	3	3	1	1	-3	3	3	3	3	1	-1	3	-1	1	1	-1	-3	-1	-1	1	3	3
3	-1	-3	1	1	3	-3	1	1	-3	-1	-1	1	3	1	3	1	-1	3	1	1	-3	-1	-3	-1
4	-1	-1	-1	-3	-3	-1	1	1	3	3	-1	3	-1	1	-1	-3	1	-1	-3	-3	1	-3	-1	-1
5	-3	1	1	3	-1	1	3	1	-3	1	-3	1	1	-1	-1	3	-1	-3	3	-3	-3	-3	1	1
6	1	1	-1	-1	3	-3	-3	3	-3	1	-3	-3	1	-1	1	1	-1	-3	-1	1	-1	3	-1	-3

7	-3	3	3	-1	-1	-3	-1	3	1	3	1	3	1	1	-1	3	1	-1	1	3	-3	-1	-1	1
8	-3	1	3	-3	1	-1	-3	3	-3	3	-1	-1	-1	-1	1	-3	-3	-3	1	-3	-3	-3	1	-3
9	1	1	-3	3	3	-1	-3	-1	3	-3	3	3	3	-1	1	1	-3	1	-1	1	1	-3	1	1
10	-1	1	-3	-3	3	-1	3	-1	-1	-3	-3	-3	-1	-3	-3	1	-1	1	3	3	-1	1	-1	3
11	1	3	3	-3	-3	1	3	1	-1	-3	-3	-3	3	3	-3	3	3	-1	-3	3	-1	1	-3	1
12	1	3	3	1	1	1	-1	-1	1	-3	3	-1	1	1	-3	3	3	-1	-3	3	-3	-1	-3	-1
13	3	-1	-1	-1	-1	-3	-1	3	3	1	-1	1	3	3	3	-1	1	1	-3	1	3	-1	-3	3
14	-3	-3	3	1	3	1	-3	3	1	3	1	1	3	3	-1	-1	-3	1	-3	-1	3	1	1	3
15	-1	-1	1	-3	1	3	-3	1	-1	-3	-1	3	1	3	1	-1	-3	-3	-1	-1	-3	-3	-3	-1
16	-1	-3	3	-1	-1	-1	1	1	-3	3	1	3	3	1	-1	1	-3	1	-3	1	1	-3	-1	-1
17	1	3	-1	3	3	-1	-3	1	-1	-3	3	3	3	-1	1	1	3	-1	-3	-1	3	-1	-1	-1
18	1	1	1	1	1	-1	3	-1	-3	1	1	3	-3	1	-3	-1	1	1	-3	-3	3	1	1	-3
19	1	3	3	1	-1	-3	3	-1	3	3	3	-3	1	-1	1	-1	-3	-1	1	3	-1	3	-3	-3
20	-1	-3	3	-3	-3	-3	-1	-1	-3	-1	-3	3	1	3	-3	-1	3	-1	1	-1	3	-3	1	-1
21	-3	-3	1	1	-1	1	-1	1	-1	3	1	-3	-1	1	-1	1	-1	-1	3	3	-3	-1	1	-3
22	-3	-1	-3	3	1	-1	-3	-1	-3	-3	3	-3	3	-3	-1	1	3	1	-3	1	3	3	-1	-3
23	-1	-1	-1	-1	3	3	3	1	3	3	-3	1	3	-1	3	-1	3	3	-3	3	1	-1	3	3
24	1	-1	3	3	-1	-3	3	-3	-1	-1	3	-1	3	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-3	-1	3
25	1	-1	1	-1	3	-1	3	1	1	-1	-1	-3	1	1	-3	1	3	-3	1	1	-3	-3	-1	-1
26	-3	-1	1	3	1	1	-3	-1	-1	-3	3	-3	3	1	-3	3	-3	1	-1	1	-3	1	1	1
27	-1	-3	3	3	1	1	3	-1	-3	-1	-1	-1	3	1	-3	-3	-1	3	-3	-1	-3	-1	-3	-1
28	-1	-3	-1	-1	1	-3	-1	-1	1	-1	-3	1	1	-3	1	-3	-3	3	1	1	-1	3	-1	-1
29	1	1	-1	-1	-3	-1	3	-1	3	-1	1	3	1	-1	3	1	3	-3	-3	1	-1	-1	1	3

Se debería observar que un desplazamiento de fase de una secuencia de señales de referencia no cambia su PAPR o CM. También, la magnitud de la autocorrelación o correlación cruzada de una secuencia de señales de referencia con otras secuencias de señales de referencia no cambia si la señal de referencia se desplaza en fase. Por lo tanto, una señal de referencia $\vec{r}_{u,v}'(n) = e^{j\zeta} \vec{r}_{u,v}(n)$ es equivalente a $\vec{r}_{u,v}(n)$, donde ζ es un número real.

Un secuencia $\vec{r}_{u,v}(n)$ de referencia con número v de secuencia y número u de grupo de secuencia (por ejemplo, correspondiente a una fila en la Tabla 1, la Tabla 2 o la Tabla 3 (a continuación)) tendrá un valor dado de PAPR o CM. También, una secuencia $\vec{r}_{u_1,v}(n)$ con número v de secuencia y número u₁ de grupo y una secuencia $\vec{r}_{u_2,v}(n)$ con número v de secuencia y número u₂ de grupo tendrá alguna correlación cruzada $c_{u_1,u_2}(l_1,l_2)$, donde l₁ y l₂ son retardos de correlación. Las buenas secuencias de señales de referencia deberían tener bajo PAPR o CM y baja correlación cruzada

Definición de métrica cúbica (CM):

La CM para una señal, v(t), con un ancho de banda nominal de 3,84 MHz se define según a:

$$CM = \frac{20 \log_{10} \{rms[v_{norm}^3(t)]\} - 1.52}{1.56} \text{ dB} \quad (6)$$

donde $20 \log_{10} \{rms[v_{norm}^3(t)]\}$ se denomina métrica cúbica en bruto (en dB) de la señal, y $rms(x) = \sqrt{\frac{(x'x)}{N}}$, $v_{norm}(t) = \frac{|v(t)|}{rms[v(t)]}$, x' es la conjugada de x . Esta definición se usa en los cálculos de CM en las siguientes secciones.

Definición de correlación cruzada:

Para un conjunto de secuencias $\{r_{u,v}(n), n = 0, 1, \dots, M_{sc}-1\}$ de base DMRS, la correlación cruzada entre dos secuencias $r_{u1,v1}(n)$ y $r_{u2,v2}(n)$ se define como:

$$\rho_{12} = \frac{1}{M_{sc}} \left| \sum_{n=0}^{M_{sc}-1} r_{u1,v1}(n) \cdot \text{conj}(r_{u2,v2}(n)) \right| \quad (7)$$

Conj(x) representa la conjugada de x.

DMRS de UL para PUSCH con Multiplexación por División de Frecuencias Entrelazadas (IFDMA)

Para un ancho de banda de programación de PUSCH dado en una subtrama de enlace ascendente, hay disponibles hasta 8 secuencias DMRS ortogonales, cada una con un desplazamiento cíclico único. Estas secuencias se pueden usar para soportar la transmisión MIMO de enlace ascendente con 4 capas (que es el número máximo de capas que se soportan en enlace ascendente en LTE), cada una asignada con un desplazamiento cíclico, o MIMO multiusuario de enlace ascendente (MU-MIMO) para hasta 8 UE, cada uno con una capa MIMO.

Sin embargo, ya que las secuencias DMRS con diferentes longitudes generalmente no son ortogonales, los dispositivos inalámbricos no se pueden programar generalmente juntos para la transmisión MU-MIMO con diferentes anchos de banda PUSCH. En LTE Versión 10, se introdujo OCC2 entre dos símbolos DMRS en dos intervalos de una subtrama de enlace ascendente, es decir, $[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)] = [1 \ 1]$ o $[1 \ -1]$, de manera que dos dispositivos inalámbricos con un ancho de banda PUSCH parcialmente solapado se pueden emparejar para MU-MIMO. Para soportar más dispositivos inalámbricos con un ancho de banda parcialmente solapado para la transmisión MU-MIMO en el enlace ascendente, se ha acordado que se introducirá la Multiplexación por División de Frecuencias Entrelazadas (IFDMA) con un factor de repetición (RPF) 2 para la DMRS de enlace ascendente para PUSCH en LTE Versión 14, en la que la DMRS de enlace ascendente se transmite sólo en la mitad de las subportadoras, bien en las subportadoras numeradas como pares o en las numeradas como impares.

En la FIGURA 7 se muestra un ejemplo con 2 RB, donde se puede asignar una DMRS para un dispositivo inalámbrico en los RE DMRS en subportadoras numeradas como pares mientras que se puede asignar una DMRS para otro dispositivo inalámbrico en la otra mitad de las subportadoras, es decir, los RE DMRS en las subportadoras numeradas como impares. Ya que las dos secuencias DMRS se transmiten en diferentes subportadoras, son ortogonales la una a la otra. En este ejemplo, la longitud de cada una de las dos secuencias DMRS es 12 y por tanto se puede usar la secuencia $\bar{r}_{u,v}(n)$ base de longitud 12 (es decir, $M_{sc}^{RS} = 12$) existente.

Si sólo se usan las secuencias $\bar{r}_{u,v}(n)$ existentes para OFDMA con RPF = 2, entonces los dispositivos inalámbricos se necesitan programar con una granularidad de 2 RB, lo que restringe las opciones de asignación de recursos en la red, y puede llevar a un rendimiento de datos reducido cuando se programan dispositivos inalámbricos MU-MIMO. Se ha acordado que se introducirán nuevas secuencias en la Versión 14 para soportar la programación de también un número impar de RB mayor que 3 RB. Las nuevas secuencias se generarán a partir de la extensión cíclica de las secuencias Zadoff-Chu, tal como se hizo anteriormente en LTE versión 8.

Sin embargo, se ha de determinar aún si las nuevas secuencias con longitud 6, 18 y 30 están soportadas en LTE Versión 14, para soportar la programación con 1 RB, 3 RB y 5 RB para IFDMA con RPF = 2, respectivamente. La razón principal es que para estas longitudes de secuencia, no es posible generar 30 secuencias de base con extensión cíclica de las secuencias Zadoff-Chu.

Se propuso usar secuencias Zadoff-Chu no truncadas para generar las secuencias de base de longitud 30 para la DMRS de enlace ascendente, en la que una secuencia Zadoff-Chu de longitud 31 es truncada eliminando bien la primera o la última entrada de la secuencia. Un conjunto de 30 secuencias de base se propone para secuencias de longitud 18 a través de la búsqueda informática.

Para secuencias de longitud 6, se propone reusar un conjunto de 14 secuencias de longitud 6 que fue acordado ser introducido para el Internet de las Cosas de Banda Estrecha (NB-IOT) en LTE Versión 14. El conjunto de 14

secuencias de longitud 6 es un subconjunto de las 16 secuencias propuestas y se muestra en la Tabla 3 a continuación.

Las secuencias de base DMRS de longitud 6 a ser introducidas en NB-IOT:

$$\tilde{r}_{u,v}^{(n)}(n) = e^{j\varphi_u(n)\pi/4}, 0 \leq n \leq 5$$

TABLA 3

u	$\varphi(0), \varphi(1), \varphi(2), \varphi(3), \varphi(4), \varphi(5)$					
0	1	1	1	1	3	-3
1	1	1	3	1	-3	3
2	1	-1	-1	-1	1	-3
3	1	-1	3	-3	-1	-1
4	1	3	1	-1	-1	3
5	1	-3	-3	1	3	1
6	-1	-1	1	-3	-3	-1
7	-1	-1	-1	3	-3	-1
8	3	-1	1	-3	-3	3
9	3	-1	3	-3	-1	1
10	3	-3	3	-1	3	3
11	-3	1	3	1	-3	-1
12	-3	1	-3	3	-3	-1
13	-3	3	-3	1	1	-3

Señalización de control para UL-DMRS

Se puede enviar una concesión de enlace ascendente usando bien el formato 0 DCI o el formato 4 DCI, dependiendo del modo de transmisión de enlace ascendente configurado. Para dispositivos inalámbricos que soportan transmisión MIMO de enlace ascendente, se usa el formato 4 DCI. En otro caso, se usa el formato 0 DCI. Cuando se soporta MIMO en el enlace ascendente, es necesaria una secuencia DMRS separada para cada capa MIMO. Se soportan hasta 4 capas en MIMO de enlace ascendente, por tanto son necesarias hasta cuatro secuencias DMRS y códigos OCC. Los desplazamientos cíclicos y los códigos OCC se señalizan de manera dinámica en el formato 0 DCI o el formato 4 DCI a través de un Campo de Desplazamiento Cíclico de 3 bits. Este campo se usa para indicar un parámetro de desplazamiento cíclico, y un código OCC de longitud 2, $w^{(\lambda)}$, donde $\lambda = 0, 1, \dots, v-1$ y v es el número de capas a ser transmitidas en el PUSCH programado por el DCI. La correspondencia exacta se muestra en la Tabla 4 a continuación.

La correspondencia del Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente con $r_{\text{DMRS}\lambda}^{(2)}$ y $[w^{(\lambda)}(0) w^{(\lambda)}(1)]$ en LTE.

TABLA 4

Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente	$r_{\text{DMRS}\lambda}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) w^{(\lambda)}(1)]$			
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]
110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]

Para un dispositivo inalámbrico configurado con IFDMA en base a la UL-DMRS, el conjunto de subportadoras (es decir, las subportadoras pares contra las subportadoras impares) a usar como RE DMRS se deberían indicar también de manera dinámica a través del enlace ascendente relacionado al DCI. Para no aumentar la sobrecarga de

la señalización de control, es preferible reutilizar los mismos 3 bits en el Campo de Desplazamiento Cíclico para esta indicación dinámica. Al mismo tiempo, para maximizar la probabilidad de emparejamiento MU-MIMO es importante ser capaz de emparejar de manera dinámica dispositivos inalámbricos entre las siguientes combinaciones diferentes:

- Un UE Ver-14 configurado con IFDMA y RPF = 2 se empareja con otros UE Ver-14 configurados con IFDMA y RPF = 2
- Un UE Ver-14 configurado con IFDMA y RPF = 2 se empareja con otros dispositivos inalámbricos heredados (es decir, Versiones LTE anteriores a la Versión 14 o dispositivo inalámbrico de Versión 14 con IFDMA no configurado).

Un ejemplo de dicho emparejamiento de dispositivos inalámbricos dinámico se muestra en la FIGURA8. En este ejemplo, los dispositivos 1-4 inalámbricos soportan LTE Ver-14 y los dispositivos 5-6 inalámbricos soportan una versión de LTE anterior a la Ver-14. En este ejemplo, en la subtrama n1, los dispositivos 1-4 inalámbricos ("WD1-4") se programan para MU-MIMO con 1 capa cada uno. En esta subtrama, los dispositivos 1-4 inalámbricos pueden confiar en OCC-2 y IFDMA con RPF = 2 para estar separados. En la subtrama n2, el dispositivo 1 inalámbrico y el dispositivo 5 inalámbrico se programan para MU-MIMO con 1 capa cada uno. En esta subtrama, los dispositivos 1 y 5 inalámbricos pueden estar separados por OCC-2 o desplazamiento cíclico o una combinación de los dos. En la subtrama n3, los dispositivos 1-2 y 5-6 inalámbricos se programan para MU-MIMO con 1 capa cada uno. En esta subtrama, los dispositivos 1 y 5 inalámbricos pueden estar separados mediante OCC-2 o desplazamiento cíclico o una combinación de los dos.

Para acomodar dicho emparejamiento dinámico, se propone una tabla alternativa para controlar la señalización con 3 bits. La tabla es reproducida más adelante en la Tabla 5. En la Tabla 4, se reservan los puntos de código (es decir, 000, 001, 011, 110) para los dispositivos inalámbricos sin IFDMA, se reservan 2 puntos de código (es decir, 010, 111) para IFDMA con subportadoras impares y se reservan 2 puntos de código (es decir, 100, 101) para IFDMA con subportadoras pares.

Correspondencia del Campo de Desplazamiento Cíclico en formato DCI relacionado al enlace ascendente para soportar emparejamiento dinámico

TABLA 5

Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente	$P_{DMRS}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)]$				Configuración IFDMA
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares
110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares

Para las secuencias DMRS de enlace ascendente anteriormente propuestas con longitudes 6, 18 y 30, se resumen las correspondientes métricas cúbicas en la Tabla 6 a continuación, donde las secuencias de base LTE existentes con longitudes 12, 24 y 36 en LTE se incluyen también para su comparación. Se puede ver que las métricas cúbicas de las secuencias anteriormente propuestas de longitud 6 y longitud 30 son significativamente mayores que las secuencias de base existentes de longitud similar.

Características de métrica cúbica de las secuencias de base anteriormente propuestas con longitudes 6, 18 y 30

TABLA 6

	Métrica Cúbica [en dB]		
	Media	Max	Mediana
14 secuencias de longitud 6 en NB-IOT	2,3703	3,8134	2,2589
30 secuencias de longitud 18 en NB-IOT	0,9626	1,1086	1,0176
30 secuencias de longitud 30 a partir de secuencias Zadoff-Chu truncadas	1,2102	2,4371	1,043
Secuencias LTE Ver-8 de longitud 12	0,7105	1,0967	0,7445
Secuencias LTE Ver-8 de longitud 24	0,7971	1,1354	0,8293
Secuencias LTE Ver-8 de longitud 36	0,8958	1,3336	0,9079

- 5 Además, actualmente se usan 30 grupos de secuencias de base en LTE para reducir la interferencia entre celdas donde se use diferentes secuencias de base en diferentes celdas. Si las 14 secuencias de longitud 6 definidas en NB-IOT se reutilizan la colisión de secuencias entre diferentes celdas aumentará de manera significativa y por tanto aumentaría la interferencia entre celdas al compararla con el caso en el que hay disponibles 30 secuencias de base.
- 10 La correspondencia de Desplazamiento Cíclico para soportar el emparejamiento dinámico en la Tabla 5 tiene una notable desventaja. En escenarios con alta dispersión Doppler y baja dispersión del retardo, la ortogonalidad del código OCC-2 no se puede garantizar. En dichos escenarios, el programador normalmente programa dispositivos inalámbricos con una única capa. Para los puntos de código sin IFDMA en la Tabla 5, la mínima diferencia de desplazamiento cíclico para la transmisión de capa única (es decir, $\lambda = 0$) es 2 (esto sucede entre los puntos de código 001 y 011). Cuando la ortogonalidad del código OCC- 2 no se pueda garantizar, es deseable una diferencia de desplazamiento cíclico mínima mayor que 2.
- 15 Observe que aunque se use terminología del proyecto de asociación de tercera generación (3GPP), es decir, de la evolución a largo plazo (LTE) en esta descripción como un ejemplo, esto no se debería ver como que limita el alcance de la descripción a tan sólo el sistema anteriormente mencionado. Otros sistemas, que incluyen NR (es decir, 5G), acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA), WiMax, ultra banda ancha móvil (UMB) y el sistema global para las comunicaciones móviles (GSM), se pueden beneficiar de explotar los conceptos y métodos cubiertos dentro de esta descripción.
- 20 Observe también que terminología tal como eNodeB y dispositivo inalámbrico se debería considerar no limitante y no implica en concreto una cierta relación jerárquica entre los dos; en general "eNodeB" se podría considerar como el dispositivo 1 y el "dispositivo inalámbrico" como el dispositivo 2, y estos dos dispositivos se comunican el uno con el otro sobre algún canal de radio. También, aunque la descripción se centra en las transmisiones inalámbricas en el enlace descendente, las realizaciones son igualmente aplicables en el enlace ascendente.
- 25 El término dispositivo inalámbrico usado en la presente memoria puede referirse a cualquier tipo de dispositivo inalámbrico que se comunica con un nodo de red y/o con otro dispositivo inalámbrico en un sistema de comunicación móvil o celular. Ejemplos de un dispositivo inalámbrico son el equipo de usuario (UE), dispositivo objetivo, dispositivo inalámbrico para comunicación dispositivo a dispositivo (D2D), dispositivo inalámbrico de tipo máquina o dispositivo inalámbrico capaz de una comunicación de máquina a máquina (M2M), PDA, iPad, Tableta, terminales móviles, teléfonos inteligentes, equipo incrustado en portátil (LEE), equipo montado en portátil (LME), dispositivos USB, etc.
- 30 El término "nodo de red" usado en la presente memoria puede referirse a un nodo de red de radio u otro nodo de red, por ejemplo, un nodo de red de núcleo, Centro de Conmutación Móvil (MSC), Entidad de Gestión de la Movilidad (MME), Operación y Mantenimiento (O&M), Sistema de Soporte de Operaciones (OSS), Red Auto Organizada (SON), nodo de posicionamiento (por ejemplo Centro de Ubicación Móvil Servidor Evolucionado (E-SMLC)), nodo de Minimización de la Prueba de Ejecución (MDT).
- 35 El término "nodo de red" o "nodo de red de radio" usado en la presente memoria puede ser cualquier tipo de nodo de red comprendido en una red de radio que puede comprender además cualquier estación base (BS), estación base de radio, estación transceptora base (BTS), controlador de estación base (BSC), controlador de red de radio (RNC), Nodo B evolucionado (eNB o eNodeB), Nodo B, nodo de radio del multiestándar de radio (MSR) tal como MSR BS, nodo de retransmisión, nodo donante que controla la retransmisión, punto de acceso (AP) de radio, puntos de transmisión, nodos de transmisión, Cabeza de Radio Remota (RRH) de la Unidad de Radio Remota (RRU), nodos en un sistema de antenas distribuidas (DAS), etc.
- 40
- 45
- 50

Observe además, que las funciones descritas en la presente memoria como que son realizadas por un dispositivo inalámbrico o un nodo de red se pueden distribuir sobre una pluralidad de dispositivos inalámbricos y/o nodos de red. En otras palabras, se contempla que las funciones del nodo de red y el dispositivo inalámbrico descritas en la presente memoria no se limiten a la actuación en un único dispositivo físico y, de hecho, se pueden distribuir entre diversos dispositivos físicos.

Antes de describir en detalle las realizaciones ejemplares, se observa que las realizaciones residen principalmente en combinaciones de componentes de aparatos y pasos de procesamientos relacionados para crear una secuencia de señales de referencia con una relación pico a promedio reducida. Por consiguiente, los componentes se han representado donde sea apropiado mediante símbolos convencionales en los dibujos, mostrando sólo aquellos detalles específicos que son pertinentes para el entendimiento de las realizaciones para no oscurecer la descripción con detalles que son fácilmente evidentes para aquellos de una experiencia ordinaria en la técnica que tengan los beneficios de la descripción de la presente memoria.

Tal como se usa en la presente memoria, los términos relacionales, tales como “primero” y “segundo”, “parte superior” y “parte inferior”, y similares, se pueden usar únicamente para distinguir una entidad o elemento de otra entidad o elemento sin requerir o implicar necesariamente ninguna relación física o lógica u orden entre dichas entidades o elementos.

En algunas realizaciones, la presente descripción proporciona nuevas secuencias QPSK de base con baja CM. Para mitigar la posible alta interferencia entre celdas con 14 secuencias de base de longitud 6, se proporciona un nuevo conjunto de 30 secuencias de longitud 6 con una métrica cúbica baja. Para las secuencias de longitud 30, en lugar de usar las secuencias Zadoff-Chu truncadas, se proporciona también un nuevo conjunto de 30 secuencias de base con menores métricas cúbicas. Para secuencias de longitud 18, se proporciona un nuevo conjunto de 30 secuencias QPSK, que proporciona menor métrica cúbica así como menor correlación cruzada.

En otra realización de la presente descripción, se proporcionan nuevas secuencias de base generadas a partir del diezmo de las secuencias de base existentes de longitud mayor para facilitar el emparejamiento MU-MIMO entre un nuevo dispositivo inalámbrico configurado con IFDMA y un dispositivo inalámbrico heredado. Por ejemplo, las secuencias de base de longitud 6 $\{r'_{u,v}(n), n = 0, 1, \dots, 5\}$ son obtenidas diezmando las secuencias de base de longitud 12 $\{r_{u,v}(n), n = 0, 1, \dots, 11\}$, es decir $r'_{u,v}(n) = r_{u,v}(2n), n = 0, 1, \dots, 5$.

Para mitigar los problemas identificados con el esquema de correspondencia de desplazamiento cíclico de emparejamiento dinámico en la Tabla 5, la presente descripción proporciona un nuevo esquema de correspondencia de desplazamiento cíclico de emparejamiento dinámico. El esquema de correspondencia propuesto consigue una separación cíclica mínima de 3 cuando no se puede garantizar la ortogonalidad de código del Código de Cobertura Ortogonal-2 en escenarios con alta dispersión Doppler y baja dispersión del retardo.

Según algunas realizaciones, con los nuevos conjuntos de 30 secuencias de base de longitud 6, longitud 18 y longitud 30, se puede lograr una menor interferencia entre celdas y una mayor eficiencia del amplificador de potencia, lo que se traduce en un mejor rendimiento de la demodulación del enlace ascendente y un menor consumo de energía del dispositivo inalámbrico.

En una solución, es posible emparejar un nuevo dispositivo inalámbrico con IFDMA y un dispositivo inalámbrico heredado para MU-MIMO de enlace ascendente. Con el nuevo esquema de correspondencia de desplazamiento cíclico para el emparejado dinámico, los dispositivos inalámbricos de LTE Versión-14 configurados con IFDMA se pueden emparejar de manera dinámica con dispositivos inalámbricos heredados y otros dispositivos inalámbricos de LTE Versión-14 configurados con IFDMA en diferentes subtramas para MU-MIMO con una buena separación de desplazamiento cíclico en escenarios con alta dispersión Doppler y baja dispersión del retardo.

Enfoques y equivalencias del diseño de secuencias

El diseño de secuencias de señales de referencia puede ser visto como una optimización conjunto, donde se seleccionan secuencias con baja PAPR o CM y con bajas magnitudes de correlación cruzada.

En algunas realizaciones, un enfoque de diseño puede ser empezar con un gran número de secuencias candidatas que tienen una PAPR o una CM por debajo de algún umbral, y después eliminar las secuencias que tienen las mayores estadísticas de magnitud de correlación cruzada. De esta manera, se puede alcanzar un objetivo de PAPR o CM dado, mientras que se minimiza la correlación cruzada. El diseño de la señales de referencia puede ser visto entonces como un proceso iterativo, en donde una secuencia del conjunto de secuencias se añade o elimina según su PAPR o CM y/o su correlación cruzada con otras secuencias en el conjunto.

Se debería observar que un desplazamiento de fase de una secuencia de señales de referencia no cambia su PAPR o CM. También, la magnitud de la autocorrelación o correlación cruzadas de una secuencia de señales de referencia con otras secuencias de señales de referencia no cambia si la señal de referencia está desplazada en fase. Por lo

tanto, una secuencia de señales de referencia $\vec{r}_{u,v}^{\zeta}(n) = e^{j\zeta} \vec{r}_{u,v}(n)$ es equivalente a $\vec{r}_{u,v}(n)$, donde ζ es un número real. De manera similar, un retardo cíclico común aplicado a todas las secuencias en general no cambia la PAPR, la CM, o las estadísticas de correlación de un conjunto de secuencias de señales de referencia. Por lo tanto, cuando se hace corresponder la señal de referencia a las subportadoras con índice u , la secuencia de señales de referencia $\vec{r}_{u,v}^{\zeta}(n) = e^{j\zeta} \vec{r}_{u,v}(n)$ puede ser equivalente a $\vec{r}_{u,v}(n)$, donde ζ es un número real.

Un nuevo conjunto de 30 secuencias de base de longitud 6 con baja métrica cúbica

Se diseña un conjunto de 30 nuevas secuencias de base de longitud 6 y proporciona en la Tabla 7 a continuación. Las propiedades de métrica cúbica y de correlación cruzada de las secuencias se muestran en la Tabla 8 de más adelante. Se puede ver que las 30 nuevas secuencias de base de longitud 6 tienen CM mucho menores (tanto la máxima como la media) que las secuencias de base definidas en NB-IOT. Las propiedades de métrica cúbica permiten un uso de la potencia más eficiente en un dispositivo inalámbrico, lo que se traduce en un menor consumo de energía y por tanto en una mayor duración de la batería para el dispositivo inalámbrico.

Las nuevas secuencias tienen la misma correlación cruzada máxima tal como las secuencias definidas en NB-IOT, con sólo una correlación cruzada media (0,3715 por 0,3374) y mediana (0,333 contra 0,2845) ligeramente superior entre las diferentes secuencias. La correlación cruzada máxima es más importante para el rendimiento de la demodulación.

Nuevas secuencias de base de longitud 6, $r_{u,v}(n) = \exp\left(\frac{j\psi(n)\pi}{4}\right)$, $n = 0, 1, \dots, 5$

TABLA 7

u	$\phi(0), \phi(1), \dots, \phi(5)$					
0	-1	-3	3	-3	3	-3
1	-1	3	-1	1	1	1
2	3	-1	-3	-3	1	3
3	3	-1	-1	1	-1	-1
4	-1	-1	-3	1	-3	-1
5	1	3	-3	-1	-3	3
6	-3	3	-1	-1	1	-3
7	-1	-3	-3	1	3	3
8	3	-1	-1	3	1	3
9	3	-3	3	1	-1	1
10	-3	1	-3	-3	-3	-3
11	-3	-3	-3	1	-3	-3
12	3	-3	1	-1	-3	-3
13	3	-3	3	-1	-1	-3
14	3	-1	1	3	3	1
15	-1	1	-1	-3	1	1
16	-3	-1	-3	-1	3	3
17	1	-1	3	-3	3	3
18	1	3	1	1	-3	3
19	-1	-3	-1	-1	3	-3
20	3	-1	-3	-1	-1	-3
21	3	1	3	-3	-3	1
22	1	3	-1	-1	1	-1
23	-3	1	-3	3	3	3
24	1	3	-3	3	-3	3
25	-1	-1	1	-3	1	-1
26	1	-3	-1	-1	3	1
27	-3	-1	-1	3	1	1
28	-1	3	-3	-3	-3	3
29	3	1	-1	1	3	1

Las propiedades de correlación cruzada y métrica cúbica de las secuencias de longitud 6 definidas en NB-IOT y en la Tabla 7, se muestran a continuación en la Tabla 8.

TABLA 8

	Métrica Cúbica [en unidades de dB]		
	Media	Max	Mediana
NB-IOT (14 secuencias) de la Tabla 3	2,3703	3,8134	2,2589
Nuevo conjunto de 30 secuencias en la Tabla 7	1,3264	1,5140	1,3511
	Correlación Cruzada [en unidades de dB]		
	Media	Max	Mediana
NB-IOT (14 secuencias) de la Tabla 3	0,3374	0,7454	0,2845
Nuevas 30 secuencias en la Tabla 7	0,3715	0,7454	0,3333

- 5 Un nuevo conjunto de secuencias de base de longitud 18 con baja métrica cúbica y correlación cruzada
 Un nuevo conjunto de 30 secuencias con longitud 18 se muestra en la Tabla 9 a continuación. Las propiedades de correlación cruzada y métrica cúbica se resumen en la Tabla 10 de más adelante y se comparan al conjunto de secuencias de longitud 18. Se puede ver que la correlación cruzada y la métrica cúbica de las nuevas secuencias en la Tabla 7 son mucho menores que aquellas asociadas con el conjunto de secuencias de longitud 18.

10

La Tabla 9 ilustra nuevas secuencias de base DMRS de longitud 18 $r_{u,v}(n) = \exp\left(\frac{j\varphi(n)\pi}{4}\right)$, $n = 0, 1, \dots, 17$.

TABLA 9

u	$\varphi(0), \varphi(1), \dots, \varphi(17)$																	
0	-1	1	-3	3	-3	-1	-1	1	-3	1	1	-3	3	3	3	3	1	1
1	-3	-1	-1	1	-3	1	-3	-1	-1	-3	-1	-1	3	1	-1	-3	3	3
2	-1	1	3	-1	-1	3	1	3	-3	3	-3	3	1	1	1	-1	3	1
3	1	-3	1	1	-3	1	-1	-1	-1	1	-3	-3	-3	1	1	-1	-1	3
4	-1	-3	-1	-3	3	-3	-3	-3	-1	1	-3	-1	1	-3	3	1	1	-3
5	-1	-3	1	-1	-3	-3	-3	1	1	1	3	1	-3	1	3	-1	1	3
6	3	-3	3	-3	-3	-3	-3	3	1	1	1	-3	-3	-1	1	-3	3	-1
7	-3	1	-3	-1	-1	-3	-3	-3	-1	3	1	-3	-3	1	-1	-1	-1	3
8	-1	-1	-1	-1	-1	-3	3	-3	1	-1	1	-3	-3	1	1	-3	1	3
9	-1	3	3	-1	-3	-3	-1	3	-3	-3	-3	-3	3	-1	1	-1	3	-3
10	-1	-1	3	-3	3	-1	1	3	1	-3	1	-1	-3	-1	1	-1	-1	1
11	-1	-3	-1	-3	1	3	1	3	3	1	-3	3	1	1	3	-3	-1	1
12	3	-3	3	-1	-3	3	-1	1	-3	1	1	1	-1	-1	-3	-1	1	1
13	-3	-3	-3	-1	-3	-3	3	3	-1	1	-1	1	-3	3	-1	3	3	-1
14	-1	-1	-1	-1	1	-1	-3	3	3	-1	3	-1	3	-3	-1	1	1	-3
15	-1	3	1	3	1	-1	3	3	-1	-3	1	1	-1	1	3	-1	1	-1
16	1	1	-1	-3	-3	-1	-3	1	3	-1	3	-1	-1	3	-1	-1	1	1
17	3	-3	-3	-1	-1	-3	1	-3	3	-1	3	-3	1	1	-3	3	3	1
18	3	-1	1	3	-3	-1	-1	3	1	3	1	3	1	1	-1	-3	3	-1

		3															
19	1	1	-1	1	-3	3	-1	3	3	1	-1	3	-1	-1	-1	1	-3
20	1	3	-3	-1	-3	-1	1	-1	3	-1	1	-1	3	1	-1	-1	-3
21	-3	3	-3	-1	-1	1	-3	1	-1	-1	-1	-3	1	-3	-3	1	-3
22	-3	1	1	1	-3	-3	1	3	1	-1	3	-3	-1	-	-3	-3	-1
23	-3	-3	3	-1	3	1	-1	3	-3	1	-3	-3	-3	1	3	-3	-3
24	1	-3	-3	3	1	-1	-1	-1	-1	1	-1	3	-1	-3	-1	1	3
25	1	-3	-1	-1	3	-3	-3	-1	-3	3	1	3	3	1	-3	-3	3
26	-1	3	-3	3	-1	3	1	-3	-3	-1	-1	-1	-1	1	3	-1	-3
27	3	-3	-1	1	1	3	1	1	3	1	-1	-3	-3	3	1	-3	1
28	1	3	1	1	3	-1	-1	1	1	3	-3	1	-3	3	3	1	-1
29	-1	3	1	1	1	1	1	-1	3	-1	3	-3	-1	1	3	-3	3

La Tabla 10 a continuación muestra las propiedades de correlación cruzada y métrica cúbica de las nuevas secuencias de ase DMRS de longitud 18 de la Tabla 9.

5

TABLA 10

	Métrica Cúbica [en unidades de dB]		
	Media	Max	Mediana
El conjunto de secuencias de la Tabla 9	0,623	0,7395	0,3534
El conjunto de secuencias propuestas	0,9626	1,1086	1,0176
	Correlación Cruzada [en unidades de dB]		
	Media	Max	Mediana
El conjunto de secuencias de la Tabla 9	0,1904	0,4969	0,1571
El conjunto de secuencias propuestas	0,2598	0,5556	0,2485

- 10 Un nuevo conjunto de secuencias de base de longitud 30 con baja métrica cúbica
- Un nuevo conjunto de 30 secuencias con longitud 30 se muestra en la Tabla 11 a continuación. Las propiedades de correlación cruzada y métrica cúbica de estas secuencias se muestran en la Tabla 12 de más. Se puede ver que las 30 nuevas secuencias de base tienen una métrica cúbica más baja (media, máxima y mediana) y una correlación cruzada media y mediana más baja que las secuencias ZC truncadas, con una correlación cruzada ligeramente superior. En comparación con la ZC truncada, para las nuevas secuencias se requiere aproximadamente 1 Kbyte de memoria adicional (1 byte por elemento) para almacenar las secuencias. Sin embargo, dicha memoria adicional no debería ser un problema.
- 15

La Tabla 11 ilustra secuencias generadas por ordenador de longitud 30 $r_{u,v}(n) = \exp\left(\frac{j\varphi(n)\pi}{4}\right)$, $n = 0, 1, \dots, 29$.

20

TABLA 11

u	$\varphi(0), \varphi(1), \dots, \varphi(15)$															
0	1	3	-3	3	-3	-1	-3	-3	1	-3	1	-3	-1	-1	1	-3
1	1	-3	1	-3	-3	3	-1	1	-1	3	-3	-3	1	3	-1	-3
2	1	-3	-1	-1	-3	1	1	3	1	1	-3	-3	3	1	-3	-1
3	3	3	-1	1	3	-1	-3	1	3	-1	-1	1	-1	3	1	1

ES 2 865 824 T3

4	-3	-3	-3	3	-1	-1	-1	1	-1	-1	-3	-3	-1	-1	3	-1
5	3	1	3	-1	-3	1	-3	-1	3	-3	1	3	1	-3	-3	-1
6	1	-1	-3	3	-3	-3	3	3	3	3	3	-3	-1	1	3	3
7	1	1	-1	-1	-1	-3	-1	1	-1	1	-1	3	-1	1	1	-3
8	-3	-3	-3	3	-3	3	-3	-3	-1	1	1	1	-3	-3	1	3
9	-3	1	3	3	-3	-1	3	1	3	3	3	3	1	3	-1	-3
10	-3	-3	-1	-1	1	1	-1	-3	1	-3	1	-1	-1	-1	-1	-3
11	-1	1	-1	3	3	-1	-3	3	1	-1	-1	-1	1	1	1	1
12	1	1	3	1	-3	1	-1	-1	1	1	3	-1	3	-3	-1	1
13	-3	-3	3	1	-3	3	-3	-3	-1	-3	1	3	-3	-1	-3	1
14	3	-3	1	1	1	-3	-1	-1	-3	-3	1	-1	-3	-1	1	-3
15	3	-3	1	3	3	-3	1	3	-3	-3	-3	-1	1	3	1	-3
16	-3	-1	-3	-3	1	-3	1	3	-3	3	-1	-3	-3	-3	-3	3
17	-3	-1	1	3	-1	1	-1	1	3	3	3	-3	-1	-3	1	-1
18	-1	3	-3	1	3	1	1	-1	-3	3	3	-3	-1	3	-3	-3
19	1	-1	1	3	3	3	-3	3	-1	-3	3	-3	-3	1	-3	-1
20	-3	3	1	-3	1	-1	1	3	-3	-1	-1	1	1	1	-1	3
21	-3	1	-1	1	1	-3	-3	-3	-1	3	1	-1	1	3	1	-1
22	-3	-1	1	-3	-3	-1	-3	-1	-3	1	-1	1	-3	-1	1	1
23	-3	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	3	3	-1	-3	3	1
24	1	-3	-1	1	-3	3	-3	-1	3	3	-1	-3	-3	3	1	3
25	-1	-1	-1	-1	3	-1	1	-1	1	3	-1	3	3	-3	-3	1
26	1	1	1	-1	1	1	-1	-3	3	3	-1	-3	1	-3	-3	1
27	3	1	1	-1	3	3	3	-1	-3	-3	-3	-3	-3	3	1	1
28	1	-3	3	-1	1	3	-1	3	1	3	3	3	-1	1	1	3
29	-1	3	-3	1	-3	-1	3	3	-1	-3	3	-3	3	1	3	1

	$\varphi(16), \varphi(17), \dots, \varphi(29)$															
0	-1	1	1	-1	-3	-3	-3	1	-3	3	-1	-3	3	1		
1	-3	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	-3	-3	3	-3	-3	1		
2	-3	1	-3	-1	-3	-3	-1	3	-3	-3	-3	1	3	3		
3	1	3	-1	-3	-3	1	3	-3	-3	3	1	1	3	3		
4	3	3	-3	-1	1	-3	-3	3	-1	1	3	-1	-3	3		
5	-1	3	3	-3	1	-1	-3	-1	1	1	-1	-1	-1	-1		

6	-3	1	-3	-1	-3	-1	1	1	-1	3	3	3	1	-3
7	3	-3	3	3	-3	-3	-1	1	1	-1	3	3	-1	-3
8	-1	1	-1	3	-3	1	-3	-3	1	-1	-3	-1	3	1
9	-1	-3	-3	-1	1	-3	1	3	-3	3	1	-1	-1	-3
10	-1	3	-3	1	3	-1	3	3	-1	-1	-3	3	-3	1
11	-3	-1	3	1	3	1	-3	-1	-1	-3	-3	-1	3	-3
12	-3	-3	-1	-1	1	-1	-1	-3	1	3	3	1	1	-1
13	-3	-1	3	1	3	1	1	3	3	1	-3	-1	-1	-3
14	1	-3	-1	1	1	-3	3	-3	3	-1	-3	1	-1	1
15	-1	-1	-3	-1	-3	3	-3	3	1	-1	-3	3	1	-1
16	-1	1	-1	3	-1	-1	1	3	1	-1	-3	-1	1	3
17	3	-1	-1	-3	1	-1	-1	-3	-1	-3	-3	-3	3	1
18	-1	-1	-3	3	1	3	3	3	-3	1	-1	3	1	-3
19	3	-3	-3	3	3	3	-3	1	1	1	-1	-1	3	3
20	1	1	-1	-1	3	-3	1	-3	-3	-3	1	-3	1	1
21	-3	3	-3	-3	-1	-3	-3	-3	3	-3	-1	3	-3	3
22	-3	-3	-3	-3	1	-1	-3	3	-1	3	3	1	-1	-1
23	-3	1	-1	1	-3	3	-3	1	-1	-1	3	-3	1	3
24	-1	-1	1	-1	-3	1	-3	-1	-1	-1	1	1	3	-1
25	1	3	3	-1	3	-1	-3	1	3	-1	-3	3	3	1
26	-1	1	-1	1	3	-3	1	3	-1	3	-1	-1	1	3
27	3	-3	-1	1	3	1	-3	3	1	-1	1	-1	1	3
28	1	-3	-1	-3	-1	-1	3	-1	1	1	1	-1	-3	3
29	3	1	-1	-1	3	-3	-3	1	1	1	1	1	3	3

La Tabla 12 a continuación muestra las nuevas secuencias de longitud 30 contras las secuencias Zadoff-Chu truncadas.

5

TABLA 12

	Métrica Cúbica [en unidades de dB]		
	Media	Max	Mediana
Truncado de ZC de longitud 31	1,2102	2,4371	1,043
Nuevas secuencias QPSK de la Tabla 11	0,8719	0,9998	0,9109
	Correlación Cruzada [en unidades de dB]		
	Media	Max	Mediana
Truncado de ZC de	0,1809	0,2172	0,1768

longitud 31			
Nuevas secuencias QPSK de la Tabla 11	0,1568	0,359	0,1491

Secuencias que permiten la multiplexación ortogonal de RPF = 2 y RPF = 1

5 En algunas realizaciones, puede no ser esencial optimizar para una CM o PAPR mínima o para bajas magnitudes de correlación. Esta flexibilidad de diseño se puede usar para mejorar la compatibilidad con los dispositivo inalámbricos de Ver-13 "RPF = 1" que transmiten la DMRS sin repetición de IFDMA.

10 Primero, se recuerda que los dispositivos inalámbricos IFDMA que usan RPF = 2 transmiten su secuencia en cada otra subportadora, tal como se describe anteriormente. De manera más general, IFDMA con D repeticiones ('RPF = D') puede ser escrito como sigue. Observe que D = 2 para el caso con RPF = 2.

$$re(Dk, l) = r_{u,v}^{(\alpha)}(n) \quad (8)$$

donde:

15 $re(Dk, l)$ es un elemento de recurso con índice Dk de subportadora en el símbolo l SC-OFDM de enlace ascendente. $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ es el enésimo elemento de una nueva secuencia de referencia DMRS a ser usada para RPF = D con el índice u de grupo y el índice v de secuencia con desplazamientos cíclico.

20 Si el RPF = D, los dispositivos inalámbricos usan los mismos valores de elemento de secuencia de referencia en sus elementos de recursos ocupados como el dispositivo inalámbrico de Ver-13 hace, entonces la ortogonalidad del desplazamiento cíclico se puede mantener para todos dado que la longitud de la secuencia RPF = D es al menos una longitud de 12. Entonces la nueva secuencia $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ de RPF = D se puede definir como una versión diezmada de la secuencia DMRS de Ver-13, es decir, el tipo de señal diezmado, que se puede expresar:

$$25 \quad r_{u,v}^{(\alpha)}(n) = r_{u,v}(Dn + \Delta_r) \quad (9)$$

donde:

30 $r_{u,v}(n)$ es el enésimo elemento de la secuencia de base DMRS de la Ver-13 con el índice u de grupo y el índice v de secuencia de grupo. $\Delta_r \in \{0, 1, \dots, D\}$ es una compensación usada para seleccionar que parte de la secuencia de base DMRS de la Ver-13 se usa.

35 La FIGURA 9 ilustra un ejemplo de uso de las secuencias de base existentes diezmadas, es decir, las secuencias de base diezmadas, donde el dispositivo 1 inalámbrico (WD1) es un nuevo dispositivo inalámbrico configurado con IFDMA y el dispositivo 2 inalámbrico (WD2) es un dispositivo inalámbrico anterior con la secuencia 2 de base. La nueva secuencia de símbolos de referencia para RPF = D con desplazamiento cíclico se determina entonces de alguna manera diferente que para la Ver-13 que usa la siguiente ecuación. Observe que se usa un factor de D en el exponente de manera que la señal de referencia nueva y de la Ver-13 tienen los mismos valores al ser correspondidas a las mismas subportadoras.

$$40 \quad r_{u,v}^{(\alpha)}(n) = e^{jD\alpha n} r_{u,v}^{(\alpha)}(n), \quad 0 \leq n < M_{sc}^{RS} \quad (10)$$

45 Donde $M_{sc}^{RS} = \lfloor M_{sc}^{RS} / D \rfloor$ es la longitud de la nueva secuencia de señales de referencia y M_{sc}^{RS} es la longitud de la secuencia de la Ver-13 a partir de la cual se diezma.

La secuencia de RPF = D puede estar construida de manera alternativa estableciendo elementos de la secuencia de Ver-13 a cero, y transmitiendo la secuencia modificada en los mismos RE que la secuencia de la Ver-13. Esta correspondencia de RE se puede expresar:

$$50 \quad re(k, l) = \begin{cases} r_{u,v}^{(\alpha)}(n); & k = \lfloor n / D \rfloor + \Delta_r \\ 0; & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (11)$$

donde:

$r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ es el n -ésimo elemento de una secuencia de referencia DMRS de la Ver-13 con el índice u de grupo y el índice v de secuencia de grupo con el desplazamiento α cíclico. $\Delta_r \in \{0, 1, \dots, D\}$ es una compensación usada para seleccionar que parte de las subportadoras DMRS de la Ver-13 no son cero y contienen valores de la secuencia de la Ver-13.

El enfoque se puede extender a los escenarios en los que un nuevo dispositivo inalámbrico configurado con IFDMA puede ser emparejado con más de un dispositivo inalámbrico heredado, donde cada uno ocupa una parte diferente del ancho de banda programado para el nuevo dispositivo inalámbrico. Un ejemplo se muestra en la FIGURA 10. En este caso, la secuencia de base para el nuevo dispositivo inalámbrico puede ser una versión diezmada de las dos secuencias de base, es decir, el tipo de señal diezmado, asociado con los dos dispositivos inalámbricos heredados.

Conmutación dinámica entre los tipos de secuencias DMRS

Ya que la anterior construcción asegura que un valor de secuencia de la Ver-13 y un nuevo valor de secuencia son el mismo en los RE en los que se transmite la nueva secuencia, entonces un receptor que opera en la misma parte del ancho de banda puede usar el mismo conjunto de desplazamientos cíclicos para multiplexar la secuencia de la Ver-13 y la nueva secuencia. Esto es, si una secuencia de la Ver-13 se transmite con desplazamiento α_1 en un conjunto de RE y se transmite una nueva secuencia con desplazamiento α_2 una vez cada D RE del conjunto de RE, si $\alpha_1 \neq \alpha_2$, entonces las secuencias no interferirán mutuamente en un canal de propagación de radio con una dispersión de retardo suficientemente baja.

Tal como se mencionó anteriormente, este diseño de secuencia no está optimizado, y por tanto puede no tener una CM, PAPR, o magnitudes de correlación tan bajas como las de una secuencia optimizada para una longitud de secuencia dada. Esto puede ser visto en los ejemplos de más adelante, donde la CM y la correlación cruzada se evalúan para secuencias de longitud 6 y longitud 12. La CM media y mediana para longitudes de 6 y de 12 están aproximadamente en 0,7-0,8 y 1,6 dB o así de grandes para el diseño diezmado en comparación con el diseño de secuencia optimizado. Las máximas diferencias de CM son considerablemente más altas, aunque infrecuentes. Las magnitudes de correlación cruzada están relativamente, cerca, excepto para el valor de correlación cruzada máximo de longitud 12, que es de aproximadamente 0,3 dB mayor.

La Tabla 13 a continuación ilustra secuencias de la Ver-13 diezmadas de longitud 6 contra el diseño de secuencias optimizadas

TABLA 13

	Métrica Cúbica [en unidades de dB]		
	Media	Max	Mediana
Nuevo conjunto de 30 secuencias de la Tabla 7	1,3264	1,5140	1,3511
Secuencia de la Ver-13 diezmada (con $\Delta_r = 0$)	2,0126	3,1783	2,1729
	Correlación Cruzada [en unidades de dB]		
	Media	Max	Mediana
Nuevo conjunto de 30 secuencias de la Tabla 7	0,3715	0,7454	0,3333
Secuencia de la Ver-13 diezmada (con $\Delta_r = 0$)	0,3788	0,8498	0,3333

La Tabla 14 a continuación ilustra secuencias de la Ver-13 diezmadas de longitud 12 contra una secuencia de la Ver-8

TABLA 14

	Métrica Cúbica [en unidades de dB]		
	Media	Max	Mediana
Secuencia de longitud 24 de la Ver-8	0,7971	1,1354	0,8293
Secuencia de la Ver-13 diezmada (con $\Delta_r = 0$)	2,3620	3,3430	2,4277
	Correlación Cruzada [en unidades de dB]		
	Media	Max	Mediana
Truncado de la secuencia ZC de longitud 31	0,1829	0,4751	0,1717
Secuencia de la Ver-13 diezmada (con $\Delta_r = 0$)	0,2492	0,7454	0,2427

Ya que existe un compromiso entre ser capaz de multiplexar dispositivos de la Ver-13 con dispositivos inalámbricos usando las nuevas secuencias de referencia diezmadas con las mayores magnitudes de CM y correlación cruzada cuando se usa la secuencia diezmada, puede ser deseable conmutar entre secuencias. Por lo tanto, en una realización el DCI, es decir, el campo de control de enlace descendente puede indicar a un dispositivo inalámbrico si debería usar uno o dos tipos de secuencias para generar una secuencia de referencia de enlace ascendente en una subtrama dada. En una o más realizaciones, el DCI es un parámetro para la transmisión en un canal de enlace ascendente. Los tipos de secuencias pueden ser por ejemplo la secuencia de Ver-13 diezmada y una secuencia con unas propiedades de magnitud de CM o autocorrelación menores. El DCI puede indicar directamente que tipo de secuencia usar a través de un campo que selecciona el tipo de secuencia. De manera alternativa, un parámetro de asignación de recursos en el DCI, tal como el número de RB con los que transmitir el PUSCH, puede seleccionar el tipo de secuencia. Por ejemplo, en una realización, si el número de RB es par, entonces se usa una secuencia de la Ver-13, donde la secuencia tiene bajas propiedades de CM o autocorrelación. Si el número de RB es impar, se usa la secuencia de referencia diezmada, es decir, el tipo de señal diezmado. En otro ejemplo, cuando el número de RB es menor que un cierto umbral o un número predefinido de RB definido por un criterio, por ejemplo 6 RB, se usan las secuencias QPSK de baja CM, en otro caso, se usan las secuencias diezmadas. Si es aceptable una conmutación menos rápida entre tipos, se pueden usar elementos de control MAC o señalización RRC para identificar el tipo de secuencia.

Una nueva correspondencia para el Campo de Desplazamiento Cíclico para facilitar el emparejamiento MU-MIMO dinámico

Para garantizar la mejor separación posible de desplazamiento cíclico en escenario con alta dispersión Doppler y baja dispersión de retardo, se escogen en esta realización los desplazamientos cíclicos con la mayor separación mínima para la primera capa. A partir de la correspondencia del campo de desplazamiento cíclico anterior en la Tabla 4, los desplazamientos cíclicos posibles para la 1ª capa (es decir, $\lambda = 0$) son $\{0, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10\}$. Para IFDMA con RPF2, el número mínimo de capas ortogonales es 4 (2 capas ortogonales del OCC-2 y 2 capas ortogonales del RPF-2 IFDMA). Por tanto, es natural asignar 4 puntos de código a partir de una tabla de 3 bits para IFDMA y los restantes 4 puntos de código para no IFDMA. Esto significa que a partir del conjunto $\{0, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10\}$, se necesita elegir cuatro desplazamientos cíclicos con la mayor diferencia mínima de desplazamiento cíclico. El subconjunto $\{0, 3, 6, 9\}$ proporciona la mejor diferencia mínima de desplazamiento cíclico de 3 para la 1ª capa. Esto corresponde a los puntos de código 000, 001, 010, y 111 en la Tabla 4, y por tanto estos puntos de código se reservan para no IFDMA.

A partir de los restantes 4 puntos de código (es decir, 011, 100, 101, 110), se necesita reservar dos puntos de código para cada una en OFDMA RPF-2 en subportadoras impares y pares. Los dos puntos de código dentro de las subportadoras impares necesitan estar separados por OCC-2 (una separación similar es necesaria para las subportadoras pares). Entre los puntos de código restantes, el par de puntos de código (011, 101) puede estar separado por OCC-2. Este par puede ser reservado para IFDMA RPF-2 en subportadoras impares. El par de puntos de código restante (100, 110) que puede estar separado también por OCC-2 puede ser reservado para IFDMA RPF-2 en las subportadoras pares. La tabla de correspondencia de campo de desplazamiento cíclico resultante se muestra en la Tabla 15 a continuación. En una realización alternativa, el par de puntos de código (011, 101) se puede reservar para IFDMA RPF-2 en subportadoras pares y el par de puntos de código (100, 110) se puede reservar para IFDMA RPF-2 en subportadoras impares. La tabla de correspondencia de campo de desplazamiento cíclico correspondiente a esta realización se muestra en la Tabla 16 más adelante.

La Tabla 15 muestra la correspondencia del Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado al enlace ascendente para soportar el emparejamiento dinámico.

TABLA 15

Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente	$n_{\text{DMRS}}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)]$				Configuración IFDMA
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras

									impares
110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA

La Tabla 16 muestra una correspondencia del Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado al enlace ascendente para soportar el emparejamiento dinámico.

5

TABLA 16

Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente	$P_{\text{DMRS},\lambda}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)]$				Configuración IFDMA
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares
110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA

- 10 Se debería observar también que el par de puntos de código (011, 110) puede estar separado por OCC-2. Por tanto, en aún otra realización alternativa de la realización, este par puede estar reservado para IFDMA RPF-2 en portadoras impares. El par de puntos de código (100, 101) restante que puede estar separado también por OCC-2 se puede reservar para IFDMA RPF-2 en las subportadoras pares. La tabla de correspondencia del campo de desplazamiento cíclico resultante se muestra en la Tabla 17 a continuación. En una realización alternativa, el par de puntos de código (011, 110) se puede reservar para IFDMA RPF-2 en las subportadoras pares y el par de puntos de código (100, 101) se puede reservar para IFDMA RPF-2 en las subportadoras impares. La tabla de correspondencia del campo de desplazamiento cíclico correspondiente a esta realización se muestra en la Tabla 18 más adelante.

15

La Tabla 17 muestra la correspondencia del Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado al enlace ascendente para soportar el emparejamiento dinámico.

20

TABLA 17

Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente	$P_{\text{DMRS},\lambda}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)]$				Configuración IFDMA
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares
110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA

La Tabla 18 muestra una correspondencia del Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado al enlace ascendente para soportar el emparejamiento dinámico.

5

TABLA 18

Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente	$P_{\text{DMRS}}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) w^{(\lambda)}(1)]$				Configuración IFDMA
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares
110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA

10 En otra realización, el número de puntos de códigos reservados para no IFDMA puede ser inferior a 4 siguiendo un criterio similar de separación mínima posible del desplazamiento cíclico. Los puntos de código restantes se pueden distribuir entre las subportadoras pares e impares IFDMA RPF-2 en base al criterio de ser capaces de separar por OCC-2.

15 En otra realización, la asignación de puntos de código puede ser dependiente de la señalización de un parámetro indicador IFDMA. Si el dispositivo inalámbrico no está configurado con IFDMA, la tabla de campo de desplazamiento cíclico se indica en la tabla 19. Si se configura IFDMA, la tabla de campo de desplazamiento cíclico se indica en las tablas 20 a 23, donde cada tabla muestra una correspondencia posible diferente de portadoras a índice de campo de desplazamiento cíclico.

20 La Tabla 19 a continuación muestra una correspondencia del Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado al enlace ascendente para soportar el emparejamiento dinámico con el parámetro indicador IFDMA señalizado que señala “no IFDMA”.

25

TABLA 19

Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente	$P_{\text{DMRS}}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) w^{(\lambda)}(1)]$				Configuración IFDMA
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	No IFDMA
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA
110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	No IFDMA

La Tabla 20 muestra una correspondencia del Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado al enlace ascendente para soportar el emparejamiento dinámico con el parámetro indicador de IFDMA señalado que señala "IFDMA configurado"

5

TABLA 20

Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente	$\mu_{\text{DMRS},\lambda}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)]$				Configuración IFDMA
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares
110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares

La Tabla 21 muestra una correspondencia del Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado al enlace ascendente para soportar el emparejamiento dinámico con el parámetro indicador de IFDMA señalado que señala "IFDMA configurado"

10

TABLA 21

Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente	$\mu_{\text{DMRS},\lambda}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)]$				Configuración IFDMA
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares
110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares

15

La Tabla 22 muestra una correspondencia del Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado al enlace ascendente para soportar el emparejamiento dinámico con el parámetro indicador de IFDMA señalado que señala "IFDMA configurado"

5

TABLA 22

Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente	$\mu_{\text{DMRS}}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)]$				Configuración IFDMA
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares
110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares

10

La Tabla 23 muestra una correspondencia del Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado al enlace ascendente para soportar el emparejamiento dinámico con el parámetro indicador de IFDMA señalado que señala "IFDMA configurado"

TABLA 23

Campo de Desplazamiento Cíclico en el formato DCI relacionado con el enlace ascendente	$\mu_{\text{DMRS}}^{(2)}$				$[w^{(\lambda)}(0) \ w^{(\lambda)}(1)]$				Configuración IFDMA
	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	$\lambda = 0$	$\lambda = 1$	$\lambda = 2$	$\lambda = 3$	
000	0	6	3	9	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares
001	6	0	9	3	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
010	3	9	6	0	[1 -1]	[1 -1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
011	4	10	7	1	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras impares
100	2	8	5	11	[1 1]	[1 1]	[1 1]	[1 1]	Subportadoras pares
101	8	2	11	5	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras pares
110	10	4	1	7	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares
111	9	3	0	6	[1 1]	[1 1]	[1 -1]	[1 -1]	Subportadoras impares

15

En una realización, la presente descripción proporciona un método de transmisión de una señal de referencia con una relación de potencia pico a promedio reducida mientras mantiene su identificabilidad entre otras señales de

referencia. El método incluye seleccionar una secuencia de señales de referencia de longitud L a partir de una pluralidad de secuencias de señales de referencia de longitud L, en donde la pluralidad de señales de referencia de longitud L comprende al menos una secuencia equivalente a una secuencia en una de las Tablas 7, 9 o 11.

- 5 En otra realización, se proporciona un método de multiplexación de señales de referencia que ocupa diferentes números de subportadoras. El método incluye la determinación de una primera secuencia de señales de referencia, en donde los valores de la primera secuencia de señales de referencia se seleccionan a partir de un conjunto de valores de una segunda secuencia de señales de referencia, y la transmisión de la primera secuencia de señales de referencia en un primer conjunto de subportadoras, en donde el primer conjunto de subportadoras es un subconjunto de las subportadoras usadas para transmitir la segunda secuencia, y los valores de la primera y segunda secuencias que se transmite en el primer conjunto de subportadoras son los mismos.

En otra realización, la primera y segunda secuencias se determinan usando un primer y segundo factor de desplazamiento cíclico. En una realización, la primera secuencia de referencia DMRS es proporcional a $e^{jD\alpha_1 n}$, en

- 15 donde $\alpha_1 = \frac{2\pi n_{cs,1}}{12}$ es el primer factor de desplazamiento cíclico y $n_{cs,1} \in \{0,1, \dots, 11\}$ está dado por la ecuación (2); $n = 0,1, \dots, M_{sc}^{RS}/D - 1$. En otra realización, D es un número de subportadoras usadas para transmitir la segunda secuencia dividido por un número de subportadoras usadas para transmitir la primera secuencia.

- 20 En otra realización de la presente descripción, se proporciona un método de multiplexación de señales de referencia que ocupan diferentes números de subportadoras. El método incluye la determinación de una primera secuencia de señales de referencia con longitud L, la transmisión de un subconjunto de la secuencia de señales de referencia en un primer subconjunto de un conjunto de L subportadoras, y la transmisión de señales de magnitud cero en las subportadoras del conjunto que no están en el primer subconjunto.

- 25 En otra realización, se proporciona un método de conmutación entre secuencias de señales de referencia para bien mejorar la capacidad de multiplexación o reducir la potencia de transmisión de la secuencia requerida. El método incluye la recepción de una indicación que selecciona bien un primer o un segundo tipo de secuencias de señales de referencia, en donde el primer tipo de señales de referencia comprende secuencias de señales de referencia que se transmiten en un primer subconjunto de un conjunto de las subportadoras y son ortogonales a una segunda señal de referencia transmitida en todo el conjunto de subportadoras. El segundo tipo de señales de referencia incluye secuencias de señales de referencia que se transmiten en un primer subconjunto de un conjunto de subportadoras y tienen una menor métrica de potencia de transmisión requerida que el primer tipo de señales de referencia. El método de esta realización incluye además la transmisión de una señal de referencia que tiene el tipo de señal de referencia en el primer subconjunto del conjunto de portadoras.

- 35 En una realización, el conjunto de secuencias de base de longitud 6 está dado en la Tabla 7. En una realización, el conjunto de secuencias de base de longitud 18 está dado en la Tabla 9. En una realización, el conjunto de secuencias de base de longitud 30 está dado en la Tabla 11.

- 40 En otra realización, se proporciona un método de transmisión de una señal de referencia con una relación de potencia pico a promedio (o una CM) reducida mientras que mantiene su identificabilidad entre otras señales de referencia. El método incluye la construcción de una secuencia de símbolos QPSK donde el conjunto predeterminado de secuencias incluye las secuencias que el dispositivo inalámbrico puede transmitir; y la transmisión de la secuencia de símbolos QPSK. En una realización, la secuencia tiene una métrica cúbica menor que 2,0 y donde la máxima correlación cruzada entre la secuencia y un conjunto predeterminado de secuencias es de 0,8 como mucho.

- En otra realización, se proporciona un método de transmisión de señales de referencia de demodulación en una red inalámbrica. El método incluye la determinación de un conjunto de secuencias de base de una de las longitudes 6 o 18 y 30, y la derivación de una secuencia de señales de referencia de demodulación a partir del conjunto de secuencias de base, la multiplexación en el tiempo de la secuencia de señales de referencia de demodulación y de los datos de usuario en símbolos SC-OFDM, la recepción, desde un dispositivo inalámbrico, de la señal multiplexada, la recepción por un modo de red, de la señal de referencia de demodulación, y la realización de la estimación de canal en base a la señal de referencia de demodulación. En una realización, el conjunto de secuencias de base consiste en 30 secuencias QPSK.

- 55 En otra realización, se proporciona un método de conmutación dinámica del emparejamiento de los múltiples usuarios desde una subtrama a otra subtrama para mejorar la probabilidad de emparejamiento multiusuario. El método incluye proporcionar una indicación a partir de un conjunto de indicaciones que identifique al menos uno de entre un desplazamiento cíclico, las subportadoras que deberían ser usadas para la transmisión, y una secuencia de cobertura ortogonal. En algunas realizaciones, la indicación a partir de un conjunto de indicaciones es una indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS. El conjunto de indicaciones incluye al menos uno de entre: una primera indicación de que un dispositivo inalámbrico debería transmitir en todas las subportadoras de un conjunto de subportadoras y usar un valor de desplazamiento cíclico del conjunto de valores de desplazamiento cíclico {0, 3, 6,

9); una segunda indicación de que un dispositivo inalámbrico debería transmitir en un primer subconjunto de un conjunto de subportadoras que usan una secuencia de cobertura ortogonal y un valor de desplazamiento cíclico de uno de los conjuntos de valores de desplazamiento cíclico de entre los dos conjuntos de valores de desplazamiento cíclico {1, 7, 4, 10} y {2, 5, 8, 11}; y una tercera indicación de que un dispositivo inalámbrico debería transmitir en un segundo subconjunto de un conjunto de subportadoras usando la secuencia de cobertura ortogonal y un valor de desplazamiento cíclico del conjunto de valores de desplazamiento cíclico no usado por otro dispositivo inalámbrico que transmite en el primer subconjunto del conjunto de subportadoras.

En una realización, la recepción de un dispositivo inalámbrico se configura de manera semiestática por capas superiores para bien usar la tabla existente mostrada en la Tabla 4 y una de las tablas mostradas en las Tablas 15-23. Esta configuración podría ser un parámetro binario configurado en una capa superior. Dependiendo del valor del parámetro binario configurado en la capa superior, el dispositivo interpretará los 3 bits recibidos en el Desplazamiento Cíclico archivado usando bien la Tabla 4 o una de las Tablas 15-23.

La FIGURA 11 es un dispositivo 20 inalámbrico ejemplar configurado para usar una secuencia de señales de referencia con una relación de potencia pico a promedio predeterminada o reducida construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. El dispositivo 20 inalámbrico incluye un circuito 22 de procesamiento, que incluye una memoria 24 en comunicación con el procesador 26. La memoria 24 se configura para almacenar las primeras y segundas secuencias 28 de señales. La memoria 34 tiene instrucciones que, al ser ejecutadas por el procesador 26, configuran el procesador 26, y, específicamente, el utilizador 32 de secuencias de señales de referencia, para usar la secuencia de señales de referencia en el nivel de potencia predeterminado. Se ha identificado un primer conjunto de secuencias de señales, teniendo el primer conjunto de secuencias de señales al menos uno de entre la relación de potencia pico a promedio (PAPR) y la métrica cúbica (CM) por debajo de un valor umbral correspondiente. Se ha identificado un segundo conjunto de secuencias de señales como el primer conjunto o un subconjunto del primer conjunto, en donde, de manera opcional, el segundo conjunto ha sido identificado eliminando secuencias del primer conjunto de secuencias de señales candidatas que tienen las mayores estadísticas de magnitud de correlación cruzada, en donde, de manera opcional, la eliminación es iterativa. El segundo conjunto de secuencias de señales se ha designado como la secuencia de señales de referencia. Además de un procesador y una memoria tradicional, el circuito 22 de procesamiento puede incluir un circuito integrado para procesar y/o controlar, por ejemplo, uno o más procesadores y/o núcleos de procesadores y/o FPGA (Matrices de Puertas Programables en Campo) y/o ASIC (Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas).

El circuito 22 de procesamiento puede incluir y/o estar conectado a y/o estar configurado para acceder (por ejemplo, escribir y/o leer de) la memoria 24, o que puede comprender cualquier tipo de memoria volátil y/o no volátil, por ejemplo, memoria cache y/o memoria intermedia y/o RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) y/o ROM (Memoria de Sólo Lectura) y/o memoria óptica y/o EPROM (Memoria de Sólo Lectura Programable Borrable). Dicha memoria 24 se puede configurar para almacenar código ejecutable por el circuito de control y/o otros datos, por ejemplo, datos que pertenecen a la comunicación, por ejemplo, datos de configuración y/o direcciones de los nodos, etc. El circuito 22 de procesamiento se puede configurar para controlar cualquiera de los métodos descritos en la presente memoria y/o para provocar que dichos métodos sean realizados, por ejemplo, por el procesador 26. Las instrucciones correspondientes se pueden almacenar en la memoria 24, que puede ser legible y/o esta conectada de manera legible al circuito 22 de procesamiento. En otras palabras, el circuito 22 de procesamiento puede incluir un controlador, que puede comprender un microprocesador y/o un microcontrolador y/o un dispositivo FPGA (Matrices de Puertas Programables en Campo) y/o un dispositivo ASIC (Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas). Se puede considerar que el circuito 22 de procesamiento incluye o puede estar conectado o ser conectable a la memoria, que se puede configurar para ser accesible para la lectura y/o escritura por el controlador y/o circuito 22 de procesamiento.

En una realización, los valores del primer conjunto de secuencias de señales y del segundo conjunto de secuencias de señales son los mismos. En otra realización, el primer conjunto de secuencias de señales se adapta para ser transmitido en un primer conjunto de subportadoras y el segundo conjunto de secuencias de señales se adapta para ser transmitido en un segundo conjunto de subportadoras, donde el procesador 26 se configura además para multiplexar el primer conjunto de secuencias de señales y el segundo conjunto de secuencias de señales. En otra realización, el segundo conjunto de subportadoras es un subconjunto de subportadoras usado para transmitir el primer conjunto de secuencias de señales.

En otra realización, el primer conjunto de secuencias se determina usando un primer factor de desplazamiento cíclico y el segundo conjunto de secuencias se determina usando un segundo factor de desplazamiento cíclico. En algunas realizaciones, la primera secuencia de referencia DMRS es proporcional a $e^{jD\alpha n}$, en donde $\alpha_1 = \frac{2\pi n_{cs,1}}{12}$ es el primer factor de desplazamiento cíclico y $n_{cs,1} \in \{0,1,\dots,11\}$ está dado por la ecuación (2); $n = 0,1,\dots,M_{sc}^{RS}/D - 1$, donde D es un número de subportadoras usadas para transmitir el segundo conjunto de secuencias de señales dividido por un número de subportadoras usado para transmitir el primer conjunto de secuencias de señales. En algunas realizaciones, la segunda secuencia de referencia DMRS es proporcional a

$e^{jD \alpha n}$, en donde $\alpha_2 = \frac{2\pi n_{cs,2}}{12}$ es el segundo factor de desplazamiento cíclico y $n_{cs,2} \in \{0,1, \dots, 11\}$ está dado por la ecuación (2), $n = 0,1, \dots, M_{sc}^{RS} - 1$.

En otra realización el procesador 26 se configura además para construir una secuencia de símbolos de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura y la interfaz 36 de comunicaciones se configura para transmitir la secuencia de los símbolos QPSK. En otra realización, la secuencia de símbolos QPSK tiene una métrica cúbica menor que un umbral predeterminado. En otra realización, una correlación cruzada máxima entre la secuencia de símbolos QPSK y un conjunto predeterminado de secuencias es menor que un umbral predeterminado.

La FIGURA 12 es una realización alternativa de un dispositivo 20 inalámbrico para determinar las señales de referencia que ocupan un número diferente de subportadoras de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. Específicamente, el dispositivo 20 inalámbrico se configura para multiplexar señales de referencia que ocupan números diferentes de subportadoras. El dispositivo 20 inalámbrico incluye un circuito 22 de procesamiento, que incluye una memoria 24 en comunicación con el procesador 26. La memoria 24 incluye instrucciones que, al ser ejecutadas por el procesador 26, configuran el procesador 26, y específicamente, el determinador 34 de secuencias de señales de referencia, para determinar una primera secuencia de señales de referencia con longitud L. La interfaz 37 de comunicaciones del dispositivo 20 inalámbrico se configura para transmitir un subconjunto de la primera secuencia de señales de referencia sobre un primer subconjunto de un conjunto de L subportadoras, y transmitir las señales de magnitud cero sobre subportadoras que no están en el primer subconjunto de subportadoras.

La FIGURA 13 es un dispositivo 20 inalámbrico ejemplar para conmutar entre secuencias de señales de referencia construidas de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. Específicamente, el dispositivo 20 inalámbrico se configura para conmutar entre las secuencias de señales de referencia a una para mejorar la capacidad de multiplexación o reducir la potencia de transmisión de la secuencia requerida. El dispositivo 20 inalámbrico incluye una interfaz 36 de comunicaciones configurada para recibir una indicación que selecciona un tipo de señal de referencia de uno de un primer o un segundo tipo de señal de referencia, y el circuito 22 de procesamiento que incluye la memoria 24 en las comunicaciones con un procesador, 26, teniendo la memoria 24 instrucciones que, al ser ejecutadas por el procesador 26, configuran el procesador 26, y específicamente, el determinador 38 de señales de referencia, para determinar una señal de referencia en base al tipo de señal de referencia seleccionado. La interfaz 36 de comunicaciones se configura además para transmitir la señal de referencia determinada.

En una realización, el primer tipo de señal de referencia incluye secuencias de señales de referencia que se transmiten en un primer subconjunto de un conjunto de subportadoras y que son ortogonales a una segunda señal de referencia transmitida en el conjunto de subportadoras y el segundo tipo de señal de referencia incluye las secuencias de señales de referencia que se transmiten en el primer subconjunto de un conjunto de subportadoras y tienen una métrica de potencia de transmisión requerida inferior que la del primer tipo de señal de referencia.

La FIGURA 14 es un dispositivo 20 inalámbrico ejemplar para transmitir señales de referencia de demodulación en una red inalámbrica construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. El dispositivo 20 inalámbrico incluye un circuito 22 de procesamiento que incluye una memoria 24 en comunicaciones con un procesador 26. La memoria 24 tiene instrucciones que, al ser ejecutadas por el procesador 26, configuran el procesador 26, y específicamente, el determinador 40 de secuencias de base, para determinar un conjunto de secuencias de base. El procesador 26, y específicamente, el determinador 42 de secuencias de señales de referencia de demodulación, se configura para derivar una secuencia de señales de referencia de demodulación a partir del conjunto de secuencias de base. El procesador 26 y específicamente, el multiplexor 44, se configura para multiplexar en el tiempo la secuencia de señales de referencia de demodulación y los datos de usuario en símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales de portadora única (SC-OFDM). El dispositivo 20 inalámbrico incluye además una interfaz 36 de comunicaciones configurada para transmitir la señal multiplexada.

La FIGURA 15 es un dispositivo 20 inalámbrico ejemplar para identificar las subportadoras óptimas para mejorar la probabilidad de emparejamiento multiusuario construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. Específicamente, el dispositivo 20 inalámbrico se configura para conmutar de manera dinámica un emparejado de múltiples usuarios de una subtrama a otra subtrama para mejorar la probabilidad de emparejamiento multiusuario. El dispositivo 20 inalámbrico incluye un circuito 22 de procesamiento, que incluye una memoria 24 en comunicaciones con un procesador 26. El dispositivo 20 inalámbrico incluye la interfaz 36 de comunicaciones. La memoria 24 incluye instrucciones que, al ser ejecutadas por el procesador 26, configuran el procesador 26, y específicamente el generador 46 de indicaciones de subportadora, para proporcionar una indicación a partir de un conjunto de indicaciones que identifique al menos uno de un desplazamiento cíclico, qué subportadoras se deberían usar para la transmisión, y una secuencia de cobertura ortogonal. En algunas realizaciones, esta indicación es un indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS.

En una realización, el conjunto de indicaciones incluye al menos una de una primera indicación de que el dispositivo 20 inalámbrico debería transmitir en todas las subportadoras de un conjunto de subportadoras, una segunda

indicación de que el dispositivo 20 inalámbrico debería transmitir en un primer subconjunto del conjunto de subportadoras, y una tercera indicación de que el dispositivo 20 inalámbrico debería transmitir en un segundo subconjunto del conjunto de subportadoras.

- 5 En una realización, la interfaz 36 de comunicaciones del dispositivo 20 inalámbrico transmite en todas las subportadoras de un conjunto de subportadoras que usan un valor de desplazamiento cíclico del conjunto de valores de desplazamiento cíclico {0, 3, 6, 9}.
- 10 En otra realización, la interfaz 36 de comunicaciones del dispositivo 20 inalámbrico transmite en el primer subconjunto del conjunto de subportadoras que usan una secuencia de cobertura ortogonal y un valor de desplazamiento cíclico de uno de los conjuntos de valores de desplazamiento cíclico de entre los dos conjuntos de valores de desplazamiento cíclico {1, 7, 4, 10} y {2, 5, 8, 11}.
- 15 En otra realización, la interfaz 36 de comunicaciones del dispositivo 20 inalámbrico transmite en el segundo subconjunto del conjunto de subportadoras usando una secuencias de cobertura ortogonal y un valor de desplazamiento cíclico del conjunto de valores de desplazamiento cíclico no usados por otro dispositivo inalámbrico que transmite en el primer subconjunto del conjunto de portadoras, en donde el segundo subconjunto no contiene subportadoras en el primer subconjunto.
- 20 La FIGURA 16 es un nodo 48 de red ejemplar configurado para utilizar una secuencia de señales de referencia de demodulación recibida desde el dispositivo 20 inalámbrico para la estimación de canal construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. El nodo 48 de red incluye una interfaz 50 de comunicaciones configurada para recibir, a partir del dispositivo 20 inalámbrico, una señal de referencia demodulada, derivada la
25 señal de referencia demodulada a partir de un conjunto de secuencias de base, estando la señal de referencia demodulada y los datos de usuario multiplexados en el tiempo en símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales de portadora única (SC-OFDM). El nodo 40 de red incluye también el circuito 52 de procesamiento que incluye una memoria 54 en comunicación con un procesador 56. La memoria 54 incluye instrucciones que, al ser ejecutadas por el procesador 56, y específicamente el estimador 58 de canal, configuran el
30 procesador 56 para realizar la estimación de canal en base a la señal de referencia de demodulación.
- Además de un procesador y memoria tradicionales, el circuito 52 de procesamiento puede incluir un circuito integrado para procesar y/o controlar, por ejemplo, uno o más procesador y/o núcleos de procesadores y/o FPGA (Matrices de Puertas Programables en Campo) y/o ASIC (Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas).
- 35 El circuito 52 de procesamiento puede incluir y/o estar conectado a y/o estar configurado para acceder (por ejemplo, escribir a y/o leer de) la memoria 54, que puede comprender cualquier tipo de memoria volátil y/o no volátil, por ejemplo, memoria cache y/o memoria intermedia y/o RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) y/o ROM (Memoria de Sólo Lectura) y/o memoria óptica y/o EPROM (Memoria de Sólo Lectura Programable Borrable). Dicha memoria 54 se puede configurar para almacenar código ejecutable por el circuito de control y/u otros datos, por ejemplo, datos
40 que pertenecen a la comunicación, por ejemplo, datos de configuración y/o direcciones de los nodos, etc. El circuito 22 de procesamiento se puede configurar para controlar cualquiera de los métodos descritos en la presente memoria y/o para provocar que dichos métodos se realicen, por ejemplo, por el procesador 56. Las instrucciones correspondientes se pueden almacenar en la memoria 54, que puede ser legible y/o estar conectada de manera legible al circuito 52 de procesamiento. En otras palabras, el circuito 52 de procesamiento puede incluir un
45 controlador, que puede comprender un microprocesador y/o un microcontrolador y/o un dispositivo FPGA (Matrices de Puertas Programables en Campo) y/o un dispositivo ASIC (Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas). Se puede considerar que el circuito 52 de procesamiento incluye o puede estar conectado o ser conectable a la memoria, que se puede configurar para ser accesible para la lectura y/o escritura mediante el controlador y/o circuito 52 de procesamiento.
- 50 La FIGURA 17 es aún otro dispositivo 20 inalámbrico ejemplar para determinar una secuencia de señales de referencia con una relación de potencia de pico a promedio reducida construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. El dispositivo 20 inalámbrico incluye un módulo 62 de memoria configurado para almacenar unas primeras secuencias de señales y unas segundas secuencias de señales. El dispositivo 20
55 inalámbrico incluye además un módulo 64 de identificación de señal configurado para identificar un primer conjunto de secuencias de señales a partir de las primeras secuencias de señales almacenadas que tienen al menos uno de entre la relación de potencia de pico a promedio (PAPR) y la métrica cúbica (CM) por debajo de un valor umbral correspondiente, y para identificar un segundo conjunto de secuencias de señales a partir de las secuencias de señales almacenadas eliminando de manera iterativa secuencias del primer conjunto de secuencias de señales que
60 tienen las mayores estadísticas de magnitud de correlación cruzada, siendo el segundo conjunto un subconjunto del primer conjunto. El módulo 64 de identificación de señales se configura también para designar el segundo conjunto de secuencias de señales como la secuencia de señales de referencia.
- La FIGURA 18 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar para usar una secuencias de señales de referencia
65 con una relación de potencia de pico a promedio reducida construido de acuerdo con los principios descritos en la

presente memoria. Dicho proceso puede ser realizado, por ejemplo, por el circuito 22 de procesamiento en el que, en una realización, la memoria 24 almacena código de programa ejecutable que, al ser ejecutado por el procesador 26, provoca que el circuito de procesamiento realice las funciones descritas en la presente memoria. El proceso incluye usar, por el procesador 26, y, específicamente, por el utilizador 32 de secuencias de señales de referencia del dispositivo 20 inalámbrico, una secuencia de señales de referencia con un nivel de potencia predeterminado (Bloque S100). Se ha identificado un primer conjunto de secuencias de señales, teniendo el primer conjunto de secuencias de señales al menos uno de entre la relación de potencia pico a promedio (PAPR) y la métrica cúbica (CM) por debajo de un valor umbral correspondiente (Bloque S110). Se ha identificado un segundo conjunto de secuencias de señales como el primer conjunto o un subconjunto del primer conjunto, en donde, de manera opcional, el segundo conjunto ha sido identificado eliminando las secuencias del primer conjunto de secuencias de señales candidatas que tienen las mayores estadísticas de magnitud de correlación cruzada, en donde, de manera opcional la eliminación es iterativa (Bloque S120). El segundo conjunto de secuencias de señales se ha designado como la secuencia de señales de referencia (Bloque S130).

En una realización, los valores del primer conjunto de secuencias de señales y del segundo conjunto de secuencias de señales son los mismos. En una realización, el primer conjunto de secuencias de señales se adapta para ser transmitido mediante la interfaz 36 de comunicaciones, en un primer conjunto de subportadoras y el segundo conjunto de secuencias de señales se adapta para ser transmitido, por la interfaz 36 de comunicaciones, en un segundo conjunto de subportadoras donde el procesador 26, y, específicamente, el multiplexor 44 se configuran para multiplexar el primer conjunto de secuencias de señales y el segundo conjunto de secuencias de señales.

En una realización, el segundo conjunto de subportadoras es un subconjunto de subportadoras usado para transmitir el primer conjunto de secuencias de señales. En una realización, el primer conjunto de secuencias de señales es determinado, por el procesador 26, usando un primer factor de desplazamiento cíclico y el segundo conjunto de secuencias de señales se determina usando un segundo factor de desplazamiento cíclico. En una realización, una primera secuencia de referencia de señal de referencia de demodulación (DMRS) es proporcional a $e^{jD\alpha n}$, en donde $\alpha_1 = \frac{2\pi n_{cs,1}}{12}$ es el primer factor de desplazamiento cíclico y $n_{cs,1} \in \{0,1, \dots, 11\}$ está dado por $n_{cs,1} = (n_{DMRS}^{(1)} + n_{DMRS}^{(2)} + n_{FN}(n_s)) \bmod 12$, $n = 0,1, \dots, M_{sc}^{RS}/D - 1$, donde D es un número de subportadoras usadas para transmitir el segundo conjunto de secuencias de señales dividido por un número de subportadoras usado para transmitir el primer conjunto de secuencias de señales. En algunas realizaciones, la segunda secuencia de referencia DMRS es proporcional a $e^{jD\alpha n}$, en donde $\alpha_2 = \frac{2\pi n_{cs,2}}{12}$ es el segundo factor de desplazamiento cíclico y $n_{cs,2} \in \{0,1, \dots, 11\}$ está dado por la ecuación (2), $n = 0,1, \dots, M_{sc}^{RS} - 1$.

En una realización, el procesador 26 construye una secuencia de símbolos de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK) y transmite la secuencia de símbolos QPSK. En una realización, la secuencia de símbolos QPSK tiene una métrica cúbica menor que un umbral predeterminado. En una realización, una correlación cruzada máxima entre la secuencia de símbolos QPSK y un conjunto predeterminado de secuencias es menor que un umbral predeterminado.

La FIGURA 19 es un diagrama de flujo de un proceso alternativo en un dispositivo inalámbrico para determinar las señales de referencia que ocupan un número diferente de subportadoras de acuerdo con los principios descritos del subconjunto de la primera señal de referencia. Dicho proceso puede ser realizado, por ejemplo, por el circuito 22 de procesamiento en el que, en una realización, la memoria 24 almacena código de programa ejecutable que, al ser ejecutado por el procesador 26, provoca que el circuito de procesamiento realice las funciones descritas en la presente memoria. Inicialmente, una primera secuencia de señales de referencia de longitud L es determinada por el procesador 26 (Bloque S130). Un subconjunto de la primera secuencia de señales de referencia en un primer subconjunto de un conjunto de L subportadoras es transmitido por la interfaz 36 de comunicaciones (Bloque S140). La interfaz 36 de comunicaciones transmite señales de magnitud cero en subportadoras que no están en el primer conjunto de subportadoras (Bloque S150).

La FIGURA 20 es un diagrama de flujo de un proceso en un dispositivo 20 inalámbrico para conmutar entre las secuencias de señales de referencia construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. Dicho proceso puede ser realizado, por ejemplo, por el circuito 22 de procesamiento en el que, en una realización, la memoria 24 almacena código de programa ejecutable que, al ser ejecutado por el procesador 26, provoca que el circuito de procesamiento realice las funciones descritas en la presente memoria. La interfaz 36 de comunicaciones recibe una indicación que selecciona un tipo de señal de referencia de uno de entre un primer o un segundo tipo de secuencia de señales de referencia (Bloque S160). La interfaz 36 de comunicaciones transmite entonces una señal de referencia que tiene el tipo de señal de referencia seleccionado (Bloque S170).

En una realización, el primer tipo de señal de referencia incluye secuencias de señales de referencia que se transmiten en un primer subconjunto de un conjunto de subportadoras y que son ortogonales a una segunda señal de referencia transmitida en el conjunto de subportadoras y el segundo tipo de señal de referencia incluye

secuencias de señales de referencia que se transiten en el primer subconjunto de un conjunto de subportadoras y tienen un métrica de potencia de transmisión requerida menor que el primer tipo de señal de referencia.

La FIGURA 21 es un diagrama de flujo de un proceso en un dispositivo 20 inalámbrico para transmitir señales de referencia de demodulación construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. Dicho proceso puede ser realizado, por ejemplo, por el circuito 22 de procesamiento en el que, en una realización, la memoria 24 almacena código de programa ejecutable que, al ser ejecutado por el procesador 26, provoca que el circuito de procesamiento realice las funciones descritas en la presente memoria. El procesador 26 y, específicamente, el determinador 40 de secuencias de base, determina un conjunto de secuencias básicas (Bloque S180). En una o más realizaciones, la determinación incluye determinar un conjunto de secuencias de base que incluye treinta secuencias de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura, QPSK, de longitud 6, 18 o 30. En una o más realizaciones, el conjunto de treinta secuencias de base tiene una métrica cúbica y una correlación cruzada bajas en comparación con otras secuencias de base tal como se discute en la presente memoria, y está dado por:

$$\bar{r}_{u,v}(n) = e^{j\varphi(n)\pi/4}, \quad 0 \leq n \leq M_{sc}^{RS} - 1; M_{sc}^{RS} \in \{6, 18, 30\}; v = 0, u = 0, 1, \dots, 29.$$

en donde $\varphi(n)$ está dado en la Tabla 7, discutida en la presente memoria. El procesador 26, y específicamente, el determinador 42 de secuencias de señales de referencia de demodulación deriva una secuencia de señales de referencia de demodulación a partir del conjunto de secuencias de base (Bloque S190). El procesador 26, y, específicamente, el multiplexor 44 multiplexa en el tiempo la secuencia de señales de referencia de demodulación y los datos de usuario en símbolos SC-OFDM (Bloque S200). En una o más realizaciones, la multiplexación incluye multiplexar la secuencia de señales de referencia de demodulación y los datos de usuario. La interfaz 36 de comunicaciones transmite la señal multiplexada (Bloque S210). En una realización, el conjunto de secuencias de base comprende 30 secuencias de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK). En una o más realizaciones, la interfaz 36 de comunicación transmite la secuencia de señales de referencia de demodulación con los datos de usuario al nodo 48 de red inalámbrico.

La FIGURA 22 es un diagrama de flujo de un proceso en un dispositivo 20 inalámbrico para identificar las subportadoras óptimas para los usuario para mejorar la probabilidad de emparejamiento multiusuario construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. Dicho proceso puede ser realizado, por ejemplo por el circuito 22 de procesamiento en el que, en una realización, la memoria 24 almacena código de programa ejecutable que, al ser ejecutado por el procesador 26, provoca que el circuito de procesamiento realice las funciones descritas en la presente memoria. El procesador 26, y, específicamente, el generador 46 de indicaciones de subportadora, proporciona una indicación a partir de un conjunto de indicaciones que identifican al menos uno de entre un desplazamiento cíclico, que subportadora se debería usar para la transmisión, y una secuencia de cobertura ortogonal (Bloque S220). En algunas realizaciones esta indicación es una indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS. En una realización, el conjunto de indicaciones incluye una primera indicación de que el dispositivo 20 inalámbrico debería transmitir en todas las subportadoras de un conjunto de subportadoras. En otra realización, el conjunto de indicaciones incluye una segunda indicación de que el dispositivo 20 inalámbrico debería transmitir en un primer subconjunto del conjunto de subportadoras. En otra realización, el conjunto de indicaciones incluye una tercera indicación de que el dispositivo 20 inalámbrico debería transmitir en un segundo subconjunto del conjunto de portadoras.

En una realización, la interfaz 36 de comunicaciones del dispositivo 20 inalámbrico transmite en todas las subportadoras de un conjunto de subportadoras que usan un valor de desplazamiento cíclico del conjunto de valores de desplazamiento cíclico {0, 3, 6, 9}. En una realización, la interfaz 36 de comunicaciones del dispositivo 20 inalámbrico transmite en el primer subconjunto del conjunto de subportadoras que usan una secuencia de cobertura ortogonal y un valor de desplazamiento cíclico de uno de los conjuntos de valores de desplazamiento cíclico de entre los dos conjuntos de valores de desplazamiento cíclico {1, 7, 4, 10} y {2, 5, 8, 11}. En una realización, la interfaz 36 de comunicaciones del dispositivo 20 inalámbrico transmite en el segundo subconjunto del conjunto de subportadoras que usan la secuencia de cobertura ortogonal y un valor de desplazamiento cíclico del conjunto de valores de desplazamiento cíclico no usado por otro dispositivo inalámbrico que transmite en el primer subconjunto del conjunto de subportadoras, en donde el segundo subconjunto no contiene subportadoras en el primer subconjunto.

La FIGURA 23 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar realizado por el nodo 48 de red para utilizar una secuencia de señales de referencia de demodulación recibida desde el dispositivo 20 inalámbrico para la estimación de canal construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. La interfaz 50 de comunicaciones del nodo 48 de red recibe, desde el dispositivo 20 inalámbrico, una señal de referencia demodulada, la señal de referencia demodulada derivada de un conjunto de secuencias de base, la señal de referencia demodulada y los datos de usuario multiplexados en el tiempo en símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales de portadora única (Bloque S230). La memoria 54 del nodo 48 de red incluye instrucciones

que, al ser ejecutadas por el procesador 56, y específicamente el estimador 58 de canal, configuran el procesador 56 para realizar la estimación de canal en base a la señal de referencia de demodulación (Bloque S240).

La FIGURA 24 es un dispositivo 66 inalámbrico ejemplar configurado para transmitir una señal de referencia con un nivel de potencia reducido mientras mantiene la identificabilidad de la señal de referencia entre otras señales de referencia. El dispositivo 66 inalámbrico incluye el circuito 68 de procesamiento, que incluye una memoria 70 en comunicación con un procesador 72. La memoria 70 incluye instrucciones que, al ser ejecutadas por el procesador 72, configuran el procesador 72, y, específicamente, el constructor 74 de secuencias de señales, para construir una secuencia de símbolos de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), donde la secuencia tiene una métrica cúbica menor que un primer umbral predeterminado, y donde una correlación cruzada máxima entre la secuencia y un conjunto predeterminado de secuencias es menor que un segundo umbral predefinido, donde el conjunto predeterminado de secuencias comprende secuencias que el dispositivo inalámbrico puede transmitir. El dispositivo 66 inalámbrico tiene también una interfaz 76 de comunicaciones configurada para transmitir la secuencia de símbolos QPSK. Además de un procesador y memoria tradicionales, el circuito 68 de procesamiento puede incluir un circuito integrado para procesar y/o el control de, por ejemplo, uno o más procesadores y/o núcleos de procesadores y/o FPGA (Matrices de Puertas Programables en Campo) y/o ASIC (Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas).

El circuito 68 de procesamiento puede incluir y/o estar conectado a y/o estar configurado para acceder (por ejemplo, escribir a y/o leer desde) la memoria 70, que puede comprender cualquier tipo de memoria cache y/o memoria intermedia y/o RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) y/o ROM (Memoria de Sólo Lectura) y/o memoria óptica y/o EPROM (Memoria de Sólo Lectura Programable Borrable). Dicha memoria 70 se puede configurar para almacenar código ejecutable por el circuito de control y/u otros datos, por ejemplo, datos que pertenecen a la comunicación, por ejemplo, datos de configuración y/o direcciones de los nodos, etc. El circuito 68 de procesamiento se puede configurar para controlar cualquiera de los métodos descritos en la presente memoria y/o para provocar que dichos métodos sean realizados, por ejemplo, por el procesador 72. Las instrucciones correspondientes se pueden almacenar en la memoria 70, que puede ser legible y/o estar conectada de manera legible al circuito 68 de procesamiento. En otras palabras, el circuito 68 de procesamiento puede incluir un controlador, que puede comprender un microprocesador y/o un microcontrolador y/o un dispositivo FPGA (Matrices de Puertas Programables en Campo) y/o un dispositivo ASIC (Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas). Se puede considerar que el circuito 68 de procesamiento incluye o puede estar conectado o ser conectable a la memoria, que se puede configurar para ser accesible para la lectura y/o escritura por el controlador y/o circuito 68 de procesamiento.

La FIGURA 25 es un diagrama de flujo de un proceso ejemplar realizado por el dispositivo 66 inalámbrico para transmitir una señal de referencia con un nivel de potencia reducido mientras mantiene la identificabilidad de la señal de referencia entre otras señales de referencia. Dicho proceso puede ser realizado, por ejemplo, por el circuito 68 de procesamiento en el que, en una realización, la memoria 70 almacena código de programa ejecutable que al ser ejecutado por el procesador 72, provoca que el circuito de procesamiento realice las funciones descritas en la presente memoria. El proceso incluye construir, mediante un procesador 72 del dispositivo 66 inalámbrico, una secuencia de símbolo de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK) (Bloque S250), donde la secuencia tiene una métrica cúbica menor que un primer umbral predeterminado, y donde un máximo de la correlación cruzada entre la secuencia y un conjunto predeterminado de secuencias es menor que un segundo umbral predefinido, donde el conjunto predeterminado de secuencias comprende secuencias que un dispositivo inalámbrico puede transmitir. El proceso incluye además la transmisión, por la interfaz 76 de comunicaciones del dispositivo 66 inalámbrico, de la secuencia de símbolos PSK (Bloque S260).

La FIGURA 26 es un diagrama de flujo ejemplar para realizar la estimación de canal de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. El circuito 52 de procesamiento se configura para señalar, al dispositivo 20 inalámbrico, una indicación de usar IFDMA para la transmisión DMRS, tal como se describe en la presente memoria (Bloque S270). El circuito 52 de procesamiento se configura para recibir, por el nodo 48 de red inalámbrico, una señal de referencia de demodulación desde el dispositivo 20 inalámbrico, tal como se describe en la presente memoria (Bloque S280). En una o más realizaciones la indicación de usar IFDMA para la transmisión DMRS se usa en la recepción. El circuito 62 de procesamiento se configura para derivar una secuencia de señales de referencia de demodulación a partir de un conjunto de secuencias de base, tal como se describe en la presente memoria (Bloque S290). El circuito 52 de procesamiento se configura para realizar la estimación de canal en base a la señal de referencia de demodulación recibida, en base a la secuencia de señales de referencia de demodulación derivada, en base a la indicación de usar IFDMA para la transmisión DMRS, tal como se describe en la presente memoria (Bloque S300).

La FIGURA 27 es un diagrama de flujo de otra realización de un proceso en el dispositivo 20 inalámbrico para transmitir señales de referencia de demodulación construido de acuerdo con los principios descritos en la presente memoria. El circuito 22 de procesamiento se configura para recibir, desde el nodo de red, una indicación de usar IFDMA para la transmisión DMRS, tal como se describe en la presente memoria (Bloque S310). El circuito 22 de procesamiento se configura para determinar un conjunto de secuencias de base, comprendiendo el conjunto de

secuencias de base treinta secuencias de modulaciones por desplazamiento de fase en cuadratura, QPSK, de longitud 6, 19 o 30, tal como se describe en la presente memoria (Bloque S320). El circuito 22 de procesamiento se configura para derivar una secuencia de señales de referencia de demodulación a partir del conjunto de secuencias de base, tal como se describe en la presente memoria (Bloque S330). El circuito 22 de procesamiento se configura para multiplexar en el tiempo la secuencia de señales de referencia de demodulación en símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales de portadora única, SC-OFDM, tal como se describe en la presente memoria (Bloque S340). El circuito 22 de procesamiento se configura para transmitir, mediante un dispositivo 20 inalámbrico, la señal multiplexada al nodo 48 de red inalámbrico, tal como se describe en la presente memoria (Bloque S350).

Tal como será apreciado por alguien experto en la técnica, los conceptos descritos en la presente memoria se pueden realizar como un método, un sistema de procesamiento de datos, y/o un producto de programa informático. Por consiguiente, los conceptos descritos en la presente memoria pueden tomar la forma de una realización completamente en hardware, una realización completamente en software o una realización que combina aspectos software y hardware todos ellos referidos de manera general en la presente memoria como "circuito" o "módulo". Además, la descripción puede tomar la forma de un producto de programa informático o un medio de almacenamiento tangible que tiene código de programa materializado en el medio que puede ser ejecutado por un ordenador. Se puede utilizar cualquier medio legible por ordenador tangible adecuado incluyendo discos duros, CD-ROM, dispositivos de almacenamiento electrónico, dispositivos de almacenamiento óptico, o dispositivos de almacenamiento magnético.

Algunas realizaciones se describen en la presente memoria con referencia a ilustraciones de los diagramas de flujo y/o diagramas de bloques de los métodos, sistemas y productos de programa informático. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones de los diagramas de flujo y/o diagramas de bloques, y combinaciones de los bloques en las ilustraciones de los diagramas de flujo y/o diagramas de bloques, pueden ser implementados mediante instrucciones de programa informático. Estas instrucciones de programa informático pueden ser proporcionadas a un procesador de un ordenador de propósito general (para de este modo crear un ordenador de propósito especial), ordenador de propósito especial, u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina, tal como las instrucciones, que se ejecuten a través del procesador del ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable, creen los medios para implementar las funciones/actos especificados en el bloque o bloques del diagrama de flujo y/o diagrama de bloque.

Estas instrucciones de programa informático se pueden almacenar también en una memoria legible por ordenador o un medio de almacenamiento que pueda dar instrucciones a un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para funcionar de una manera concreta, tal como las instrucciones almacenadas en una memoria legible por ordenador produce un artículo de fabricación que incluye medios de instrucciones que implementan la función/ rutina especificada en el bloque o bloques del diagrama de flujo y/o diagrama de bloque.

Las instrucciones de programa informático se pueden cargar también en un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para provocar que una serie de pasos operacionales sean realizados en el ordenador u otro aparato programable para producir que un proceso implementado por ordenador tal como las instrucciones que se ejecutan en el ordenador y otro aparato programable proporcionen los pasos para implementar las funciones/rutinas especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo y/o diagrama de bloque.

Se ha de entender que las funciones/rutinas indicadas en los bloques pueden producirse fuera del orden indicado en las ilustraciones operacionales. Por ejemplo, dos bloques mostrados en sucesión se pueden ejecutar de hecho de manera sustancialmente concurrente o los bloques se pueden ejecutar a veces en el orden contrario, dependiendo de la funcionalidad/rutinas involucradas. Aunque algunos de los diagramas incluyen flechas en rutas de comunicación para mostrar una dirección principal de comunicación, se ha de entender que la comunicación puede producirse en la dirección contraria a las flechas representadas.

El código de programa informático para llevar a cabo las operaciones de los conceptos descritos en la presente memoria puede estar escritos en un lenguaje de programación orientado a objetos tal como Java ® o C++. Sin embargo, el código de programa informático para llevar a cabo las operaciones de la descripción puede estar escrito también en lenguajes de programación procedurales convencionales, tal como el lenguaje de programación "C". El código de programa se puede ejecutar completamente en el ordenador del usuario, parcialmente en el ordenador del usuario, como un paquete de software independiente, parcialmente en el ordenador del usuario y parcialmente en un ordenador remoto o completamente en el ordenador remoto. En el último escenario, el ordenador remoto puede estar conectado al ordenador del usuario a través de una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), o la conexión se puede hacer hacia un ordenador externo (por ejemplo, a través de Internet usando un Proveedor de Servicios de Internet).

Se han descrito muchas diferentes realizaciones en la presente memoria, en conexión con la descripción anterior y los dibujos. Se entenderá que sería indebidamente repetitivo y ofuscante describir e ilustrar cada combinación y subcombinación de estas realizaciones. Por consiguiente, todas las realizaciones se pueden combinar de cualquier manera y/o combinación, y la presente especificación, incluyendo los dibujos, se interpretará para constituir una

completa descripción escrita de todas las combinación y subcombinaciones de las realizaciones descritas en la presente memoria, y de la manera y proceso para crearlas y usarlas, y se apoyará en las reivindicaciones para cualquiera de dichas combinación o subcombinación.

- 5 Será apreciado por personas expertas en la técnica que las realizaciones descritas en la presente memoria no están limitadas a lo que concretamente se ha mostrado y descrito en la presente memoria. Además, a menos que anteriormente se haya mencionado lo contrario, se debería observar que todos los dibujos adjuntos no están a escala. Es posible una variedad de modificaciones y variaciones a la luz de las enseñanzas anteriores.

REIVINDICACIONES

1. Un método en un nodo (48) de red para recibir señales de referencia de demodulación, DMRS, sobre uno, tres o cinco bloques de recursos, RB, con Acceso Múltiple por División de Frecuencias Entrelazadas (IFDMA) en una red inalámbrica en donde se despliega Acceso Múltiple por División de Frecuencias de Portadora Única (SC-OFDMA) en un enlace ascendente, comprendiendo el método:

señalizar (S270), a un dispositivo inalámbrico, una indicación de uso de IFDMA para transmisión DMRS recibir (S280), por el nodo (48) de red, una señal de referencia de demodulación desde el dispositivo (20) inalámbrico, siendo la indicación de usar IFDMA para la transmisión DMRS usada en la recepción; derivar (S290) una secuencia de señales de referencia de demodulación a partir de un conjunto de treinta secuencias de base, el conjunto de treinta secuencias de base está dado por:

$$\bar{r}_{u,v}(n) = e^{j\varphi(n)\pi/4}, \quad 0 \leq n \leq M_{sc}^{RS} - 1, M_{sc}^{RS} \in \{6, 18, 30\}; v = 0, u = 0, 1, \dots, 29;$$

y

realizar (S300) la estimación de canal en base a la señal de referencia de demodulación recibida, en base a la secuencia de señal de referencia de demodulación y en base a la indicación de usar IFDMA para la transmisión DMRS,

donde $\varphi(n)$ está dado por la siguiente tabla:

$\varphi(n)$ para $M_{sc}^{RS} = 6$

u	$\varphi(0), \varphi(1), \dots, \varphi(5)$					
0	-	-	3	-	3	-
	1	3		3		3
1	-	3	-	1	1	1
	1		1			
2	3	-	-	-	1	3
		1	3	3		
3	3	-	-	1	-	-
		1	1		1	1
4	-	-	-	1	-	-
	1	1	3		3	1
5	1	3	-	-	-	3
			3	1	3	
6	-	3	-	-	1	-
	3		1	1		3
7	-	-	-	1	3	3
	1	3	3			
8	3	-	-	3	1	3
		1	1			
9	3	-	3	1	-	1
		3			1	
10	-	1	-	-	-	-
	3		3	3	3	3
11	-	-	-	1	-	-
	3	3	3		3	3
12	3	-	1	-	-	-
		3		1	3	3
13	3	-	3	-	-	-
		3		1	1	3
14	3	-	1	3	3	1
		1				
15	-	1	-	-	1	1
	1		1	3		
16	-	-	-	-	3	3
	3	1	3	1		
17	1	-	3	-	3	3
		1		3		
18	1	3	1	1	-	3
					3	
19	-	-	-	-	3	-

	1	3	1	1		3
20	3	-	-	-	-	-
		1	3	1	1	3
21	3	1	3	-	-	1
				3	3	
22	1	3	-	-	1	-
			1	1		1
23	-	1	-	3	3	3
	3		3			
24	1	3	-	3	-	3
			3		3	
25	-	-	1	-	1	-
	1	1		3		1
26	1	-	-	-	3	1
		3	1	1		
27	-	-	-	3	1	1
	3	1	1			
28	-	3	-	-	-	3
	1		3	3	3	
29	3	1	-	1	3	1
			1			

2. Un método en un dispositivo (20) inalámbrico para transmitir las señales de referencia de demodulación, DMRS, sobre uno, tres o cinco bloques de recursos, RB, con Acceso Múltiple por División de Frecuencias Entrelazadas (IFDMA) en una red inalámbrica en donde se despliega Acceso Múltiple por División de Frecuencias de Portadora Única, SC-OFDMA, en un enlace ascendente, comprendiendo el método:

señalizar (S310), desde un nodo (48) de red, una indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS; determinar (S320) un conjunto de secuencias de base, comprendiendo el conjunto de secuencias de base treinta secuencias de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura, QPSK, de longitud 6, 18 o 30, el conjunto de treinta secuencias está dado por:

$$\bar{r}_{u,v}(n) = e^{j\varphi(n)\pi/4}, \quad 0 \leq n \leq M_{sc}^{RS} - 1, M_{sc}^{RS} \in \{6, 18, 30\}; v = 0, u = 0, 1, \dots, 29;$$

y derivar (S330) una secuencia de señales de referencia a partir del conjunto de secuencias de base; multiplexar (S340) en el tiempo la secuencia de señales de referencia de modulación en símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales de portadora única, SC-OFDM; y transmitir (S350), por un dispositivo (20) inalámbrico, la señal multiplexada al nodo (48) de red, donde $\varphi(n)$ está dado por la siguiente tabla:

$\varphi(n)$ para $M_{sc}^{RS} = 6$

u	$\varphi(0), \varphi(1), \dots, \varphi(5)$					
0	-	-	3	-	3	-
	1	3		3		3
1	-	3	-	1	1	1
	1		1			
2	3	-	-	-	1	3
		1	3	3		
3	3	-	-	1	-	-
		1	1		1	1
4	-	-	-	1	-	-
	1	1	3		3	1
5	1	3	-	-	-	3
			3	1	3	
6	-	3	-	-	1	-
	3		1	1		3
7	-	-	-	1	3	3
	1	3	3			
8	3	-	-	3	1	3
		1	1			
9	3	-	3	1	-	1

		3			1	
10	- 3	1	- 3	- 3	- 3	- 3
11	- 3	- 3	- 3	1	- 3	- 3
12	3	- 3	1	- 1	- 3	- 3
13	3	- 3	3	- 1	- 1	- 3
14	3	- 1	1	3	3	1
15	- 1	1	- 1	- 3	1	1
16	- 3	- 1	- 3	- 1	3	3
17	1	- 1	3	- 3	3	3
18	1	3	1	1	- 3	3
19	- 1	- 3	- 1	- 1	3	- 3
20	3	- 1	- 3	- 1	- 1	- 3
21	3	1	3	- 3	- 3	1
22	1	3	- 1	- 1	1	- 1
23	- 3	1	- 3	3	3	3
24	1	3	- 3	3	- 3	3
25	- 1	- 1	1	- 3	1	- 1
26	1	- 3	- 1	- 1	3	1
27	- 3	- 1	- 1	3	1	1
28	- 1	3	- 3	- 3	- 3	3
29	3	1	- 1	1	3	1

3. El método de la Reivindicación 2, en donde la derivación de la secuencia de señales de referencia de demodulación a partir del conjunto de secuencias de base que incluye diezmar el conjunto de secuencias de base comprende aplicar un desplazamiento a las secuencias de base y un código de cobertura ortogonal.

4. Un nodo (48) de red para recibir señales de referencia de demodulación, DMRS, sobre uno, tres o cinco bloques de recursos, RB, con Acceso Múltiple por División de Frecuencias Entrelazadas, IFDMA, en una red inalámbrica en donde se despliega Acceso Múltiple por División de Frecuencias de Portadora Única, SC-OFDMA, en un enlace ascendente, comprendiendo el nodo (48) de red:

circuito (52) de procesamiento configurado para:

señalizar, a un dispositivo (20) inalámbrico, una indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS;

recibir una señal de referencia de demodulación desde el dispositivo (20) inalámbrico, siendo la indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS usada en la recepción;

derivar una secuencia de señales de referencia de demodulación a partir de un conjunto de treinta secuencias de base, el conjunto de treinta secuencias de base está dado por:

$$\bar{r}_{u,v}(n) = e^{j\varphi(n)\pi/4}, \quad 0 \leq n \leq M_{sc}^{RS} - 1, M_{sc}^{RS} \in \{6, 18, 30\}; v = 0, u = 0, 1, \dots, 29;$$

y

realizar la estimación de canal en base a la señal de referencia de demodulación recibida, en base a la secuencia de señales de referencia de demodulación derivada y en base a la indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS;

5

donde $\varphi(n)$ está dado por la siguiente tabla:

$\varphi(n)$ para $M_{sc}^{RS}=6$

u	$\varphi(0), \varphi(1), \dots, \varphi(5)$					
0	-	-	3	-	3	-
	1	3		3		3
1	-	3	-	1	1	1
	1		1			
2	3	-	-	-	1	3
		1	3	3		
3	3	-	-	1	-	-
		1	1		1	1
4	-	-	-	1	-	-
	1	1	3		3	1
5	1	3	-	-	-	3
			3	1	3	
6	-	3	-	-	1	-
	3		1	1		3
7	-	-	-	1	3	3
	1	3	3			
8	3	-	-	3	1	3
		1	1			
9	3	-	3	1	-	1
		3			1	
10	-	1	-	-	-	-
	3		3	3	3	3
11	-	-	-	1	-	-
	3	3	3		3	3
12	3	-	1	-	-	-
		3		1	3	3
13	3	-	3	-	-	-
		3		1	1	3
14	3	-	1	3	3	1
		1				
15	-	1	-	-	1	1
	1		1	3		
16	-	-	-	-	3	3
	3	1	3	1		
17	1	-	3	-	3	3
		1		3		
18	1	3	1	1	-	3
					3	
19	-	-	-	-	3	-
	1	3	1	1		3
20	3	-	-	-	-	-
		1	3	1	1	3
21	3	1	3	-	-	1
				3	3	
22	1	3	-	-	1	-
			1	1		1
23	-	1	-	3	3	3
	3		3			
24	1	3	-	3	-	3
			3		3	
25	-	-	1	-	1	-
	1	1		3		1
26	1	-	-	-	3	1
		3	1	1		

27	- 3	- 1	- 1	3	1	1
28	- 1	3	- 3	- 3	- 3	3
29	3	1	- 1	1	3	1

5. Un dispositivo (20) inalámbrico para transmitir las señales de referencia de demodulación, DMRS, sobre uno, tres o cinco bloques de recursos, RB, con Acceso Múltiple por División de Frecuencias Entrelazadas, IFDMA, en una red inalámbrica en donde se despliega Acceso Múltiple por División de Frecuencias de Portadora Única, SC-OFDMA, en un enlace ascendente, comprendiendo el dispositivo (20) inalámbrico:

circuito (52) de procesamiento configurado para:

- 10 recibir, desde un nodo (48) de red, una indicación de uso de IFDMA para la transmisión DMRS;
determinar un conjunto de secuencias de base, comprendiendo el conjunto de secuencias de base treinta secuencias de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura, QPSK, de longitud 6, 18 o 30, el conjunto de treinta secuencias de base está dado por

$$\bar{r}_{u,v}(n) = e^{j\varphi(n)\pi/4}, \quad 0 \leq n \leq M_{sc}^{RS} - 1, M_{sc}^{RS} \in \{6, 18, 30\}; v = 0, u = 0, 1, \dots, 29;$$

- 15 derivar una secuencia de señales de referencia a partir del conjunto de secuencias de base;
multiplexar en el tiempo la secuencia de señales de referencia de demodulación en símbolos de multiplexación por división de frecuencias ortogonales de portadora única, SC-OFDM; y
20 transmitir la señal multiplexada al nodo (48) de red;
donde $\varphi(n)$ está dado por la siguiente tabla:

$\varphi(n)$ para $M_{sc}^{RS} = 6$

u	$\varphi(0), \varphi(1), \dots, \varphi(5)$					
0	- 1	- 3	3	- 3	3	- 3
1	- 1	3	- 1	1	1	1
2	3	- 1	- 3	- 3	1	3
3	3	- 1	- 1	1	- 1	- 1
4	- 1	- 1	- 3	1	- 3	- 1
5	1	3	- 3	- 1	- 3	3
6	- 3	3	- 1	- 1	1	- 3
7	- 1	- 3	- 3	1	3	3
8	3	- 1	- 1	3	1	3
9	3	- 3	3	1	- 1	1
10	- 3	1	- 3	- 3	- 3	- 3
11	- 3	- 3	- 3	1	- 3	- 3
12	3	- 3	1	- 1	- 3	- 3
13	3	- 3	3	- 1	- 1	- 3
14	3	- 1	1	3	3	1
15	- 1	1	- 1	- 3	1	1

16	- 3	- 1	- 3	- 1	3	3
17	1	- 1	3	- 3	3	3
18	1	3	1	1	- 3	3
19	- 1	- 3	- 1	- 1	3	- 3
20	3	- 1	- 3	- 1	- 1	- 3
21	3	1	3	- 3	- 3	1
22	1	3	- 1	- 1	1	- 1
23	- 3	1	- 3	3	3	3
24	1	3	- 3	3	- 3	3
25	- 1	- 1	1	- 3	1	- 1
26	1	- 3	- 1	- 1	3	1
27	- 3	- 1	- 1	3	1	1
28	- 1	3	- 3	- 3	- 3	3
29	3	1	- 1	1	3	1

- 5 6. El dispositivo (20) inalámbrico de la Reivindicación 5, en donde la derivación de la secuencia de señales de referencia de demodulación a partir del conjunto de secuencias de base que incluye diezmar el conjunto de secuencias de base comprende aplicar un desplazamiento cíclico a las secuencias de base y un código de cobertura ortogonal.

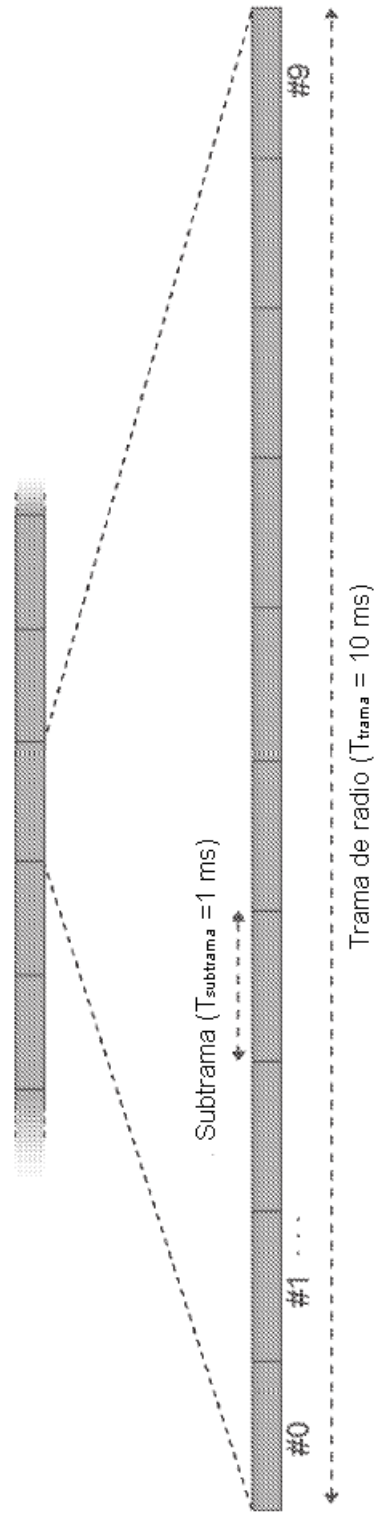


FIG. 1

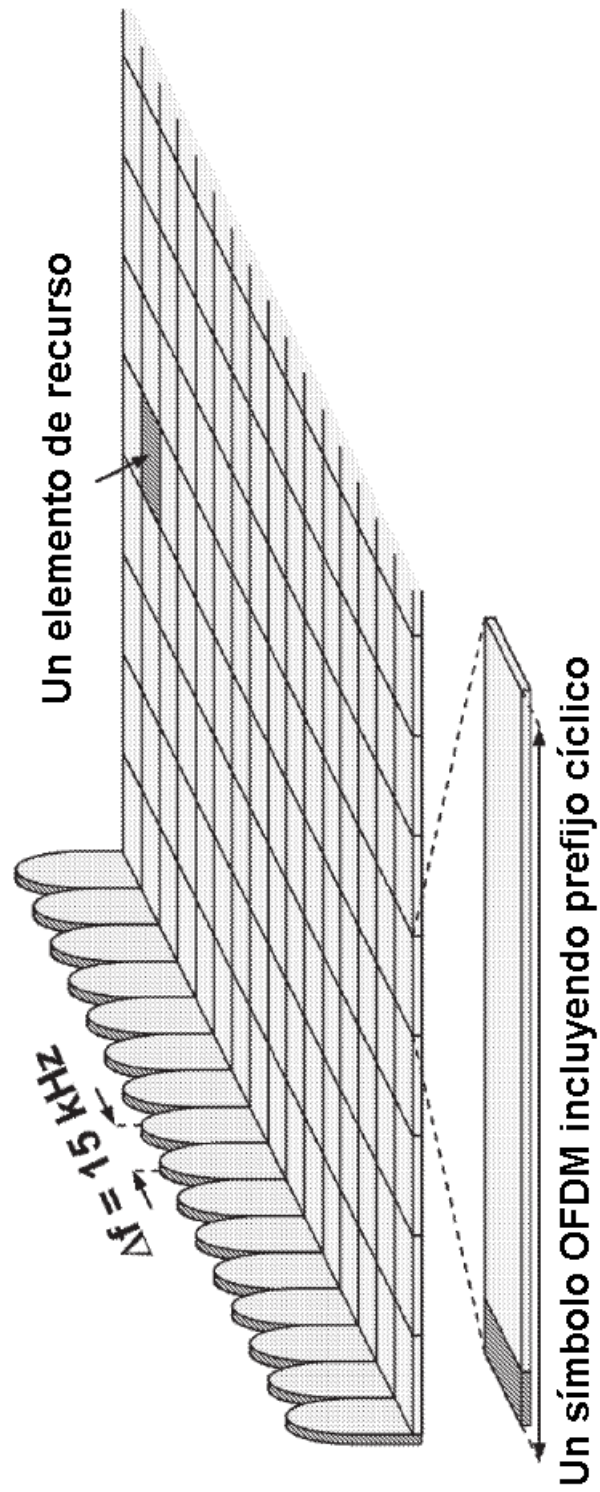


FIG. 2

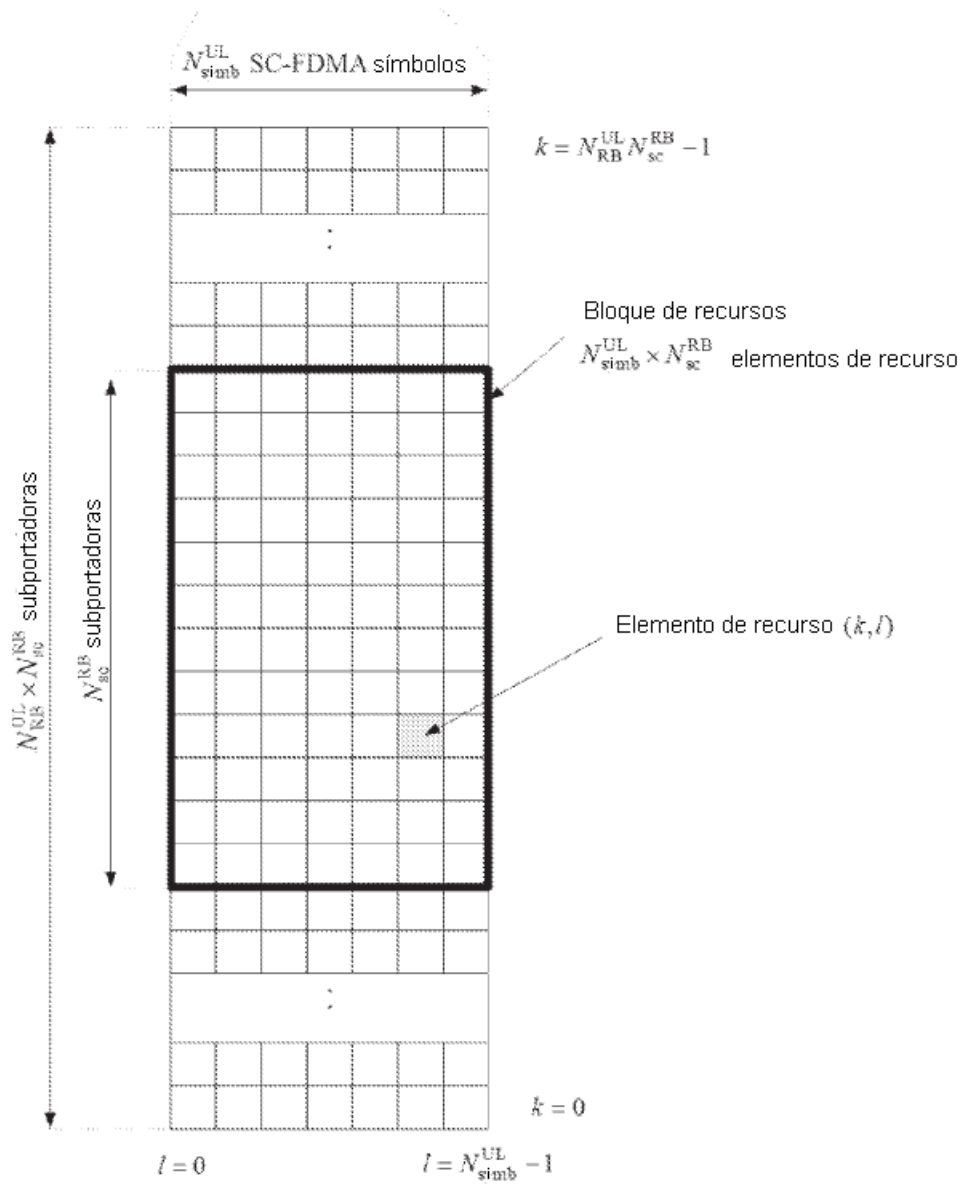


FIG. 3

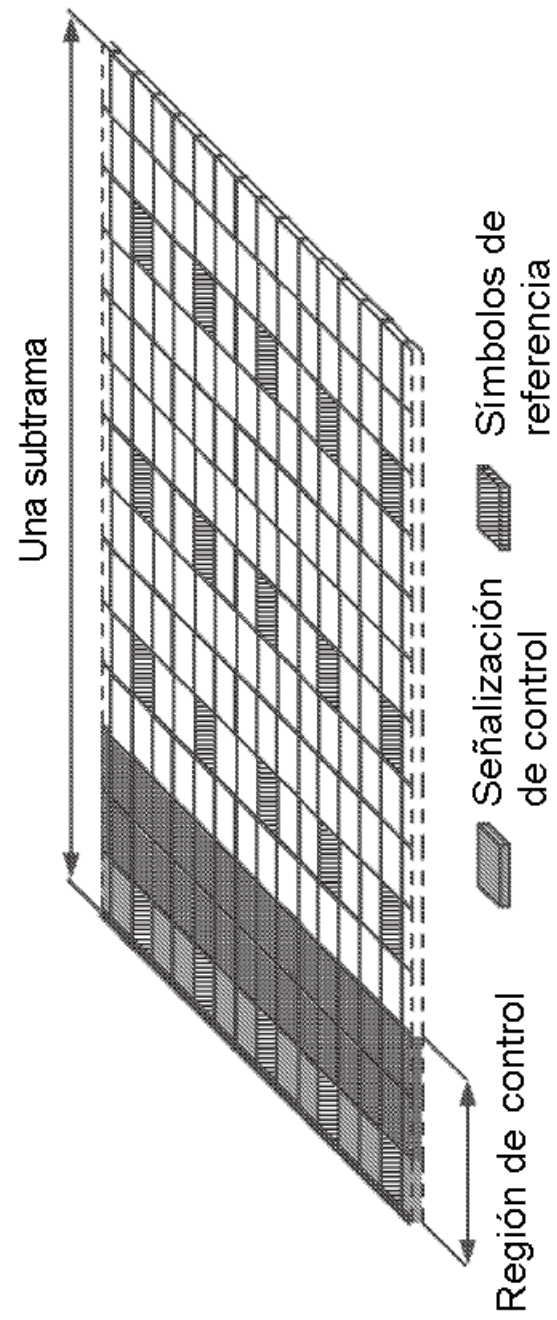


FIG. 4

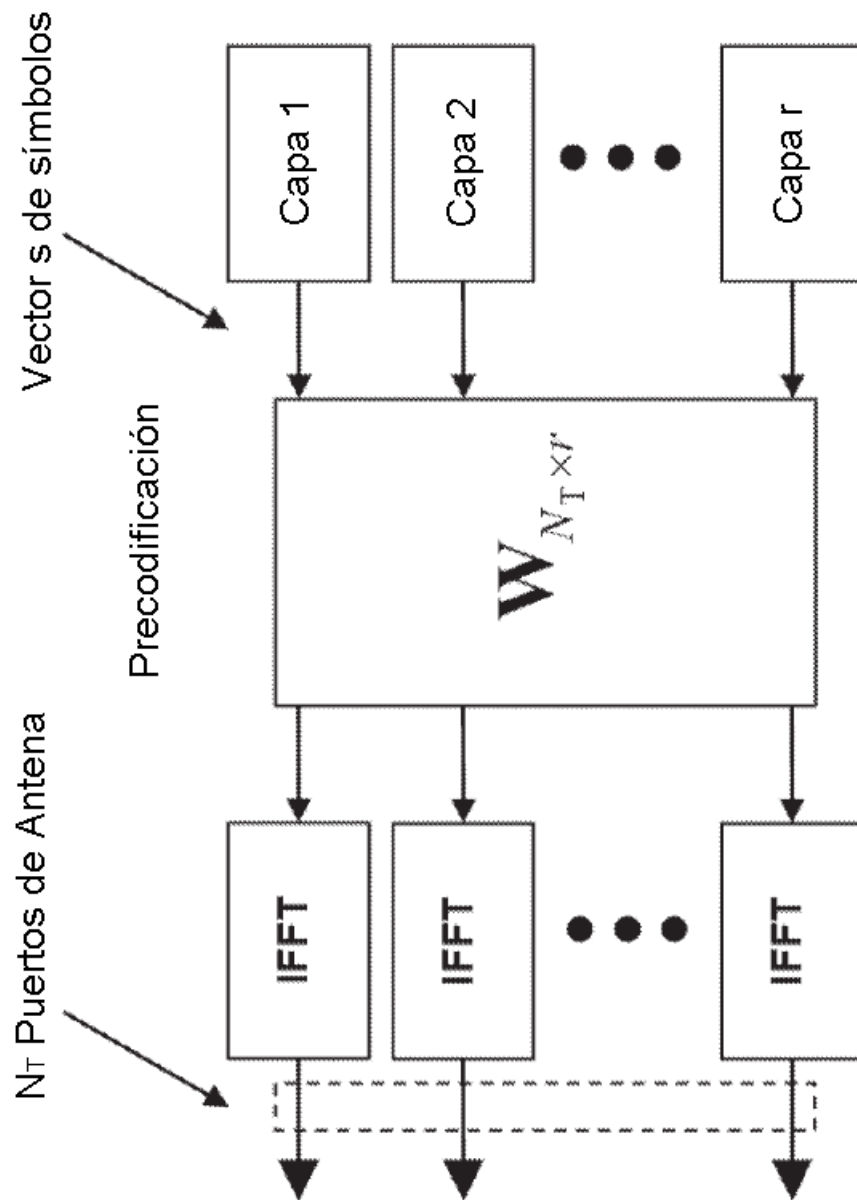


FIG. 5

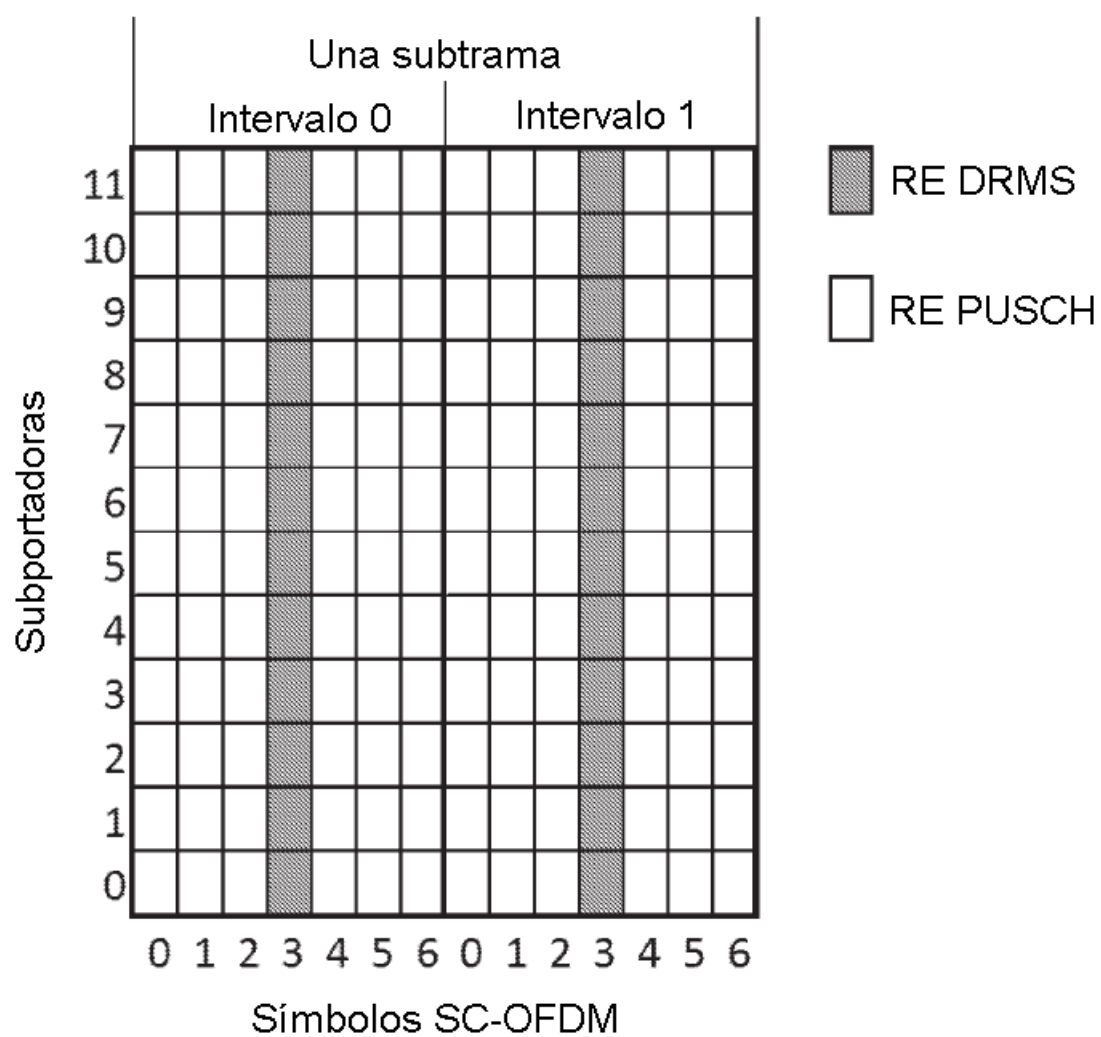


FIG. 6

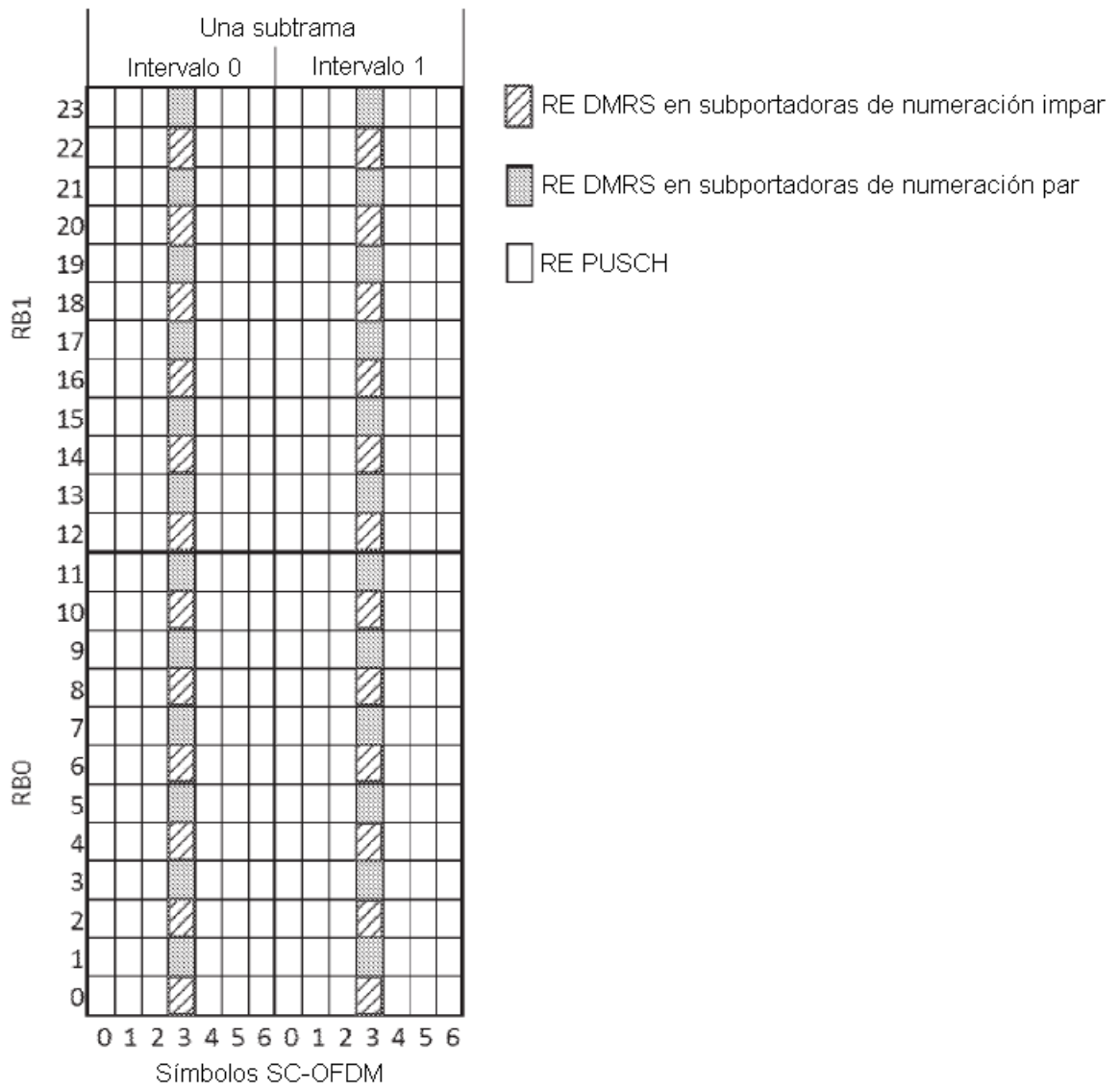


FIG. 7

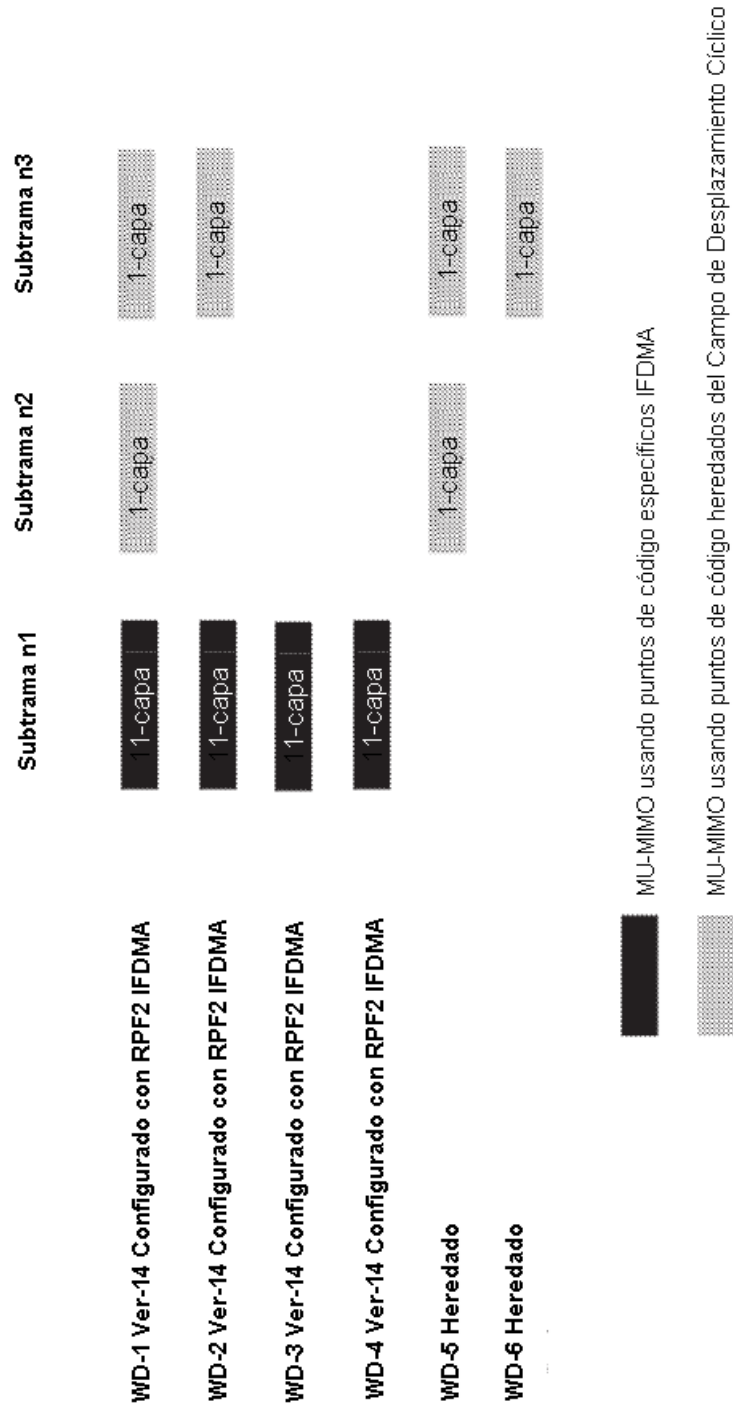


FIG. 8

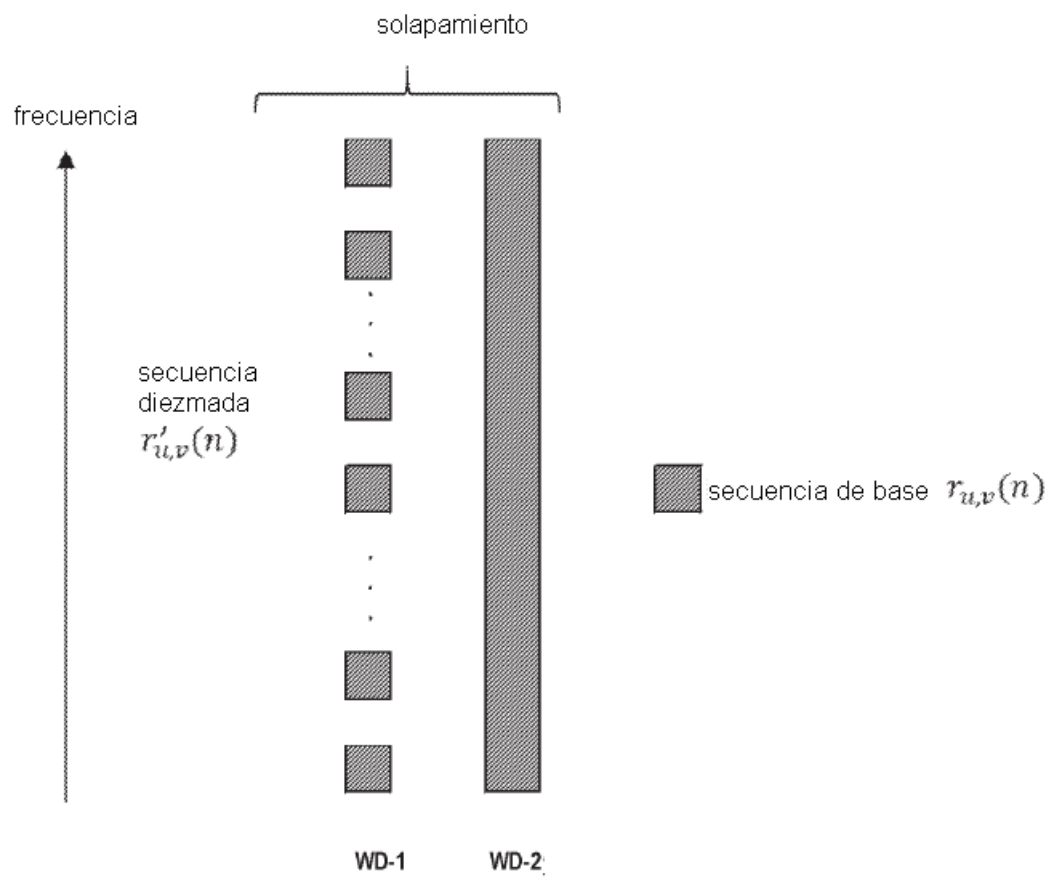


FIG. 9

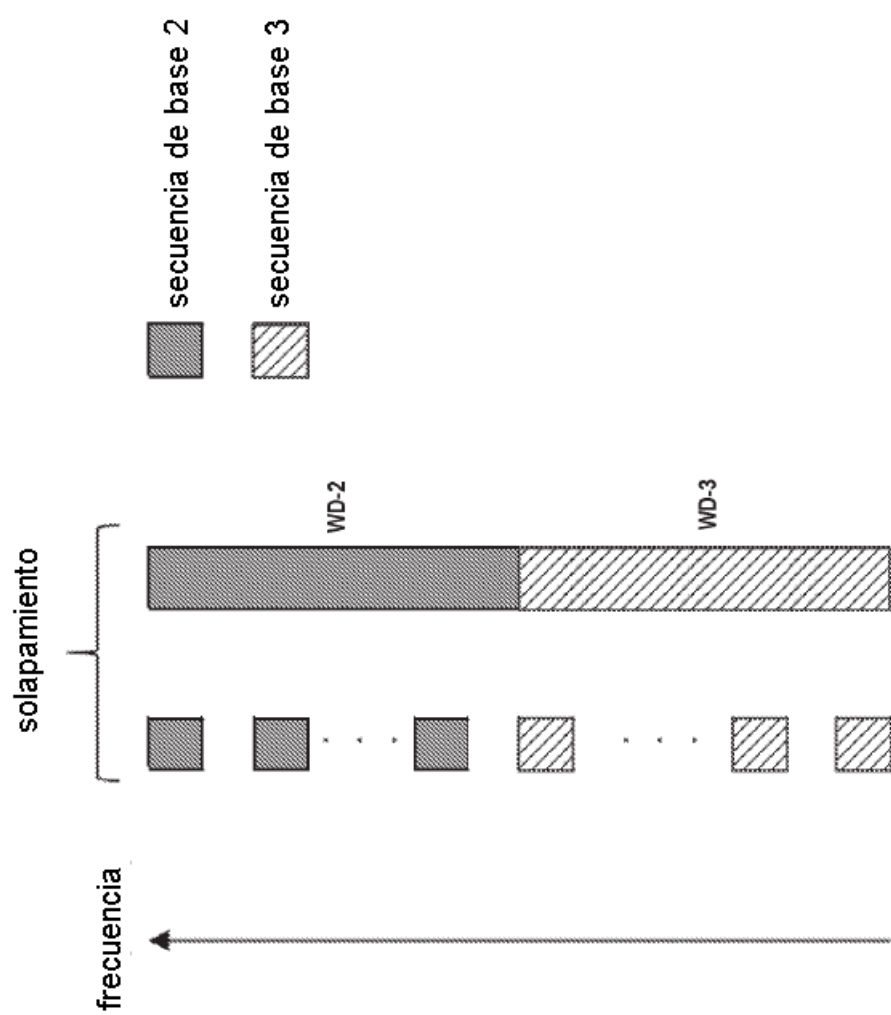


FIG. 10

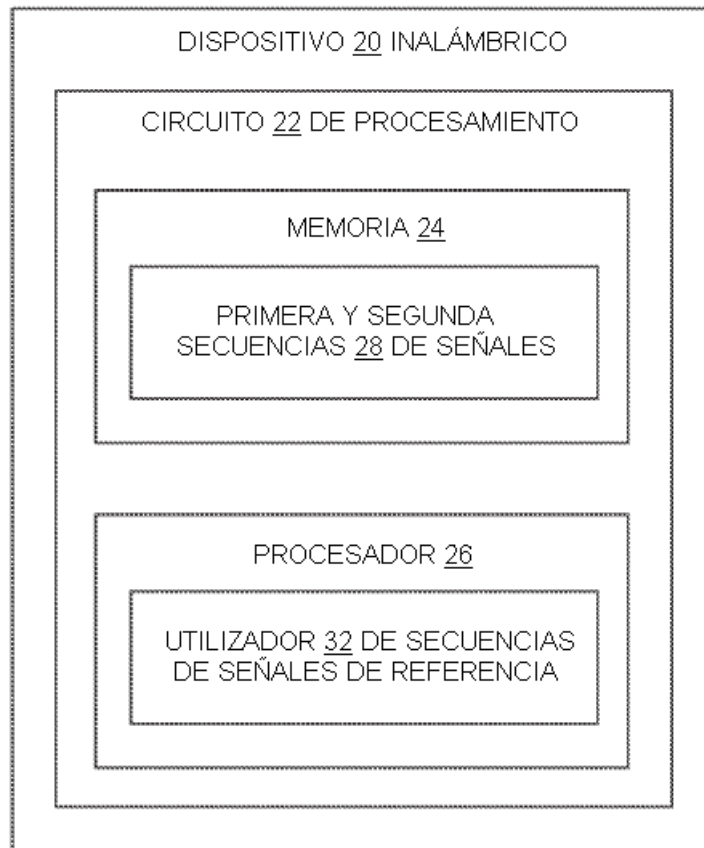


FIG. 11

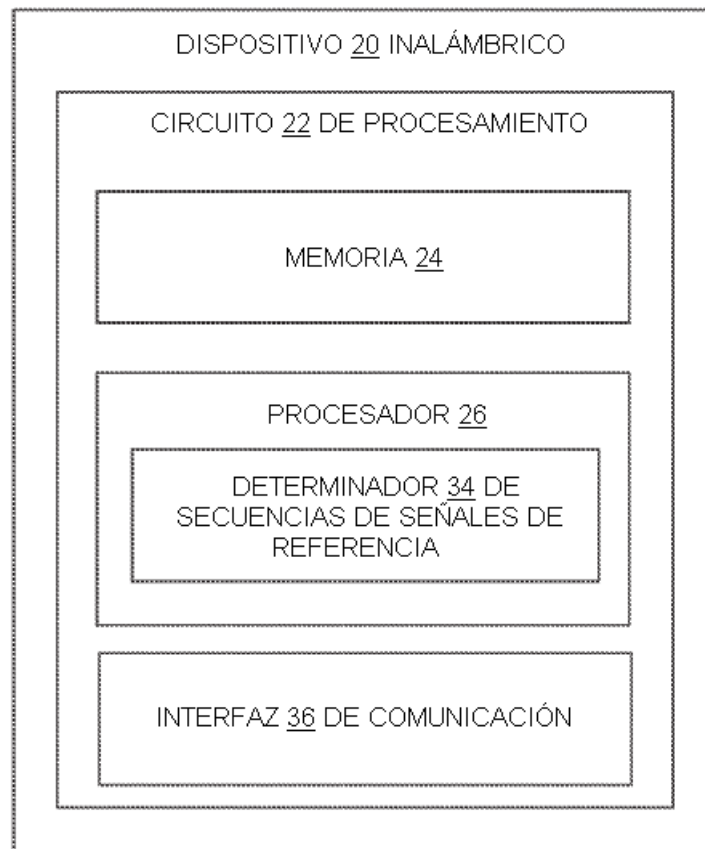


FIG. 12



FIG. 13

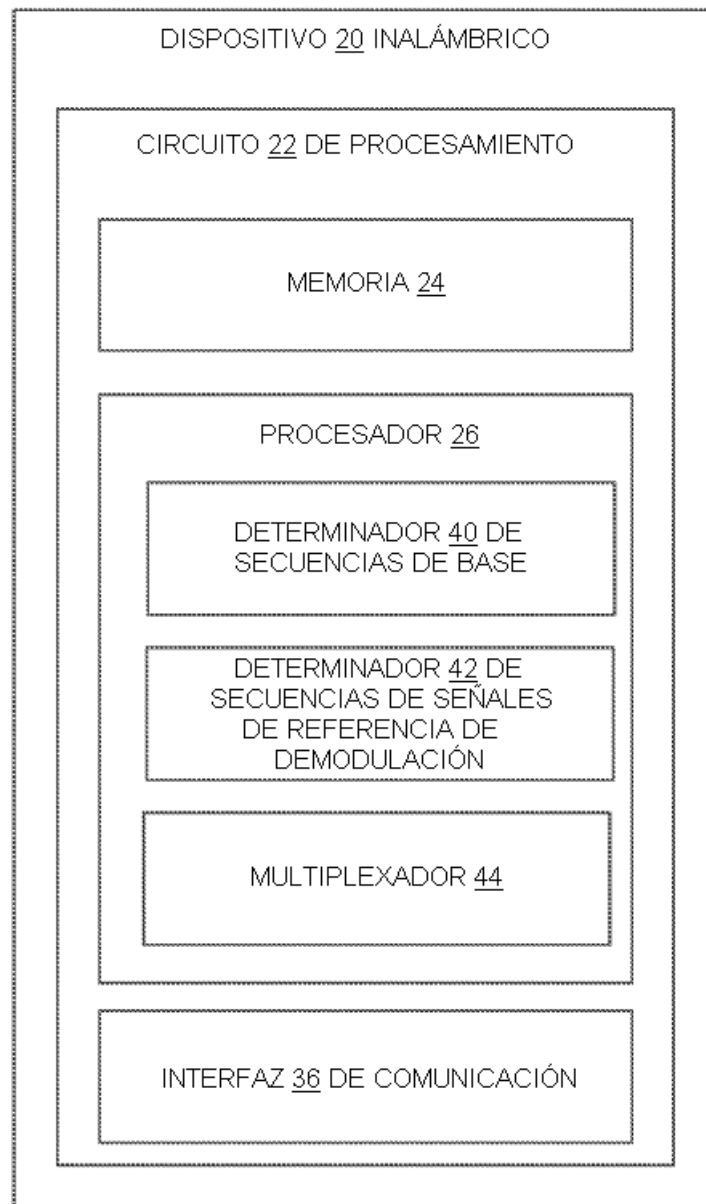


FIG. 14

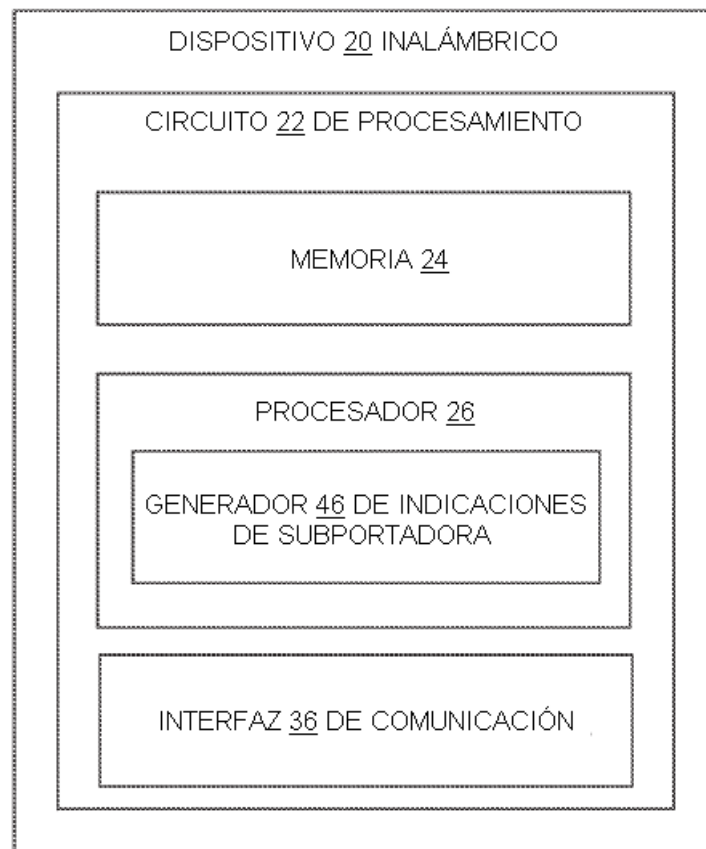


FIG. 15

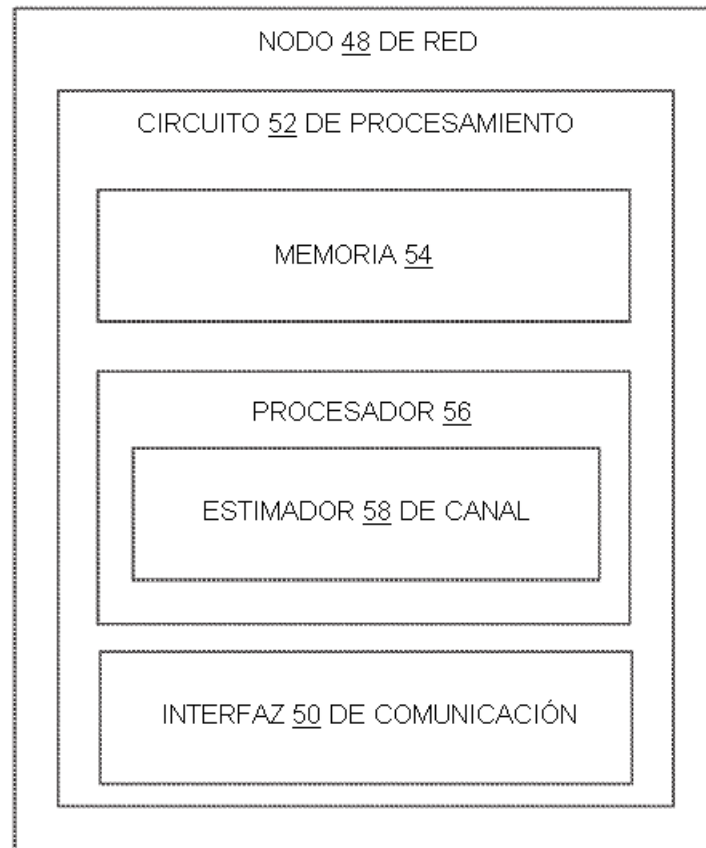


FIG. 16

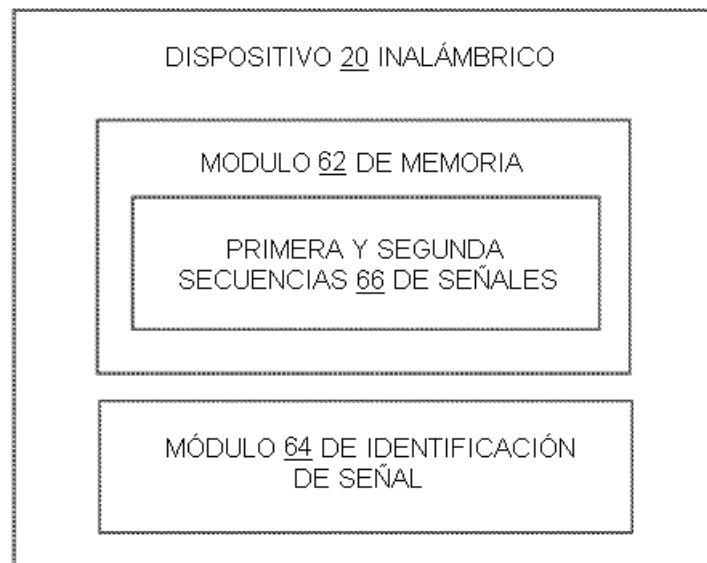


FIG. 17

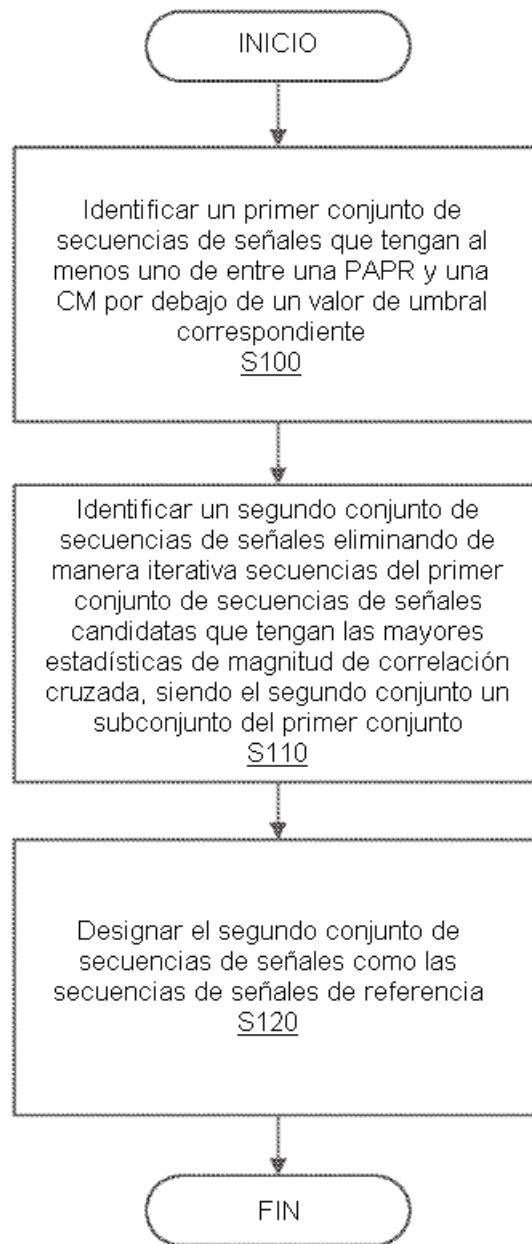


FIG. 18

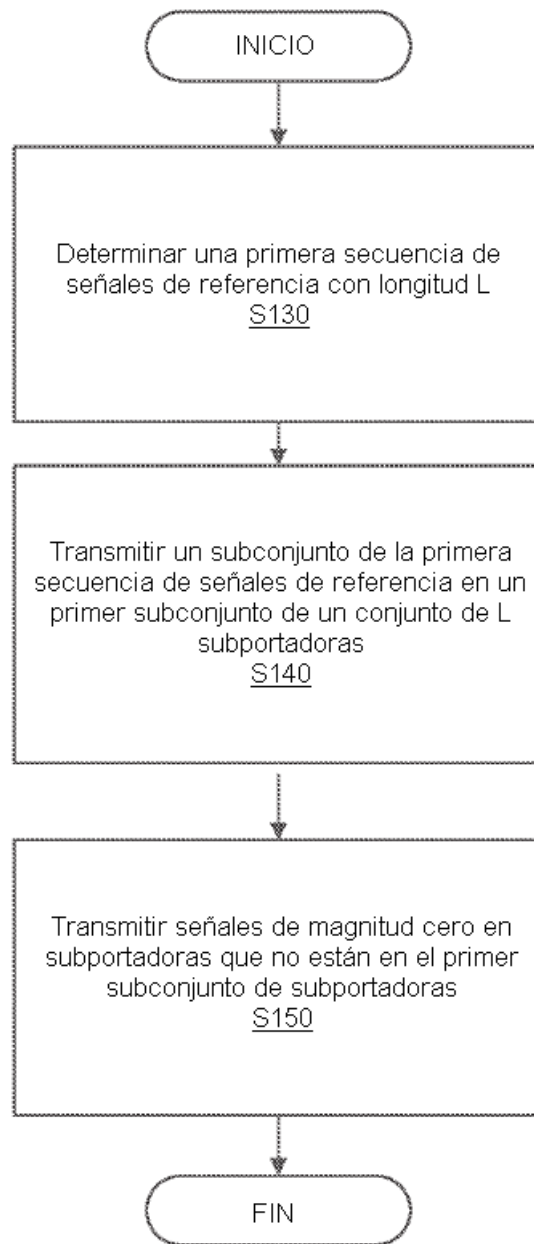


FIG. 19

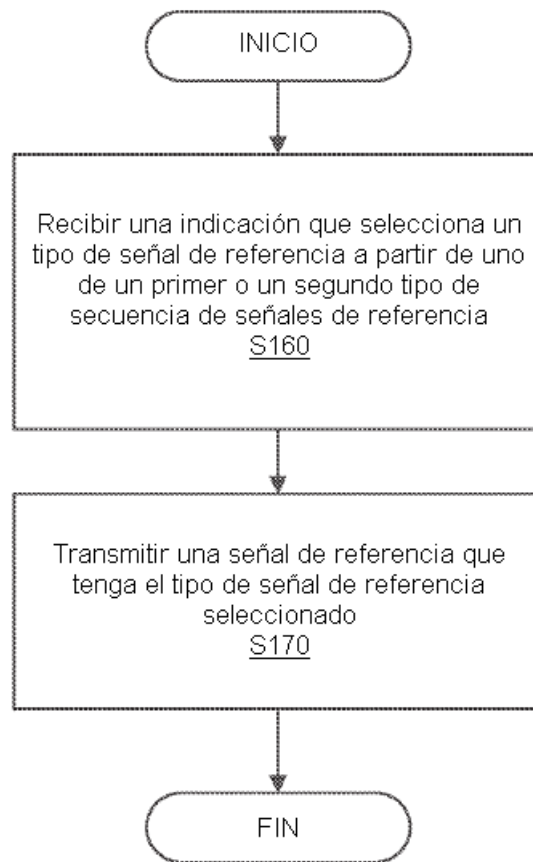


FIG. 20

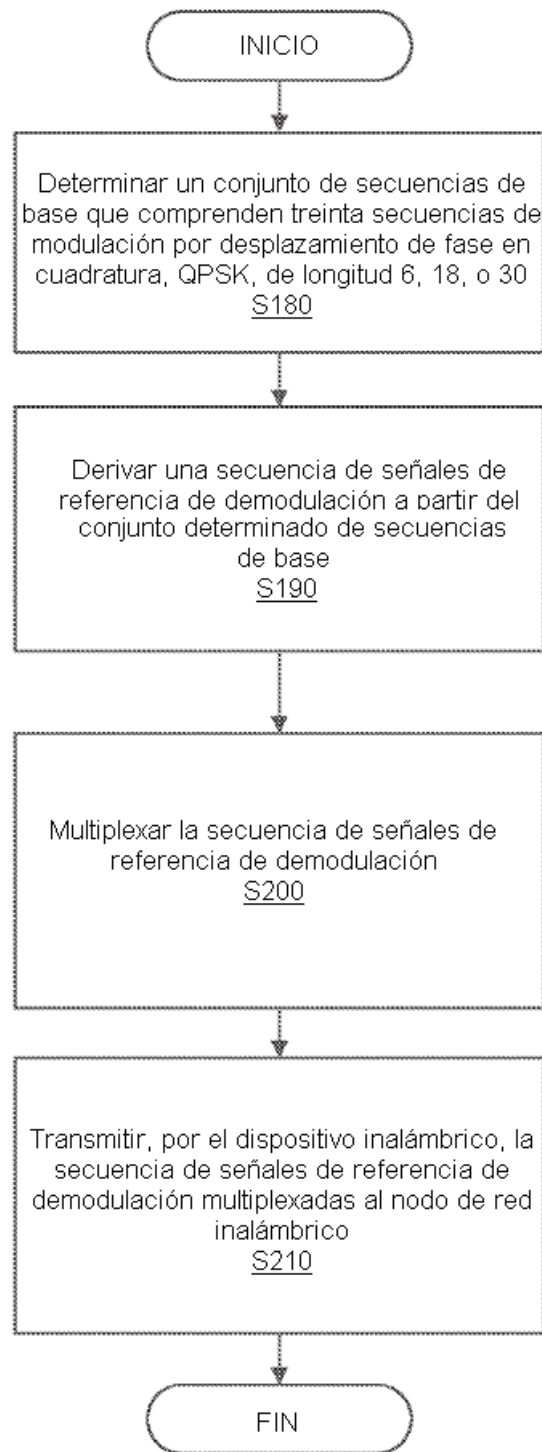


FIG. 21

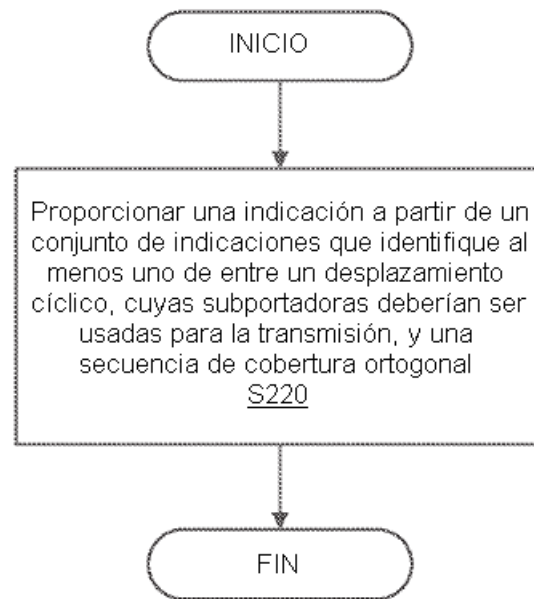


FIG. 22

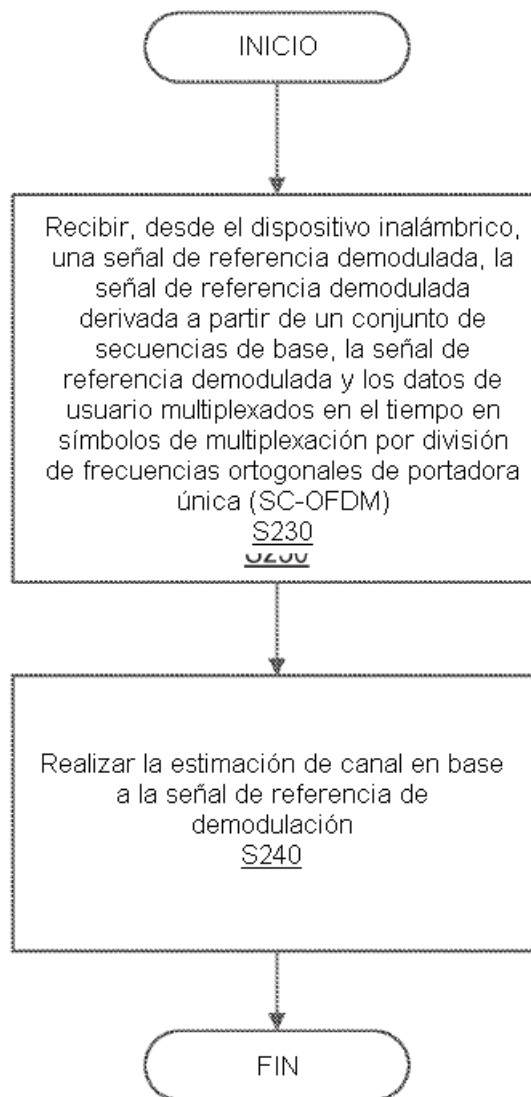


FIG. 23

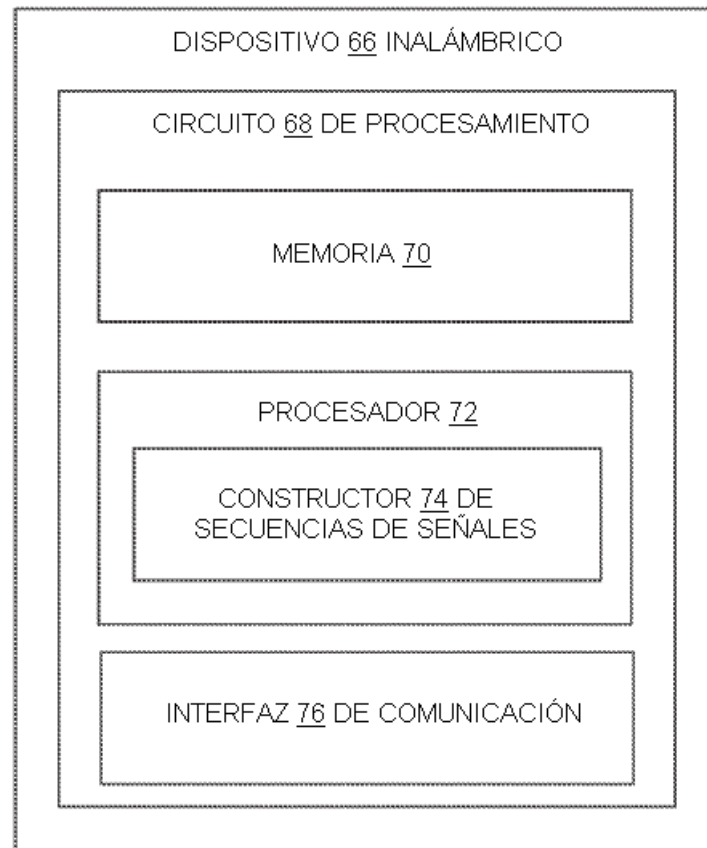


FIG. 24

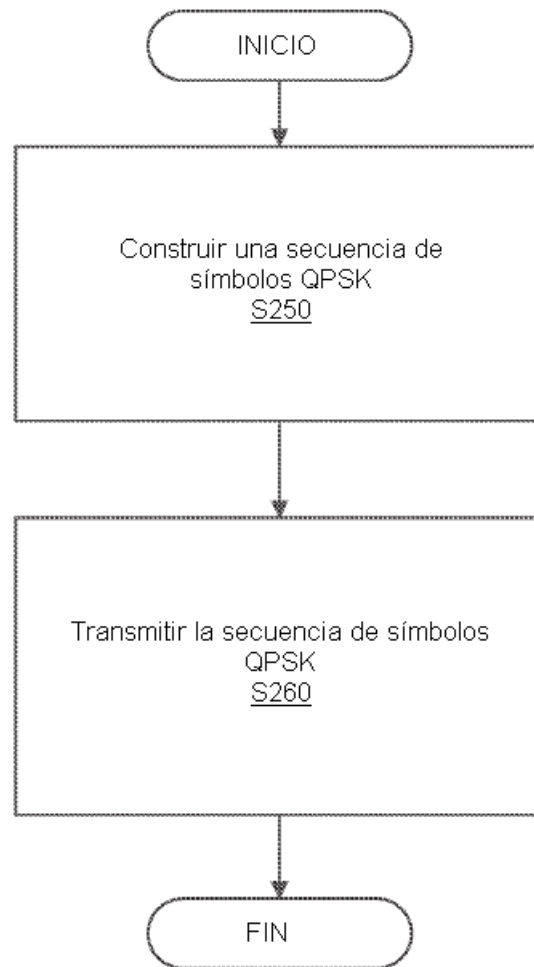


FIG. 25

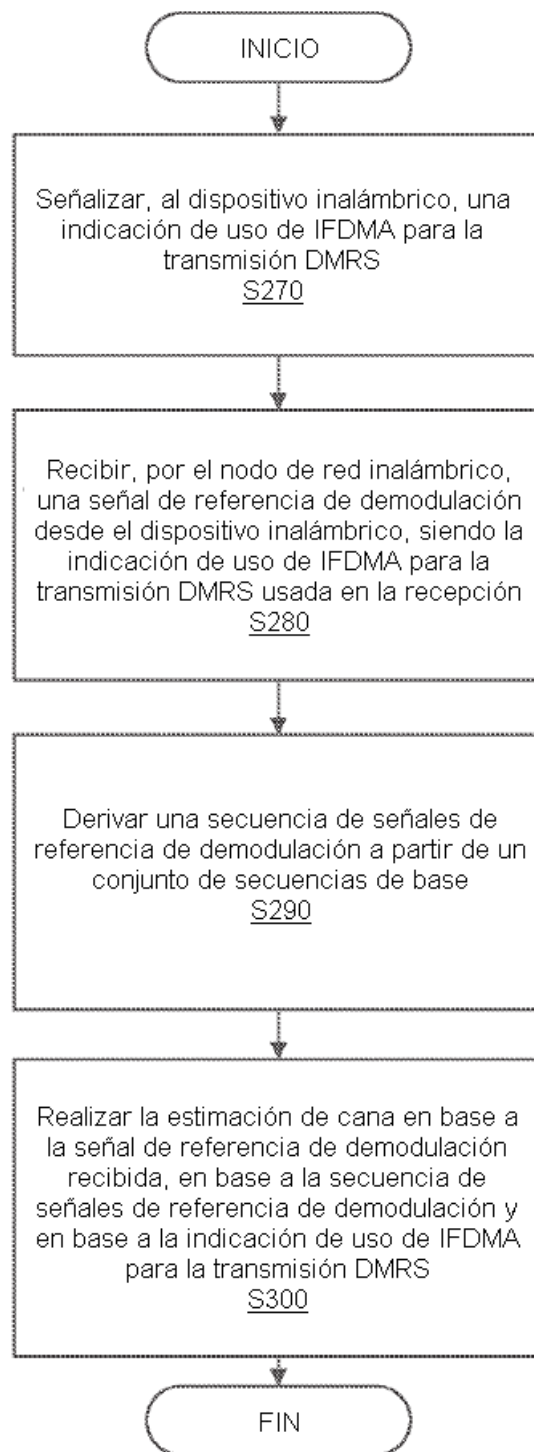


FIG. 26

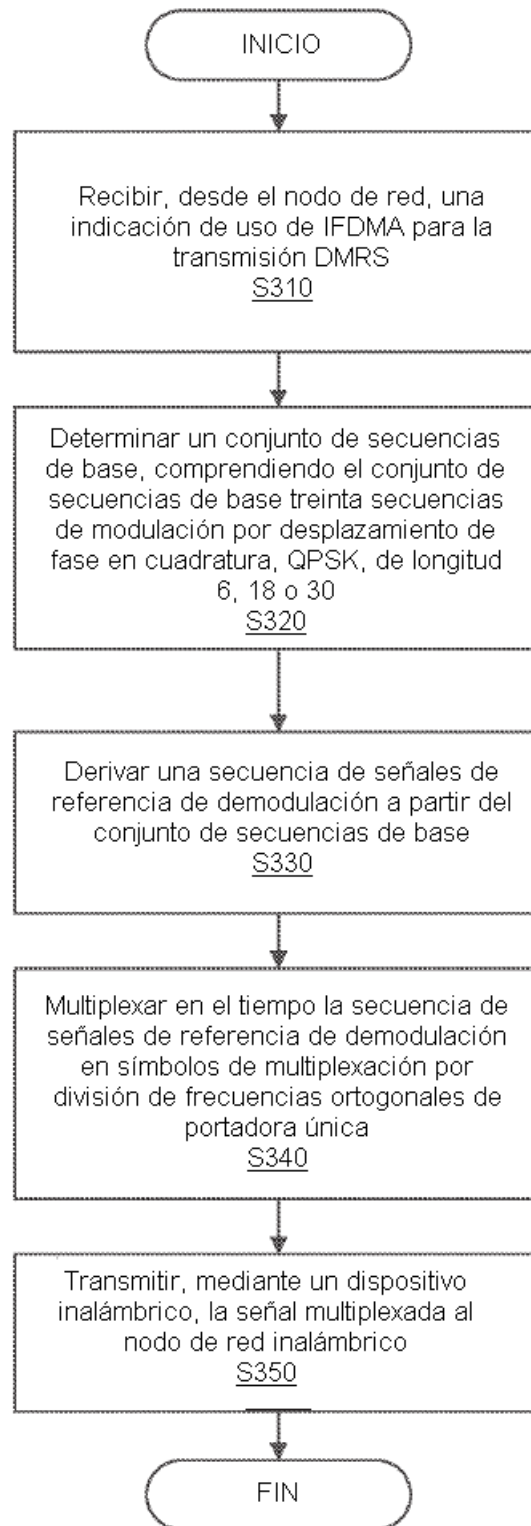


FIG. 27