

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 455**

51 Int. Cl.:

H04B 7/06 (2006.01)

H04L 5/00 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.08.2015 PCT/CN2015/087894**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2016 WO16045475**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2015 E 15843580 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 3058785**

54 Título: **Sincronización en un sistema de formación de haces**

30 Prioridad:

24.09.2014 US 201462054485 P
24.09.2014 US 201462054488 P
29.05.2015 US 201514725138

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.07.2020

73 Titular/es:

MEDIATEK INC. (100.0%)
No. 1, Dusing 1st Rd., Hsinchu Science Park
Hsinchu City 30078, TW

72 Inventor/es:

GUEY, JIANN-CHING;
SU, CHAO-CHENG y
CHEN, JU-YA

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 776 455 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

Sincronización en un sistema de formación de haces

Campo técnico

5 Las realizaciones dadas a conocer se refieren de manera general a comunicación inalámbrica y, más particularmente, a señalización y sincronización de control en un sistema de formación de haces de onda milimétrica (mmW).

Antecedentes

10 La escasez de ancho de banda experimentada cada vez más por operadores móviles ha motivado la exploración del espectro de frecuencias de onda milimétrica (mmW) infrautilizado entre 3G y 300G Hz para las redes de comunicación celular de banda ancha de nueva generación. El espectro disponible de banda de mmW es doscientas veces mayor que el sistema celular convencional. La red inalámbrica de mmW usa comunicaciones direccionales con haces estrechos y puede soportar una tasa de transmisión de datos de múltiples gigabits. El ancho de banda infrautilizado del espectro de mmW tiene longitudes de onda que oscilan entre 1 mm y 100 mm. Las longitudes de onda muy pequeñas del espectro de mmW permiten colocar un gran número antenas miniaturizadas en un área pequeña. Tal sistema de antenas miniaturizadas puede producir altas ganancias de formación de haces mediante matrices eléctricamente dirigibles que generan transmisiones direccionales.

15 Con recientes avances en conjuntos de circuitos de semiconductores de mmW, el sistema inalámbrico de mmW se ha convertido en una solución prometedora para una implementación real. Sin embargo, la gran dependencia de transmisiones direccionales y la vulnerabilidad del entorno de propagación presentan desafíos particulares para la red de mmW. En general, un sistema de red celular se diseña para lograr los siguientes objetivos: 1) dar servicio a muchos usuarios simultáneamente con condiciones de funcionamiento ampliamente dinámicas; 2) robustez frente a la dinámica en la variación de canal, carga de tráfico y diferentes requisitos de QoS; y 3) uso eficiente de recursos tales como ancho de banda y potencia. La formación de haces añade dificultad a lograr estos objetivos. Por tanto, se requiere un esquema de señalización de control robusto para facilitar la operación de formación de haces en un entorno que supone desafíos.

20 En redes celulares, se necesitan señales piloto para la identificación de dispositivo y sincronización de tiempo-frecuencia. La señal de sincronización primaria es una señal única con un espacio de búsqueda más pequeño, que puede usarse para sincronización de primera etapa para lograr una sincronización de frecuencia y límite de trama aproximada. La señal de sincronización secundaria es una señal única con un espacio de búsqueda más grande, que puede usarse para sincronización de segunda etapa para identificar dispositivos y lograr una sincronización de tiempo y frecuencia fina (nivel de símbolo). Se usa la señal de referencia para la estimación de canal y demodulación de símbolos de datos. Los tres tipos de señales piloto para la sincronización de tiempo-frecuencia y estimación de canal introducen demasiada tara. Además, la sincronización espacial no se considera en las soluciones existentes (por ejemplo, LTE). Los sistemas futuros funcionan en una banda de frecuencia de portadora muy superior que requiere formación de haces con una anchura de haz muy estrecha. Como resultado, se necesita alinear señales de sincronización con haces de TX y RX con sincronización espacial.

25 Se busca una arquitectura de sincronización de sistema de formación de haces para permitir que los dispositivos receptores se sincronicen con dispositivos transmisores en los dominios de tiempo, frecuencia y espacial en la situación que supone más desafíos.

A partir del documento US 2013/286960 A1 se conocen un sistema y un método para la gestión de haces de canal de control en comunicaciones de ondas milimétricas.

30 A partir del documento US 2014/177607 A1 se conocen un método y un sistema para realizar acceso aleatorio adaptativo en una red inalámbrica con un gran número de antenas.

Sumario

La invención se define mediante el objeto de las reivindicaciones independientes.

35 En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas. Aspectos o realizaciones que no se encuentran dentro del alcance de las reivindicaciones son útiles para entender la invención.

40 Se propone una arquitectura de sincronización de sistema de formación de haces que permite que el dispositivo receptor se sincronice con el dispositivo transmisor en los dominios de tiempo, frecuencia y espacial en la situación que supone más desafíos con una pérdida de trayecto muy alta. Unos bloques de recursos de tiempo-frecuencia configurados de manera periódica en el que el dispositivo transmisor usa los mismos pesos de formación de haces para su transmisión de haz de control al dispositivo receptor. Se transmite una señal piloto para cada uno de los haces de control en cada uno de los bloques de recursos de tiempo-frecuencia configurados de manera periódica. Puede usarse la misma señal de sincronización para todas las etapas de sincronización incluyendo sincronización aproximada inicial, identificación de dispositivo y haz, y estimación de canal para demodulación de datos. Se insertan símbolos piloto en estructuras piloto y se repiten L veces en cada estructura piloto. Las L repeticiones pueden implementarse mediante una

o más transferencias rápidas de Fourier inversas (IFFT) con una o más longitudes de prefijo cíclico (CP) correspondientes. Un detector en el dispositivo receptor detecta la presencia de los haces de control, se sincroniza con la transmisión y estima la respuesta de canal recibiendo las señales piloto. El detector en el dispositivo receptor tiene una baja complejidad cuando se aprovecha la estructura de las señales de sincronización. Consiste en tres etapas que descomponen el procedimiento de sincronización en etapas menos complicadas. Estima con precisión los parámetros requeridos para identificar el dispositivo de transmisión y realizar la comunicación de datos posterior.

En una realización, una estación base asigna un conjunto de bloques de recursos de control en una red de OFDM de formación de haces. El conjunto de bloques de recursos de control comprende bloques de recursos de tiempo-frecuencia asignados de manera periódica asociados con un conjunto de pesos de formación de haces para formar un haz de control. La estación base divide cada bloque de recursos en una parte piloto y una parte de datos. Cada parte piloto se divide en M estructuras piloto y cada estructura piloto comprende L símbolos de OFDM. Se insertan símbolos piloto una vez cada K subportadoras R veces en cada uno de los L símbolos de OFDM para formar la parte piloto mientras que se insertan símbolos de datos en los elementos de recursos restantes para formar la parte de datos. Las variables M, L, K y R son todas números enteros positivos. Después, la estación base transmite los símbolos piloto y los símbolos de datos mediante el haz de control a una pluralidad de equipos de usuario (UE). Las M estructuras piloto tienen una estructura similar con una desviación diferente v_m y una secuencia diferente s_m . Cada haz de control de una célula se identifica mediante los símbolos piloto que tienen un patrón de saltos basado en v_m y una secuencia de firma s_m . Específicamente, para el j-ésimo haz de control de la i-ésima célula, hay un par de identificadores correspondiente $v_{m(i,j)}$ y $s_{m(i,j)}[n]$.

En otra realización, una estación base asigna bloques de recursos de tiempo-frecuencia en una red de OFDM de formación de haces para la transmisión de haz de control (CB). La estación base divide cada bloque de recursos en una parte piloto y una parte de datos. La parte piloto comprende M estructuras piloto y cada estructura piloto comprende varios símbolos de OFDM en el dominio de tiempo y varias subportadoras en el dominio de frecuencia. Después, la estación base inserta símbolos piloto de una señal piloto en cada símbolo de OFDM en la parte piloto. Los símbolos piloto se repiten L veces en cada estructura piloto, y cada estructura piloto se aplica mediante una o más transferencias rápidas de Fourier inversas (IFFT) con una o más longitudes de prefijo cíclico (CP) variables correspondientes para la transmisión de CB. Un equipo de usuario (UE) recibe una transmisión de haz de control a partir de la estación base. El UE recibe una señal de dominio de tiempo a partir de símbolos piloto que se transmiten sobre bloques de recursos de tiempo-frecuencia asignados de manera periódica de un haz de control. El UE procesa la señal de dominio de tiempo retirando uno o más prefijos cíclicos (CP) con una longitud de CP variable y realizando una o más transferencias rápidas de Fourier (FFT) de longitud variable correspondientes para reconstruir una parte piloto de un bloque de recursos, en el que la parte piloto comprende M estructuras piloto y cada estructura piloto comprende varios símbolos de OFDM en el dominio de tiempo y varias subportadoras en el dominio de frecuencia. Después, el UE extrae los símbolos piloto a partir de cada estructura piloto. Los símbolos piloto se repiten L veces en cada estructura piloto.

En aún otra realización, un equipo de usuario (UE) recibe transmisiones de haz de control a partir de una estación base en una red de OFDM de formación de haces. Se transmite una señal piloto sobre bloques de recursos de tiempo-frecuencia asignados de manera periódica de un haz de control en una célula. El UE procesa símbolos piloto portados en una parte piloto de un bloque de recursos, la parte piloto comprende M estructuras piloto y cada estructura piloto comprende L símbolos de OFDM en el dominio de tiempo y R subportadoras en el dominio de frecuencia. Los símbolos piloto se insertan una vez cada K subportadoras R veces en cada símbolo de OFDM, y M, L, R y K son números enteros positivos. Después, el UE detecta el haz de control y la señal piloto basándose en la transmisión de haz de control.

En la siguiente descripción detallada se describen otras realizaciones y ventajas. No se pretende que este resumen defina la invención. La invención se define por las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, en los que números iguales indican componentes iguales, ilustran realizaciones de la invención.

La figura 1 ilustra haces de control en un sistema de formación de haces según un aspecto novedoso.

La figura 2 es un diagrama de bloques simplificado de una estación base y un equipo de usuario que llevan a cabo determinadas realizaciones de la presente invención.

La figura 3 ilustra pesos de formación de haces aplicados a múltiples elementos de antena en un sistema de formación de haces.

La figura 4 ilustra múltiples conjuntos de pesos de formación de haces aplicados a elementos de antena un haz cada vez o dos haces cada vez.

La figura 5 ilustra la reciprocidad espacial de transmisión de DL y UL en un sistema de formación de haces.

La figura 6 ilustra haces de control en una célula que comprende bloques de recursos de control de DL y bloques de recursos de control de UL.

- La figura 7 ilustra una realización de un bloque de recursos de control de DL asociado con un haz de control.
- La figura 8 ilustra una realización de un bloque de recursos de control de UL asociado con un haz de control.
- La figura 9 ilustra transmisión de BS y recepción de UE en bloques de recursos de control de DL.
- La figura 10 ilustra transmisión de UE y recepción de BS en bloques de recursos de control de UL.
- 5 La figura 11 ilustra haces de control en una célula que comprende bloques de recursos de control de DL y UL y sus pesos de formación de haces asociados.
- La figura 12 ilustra una región de control, segmento de región de control y ciclo de control de un haz de control.
- La figura 13 ilustra una configuración de segmento de región de control y bloque de recursos de control.
- La figura 14 ilustra una realización preferida de configuración de bloques de recursos de control de DL y UL.
- 10 La figura 15 ilustra un receptor de UL que tiene dos cadenas de RF para recibir dos haces de control simultáneamente.
- La figura 16A ilustra realizaciones con y sin configuración de recursos de control de DL/UL entrelazados.
- La figura 16B ilustra una realización de configuración de recursos de control con diferentes ciclos de trabajo de DL/UL.
- La figura 17 ilustra realizaciones de ciclos de control para diferentes células.
- La figura 18 ilustra realizaciones de ciclos de control en sistemas de TDD y FDD.
- 15 La figura 19 ilustra un procedimiento de señalización de control entre un UE y una BS en un sistema de formación de haces según un aspecto novedoso.
- La figura 20 es un diagrama de flujo de un método de señalización de control desde la perspectiva de la estación base en un sistema de formación de haces según un aspecto novedoso.
- 20 La figura 21 es un diagrama de flujo de un método de señalización de control desde la perspectiva del equipo de usuario en un sistema de formación de haces según un aspecto novedoso.
- La figura 22 ilustra un ejemplo de señales piloto en un haz de control en un sistema de formación de haces según un aspecto novedoso.
- La figura 23 ilustra un ejemplo detallado de estructuras piloto en haces de control.
- La figura 24 ilustra la identificación de haz de control basándose en señales piloto.
- 25 La figura 25 ilustra variaciones de estructuras piloto con símbolos de OFDM adicionales.
- La figura 26 ilustra variaciones de estructuras piloto con tiempo de guarda.
- La figura 27 es un diagrama de flujo de un método de asignación de recursos para la transmisión de símbolos piloto en un sistema de formación de haces según un aspecto novedoso.
- La figura 28 ilustra diferentes realizaciones de símbolos de OFDM con repeticiones en el dominio de tiempo.
- 30 La figura 29 ilustra estructuras piloto con longitud de prefijo cíclico variable y FFT de longitud variable.
- La figura 30 es un diagrama de flujo de soportar longitud de CP variable para la transmisión de señal piloto en una red de formación de haces según un aspecto novedoso.
- La figura 31 es un diagrama de flujo de soportar longitud de CP variable para la recepción de señal piloto en una red de formación de haces según un aspecto novedoso.
- 35 La figura 32 ilustra un procedimiento de detección de señal piloto en tres etapas según un aspecto novedoso.
- La figura 33 ilustra una detección de haz de control y estimación de tiempo-frecuencia aproximada de etapa 1.
- La figura 34 ilustra una detección de límite de bloque de referencia de haz de control de etapa 2.
- La figura 35 ilustra una correlación de secuencias e identificación de haz y sincronización de tiempo-frecuencia fina de etapa 3.
- 40 La figura 36 es un diagrama de flujo de un método de detección de señal piloto basándose en la transmisión de haz de control en una red de formación de haces según un aspecto novedoso.

Descripción detallada

Ahora se hará referencia en detalle a algunas realizaciones de la invención, ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos adjuntos.

5 La figura 1 ilustra haces de control en una red 100 celular de onda milimétrica (mmWave) de formación de haces según un aspecto novedoso. La red 100 de formación de haces comprende una estación 101 base BS y un equipo 102 de usuario UE. La red celular de mmWave usa comunicaciones direccionales con haces estrechos y puede soportar una tasa de transmisión de datos de múltiples gigabits. Se logran comunicaciones direccionales mediante formación de haces digital y/o analógica, en las que se aplican múltiples elementos de antena con múltiples conjuntos de pesos de formación de haces para formar múltiples haces. Para fines de control, se proporciona un conjunto de haces de control de TX/RX aproximados por la estación base en el sistema celular. El conjunto de haces de control puede configurarse de manera periódica o producirse de manera indefinida y repetida en un orden conocido por los UE. El conjunto de haces de control cubre toda el área de cobertura de célula con ganancia de formación de haces moderada. Cada haz de control emite por difusión una cantidad mínima de información específica de haz similar al bloque de información maestro o bloque de información de sistema (MIB o SIB) en LTE. Cada haz también puede portar tráfico de datos o control específico de UE. Cada haz transmite un conjunto de señales conocidas con el fin de sincronización de tiempo-frecuencia inicial, identificación del haz de control que transmite las señales y medición de calidad de canal de radio para el haz que transmite las señales.

En el ejemplo de la figura 1, la BS 101 está configurada direccionalmente con múltiples células, y cada célula está cubierta por un conjunto de haces de control de TX/RX aproximados. En una realización, la célula 110 está cubierta por ocho haces de control de CB0 a CB7. Cada haz de control comprende un conjunto de bloques de recursos de enlace descendente, un conjunto de bloques de recursos de enlace ascendente y un conjunto de pesos de formación de haces asociados con ganancia de formación de haces moderada. En el ejemplo de la figura 1, se someten diferentes haces de control a multiplexación por división de tiempo (TDM) en el dominio de tiempo. Una subtrama 121 de enlace descendente tiene ocho haces de control de DL que ocupan un total de 0,38 ms. Una subtrama 122 de enlace ascendente tiene ocho haces de control de UL que ocupan un total de 0,38 ms. El intervalo entre la subtrama de DL y la subtrama de UL es de 2,5 ms. El conjunto de haces de control son haces de control de nivel inferior que proporcionan señalización de control de tasa baja para facilitar la comunicación de datos de tasa alta en haces de datos de nivel superior. Por ejemplo, el UE 102 realiza la sincronización con la BS 101 mediante el haz de control CB4, e intercambia tráfico de datos con la BS 101 mediante el haz de datos dedicado DB0. La arquitectura de haz de control y haz de datos proporciona un esquema de señalización de control robusto para facilitar la operación de formación de haces en sistemas de red celular de mmWave.

La figura 2 es un diagrama de bloques simplificado de una estación base y un equipo de usuario que llevan a cabo determinadas realizaciones de la presente invención. La BS 201 tiene una matriz 211 de antenas que tiene múltiples elementos de antena que transmite y recibe señales de radio, uno o más módulos 212 transceptores de RF, acoplados con la matriz de antenas, reciben señales de RF a partir de la antena 211, las convierten en señal de banda base y las envían a un procesador 213. El transceptor 212 de RF también convierte señales de banda base recibidas a partir del procesador 213, las convierte en señales de RF y las envía a la antena 211. El procesador 213 procesa las señales de banda base recibidas e invoca diferentes módulos funcionales para realizar características en la BS 201. Una memoria 214 almacena instrucciones de programa y datos 215 para controlar las operaciones de la BS 201. La BS 201 también incluye múltiples módulos funcionales que llevan a cabo diferentes tareas según realizaciones de la presente invención.

De manera similar, el UE 202 tiene una antena 231, que transmite y recibe señales de radio. Un módulo 232 de transceptor de RF, acoplado con la antena, recibe señales de RF a partir de la antena 231, las convierte en señales de banda base y las envía al procesador 233. El transceptor 232 de RF también convierte señales de banda base recibidas a partir del procesador 233, las convierte en señales de RF y las envía a la antena 231. El procesador 233 procesa las señales de banda base recibidas e invoca diferentes módulos funcionales para realizar características en el UE 202. Una memoria 234 almacena instrucciones de programa y datos 235 para controlar las operaciones del UE 202. El UE 202 también incluye múltiples módulos funcionales que llevan a cabo diferentes tareas según realizaciones de la presente invención.

Los módulos funcionales pueden implementarse y configurarse mediante hardware, firmware, software y cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, desde el lado de BS, un módulo 221 de asignación de DL y un módulo 222 de asignación de UL asignan bloques de recursos de radio de control para los haces de control, y un módulo 223 de asignación de piloto asigna recursos de radio para transmitir señales piloto. Obsérvese que el término "asignar" puede ser una acción explícita realizada por la BS para configurar y reservar determinados bloques de recursos, pero también puede ser una acción implícita de seguir un acuerdo predefinido basado en una especificación de norma. Desde el lado de UE, un módulo 245 de detección de piloto detecta señales piloto, extrae símbolos piloto e identifica haces de control a partir de la transmisión de haz de control recibida, un módulo 244 de selección de haz selecciona un haz de control preferido a partir de la transmisión de haz de control recibida, un módulo 243 de sincronización realiza sincronización de tiempo y frecuencia con la BS usando el haz de control seleccionado, un módulo 242 de medición mide señales de radio para diferentes haces de control y células, y un módulo 241 de acceso aleatorio realiza acceso de canal para establecer la conexión con la BS.

La figura 3 ilustra pesos de formación de haces aplicados a múltiples elementos de antena en un sistema de formación de haces. Mediante tecnología de antenas direccionales, se ajustan pesos de formación de haces complejos y después se aplican a las señales transmitidas o recibidas mediante los múltiples elementos de antena para enfocar la potencia de radiación de transmisión o recepción en la dirección deseada. Los pesos de formación de haces W pueden aplicarse en el dominio analógico en la cadena de RF N_c (por ejemplo, tal como se ilustra en la figura 3) o aplicarse en el dominio digital en la banda base (no mostrada) dependiendo de la arquitectura de transceptor. Pueden aplicarse múltiples conjuntos de pesos complejos a los múltiples elementos de antena N_t , formando un haz cada vez o múltiples haces simultáneamente.

La figura 4 ilustra múltiples conjuntos de pesos de formación de haces aplicados a elementos de antena para formar un haz cada vez o dos haces cada vez. En la fila superior de la figura 4, la estación base forma un haz cada vez aplicando un conjunto de pesos. Los haces 0, 1, 2 y 3 se forman secuencialmente uno cada vez. En la fila inferior de la figura 4, la estación base forma dos haces cada vez aplicando dos conjuntos de pesos. Los haces 0/4, 1/5, 2/6 y 3/7 se forman secuencialmente dos cada vez.

La figura 5 ilustra la reciprocidad espacial de transmisión de DL y UL en un sistema de formación de haces. Generalmente se supone que el canal de enlace descendente y el canal de enlace ascendente son espacialmente recíprocos en el sistema de formación de haces. Esto es normalmente cierto para sistemas de dúplex por división de tiempo (TDD) y para la mayoría de los sistemas de dúplex por división de frecuencia (FDD) si la separación de frecuencia es menor que una décima parte del ancho de banda de canal total. Con formación de haces espacialmente recíproca, se usa el mismo patrón de antenas con formación de haces para la recepción y transmisión. Tal como se ilustra en la figura 5, para la transmisión de enlace descendente, la BS aplica un vector de formación de haces de TX $V_{BS,TX}$ y el UE aplica un vector de formación de haces de RX $V_{UE,RX}$. Para la transmisión de enlace ascendente, la BS aplica un vector de formación de haces de RX $V_{BS,RX}$ y el UE aplica un vector de formación de haces de TX $V_{UE,TX}$. Con formación de haces espacialmente recíproca, los vectores de formación de haces para enlace descendente y enlace ascendente son los mismos, por ejemplo, $(V_{BS,TX}, V_{UE,RX}) = (V_{BS,RX}, V_{UE,TX})$.

La figura 6 ilustra haces de control en una célula que comprende bloques de recursos de control de DL y bloques de recursos de control de UL y vectores de formación de haces asociados. Como concepto general, un haz de control de enlace descendente se define como un conjunto de bloques de recursos de tiempo-frecuencia en los que la estación base usa el mismo conjunto de pesos de formación de haces para su transmisión de enlace descendente a los UE receptores. Dichos bloques de recursos de tiempo-frecuencia, denominados bloques de recursos de control de enlace descendente (DL), pueden configurarse de manera periódica o producirse de manera indefinida en un orden conocido por los UE. Los bloques de recursos de control de enlace descendente configurados de manera periódica para el haz de control de enlace descendente CB0 se representan en el diagrama de la mitad superior de la figura 6, donde $V_{BS,TX}^0$ representa el vector de formación de haces para el enlace descendente CB0.

De manera similar, un haz de control de enlace ascendente se define como un conjunto de bloques de recursos de tiempo-frecuencia en los que la estación base elige preferiblemente el mismo conjunto de pesos de formación de haces que el usado por los bloques de recursos de control de DL correspondientes para su recepción de la transmisión de enlace ascendente de los UE. Dichos bloques de recursos de tiempo-frecuencia, denominados bloques de recursos de control de enlace ascendente (UL), pueden configurarse de manera periódica o producirse de manera indefinida en un orden conocido por los UE. Los bloques de recursos de control de enlace ascendente configurados de manera periódica para el haz de control de enlace ascendente CB0 se representan en el diagrama de la mitad inferior de la figura 6, donde $V_{BS,RX}^0$ representa el vector de formación de haces para el enlace ascendente CB0. Debido a la reciprocidad espacial, los vectores de formación de haces son los mismos ($V_{BS,TX}^0 = V_{BS,RX}^0$). Si la estación base elige no usar el conjunto de pesos de formación de haces de transmisión correspondiente como su conjunto de pesos de formación de haces de recepción en el bloque de recursos de control de UL, entonces debe usar un conjunto de pesos de formación de haces que logra unas mejores prestaciones que el conjunto de pesos de formación de haces asociados con los bloques de recursos de control de DL.

La figura 7 ilustra una realización de un bloque de recursos de control de DL asociado con un haz de control. Cada bloque de recursos de control de DL asociado con un haz de control comprende al menos una parte piloto y una parte de datos transmitidas por la estación base. Por ejemplo, el bloque 701 de recursos de control de DL comprende la parte 710 piloto y la parte 720 de datos. La parte piloto se usa para la identificación de la célula y el haz de control, y para la sincronización de tiempo, frecuencia y espacial. La parte de datos se usa para la difusión específica de célula, difusión específica de haz, datos de control específicos de UE y datos de tráfico específicos de UE.

La figura 8 ilustra una realización de un bloque de recursos de control de UL asociado con un haz de control. Cada bloque de recursos de control de UL comprende recursos asignados a un determinado UE. La transmisión de un UE en el bloque de recursos de control de UL comprende al menos una parte piloto y una parte de datos. Por ejemplo, el bloque 801 de recursos de control de UL comprende recursos 802 que incluyen la parte 810 piloto y la parte 820 de datos. La parte piloto se usa para la identificación del UE y para que la estación base logre sincronización de tiempo, frecuencia y espacial con la transmisión de enlace ascendente del UE. La parte de datos se usa para datos de control específicos de UE y datos de tráfico específicos de UE.

La transmisión de un UE en el bloque de recursos de control de UL puede emplear formación de haces de transmisión cuando está equipado con múltiples antenas. El conjunto de pesos de formación de haces de transmisión usado por el UE para la transmisión en el bloque de recursos de control de UL debe ser preferiblemente el mismo que el conjunto de pesos de formación de haces de recepción usado por el UE para la recepción en el bloque de recursos de control de DL precedente con el que está asociada la transmisión de UL.

La figura 9 ilustra transmisión de BS y recepción de UE en bloques de recursos de control de DL. La figura 10 ilustra transmisión de UE y recepción de BS en bloques de recursos de control de UL. Con formación de haces espacialmente recíproca, se usa el mismo patrón de antenas con formación de haces para la recepción y la transmisión. Tal como se ilustra en la figura 9, para la transmisión de enlace descendente con el haz de control CB0, la BS aplica el vector de formación de haces de TX $V_{BS,TX}^0$ y el UE aplica el vector de formación de haces de RX $V_{UE,RX}^0$ en bloques de recursos de control de DL. Tal como se ilustra en la figura 10, para la transmisión de enlace ascendente con CB0, la BS aplica el vector de formación de haces de RX $V_{BS,RX}^0$ y el UE aplica el vector de formación de haces de TX $V_{UE,TX}^0$ en bloques de recursos de control de UL. Con formación de haces espacialmente recíproca, los vectores de formación de haces del haz de control CB0 para enlace descendente y enlace ascendente son los mismos, por ejemplo, $V_{BS,RX}^0 = V_{BS,TX}^0$ para la estación base y $V_{UE,TX}^0 = V_{UE,RX}^0$ para el UE.

La figura 11 ilustra haces de control en una célula que comprende bloques de recursos de control de DL y UL y sus pesos de formación de haces asociados. El conjunto de bloques de recursos de control de DL y UL y su conjunto de pesos de formación de haces asociados se denominan de manera colectiva haz de control (CB) en una célula. Múltiples conjuntos de pesos de formación de haces crean patrones de radiación que cubren el área de servicio completa de la célula. Un conjunto de bloques de recursos de control de DL y un conjunto de bloques de recursos de control de UL están asociados con cada uno del conjunto de pesos de formación de haces. Cada célula tiene múltiples haces de control que cubren su área de servicio completa. En el ejemplo de la figura 11, el haz de control 0 (CB0) en la célula 1100 comprende un conjunto 1110 de bloques de recursos de control de DL, un conjunto 1120 de bloques de recursos de control de UL y un conjunto de pesos de formación de haces o vectores de formación de haces ($V_{BS,TX}^0 = V_{BS,RX}^0 = V_{BS}^0$) correspondientes. La estación base asigna ocho haces de control desde CB0 hasta CB7 para la célula 1100. CB0 está asociado con los vectores de formación de haces V_{BS}^0 , CB1 está asociado con los vectores de formación de haces V_{BS}^1 , y así sucesivamente. La colección de los ocho vectores de formación de haces V_{BS}^0 a V_{BS}^7 crea un patrón de radiación que cubre el área de servicio completa de la célula.

La figura 12 ilustra una región de control, segmento de región de control y ciclo de control de un haz de control. La colección de todos los bloques de recursos de control de DL asociados con todos los haces de control en una célula se denomina región de control de DL de una célula. La región de control de DL puede dividirse adicionalmente en segmentos de región de control de DL. Un segmento de región de control de DL comprende bloques de recursos de control de DL asociados con la totalidad o parte de los haces de control en una célula dentro de un determinado periodo de tiempo denominado ciclo de control de la célula. De manera similar, la colección de todos los bloques de recursos de control de UL asociados con todos los haces de control en una célula se denomina región de control de UL de una célula. La región de control de UL puede dividirse adicionalmente en segmentos de región de control de UL. Un segmento de región de control de UL comprende bloques de recursos de control de UL asociados con la totalidad o parte de los haces de control en una célula dentro del ciclo de control de la célula. Hay un segmento de control de DL y un segmento de control de UL correspondiente en un ciclo de control de una célula. El ciclo de control de la célula puede configurarse previamente y conocerse por los UE o configurarse dinámicamente y señalizarse a, o detectarse de manera ciega por, los UE. El ciclo de control puede variar a lo largo del tiempo.

En el ejemplo de la figura 12, la mitad superior del diagrama representa la región de control de DL que tiene tres segmentos de región de control de DL. Cada segmento de región de control de DL comprende bloques de recursos de control de DL para los haces de control CB0, CB1, CB2, CB3 y CB4. La mitad inferior del diagrama representa la región de control de UL que tiene dos segmentos de región de control de UL. Cada segmento de región de control de UL comprende bloques de recursos de control de UL para los haces de control CB0, CB1, CB2, CB3 y CB4. Un ciclo de control, por ejemplo, desde el tiempo T0 hasta T1, comprende un segmento 1210 de región de control de DL y un segmento 1220 de región de control de UL.

La figura 13 ilustra una configuración de segmento de región de control y bloque de recursos de control. En el ejemplo de la figura 13, un segmento de región de control comprende bloques de recursos de control para ocho haces de control desde CB0 hasta CB7. El segmento de región de control puede ocupar cualquier bloque de recursos de tiempo-frecuencia que permite el hardware para cada CB. Los diferentes CB pueden ocupar los bloques de recursos en multiplexado por división de tiempo (TDM), en multiplexado por división de frecuencia (FDM), en multiplexado por división de código (CDM), en multiplexado por división espacial (SPD) o en cualquier combinación o mezcla de los esquemas de multiplexado anteriores.

La figura 14 ilustra una realización preferida de configuración de bloques de recursos de control de DL y UL. No se necesita que las configuraciones para el segmento de región de control de DL y el segmento de región de control de UL sean las mismas. En el ejemplo de la figura 14, hay ocho bloques de recursos de control de DL/UL para ocho haces de control de CB0 a CB7 en un ciclo de control de una célula. En un segmento de región de control de DL, los bloques de recursos de control de DL para diferentes haces de control preferiblemente se multiplexan por división de tiempo (TDM) y son contiguos en el tiempo. Tal como se representa mediante el bloque 1410, los bloques de recursos de control de

DL para de CB0 a CB7 se multiplexan en el dominio de tiempo. Cada haz de control transmite a la potencia máxima para llegar al alcance máximo. Por otro lado, en un segmento de región de control de UL, los bloques de recursos de control de UL para diferentes haces de control preferiblemente se multiplexan por división espacial (SDM) junto con otros esquemas de multiplexado cuando una estación base está equipada con múltiples cadenas de RF. Tal como se representa mediante el bloque 1420, los bloques de recursos de control de UL para de CB0 a CB7 se multiplexan en el dominio espacial y en el dominio de tiempo. La estación base equipada con múltiples cadenas de RF puede recibir múltiples haces al mismo tiempo y un procesamiento digital de banda base puede mitigar adicionalmente la interferencia entre haces.

La figura 15 ilustra un receptor de UL que tiene dos cadenas de RF para recibir dos haces de control simultáneamente. En el ejemplo de la figura 15, una estación base está equipada con un receptor de RF que tiene dos cadenas de RF RF0 y RF1. En transmisión de UL, la estación base recibe CB1 y CB5 al mismo tiempo mediante RF0 y RF1, y después procesa la señal recibida usando un módulo 1510 de procesamiento de banda base digital para mitigar la interferencia entre haces.

La figura 16A ilustra realizaciones con y sin configuración de recursos de control de DL/UL entrelazados. En el diagrama superior de la figura 16A, un ciclo de control comprende un segmento 1610 de región de control de DL y un segmento 1620 de región de control de UL correspondiente. El segmento 1610 de región de control de DL comprende bloques de recursos de control de DL para cuatro haces de control de CB0 a CB3. Los bloques de recursos de control de DL para los cuatro haces de control diferentes se someten a TDM y son contiguos en el tiempo. De manera similar, el segmento 1620 de región de control de UL comprende bloques de recursos de control de UL para cuatro haces de control de CB0 a CB3. Los bloques de recursos de control de UL para los cuatro haces de control diferentes se someten a TDM y son contiguos en el tiempo. En el diagrama inferior de la figura 16A, un ciclo de control comprende un segmento 1630 de región de control de DL y un segmento 1640 de región de control de UL correspondiente. El segmento 1630 de región de control de DL comprende bloques de recursos de control de DL para cuatro haces de control de CB0 a CB3. El segmento 1640 de región de control de UL comprende bloques de recursos de control de UL para cuatro haces de control de CB0 a CB3. Los bloques de recursos de control de DL y los bloques de recursos de control de UL para los cuatro haces de control diferentes se someten a TDM pero no son contiguos en el tiempo. En un caso especial, los bloques de recursos de control de DL y UL están entrelazados y alternados en el tiempo.

La figura 16B ilustra una realización de configuración de recursos de control con diferentes ciclos de trabajo de DL/UL. En el diagrama superior de la figura 16B, un ciclo de control comprende un segmento 1650 de región de control de DL y un segmento 1660 de región de control de UL correspondiente. El segmento 1650 de región de control de DL comprende recursos de control de DL para cuatro haces de control de CB0 a CB3, que se someten a TDM y son contiguos en el tiempo. Cada haz de control de DL aparece dos veces en el ciclo de control. El segmento 1660 de región de control de UL comprende recursos de control de UL para cuatro haces de control de CB0 a CB3, que se someten a TDM y no son contiguos en el tiempo. Cada haz de control de UL aparece una vez en el ciclo de control. Como resultado, los haces de control de DL tienen un ciclo de trabajo más corto que los haces de control de UL. En el diagrama inferior de la figura 16B, un ciclo de control comprende un segmento 1670 de región de control de DL y un segmento 1680 de región de control de UL correspondiente. El segmento 1670 de región de control de DL comprende recursos de control de DL para cuatro haces de control de CB0 a CB3. El segmento 1680 de región de control de UL comprende recursos de control de UL para cuatro haces de control de CB0 a CB3. Los bloques de recursos de control de DL y los bloques de recursos de control de UL para los cuatro haces de control diferentes se someten a TDM pero no son contiguos en el tiempo. En un caso especial, cada dos bloques de recursos de control de DL se entrelazan mediante un bloque de recursos de control de UL. Como resultado, los haces de control de DL tienen un ciclo de trabajo más corto que los haces de control de UL.

La figura 17 ilustra realizaciones de ciclos de control para diferentes células. En el diagrama superior de la figura 17, los ciclos de control para diferentes células son los mismos, por ejemplo, síncronos para célula. Los segmentos de región de control de DL para célula 1, célula 2, y célula 3 están alineados en el tiempo. Con la configuración síncrona para célula, un UE puede realizar mediciones para haces de control a partir de diferentes células durante el mismo intervalo de segmento de región de control. En el diagrama inferior de la figura 17, los ciclos de control para diferentes células son diferentes, por ejemplo, no síncronos para célula. Los segmentos de región de control de DL para célula 1, célula 2, y célula 3 no están alineados en el tiempo. Con la configuración no síncrona para célula, no hay ninguna interferencia entre células entre haces de control a partir de diferentes células.

La figura 18 ilustra realizaciones de ciclos de control en sistemas de TDD y FDD. En el diagrama superior de la figura 18, los segmentos de región de control de DL y los segmentos de región de control de UL están entrelazados en el tiempo en modo de TDD o FDD. En el diagrama inferior de la figura 18, los segmentos de región de control de DL y los segmentos de región de control de UL pueden solaparse o alinearse en el tiempo en modo de FDD.

Pueden configurarse bloques de recursos de control adicionales cuando los recursos preconfigurados para haces de control son insuficientes. Para haces de control de DL, bloques de recursos de control de DL adicionales pueden configurarse dinámicamente, preconfigurarse o suministrarse de manera implícita a partir de identificación de haz de control. Los bloques de recursos de control de DL adicionales pueden tener un formato de trama diferente, por ejemplo, la señal piloto no se modula porque no necesita portar la ID de haz. Para haces de control de UL, bloques de recursos de control de UL adicionales pueden configurarse dinámicamente, preconfigurarse o suministrarse de manera implícita a

partir de identificación de haz de control. Los bloques de recursos de control de UL adicionales pueden asignarse basándose en contienda o concederse a un conjunto designado de UE. Los bloques de recursos de control de UL adicionales pueden tener un formato de trama diferente, por ejemplo, la señal piloto no se modula porque no necesita portar la ID de UE.

5 La figura 19 ilustra un procedimiento de señalización de control entre un UE 1901 y una BS 1902 en un sistema de formación de haces según un aspecto novedoso. En la etapa 1910, el UE 1901 intenta establecer una conexión con la BS 1902. El UE 1901 espera y detecta la transmisión de BS de haz de control, que se transmiten de manera repetida e indefinida. El UE 1901 intenta lograr sincronización de tiempo, frecuencia y espacial con la BS 1902, y adquirir información de difusión requerida para acceder a la red. En la etapa 1920, el UE 1901 recibe y detecta transmisiones de haz de control a partir de la BS 1902. Por ejemplo, el UE 1901 recibe y detecta cuatro transmisiones de haz de control de CB n.º 1 a CB n.º 4 a partir de la BS 1902. En la etapa 1930, el UE 1901 selecciona un haz de control, por ejemplo, el haz de control CB n.º 2 para establecer la conexión con la BS 1902. El UE 1901 realiza en primer lugar sincronización de tiempo y frecuencia con la BS 1902. La sincronización espacial se logra después de que el UE seleccione el haz de control para establecer la conexión con la BS. Después, el UE 1901 determina los recursos de control de UL correspondientes al haz de control CB n.º 2 seleccionado. Se proporciona una ganancia de matriz moderada mediante el haz de control, lo cual compensa parcialmente la grave pérdida de trayecto en canal de mmWave y por tanto facilita la operación de detección en el UE. En la etapa 1940, el UE 1901 realiza acceso aleatorio (RA) en los recursos de control de UL correspondientes al haz de control CB n.º 2 seleccionado para portar información esencial a la BS 1902 que se requiere para el establecimiento de conexión. Mediante el acceso aleatorio, la BS es consciente de qué haz de control prefiere el UE. La BS puede alcanzar el UE para completar el procedimiento de establecimiento de conexión usando el haz de control seleccionado. Se proporciona una ganancia de matriz moderada mediante el haz de control que facilita la recepción de BS de acceso aleatorio de UE. Los recursos de control de UL incluyen recurso dedicado para acceso aleatorio y por tanto proporcionan un canal de UL mejor protegido.

25 La figura 20 es un diagrama de flujo de un método de señalización de control desde la perspectiva de la estación base en un sistema de formación de haces según un aspecto novedoso. En la etapa 2001, una estación base asigna unos primeros conjuntos de bloques de recursos de control de DL para transmisión de DL a una pluralidad de equipos de usuario (UE) en una red de formación de haces. Cada conjunto de bloques de recursos de control de DL está asociado con un conjunto correspondiente de pesos de formación de haces. En la etapa 2002, la estación base asigna unos segundos conjuntos de bloques de recursos de control de UL para transmisión de UL a partir de los UE. Cada conjunto de bloques de recursos de control de UL está asociado con el mismo conjunto correspondiente de pesos de formación de haces. En la etapa 2003, la estación base transmite información de identificación de célula y de haz usando un conjunto de haces de control. Cada haz de control comprende un conjunto de bloques de recursos de control de DL, un conjunto de bloques de recursos de control de UL, y el conjunto correspondiente de pesos de formación de haces. Una colección de los pesos de formación de haces del conjunto de haces de control crea un patrón de radiación que cubre un área de servicio completa de una célula.

35 La figura 21 es un diagrama de flujo de un método de señalización de control desde la perspectiva del equipo de usuario en un sistema de formación de haces según un aspecto novedoso. En la etapa 2101, un equipo de usuario (UE) recibe transmisión de haz de control a partir de una estación base usando un conjunto de haces de control en una red de formación de haces. Cada haz de control comprende un conjunto de bloques de recursos de control de DL, un conjunto de bloques de recursos de control de UL y un conjunto asociado de pesos de formación de haces. En la etapa 2102, el UE selecciona un haz de control para establecer una conexión con la estación base. En la etapa 2103, el UE realiza acceso aleatorio con la estación base usando el haz de control seleccionado.

Señales piloto en los haces de control

45 La figura 22 ilustra un ejemplo de señales piloto en un haz de control en un sistema de formación de haces según un aspecto novedoso. Tal como se ilustró anteriormente con respecto a la figura 1, con fines de señalización de control, se proporciona un conjunto de haces de control de TX/RX aproximados por la estación base en el sistema celular. El conjunto de haces de control puede configurarse de manera periódica o producirse de manera indefinida y repetida con el fin de que los conozcan los UE. El conjunto de haces de control cubre toda el área de cobertura de célula con ganancia de formación de haces moderada. Cada haz de control emite por difusión una cantidad mínima de información específica de haz similar al bloque de información maestro o bloque de información de sistema (MIB o SIB) en LTE. Cada haz también puede portar tráfico de datos y/o control específico de UE. Cada haz de control transmite un conjunto de señales piloto conocidas con el fin de sincronización de tiempo-frecuencia inicial, identificación del haz de control que transmite las señales piloto y medición de la calidad de canal de radio para el haz de control que transmite las señales piloto.

55 En el ejemplo de la figura 22, una célula de una estación base está cubierta por ocho haces de control de CB0 a CB7. Cada haz de control comprende un conjunto de bloques de recursos de enlace descendente, un conjunto de bloques de recursos de enlace ascendente y un conjunto de pesos de formación de haces asociados con ganancia de formación de haces moderada. Se someten diferentes haces de control a multiplexación por división de tiempo (TDM) en el dominio de tiempo. Por ejemplo, una subtrama 2201 de enlace descendente tiene ocho haces de control de DL que ocupan un total de 0,38 ms. Una subtrama de enlace ascendente (no mostrada) también tiene ocho haces de control de UL que ocupan un total de 0,38 ms. El intervalo (un ciclo de control) entre dos subtramas de DL/UL es de 5 ms. El conjunto de

haces de control son haces de control de nivel inferior que proporcionan señalización de control de tasa baja para facilitar la comunicación de datos de tasa alta en haces de datos de nivel superior. Más específicamente, se transmite un conjunto de señales piloto para cada uno de los haces de control en cada uno de los bloques de recursos de tiempo-frecuencia configurados de manera periódica para facilitar que los dispositivos receptores detecten, identifiquen y se sincronicen con los haces de control y realicen la posterior comunicación de datos de tasa alta.

La figura 23 ilustra un ejemplo detallado de estructuras piloto en haces de control en un sistema de OFDM de formación de haces. El intervalo (un ciclo de control) entre dos subtramas de DL en la figura 23 es de 5 ms, lo cual contiene 840 símbolos de OFDM de DL. Cada región de control de DL contiene 128 símbolos de OFDM, y cada haz de control (por ejemplo, CB0) dentro de cada región de control contiene 16 símbolos de OFDM. Para CB0, cada bloque de recursos (por ejemplo, el bloque 2301 de recursos) asignado para CB0 contiene $L = 4$ símbolos de OFDM a lo largo del dominio de tiempo y un determinado número de subportadoras a lo largo del dominio de frecuencia dependiendo del ancho de banda y la configuración de sistema.

Dentro de cada símbolo de OFDM, se insertan símbolos piloto una vez cada $K = 8$ subportadoras (o elementos de recursos) para $R_{\max} = 320$ veces en un símbolo de OFDM (por ejemplo, el símbolo 2311 de OFDM). Las subportadoras (o elementos de recursos) restantes son para símbolos de datos. Los símbolos piloto tienen un factor de refuerzo de potencia con respecto a los símbolos de datos. Los símbolos piloto tienen una desviación v_m con respecto a la 0-ésima subportadora. Los símbolos piloto abarcan una subbanda o toda la banda ($K * R_{\max} \leq N_{\text{fft}}$). Los R elementos de recursos en el símbolo 2311 de OFDM se modulan mediante una secuencia de firma $s_m[n]$ para identificar el haz de control (CB0). El mismo símbolo de OFDM se repite L veces, por ejemplo, para cada símbolo de OFDM en el bloque 2301 de recursos, formando una estructura piloto. Se repiten estructuras piloto similares M veces, indexadas mediante el índice de repetición $m = 0, 1 \dots M-1$. Por ejemplo, la estructura 2323 piloto tiene un índice de repetición de $m = 2$. Las M estructuras piloto (M repeticiones) en conjunto forman la parte piloto de CB0.

Las M estructuras piloto tienen una estructura similar pero con una desviación diferente v_m y/o una secuencia de firma diferente s_m . El valor real de la desviación v_m y la secuencia de firma s_m se basan en el índice de repetición m . Potencialmente, las diferentes desviaciones v_m dan como resultado un patrón de saltos, mientras que las diferentes secuencias s_m se generan a partir de desplazamientos de Doppler de retardo circular de una secuencia de base. En un ejemplo, las diferentes secuencias s_m pertenecen a un conjunto de secuencias de Zadoff-Chu con diferentes retardos y pendientes de frecuencia modulada pulsada. Como resultado, los R elementos de recursos en un símbolo de OFDM modulados mediante la secuencia de firma $s_m[n]$ pueden usarse para identificar un haz de control específico.

La figura 24 ilustra la identificación de haz de control basándose en señales piloto en una red 2400 de formación de haces. La red 2400 de formación de haces comprende una pluralidad de células. Cada estación base configura un conjunto de haces de control para crear un patrón de radiación que cubre un área de servicio completa de una célula para la transmisión de señal piloto. Cada haz de control de la célula se identifica mediante los símbolos piloto que tienen un patrón de saltos v_m y una secuencia $s_m[n]$. Específicamente, para el j -ésimo haz de control de la i -ésima célula, hay un par de identificadores correspondiente $v_m(i,j)$ y $s_m(i,j)[n]$ con algunas variaciones.

En el ejemplo de la figura 24, hay nueve células (de célula 0 a célula 8), y cada célula tiene ocho haces de control (de CB0 a CB7). En un ejemplo, el mismo patrón de saltos pero diferentes secuencias están asociadas con diferentes haces de control de la misma célula. En otro ejemplo, la misma secuencia pero diferentes patrones de saltos están asociados con diferentes haces de control de la misma célula. En aún otro ejemplo, secuencias para diferentes haces de control en la misma célula pertenecen a un conjunto de secuencias derivadas a partir de la misma secuencia de base. Obsérvese que el mismo par de identificadores puede reutilizarse espacialmente.

La figura 25 ilustra variaciones de estructuras piloto con símbolos de OFDM adicionales. Tal como se representa mediante el diagrama de la izquierda en la figura 25, cada bloque de recursos asignado para un haz de control contiene seis símbolos de OFDM a lo largo del dominio de tiempo. Los símbolos de OFDM más a la izquierda y más a la derecha se asignan para la parte de datos, mientras que parte de los $L = 4$ símbolos de OFDM del centro se asignan para la parte piloto. Se insertan símbolos piloto cada $K = 8$ subportadoras en cada uno de los $L = 4$ símbolos de OFDM y el mismo símbolo de OFDM se repite $L = 4$ veces. Tal como se representa mediante el diagrama de la derecha en la figura 25, cada bloque de recursos asignado para un haz de control contiene cuatro símbolos de OFDM a lo largo del dominio de tiempo. Los símbolos de OFDM más a la izquierda y más a la derecha se asignan para la parte de datos, mientras que parte de los $L = 2$ símbolos de OFDM del medio se asignan para la parte piloto. Se insertan símbolos piloto cada $K = 8$ subportadoras en cada uno de los $L = 2$ símbolos de OFDM y el mismo símbolo de OFDM se repite $L = 2$ veces. Dicho de otro modo, L puede configurarse por la estación base y pueden rellenarse símbolos de OFDM adicionales antes y/o después de los símbolos piloto para portar símbolos de datos adicionales.

La figura 26 ilustra variaciones de estructuras piloto con tiempo de guarda. Tal como se ilustra en la figura 26, entre la conmutación de un haz de control a otro haz de control, puede insertarse tiempo de guarda adicional. Por ejemplo, se inserta un intervalo de guarda entre CB0 y CB1 para garantizar que transmisiones diferenciadas para CB0 y CB1 no interfieren entre sí.

La figura 27 es un diagrama de flujo de un método de asignación de recursos para la transmisión de símbolos piloto en un sistema de formación de haces según un aspecto novedoso. En la etapa 2701, una estación base asigna un conjunto

de bloques de recursos de control en una red de OFDM de formación de haces. El conjunto de bloques de recursos de control comprende bloques de recursos de tiempo-frecuencia asignados de manera periódica asociados con un conjunto de pesos de formación de haces para formar un haz de control. En la etapa 2702, la estación base divide cada bloque de recursos en una parte piloto y una parte de datos. Cada parte piloto se divide en M estructuras piloto y cada estructura piloto comprende L símbolos de OFDM. Se insertan símbolos piloto una vez cada K subportadoras R veces en cada uno de los L símbolos de OFDM para formar la parte piloto mientras que se insertan símbolos de datos en los elementos de recursos restantes para formar la parte de datos. Las variables M, L, K y R son todas números enteros positivos. En la etapa 2703, la estación base transmite los símbolos piloto y los símbolos de datos mediante el haz de control a una pluralidad de equipos de usuario (UE). Las M estructuras piloto tienen una estructura similar con una desviación diferente v_m y una secuencia diferente s_m . Cada haz de control de una célula se identifica mediante los símbolos piloto que tienen un patrón de saltos basándose en v_m y una secuencia de firma s_m . Específicamente, para el j-ésimo haz de control de la i-ésima célula, hay un par de identificadores correspondiente $v_m(i,j)$ y $s_m(i,j)[n]$.

Prefijo cíclico variable

Tal como se ilustró anteriormente con respecto a la figura 23, se insertan símbolos piloto una vez cada K subportadoras (o elementos de recursos) para $R_{\max} = 320$ veces en un símbolo de OFDM de cada estructura piloto. Con el fin de facilitar la detección de piloto para el dispositivo receptor, los símbolos piloto tienen un factor de refuerzo de potencia con respecto a los símbolos de datos. Además, los símbolos piloto se repiten L veces en cada estructura piloto. Las L repeticiones pueden implementarse de diferentes maneras.

La figura 28 ilustra diferentes realizaciones de símbolos de OFDM con L repeticiones en el dominio de tiempo. En el diagrama 2810 superior de la figura 28, las L repeticiones se implementan de una manera tradicional usando L símbolos de OFDM. Es decir, los elementos de recursos (una vez cada K subportadoras) en un símbolo de OFDM se modulan mediante una secuencia de firma $s_m[n]$ de la señal piloto. El mismo símbolo de OFDM se repite L veces formando una estructura piloto. El diagrama 2810 ilustra una representación en el dominio de tiempo de los $L = 4$ símbolos de OFDM después de realizar IFFT con un tamaño de FFT normal de N_{fft} y cada símbolo de OFDM tiene una longitud de CP normal de N_{cp} . En un ejemplo, $N_{fft} = 1024$ y $N_{cp} = 128$.

En el diagrama 2820 inferior de la figura 28, las L repeticiones se implementan usando un símbolo de OFDM largo con una longitud de CP de tamaño de FFT más larga. Es decir, los elementos de recursos (uno cada $L * K$ subportadoras) en un símbolo de OFDM largo se modulan mediante una secuencia de firma $s_m[n]$ de la señal piloto. El diagrama 2820 ilustra una representación en el dominio de tiempo del símbolo de OFDM largo después de realizar IFFT con un tamaño de FFT de $L * N_{fft}$ y el símbolo de OFDM tiene una longitud de CP de $L * N_{cp}$. En un ejemplo, $L * N_{fft} = 4096$ y $L * N_{cp} = 512$. Con un tamaño de FFT largo y longitud de CP larga, los mismos símbolos piloto se repiten L veces con continuidad de fase a lo largo de las L repeticiones en el símbolo de OFDM largo. Obsérvese que si se realiza FFT de tamaño normal en el límite de OFDM original, entonces se necesita una rotación de desplazamiento de fase en los símbolos piloto para implementar el diagrama 2820 inferior.

La figura 29 ilustra estructuras piloto con longitud de prefijo cíclico variable y FFT de longitud variable. En el lado 2901 de transmisión, en primer lugar se convierte una señal piloto mediante un convertidor serie-paralelo, se insertan símbolos piloto en un bloque de recursos de un haz de control y se convierten de una señal de dominio de frecuencia a una señal de dominio de tiempo aplicando IFFT, y después se añade un prefijo cíclico antes de la transmisión de haz de control. En el lado 2902 de recepción, el receptor funciona con la señal de dominio de tiempo recibida realizando FFT para reconstruir la estructura piloto. En primer lugar se retira el prefijo cíclico a partir de la señal recibida, después se convierte de señal de dominio de tiempo de vuelta a señal de dominio de frecuencia aplicando FFT, y se convierte mediante un convertidor paralelo-serie. Se extraen símbolos piloto para recuperar la señal piloto.

El diagrama 2910 de la figura 29 es una representación en el dominio de frecuencia para una estructura piloto con índice $m = 0$, y el diagrama 2930 es una representación en el dominio de tiempo correspondiente de los símbolos de OFDM para una estructura piloto con índice $m = 0$. Tal como se muestra en el diagrama 2910, se insertan símbolos piloto una vez cada $K = 8$ subportadoras para el primer símbolo de OFDM. Después se repite el mismo símbolo de OFDM para el segundo símbolo de OFDM. Tal como se muestra en el diagrama 2930, a los dos primeros símbolos de OFDM se les aplica un tamaño de FFT de N_{fft} con una longitud de CP de N_{cp} . Comenzando a partir del siguiente símbolo de OFDM en la misma estructura piloto $m = 0$, se insertan símbolos piloto una vez cada $K = 2 * 8 = 16$ subportadoras tal como se representa mediante 2910. Al tercer símbolo de OFDM se le aplica un tamaño de FFT de $2 * N_{fft}$ con una longitud de CP de $2 * N_{cp}$ tal como se representa mediante 2930. De manera similar, el diagrama 2920 de la figura 29 es una representación en el dominio de frecuencia para una estructura piloto con índice $m = 1$, y el diagrama 2940 es una representación en el dominio de tiempo correspondiente del símbolo de OFDM para una estructura piloto con índice $m = 0$. Tal como se muestra en el diagrama 2920, se insertan símbolos piloto una vez cada $K = 4 * 8 = 32$ subportadoras para el símbolo de OFDM. Tal como se muestra en el diagrama 2940, al símbolo de OFDM se le aplica un tamaño de FFT de $4 * N_{fft}$ con una longitud de CP de $4 * N_{cp}$.

En redes de formación de haces, la dispersión de retardo es más grande para un haz más ancho debido a más trayectos múltiples en el canal y da como resultado una mayor probabilidad de obtener trayectos con retardos más largos. Algunos UE pueden elegir usar un haz de RX más ancho para buscar haces de control, y por tanto tener dispersiones de retardo más largas en la señal recibida. Algunos UE puede que ni siquiera soporten formación de

haces. Una dispersión de retardo más larga necesita una longitud de CP más larga. Con determinados bloques de recursos de haz de control configurados para soportar FFT de longitud variable con una longitud de CP de longitud variable en diferentes estructuras piloto, UE con dispersión de retardo más grande pueden recibir sus datos de control usando un tamaño de FFT más largo y una longitud de CP más larga. Obsérvese que los símbolos piloto permanecen sin cambiar a lo largo de las L repeticiones. Por tanto, siempre se procesan símbolos piloto al tamaño de FFT más grande (por ejemplo, $L \cdot N_{\text{fft}}$), o a su tamaño de FFT regular equivalente (por ejemplo, N_{fft}) con rotaciones/desplazamientos de fase apropiados. Además, se mantiene una potencia constante para los símbolos piloto a lo largo de las L repeticiones.

La figura 30 es un diagrama de flujo de soportar longitud de CP variable para la transmisión de señal piloto en una red de formación de haces según un aspecto novedoso. En la etapa 3001, una estación base asigna bloques de recursos de tiempo-frecuencia en una red de OFDM de formación de haces para la transmisión de haz de control (CB). En la etapa 3002, la estación base divide cada bloque de recursos en una parte piloto y una parte de datos. La parte piloto comprende M estructuras piloto y cada estructura piloto comprende varios símbolos de OFDM en el dominio de tiempo y varias subportadoras en el dominio de frecuencia. En la etapa 3003, la estación base inserta símbolos piloto de una señal piloto en cada símbolo de OFDM en la parte piloto. Los símbolos piloto se repiten L veces en cada estructura piloto, y cada estructura piloto se aplica mediante una o más transferencias rápidas de Fourier inversas (IFFT) con una o más longitudes de prefijo cíclico (CP) variables correspondientes para la transmisión de CB. M y L son números enteros positivos. En una realización, una estructura piloto comprende L símbolos de OFDM, las L repeticiones se implementan mediante una IFFT de longitud $N_{\text{fft}} L$ veces y cada símbolo de OFDM tiene una longitud de prefijo cíclico (CP) de N_{CP} . En otra realización, una estructura piloto comprende un símbolo de OFDM, las L repeticiones se implementan mediante una IFFT de longitud $(L \times N_{\text{fft}})$ y el símbolo de OFDM tiene una longitud de prefijo cíclico (CP) de $(L \times N_{\text{CP}})$.

La figura 31 es un diagrama de flujo de soportar longitud de CP variable para la recepción de señal piloto en una red de formación de haces según un aspecto novedoso. En la etapa 3101, un equipo de usuario (UE) recibe transmisión de haz de control a partir de una estación base en una red de OFDM de formación de haces. El UE recibe una señal de dominio de tiempo a partir de símbolos piloto que se transmiten sobre bloques de recursos de tiempo-frecuencia asignados de manera periódica de un haz de control. En la etapa 3102, el UE procesa la señal de dominio de tiempo retirando uno o más prefijos cíclicos (CP) con una longitud de CP variable y realizando una o más transferencias rápidas de Fourier (FFT) de longitud variable correspondientes para reconstruir una parte piloto de un bloque de recursos, en el que la parte piloto comprende M estructuras piloto y cada estructura piloto comprende varios símbolos de OFDM en el dominio de tiempo y varias subportadoras en el dominio de frecuencia. En la etapa 3103, el UE extrae los símbolos piloto a partir de cada estructura piloto. Los símbolos piloto se repiten L veces en cada estructura piloto, y M y L son números enteros positivos. En una realización, una estructura piloto comprende L símbolos de OFDM, el UE extrae las L repeticiones realizando una IFFT de longitud $N_{\text{fft}} L$ veces y cada símbolo de OFDM tiene una longitud de prefijo cíclico (CP) de N_{CP} . En otra realización, una estructura piloto comprende un símbolo de OFDM, el UE extrae las L repeticiones realizando una IFFT de longitud $(L \times N_{\text{fft}})$ y el símbolo de OFDM tiene una longitud de prefijo cíclico (CP) de $(L \times N_{\text{CP}})$.

Procedimiento de detección

La figura 32 ilustra un procedimiento de detección de señal piloto en tres etapas según un aspecto novedoso. Tal como se ilustró anteriormente con respecto a la figura 23, se transmiten señales piloto mediante haces de control en una célula usando bloques de recursos de radio asignados de manera periódica. Para la transmisión de piloto de DL, una estación base asigna bloques de recursos de radio (por ejemplo, el bloque 3210 de recursos) e inserta símbolos piloto en cada estructura piloto (por ejemplo, la estructura 3220 piloto). Dentro de cada símbolo de OFDM, se insertan símbolos piloto una vez cada $K = 8$ subportadoras (o elementos de recursos) para $R_{\text{máx}} = 320$ veces en un símbolo de OFDM. Los símbolos piloto tienen un factor de refuerzo de potencia con respecto a los símbolos de datos. Los símbolos piloto tienen una desviación v_m con respecto a la 0-ésima subportadora. Los símbolos piloto abarcan una subbanda o toda la banda ($K \times R_{\text{máx}} \leq N_{\text{fft}}$). Los R elementos de recursos en cada símbolo de OFDM se modulan mediante una secuencia de firma $s_m[n]$ para identificar un haz de control. El mismo símbolo de OFDM se repite L veces, por ejemplo, para cada símbolo de OFDM en el bloque de recursos, formando una estructura piloto. Se repiten estructuras piloto similares M veces, indexadas mediante el índice de repetición $m = 0, 1 \dots M-1$.

La señal piloto para (célula i, haz de control CB j) puede representarse mediante:

$$p^{(i,j)}(t) = \sum_{m=0}^{M-1} s_m^{(i,j)}(t - mLT_0) e^{j2\pi v_m^{(i,j)} f_s(t - mLT_0)}$$

donde

- $s_m^{(i,j)}(t)$ es el equivalente en el dominio de tiempo de la señal piloto para el j-ésimo haz de control de la i-ésima célula en la m-ésima repetición.

- L es el número de símbolos de OFDM en cada estructura piloto.

- $m = 0 \dots M-1$ es el índice de repetición de cada estructura piloto.
- $v_m^{(i,j)}$ es la desviación con respecto a la 0-ésima subportadora.
- T_0 es la longitud de símbolo de OFDM regular (T_s) más la longitud de CP regular T_{CP} .

La señal recibida en el UE a través del canal de Doppler de retardo puede representarse mediante:

$$r(t) = \sum_{i,j} \int p^{(i,j)}(t-\tau) e^{j2\pi v \tau} \cdot h^{(i,j)}(\tau, v) d\tau dv$$

5

donde

- $p^{(i,j)}$ es la señal piloto para el j-ésimo haz de control en la i-ésima célula.
- $h^{(i,j)}$ es la respuesta de canal para el j-ésimo haz de control en la i-ésima célula.

10 Basándose en la señal recibida $r(t)$ a partir de la transmisión de haz de control, el dispositivo receptor (UE) necesita detectar la presencia de la señal piloto, por ejemplo, identificar la ID de (célula, CB) y lograr la sincronización de tiempo-frecuencia basándose en $r(t)$. Se propone un enfoque de detección de piloto en tres etapas a modo de ejemplo con complejidad reducida. En la detección de etapa 1 (etapa 3201), el UE detecta la presencia de haces de control y realiza estimación de desviación de tiempo-frecuencia aproximada. En la detección de etapa 2 (etapa 3202), el UE detecta límites de recursos de haz de control. En la detección de etapa 3, el UE realiza en primer lugar la correlación de secuencias de firma e identificación de haz (etapa 3203) y después realiza la sincronización de tiempo-frecuencia fina y estimación de canal (etapa 3204).

15

La figura 33 ilustra una detección de haz de control y estimación de tiempo-frecuencia aproximada de etapa 1. Una detección de etapa 1 detecta la presencia de cualquier haz de control y su límite de bloque de recursos aproximado y estima la desviación de frecuencia de portadora y tiempo aproximado. El detector calcula la DFT deslizando de los símbolos de OFDM extendidos (las ventanas deslizantes pueden solaparse o no). Se suma la energía a lo largo de las subportadoras en las que se insertan símbolos piloto para cada desviación de frecuencia planteada como hipótesis.

20

Tal como se ilustra en la figura 33, el UE recibe una señal de dominio de tiempo, que se porta por $L \cdot N$ muestras en cada estructura piloto. Después se convierte la señal de dominio de tiempo recibida en una señal de dominio de frecuencia mediante transformada discreta de Fourier (DFT). En cada instancia de tiempo t , se extraen símbolos piloto posibles una vez cada $K \cdot L$ subportadoras (por ejemplo, elementos de recursos o tonos) a partir de un total de $L \cdot N$ subportadoras con una desviación i . El receptor aplica una DFT deslizando más algoritmo de combinación en la detección de la presencia de cualquier haz de control y símbolos piloto basándose en detección de energía. Dicho de otro modo, se suma la amplitud (energía) de los tonos piloto posibles para la instancia de tiempo t y la desviación i , y el receptor elige el mejor (t,i) de tal manera que la amplitud alcanza el máximo. Más específicamente, en la instancia de tiempo t y la desviación $i = 0 \dots (KL-1)$, la suma de amplitudes de tonos piloto puede representarse mediante:

25

30

$$Amp_{t_0,0} = \sum | |^2, \quad Amp_{t_0,KL-1} = \sum | |^2 \quad (\text{para tiempo } t_0)$$

$$Amp_{t_n,0} = \sum | |^2, \quad Amp_{t_n,KL-1} = \sum | |^2 \quad (\text{para tiempo } t_n)$$

Una vez elegido el índice de tiempo y frecuencia (t,i) , entonces el receptor determina que la frecuencia central aproximada $CFO = i \cdot (1/KL)$, y el límite de OFDM aproximado está en el tiempo t . Obsérvese que si los tonos de piloto tienen un refuerzo de potencia en comparación con los tonos de datos, el método de detección de energía puede ser más preciso.

35

La figura 34 ilustra una detección de límite de bloque de referencia de haz de control de etapa 2. Un detector de etapa 2 detecta el límite aproximado (hasta un intervalo de incertidumbre) del límite de bloque de recursos de haz de control detectado en la etapa 1 después de la corrección de desviación de frecuencia estimada en la etapa 1. La detección de etapa 2 es similar a la etapa 1 con la incertidumbre en la desviación de frecuencia retirada, símbolos de OFDM extendidos posiblemente más largos y resolución de ventana deslizando más fina. Durante la detección de energía de etapa 2, puede lograrse la presencia de más haces de control y su sincronización de tiempo-frecuencia más fina. El receptor aplica una DFT deslizando simple con detección de energía de símbolos piloto acumulados de manera coherente después de la corrección de CFO aproximada. Entonces, el receptor puede determinar una pequeña fracción de símbolo de OFDM y subportadora para una sincronización de tiempo-frecuencia más fina.

40

45

- 5 Cuando los símbolos piloto se insertan cada K subportadoras en unos símbolos de OFDM, la señal de dominio de tiempo correspondiente será K repeticiones de una secuencia de longitud (N_{ff}/K) determinada relacionada con los valores complejos de los símbolos piloto. Cada una de esas repeticiones es un segmento piloto. En el ejemplo de la figura 34, el prefijo cíclico tiene una longitud de N_{ff}/K . Por tanto, hay K+1 segmentos piloto en cada símbolo de OFDM incluyendo su prefijo cíclico. Dado que hay L repeticiones en una estructura piloto, hay un total de $(K+1)*L$ segmentos piloto. En cada instancia de tiempo, todas las muestras de los segmentos piloto se suman para emitir una acumulación absoluta (energía), por ejemplo, AccOutt0 para la instancia de tiempo t0, y AccOutt1 para la instancia de tiempo t1, y así sucesivamente. Por ejemplo, en el tiempo t1, la acumulación de todas las muestras del segmento piloto puede representarse mediante $\text{AccOutt1} = \text{RxS}_1 + \dots + \text{RxS}_{(K+1)*L}$. Entonces, el receptor elige la instancia de tiempo con la acumulación máxima para la sincronización en el dominio de tiempo. La repetición de L veces aumenta la métrica de detección para símbolos piloto en $10*\log_{10}(L)$ dB. Algunos símbolos de datos de control también pueden repetirse L veces para producir un nivel de SNR suficiente para los UE en el borde de célula, y la estación base puede evitar una falsa alarma limitando tal mapeo de recursos o distribuyendo tal mapeo de recursos de manera aleatoria. El refuerzo de potencia de piloto con respecto a símbolos de datos mejora adicionalmente las prestaciones de detección.
- 10 La figura 35 ilustra una correlación de secuencias e identificación de haz y sincronización de tiempo-frecuencia más fina de etapa 3. A partir del resultado de la detección de etapa 2, se determina un intervalo de búsqueda, que es en el orden de la longitud de prefijo cíclico. Durante un intervalo de búsqueda, todos los segmentos piloto se suman mediante el receptor: $\text{RxS} = \text{RxS}_1 + \dots + \text{RxS}_{(K+1)*L}$. Entonces, el receptor correlaciona la señal recibida RxS con todas las posibles secuencias de piloto p(i,j) para todos los i y j. El haz de control j en la célula i se detecta si tiene la correlación máxima en el intervalo de búsqueda. Después se realiza la sincronización de tiempo y frecuencia más fina. Por ejemplo, una vez detectada la secuencia más fuerte y su haz de control asociado, puede realizarse el procedimiento de fase 3 en la figura 35 para esa secuencia particular con respecto a hipótesis más finas del intervalo de desviación de tiempo y frecuencia para lograr la sincronización de tiempo y frecuencia más fina.
- 15 La figura 36 es un diagrama de flujo de un método de detección de señal piloto basado en la transmisión de haz de control en una red de formación de haces según un aspecto novedoso. En la etapa 3601, un equipo de usuario (UE) recibe transmisiones de haz de control a partir de una estación base en una red de OFDM de formación de haces. Se transmite una señal piloto sobre bloques de recursos de tiempo-frecuencia asignados de manera periódica de un haz de control en una célula. En la etapa 3602, el UE procesa símbolos piloto portados en una parte piloto de un bloque de recursos, la parte piloto comprende M estructuras piloto y cada estructura piloto comprende L símbolos de OFDM en el dominio de tiempo y R subportadoras en el dominio de frecuencia. Los símbolos piloto se insertan una vez cada K subportadoras R veces en cada símbolo de OFDM, y M, L, R y K son números enteros positivos. En la etapa 3603, el UE detecta el haz de control y la señal piloto basándose en la transmisión de haz de control.
- 20 En una realización, se realiza un procedimiento de detección de piloto en tres etapas. En la etapa 1, el UE detecta una existencia del haz de control realizando una transformada discreta de Fourier (DFT) deslizando y estimando de ese modo una desviación de tiempo-frecuencia aproximada. Esto implica la detección de energía seleccionando una instancia de tiempo y una desviación de frecuencia para lograr una energía combinada máxima. En la etapa 2, el UE detecta un límite bloque de recursos de tiempo-frecuencia del haz de control. Esto implica realizar una DFT deslizando con detección de energía de símbolos piloto acumulados de una fracción de símbolos de OFDM y subportadoras. En la etapa 3, el UE detecta la señal piloto e identifica el haz de control y realiza la sincronización de tiempo-frecuencia fina y estimación de canal. Esto implica la correlación de secuencias con todas las posibles secuencias de piloto. El haz de control detectado tiene una correlación máxima durante un intervalo de búsqueda determinado mediante la detección de etapa 2.
- 25 Aunque la presente invención se ha descrito en relación con determinadas realizaciones específicas con fines informativos, la presente invención no se limita a las mismas. Por consiguiente, pueden ponerse en práctica diversas modificaciones, adaptaciones y combinaciones de diversas características de las realizaciones descritas sin alejarse del alcance de la invención tal como se expone en las reivindicaciones.
- 30
- 35
- 40
- 45

REIVINDICACIONES

1. Método que comprende:
- 5 asignar (2701) un conjunto de bloques de recursos de control mediante una estación (101) base en una red (100) de OFDM de formación de haces, en el que el conjunto de bloques de recursos de control comprende bloques de recursos de tiempo-frecuencia asignados de manera periódica asociados con un conjunto de pesos de formación de haces para formar un haz de control;
- 10 dividir (2702) cada bloque de recursos en una parte piloto y una parte de datos, en el que cada bloque de recursos comprende M estructuras piloto y cada estructura piloto comprende L símbolos de OFDM,
- en el que se insertan símbolos piloto una vez cada K subportadoras R veces en cada de uno de los L símbolos de OFDM para formar la parte piloto mientras que se insertan símbolos de datos en los elementos de recursos restantes para formar la parte de datos, y en el que M, L, K y R son números enteros positivos, y
- 15 en el que cada símbolo piloto en cada una de las M estructuras piloto tiene una secuencia de firma s_m con una desviación v_m con respecto a la 0-ésima subportadora, en el que m es un índice de repetición para las M estructuras piloto, y
- en el que cada secuencia de firma s_m se genera a partir de desplazamientos de Doppler de retardo circular de una secuencia de base; y
- transmitir (2703) los símbolos piloto y los símbolos de datos mediante el haz de control a una pluralidad de equipos (102) de usuario, UE.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, en el que los símbolos piloto tienen un factor de refuerzo de potencia con respecto a los símbolos de datos.
3. Método según la reivindicación 1, en el que los R elementos de recursos en un símbolo de OFDM se modulan mediante una secuencia de firma s_m para identificar el haz de control.
4. Método según la reivindicación 1, en el que las diferentes desviaciones v_m dan como resultado un patrón de saltos.
- 25 5. Método según la reivindicación 1, en el que las diferentes secuencias s_m pertenecen a un conjunto de secuencias de Zadoff-Chu con diferentes retardos y pendientes de frecuencia modulada pulsada.
6. Método según la reivindicación 1, en el que la estación (101) base configura un conjunto de haces de control para crear un patrón de radiación que cubre un área de servicio completa de una célula.
7. Método según la reivindicación 6, en el que cada haz de control de la célula se identifica mediante los símbolos piloto que tienen un patrón de saltos y una secuencia.
- 30 8. Método según la reivindicación 7, en el que el mismo patrón de saltos y diferentes secuencias están asociados con diferentes haces de control de la misma célula.
9. Método según la reivindicación 7, en el que diferentes patrones de saltos y la misma secuencia están asociados con diferentes haces de control de la misma célula.
- 35 10. Método según la reivindicación 7, en el que secuencias para diferentes haces de control en la misma célula pertenecen a un conjunto de secuencias derivadas a partir de una secuencia de base.
11. Método según la reivindicación 1, en el que se rellenan símbolos de OFDM adicionales antes o después de los símbolos piloto para portar símbolos de datos adicionales.
12. Método según la reivindicación 1, en el que se inserta un tiempo de guarda entre diferentes haces de control.

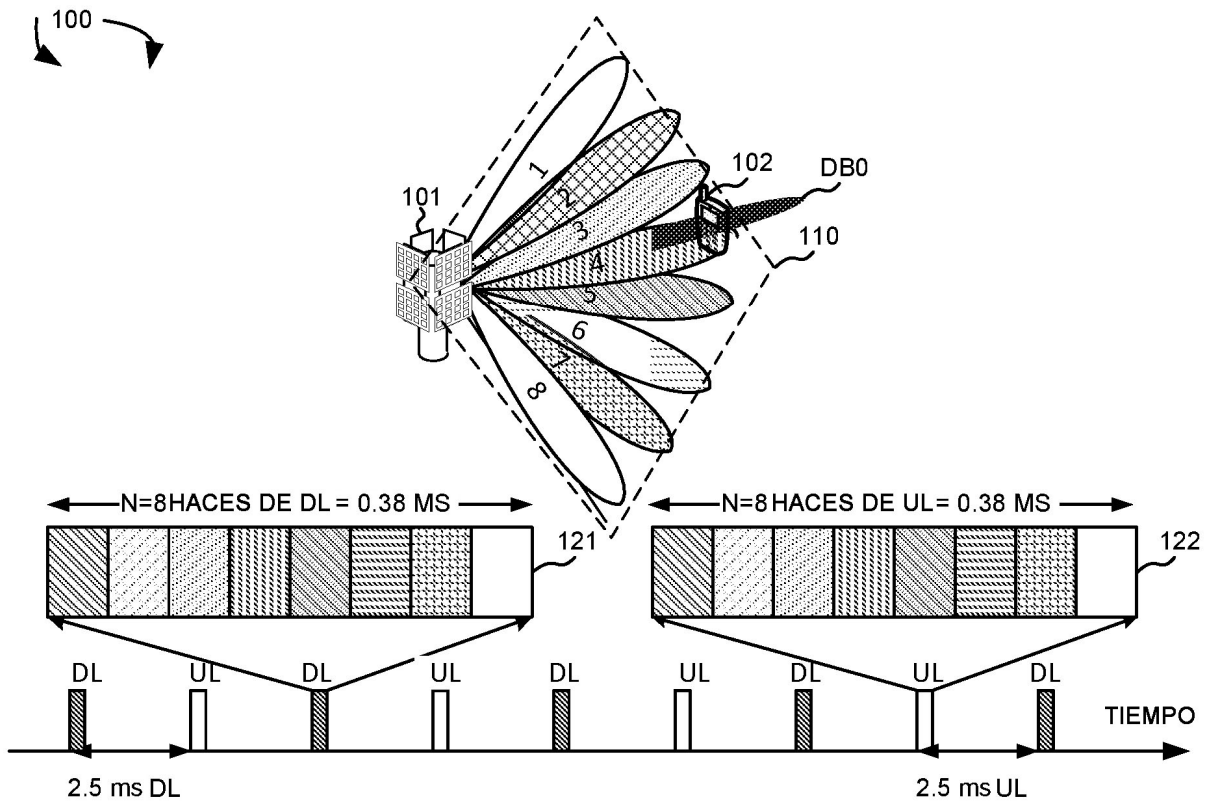


FIG. 1

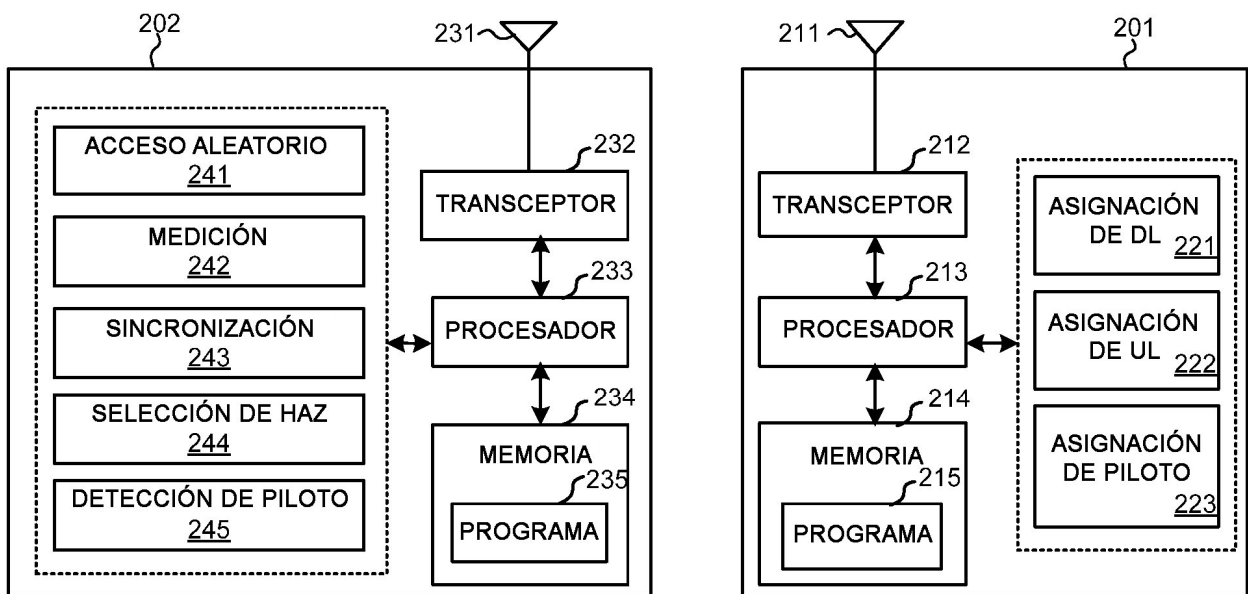


FIG. 2

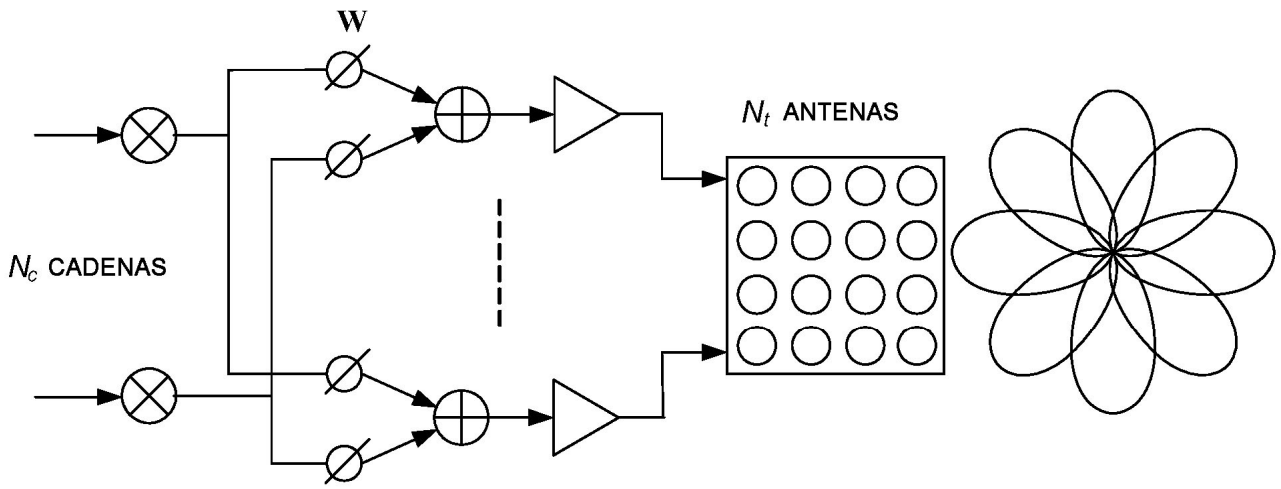


FIG. 3

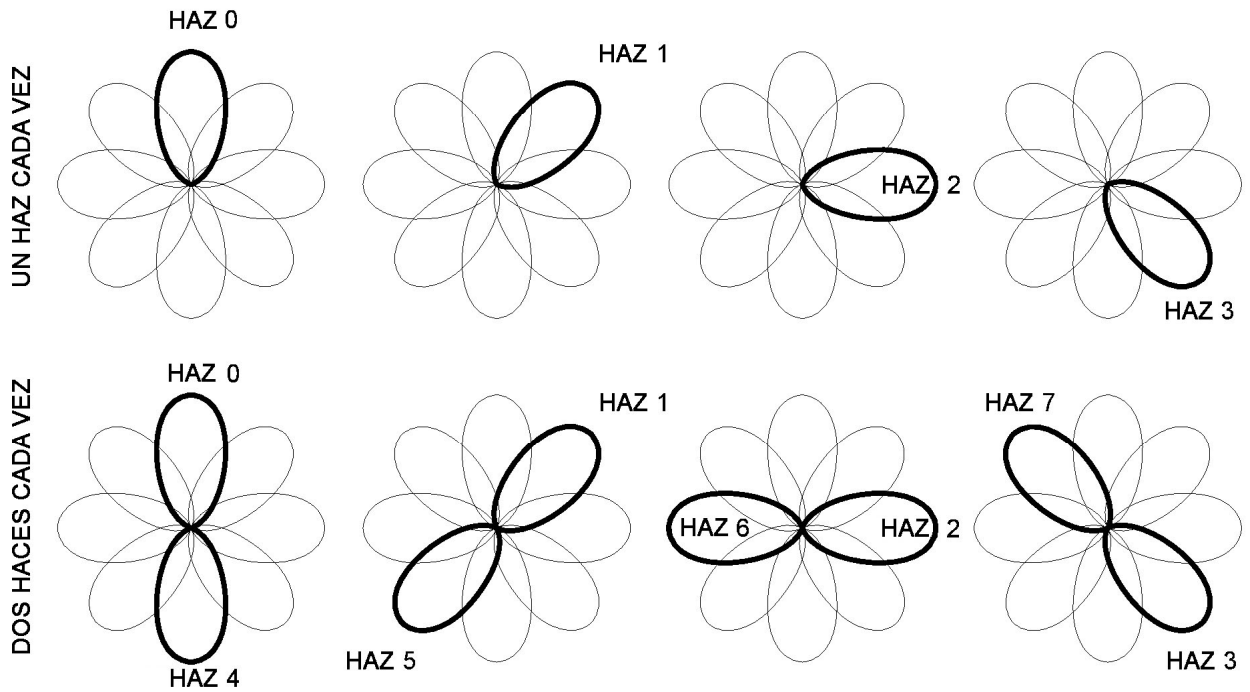


FIG. 4

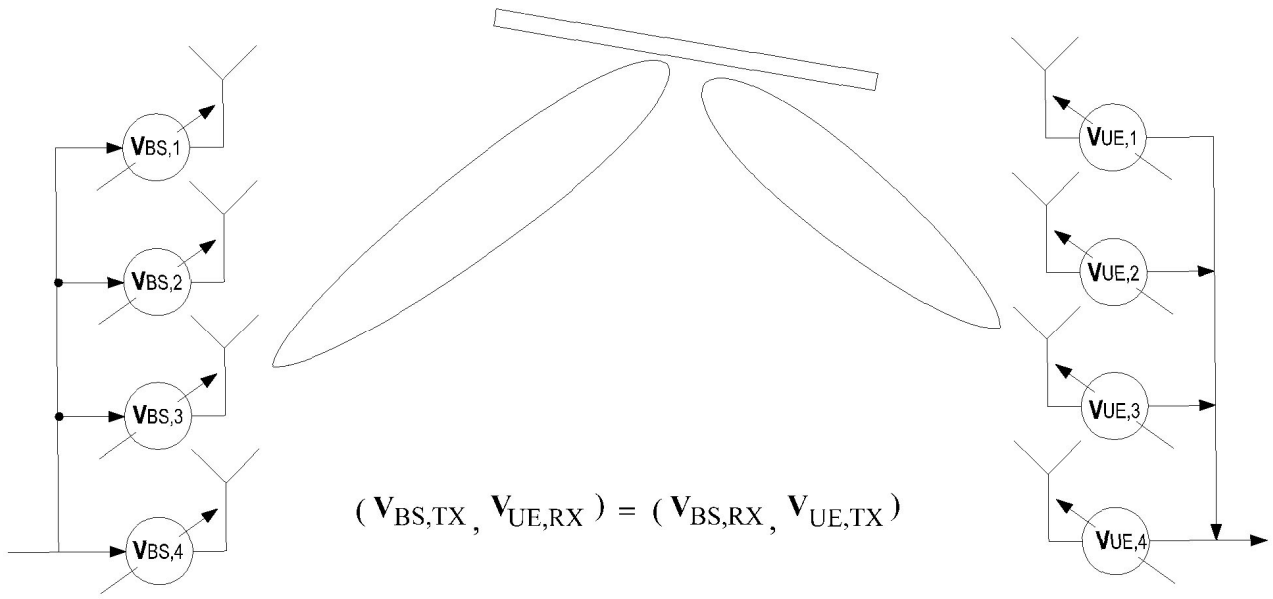


FIG. 5

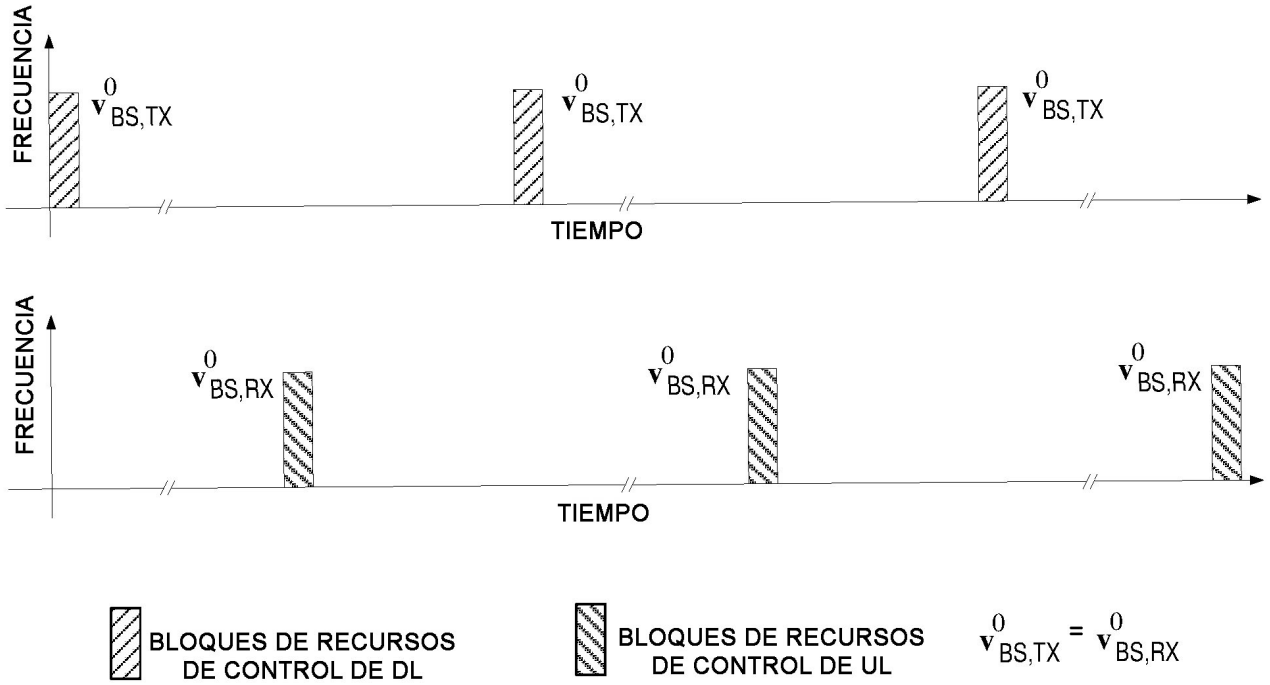


FIG. 6

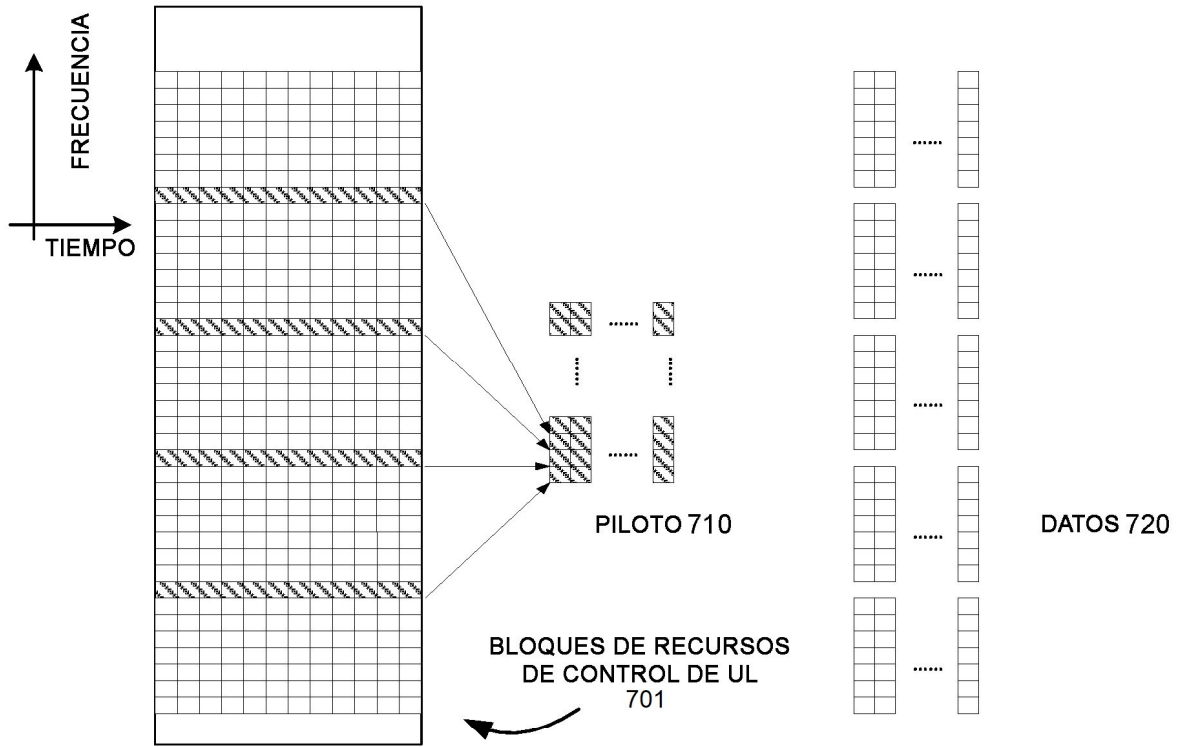


FIG. 7

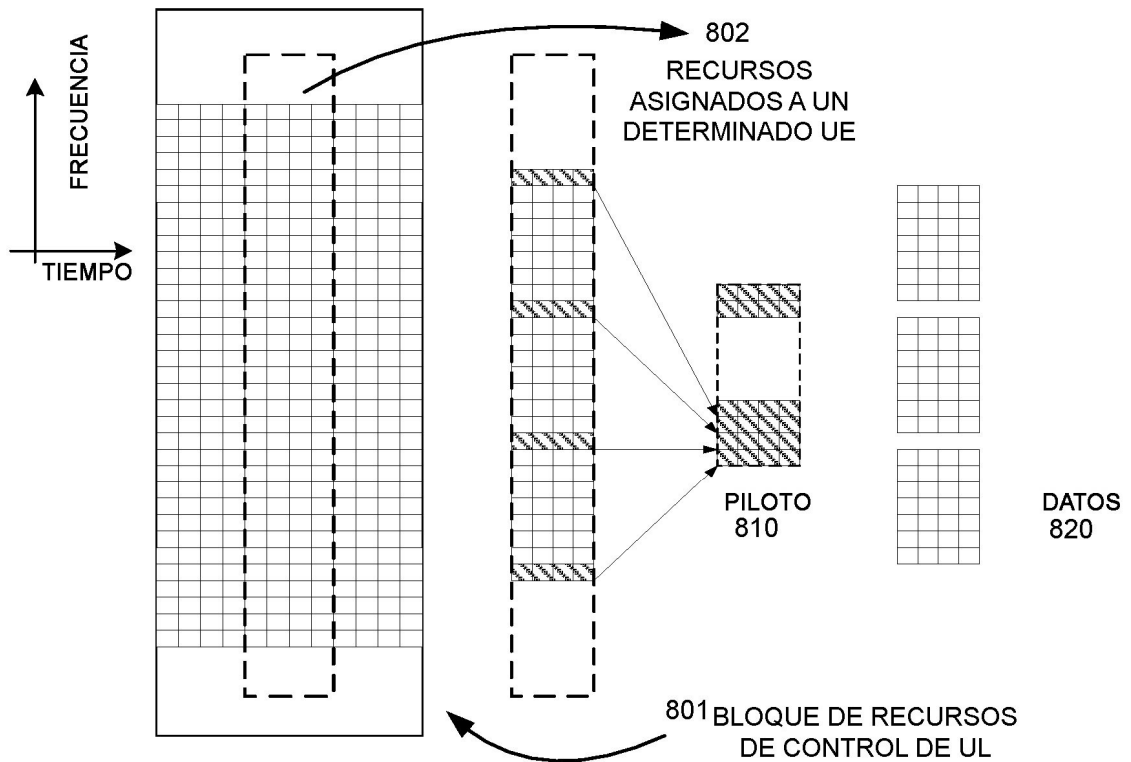


FIG. 8

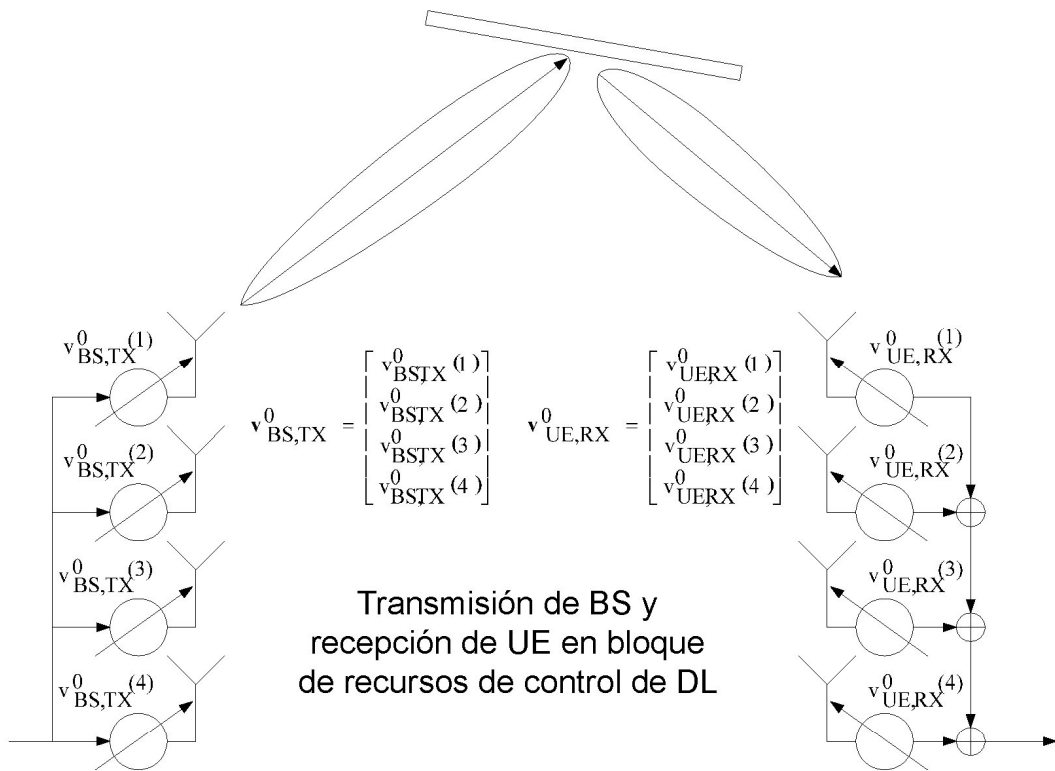


FIG. 9

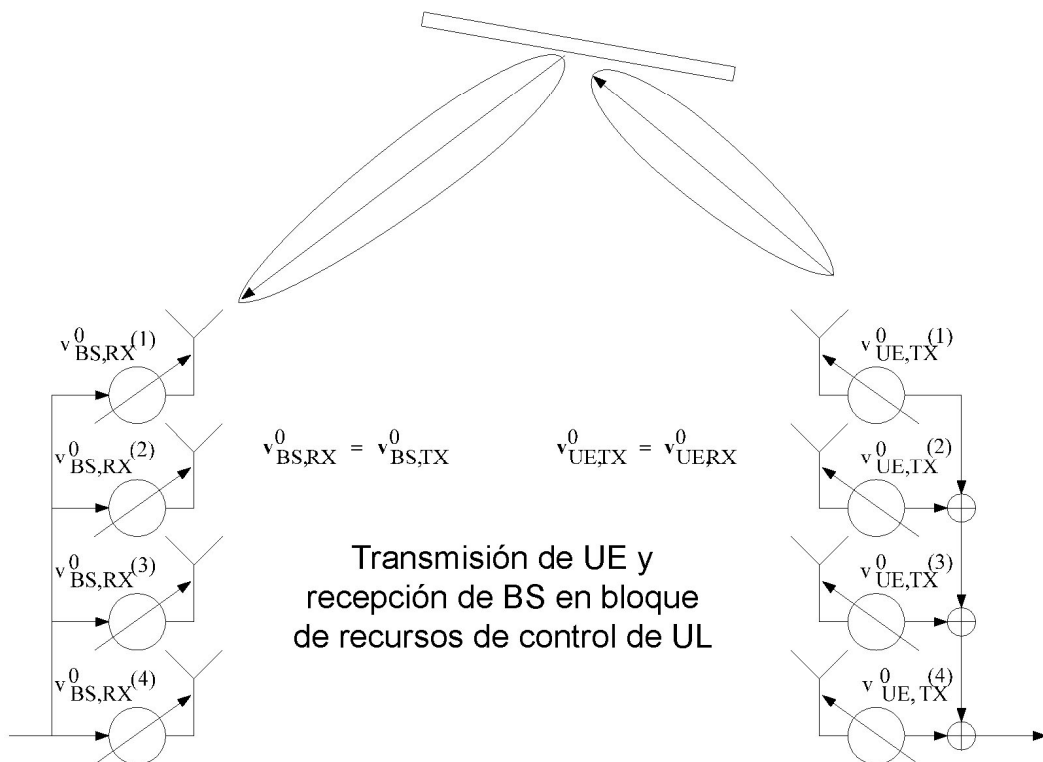


FIG. 10

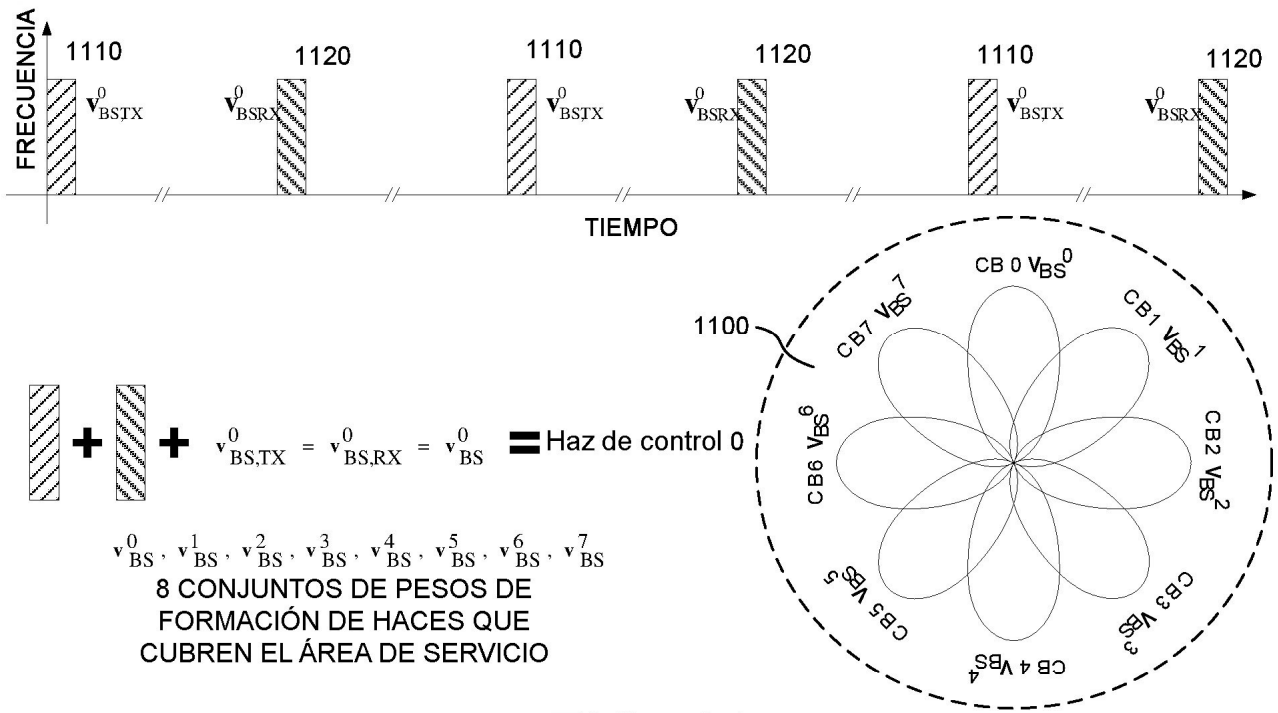


FIG. 11

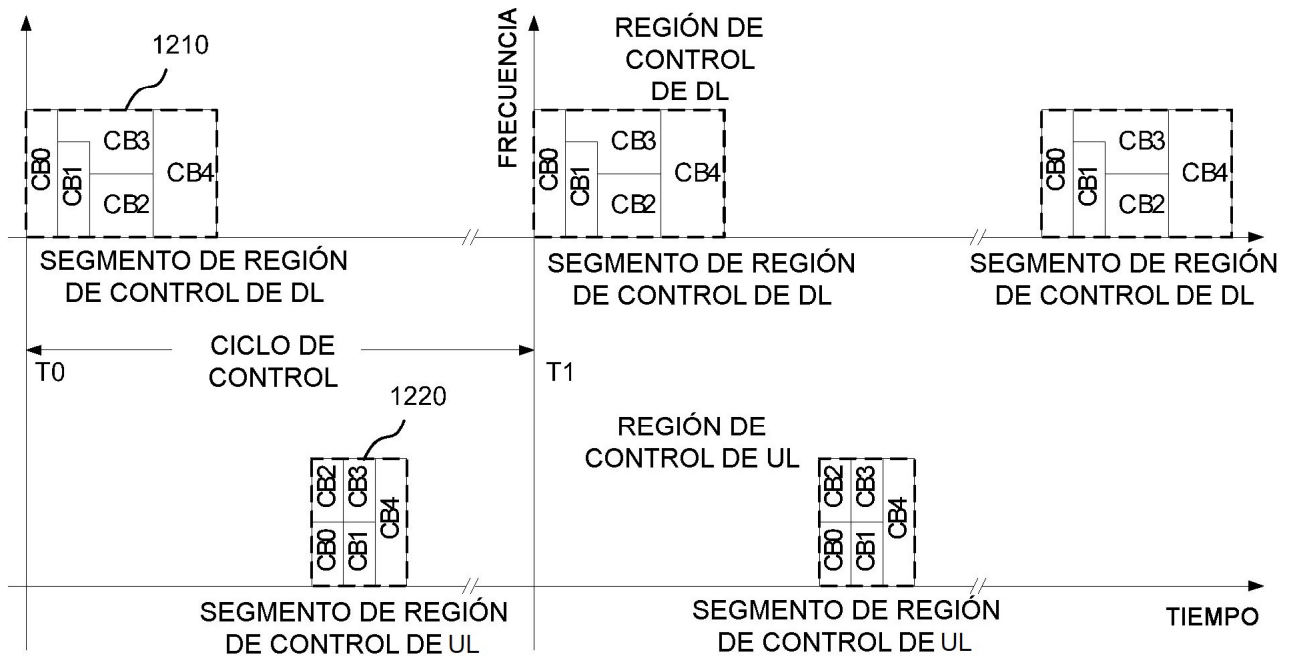


FIG. 12

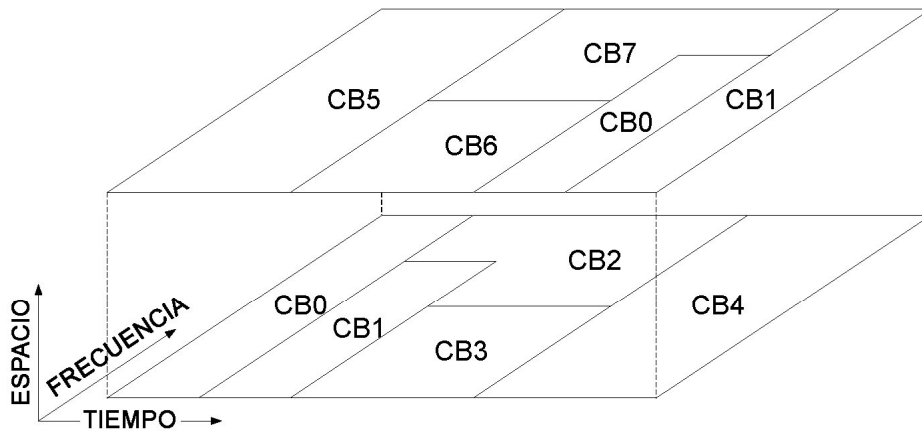


FIG. 13

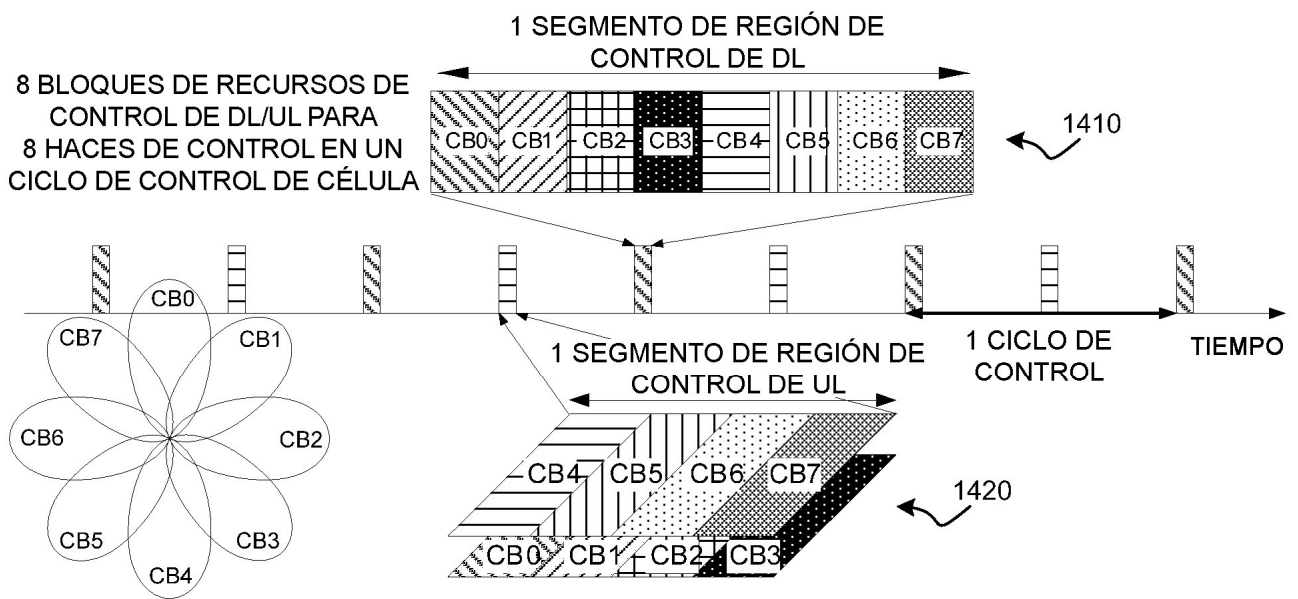


FIG. 14

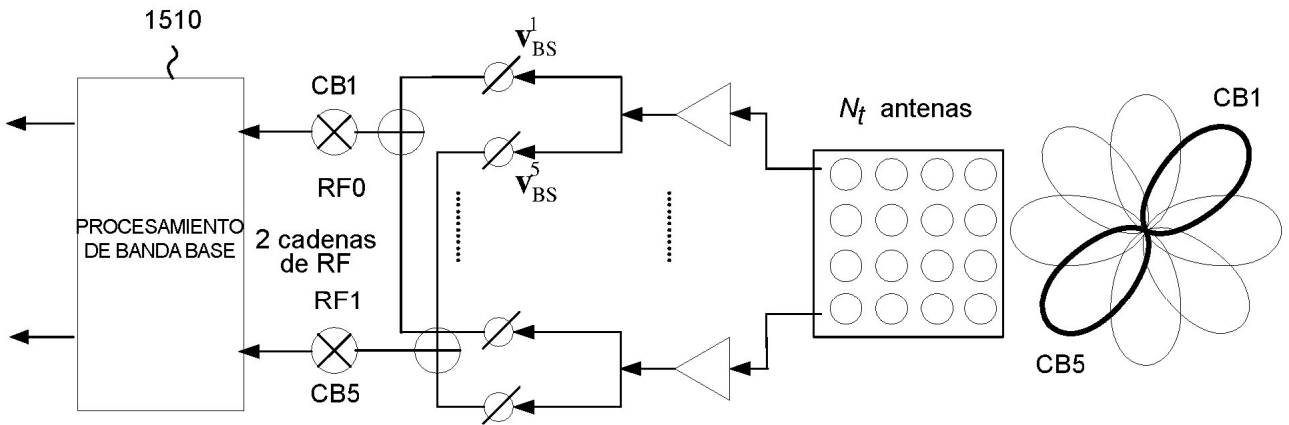


FIG. 15

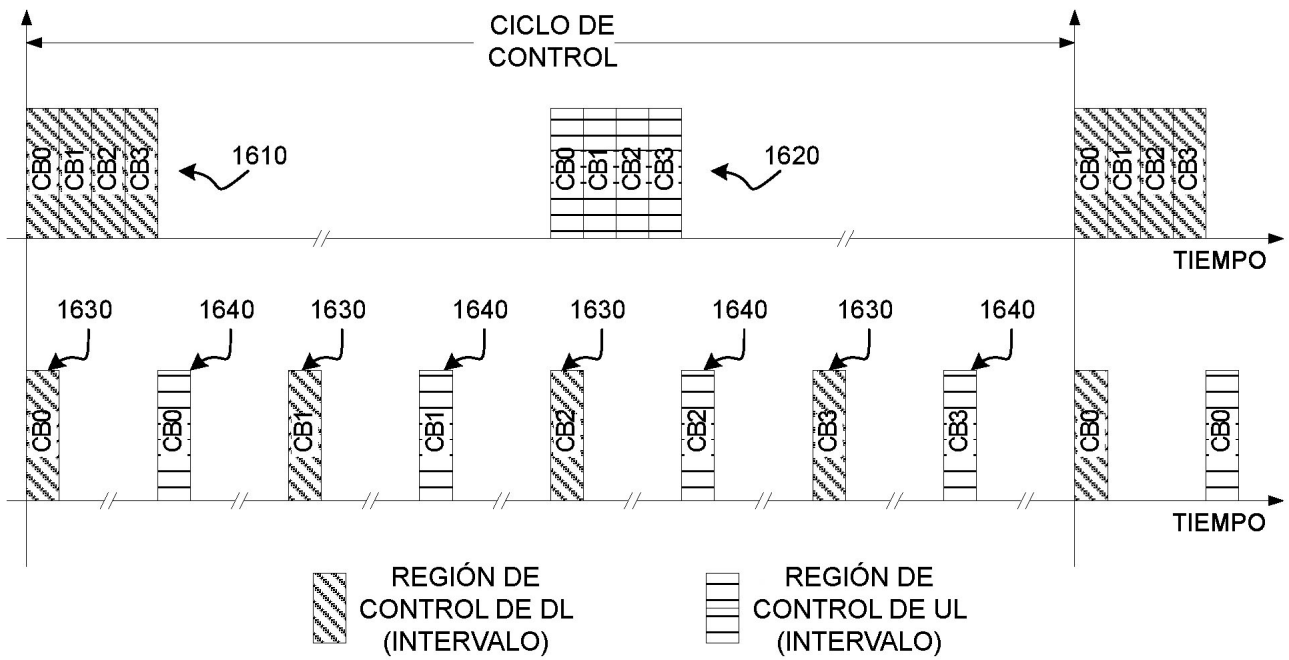


FIG. 16A

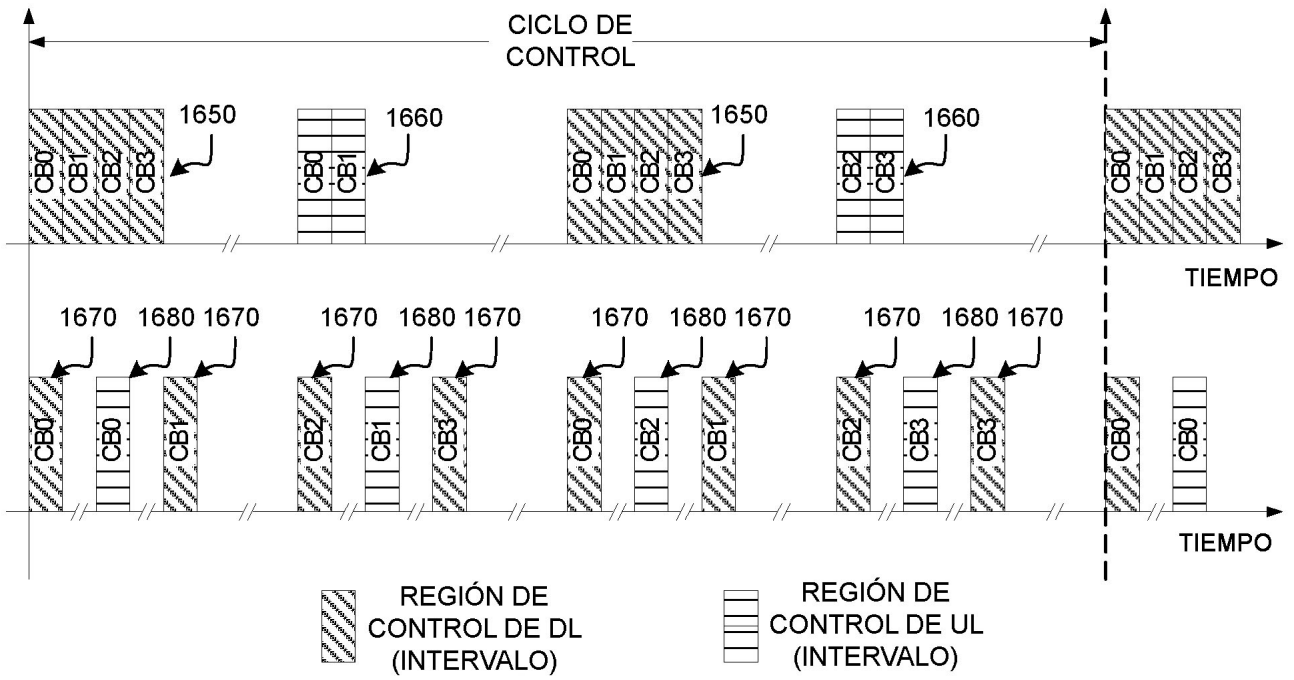


FIG. 16B

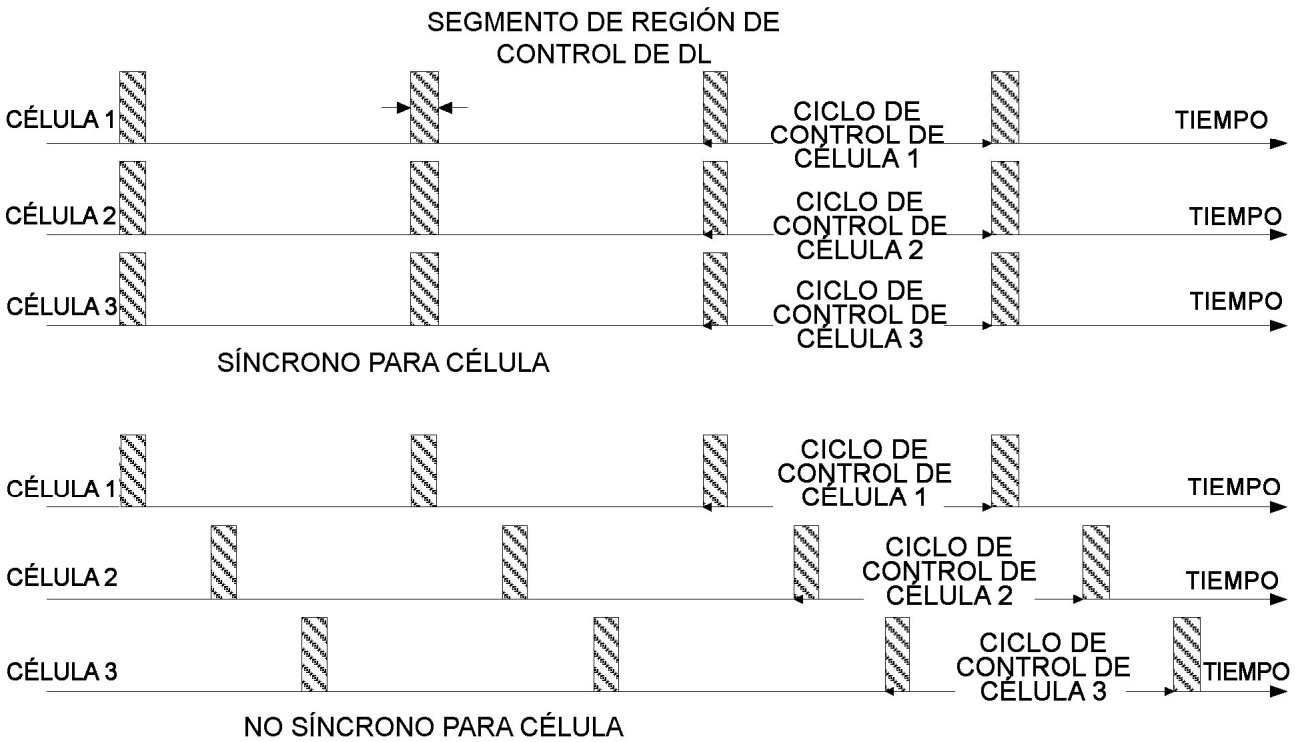


FIG. 17

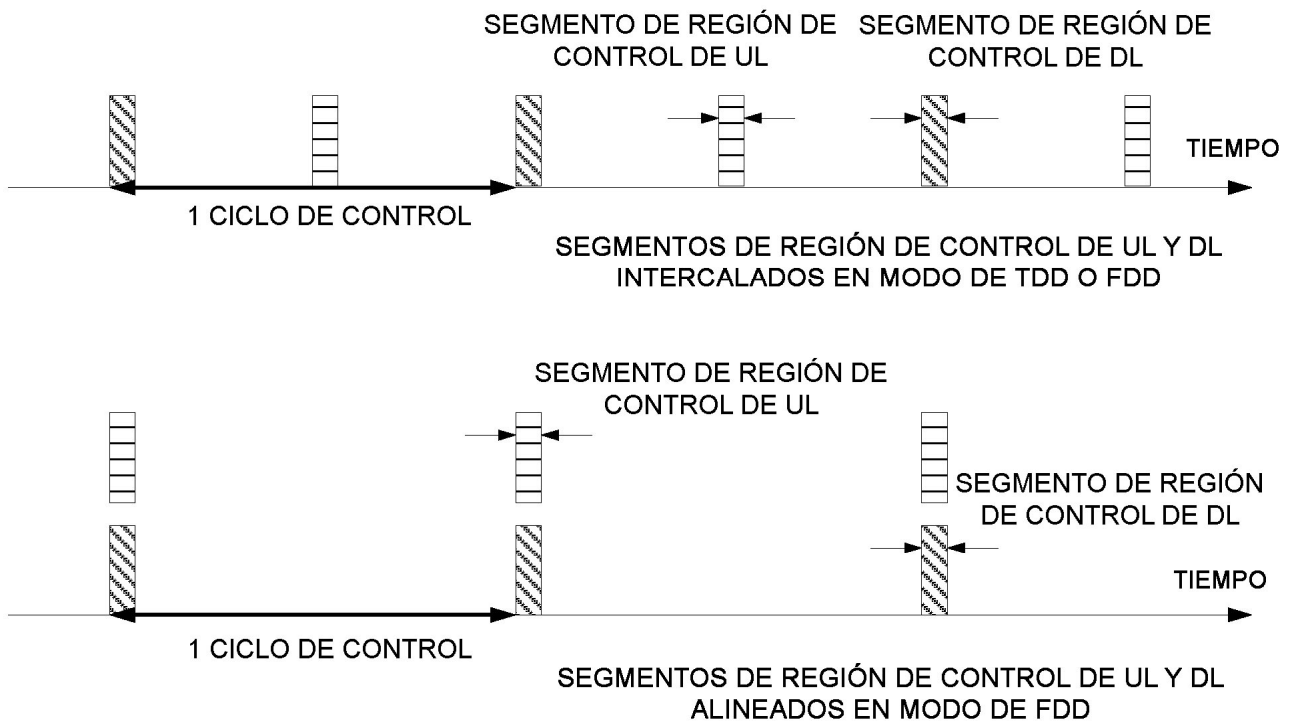


FIG. 18

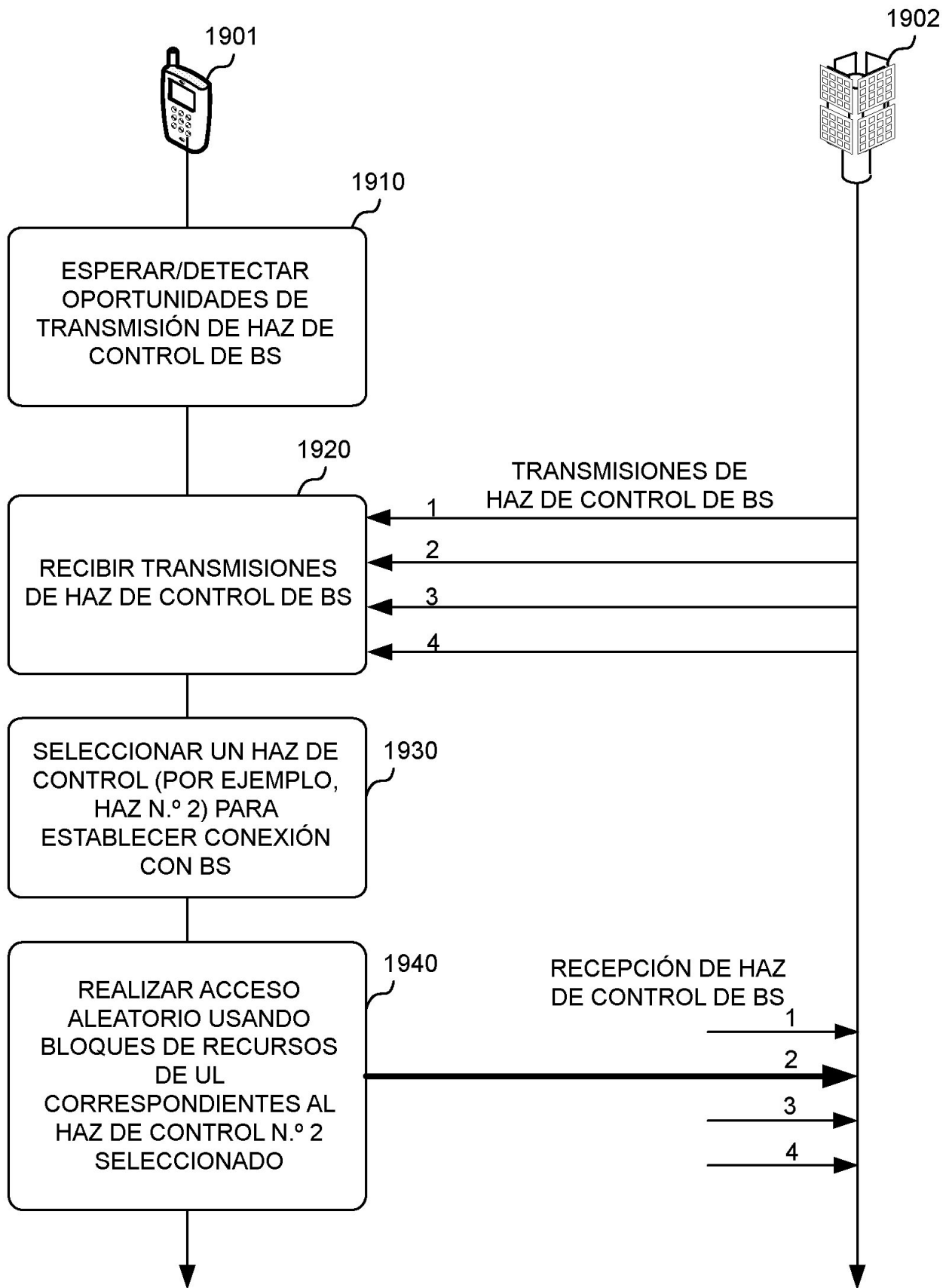


FIG. 19

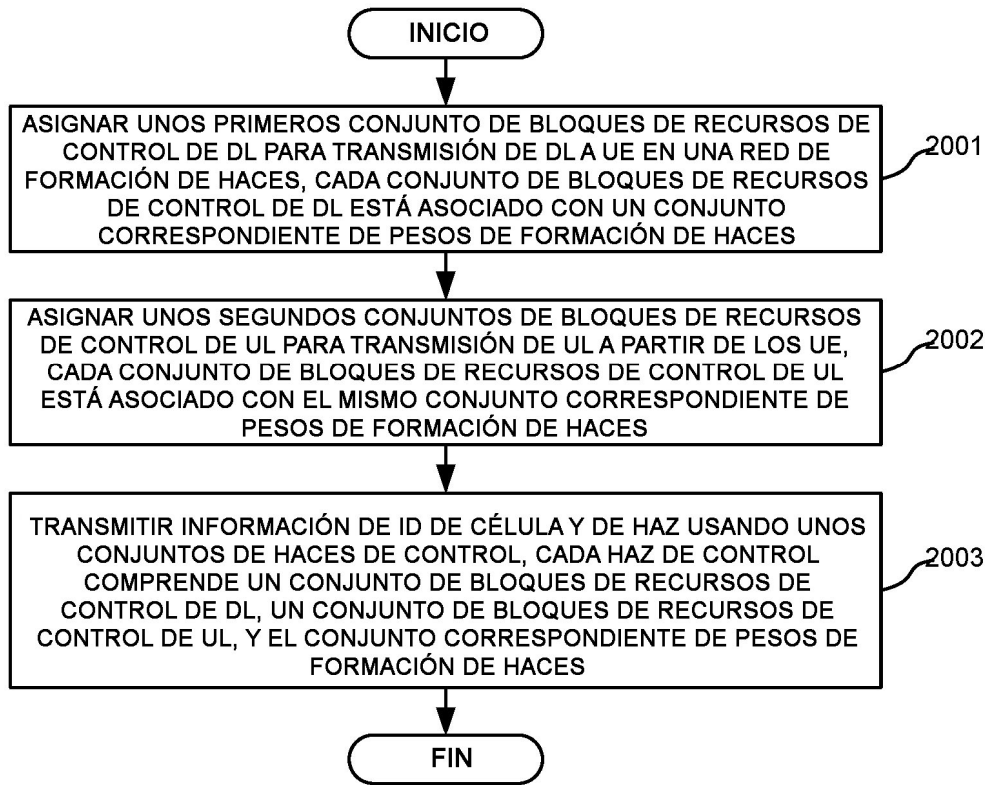


FIG. 20

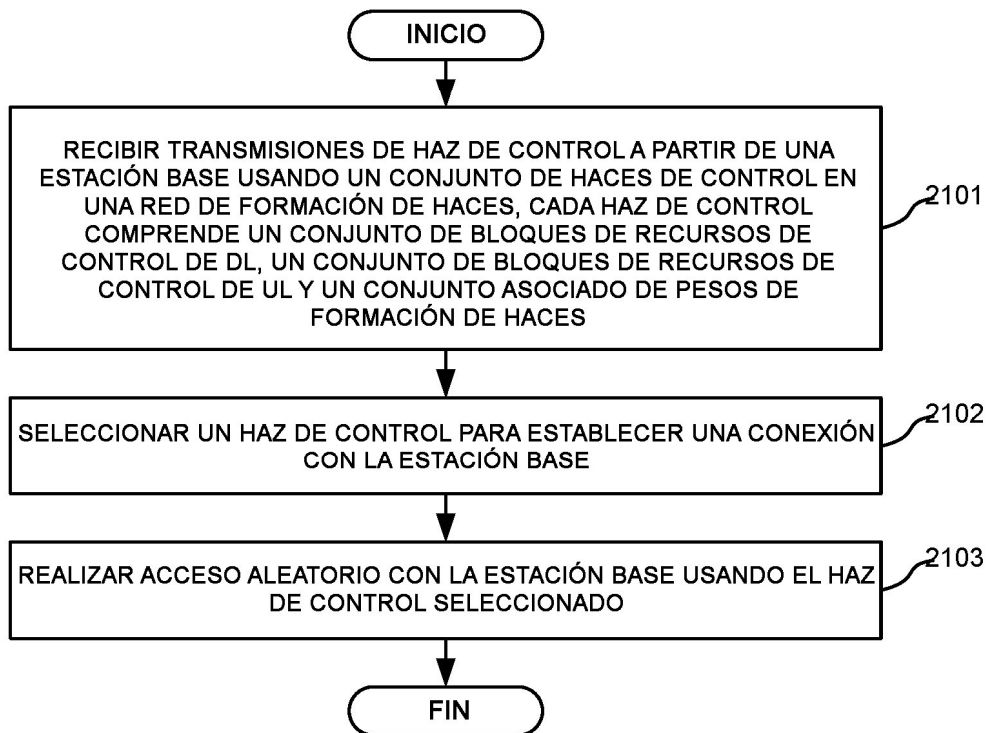


FIG. 21

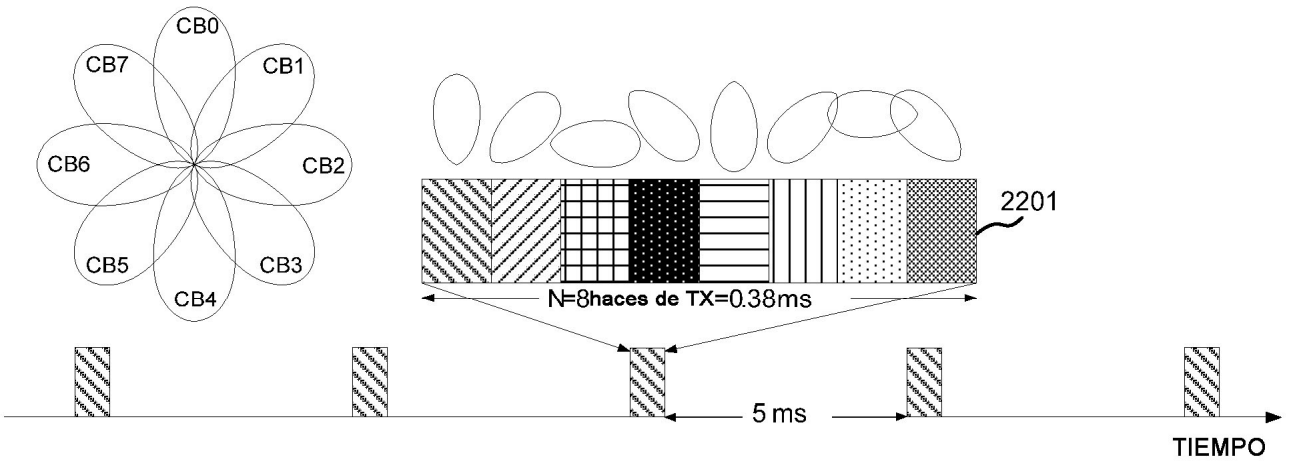


FIG. 22

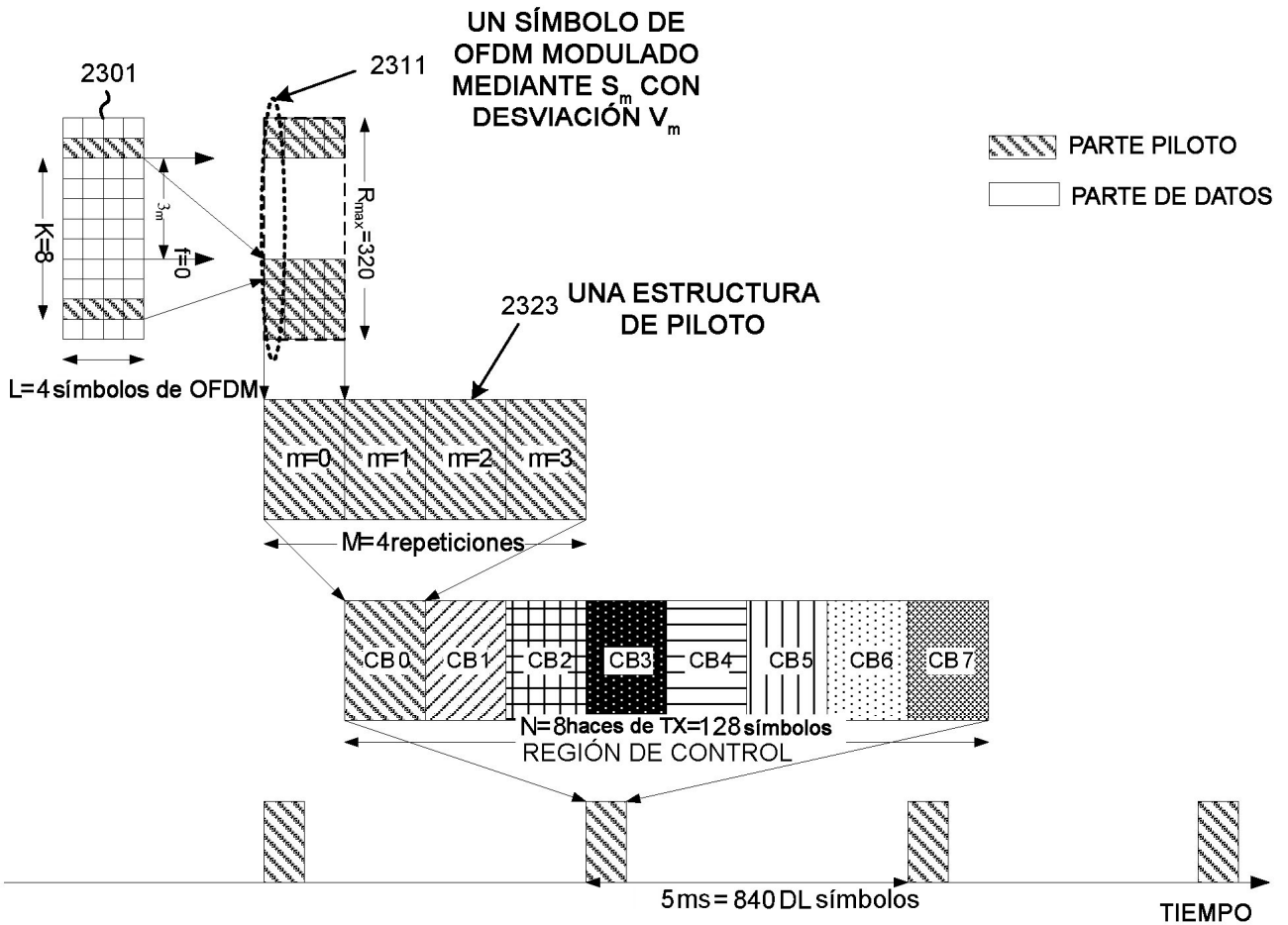


FIG. 23

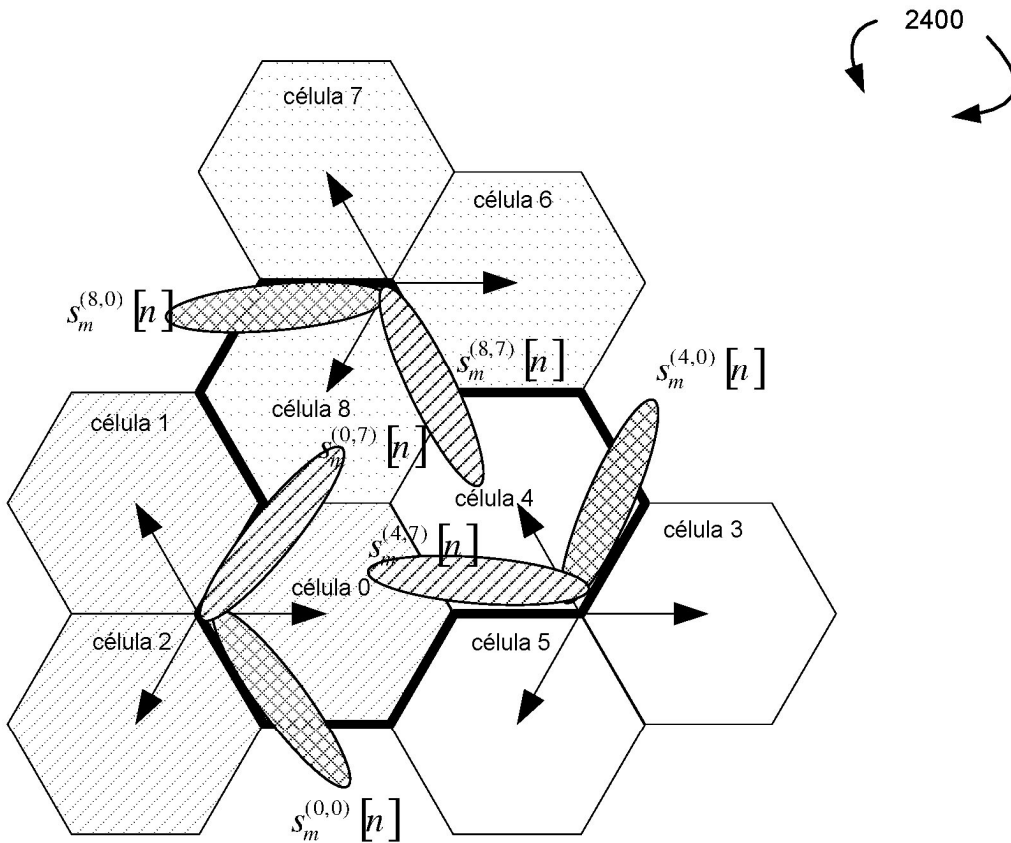


FIG. 24

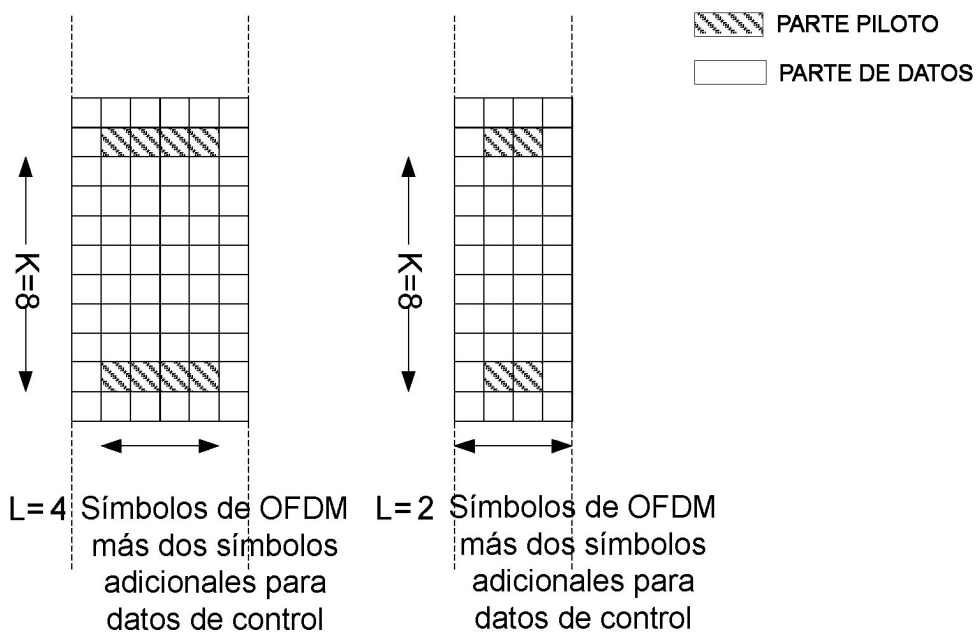


FIG. 25

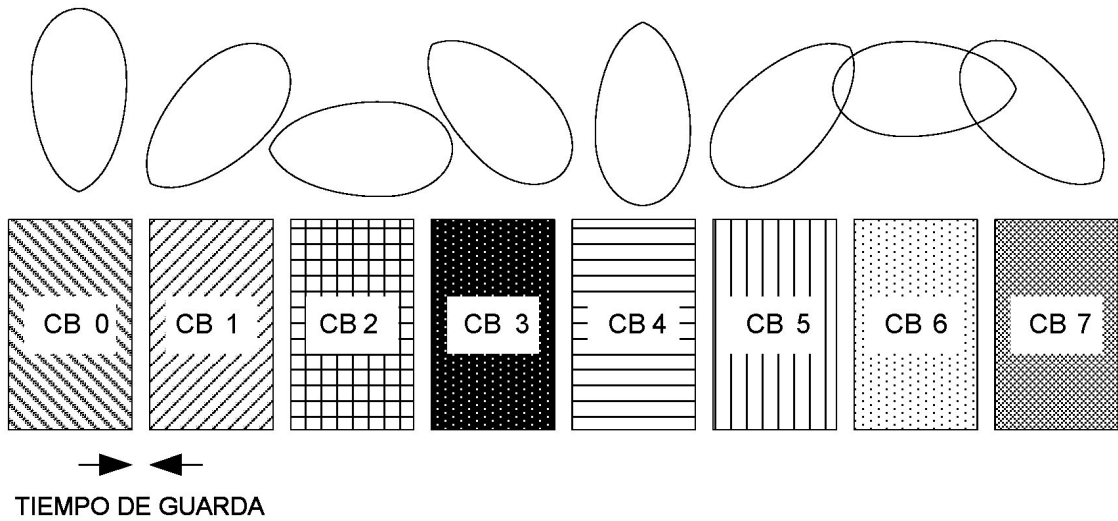


FIG. 26

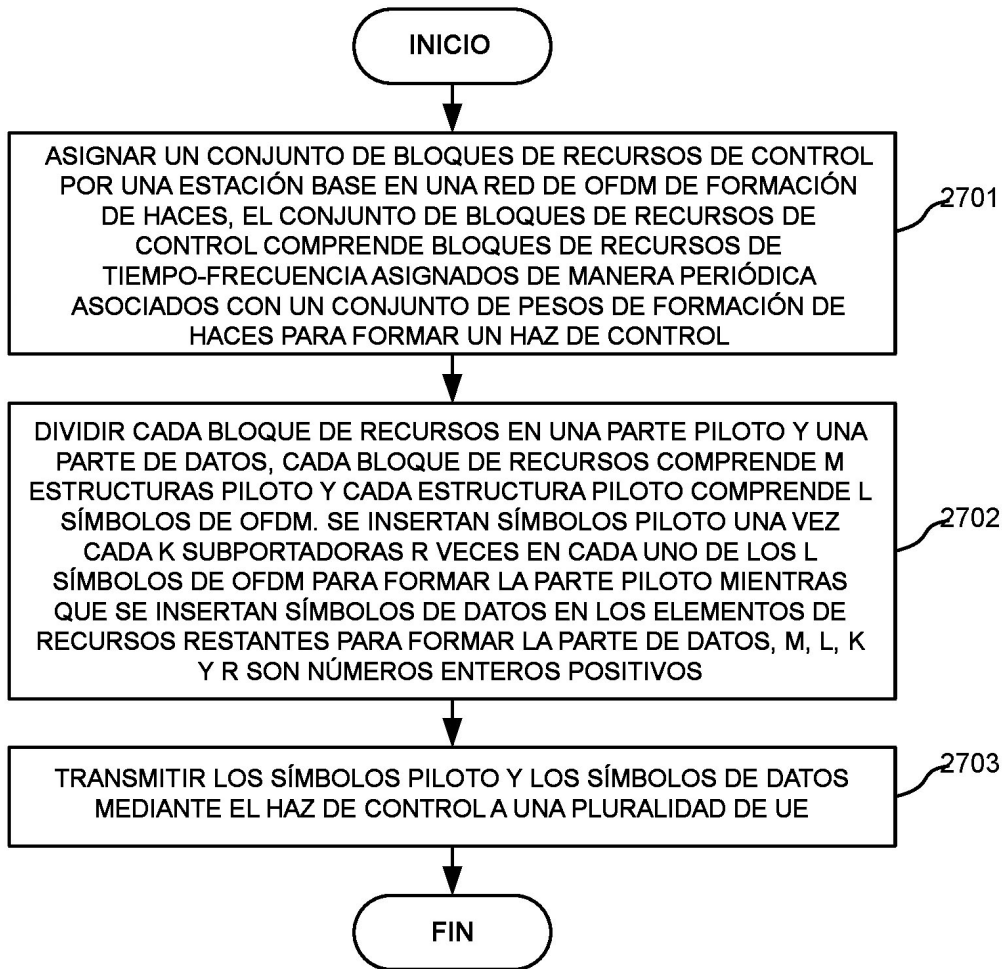


FIG. 27

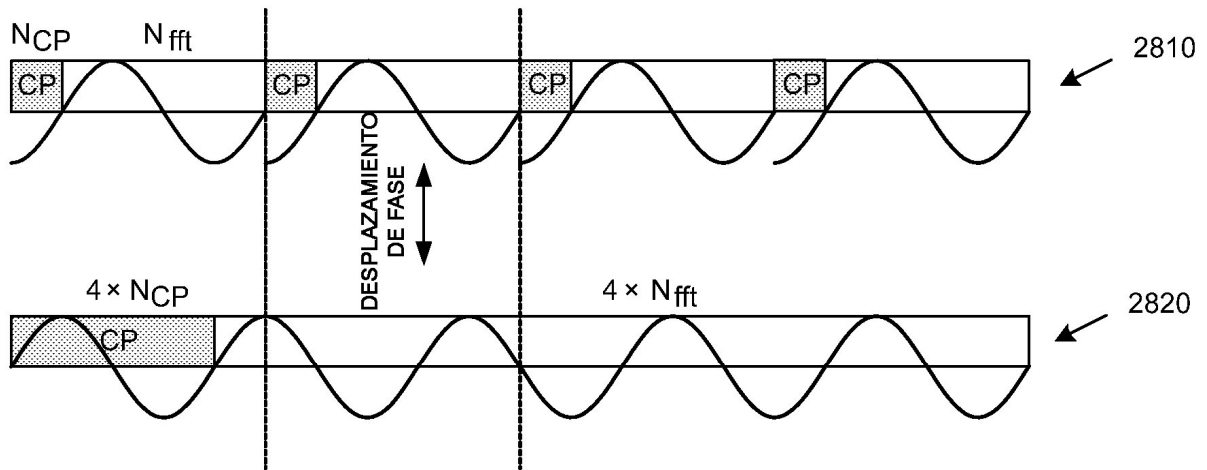


FIG. 28

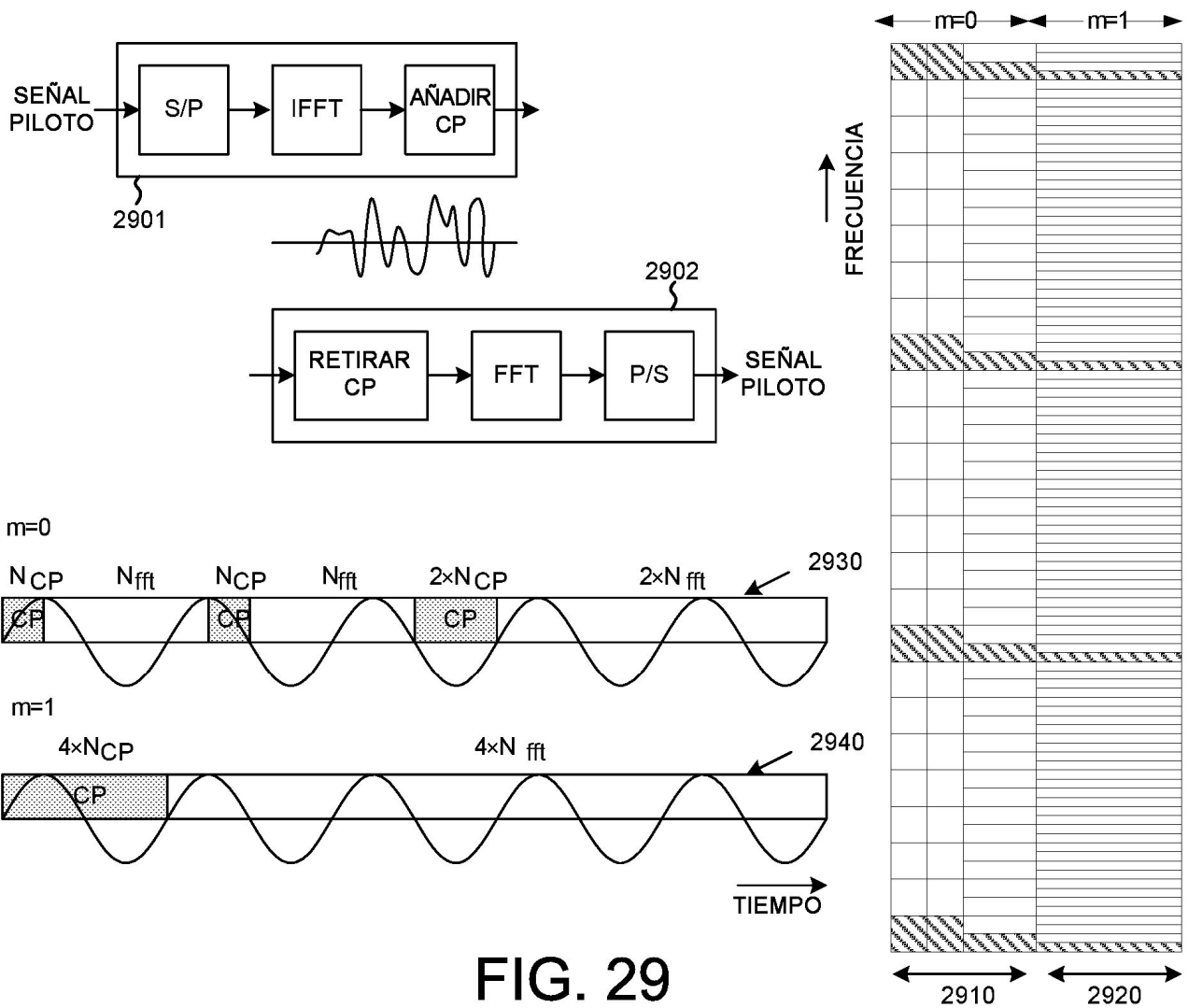


FIG. 29

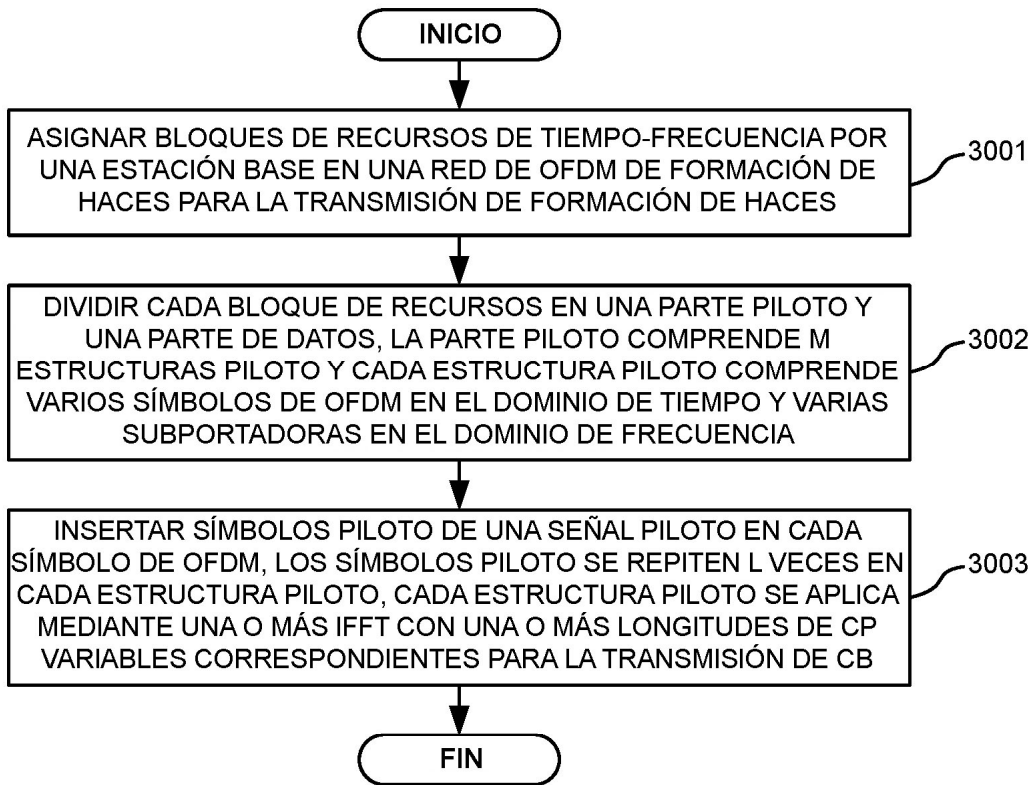


FIG. 30

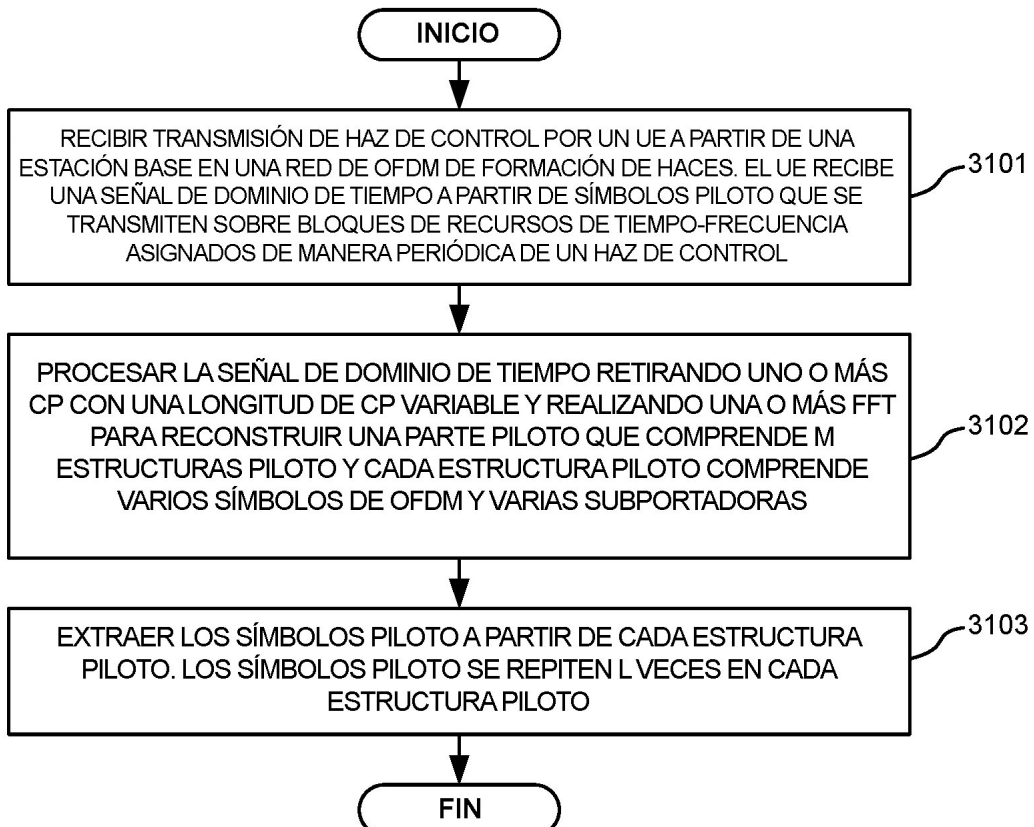


FIG. 31

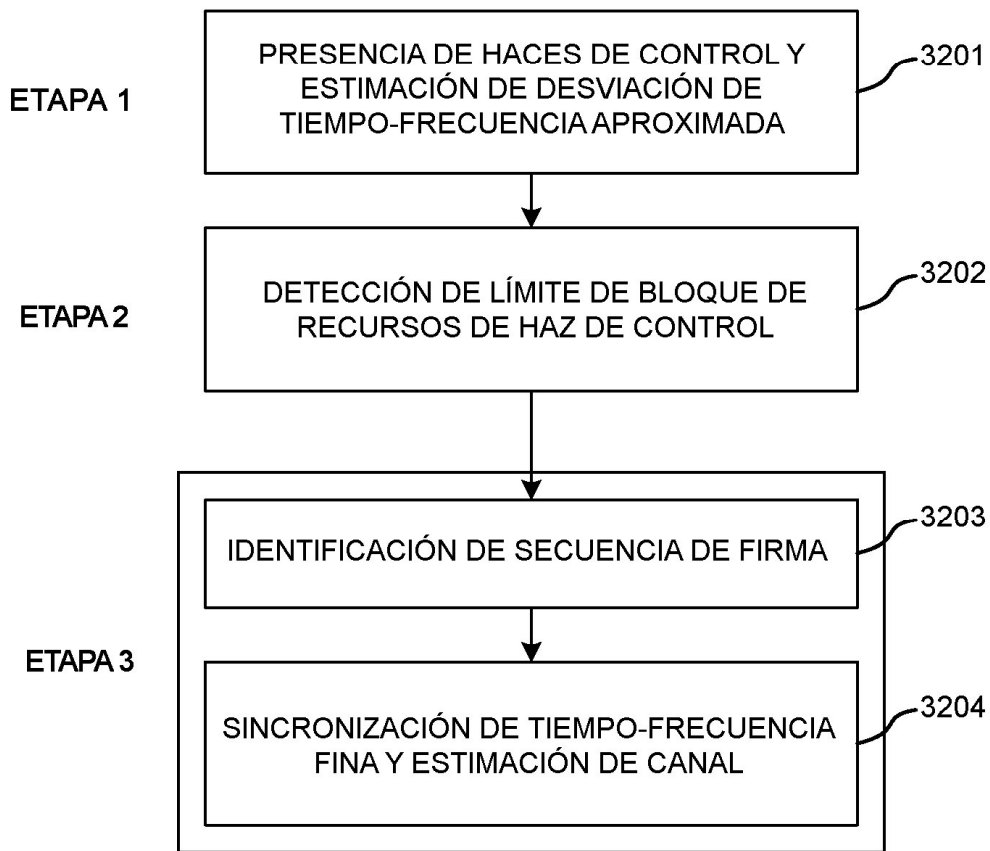
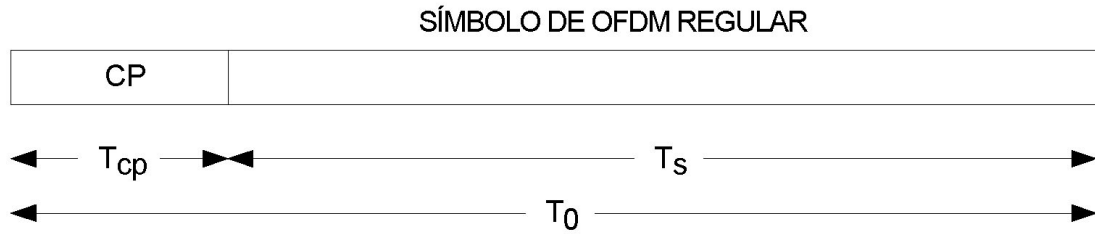
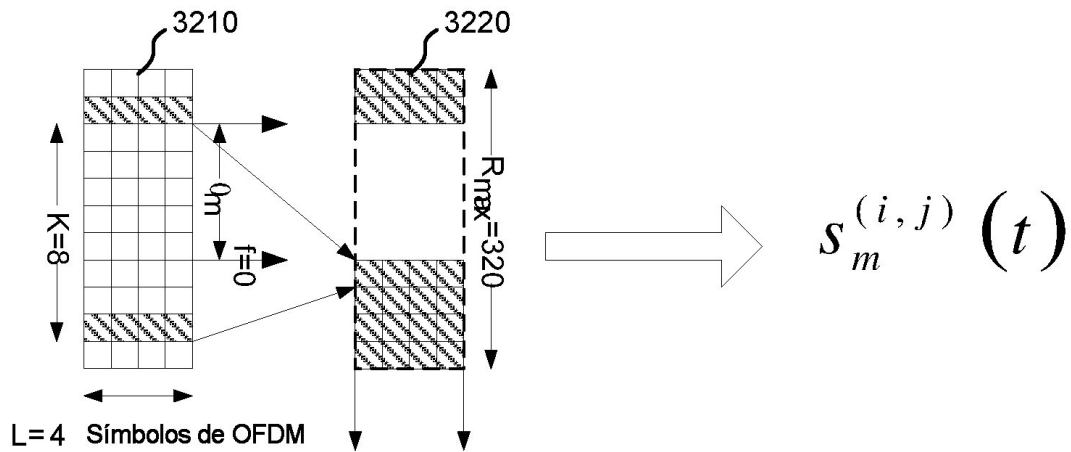


FIG. 32

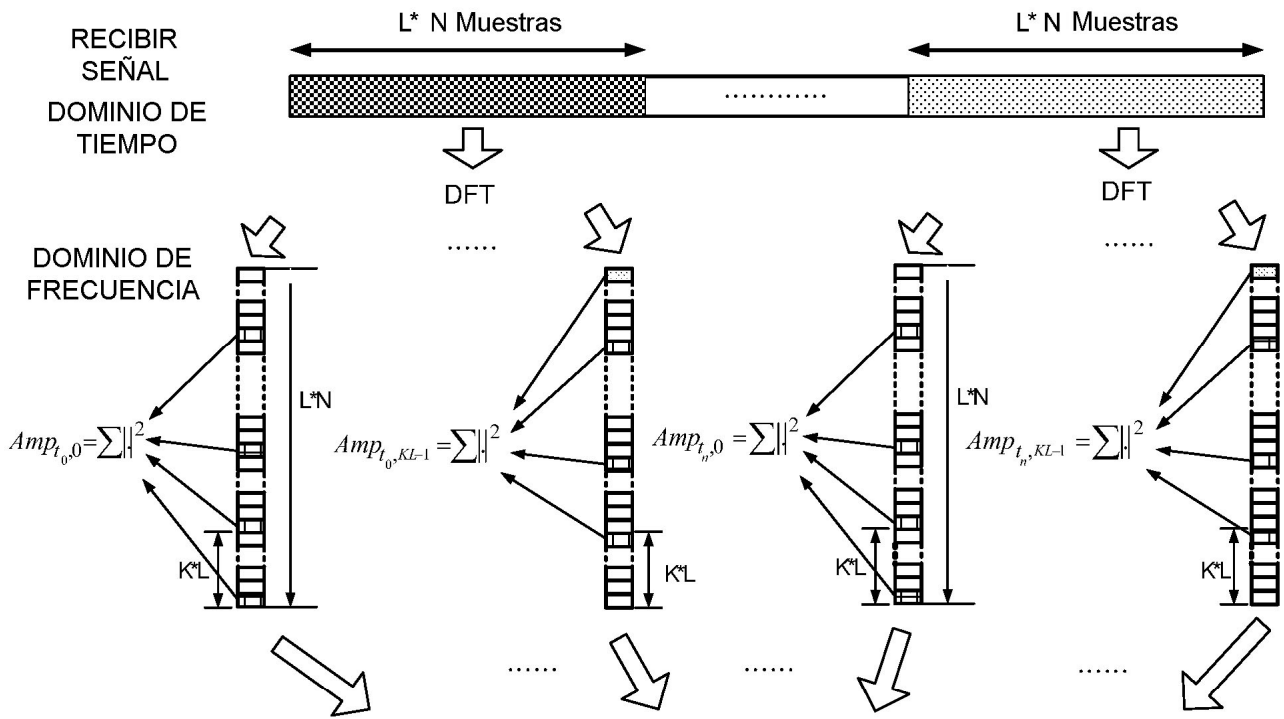


FIG. 33

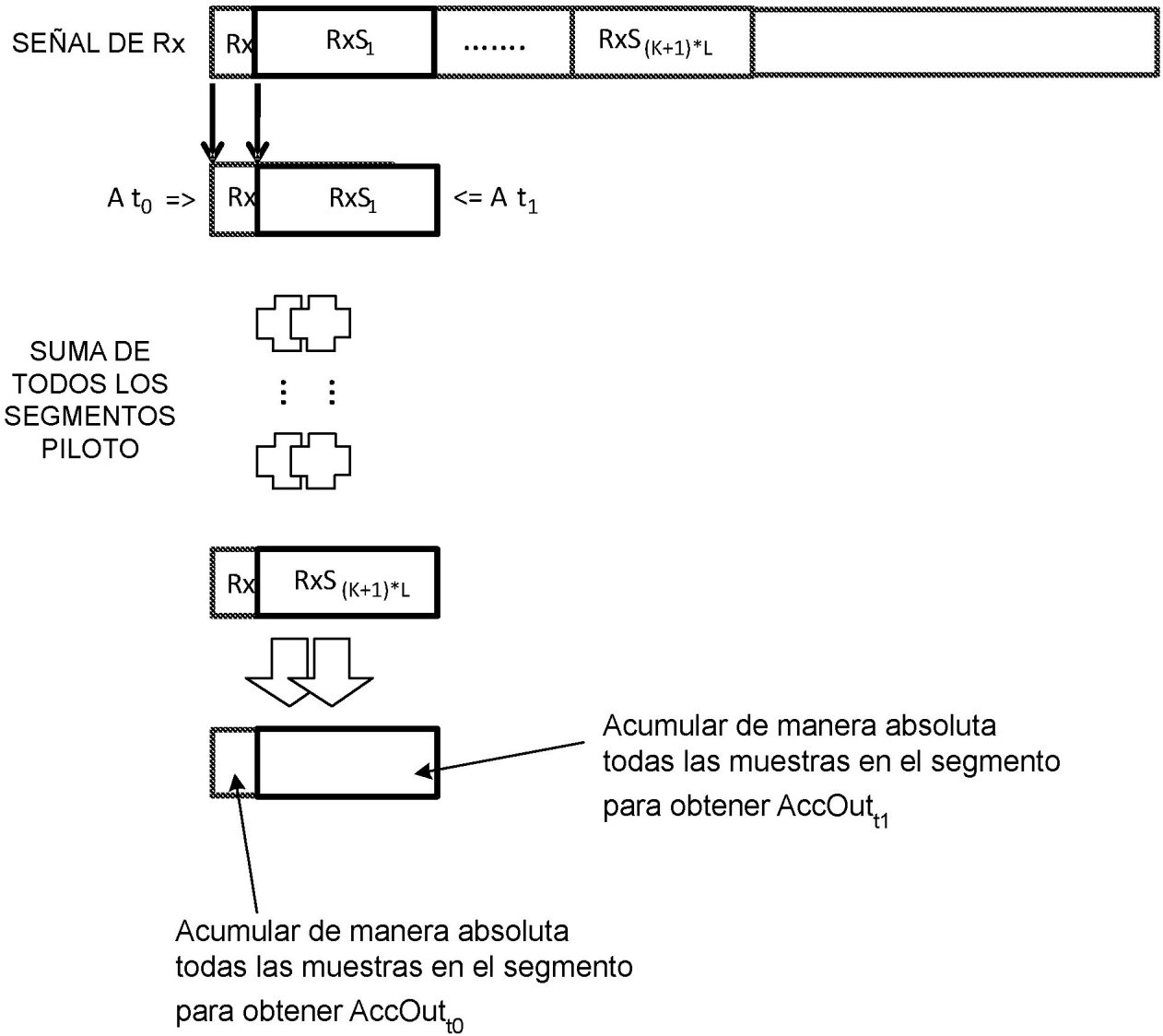


FIG. 34

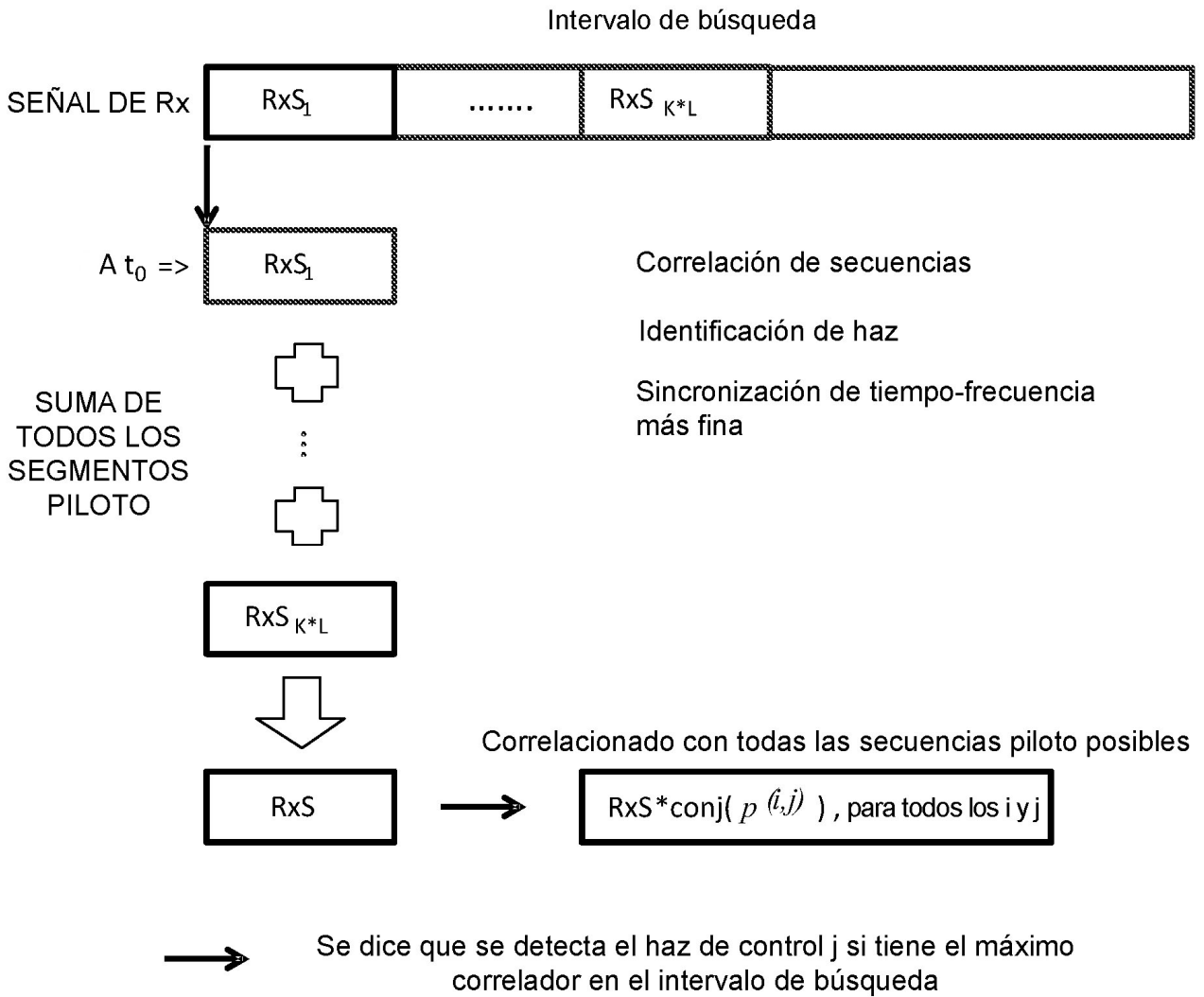


FIG. 35

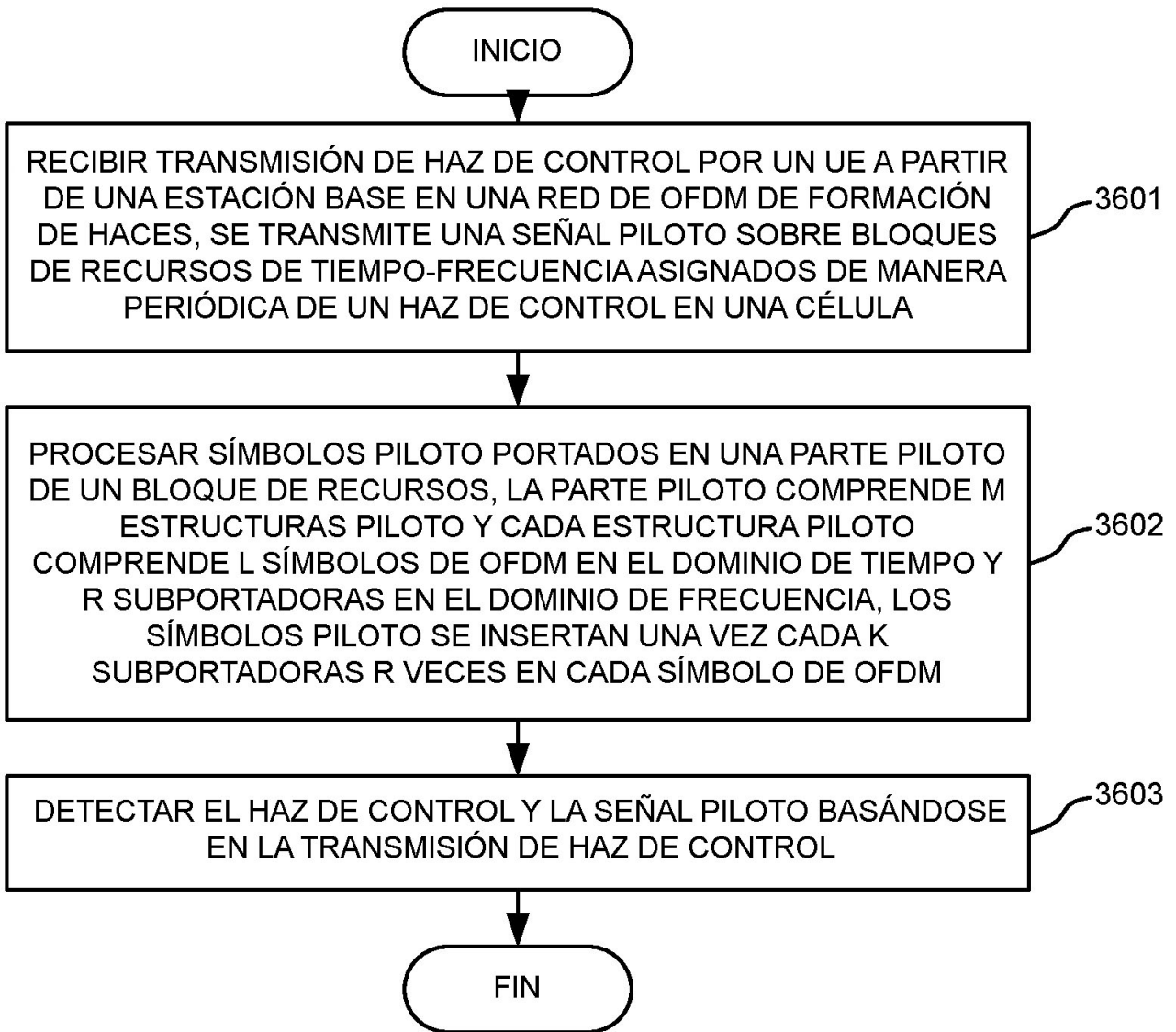


FIG. 36