

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 845 900**

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04J 11/00 (2006.01)

H04L 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.08.2007 PCT/US2007/076689**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.02.2008 WO08024938**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2007 E 07841291 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2020 EP 2060080**

54 Título: **Adquisición en sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia**

30 Prioridad:

23.08.2006 US 839954 P
21.08.2007 US 842827

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.07.2021

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
Attn: International IP Administration, 5775
Morehouse Drive
San Diego, CA 92121, US

72 Inventor/es:

KIM, BYOUNG-HOON;
MALLADI, DURGA, PRASAD y
MONTOJO, JUAN

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 845 900 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

Adquisición en sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia

5 **Referencia cruzada con solicitud relacionada**

[0001] Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud Provisional Estadounidense con número de serie 60/839.954, presentada el 23 de agosto de 2006, y titulada "A METHOD AND APPARATUS FOR ACQUISITION IN FDMA SYSTEMS [UN PROCEDIMIENTO Y UN APARATO PARA LA ADQUISICIÓN EN SISTEMAS FDMA]". La totalidad de esta solicitud se incorpora en el presente documento como referencia.

Antecedentes15 **I. Campo**

[0002] La siguiente descripción se refiere en general a la comunicación inalámbrica, y en particular a la adquisición de células y secuencias para adquirir información de células empleando canales de sincronización y un canal de radiodifusión.

20 **II. Antecedentes**

[0003] Los sistemas de comunicación inalámbrica están ampliamente distribuidos para proporcionar diversos tipos de contenido de comunicación, tal como voz, vídeo, datos, etc. Estos sistemas pueden ser sistemas de acceso múltiple capaces de admitir comunicaciones con múltiples usuarios compartiendo los recursos disponibles del sistema (por ejemplo, ancho de banda y potencia de transmisión). Ejemplos de dichos sistemas de acceso múltiple incluyen sistemas de acceso múltiple por división de código (CDMA), sistemas de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), sistemas de acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y sistemas de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA). Pero independientemente de las peculiaridades de los muchos sistemas de comunicación inalámbrica disponibles, en cada uno de estos sistemas un terminal o dispositivo inalámbrico al encenderse debe realizar la adquisición de células o la búsqueda de células para volverse operativo. La adquisición de célula es el procedimiento mediante el cual un terminal adquiere sincronización de tiempo y frecuencia con la red, identificación de célula e identificación adicional de información del sistema crítica para la operación, como el ancho de banda del sistema y la configuración de la antena del transmisor de célula.

[0004] En un sistema inalámbrico como la evolución a largo plazo de tercera generación (3G LTE) o el acceso radioeléctrico terrestre universal de evolución (E-UTRA), características ventajosas para mejorar el rendimiento de la comunicación, como la presencia de un prefijo cíclico para mitigar la interferencia entre símbolos en el multiplexado por división ortogonal de frecuencia y versatilidad del ancho de banda del sistema de enlace descendente (por ejemplo, un sistema 3G LTE puede ser capaz de múltiples anchos de banda: 1,25 MHz, 1,6 MHz, 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz y 20 MHz) han dado lugar a complejidades únicas durante la adquisición inicial de células. Además de la sincronización de tiempo; a saber, detección de límites de símbolos; límite de ranura de 0,5 ms; límite de subtrama de 1 ms; límite de media trama de radio de 5 ms y límite de radio completo de 10 ms; e intervalo de tiempo de transmisión del canal de radiodifusión de 40 ms; y sincronización de frecuencia, que implica adquirir la frecuencia del enlace descendente, de modo que pueda utilizarse como referencia de frecuencia para la transmisión del enlace ascendente; existen complejidades tales como determinar el ancho de banda que se empleará para la adquisición de células, los canales físicos que se emplearán durante la adquisición de células y, lo que es más importante, la información que deben transportar esos canales durante la adquisición de células. Si bien se ha dedicado mucho trabajo a abordar cada uno de estos problemas, la comunidad hasta ahora ha acordado marginalmente un protocolo de adquisición de células que es rápido, confiable y consume recursos mínimos. Por tanto, existe la necesidad de protocolos de adquisición de células con estas últimas características.

[0005] A continuación se presenta una breve explicación simplificada con el fin de proporcionar un entendimiento básico de algunos aspectos de los modos de realización divulgados. Esta breve explicación no es una visión general exhaustiva y no pretende identificar elementos clave o críticos ni delimitar el alcance de dichos modos de realización. Su propósito es presentar algunos conceptos de los modos de realización descritos de forma simplificada como prelude de la descripción más detallada que se presentará a continuación.

60 **BREVE EXPLICACIÓN**

[0006] De acuerdo con aspectos de la invención, se proporciona un aparato que opera en un entorno de comunicación inalámbrica de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 5, y procedimientos usados en el sistema de comunicaciones inalámbricas de acuerdo con las reivindicaciones 10 y 15.

[0007] El aparato puede comprender múltiples componentes de detección que adquieren simultáneamente información de múltiples células en múltiples intervalos de subportadoras; un procesador configurado para

procesar la información de múltiples células; y una memoria acoplada al procesador para almacenar datos.

[0008] De acuerdo con un aspecto, un medio legible por máquina que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan por una máquina, hacen que la máquina lleve a cabo operaciones de acuerdo con el procedimiento.

[0009] Preferentemente, cuando son ejecutadas por una máquina, las instrucciones hacen que la máquina realice operaciones que incluyen transmitir sobre 1,25 MHz una secuencia de código de símbolos de canal de sincronización primario y transmitir sobre 1,25 MHz una o más secuencias de código de símbolos de canal de sincronización secundario.

[0010] Preferentemente, el procedimiento comprende recibir una secuencia de código en un canal de radiodifusión (BCH) que transmite al menos uno de una temporización de prefijo cíclico y el ancho de banda del sistema inalámbrico; y el procedimiento comprende procesar las secuencias de código P-SCH, S-SCH y BCH, y extraer la información de célula transportada por las secuencias de código.

[0011] Para la consecución de los fines anteriores y relacionados, uno o más modos de realización comprenden los rasgos característicos descritos por completo más adelante en el presente documento y, en particular, expuestos en las reivindicaciones. La siguiente descripción y los dibujos adjuntos exponen en detalle determinados aspectos ilustrativos y son indicadores de algunas de las diversas maneras en las que pueden emplearse los principios de los modos de realización. Otras ventajas y características novedosas resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada al considerarse junto con los dibujos, y los modos de realización divulgados pretenden incluir todos estos aspectos y sus equivalentes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0012]

La FIG. 1 ilustra un sistema en el que el equipo de usuario adquiere información de célula de una estación base.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un transmisor y un receptor MIMO.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de una configuración MU-MIMO.

La FIG. 4 ilustra configuraciones de transmisión de códigos P-SCH, S-SCH y códigos BCH.

Las FIG. 5A y 5B ilustran la utilización del ancho de banda del canal de radiodifusión y sincronización.

La FIG. 6 ilustra la información transmitida por el canal de sincronización y el canal de radiodifusión.

Las FIGS. 7A, 7B y 7C ilustran secuencias de adquisición de células.

Las FIGS. 8A y 8B ilustran la retransmisión de información de célula.

Las FIGS. 9A, 9B y 9C ilustran un sistema en el que un terminal adquiere simultáneamente células que funcionan con reutilización de frecuencia.

La FIG. 10 es un diagrama de bloques de la arquitectura de un sistema en el que un terminal adquiere simultáneamente múltiples células que operan con reutilización de frecuencia.

La FIG. 11 es un diagrama de flujo de una metodología para realizar la adquisición de células.

La FIG. 12 es un diagrama de flujo de una metodología para retransmitir información de sincronización de célula.

La FIG. 13A y 13B es un diagrama de flujo de una metodología para transmitir y recibir, respectivamente, información celular empleando la reutilización de frecuencias.

La FIG. 14 representa un sistema a modo de ejemplo que permite recibir secuencias de código de símbolos de canal de sincronización primario y secundario de acuerdo con uno o más aspectos.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0013] A continuación se describirán diversos modos de realización con referencia a los dibujos, en los que se usan números de referencia similares para hacer referencia a elementos similares en todos ellos. En la descripción siguiente se exponen, con fines explicativos, numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar un

entendimiento exhaustivo de uno o más modos de realización. Sin embargo, puede resultar evidente que dicho o dichos modos de realización pueden llevarse a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, se muestran estructuras y dispositivos bien conocidos en forma de diagrama de bloques para facilitar la descripción de uno o más modos de realización.

[0014] En esta solicitud, la palabra "a modo de ejemplo" se usa en el presente documento en el sentido de que sirve como ejemplo, caso o ilustración. No se ha de considerar necesariamente que cualquier aspecto o diseño descrito en el presente documento como "a modo de ejemplo" sea preferente o ventajoso con respecto a otros aspectos o diseños. Más bien, el uso del término "a modo de ejemplo" pretende presentar conceptos de manera concreta.

[0015] Además, el término "o" está previsto que signifique una "o" inclusiva en lugar de una "o" exclusiva. Es decir, a menos que se especifique de otro modo, o se desprenda claramente del contexto, "X emplea A o B" pretende querer decir cualquiera de las permutaciones inclusivas naturales. Es decir, si X emplea A; X emplea B; o X emplea tanto A como B, entonces "X emplea A o B" se satisface en cualquiera de los casos anteriores. Además, los artículos "un" y "una", como se usan en esta solicitud y en las reivindicaciones adjuntas, se deberían interpretar en general para significar "uno o más" a menos que se especifique de otro modo o se desprenda claramente del contexto para referirse a una forma singular.

[0016] Como se usan en la presente solicitud, los términos "componente", "módulo", "sistema" y similares pretenden hacer referencia a una entidad relacionada con un ordenador, hardware, firmware, una combinación de hardware y software, software o bien software en ejecución. Por ejemplo, un componente puede ser, pero no se limita a ser, un proceso que se ejecuta en un procesador, un procesador, un objeto, un ejecutable, un hilo de ejecución, un programa y/o un ordenador. A modo de ilustración, tanto una aplicación que se ejecuta en un dispositivo informático como el dispositivo informático pueden ser un componente. Uno o más componentes pueden residir dentro de un proceso y/o hilo de ejecución, y un componente puede estar ubicado en un ordenador y/o estar distribuido entre dos o más ordenadores. Además, estos componentes se pueden ejecutar desde diversos medios legibles por ordenador que tengan diversas estructuras de datos almacenadas en los mismos. Los componentes se pueden comunicar por medio de procesos locales y/o remotos de acuerdo con una señal que tiene uno o más paquetes de datos (por ejemplo, datos de un componente que interactúa con otro componente en un sistema local, sistema distribuido y/o a través de una red, tal como Internet, con otros sistemas por medio de la señal).

[0017] Además, se describen diversos modos de realización en el presente documento en conexión con un dispositivo móvil. Un dispositivo móvil puede denominarse también sistema, unidad de abonado, estación de abonado, estación móvil, móvil, estación remota, terminal remoto, terminal de acceso, terminal de usuario, terminal, dispositivo de comunicación inalámbrica, agente de usuario, dispositivo de usuario o equipo de usuario (UE). Un dispositivo móvil puede ser un teléfono móvil, un teléfono inalámbrico, un teléfono de Protocolo de Inicio de Sesión (SIP), una estación de bucle local inalámbrico (WLL), un asistente digital personal (PDA), un dispositivo manual que tenga capacidad de conexión inalámbrica, un dispositivo informático u otro dispositivo de procesamiento conectado a un módem inalámbrico. Además, en el presente documento se describen diversos modos de realización en relación con una estación base. Una estación base puede utilizarse para comunicarse con uno o más dispositivos móviles y también puede recibir la denominación de punto de acceso, Nodo B o alguna otra denominación.

[0018] Como se emplea en el presente documento, el término "procesador" puede referirse a una arquitectura clásica o a un ordenador cuántico. La arquitectura clásica comprende, pero no se limita a, procesadores mononúcleo; monoprocesadores con capacidad de ejecución multihilo de software; procesadores multinúcleo; procesadores multinúcleo con capacidad de ejecución multihilo de software; procesadores multinúcleo con tecnología multihilo de hardware; plataformas paralelas; y plataformas paralelas con memoria compartida distribuida. Además, un procesador puede hacer referencia a un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC). La arquitectura de los ordenadores cuánticos puede basarse en cúbits incorporados en puntos cuánticos confinados o autoensamblados, plataformas de resonancia magnética nuclear, uniones Josephson superconductoras, etc. Los procesadores pueden explotar arquitecturas a nanoescala tales como, pero no limitadas a, transistores, interruptores y puertas moleculares y basadas en puntos cuánticos, con el fin de optimizar el uso del espacio o mejorar el rendimiento de los equipos de usuario.

[0019] En esta descripción, el término "memoria" se refiere a almacenes de datos, almacenes de algoritmos y otros almacenes de información tales como, pero no limitados a, almacenes de imágenes, almacenes de música y vídeo digital, gráficos y bases de datos. Se apreciará que los componentes de memoria descritos en el presente documento pueden ser memoria volátil o memoria no volátil, o pueden incluir memoria volátil y no volátil. A modo de ilustración y no de limitación, la memoria no volátil puede incluir memoria de solo lectura (ROM), ROM programable (PROM), ROM programable eléctricamente (EPROM), ROM borrable eléctricamente (EEPROM) o memoria flash. La memoria volátil puede incluir memoria de acceso aleatorio (RAM), que actúa como memoria caché externa. A modo de ilustración y no de limitación, la RAM está disponible de muchas formas, tales como RAM síncrona (SRAM), RAM dinámica (DRAM), DRAM síncrona (SDRAM), SDRAM de doble velocidad de datos

(SDRAM DDR), SDRAM mejorada (ESDRAM), DRAM de enlace síncrono (SLDRAM) y RAM de Rambus directo (DRRAM). Además, los componentes de memoria divulgados de los sistemas y/o procedimientos del presente documento pretenden abarcar, sin estar limitados a, estos y otros tipos de memoria cualesquiera convenientes.

5 **[0020]** Además, diversos aspectos o rasgos característicos descritos en el presente documento se pueden implementar como un procedimiento, aparato o artículo de fabricación usando técnicas de programación y/o de ingeniería estándar. El término "artículo de fabricación" como se usa en el presente documento pretende englobar un programa informático accesible desde cualquier dispositivo, soporte o medio legible por ordenador. Por ejemplo, los medios legibles por ordenador pueden incluir, pero sin limitarse a, dispositivos de almacenamiento magnético (por ejemplo, un disco duro, un disco flexible, cintas magnéticas, etc.), discos ópticos (por ejemplo, un disco compacto (CD), un disco versátil digital (DVD), etc.), tarjetas inteligentes y dispositivos de memoria flash (por ejemplo, EPROM, tarjetas, unidades de almacenamiento USB, memorias, etc.). Adicionalmente, diversos medios de almacenamiento descritos en el presente documento pueden representar uno o más dispositivos y/u otros medios legibles por máquina para almacenar información. El término "medio legible por máquina" puede incluir, sin limitarse a, canales inalámbricos y otros diversos medios que pueden almacenar, contener y/o transportar una o más instrucciones y/o datos.

20 **[0021]** Los sistemas y procedimientos para realizar la adquisición de células basados en secuencias de código transmitidas en el canal de sincronización primario (P-SCH), el canal de sincronización secundario (S-SCH) y el canal de radiodifusión (BCH) se describen a continuación. Se presentan detalles de la información transmitida por P-SCH, S-SCH, BCH y las secuencias en las que se transmite la información. Además, se describen la retransmisión de información de adquisición de células, así como la adquisición de múltiples células cuando el sistema inalámbrico funciona con reutilización de frecuencia.

25 **[0022]** La **Figura 1** muestra un sistema 100 en el que el equipo de usuario 120 adquiere información de célula de la estación base 140 a través de secuencias de código transmitidas en el canal de sincronización primario (P-SCH) 162, el canal de sincronización secundario (S-SCH) 164 y el canal de radiodifusión (BCH) 166 a través del enlace descendente 160. El equipo de usuario 120 puede comprender un componente de detección 122, un procesador 124 y una memoria 126. La estación base 140 puede comprender un componente generador de secuencias 142, un procesador 144 y una memoria 146. El componente generador de secuencias 142 genera secuencias de código que pueden contener información de búsqueda de célula como ancho de banda del sistema, configuración de antena en la estación base 140 (ver más abajo), identificación de célula (ID), etc. Las secuencias tienen N símbolos de longitud, el número de bits en un el símbolo depende de la constelación de modulación empleada (por ejemplo, BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM). Las secuencias pueden ser códigos pseudoaleatorios [por ejemplo, Gold, Walsh-Hadamard, secuencias M (secuencias de longitud máxima) y secuencia pseudoaleatoria] o una secuencia de tipo Chirp generalizada (por ejemplo, Zadoff-Chu). En el acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA), el flujo de información se correlaciona con un conjunto de M subportadoras de frecuencia, cada una con un intervalo de frecuencia $\Delta v/M$, donde Δv es el ancho de banda del sistema (por ejemplo, 1,25 MHz, 2,5 MHz, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz). Las subportadoras son típicamente tonos ortogonales. Un componente 150 de serie a paralelo (S/P) analiza la secuencia de N símbolos en tramas de n símbolos y correlaciona esos n símbolos en M subportadoras. (Se observa que el componente S/P 150 también puede residir en el componente generador de secuencias 144 en lugar de ser un componente independiente como se ilustra en la Fig. 1). Un componente 152 de transformada de Fourier rápida inversa discreta (IFFT) genera una representación temporal de los símbolos en las tramas paralelas. (Debe apreciarse que el componente 152 también puede ser una parte integral del procesador 142). Al aplicar IFFT, se agrega un prefijo cíclico (CP) al comienzo de los símbolos en el dominio del tiempo en cada subtrama de radio transmitida. El CP se introduce como un intervalo de guarda para evitar la interferencia entre símbolos (ISI) y la interferencia entre portadoras (ICI). Un convertidor de paralelo a serie (no mostrado) genera un flujo de símbolos en el dominio del tiempo para cada secuencia generada por el componente generador de secuencias 142, y esos flujos se transmiten en el enlace descendente 160. Las secuencias de código para P-SCH 162, S-SCH 164 y BCH 166 se generan y transmiten.

55 **[0023]** La estación base 140 también puede incluir un componente de inteligencia artificial (AI) 148. El término "inteligencia" se refiere a la capacidad de razonar o sacar conclusiones sobre, por ejemplo, inferir, el estado actual o futuro de un sistema basándose en la información existente sobre el sistema. La inteligencia artificial puede emplearse para identificar un contexto o acción específicos, o para generar una distribución de la probabilidad de estados específicos de un sistema sin la intervención humana. La inteligencia artificial se basa en la aplicación de algoritmos matemáticos avanzados, por ejemplo, árboles de decisiones, redes neurales, análisis de regresión, análisis por conglomerados, algoritmos genéticos y aprendizaje reforzado, a un conjunto de datos disponibles (información) en el sistema. En particular, el componente de AI 148 puede emplear una de las numerosas metodologías para aprender a partir de datos y luego extraer inferencias de los modelos así construidos, por ejemplo, modelos ocultos de Markov (HMM) y modelos de dependencia prototípicos relacionados, modelos gráficos probabilísticos más generales, tales como redes bayesianas, por ejemplo, creadas por la búsqueda de estructura usando una puntuación o aproximación del modelo bayesiano, clasificadores lineales, tales como máquinas de vectores de soporte (SVM), clasificadores no lineales, tales como procedimientos denominados metodologías de "red neuronal", metodologías de lógica difusa y otros enfoques que realicen fusión de datos, etc., de acuerdo con la implementación de diversos aspectos automatizados descritos a continuación.

[0024] En el equipo de usuario 120, el componente de detección 122, que puede comprender un correlacionador 128 y un componente de transformada rápida de Fourier, detecta códigos P-SCH 162, códigos S-SCH 164 y códigos BCH 166 y realiza la adquisición de células, lo que permite que el equipo de usuario 120 se comunique con la estación base 140. La detección y la información transmitida por códigos P-SCH, códigos S-SCH y códigos BCH de acuerdo con aspectos de la presente solicitud se presentan con mayor detalle a continuación.

[0025] La **Figura 2** es un diagrama de bloques de un modo de realización de un sistema transmisor 210 (tal como la estación base 140) y un sistema receptor 250 (por ejemplo, el equipo de usuario 120) en un sistema de múltiples entradas múltiples salidas (MIMO) que puede proporcionar comunicación de sector en un entorno de comunicación inalámbrica de acuerdo con uno o más aspectos expuestos en el presente documento. En el sistema transmisor 210, pueden proporcionarse datos de tráfico para un número de flujos de datos desde una fuente de datos 212 a un procesador de datos de transmisión (TX) 214. En un modo de realización, cada flujo de datos se transmite a través de una respectiva antena transmisora. El procesador de datos de TX 214 da formato, codifica e intercala los datos de tráfico para cada flujo de datos en base a un esquema de codificación particular seleccionado para que ese flujo de datos proporcione datos codificados. Los datos codificados para cada flujo de datos se pueden multiplexar con datos piloto usando técnicas de OFDM. Los datos de piloto son típicamente un patrón de datos conocido que se procesa de manera conocida y que se puede usar en el sistema receptor para estimar la respuesta de canal. A continuación, los datos piloto y codificados multiplexados para cada flujo de datos se modulan (por ejemplo, se lleva a cabo la correlación de símbolos) en base a un esquema de modulación particular (por ejemplo, modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK), modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK), modulación por desplazamiento de fase múltiple (M-PSK) o modulación en amplitud de cuadratura de orden (M-QAM)) seleccionado para ese flujo de datos para proporcionar símbolos de modulación. La velocidad de transferencia de datos, la codificación y la modulación para cada flujo de datos se pueden determinar por instrucciones ejecutadas por el procesador 230.

[0026] Los símbolos de modulación para todos los flujos de datos se proporcionan a continuación a un procesador de MIMO de TX 220, que puede procesar todavía más los símbolos de modulación (por ejemplo, para OFDM). El procesador de MIMO de TX 220 proporciona entonces N_T flujos de símbolos de modulación a N_T transmisores (TMTR) 222a a 222t. En determinados modos de realización, el procesador de MIMO de TX 220 aplica ponderaciones de conformación de haz (o precodificación) a los símbolos de los flujos de datos y a la antena desde la cual se está transmitiendo el símbolo. Cada transmisor 222 recibe y procesa un flujo de símbolos respectivo para proporcionar una o más señales analógicas y acondiciona adicionalmente (por ejemplo, amplifica, filtra y aumenta en frecuencia) las señales analógicas para proporcionar una señal modulada adecuada para su transmisión a través del canal MIMO. A continuación, las N_T señales moduladas de los transmisores 222a a 222t son transmitidas desde las N_T antenas 224₁ a 224_T, respectivamente. En el sistema receptor 250, las señales moduladas transmitidas son recibidas mediante las N_R antenas 252₁ a 252_R y la señal recibida desde cada antena 252 se proporciona a un receptor respectivo (RCVR) 254_A a 254_R. Cada receptor 254 acondiciona una respectiva señal recibida (por ejemplo, filtra, amplifica y reduce su frecuencia), digitaliza la señal acondicionada para proporcionar muestras y procesa, además, las muestras para proporcionar un correspondiente flujo de símbolos "recibido".

[0027] A continuación, un procesador de datos de RX 260 recibe y procesa los N_R flujos de símbolos recibidos desde N_R receptores 254 basándose en una técnica de procesamiento de receptor particular para proporcionar N_T flujos de símbolos "detectados". A continuación, el procesador de datos de RX 260 demodula, desintercala y descodifica cada flujo de símbolos detectado para recuperar los datos de tráfico para el flujo de datos. El procesamiento por el procesador de datos de RX 260 es complementario al realizado por el procesador de MIMO de TX 220 y el procesador de datos de TX 214 en el sistema transmisor 210. Un procesador 270 determina periódicamente qué matriz de precodificación va a usar (analizado más adelante). El procesador 270 formula un mensaje de enlace inverso que comprende una parte de índice de matriz y una parte de valor de rango. El mensaje de enlace inverso puede comprender diversos tipos de información respecto al enlace de comunicación y/o al flujo de datos recibido, o una combinación de los mismos. El mensaje de enlace inverso es procesado entonces por un procesador de datos de TX 238, que también recibe datos de tráfico para varios flujos de datos desde una fuente de datos 236, es modulado por un modulador 280, es acondicionado por los transmisores 254_A a 254_R y transmitido de vuelta al sistema transmisor 210.

[0028] En el sistema transmisor 210, las señales moduladas del sistema receptor 250 se reciben mediante las antenas 224, se acondicionan mediante los receptores 222, se demodulan mediante un demodulador 240 y se procesan mediante un procesador de datos de RX 242 para extraer el mensaje de enlace inverso transmitido por el sistema receptor 250. A continuación, el procesador 230 determina qué matriz de precodificación usar para determinar las ponderaciones de conformación del haz y procesa el mensaje extraído.

[0029] El modo de funcionamiento MIMO de un usuario único corresponde al caso en el que un único sistema receptor 250 se comunica con el sistema transmisor 210, como se ilustra en la Fig. 2 y de acuerdo con la operación descrita anteriormente. En un sistema de este tipo, los N_T transmisores 224₁-224_T (también conocidos como antenas TX) y los N_R receptores 252₁-252_R (también conocidos como antenas RX) forman un canal matriz (por

ejemplo, canal Rayleigh o canal Gaussiano) para comunicación inalámbrica. El canal SU-MIMO se describe con una matriz $N_R \times N_T$ de números complejos aleatorios. El rango del canal es igual al rango algebraico del canal $N_R \times N_T$. En la codificación de espacio-tiempo o de espacio-frecuencia, el rango es igual al número de flujos de datos, o capas, que se envían a través del canal. Debe apreciarse que el rango es como mínimo igual a $\min\{N_T, N_R\}$. Un canal MIMO formado por las N_T antenas transmisoras y las N_R antenas receptoras puede descomponerse en N_V canales independientes, que también se denominan canales espaciales, donde $N_V \leq \min\{N_T, N_R\}$. Cada uno de los N_V canales independientes corresponde a una dimensión.

[0030] En un aspecto, los símbolos transmitidos/recibidos con OFDM, en el tono ω , pueden modelarse por:

$$\mathbf{y}(\omega) = \underline{\mathbf{H}}(\omega)\mathbf{c}(\omega) + \mathbf{n}(\omega). \quad (1)$$

[0031] Aquí, $\mathbf{y}(\omega)$ es el flujo de datos recibido y es un vector $N_{RX} \times 1$, $\underline{\mathbf{H}}(\omega)$ es la matriz $N_{RX} \times N_T$ de respuesta del canal en el tono ω (por ejemplo, la transformada de Fourier de la matriz de respuesta de canal dependiente del tiempo $\underline{\mathbf{h}}$), $\mathbf{c}(\omega)$ es un vector $N_{TX} \times 1$ de símbolos de salida, y $\mathbf{n}(\omega)$ es un vector $N_{RX} \times 1$ de ruido (por ejemplo, ruido Gaussiano blanco aditivo). La precodificación puede convertir un vector de capa $N_V \times 1$ en un vector de salida de precodificación $N_T \times 1$. N_V es el número real de flujos de datos (capas) transmitidos por el transmisor 210, y N_V puede planificarse a discreción del transmisor (por ejemplo, la estación base 140) en base al menos en parte a las condiciones del canal y al rango informado por el terminal. Debería apreciarse que $\mathbf{c}(\omega)$ es el resultado de al menos un esquema de multiplexación y de al menos un esquema de precodificación (o conformación del haz) aplicado por el transmisor. Adicionalmente, $\mathbf{c}(\omega)$ se convoluciona con una matriz de ganancia de potencia, que determina la cantidad de potencia que el transmisor 210 asigna para transmitir cada flujo de datos N_V . La potencia neta empleada en la transmisión está limitada superiormente por el valor regulado de la potencia de transmisión para un transmisor en comunicaciones inalámbricas.

[0032] En el sistema 200 (Fig. 2), cuando $N_T = N_R = 1$, el sistema se reduce a un sistema de entrada única de salida única (SISO) que puede proporcionar comunicación sectorial en un entorno de comunicación inalámbrica de acuerdo con uno o más aspectos expuestos en el presente documento.

[0033] La **Figura 3** ilustra un sistema de MIMO de múltiples usuarios 300 a modo de ejemplo en el que tres UE 120_P, 120_U y 120_S se comunican con una estación base 140. La estación base tiene N_T antenas TX, y cada uno de los UE tiene múltiples antenas RX; a saber, el UE_P tiene N_P antenas 252₁-252_P, el UE_U tiene N_U antenas 252₁-252_U y el UE_S tiene N_S antenas 252₁-252_S. La comunicación entre terminales y la estación base se efectúa a través de los enlaces ascendentes 315_P, 315_U y 315_S. De forma similar, los enlaces descendentes 310_P, 310_U y 310_S facilitan la comunicación entre la estación base 140 y los terminales UE_P, UE_U, and UE_S, respectivamente. Adicionalmente, la comunicación entre cada terminal y estación base se implementa sustancialmente de la misma manera, sustancialmente a través de los mismos componentes, como se ilustra en la Fig. 2 y su descripción correspondiente. Debido a que los terminales pueden localizarse en ubicaciones sustancialmente diferentes dentro de la célula servida por la estación base 140, cada terminal 120_P, 120_U y 120_S tiene su propio canal de matriz $\underline{\mathbf{h}}_\alpha$ y matriz de respuesta \mathbf{H}_α ($\alpha = P, U$ y S), con sus propio rango. Puede haber interferencia intracelular debido a la pluralidad de usuarios presentes en la célula atendida por la estación base 140. Aunque se ilustra con tres terminales en la Fig. 3, debería apreciarse que un sistema MU-MIMO puede comprender cualquier número de terminales, indicado a continuación con el índice k .

[0034] En un aspecto, los símbolos transmitidos/recibidos con OFDM, en el tono ω y para el usuario k , pueden modelarse mediante:

$$\mathbf{y}_k(\omega) = \underline{\mathbf{H}}_k(\omega)\mathbf{c}_k(\omega) + \underline{\mathbf{H}}_k(\omega)\sum' \mathbf{c}_m(\omega) + \mathbf{n}_k(\omega). \quad (2)$$

[0035] Aquí, los símbolos tienen el mismo significado que en la Ec. (1). Debería apreciarse que, debido a la diversidad de múltiples usuarios, la interferencia de otro usuario en la señal recibida por el usuario k se modela con el segundo término en el lado izquierdo de la Ec. (2). El símbolo prima (') indica que el vector de símbolo transmitido \mathbf{c}_k se excluye del sumatorio. Los términos de la serie representan la recepción por parte del usuario k (a través de su respuesta del canal $\underline{\mathbf{H}}_k$) de los símbolos transmitidos por un transmisor (por ejemplo, la estación base 140) a los demás usuarios de la célula. La interferencia entre células determina al menos en parte las condiciones del canal y, por lo tanto, es evidente que la información de estado del canal en el transmisor (CSIT) determinada en la operación MU-MIMO puede ser intrínsecamente diferente de la CSIT en la operación SU-MIMO analizada anteriormente.

[0036] La **Figura 4** ilustra diagramas 410, 420 y 430 a modo de ejemplo de configuraciones de transmisión de códigos P-SCH, S-SCH y códigos BCH. Como se mencionó anteriormente, la transmisión se realiza en tramas de radio de 10 ms, con subtramas de 1 ms (no mostradas) y con ranuras de 0,5 ms. Los símbolos se transmiten en dichas ranuras. Debe apreciarse que en 3G LTE el número de símbolos en cada subtrama depende de la longitud del CP: Para CP largo (por ejemplo, 16,67 μ s), se alojan 6 símbolos por ranura, mientras que para CP corto (por ejemplo, 4,69 μ s), se alojan 7 símbolos. Los símbolos de código pueden ocupar uno o más de los símbolos

disponibles en un subtrama. Además, los códigos de secuencia transmitidos pueden tener una longitud de N símbolos para P-SCH, una longitud de M símbolos para S-SCH y una longitud de L símbolos para BCH, siendo N , M , L números enteros que pueden ser dispares o iguales. Los diagramas 410, 420 y 430 ilustran casos de ejemplo de flujos de N símbolos ($N = M = L$) con diferentes "órdenes", donde el orden viene dado por el número de símbolos enviados en cada trama. El orden de una configuración de transmisión puede afectar la eficiencia de la detección: Una transmisión de orden superior puede permitir una detección más rápida y, por tanto, una adquisición de células más rápida que una configuración de orden inferior; sin embargo, debido a que una estación base (por ejemplo, la estación base 140) envía códigos de adquisición tales como códigos P-SCH, S-SCH y BCH continuamente, la configuración de orden superior puede ser perjudicial para la velocidad de transferencia de datos una vez realizada la adquisición. Debería apreciarse que los códigos de adquisición se envían continuamente porque los terminales (por ejemplo, el equipo de usuario 120) en una célula de servicio se encienden de forma asíncrona o entran de forma asíncrona en la célula desde una célula periférica sin una sincronización adecuada.

[0037] El diagrama 410 ilustra una configuración de transmisión de orden 3, en la que se envían un símbolo de código P-SCH, un símbolo de S-SCH y un símbolo de BCH en cada trama. Primero se envía un símbolo de código P-SCH, retrasado un tiempo τ con respecto al límite de la trama de radio; sigue un símbolo de código S-SCH retrasado un tiempo T_{SP} ; y un símbolo de código BCH se envía un tiempo T_{BS} después. El tiempo entre el símbolo BCH y el límite de la trama de radio es τ' . Se observa que los tiempos τ , T_{SP} , T_{BS} y τ' pueden usarse como parámetros de diseño para facilitar la detección de los límites de la trama y la subtrama. En la configuración de transmisión 410, la longitud del código es proporcional al número de trama de radio (por ejemplo, se transportan $3 \times N$ símbolos en N tramas de radio). El diagrama 420 muestra la configuración de orden 2, en la que se transportan dos símbolos en cada trama y los símbolos ocupan cíclicamente las tramas subsiguientes. En tal configuración de transmisión, los símbolos transmitidos no son proporcionales a las tramas. Por lo tanto, la información se puede enviar de forma redundante para transmitir información de célula específica utilizando códigos de 3 canales, como se describe a continuación. La transmisión de configuración de orden 1 corresponde a la transmisión secuencial de códigos para P-SCH, S-SCH y BCH. Después de la adquisición de la célula, que en la transmisión de orden 1 puede ser más lenta que en órdenes superiores, dicha transmisión puede emplear el ancho de banda de manera más eficiente que la configuración de orden 3. Debe apreciarse que en un terminal (por ejemplo, el equipo de usuario 120) con un solo componente de detección (por ejemplo, el componente de detección 122), la adquisición de células puede tener lugar jerárquicamente, por ejemplo, la información transportada en el código P-SCH se adquiere primero, seguida de adquisición de información en el código S-SCH y la información transportada en BCH. Se debe apreciar que son posibles configuraciones de transmisión distintas de 410, 420 y 430, y están dentro del alcance de la presente solicitud.

[0038] Las Figuras 5A y 5B ilustran dos esquemas 510 y 520 de utilización del ancho de banda para la transmisión de secuencias de códigos P-SCH, S-SCH y BCH para anchos de banda de sistema a modo de ejemplo (1,25 MHz, 5 MHz, 10 MHz y 20 MHz) de acuerdo con un aspecto. Los códigos de adquisición (por ejemplo, códigos que transmiten información de célula operativa a un dispositivo inalámbrico como el equipo de usuario 120) pueden emplear una fracción del ancho de banda del sistema debido a (a) el hecho de que el ancho de banda del sistema no se conoce hasta que se adquiere el sistema, (b) la naturaleza específica de la información transmitida y (c) la posibilidad de transmitir dicha información con un código corto (N pequeña). Por lo tanto, el resto del ancho de banda se puede emplear para la transmisión de datos del usuario y de la estación (tales como datos del usuario, canal indicador de calidad del canal, canal de acuse de recibo, canal indicador de carga, etc.). En un aspecto, los canales de sincronización (tanto primarios como secundarios) y el canal de radiodifusión se pueden transmitir sobre 1,25 MHz independientemente del ancho de banda del sistema (esquema 510). Como ejemplo, en 3G LTE, se pueden acomodar 83 subportadoras en dicho intervalo de frecuencia. En otro aspecto, el canal de sincronización puede transmitirse sobre 1,25 MHz independientemente del ancho de banda del sistema, mientras que el canal de radiodifusión puede transmitirse sobre 1,25 MHz cuando el ancho de banda del sistema es 1,25 MHz y sobre 5 MHz cuando el ancho de banda es más ancho (esquema 520).

[0039] La Figura 6 ilustra la información transmitida por el canal de sincronización y el canal de radiodifusión de acuerdo con un aspecto. Como se presenta en 610, las secuencias de código para SCH se pueden emplear para (1) detección de límite de símbolo OFDM, (2) sincronización de frecuencia aproximada, (3) detección de límite de trama de radio, (4) temporización de prefijo cíclico (CP), (5) identificación de célula, y (6) indicación de ancho de banda del BCH. En particular, el canal de sincronización primario se puede usar para sincronización de frecuencia aproximada y para símbolo OFDM, intervalo de límite de ranura y de tiempo de subtrama. Con una configuración de transmisión adecuada, el canal de sincronización secundario se puede emplear para la detección de media trama de radio de 5 ms y un límite de trama de radio de 10 ms. Como se presenta en 620, las secuencias de código para BCH se pueden utilizar para (a) temporización de CP, (b) ancho de banda del sistema y (c) otra información del sistema como configuración de antena de la estación base, información de célula periférica, etc. La información de temporización, así como la sincronización de frecuencia, se puede obtener mediante el correlacionador 128 en el componente de detección 122 y el procesador 124. Las secuencias repetidas enviadas por el enlace descendente 160 son detectadas por el correlacionador 128, y el procesador 124 calcula la métrica de tiempo. Los procedimientos de sincronización de tiempo y frecuencia, como el procedimiento Moose, el procedimiento Van De Beek y el procedimiento Schmidl, proponen secuencias de código particulares con secciones repetidas del código transmitido para estimar los límites de la trama y la subtrama, así como el desplazamiento de frecuencia. Debería

apreciarse que son posibles otros procedimientos para la detección de límites de símbolos, duración de CP y sincronización de frecuencia. Después de la sincronización de tiempo y frecuencia, las secuencias de código que llevan información del sistema (por ejemplo, ID de célula, ancho de banda del sistema y BCH, configuración de antena de la estación base) pueden ser demoduladas por el componente 130 de FFT, en el componente de detección 122, y la adquisición de la célula puede completarse.

[0040] La transmisión de la información enumerada en los paneles 610 y 620 se puede lograr mediante una combinación de secuencias de códigos P-SCH, S-SCH y BCH. Las **Figuras 7A, 7B y 7C** ilustran secuencias de adquisición de células de acuerdo con aspectos de la presente solicitud. En uno de tales aspectos, la secuencia de adquisición 725 (Fig. 7A), en 730, adquiere el límite del símbolo OFDM mediante la detección (temporización o correlación) de la secuencia del código de sincronización primario (PSC); el P-SCH se transmite sobre 1,25 MHz (Fig. 5A). Debe apreciarse que todas las células transmiten la misma secuencia de PSC; como se mencionó anteriormente, la secuencia puede ser, pero no se limita a ser, una secuencia similar a Chirp generalizada (por ejemplo, la secuencia Zadoff-Chu), una secuencia Walsh-Hadamard, una secuencia de código Gold, una secuencia M, una secuencia de pseudoruido, etc. La sincronización de frecuencia se realiza en 730. A su vez, en 735, el límite de la trama de radio y el ID de la célula se detectan mediante la secuencia del código de sincronización secundario (SSC); S-SCH transmitido sobre 1,25 MHz (Fig. 5A). En un aspecto, con el fin de transmitir información de ID de célula, las secuencias transmitidas en el S-SCH se eligen para indicar todas las 512 hipótesis posibles (número de ID de célula) en 3G LTE. Cabe señalar que cada código de identificación de célula se puede transportar con 9 bits. En 740, la duración del CP, el ancho de banda del sistema de enlace descendente y otra información del sistema se adquieren mediante la demodulación del canal de radiodifusión, que se transmite sobre 1,25 MHz (Fig. 5A). Debe apreciarse que la temporización del CP se puede detectar después de que se haya detectado el límite del símbolo. Además, la temporización del CP es necesaria en OFDM para demodular con éxito los símbolos de datos de OFDM, ya que el intervalo de guarda de tiempo del CP se agrega en el receptor (por ejemplo, por el procesador 122) después de que la modulación en el dominio de la frecuencia se haya transformado (IFFT) en un flujo de símbolos en el dominio del tiempo, y el CP se elimina en un estado previo a FFT durante la detección de datos.

[0041] En otro aspecto, la secuencia de adquisición 750 adquiere, en 755, el límite de símbolo OFDM y la temporización de CP durante la decodificación de la secuencia P-SCH. Se pueden utilizar dos secuencias, transmitidas sobre 1,25 MHz (Fig. 5B), para realizar dicha adquisición. Para reducir la interferencia entre símbolos, las secuencias pueden ser ortogonales, por ejemplo, código Walsh-Hadamard; sin embargo, se pueden contemplar otras secuencias y están dentro del alcance de la presente invención. Como en la secuencia 725 descrita anteriormente, cada célula transmite una de las dos secuencias de PSC. Debe apreciarse que tras la detección de P-SCH, se puede realizar la demodulación de datos, además de secuencias de entrenamiento o piloto. La sincronización de frecuencia también se realiza en 755. En 760, las secuencias S-SCH transmitidas sobre 1,25 MHz (Fig. 5B) están diseñadas para describir 1024 hipótesis, que puede comprender 512 códigos de identificación de célula. Se obtiene una indicación del ancho de banda del BCH, que puede ser 1,25 MHz o 5 MHz. En 765, las secuencias de códigos BCH se demodulan, dichas secuencias transportan otra información del sistema como la configuración de la antena de la estación, los ID de las células vecinas, etc. Debe apreciarse que el volumen de información transmitida en el BCH puede escalar con el ancho de banda del canal. Además, la secuencia 750 permite un ancho de banda de transmisión variable para el canal de radiodifusión, por lo que la sobrecarga de comunicación se puede mantener sustancialmente igual en todos los anchos de banda del sistema. Debería apreciarse además que debido a la detección de duración del CP en la detección de código P-SCH, un terminal (por ejemplo, el equipo de usuario 120) tiene menos hipótesis de demodulación de BCH.

[0042] En otro aspecto más, la secuencia de adquisición 775 puede combinar de forma alternativa la información transmitida por SCH y BCH (Fig. 6). A saber, dos secuencias de códigos P-SCH transmitidas sobre 1,25 MHz, que pueden ser mutuamente ortogonales, ayudan en la detección de sincronización de símbolos y en la indicación del ancho de banda del BCH. Además, se realiza la sincronización de frecuencia. Las secuencias de código de canal S-SCH se transmiten sobre 1,25 MHz y se aplica la reutilización de frecuencias a dichas secuencias. La reutilización de frecuencias contempla el empleo de diferentes conjuntos de subportadoras, de entre las subportadoras disponibles completas, para transmisiones desde células vecinas o periféricas. Por lo tanto, la correlación de frecuencia de secuencia (tono) puede depender del factor de reutilización. En un aspecto, se emplea la reutilización de 1, por ejemplo, sin división efectiva del conjunto completo disponible de subportadoras del sistema, para el sistema con $\Delta v < 5$ MHz; y la reutilización de 3, por ejemplo, división de las subportadoras del sistema disponibles en tres subconjuntos, para sistemas con $\Delta v \geq 5$ MHz. Como ejemplo, en 3G LTE, un sistema de transmisión inalámbrica con $\Delta v = 20$ MHz se puede dividir en dos conjuntos de 400 subportadoras y un conjunto de 401 subportadoras. Las secuencias transmitidas en S-SCH están diseñadas para transmitir 512 hipótesis (ID de célula). No obstante, debe apreciarse que el ID de célula se puede transmitir parcialmente a través de P-SCH y parcialmente a través de S-SCH, transmitiendo una fracción de los 9 bits necesarios para el ID de célula en el P-SCH y los bits restantes en el S-SCH. En 790, las secuencias de código BCH se transmiten sobre 1,25 MHz o 5 MHz dependiendo del ancho de banda del sistema (Fig. 5B) y transmiten la duración del CP, la información de ancho de banda del sistema y otra información del sistema.

[0043] Debe apreciarse que después de que se completa una adquisición de célula inicial, un terminal (por

ejemplo, el equipo de usuario 120) puede aprovechar la sincronización de frecuencia lograda para realizar la búsqueda de célula vecina. En los sistemas sincronizados en el tiempo, un terminal que ha completado la adquisición de células posee sincronización de tiempo con las células vecinas, por lo tanto, la detección de células periféricas se reduce a identificar el ID de célula de las células vecinas y otra información crítica como la configuración de la antena en los transmisores de células periféricas. En cambio, en el caso de un sistema asíncrono, un terminal necesita repetir la búsqueda de célula completa para las células periféricas. Debe apreciarse, además, que las secuencias de códigos transmitidas por una estación base en relación con la detección de células pueden almacenarse en una memoria dentro del terminal (por ejemplo, la memoria 126) que realiza la adquisición de células. Dicha información puede permitir que los terminales lleven a cabo una búsqueda de célula sin problemas bajo una pluralidad de secuencias de adquisición (por ejemplo, secuencias de adquisición 725, 750, 775).

[0044] La adquisición de búsqueda exitosa por parte de un terminal depende de las condiciones del canal (por ejemplo, SNR, SINR). Los terminales con indicadores de calidad de canal deficientes pueden fallar en la adquisición de células, fallando al establecer enlaces de comunicación inalámbrica funcionales con un punto de acceso (por ejemplo, la estación base 140). Para aumentar la probabilidad de que un terminal pueda tener éxito en la adquisición de células (sincronización), la información de búsqueda de células se puede retransmitir desde un terminal sincronizado a aquellos terminales con un estado de canal deficiente. La **Figura 8A** ilustra un sistema 800 en el que un terminal 120 que ha completado la adquisición de célula (sincronización), desde una estación base 140 en una célula de servicio 810, retransmite información de célula a dos terminales 815 y 825 no sincronizados que pueden experimentar malas condiciones de canal. La célula de servicio 810 a modo de ejemplo es hexagonal, pero debe apreciarse que la forma de la célula viene dictada por el mosaico particular que cubre un área de servicio específica. Durante la adquisición de células, el terminal 120 almacena las secuencias de códigos P-SCH, S-SCH y BCH en una memoria (por ejemplo, la memoria 126). Como se describió anteriormente, tales secuencias transmiten información de célula operativa que permite que un dispositivo inalámbrico (por ejemplo, el terminal 120) establezca enlaces de comunicación activos 850 con una estación base (por ejemplo, la estación base 140). Las secuencias de adquisición de células (por ejemplo, las secuencias 725, 750 y 775) se retransmiten al terminal 815, a través del enlace 860₁, y al terminal 825, a través del enlace 860₂, con fines de sincronización. A continuación, esos terminales pueden sincronizarse independientemente de las condiciones del canal con un punto de acceso (por ejemplo, la estación base 140). Se observa que en el sistema 800, el terminal 120 transmite continuamente secuencias de códigos de sincronización de una manera sustancialmente similar a como lo hace una estación base. Además, al retransmitir secuencias de códigos de sincronización de P-SCH, S-SCH y BCH, el ancho de banda empleado no necesita ser el mismo ancho de banda empleado por la estación base (por ejemplo, 1,25 MHz o 5 MHz).

[0045] La retransmisión de la información de sincronización puede aumentar la complejidad de la arquitectura del terminal (por ejemplo, el terminal 120), además de aumentar la sobrecarga de comunicación. Para mitigar esto último, un terminal puede retransmitir información en momentos planificados específicos, por ejemplo, $\{T_P, T_Q, T_R\}$, durante intervalos de tiempo específicos, por ejemplo, $\{\Delta T_P, \Delta T_Q, \Delta T_R\}$, como se muestra en el diagrama 850, **Fig. 6B**. Debe apreciarse que tales tiempos e intervalos de tiempo son solo a modo de ejemplo, y la retransmisión puede tener lugar en muchos otros tiempos e intervalos distintos. Dichos tiempos se pueden almacenar en la memoria de un terminal (por ejemplo, la memoria 126), o pueden ser específicos del terminal; el intervalo de tiempo asume diferentes valores para diferentes terminales dependiendo de la arquitectura del terminal, como los recursos de energía, la configuración de la antena, etc. El procesador de un terminal (por ejemplo, el procesador 124) puede planificar las horas en las que se activa la retransmisión de información de la célula, y el procesador también puede activar la retransmisión de información. En el caso en el que la retransmisión del intervalo de tiempo puede depender del tiempo, la retransmisión de la información de la célula puede volverse asíncrona, y la diversidad de terminales (por ejemplo, la presencia de varios terminales sincronizados en la célula de servicio) puede garantizar que los terminales con baja SNR (por ejemplo, la recepción deficiente relacionada con la geografía o el clima) aún pueden sincronizar y recibir datos mientras persisten las malas condiciones de comunicación con una estación base. Se observa que la disipación de potencia de la radiación electromagnética puede decaer inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde la fuente de radiación. Por lo tanto, la SNR puede ser deficiente entre un terminal y una estación base, pero la SNR puede ser significativamente mayor entre un terminal y un terminal de retransmisión (por ejemplo, el terminal 120, el terminal 835) ya que los terminales pueden estar geográficamente más cerca.

[0046] De forma alternativa, o además de retransmitir información de célula en momentos predeterminados, un terminal sincronizado (por ejemplo, el terminal 120) puede recibir una secuencia piloto desde la estación base que indica activar un período de retransmisión (por ejemplo, $\Delta T_P, \Delta T_Q, \Delta T_R$). Un componente de inteligencia artificial en la estación base puede inferir a través de análisis estadístico y/o análisis de utilidad, cuándo enviar señales piloto solicitando retransmitir información de la célula, basándose en indicadores de calidad de canal instantáneos o promediados temporal y/o espacialmente de terminales sincronizados en la célula de servicio. Se observa que posteriormente al envío de una señal piloto de "solicitud de retransmisión", la estación base puede dejar de enviar temporalmente información de célula en el enlace descendente para reducir la sobrecarga.

[0047] Se debe apreciar que un segundo terminal de retransmisión sincronizado (por ejemplo, el terminal 835)

puede asumir el papel activo de retransmitir datos después de que un primer terminal de retransmisión (por ejemplo, el terminal 120) retransmita información durante un período de tiempo predeterminado; posteriormente, otros terminales pueden continuar retransmitiendo datos. Cada uno de los terminales de retransmisión puede tener un perfil de retransmisión dependiente del tiempo como se muestra en el diagrama 850 de la Fig. 8B. En un aspecto, la retransmisión de búsqueda de células se puede emplear en entornos donde la transferencia inalámbrica de voz, vídeo o datos, o cualquier combinación de los mismos, son de misión crítica. En un aspecto, dicho entorno puede ser un campo de batalla urbano, donde el acceso inalámbrico sustancialmente sin interrupciones a la inteligencia enemiga es fundamental para la misión, y donde la SNR es típicamente baja dentro de los edificios e instalaciones. Una estación base puede estar incorporada en un vehículo blindado con un transceptor para comunicación inalámbrica que ofrece soporte logístico a un pequeño grupo de tropas que transportan terminales móviles. A medida que las tropas llevan a cabo su misión, cada uno de los terminales móviles con niveles adecuados de SNR puede retransmitir información de sincronización a medida que las tropas entran y salen de edificios e instalaciones, entrando y saliendo de regiones críticamente bajas de SNR, con la consiguiente necesidad de adquisición de células.

[0048] La **Figura 9A** ilustra el sistema 900 en el que el terminal 920 adquiere las células vecinas 940₁, 940₂ y 940₃ simultáneamente, a través de los enlaces descendentes 960₁-960₃, cuando tales células funcionan con reutilización de frecuencia. En la sincronización multicélula basada en la reutilización de frecuencias, para evitar la degradación del rendimiento (por ejemplo, la reducción del rendimiento) debido al empleo de un subconjunto de subportadoras en lugar de todas las subportadoras disponibles para cada estación base (consulte el diagrama 925 a modo de ejemplo que muestra 12 tonos; **Fig. 9B**), el funcionamiento de varias células con reutilización de frecuencia puede estar activo en momentos específicos, por ejemplo, { $\tau_0, \tau_1, \dots, \tau_K$ } durante un ciclo de funcionamiento predeterminado (por ejemplo, una hora, un día) durante un período de tiempo específico, por ejemplo, { $\Delta\tau_0, \Delta\tau_1, \dots, \Delta\tau_K$ }. En momentos fuera de los intervalos [$\tau_\alpha, \tau_\alpha + \Delta\tau_\alpha$] ($\alpha = 0, 1, \dots, K$), se reanuda la operación que emplea todas las subportadoras. Tal operación dependiente del tiempo se ilustra en el diagrama 950 a modo de ejemplo, **Fig. 9C**. En un aspecto, el cambio a la operación de reutilización de frecuencia está determinado por procesadores que pueden estar presentes en cada una de las estaciones base (por ejemplo, BS₁, BS₂ y BS₃) que operan en la reutilización de frecuencia. Tiempos específicos { $\tau_0, \tau_1, \dots, \tau_K$ } e intervalos de tiempo { $\Delta\tau_0, \Delta\tau_1, \dots, \Delta\tau_K$ } se pueden almacenar en memorias que residen en cada una de las estaciones base que operan con reutilización de frecuencia.

[0049] La **Figura 10** ilustra la arquitectura de un sistema 1000 en el que el equipo de usuario 1020 adquiere simultáneamente múltiples células, con emisores de célula 1040₁-1040_L, durante la operación de reutilización de frecuencia. Tras la selección de un conjunto de subportadoras, una estación base (por ejemplo, la estación base 1040_K, con $1 < K < L$) correlaciona el canal de sincronización (P-SCH y S-SCH) y las secuencias de código de adquisición de células del canal de radiodifusión en el conjunto seleccionado de subportadoras, y transmite esos códigos en el centro del subconjunto de subportadoras seleccionado. El terminal 1040_K puede emplear un ancho de banda específico del terminal para las subportadoras seleccionadas. En un aspecto, dicho ancho de banda es el mínimo entre 1,25 MHz y el intervalo de frecuencia de las subportadoras seleccionadas. El equipo de usuario 1020 posee una arquitectura que le permite detectar simultáneamente un conjunto de L flujos de datos. Dichos L flujos corresponden a los símbolos OFDM enviados a los L subconjuntos de subportadoras de acuerdo con la reutilización de frecuencia de orden L que las estaciones base 1040₁-1040_L emplean para la comunicación. Por tanto, el terminal de usuario 1020 puede adquirir simultáneamente L células. La arquitectura del terminal 1020 puede comprender un procesador 1022, una memoria 1024 y componentes de detección 1026₁-1026_L. Cada uno de estos componentes de detección opera sustancialmente de la misma manera que el componente de detección 122 (ver arriba; Fig. 1). En otro aspecto, la adquisición de varias células con reutilización de frecuencia se puede emplear en sectores específicos donde una gran cantidad de terminales se pueden sincronizar casi simultáneamente (por ejemplo, durante el rodaje en un avión después del aterrizaje, al excitar un edificio con políticas de todos los terminales apagados, como juzgados, algunas áreas hospitalarias, etc.

[0050] En vista de los sistemas a modo de ejemplo mostrados y descritos anteriormente, las metodologías que pueden implementarse de acuerdo con la materia objeto divulgada se apreciarán mejor haciendo referencia a los diagramas de flujo de las **figs. 11-13**. Aunque, para propósitos de simplicidad de la explicación, las metodologías se muestran y se describen como una serie de bloques, debe comprenderse y apreciarse que la materia objeto reivindicada no está limitada por el número ni por el orden de los bloques, ya que algunos bloques pueden aparecer en órdenes diferentes y/o simultáneamente a otros bloques de lo que se representa y describe en el presente documento. Además, no todos los bloques ilustrados pueden requerirse para implementar las metodologías descritas más adelante en el presente documento. Debe apreciarse que la funcionalidad asociada con los bloques puede implementarse mediante software, hardware, una combinación de los mismos o cualquier otro medio adecuado (por ejemplo, dispositivo, sistema, proceso, componente, ...). Adicionalmente, debe apreciarse que las metodologías divulgadas más adelante en el presente documento y a lo largo de esta memoria descriptiva son susceptibles de almacenamiento en un artículo de fabricación para facilitar el transporte y la transferencia de dichas metodologías a diversos dispositivos. Los expertos en la técnica entenderán y apreciarán que una metodología podría representarse de forma alternativa como una serie de estados o eventos interrelacionados, tal como en un diagrama de estados.

[0051] La **Figura 11** muestra un diagrama de flujo de una metodología para realizar la adquisición de células. En el acto, recibe secuencias de códigos P-SCH, S-SCH y BCH que llevan información de la célula. Dicha información puede comprender el límite de símbolo OFDM, sincronización de frecuencia, límite de trama de radio, identificación de célula, tiempo de prefijo cíclico, indicación de ancho de banda de BCH, ancho de banda del sistema y otra información del sistema, como la configuración de la antena de la estación base, información de células periféricas, etc. En el acto 1120, se procesan las secuencias de código, por ejemplo, se calculan las métricas de tiempo de correlación. En un aspecto, tal cálculo puede ser realizado por un procesador que reside en el equipo de usuario, tal como el procesador 124. En el acto 1130, se extrae la información de la célula mencionada anteriormente.

[0052] La **Figura 12** muestra un diagrama de flujo de una metodología para retransmitir información de sincronización de célula. En el acto 1210, se realiza una búsqueda de célula de acuerdo con uno o más aspectos descritos en el presente documento (por ejemplo, las Figs. 7A, 7B o 7C). En el acto 1220, se almacenan las secuencias de códigos para los canales de sincronización primarios y secundarios y el canal de radiodifusión. En un aspecto, el almacenamiento se puede incorporar en una memoria que reside en el terminal que ha realizado la búsqueda de célula en el acto 1210. Tal memoria puede ser la memoria 126. La retransmisión de la información de la célula a través de la transmisión de las secuencias de código almacenadas se realiza en el acto 1230. En un aspecto, el ancho de banda empleado para la transmisión de tales secuencias de código está determinado por las capacidades del equipo de usuario que realiza la retransmisión de información, y dicho ancho de banda puede ser diferente del ancho de banda empleado por la estación base para transmitir la secuencia de código al equipo de usuario de retransmisión.

[0053] La **Figura 13A/13B** es un diagrama de flujo de una metodología para transmitir/recibir información de célula empleando la reutilización de frecuencias en un sistema celular de comunicación inalámbrica. Con referencia inicialmente a la Fig. 13A, en el acto 1310 se determina la reutilización de frecuencia de orden L. En un aspecto, en OFDMA tal reutilización de frecuencias puede resultar en una selección de L subconjuntos de subportadoras de todo el conjunto de subportadoras disponibles compatibles con el ancho de banda del sistema, y la posterior adjudicación de tales L subconjuntos a L transmisores de célula (por ejemplo, las estaciones base 1040₁ -1040_L; véase también la Fig. 9). Tal determinación es normalmente el resultado de un operador que se adhiere a un estándar de comunicación inalámbrica (por ejemplo, 801.11b, 801.11g, 3G LTE). En el acto 1320, la información de la célula se transmite utilizando los L subconjuntos de subportadoras determinados. Con referencia a continuación a la Fig. 13B, en el acto 1355 se recibe información de célula de L subconjuntos de subportadoras. En un aspecto, la información es detectada por un equipo de usuario con arquitectura adecuada (por ejemplo, el equipo de usuario 1020) para detectar P-SCH, S-SCH y demodular BCH simultáneamente para todas las L transmisiones de secuencia de código. En el acto 1365, la información de célula se extrae de cada uno de los L subconjuntos de subportadoras.

[0054] Con referencia ahora a la **Fig. 14**, se ilustra un sistema 1400 que permite recibir secuencias de códigos de símbolos de canal de sincronización primario y secundario. El sistema 1400 puede residir, al menos parcialmente, en un dispositivo inalámbrico (por ejemplo, el equipo de usuario 120) e incluir bloques funcionales, que pueden ser bloques funcionales que representan funciones implementadas por un procesador o una máquina electrónica, software o una combinación de los mismos (por ejemplo, firmware). En particular, el sistema 1400 incluye una agrupación lógica 1410 de componentes eléctricos que pueden actuar de forma conjunta. En un aspecto, la agrupación lógica 1410 incluye un componente electrónico 1415 para recibir una secuencia de código de símbolos de canal de sincronización primario (ver, por ejemplo, la Figura 4) que transmite al menos uno de una duración de prefijo cíclico, una parte de un código de identificación de célula, una indicación del ancho de banda del canal de radiodifusión, y facilita la detección de límites de símbolos de multiplexación por división ortogonal de frecuencia, detección de límites de ranuras y detección de límites de subtramas. Además, la agrupación lógica 1410 incluye un componente electrónico 1425 para recibir una o más secuencias de códigos de símbolos de canales de sincronización secundarios (ver, por ejemplo, la Fig. 4) que transmiten al menos uno de un límite de trama de radio, una parte o todo un código de identificación de célula y una indicación del ancho de banda de un canal de radiodifusión. Además, la agrupación lógica 1410 comprende un componente electrónico 1435 para recibir una secuencia de código de símbolos de canal de radiodifusión (ver, por ejemplo, la Fig. 4) que transmite al menos uno de un tiempo de prefijo cíclico y el ancho de banda del sistema inalámbrico. Se observa que el componente electrónico 1435 incluye, además, el componente electrónico 1438 para recibir una secuencia de código de símbolos de canal de sincronización transmitidos sobre 1,25 MHz (ver, por ejemplo, la Fig. 5A), y el componente electrónico 1441 para recibir una secuencia de código de símbolos de canal de radiodifusión transmitidos sobre 1,25 MHz o 5 MHz (ver, por ejemplo, la Fig. 5B).

[0055] Además, el sistema 1400 puede incluir una memoria 1450 que retiene instrucciones para ejecutar funciones asociadas con los componentes eléctricos 1415, 1425, 1335 y 1438 y 1441, así como datos que pueden generarse durante la ejecución de dichas funciones. Si bien se muestran como externos a la memoria 1450, ha de entenderse que uno o más de los componentes eléctricos 1415, 1425, 1335 y 1438 y 1441 pueden existir dentro de la memoria 1450.

[0056] Lo que se ha descrito anteriormente incluye ejemplos de uno o más aspectos. Por supuesto, no es posible describir cada combinación concebible de componentes o metodologías con el propósito de describir los aspectos

5 mencionados anteriormente, pero un experto en la técnica puede reconocer que son posibles muchas otras combinaciones y permutaciones de diversos aspectos. En consecuencia, los aspectos descritos pretenden abarcar todas dichas alteraciones, modificaciones y variantes que están dentro del espíritu y el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, en la medida en que el término "incluye" se usa en la descripción detallada o bien en las reivindicaciones, dicho término pretende ser inclusivo de forma similar al término "comprende", del modo que se interpreta "comprende" cuando se emplea como una palabra de transición en una reivindicación.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato que funciona en un entorno de comunicación inalámbrica, comprendiendo el aparato:
 - 5 medios para recibir una secuencia de código en un canal de sincronización primario, facilitando la secuencia de código la detección de límites de símbolos de multiplexación por división ortogonal de frecuencia, la detección de límites de ranuras y la detección de límites de subtramas y transmitir una parte de un código de identificación de célula; y
 - 10 medios para recibir una o más secuencias de códigos en un canal de sincronización secundario, transportando la una o más secuencias de códigos la parte restante del código de identificación de la célula.
2. El aparato según la reivindicación 1, que comprende, además, medios para recibir una secuencia de código en un canal de radiodifusión, transportando la secuencia de código el ancho de banda del sistema inalámbrico.
3. El aparato según la reivindicación 1, que comprende, además, medios para retransmitir las secuencias de códigos a un terminal en el sistema de comunicación inalámbrica que no ha podido adquirir información de célula de una estación base celular.
4. El aparato según la reivindicación 3, que comprende, además, medios para planificar un tiempo para activar la retransmisión de las secuencias de códigos.
5. Un aparato que funciona en un entorno de comunicación inalámbrica, comprendiendo el aparato:
 - 25 medios para transmitir una secuencia de código en un canal de sincronización primario, facilitando la secuencia de código la detección de límites de símbolos de multiplexación por división ortogonal de frecuencia, la detección de límites de ranuras y la detección de límites de subtramas y transportar una parte de un código de identificación de célula; y
 - 30 medios para transmitir una o más secuencias de códigos en un canal de sincronización secundario, transportando la una o más secuencias de códigos la parte restante del código de identificación de la célula.
6. El aparato según la reivindicación 5, que comprende, además, medios para transmitir una secuencia de código en un canal de radiodifusión, transportando la secuencia de código el ancho de banda del sistema inalámbrico.
7. El aparato según la reivindicación 5, en el que los medios de transmisión están configurados para transmitir las secuencias de códigos sobre 1,25 MHz.
8. El aparato según la reivindicación 6, estando configurado el procesador, además, para transmitir la secuencia de código en el canal de radiodifusión sobre 1,25 MHz cuando el ancho de banda del sistema es menor de 5 MHz, y sobre 5 MHz cuando el ancho de banda del sistema es mayor o igual a 5 MHz.
9. El aparato según la reivindicación 5 o 6, que comprende, además, medios para transmitir una solicitud para retransmitir la secuencia de código transmitida en el canal de sincronización primario, la una o más secuencias de códigos transmitidas en el canal de sincronización secundario o la secuencia de código transmitida en el canal de radiodifusión.
10. Un procedimiento usado en el sistema de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo el procedimiento:
 - 55 recibir una secuencia de código en el canal de sincronización primario, P-SCH, facilitando la secuencia de código la detección de límites de símbolos de multiplexación por división ortogonal de frecuencia, la detección de límites de ranuras y la detección de límites de subtramas y, transmitir una parte de un código de identificación de célula; y
 - 60 recibir una o más secuencias de códigos en un canal de sincronización secundario, S-SCH, transportando la una o más secuencias de códigos la parte restante del código de identificación de célula.
11. El procedimiento según la reivindicación 10, que comprende, además:
 - 65 recibir una secuencia de código en un canal de radiodifusión, BCH, transportando la secuencia de código el ancho de banda del sistema inalámbrico; y

procesar las secuencias de códigos P-SCH, S-SCH y BCH y extraer la información de célula transportada por las secuencias de códigos.

- 5 **12.** El procedimiento según la reivindicación 11, que comprende, además, recibir las secuencias de códigos en el P-SCH, el S-SCH y el BCH sobre 1,25 MHz.
- 10 **13.** El procedimiento según la reivindicación 11, que comprende, además:
 almacenar la información de la célula extraída del P-SCH, el S-SCH y el BCH; y
 retransmitir la información de la célula.
- 15 **14.** El procedimiento según la reivindicación 11, que comprende, además, planificar un tiempo para retransmitir la información de la célula.
- 20 **15.** Un procedimiento usado en el sistema de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo el procedimiento:
 transmitir una secuencia de código en un canal de sincronización primario, facilitando la secuencia de código la detección de límites de símbolos de multiplexación por división ortogonal de frecuencia, la detección de límites de ranuras y la detección de límites de subtramas y, transmitir una parte de un código de identificación de célula;
 transmitir una o más secuencias de códigos en un canal de sincronización secundario, transportando la una o más secuencias de códigos la parte restante del código de identificación de la célula.
- 25 **16.** El procedimiento según la reivindicación 15, que comprende, además, transmitir una secuencia de código en un canal de radiodifusión, transportando la secuencia de código el ancho de banda del sistema inalámbrico.
- 30 **17.** El procedimiento según la reivindicación 16, que comprende, además, transmitir las secuencias de códigos en el canal de sincronización primario, el canal de sincronización secundario y el canal de radiodifusión empleando la reutilización de frecuencia.
- 35 **18.** El aparato según la reivindicación 1 o 5, o el procedimiento según la reivindicación 10 o 15, en el que la secuencia de código en el canal de sincronización primario comprende una secuencia Zadoff-Chu.
- 19.** Un medio legible por máquina que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan por una máquina, causan que la máquina realice un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17.

100

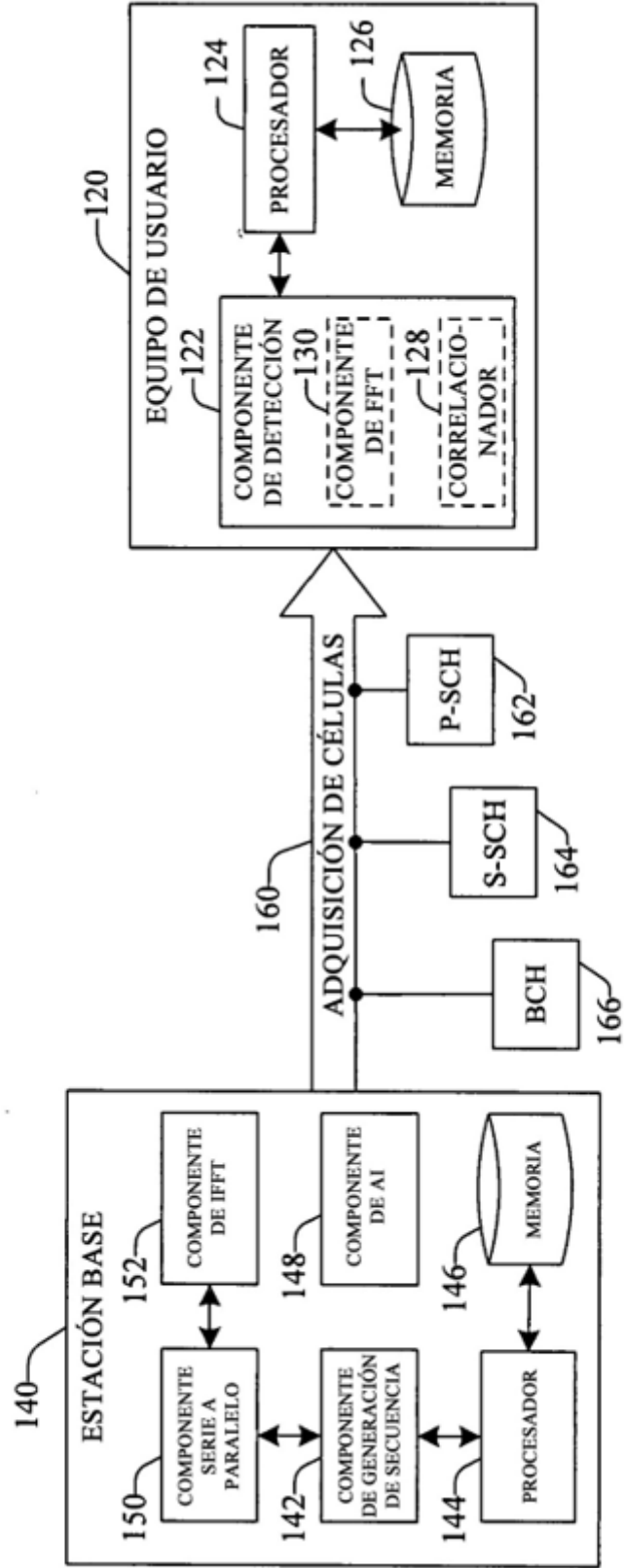


FIG. 1

200

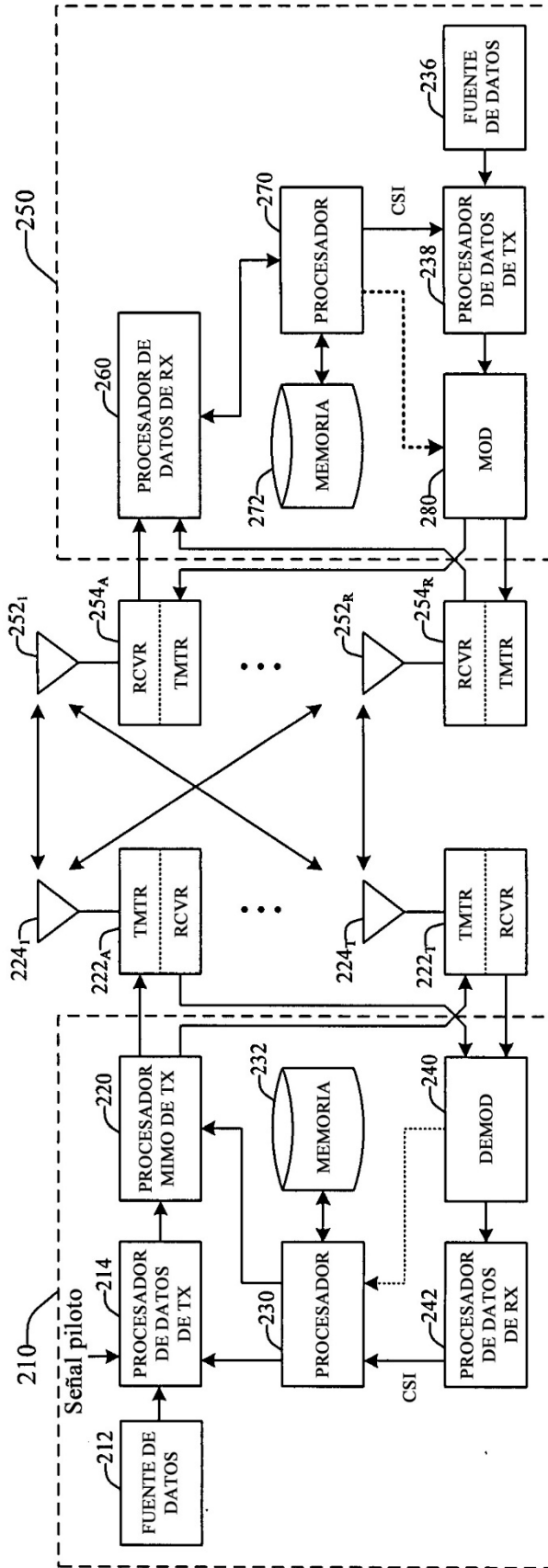


FIG. 2

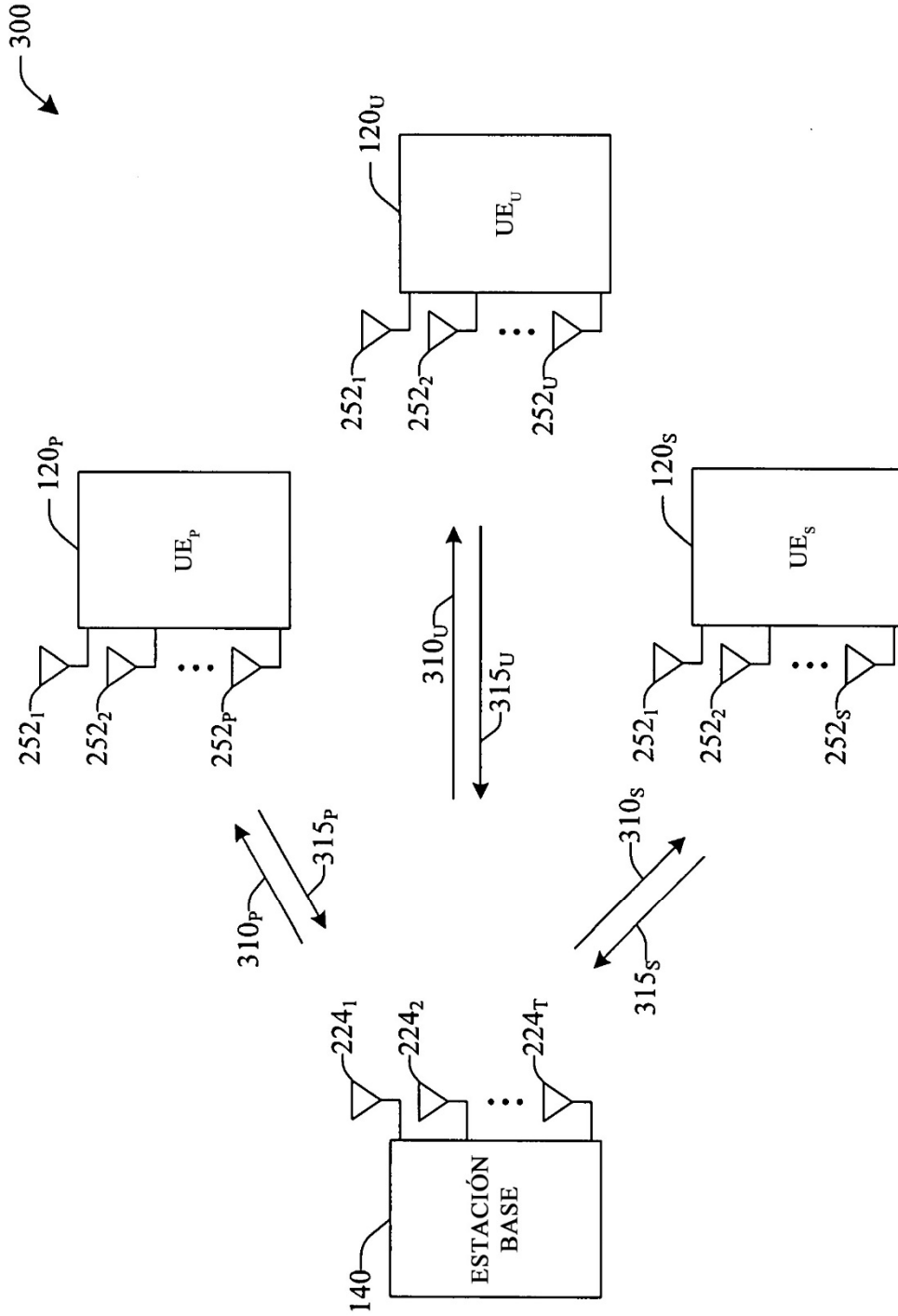


FIG. 3

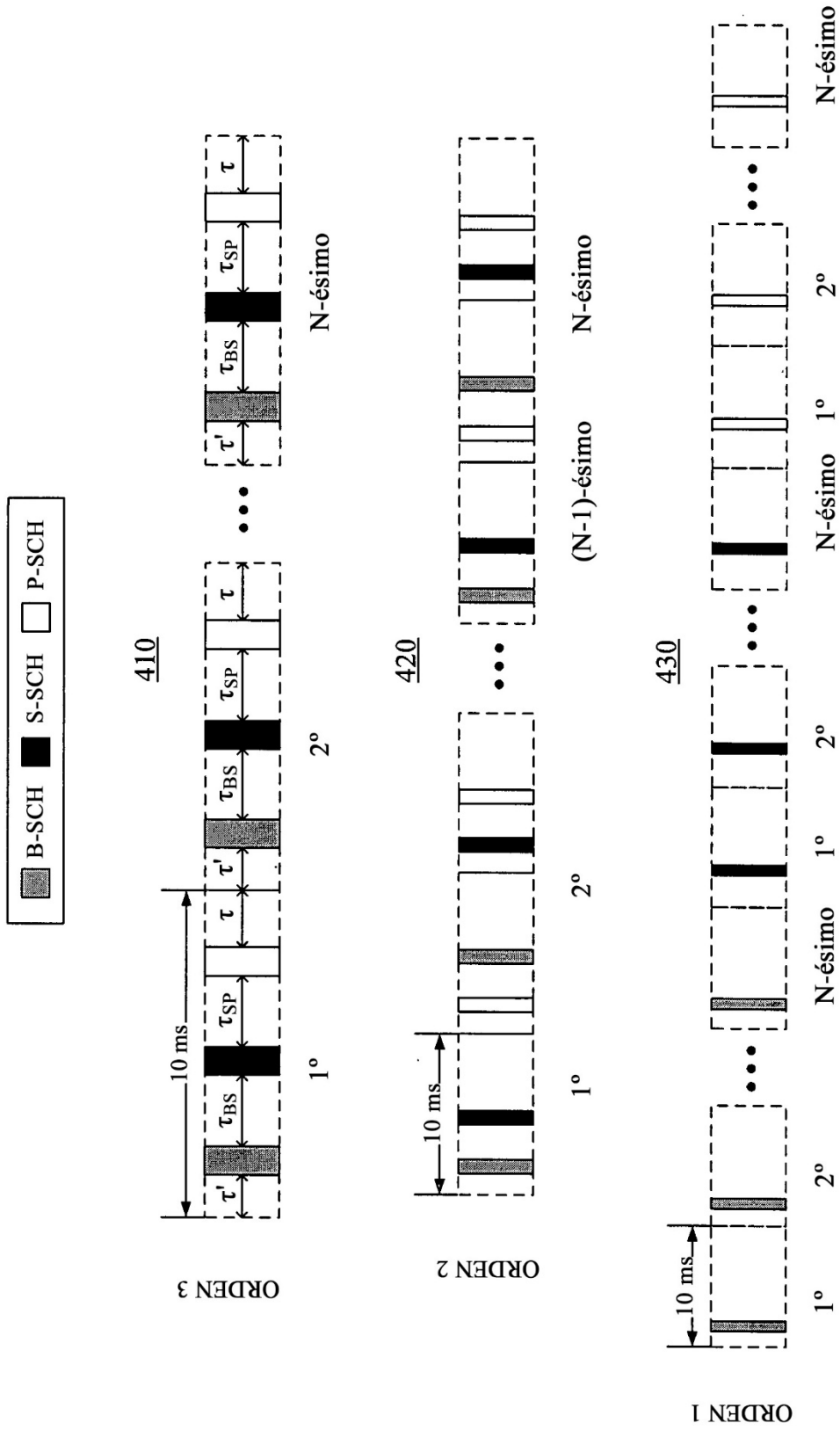


FIG. 4

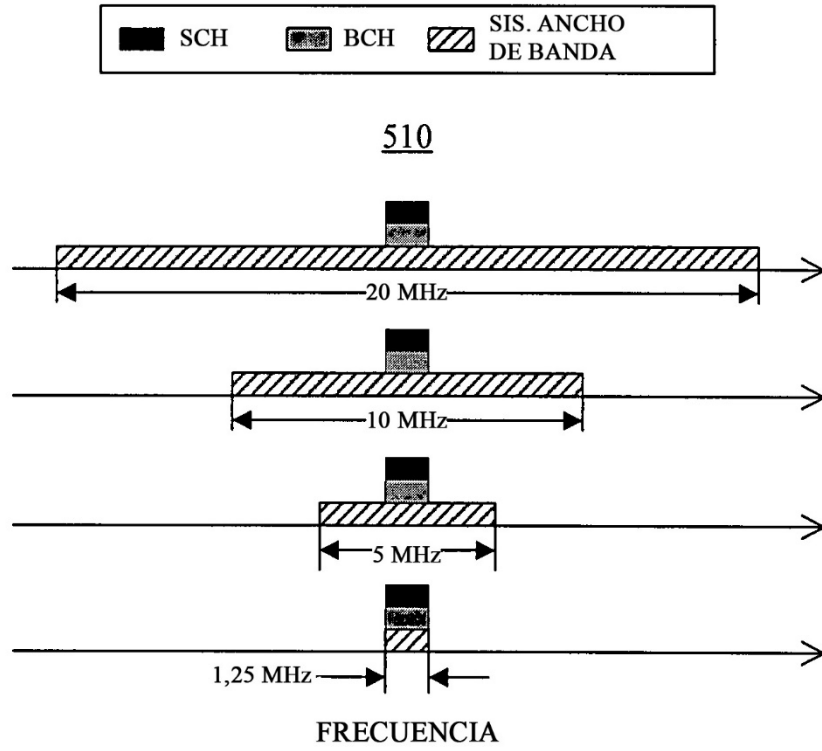


FIG. 5A

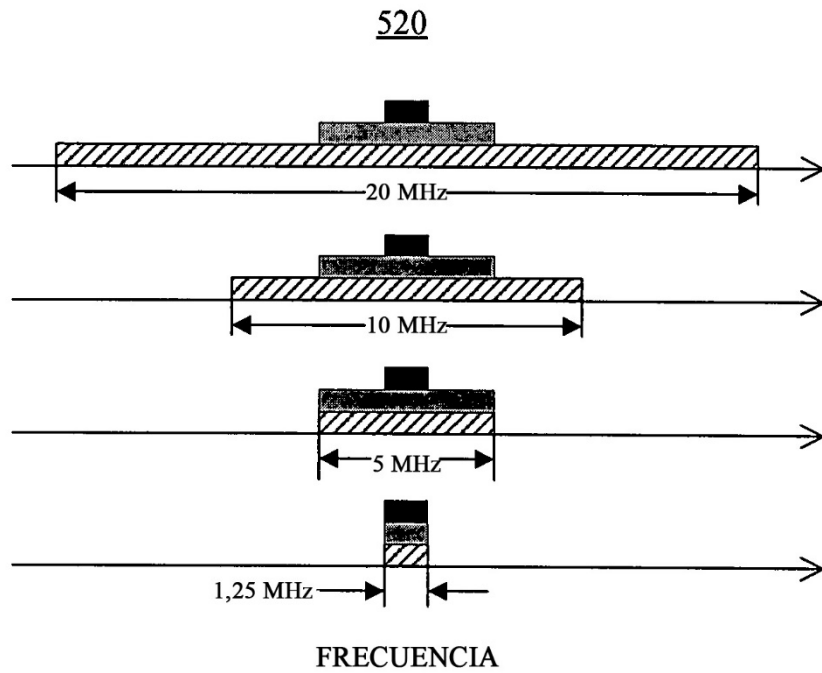


FIG. 5B

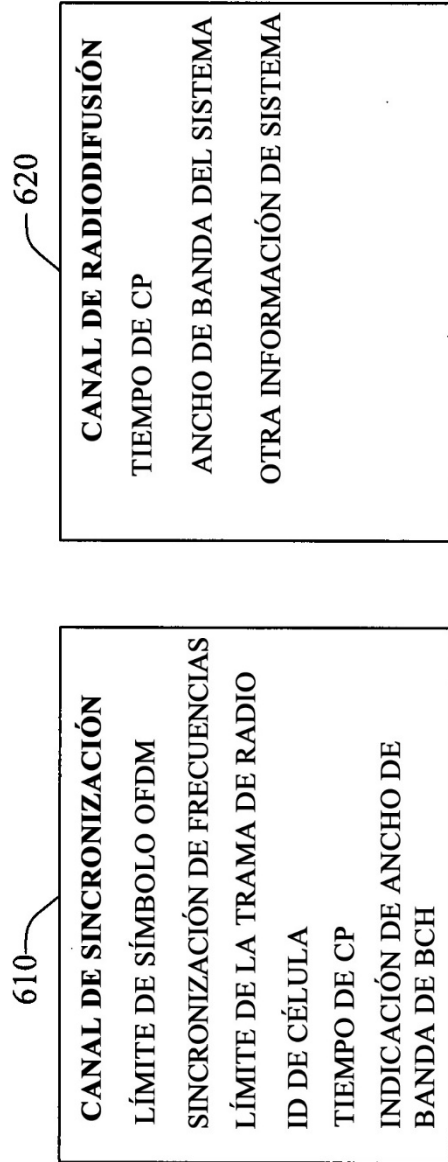


FIG. 6

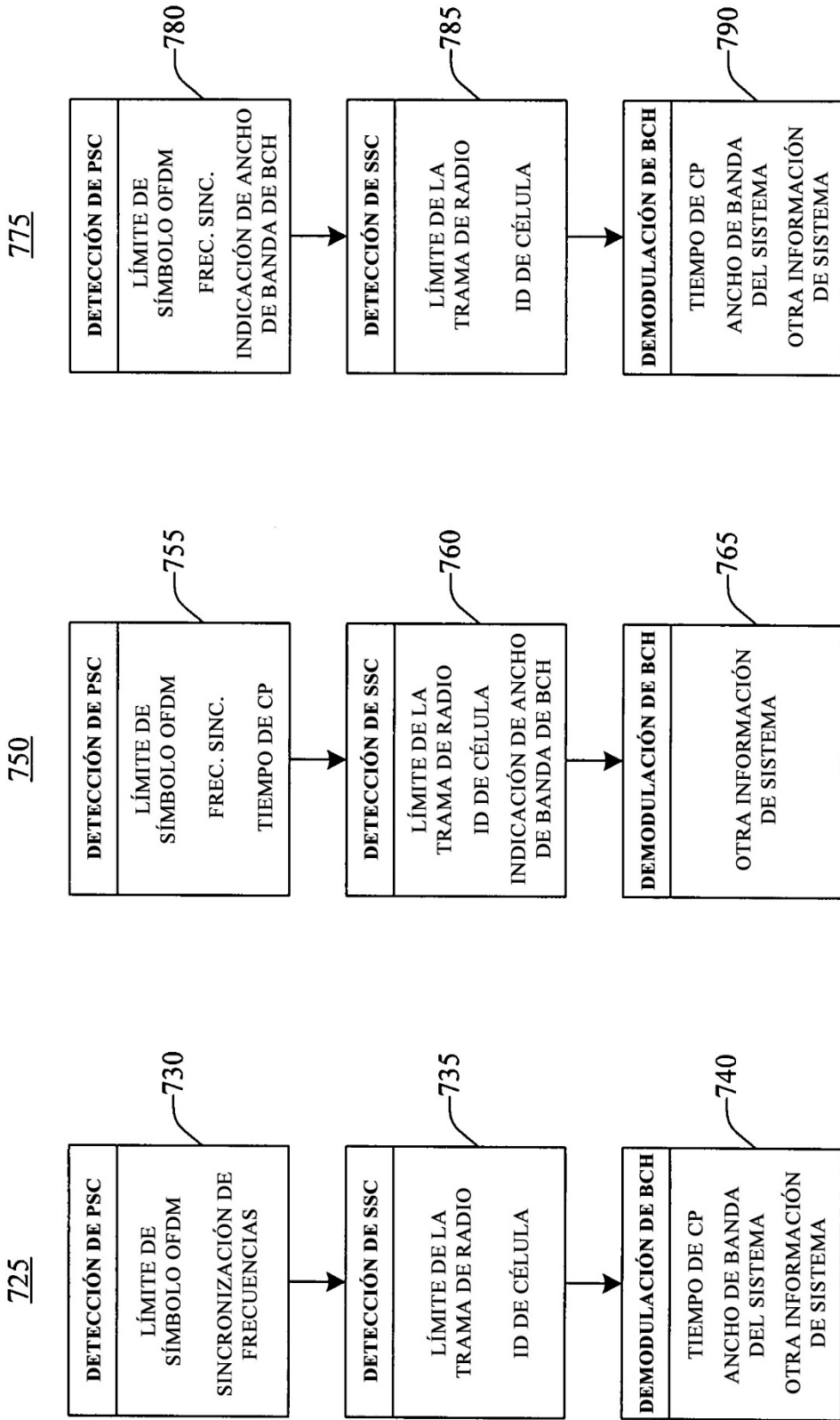


FIG. 7A

FIG. 7B

FIG. 7C

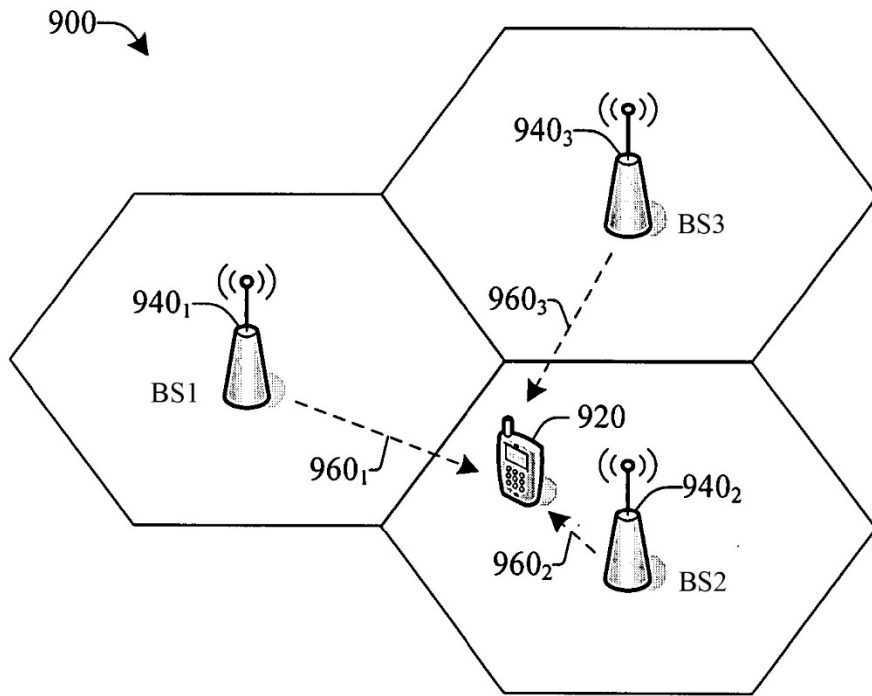


FIG. 9A

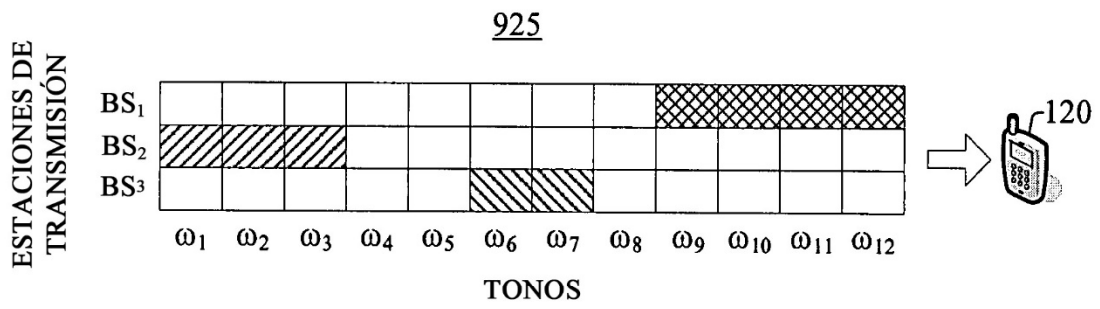


FIG. 9B

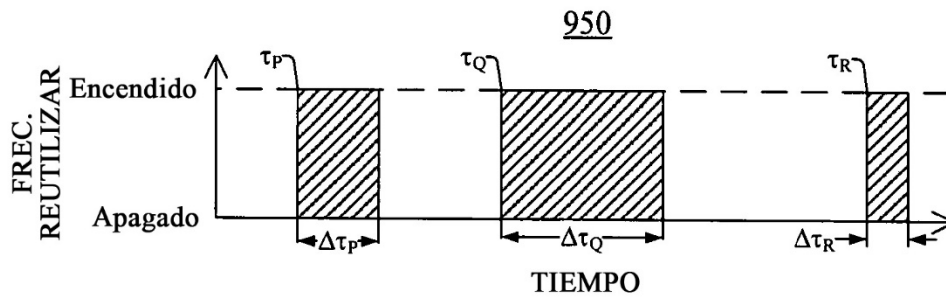


FIG. 9C

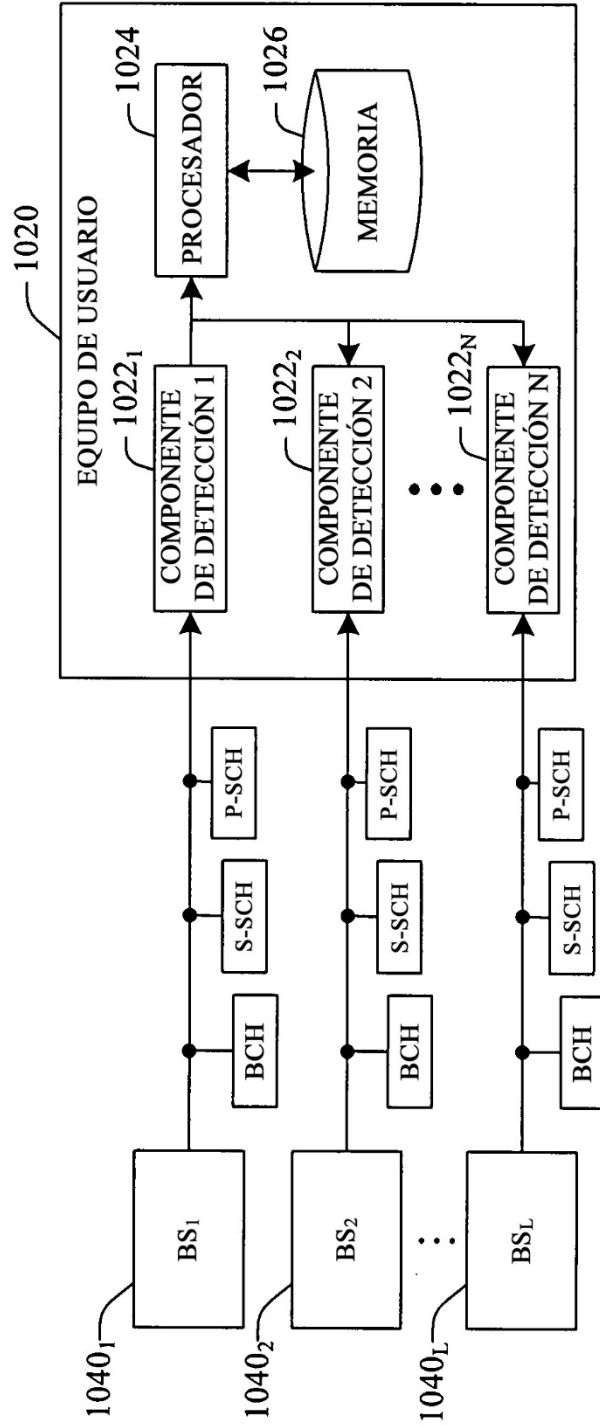


FIG. 10

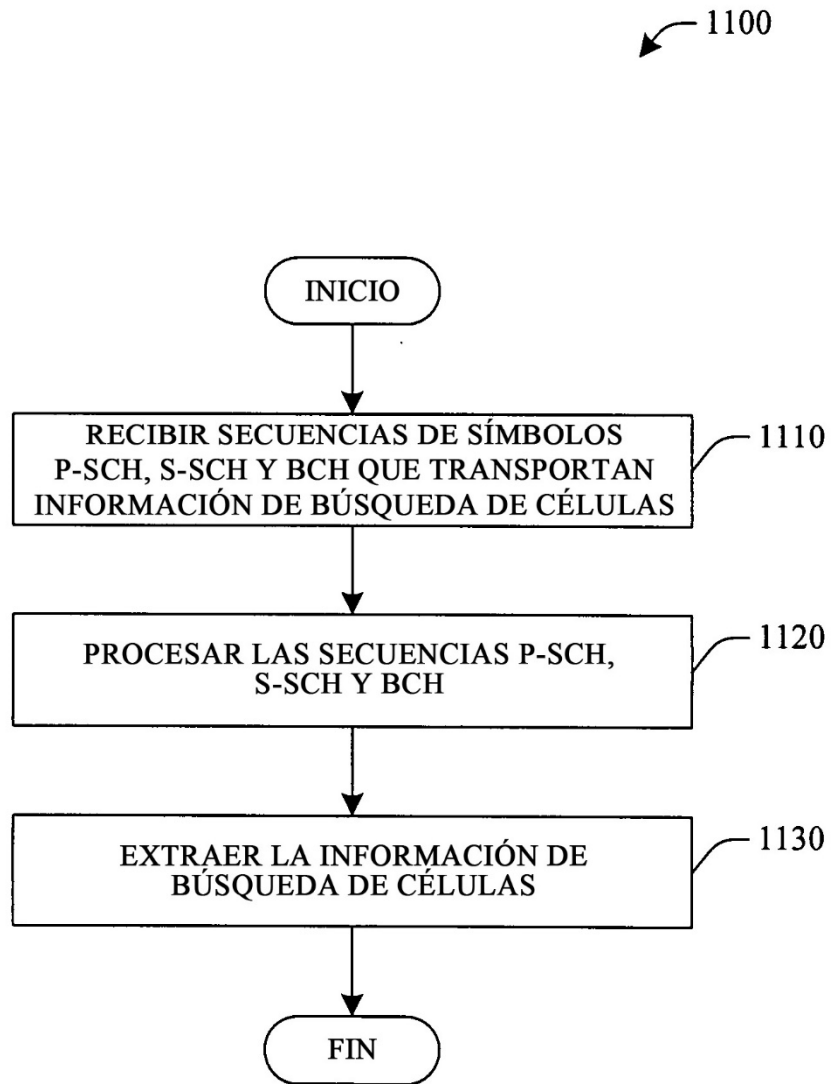


FIG. 11

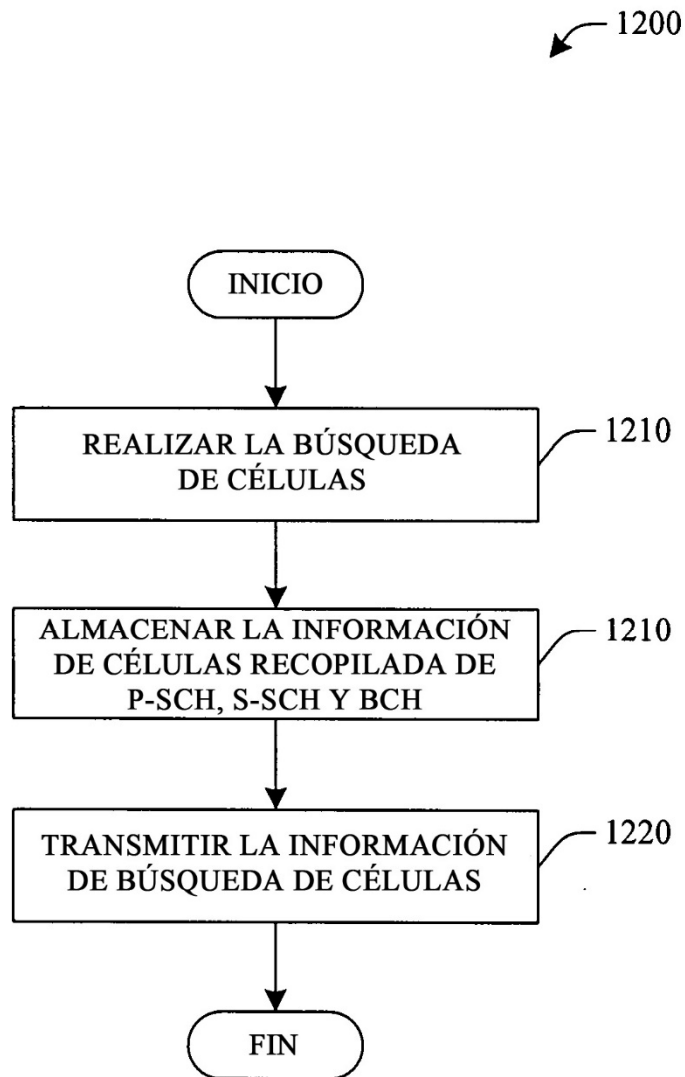


FIG. 12

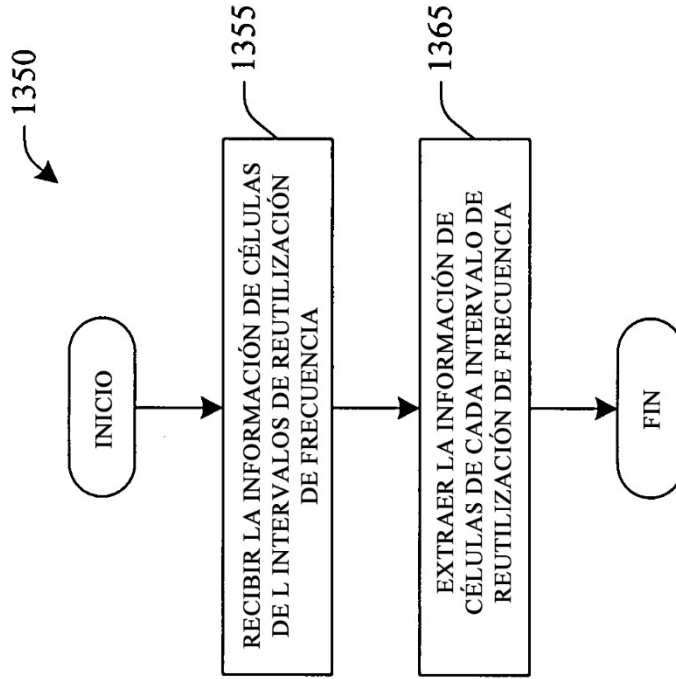


FIG. 13B

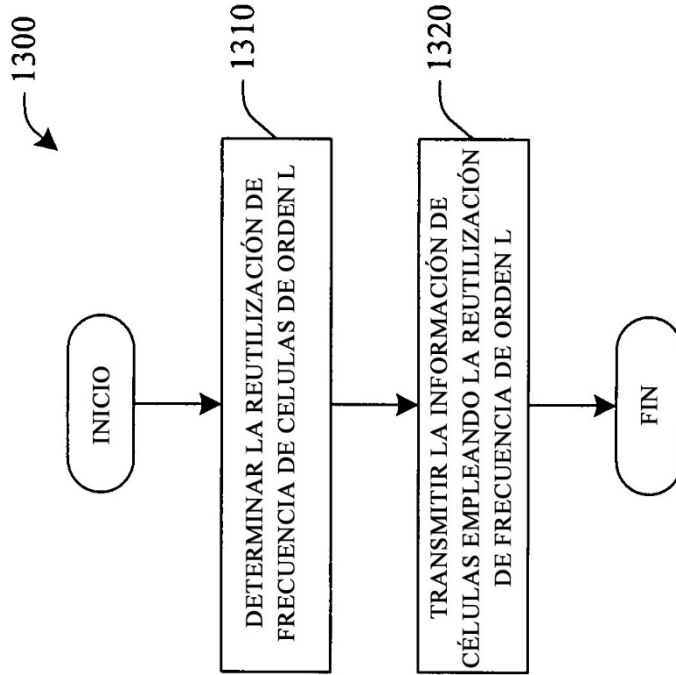


FIG. 13A

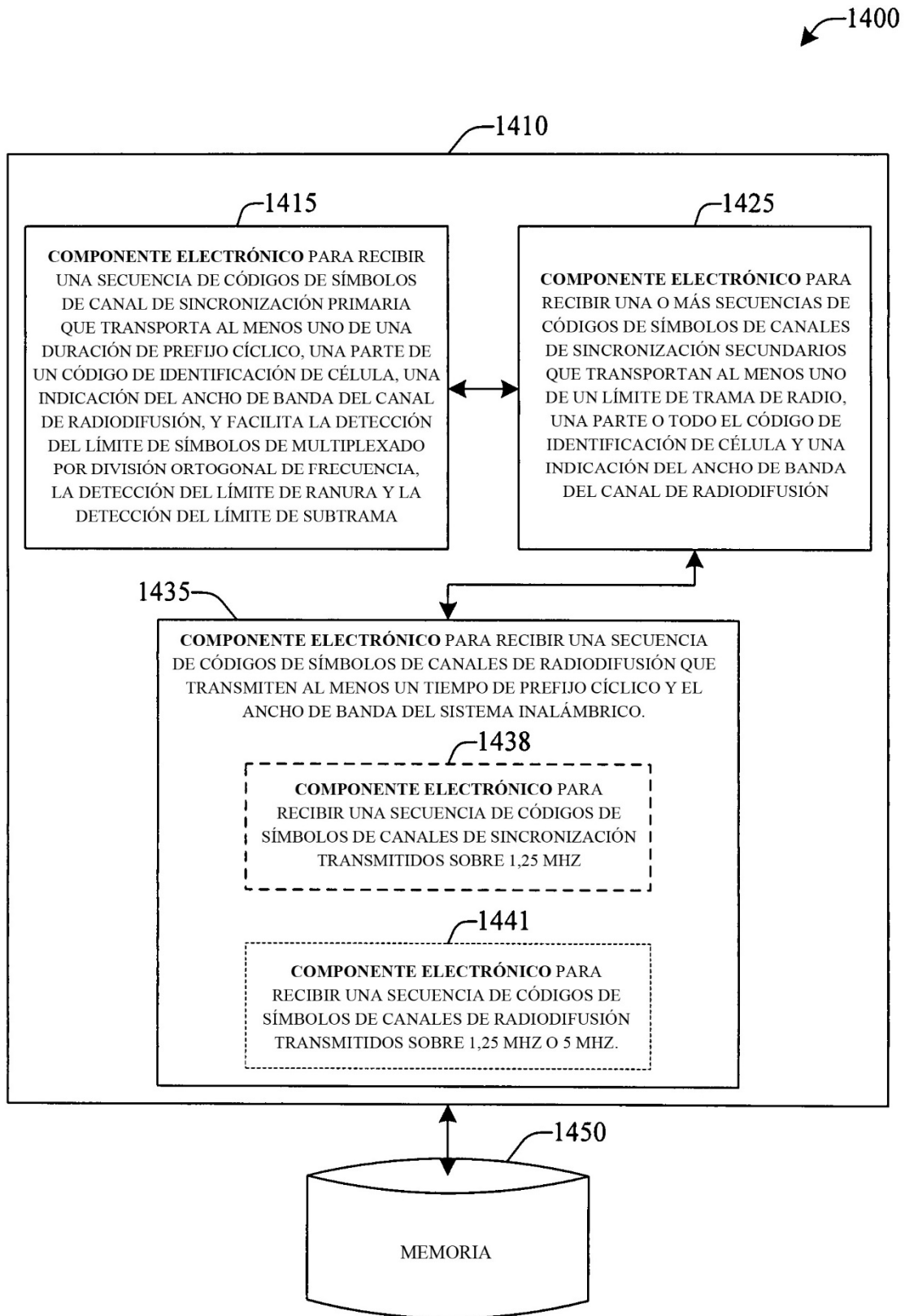


FIG. 14