

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 795 649**

51 Int. Cl.:

H04L 25/02 (2006.01)

H04B 7/26 (2006.01)

H04W 72/12 (2009.01)

H04W 72/08 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2005 E 10173508 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 2288096**

54 Título: **Transmisión bajo demanda de señales piloto de enlace inverso**

30 Prioridad:

13.05.2005 US 129636

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

24.11.2020

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**SUTIVONG, ARAK;
AGRAWAL, AVNEESH;
GOROKHOV, ALEXEI y
TEAGUE, EDWARD H.**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 795 649 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

Transmisión bajo demanda de señales piloto de enlace inverso

5 **ANTECEDENTES****I. Campo**

10 **[0001]** La presente divulgación se refiere, en general, a las comunicaciones y, más específicamente, a la transmisión de señales piloto en un sistema de comunicación.

II. Antecedentes

15 **[0002]** En un sistema de comunicación, una estación base procesa datos de tráfico para generar una o más señales moduladas y, a continuación, transmite la(s) señal(es) modulada(s) en un enlace directo (FL) a uno o más terminales. El enlace directo (o enlace descendente) se refiere al enlace de comunicación desde la estación base hasta los terminales, y el enlace inverso (o enlace ascendente) se refiere al enlace de comunicación desde los terminales hasta la estación base. La estación base puede dar servicio a muchos terminales y puede seleccionar un subconjunto de estos terminales para la transmisión de datos en el enlace directo en cualquier momento dado.

20 **[0003]** La estación base puede mejorar típicamente el rendimiento de la transmisión de datos FL empleando técnicas avanzadas de planificación y/o transmisión. Por ejemplo, la estación base puede planificar terminales de manera que se tenga en cuenta el desvanecimiento selectivo de frecuencia (o una respuesta de frecuencia no plana) observado por los terminales. Como otro ejemplo, la estación base puede realizar una conformación de haz para dirigir la transmisión de datos FL hacia los terminales planificados. Para emplear las técnicas avanzadas de planificación y/o transmisión, la estación base normalmente necesita tener estimaciones razonablemente precisas de las respuestas de canal de enlace directo entre la estación base y los terminales.

25 **[0004]** En un sistema de multiplexación por división de frecuencia (FDD), a los enlaces directo e inverso se les asignan bandas de frecuencia individuales. En consecuencia, la respuesta de canal de enlace directo puede no correlacionarse bien con la respuesta de canal de enlace inverso. En este caso, los terminales necesitarían estimar sus respuestas de canal de enlace directo y devolver las estimaciones de canal de enlace directo a la estación base. La cantidad de señalización necesaria para devolver las estimaciones de canal de enlace directo es típicamente prohibitiva y, por lo tanto, limita o impide el uso de técnicas avanzadas para el sistema FDD.

30 **[0005]** En un sistema de multiplexación por división de tiempo (TDD), los enlaces directo e inverso comparten la misma banda de frecuencia. Al enlace directo se le asigna una parte del tiempo y al enlace inverso se le asigna la parte restante del tiempo. En el sistema TDD, la respuesta de canal de enlace directo puede estar altamente correlacionada con, e incluso puede suponerse que es recíproca a, la respuesta de canal de enlace inverso. En cuanto a un canal recíproco, la estación base puede estimar la respuesta de canal de enlace inverso para un terminal basándose en una señal piloto transmitida por ese terminal y, a continuación, puede estimar la respuesta de canal de enlace directo para el terminal basándose en la estimación de canal de enlace inverso. Esto puede simplificar la estimación del canal para el enlace directo.

35 **[0006]** Como se señaló anteriormente, la estación base puede dar servicio a muchos terminales. Requerir la transmisión de señales piloto desde todos los terminales todo el tiempo puede dar lugar a una utilización extremadamente ineficiente de los recursos del sistema. Esta ineficiencia puede manifestarse como una mayor interferencia en otras estaciones base y una mayor sobrecarga para las señales piloto en el enlace inverso.

40 **[0007]** Por lo tanto, existe una necesidad en la técnica de disponer de tecnologías para transmitir señales piloto en un sistema de comunicación.

45 **[0008]** El documento US 2003/108117 A1 divulga técnicas para procesar una transmisión de datos en el transmisor y el receptor. En un aspecto, se proporciona una implementación en el dominio de tiempo que usa descomposición en valores singulares en el dominio de frecuencia y los resultados de "vertido de agua" para obtener, en el transmisor y el receptor, soluciones de orientación de haz y de conformación de pulsos en el dominio de tiempo. La descomposición en valores singulares se realiza en el transmisor para determinar modos propios (es decir, subcanales espaciales) del canal MIMO y obtener un primer conjunto de vectores de orientación usados para "preacondicionar" símbolos de modulación. La descomposición en valores singulares también se realiza en el receptor para obtener un segundo conjunto de vectores de orientación usados para preacondicionar las señales recibidas de modo que se recuperen flujos de símbolos ortogonales en el receptor, lo que puede simplificar el procesamiento en el receptor. El análisis de vertido de agua se usa para asignar de manera más óptima la potencia de transmisión total disponible a los modos propios, que a continuación determina la velocidad de transferencia de datos y el esquema de codificación y modulación que se va a usar para cada modo propio.

65

[0009] El US 2001/055297 A1 divulga un procedimiento y un sistema para asignar canales de enlace descendente y de enlace ascendente a una estación móvil registrada con una estación base, que usa un esquema de detección de interferencia y que proporciona fiabilidad y rendimiento mejorados con respecto a los esquemas convencionales. Los tonos piloto transmitidos por las estaciones móviles activas registradas en la estación base se desactivan, cada uno correspondiendo a un canal de enlace descendente asignado. Los tonos piloto que transmite la estación base se desactivan, cada uno correspondiendo a un canal de enlace ascendente asignado a una de las estaciones móviles activas. La estación móvil se radiolocaliza desde la estación base con un paquete de tráfico pendiente y solicita acceso para un paquete de tráfico. La detección de interferencias se realiza en la estación base para identificar canales de enlace descendente sin interferencias y en las estaciones móviles activas para identificar canales de enlace ascendente sin interferencias. Una lista de canales de enlace ascendente identificados como aceptablemente libres de interferencias se transmite desde cada una de las estaciones móviles activas. Un canal de tráfico de enlace descendente se asigna en la estación base a la estación móvil para recibir los paquetes pendientes. Un canal de enlace ascendente se asigna a la estación móvil en la estación base. Las asignaciones de canal se transmiten desde la estación base a la estación móvil. Los canales de enlace descendente y los canales de enlace ascendente pueden asignarse a una pluralidad de estaciones móviles registradas en la estación base. Puede haber una pluralidad de estaciones base y el procedimiento se puede realizar sucesivamente para cada una de la pluralidad de estaciones base.

[0010] El documento US 2005/030953 A1 divulga un procedimiento para controlar la transmisión de enlace inverso mediante al menos una estación móvil, que incluye planificar primero una transmisión mediante al menos una estación móvil enviando un mensaje de concesión de planificación de acuerdo con un primer protocolo de planificación. El mensaje de concesión de planificación proporciona a la estación móvil la aprobación para transmitir, y establece además un límite de velocidad para transmisiones planificadas de acuerdo con un segundo protocolo de planificación.

BREVE EXPLICACIÓN

[0011] La invención se define por las reivindicaciones independientes adjuntas. En el presente documento se describen técnicas para transmitir señales piloto bajo demanda en el enlace inverso y para usar estimaciones de canal obtenidas a partir de las señales piloto bajo demanda para planificar terminales y procesar datos para su transmisión en el enlace directo. Según un modo de realización de las técnicas, una estación base selecciona al menos un terminal para la transmisión de señales piloto bajo demanda en el enlace inverso. Cada terminal seleccionado es un candidato para recibir transmisión de datos en el enlace directo. La estación base asigna a cada terminal seleccionado una asignación de tiempo-frecuencia, que puede ser para una señal piloto de banda ancha, una señal piloto de banda estrecha o algún otro tipo de señal piloto a transmitir en el enlace inverso además de cualquier señal piloto que el terminal deba transmitir. La estación base recibe y procesa la transmisión de señales piloto desde cada terminal seleccionado y obtiene una estimación de canal para el terminal basándose en la transmisión de señales piloto recibida. La estación base puede planificar terminales para la transmisión de datos en el enlace directo basándose en las estimaciones de canal para todos los terminales. La estación base también puede procesar datos para su transmisión a cada terminal planificado basándose en su estimación de canal. Por ejemplo, la estación base puede usar la estimación del canal para realizar la conformación de haz o la orientación propia, como se describe más adelante.

[0012] A continuación se describen en más detalle diversos aspectos y modos de realización de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0013]

La FIG. 1 muestra un sistema de comunicación TDD.

La FIG. 2 muestra un proceso para transmitir datos en el enlace directo con transmisión de señales piloto bajo demanda en el enlace inverso.

La FIG. 3 muestra una estructura de trama ejemplar para el sistema TDD.

La FIG. 4 muestra una transmisión de señales piloto bajo demanda en canales segmentados.

La FIG. 5 muestra una transmisión de señales piloto de banda ancha bajo demanda.

La FIG. 6 muestra una transmisión de señales piloto de banda estrecha bajo demanda.

La FIG. 7 muestra una transmisión de señales piloto bajo demanda para H-ARQ con dos entrelazados.

La FIG. 8 muestra una transmisión de señales piloto bajo demanda para H-ARQ con tres entrelazados.

La FIG. 9 muestra una transmisión de señales piloto bajo demanda especulativas.

La FIG. 10 muestra un diagrama de bloques de una estación base y dos terminales.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0014] El término "ejemplar" se usa en el presente documento en el sentido de "que sirve de ejemplo, caso o ilustración". No ha de considerarse necesariamente que cualquier modo de realización o diseño descritos en el presente documento como "a modo de ejemplo" sea preferente o ventajoso con respecto a otros modos de realización o diseños.

[0015] Las técnicas de transmisión de señales piloto bajo demanda descritas en el presente documento se pueden usar para diversos sistemas de comunicación, tales como un sistema de multiplexación por división de frecuencia (FDM) que transmite datos en diferentes subbandas de frecuencia, un sistema de multiplexación por división de código (CDM) que transmite datos usando diferentes códigos ortogonales, un sistema de multiplexación por división de tiempo (TDM) que transmite datos en diferentes ranuras de tiempo, etc. Un sistema de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) es un sistema FDM que divide eficazmente el ancho de banda del sistema global en múltiples (K) subbandas de frecuencia ortogonales. Estas subbandas también se denominan tonos, subportadoras, celdas, canales de frecuencia, etc. Cada subbanda se asocia a una subportadora respectiva que puede modularse con datos. Un sistema de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA) es un sistema de acceso múltiple que utiliza OFDM.

[0016] Las técnicas de transmisión de señales piloto bajo demanda también se pueden usar en un sistema de única entrada y única salida (SISO), un sistema de múltiples entradas y única salida (MISO), un sistema de única entrada y múltiples salidas (SIMO) y un sistema de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO). La única entrada y las múltiples entradas corresponden a una antena y múltiples antenas, respectivamente, en un transmisor. La única salida y las múltiples salidas corresponden a una antena y múltiples antenas, respectivamente, en un receptor.

[0017] Para mayor claridad, gran parte de la siguiente descripción es para un sistema TDD con enlaces directos e inversos recíprocos. La descripción también supone que cada estación base está equipada con múltiples antenas, que son las múltiples entradas para una transmisión de enlace directo (FL) y las múltiples salidas para una transmisión de enlace inverso (RL). Las múltiples antenas se pueden usar para técnicas de transmisión avanzadas, tales como la conformación de haz y la orientación propia, que se describen más adelante. Por simplicidad, la parte de la descripción que se refiere a OFDM supone que todas las K subbandas totales pueden usarse para transmisión de datos y señales piloto (es decir, no hay subbandas de guarda).

[0018] La FIG. 1 muestra un sistema de comunicación TDD 100 con estaciones base 110 que se comunican con terminales inalámbricos 120. Una estación base es una estación fija usada para la comunicación con los terminales y también puede denominarse punto de acceso, nodo B, o mediante alguna otra terminología. Los terminales 120 están típicamente esparcidos por todo el sistema, y cada terminal puede ser fijo o móvil. Un terminal también puede denominarse estación móvil, equipo de usuario (UE), dispositivo inalámbrico o mediante alguna otra terminología. Los términos "terminal" y "usuario" pueden intercambiarse en el presente documento. Cada terminal puede comunicarse con una o, posiblemente, múltiples estaciones base en los enlaces directo e inverso en cualquier momento dado. En la FIG. 1, una línea continua con flechas en ambos extremos indica la transmisión de datos en el enlace directo y/o inverso en el momento actual, y una línea discontinua con flechas en ambos extremos indica una posible transmisión de datos en el futuro. En una arquitectura centralizada, un controlador de sistema 130 proporciona coordinación y control para las estaciones base 110.

[0019] La FIG. 2 muestra un proceso 200 realizado por una estación base para la transmisión de datos en el enlace directo con una transmisión de señales piloto bajo demanda en el enlace inverso. Inicialmente, la estación base selecciona un conjunto de uno o más terminales para la transmisión de señales piloto bajo demanda en el enlace inverso (bloque 210). La estación base puede dar servicio a muchos terminales en el enlace directo, pero puede transmitir datos a solo un subconjunto de estos terminales en cualquier momento dado. Los terminales seleccionados para la transmisión de señales piloto bajo demanda en el enlace inverso pueden ser terminales que actualmente reciben transmisión de datos FL desde la estación base, terminales que están planificados para la transmisión de datos FL en un próximo intervalo de tiempo, terminales que pueden recibir transmisión de datos FL en el futuro, o una combinación de los mismos. Las señales piloto bajo demanda son adicionales a cualquier señal piloto que los terminales deben transmitir.

[0020] La estación base asigna a cada terminal seleccionado una asignación de tiempo-frecuencia para la transmisión de señales piloto bajo demanda en el enlace inverso (bloque 212). La asignación de tiempo-frecuencia para cada terminal seleccionado indica un intervalo de tiempo específico y/o subbandas de frecuencia específicas sobre las cuales transmitir una señal piloto bajo demanda, que puede ser una señal piloto de banda ancha, una señal piloto de banda estrecha o algún otro tipo de señal piloto. La asignación de tiempo-frecuencia para cada terminal seleccionado puede depender de varios factores, tales como las estructuras de canal usadas por el sistema para los enlaces directo e inverso, la manera en que se transmite la señal piloto bajo demanda, el uso previsto de la señal piloto bajo demanda, etc. Las asignaciones de tiempo-frecuencia asignadas se señalizan explícita y/o implícitamente a los

terminales seleccionados (bloque 214). Por ejemplo, un terminal que actualmente recibe una transmisión de datos FL puede transmitir una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso sin señalización explícita, mientras que un terminal que será o podría estar planificado para la transmisión de datos FL puede recibir señalización explícita que indica la asignación de tiempo-frecuencia asignada.

5 [0021] La estación base recibe y procesa transmisiones de señales piloto bajo demanda en el enlace inverso desde todos los terminales seleccionados (bloque 216). La estación base obtiene una estimación de canal RL para cada terminal seleccionado basándose en la señal piloto recibida desde ese terminal (bloque 218). En un sistema TDD, se puede suponer que los enlaces directos e inversos son recíprocos. La estación base puede obtener una estimación de canal FL para cada terminal seleccionado basándose en su estimación de canal RL (también en el bloque 218).
10 Las transmisiones de señales piloto bajo demanda permiten a la estación base obtener la información más reciente del canal de enlace directo para los terminales que serán o podrían ser planificados para la transmisión de datos FL sin incurrir en una gran sobrecarga o consumir una gran cantidad de recursos de enlace inverso.

15 [0022] La estación base puede emplear técnicas avanzadas de planificación y/o transmisión para mejorar el rendimiento de la transmisión de datos FL. La estación base puede planificar terminales para la transmisión de datos FL basándose en las estimaciones de canal FL para todos los terminales seleccionados para la transmisión de señales piloto bajo demanda en el enlace inverso (bloque 220). Por ejemplo, la estación base puede realizar (1) planificación de diversidad multiusuario y seleccionar terminales con buenas estimaciones de canal FL para la transmisión de datos FL, (2) planificación sensible a la frecuencia y seleccionar terminales para la transmisión de datos FL en subbandas con buenas ganancias de canal FL, y/o (3) otros tipos de planificación dependiente de canal. La estación base también puede transmitir datos a los terminales planificados basándose en sus estimaciones de canal FL (bloque 222). Por ejemplo, la estación base puede realizar conformación de haz para dirigir una transmisión de datos FL a un terminal planificado. La estación base también puede realizar orientación propia para transmitir múltiples flujos de datos a un terminal planificado. A continuación se describe la conformación de haz, la orientación propia y diversos bloques de la FIG. 2.

30 [0023] La FIG. 3 muestra una estructura de tramas 300 ejemplar para el sistema TDD 100. La transmisión de datos en los enlaces directos e inversos se produce en unidades de tramas TDD. Cada trama TDD puede abarcar una duración de tiempo fija o variable. Cada trama TDD se divide además en (1) una ranura de enlace directo (FL) durante la cual se transmiten datos y señales piloto en el enlace directo y (2) una ranura de enlace inverso (RL) durante la cual se transmiten datos y señales piloto en el enlace inverso. La ranura FL puede preceder a la ranura RL, como se muestra en la FIG. 3, o viceversa. Cada ranura puede tener una duración de tiempo fija o variable.

35 [0024] Los terminales pueden transmitir señales piloto bajo demanda en el enlace inverso de varias maneras. Las señales piloto bajo demanda pueden ser señales piloto de banda ancha que permiten a la estación base emplear técnicas de planificación avanzadas así como técnicas de transmisión avanzadas. Las señales piloto bajo demanda también pueden ser señales piloto de banda estrecha que permiten a la estación base emplear técnicas de transmisión avanzadas en subbandas específicas. A continuación se describen varios modos de realización de transmisión de señales piloto bajo demanda.

40 [0025] La FIG. 4 muestra un modo de realización de transmisión de señales piloto bajo demanda en canales segmentados. En este modo de realización, se usa una estructura de canal 400 con salto de frecuencia para una transmisión de señalización en el enlace inverso. El ancho de banda de sistema general se divide en S segmentos de frecuencia, donde, en general, $S > 1$. Por ejemplo, el ancho de banda de sistema puede ser de 20 MHz, se pueden formar cuatro segmentos como se muestra en la FIG. 4, y cada segmento puede ser de 5 MHz. S canales de señalización se forman con los S segmentos. Cada canal de señalización se correlaciona con un segmento en cada período de salto y salta de segmento a segmento a lo largo del tiempo para lograr la diversidad de frecuencia. Un período de salto puede abarcar una trama TDD (como se muestra en la FIG. 4) o múltiples tramas TDD. El salto puede basarse en una función/secuencia de salto de frecuencia (FH) $f(s,n)$ que selecciona un segmento específico s para cada período de salto n.

45 [0026] A cada terminal se le asigna un canal de señalización para la transmisión de señalización en el enlace inverso. La señalización puede incluir, por ejemplo, un indicador de calidad de canal (CQI), acuses de recibo (ACK) para paquetes recibidos en el enlace directo, etc. El canal de señalización para un terminal se muestra en las casillas marcadas con un aspa en la FIG. 4.

50 [0027] Cada terminal también transmite una señal piloto regular en el canal de señalización asignado. La señal piloto regular es una señal piloto que el terminal debe transmitir. Un terminal puede transmitir la señal piloto regular y la señalización por separado (por ejemplo, usando TDM, FDM o CDM) o puede incluir la señal piloto en la señalización. Por ejemplo, un terminal puede transmitir un valor de señalización de N bits al (1) identificar una secuencia de código correspondiente a ese valor de señalización entre 2^N secuencias de código posibles, (2) generar una forma de onda para esa secuencia de código y (3) transmitir la forma de onda. Una estación base recibe la forma de onda transmitida, determina una secuencia de código hipotética que es más probable que se haya transmitido en base a la forma de onda recibida, elimina la secuencia de código hipotética de la forma de onda recibida y procesa la forma de onda resultante para estimar la respuesta de canal RL.

[0028] Una estación base puede obtener una estimación de canal RL para un terminal basándose en la señal piloto regular enviada en el canal de señalización asignado a ese terminal. La estación base puede transmitir datos al terminal en todo o en una parte del segmento usado por el canal de señalización asignado. En este caso, la estación base puede usar la estimación de canal RL para el canal de señalización asignado para la transmisión de datos FL al terminal. La estación base también puede transmitir datos al terminal en uno o más segmentos que no son usados por el canal de señalización asignado. En este caso, la estación base puede ordenar al terminal que transmita una señal piloto bajo demanda en el/los segmento(s) que utilizará la estación base. Para el ejemplo mostrado en la FIG. 4, el terminal transmite una señal piloto bajo demanda en el segmento 2 en el período de salto $n + 2$, el segmento 3 en el período de salto $n + 3$, los segmentos 2 y 4 en el período de salto $n + 4$ y el segmento 2 en el período de salto $n + 5$.

[0029] La FIG. 4 muestra un ejemplo en el que la señal piloto bajo demanda se envía en uno o más segmentos adicionales contiguos al segmento usado por el canal de señalización asignado. En general, la señal piloto bajo demanda se puede enviar en cualquier número de segmentos y en cualquiera de los segmentos. La transmisión de señales piloto bajo demanda reduce la sobrecarga de RL al tiempo que proporciona la retroalimentación necesaria para que la estación base transmita datos eficazmente en el enlace directo.

[0030] La FIG. 5 muestra un modo de realización de transmisión de señales piloto de banda ancha bajo demanda para una estructura de canal 500. En este modo de realización, cada terminal transmite una señal piloto regular junto con datos en el enlace inverso cuando está planificado para la transmisión de datos RL y no transmite ninguna señal piloto cuando no está planificado. Cada terminal transmite una señal piloto de banda ancha bajo demanda en el enlace inverso siempre que lo indique una estación base. Múltiples terminales pueden transmitir señales piloto de banda ancha bajo demanda simultáneamente en una ventana de tiempo designada para la transmisión de señales piloto bajo demanda. Esta ventana de tiempo puede producirse en cada trama TDD (como se muestra en la FIG. 5), en cada intervalo de planificación, etc. Las señales piloto de banda ancha bajo demanda pueden generarse de varias maneras. Para mitigar la interferencia de una señal piloto a otra entre múltiples terminales, las señales piloto de banda ancha bajo demanda transmitidas por los terminales pueden ortogonalizarse en el dominio de frecuencia o en el dominio de tiempo.

[0031] En un modo de realización, un terminal genera una señal piloto de banda ancha bajo demanda en el dominio de frecuencia usando CDM. El terminal cubre un símbolo piloto para cada subbanda de frecuencia con un código ortogonal asignado al terminal. Este código ortogonal puede ser un código Walsh, un código de factor de ensanchamiento variable ortogonal (OVSF), una función cuasiortogonal (QOF), etc. El cubrimiento es un proceso mediante el cual un símbolo a transmitir se multiplica por todos los L fragmentos de un código ortogonal de L fragmentos para generar L símbolos cubiertos, que se envían en L períodos de símbolo. En un sistema basado en OFDM, el terminal procesa además los símbolos cubiertos para todas las K subbandas en cada período de símbolo para generar un símbolo OFDM para ese período de símbolo. El terminal transmite la señal piloto de banda ancha bajo demanda en un múltiplo entero de L períodos de símbolo. A cada terminal se le asigna un código ortogonal diferente. Una estación base puede recuperar la señal piloto de banda ancha bajo demanda de cada terminal en base al código ortogonal asignado a ese terminal.

[0032] En otro modo de realización, un terminal genera una señal piloto de banda ancha bajo demanda en el dominio de tiempo usando CDM. En este modo de realización, el terminal cubre un símbolo piloto con su código ortogonal asignado de L fragmentos para generar L símbolos cubiertos. A continuación, el terminal ensancha espectralmente los L símbolos cubiertos en todo el ancho de banda del sistema (por ejemplo, todas las K subbandas en un sistema basado en OFDM) con un código de número pseudoaleatorio (PN) que es común para todos los terminales. El terminal transmite la señal piloto de banda ancha bajo demanda en un múltiplo entero de L períodos de muestra. La estación base puede recuperar la señal piloto de banda ancha bajo demanda desde cada terminal basándose en código ortogonal asignado.

[0033] Aún en otro modo de realización más, un terminal genera una señal piloto de banda ancha bajo demanda en el dominio de tiempo con un código PN asignado a ese terminal. En este modo de realización, un terminal ensancha espectralmente un símbolo piloto en todo el ancho de banda de sistema con su código PN asignado, que se usa tanto para la ortogonalización como para el ensanchamiento espectral. A cada terminal se le asigna un código PN diferente, que puede ser un desfase de tiempo diferente de un código PN común. La estación base puede recuperar la señal piloto de banda ancha bajo demanda desde cada terminal basándose en código PN asignado.

[0034] Aún en otro modo de realización, un terminal genera una señal piloto de banda ancha bajo demanda en el dominio de frecuencia usando FDM. Por ejemplo, M conjuntos de subbandas pueden formarse con las K subbandas totales, donde cada conjunto contiene K/M subbandas. Las K/M subbandas en cada conjunto pueden distribuirse (por ejemplo, uniformemente) en todo el ancho de banda de sistema para permitir que una estación base obtenga una estimación de canal para el ancho de banda total del sistema. Los M conjuntos de subbandas pueden asignarse a M terminales diferentes para la transmisión de señales piloto bajo demanda. Cada terminal transmite su señal piloto de banda ancha bajo demanda en su conjunto de subbandas asignado. La estación base puede recuperar la señal piloto de banda ancha bajo demanda para cada terminal a partir del conjunto de subbandas asignado. La estación base

puede obtener una estimación de canal para todo el ancho de banda de sistema realizando interpolación, aproximación de mínimos cuadrados, etc., en la señal piloto de banda ancha recibida.

5 **[0035]** Para el ejemplo mostrado en la FIG. 5, un terminal transmite una señal piloto de banda ancha bajo demanda en las tramas TDD $n + 2$, $n + 3$ y $n + 5$. Una estación base puede obtener una estimación de canal RL para este terminal para todo el ancho de banda de sistema en base a la señal piloto de banda ancha bajo demanda. La estación base puede transmitir datos al terminal en todo o una parte del ancho de banda de sistema usando una estimación de canal FL obtenida a partir de la estimación de canal RL.

10 **[0036]** La FIG. 6 muestra un modo de realización de transmisión de señales piloto de banda estrecha bajo demanda. En este modo de realización, se usa una estructura de canal 600 con salto de frecuencia para una transmisión de datos en el enlace directo. Las K subbandas totales se disponen en G grupos y cada grupo contiene S subbandas donde, en general, $G > 1$, $S \geq 1$ y $G \cdot S \leq K$. Las subbandas en cada grupo pueden ser contiguas o no contiguas (por ejemplo, distribuidas a través de las K subbandas totales). G canales de tráfico pueden formarse con los G grupos de subbandas. Cada canal de tráfico se correlaciona con un grupo de subbandas en cada período de salto y salta de grupo de subbandas a grupo de subbandas a lo largo del tiempo para lograr diversidad de frecuencia. Un período de salto puede abarcar una trama TDD (como se muestra en la FIG. 6) o múltiples tramas TDD. G canales de tráfico FL de salto de frecuencia están disponibles para la transmisión de datos FL. La FIG. 6 muestra los grupos de subbandas usados para un canal c de tráfico FL. La estructura de canal para el enlace inverso puede ser igual o diferente de la estructura de canal para el enlace directo.

20 **[0037]** Una estación base puede transmitir datos hasta un máximo de G terminales usando los G canales de tráfico FL. La estación base selecciona terminales para la transmisión de señales piloto bajo demanda, asigna canales de tráfico FL a estos terminales e indica a los terminales que transmitan señales piloto de banda estrecha bajo demanda en el enlace inverso en los canales de tráfico FL asignados. Los terminales seleccionados pueden estar, o no, transmitiendo datos en el enlace inverso a la estación base. Los terminales seleccionados transmiten sus señales piloto de banda estrecha bajo demanda en una ventana de tiempo designada, que puede producirse en cada trama TDD (como se muestra en la Fig. 6), cada período de salto, cada intervalo de planificación, etc. La transmisión de señales piloto bajo demanda en cada canal de tráfico FL precede a la transmisión de datos FL en el mismo canal de tráfico de modo que la estimación de canal RL obtenida a partir de la señal piloto bajo demanda se pueda usar para la transmisión de datos FL. Para el ejemplo mostrado en la FIG. 6, el canal de tráfico FL c utiliza el grupo de subbanda 4 en el período de salto $n + 1$, el grupo de subbanda 5 en el período de salto $n + 2$, el grupo de subbanda 2 en el período de salto $n + 3$, y así sucesivamente. Un terminal al que se le asigna el canal c de tráfico FL para la transmisión de señales piloto bajo demanda transmite una señal piloto de banda estrecha bajo demanda en el grupo de subbandas 4 en el período de salto n , el grupo de subbandas 5 en el período de salto $n + 1$, el grupo de subbandas 2 en el período de salto $n + 2$, y así sucesivamente. Múltiples terminales pueden transmitir señales piloto de banda estrecha bajo demanda en el mismo canal de tráfico en la misma trama de datos usando CDM, TDM y/o FDM.

35 **[0038]** La estación base obtiene una estimación de canal RL de banda estrecha para cada terminal seleccionado en base a la señal piloto de banda estrecha bajo demanda recibida desde ese terminal. La estación base puede usar la estimación de canal RL de banda estrecha (por ejemplo, para la conformación de haz) para la transmisión de datos FL al terminal. La estación base también puede recopilar estimaciones de canal de banda estrecha durante un período de tiempo para obtener una estimación de canal de banda ancha, que se puede usar en una planificación sensible a la frecuencia.

40 **[0039]** Las FIGS. 4 a 6 muestran tres esquemas ejemplares de transmisión de señales piloto bajo demanda para el enlace inverso. Las señales piloto de banda ancha bajo demanda (por ejemplo, como se muestra en la FIG. 5) permiten que la estación base obtenga más información de canal para el enlace directo a expensas de más recursos de enlace inverso. Las señales piloto de banda estrecha bajo demanda (por ejemplo, como se muestra en la FIG. 6) permiten que la estación base obtenga información de canal solo para las subbandas de interés, lo que minimiza el consumo de recursos de enlace inverso. También se puede usar una combinación de señales piloto de banda ancha y banda estrecha bajo demanda. Por ejemplo, los terminales que pueden estar planificados para la transmisión de datos FL pueden transmitir señales piloto de banda ancha bajo demanda, mientras que los terminales que ya están planificados pueden transmitir señales piloto de banda estrecha bajo demanda. También se pueden diseñar otros esquemas de transmisión de señales piloto bajo demanda, y esto está dentro del alcance de la invención.

55 **[0040]** En general, las señales piloto bajo demanda pueden transmitirse en cualquier parte de la ranura RL. En un modo de realización, una parte de la ranura RL (por ejemplo, algunos símbolos OFDM) en cada trama TDD está reservada para las señales piloto bajo demanda. La parte reservada puede situarse hacia el final de la ranura RL para minimizar la cantidad de tiempo entre la transmisión de señales piloto bajo demanda RL y la transmisión de datos FL que usa la estimación de canal FL obtenida a partir de la señal piloto bajo demanda. En otro modo de realización, las señales piloto bajo demanda se transmiten en una parte reservada de cada una de P tramas TDD, donde P puede ser cualquier número entero. P también puede seleccionarse de forma individual para cada terminal. Por ejemplo, P puede ser un valor pequeño para un terminal móvil con condiciones de canal que cambian rápidamente y puede ser un valor mayor para un terminal estacionario con condiciones de canal relativamente estáticas. Aún en otro modo de realización, las señales piloto bajo demanda se transmiten por encima de, y se superponen a, otras transmisiones en

el enlace inverso. En este modo de realización, las señales piloto bajo demanda actúan como interferencia en las otras transmisiones RL, y viceversa. Las señales piloto bajo demanda y las otras transmisiones RL se transmiten entonces de manera que se tenga en cuenta esta interferencia. Las señales piloto bajo demanda también se pueden proporcionar de otras maneras.

[0041] La transmisión de señales piloto bajo demanda se puede usar en un sistema que emplea un esquema de transmisión de redundancia incremental (IR) para el enlace directo, que también se denomina comúnmente esquema de transmisión de solicitud de repetición automática híbrida (H-ARQ). Con H-ARQ, una estación base codifica un paquete de datos para generar un paquete codificado y además divide el paquete codificado en múltiples bloques codificados. El primer bloque codificado puede contener información suficiente para permitir que un terminal recupere el paquete de datos en buenas condiciones de canal. Cada bloque codificado restante contiene información de redundancia adicional para el paquete de datos.

[0042] La estación base transmite los bloques codificados para el paquete de datos al terminal, un bloque codificado a la vez empezando con el primer bloque codificado. La primera transmisión de bloque también se denomina primera transmisión H-ARQ, y cada transmisión de bloque posterior también se denomina retransmisión H-ARQ. El terminal recibe cada bloque codificado transmitido, vuelve a ensamblar los símbolos para todos los bloques codificados recibidos, descodifica los símbolos reensamblados y determina si el paquete se descodificó correctamente o con errores. Si el paquete se descodificó correctamente, entonces el terminal envía un acuse de recibo (ACK) a la estación base, y la estación base finaliza la transmisión del paquete. Por el contrario, si el paquete se descodificó con errores, entonces el terminal envía un acuse de recibo negativo (NAK) y la estación base transmite el siguiente bloque codificado (si queda alguno) para el paquete. La transmisión y la descodificación de bloques continúan hasta que el terminal descodifique correctamente el paquete o la estación base haya transmitido todos los bloques codificados para el paquete. Típicamente, los ACK se envían explícitamente y los NAK se envían implícitamente (por ejemplo, se presume por la ausencia de ACK), o lo contrario puede ser cierto. Para mayor claridad, la siguiente descripción supone que los ACK y los NAK se envían explícitamente.

[0043] Para cada transmisión de bloque en una transmisión H-ARQ, se incurre en algunos retardos para que el terminal descodifique el paquete y envíe retroalimentación (por ejemplo, ACK o NAK) para el paquete, y para que la estación base reciba la retroalimentación y determine si transmitir otro bloque codificado para el paquete. Para tener en cuenta este retardo, el cronograma de transmisión puede dividirse en múltiples (Q) entrelazados, donde, en general, $Q > 1$. Por ejemplo, se pueden definir dos entrelazados, donde el entrelazado 1 puede ser para tramas TDD con índices pares y el entrelazado 2 puede ser para tramas TDD con índices impares. La estación base puede transmitir un bloque codificado en un canal de tráfico en cada trama TDD y puede transmitir bloques codificados para Q paquetes diferentes en los Q entrelazados.

[0044] La FIG. 7 muestra un modo de realización de una transmisión H-ARQ con transmisión de señales piloto bajo demanda en un sistema TDD con dos entrelazados. En el ejemplo mostrado en la FIG. 7, la estación base transmite el primer bloque codificado para un nuevo paquete A al terminal u en el entrelazado 1 en la trama TDD n . El terminal u recibe el primer bloque codificado, descodifica el paquete A con errores y envía un NAK en la trama TDD n . La estación base recibe el NAK, determina que se necesita transmitir otro bloque codificado para el paquete A y envía al terminal u una solicitud referente a una señal piloto bajo demanda en la trama TDD $n + 1$. Esta solicitud de señal piloto puede ser implícita y no enviarse realmente, ya que tanto la estación base como el terminal u saben que la siguiente transmisión de bloque en el entrelazado 1 es para el terminal u . La estación base puede transmitir un bloque codificado para otro paquete al terminal u otro terminal en el entrelazado 2 en la trama TDD $n + 1$, que no se muestra en la FIG. 7 para mayor claridad.

[0045] El terminal u recibe la solicitud de señal piloto y transmite una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso en la trama TDD $n + 1$. La estación base recibe la señal piloto bajo demanda desde el terminal u , obtiene una estimación de canal RL para el terminal u , procesa el segundo bloque codificado para el paquete A con la estimación de canal RL y transmite este bloque al terminal u en el entrelazado 1 en la trama TDD $n + 2$. El terminal u recibe el segundo bloque codificado, descodifica el paquete A correctamente en función del primer y del segundo bloque codificado recibido y envía un ACK en la trama TDD $n + 2$. La estación base recibe el ACK y determina que la transmisión del paquete A puede finalizar.

[0046] La estación base puede transmitir un nuevo paquete B en el entrelazado 1, que comienza en la trama TDD $n + 4$, al terminal u otro terminal. La estación base selecciona uno o más terminales (terminal u y/u otros terminales) para la transmisión de señales piloto bajo demanda y envía explícita y/o implícitamente una solicitud de señal piloto a cada terminal seleccionado en la trama TDD $n + 3$. Cada terminal seleccionado recibe la solicitud de señal piloto y transmite una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso en la trama TDD $n + 3$. La estación base recibe y procesa las señales piloto bajo demanda de todos los terminales seleccionados y obtiene una estimación de canal RL para cada terminal. La estación base puede emplear técnicas de planificación avanzadas y planificar un terminal para la transmisión de datos FL en base a las estimaciones de canal RL para todos los terminales seleccionados. A continuación, la estación base transmite el primer bloque codificado para el nuevo paquete B (por ejemplo, usando la estimación de canal RL) al terminal planificado en el entrelazado 1 en la trama TDD $n + 4$. En este modo de realización,

la estación base puede obtener la estimación de canal RL para el terminal planificado antes de la transmisión del primer bloque y puede usar técnicas avanzadas de planificación y/o transmisión para la transmisión del primer bloque.

5 [0047] El procesamiento mostrado en la FIG. 7 es para un canal de tráfico FL. Se puede realizar el mismo procesamiento para cada canal de tráfico FL admitido por la estación base.

10 [0048] En el modo de realización mostrado en la FIG. 7, la estación base transmite datos en un entrelazado a (por ejemplo, entrelazado 1) y envía solicitudes piloto en el otro entrelazado b (por ejemplo, entrelazado 2). La retroalimentación (ACK o NAK) para la transmisión de paquetes actual en el entrelazado a determina qué terminal debe transmitir una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso. Si se necesita otra transmisión de bloque, entonces el terminal que recibe actualmente la transmisión de paquetes en el entrelazado a debe seguir transmitiendo la señal piloto bajo demanda. De otro modo, otro terminal podría estar planificado para una nueva transmisión de paquetes en el entrelazado a y debería transmitir la señal piloto bajo demanda.

15 [0049] El modo de realización mostrado en la FIG. 7 supone que un terminal puede recibir una transmisión de bloque en una trama TDD dada, descodificar el paquete y enviar retroalimentación dentro de la misma trama TDD. Se incurre en un retardo de una trama TDD para que la estación base envíe una solicitud de señal piloto y para que el terminal transmita una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso. Si el retardo de descodificación es mayor que la duración de entrelazado y el terminal no puede enviar retroalimentación dentro de la misma trama TDD, entonces se pueden definir uno o más entrelazados adicionales para tener en cuenta el retardo adicional incurrido para admitir la transmisión de señales piloto bajo demanda.

20 [0050] La FIG. 8 muestra un modo de realización de una transmisión H-ARQ con transmisión de señales piloto bajo demanda en un sistema TDD con tres entrelazados. En el ejemplo mostrado en la FIG. 8, la estación base transmite el primer bloque codificado para el paquete A al terminal u en el entrelazado 1 en la trama TDD n . El terminal u recibe el primer bloque codificado, descodifica el paquete A con errores y, debido al retardo de descodificación, envía un NAK en la trama TDD $n + 1$. La estación base recibe el NAK y envía una solicitud de señal piloto al terminal u en la trama TDD $n + 2$. El terminal u recibe la solicitud de señal piloto y transmite una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso en la trama TDD $n + 2$. La estación base recibe y procesa la señal piloto bajo demanda procedente del terminal u , obtiene una estimación de canal RL y transmite el segundo bloque codificado para el paquete A al terminal u en el entrelazado 1 en la trama TDD $n + 3$.

25 [0051] El terminal u recibe el segundo bloque codificado, descodifica el paquete A correctamente y, debido al retardo de descodificación, envía un ACK en la trama TDD $n + 4$. La estación base recibe el ACK, selecciona uno o más terminales para la transmisión de señales piloto bajo demanda y envía una solicitud de señal piloto a cada terminal seleccionado en la trama TDD $n + 5$. Cada terminal seleccionado recibe la solicitud de señal piloto y transmite una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso en la trama TDD $n + 5$. La estación base recibe y procesa las señales piloto bajo demanda procedentes de todos los terminales seleccionados, planifica un terminal para la transmisión de datos FL y transmite el primer bloque codificado para el paquete B al terminal planificado en el entrelazado 1 en la trama TDD $n + 6$.

30 [0052] En general, se puede definir cualquier número de entrelazados para tener en cuenta la latencia de retransmisión de H-ARQ. La duración de entrelazado puede ser lo suficientemente larga como para permitir que un terminal acuse rápidamente el recibo de una transmisión de bloque, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 7. Sin embargo, si la duración de entrelazado es larga en comparación con el tiempo de coherencia del enlace de comunicación, la estimación de canal FL obtenida a partir de la señal piloto bajo demanda puede quedar obsoleta durante la transmisión de datos FL subsiguiente. Más entrelazados de menor duración pueden tener en cuenta el retardo de descodificación y también acortar el tiempo entre la transmisión de señales piloto RL bajo demanda y la transmisión de datos FL subsiguiente.

35 [0053] En los modos de realización mostrados en las FIGS. 7 y 8, se incurre en una trama TDD de retardo para admitir la transmisión de señales piloto bajo demanda para una transmisión H-ARQ. Este retardo adicional permite que la estación base seleccione uno o más terminales para la transmisión de señales piloto bajo demanda en el enlace inverso en cada trama TDD. Sin embargo, este retardo adicional puede aumentar la latencia de retransmisión para H-ARQ, por ejemplo, como se muestra en la FIG. 8. Este retardo adicional puede evitarse enviando solicitudes de señales piloto especulativas.

40 [0054] La FIG. 9 muestra un modo de realización de una transmisión H-ARQ con transmisión de señales piloto bajo demanda especulativas en un sistema TDD con dos entrelazados. En el ejemplo mostrado en la FIG. 9, la estación base transmite el primer bloque codificado para el paquete A al terminal u en el entrelazado 1 en la trama TDD n . El terminal u recibe el primer bloque codificado, descodifica el paquete A con errores y envía un NAK en la trama TDD $n + 1$.

45 [0055] La estación base no ha recibido el NAK desde el terminal u durante la ranura FL en la trama TDD $n + 1$ y selecciona (o especula) uno o más terminales que podrían recibir una transmisión de bloque en el entrelazado 1 en la trama TDD $n + 2$. Por ejemplo, la estación base puede solicitar señales piloto bajo demanda procedentes del terminal

u (que recibe actualmente la transmisión de paquetes en el entrelazado 1) y de otros u otros terminales que podrían recibir una transmisión de bloque en la trama TDD $n + 2$. El número de terminales a seleccionar y qué terminales seleccionar puede depender de diversos factores, tal como la probabilidad de que finalice la transmisión actual de paquetes para el terminal u , la cantidad de recursos de enlace inverso disponibles para la transmisión de señales piloto bajo demanda, etc. La estación base envía las solicitudes de señales piloto a todos los terminales seleccionados en la trama TDD $n + 1$. Cada terminal seleccionado transmite una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso en la trama TDD $n + 1$.

[0056] La estación base recibe el NAK desde el terminal u en la trama TDD $n + 1$. La estación base también recibe y procesa la señal piloto bajo demanda desde el terminal u en la trama TDD $n + 1$ (suponiendo que el terminal u fue seleccionado para la transmisión de señales piloto bajo demanda), obtiene una estimación de canal RL para el terminal u y transmite el segundo bloque codificado para el paquete A al terminal u en el entrelazado 1 en la trama TDD $n + 2$. El terminal u recibe el segundo bloque codificado, descodifica el paquete A correctamente y envía un ACK en la trama TDD $n + 3$.

[0057] La estación base no ha recibido el ACK desde el terminal u durante la ranura FL en la trama TDD $n + 3$ y selecciona uno o más terminales que podrían recibir una transmisión de bloque en el entrelazado 1 en la trama TDD $n + 4$. La estación base envía solicitudes de señales piloto a todos los terminales seleccionados en la trama TDD $n + 3$. La estación base recibe el ACK del terminal u en la trama TDD $n + 3$ y finaliza la transmisión de paquetes para el terminal u . A continuación, la estación base planifica el terminal u , u otro terminal, para una nueva transmisión de paquetes en el entrelazado 1, que comienza en la trama TDD $n + 4$. Si se seleccionó el terminal planificado para la transmisión de señales piloto bajo demanda en la trama TDD $n + 3$, entonces la estación base puede obtener una estimación de canal FL para este terminal en base a la señal piloto bajo demanda recibida desde el terminal en la trama TDD $n + 3$ y entonces puede usar la estimación de canal FL para la transmisión de datos FL en la trama TDD $n + 4$. Si el terminal planificado no es uno de los terminales seleccionados para la transmisión de señales piloto bajo demanda en la trama TDD $n + 3$, entonces la estación base no usa técnicas de transmisión avanzadas para la transmisión del primer bloque al terminal. La estación base puede usar las técnicas de transmisión avanzadas para transmisiones de bloques subsiguientes a este terminal.

[0058] Como se muestra en la FIG. 9, con solicitudes de señales piloto especulativas, no se incurre en un retardo adicional (y, por lo tanto, no hay latencia de retransmisión adicional) para admitir la transmisión de señales piloto bajo demanda. La estación base puede seleccionar más de un terminal para la transmisión de señales piloto bajo demanda en el enlace inverso a costa de recursos adicionales.

[0059] En otro modo de realización de transmisión de señales piloto bajo demanda, un terminal que está planificado para la transmisión de datos en el enlace directo transmite una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso durante toda la duración en la que está planificado el terminal. En este modo de realización, la estación base no tiene una estimación de canal FL para el terminal al comienzo del intervalo planificado y transmite datos sin conocimiento de la respuesta de canal FL en la primera transmisión al terminal. Se solicita implícitamente al terminal planificado que transmita una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso. La estación base puede obtener una estimación de canal FL para el terminal basándose en la señal piloto bajo demanda y puede emplear técnicas de transmisión avanzadas para cada transmisión posterior al terminal. Este modo de realización tiene varias ventajas que incluyen (1) la utilización eficiente de los recursos de enlace inverso, (2) ningún retardo adicional para admitir la transmisión de señales piloto bajo demanda y, por lo tanto, una latencia de retransmisión pequeña, y (3) se necesita una señalización mínima o nula para enviar solicitudes de señales piloto.

[0060] La FIG. 10 muestra un modo de realización de una estación base 110 y de dos terminales 120x y 120y en el sistema TDD 100. La estación base 110 está equipada con múltiples (T) antenas 1028a a 1028t, el terminal 120x está equipado con una sola antena 1052x, y el terminal 120y está equipado con múltiples (R) antenas 1052a a 1052r.

[0061] En el enlace directo, en la estación base 110, un procesador de datos/señales piloto 1020 recibe datos de tráfico desde una fuente de datos 1012 para todos los terminales planificados y señalización (por ejemplo, solicitudes de señales piloto) desde un controlador 1030. El procesador de datos/señales piloto 1020 codifica, intercala y correlaciona mediante símbolos los datos de tráfico y la señalización para generar símbolos de datos y, además, genera símbolos piloto para el enlace directo. Como se usa en el presente documento, un símbolo de datos es un símbolo de modulación para datos de tráfico/paquetes, un símbolo piloto es un símbolo para una señal piloto (que son datos conocidos *a priori* tanto por el transmisor como por el receptor), y un símbolo de modulación es un valor complejo para un punto en una constelación de señales para un esquema de modulación (por ejemplo, M-PSK, M-QAM), y un símbolo es cualquier valor complejo. Un procesador espacial de TX 1022 realiza un procesamiento espacial en los símbolos de datos para técnicas de transmisión avanzadas, multiplexa en los símbolos piloto y proporciona símbolos de transmisión a unidades transmisoras (TMTR) 1026a a 1026t. Cada unidad transmisora 1026 procesa sus símbolos de transmisión (por ejemplo, para OFDM) y genera una señal modulada FL. Las FL señales moduladas de las unidades transmisoras 1026a a 1026t se transmiten desde antenas 1028a a 1028t, respectivamente.

[0062] En cada terminal de usuario 120, una o múltiples antenas 1052 reciben las señales moduladas de enlace descendente transmitidas, y cada antena de recepción proporciona una señal recibida a un respectivo desmodulador

(DEMOD) 1054. Cada unidad receptora 1054 realiza un procesamiento complementario al procesamiento realizado por la unidad transmisora 1026 y proporciona símbolos recibidos. En el terminal de múltiples antenas 120y, un procesador espacial de recepción (RX) 1060y realiza un procesamiento espacial en los símbolos recibidos para obtener símbolos detectados, que son estimaciones de los símbolos de datos transmitidos. En cada terminal, un procesador de datos de RX 1070 descorrelaciona símbolos, desintercala y descodifica los símbolos recibidos o detectados y proporciona datos descodificados a un colector de datos 1072. El procesador de datos RX 1070 también proporciona señalización detectada (por ejemplo, solicitud de señales piloto) a un controlador 1080.

[0063] En el enlace inverso, los datos de tráfico procedentes de una fuente de datos 1088 y la señalización (por ejemplo, ACK/NAK) a enviar por cada terminal 120 son procesados por un procesador de datos/señales piloto 1090, procesados adicionalmente por un procesador espacial TX 1092 si hay múltiples antenas presentes, acondicionados mediante una/varias unidad(es) transmisora(s) 1054, y transmitidos desde una/varias antena(s) 1052. En la estación base 110, las señales moduladas RL transmitidas de los terminales 120 son recibidas por antenas 1028, acondicionadas por unidades receptoras 1026 y procesadas por un procesador espacial de RX 1040 y un procesador de datos de RX 1042 de forma complementaria al procesamiento realizado en los terminales. El procesador de datos de RX 1042 proporciona datos descodificados a un colector de datos 1044 y señalización detectada al controlador 1030.

[0064] Los controladores 1030, 1080x y 1080y controlan el funcionamiento de diversas unidades de procesamiento en la estación base 110 y en los terminales 120x y 120y, respectivamente. Unidades de memoria 1032, 1082x y 1082y almacenan datos y códigos de programa usados por los controladores 1030, 1080x y 1080y, respectivamente. Un planificador 1034 planifica terminales para la transmisión de datos en los enlaces directo e inverso.

[0065] En la transmisión de señales piloto bajo demanda, el controlador 1030 puede seleccionar terminales para la transmisión de señales piloto en el enlace inverso. En cada terminal seleccionado, el procesador de datos/señales piloto 1090 genera la señal piloto bajo demanda, que puede procesarse por un procesador espacial de TX 1092 si está presente, acondicionarse por la(s) unidad(es) transmisora(s) 1054 y transmitirse desde la(s) antena(s) 1052. En la estación base 110, las transmisiones de señales piloto bajo demanda de todos los terminales seleccionados son recibidas por antenas 1028, procesadas por unidades receptoras 1026 y proporcionadas a un estimador de canal 1036. El estimador de canal 1036 estima la respuesta de canal RL para cada terminal seleccionado, determina la estimación de canal FL para cada terminal seleccionado basándose en su estimación de canal RL y proporciona las estimaciones de canal FL para todos los terminales seleccionados al controlador 1030. El planificador 1034 puede usar las estimaciones de canal FL en técnicas de planificación avanzadas (por ejemplo, planificación sensible a la frecuencia) para planificar terminales para la transmisión de datos FL. El controlador 1030 y/o el procesador espacial de TX 1022 pueden usar las estimaciones de canal FL en técnicas de transmisión avanzadas (por ejemplo, conformación de haz u orientación propia) para transmitir datos a los terminales planificados.

[0066] En la FIG. 10, un canal MISO está formado entre la estación base 110 y el terminal de única antena 120x. Este MISO puede caracterizarse por un vector $1 \times T$ de fila de respuesta de canal $\underline{h}_x(k)$ para cada subbanda k , que puede expresarse como:

$$\underline{h}_x(k) = [h_{x,1}(k) \ h_{x,2}(k) \ \dots \ h_{x,T}(k)] , \quad \text{para } k \in \{1, \dots, K\}, \quad \text{Ec. (1)}$$

donde $h_{x,j}(k)$, para $j = 1, \dots, T$, es la ganancia de canal compleja entre la antena j en la estación base 110 y la única antena en el terminal 120x para la subbanda k . La respuesta de canal también depende del tiempo, que no se muestra por simplicidad.

[0067] La estación base 110 puede realizar un procesamiento espacial para la conformación de haz para el terminal 120x, como sigue:

$$\underline{x}_x(k) = \underline{h}_x^H(k) \cdot s_x(k) , \quad \text{Ec. (2)}$$

donde $s_x(k)$ es un símbolo de datos que se enviará en la subbanda k al terminal 120x, $\underline{x}_x(k)$ es un vector con T símbolos de transmisión que se enviarán desde las T antenas en la estación base, y " H " denota una transposición conjugada. La conformación de haz dirige la transmisión de datos FL hacia el terminal 120x y mejora el rendimiento. La ecuación (2) indica que la estimación de canal FL es necesaria para la conformación de haz al terminal 120x.

[0068] El terminal 120x obtiene símbolos recibidos para la transmisión de datos FL, que se puede expresar como:

$$\begin{aligned} r_x(k) &= \underline{h}_x(k) \cdot \underline{x}_x(k) + w_x(k) = \underline{h}_x(k) \cdot \underline{h}_x^H(k) \cdot s_x(k) + w_x(k) , \\ &= \|\underline{h}_x(k)\|^2 \cdot s_x(k) + w_x(k) , \end{aligned} \quad \text{Ec. (3)}$$

donde $\|\underline{h}_x(k)\|^2$ es una ganancia global observada por el símbolo de datos $s_x(k)$, $r_x(k)$ es el símbolo recibido para la subbanda k en el terminal 120x, y $w_x(k)$ es el ruido en el terminal 120x. El terminal 120x no necesita tener constancia de la conformación de haz realizada por la estación base 110 y puede procesar los símbolos recibidos como si la transmisión de datos FL se enviara desde una antena.

[0069] En la FIG. 10, un canal MIMO está formado entre la estación base 110 y el terminal de múltiples antenas 120y. Este MIMO puede caracterizarse por una matriz $R \times T$ de respuesta de canal $\underline{H}_y(k)$ para cada subbanda k , que puede expresarse como:

$$\underline{H}_y(k) = \begin{bmatrix} h_{y,1,1}(k) & h_{y,1,2}(k) & \cdots & h_{y,1,T}(k) \\ h_{y,2,1}(k) & h_{y,2,2}(k) & \cdots & h_{y,2,T}(k) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{y,R,1}(k) & h_{y,R,2}(k) & \cdots & h_{y,R,T}(k) \end{bmatrix}, \quad \text{para } k \in \{1, \dots, K\}, \quad \text{Ec. (4)}$$

donde $h_{y,i,j}(k)$, para $i = 1, \dots, R$ y $j = 1, \dots, T$, es la ganancia de canal compleja entre la antena j en la estación base 110 y la antena i en el terminal 120y para la subbanda k . La matriz de respuesta de canal $\underline{H}_y(k)$ se puede diagonalizar mediante descomposición en valores singulares (SVD), como sigue:

$$\underline{H}_y(k) = \underline{U}_y(k) \cdot \underline{\Sigma}_y(k) \cdot \underline{V}_y^H(k), \quad \text{Ec. (5)}$$

donde $\underline{U}_y(k)$ es una matriz unitaria de vectores propios izquierdos, $\underline{V}_y(k)$ es una matriz unitaria de vectores propios derechos, y $\underline{\Sigma}_y(k)$ es una matriz diagonal de valores singulares para la subbanda k . Los elementos diagonales de $\underline{\Sigma}_y(k)$ son valores singulares que representan las ganancias de canal para S modos propios de $\underline{H}_y(k)$, donde $S \leq \min\{T, R\}$. Los modos propios se pueden considerar canales espaciales ortogonales. La estación base 110 puede usar los vectores propios (o columnas) derechos en $\underline{V}_y(k)$ para transmitir datos en los modos propios de $\underline{H}_y(k)$.

[0070] La estación base 110 puede transmitir datos en el mejor modo propio de $\underline{H}_y(k)$ realizando un procesamiento espacial con el vector propio para este mejor modo propio, por ejemplo, similar a la conformación de haz mostrada en la ecuación (2). La estación base 110 también puede transmitir datos en múltiples modos propios de $\underline{H}_y(k)$ realizando un procesamiento espacial para la orientación propia, como sigue:

$$\underline{x}_y(k) = \underline{V}_y(k) \cdot \underline{s}_y(k), \quad \text{Ec. (6)}$$

donde $\underline{s}_y(k)$ es un vector con hasta S símbolos de datos a enviar simultáneamente en la subbanda k al terminal 120y y $\underline{x}_y(k)$ es un vector con T símbolos de transmisión a enviar desde T antenas en la estación base 110 al terminal 120y. Las ecuaciones (5) y (6) indican que la estimación de canal FL es necesaria para la orientación propia con respecto al terminal 120y.

[0071] El terminal 120y obtiene símbolos recibidos para la transmisión de datos FL, que se puede expresar como:

$$\underline{r}_y(k) = \underline{H}_y(k) \cdot \underline{x}_y(k) + \underline{w}_y(k), \quad \text{Ec. (7)}$$

donde $\underline{r}_y(k)$ es un vector con R símbolos recibidos para la subbanda k y $\underline{w}_y(k)$ es el vector de ruido en el terminal 120y.

[0072] El terminal 120y realiza el procesamiento espacial de receptor (o filtrado adaptado espacial) para recuperar los símbolos de datos transmitidos, como sigue:

$$\hat{\underline{s}}_y(k) = \underline{M}_y(k) \cdot \underline{r}_y(k) = \underline{s}_y(k) + \tilde{\underline{w}}_y(k), \quad \text{Ec. (8)}$$

donde $\underline{M}_y(k)$ es una matriz de filtro espacial para la subbanda k y $\tilde{\underline{w}}_y(k)$ es el ruido de posdetección. El terminal 120y puede obtener la matriz de filtro espacial $\underline{M}_y(k)$ usando una cualquiera de lo siguiente:

$$\underline{M}_{y1}(k) = \underline{\Sigma}_y^{-1}(k) \cdot \underline{U}_y^H(k), \quad \text{Ec. (9)}$$

$$\underline{M}_{y2}(k) = [\underline{H}_{y,eff}^H(k) \cdot \underline{H}_{y,eff}(k)]^{-1} \cdot \underline{H}_{y,eff}^H(k), \quad \text{Ec. (10)}$$

$$\underline{M}_{y3}(k) = \underline{D}_y(k) \cdot [\underline{H}_{y,eff}^H(k) \cdot \underline{H}_{y,eff}(k) + \sigma_n^2 \cdot \underline{I}]^{-1} \cdot \underline{H}_{y,eff}^H(k), \quad \text{Ec. (11)}$$

donde

$$\underline{\mathbf{H}}_{y,eff}(k) = \underline{\mathbf{H}}_y(k) \cdot \underline{\mathbf{V}}_y(k),$$

$$\underline{\mathbf{D}}_y(k) = [\text{diag} [\underline{\mathbf{M}}'_{y3}(k) \cdot \underline{\mathbf{H}}_{y,eff}(k)]]^{-1},$$

5

y

$$\underline{\mathbf{M}}'_{y3}(k) = [\underline{\mathbf{H}}_{y,eff}^H(k) \cdot \underline{\mathbf{H}}_{y,eff}(k) + \sigma_n^2 \cdot \underline{\mathbf{I}}]^{-1} \cdot \underline{\mathbf{H}}_{y,eff}^H(k).$$

10

La ecuación (9) es para una técnica de filtrado adaptado, la ecuación (10) es para una técnica de forzado cero, y la ecuación (11) es para una técnica de error cuadrático medio mínimo (MMSE).

15

[0073] El terminal de única antena 120x transmite una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso cuando lo solicita la estación base 110. La estación base 110 puede obtener estimaciones de $h_{x,j}(k)$ para $j = 1, \dots, T$ en base a la señal piloto bajo demanda del terminal 120x.

20

[0074] El terminal de múltiples antenas 120y también transmite una señal piloto bajo demanda en el enlace inverso cuando lo solicita la estación base 110. El terminal 120y puede transmitir la señal piloto bajo demanda de varias maneras para permitir que la estación base 110 obtenga estimaciones de $h_{y,i,j}(k)$, para $i = 1, \dots, R$ y $j = 1, \dots, T$. En un modo de realización, el terminal 120y cubre la señal piloto de cada antena con un código ortogonal diferente usando CDM. Se usan R códigos ortogonales diferentes para las R antenas en el terminal 120y. En otro modo de realización, el terminal 120y transmite la señal piloto para cada antena en un subconjunto diferente de subbandas usando FDM. Se usan R subconjuntos de subbandas diferentes para las R antenas. En aún otro modo de realización, el terminal 120y transmite la señal piloto para cada antena en un intervalo de tiempo diferente usando TDM. El terminal 120y también puede transmitir R señales piloto desde las R antenas R usando una combinación de CDM, FDM y TDM. En cualquier caso, la estación base 110 puede recuperar la señal piloto de cada antena de terminal basándose en el código ortogonal, el subconjunto de subbandas y/o el intervalo de tiempo usado para esa antena.

25

30

[0075] El terminal 120y puede tener una sola cadena de transmisión y puede transmitir desde una antena pero recibir desde múltiples antenas. En este caso, el terminal 120y puede transmitir una señal piloto bajo demanda desde una sola antena. La estación base 110 puede obtener una fila de la matriz de respuesta de canal $\underline{\mathbf{H}}_y(k)$ correspondiente a la antena usada por el terminal 120y para transmitir la señal piloto bajo demanda. La estación base 110 puede realizar entonces una pseudoconformación de haz propia para mejorar el rendimiento. Para realizar la pseudoconformación de haz propia, la estación base 110 llena las filas restantes de $\underline{\mathbf{H}}_y(k)$ con (1) valores aleatorios, (2) valores aleatorios seleccionados de modo que las columnas de $\underline{\mathbf{H}}_y(k)$ sean ortogonales entre sí, (3) filas de una matriz de Fourier, o (4) elementos de alguna otra matriz. La estación base 110 puede usar $\underline{\mathbf{H}}_y(k)$ en la conformación de haz, como se muestra en la ecuación (2), o en la orientación propia, como se muestra en la ecuación (6). La estación base 110 también puede realizar una factorización QR en $\underline{\mathbf{H}}_y(k)$ para obtener una matriz unitaria $\underline{\mathbf{Q}}_y(k)$ y una matriz de triángulo superior $\underline{\mathbf{R}}_y(k)$. A continuación, la estación base 110 puede transmitir datos usando $\underline{\mathbf{Q}}_y(k)$.

35

40

[0076] La descripción anterior supone que los enlaces directo e inverso son recíprocos. Las respuestas de frecuencia de las cadenas de transmisión y recepción en la estación base pueden ser diferentes de las respuestas de frecuencia de las cadenas de transmisión y recepción en los terminales. En particular, las respuestas de frecuencia de las cadenas de transmisión y recepción usadas para la transmisión FL pueden ser diferentes de las respuestas de frecuencia de las cadenas de transmisión y recepción usadas para la transmisión RL. En este caso, la calibración se puede realizar para tener en cuenta las diferencias en las respuestas de frecuencia de modo que la respuesta de canal global observada por la transmisión FL sea recíproca a la respuesta de canal global observada por la transmisión RL.

45

50

[0077] Como se señaló anteriormente, las técnicas de transmisión de señales piloto bajo demanda se pueden usar en diversos sistemas de comunicación. Estas técnicas se pueden usar de forma ventajosa en un sistema OFDMA, un sistema OFDMA de salto de frecuencia (FH-OFDMA) y otros sistemas con transmisiones de banda estrecha en el enlace inverso. En dicho sistema, se puede enviar una señal piloto de banda estrecha habitual junto con la transmisión de datos RL, por ejemplo, usando TDM. La estación base puede usar esta señal piloto de banda estrecha habitual para una desmodulación coherente de la transmisión de datos RL y para un seguimiento de tiempo/frecuencia del enlace inverso. Requerir que muchos o todos los terminales transmitan de manera continua o frecuente las señales piloto de banda ancha habituales en el enlace inverso para admitir la transmisión de datos FL daría como resultado un uso muy ineficiente de los recursos RL. En cambio, se pueden enviar señales piloto de banda ancha y/o banda estrecha bajo demanda, si es necesario y cuando se necesite, en el enlace inverso para facilitar la estimación de canal FL y la transmisión de datos.

55

60

[0078] Las técnicas de transmisión de señales piloto bajo demanda descritas en el presente documento pueden implementarse de varias maneras. Por ejemplo, estas técnicas se pueden implementar en hardware, en software o en una combinación de los mismos. La unidades de procesamiento usadas para realizar o dar soporte a la transmisión de señales piloto bajo demanda en la estación base pueden implementarse en uno o más circuitos integrados

5 específicos de la aplicación (ASIC), procesadores de señales digitales (DSP), dispositivos de procesamiento de señales digitales (DSPD), dispositivos lógicos programables (PLD), matrices de puertas programables *in situ* (FPGA), procesadores, controladores, microcontroladores, microprocesadores, otras unidades electrónicas diseñadas para realizar las funciones descritas en el presente documento, o una combinación de los mismos. Las unidades de procesamiento usadas para realizar o dar soporte a la transmisión de señales piloto bajo demanda en el terminal también se pueden implementar en uno o más ASIC, DSP, etc.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para transmitir señales piloto en un sistema de comunicación (100), que comprende:

- 5 seleccionar, de un conjunto de terminales (120) atendidos por un mismo aparato de servicio (110), un subconjunto para la transmisión de señales piloto en un enlace inverso, donde el subconjunto consiste en al menos un terminal (120), donde el al menos un terminal (120) es candidato para la transmisión de datos en un enlace directo;
- 10 asignar cada uno de los al menos un terminal (120) con una asignación de tiempo-frecuencia para la transmisión de señales piloto en el enlace inverso;
- enviar a cada uno de los al menos un terminal (120) una solicitud de transmisión de señales piloto en el enlace inverso;
- 15 procesar la transmisión de señales piloto desde cada uno de los al menos un terminal (120);
- obtener una estimación de canal para cada uno de los al menos un terminal (120) en base a la transmisión de señales piloto desde el terminal (120); y
- 20 transmitir datos en el enlace directo a cada terminal (120) planificado para la transmisión de datos usando la estimación de canal para el terminal (120);
- comprendiendo además el procedimiento:
- 25 planificar terminales (120) para la transmisión de datos en el enlace directo en base a la estimación de canal obtenida para el al menos un terminal (120), y/o realizar un procesamiento espacial para la transmisión de datos a cada terminal planificado (120) en base a la estimación de canal para el terminal planificado (120).

30 2. Un aparato (110) en un sistema de comunicación (100), que comprende:

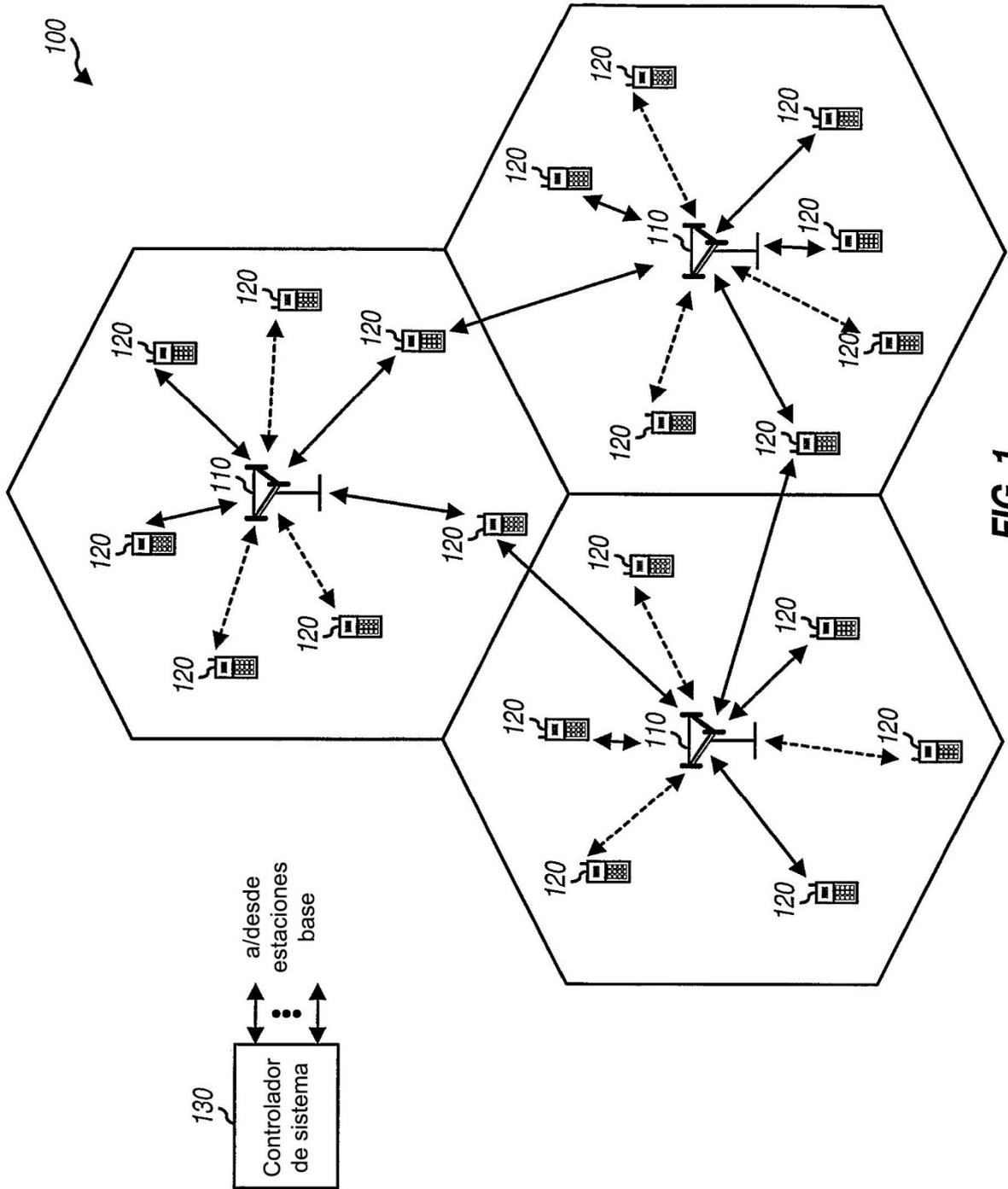
- medios para seleccionar, de un conjunto de terminales (120) atendidos por el aparato (110), un subconjunto para la transmisión de señales piloto en un enlace inverso, donde el subconjunto consiste en al menos un terminal (120), donde el al menos un terminal (120) es candidato para la transmisión de datos en un enlace directo;
- 35 medios para asignar cada uno de los al menos un terminal (120) con una asignación de tiempo-frecuencia para la transmisión de señales piloto en el enlace inverso;
- 40 medios para enviar a cada uno de los al menos un terminal (120) una solicitud de transmisión de señales piloto en el enlace inverso;
- medios para procesar la transmisión de señales piloto desde cada uno de los al menos un terminal (120);
- 45 medios para obtener una estimación de canal para cada uno de los al menos un terminal (120) en base a la transmisión de señales piloto desde el terminal (120); y
- medios para transmitir datos en el enlace directo a cada terminal (120) planificado para la transmisión de datos usando la estimación de canal para el terminal (120);
- 50 comprendiendo además el aparato:
- medios para planificar terminales (120) para la transmisión de datos en el enlace directo en base a la estimación de canal obtenida para el al menos un terminal (120), y/o medios para realizar un procesamiento espacial para la transmisión de datos a cada terminal planificado (120) en base a la estimación de canal para el terminal planificado (120).
- 55

3. Un terminal (120), que comprende:

- 60 un controlador (1080) operativo para recibir una solicitud de transmisión de señales piloto en un enlace inverso y para determinar una asignación de tiempo-frecuencia para la transmisión de señales piloto, donde el terminal (120) es miembro de un subconjunto que un aparato de servicio (110) selecciona, a partir de un conjunto de terminales (120) atendidos por el aparato de servicio (110), para recibir la solicitud; y
- 65 un procesador (1090) operativo para generar una señal piloto para su transmisión en el enlace inverso en la asignación de tiempo-frecuencia, donde la transmisión de señales piloto en el enlace inverso se usa para

planificar el terminal (120) para la transmisión de datos en un enlace directo, para un procesamiento espacial de transmisión de datos al terminal (120), o tanto para la planificación como para el procesamiento espacial.

- 5 **4.** El terminal (120) de la reivindicación 3, en el que el procesador (1090) está operativo para procesar la señalización para su transmisión en un segmento de frecuencia asignado al terminal (120), donde el controlador (1080) está operativo para recibir la solicitud de transmisión de señales piloto en al menos un segmento de frecuencia adicional no asignado al terminal (120), y en el que el procesador (1090) está operativo además para generar la señal piloto para su transmisión en el al menos un segmento de frecuencia adicional.
- 10 **5.** El terminal (120) de la reivindicación 3, en el que el controlador (1080) está operativo para determinar si un paquete transmitido al terminal (120) se descodifica correctamente y para recibir implícitamente la solicitud de transmisión de señales piloto en el enlace inverso si el paquete no se descodifica correctamente.
- 15 **6.** Un procedimiento para transmitir señales piloto en un sistema de comunicación (100), que comprende:
 recibir en un terminal (120) una solicitud de transmisión de señales piloto en un enlace inverso;
 determinar una asignación de tiempo-frecuencia para la transmisión de señales piloto; y
20 transmitir una señal piloto en el enlace inverso en la asignación de tiempo-frecuencia, donde la transmisión de señales piloto en el enlace inverso se usa para planificar el terminal (120) para la transmisión de datos en un enlace directo, para un procesamiento espacial de transmisión de datos al terminal (120), o tanto para la planificación como para el procesamiento espacial;
25 en el que el terminal (120) es un miembro de un subconjunto que un aparato de servicio (110) ha seleccionado, a partir de un conjunto de terminales (120) atendidos por el aparato de servicio (110), para recibir la solicitud.
- 30 **7.** El procedimiento de la reivindicación 6, que además comprende:
 transmitir señalización en un segmento de frecuencia asignado al terminal (120), y en el que la solicitud es para la transmisión de señales piloto en al menos un segmento de frecuencia adicional no asignado al terminal (120).
- 35 **8.** Un programa informático que proporciona código de programa para realizar, cuando es ejecutado por un ordenador, el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.
- 40 **9.** Un programa informático que proporciona código de programa para realizar, cuando es ejecutado por un ordenador, el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 o 7.
- 10.** El programa informático de la reivindicación 8, en el que la selección del al menos un terminal (120) para la transmisión de señales piloto en el enlace inverso comprende recibir retroalimentación para transmisiones previas de datos en el enlace directo, y seleccionar el al menos un terminal (120) para la transmisión de señales piloto en el enlace inverso en base a la retroalimentación recibida.



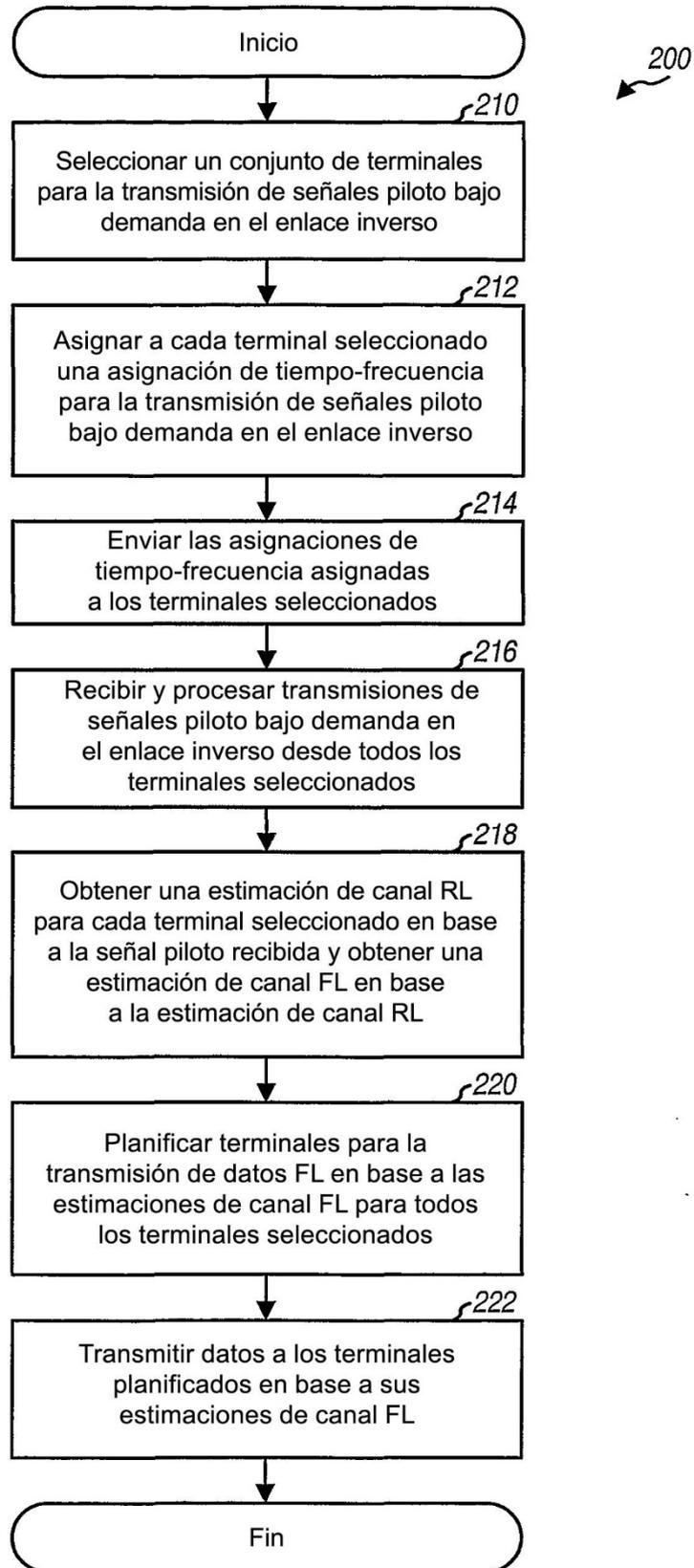


FIG. 2

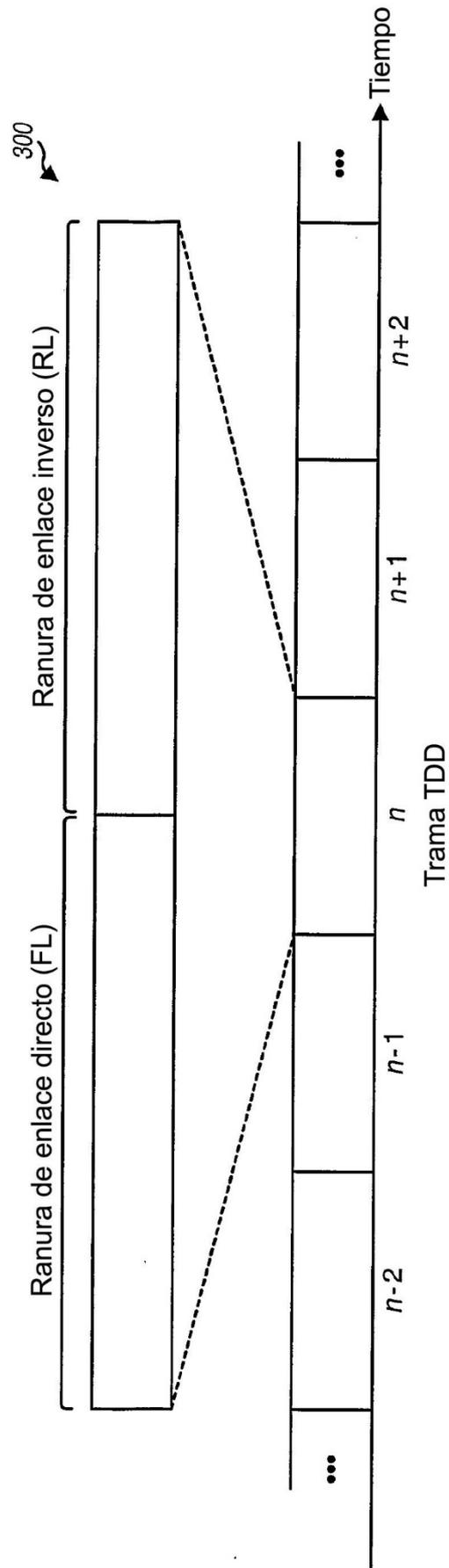


FIG. 3

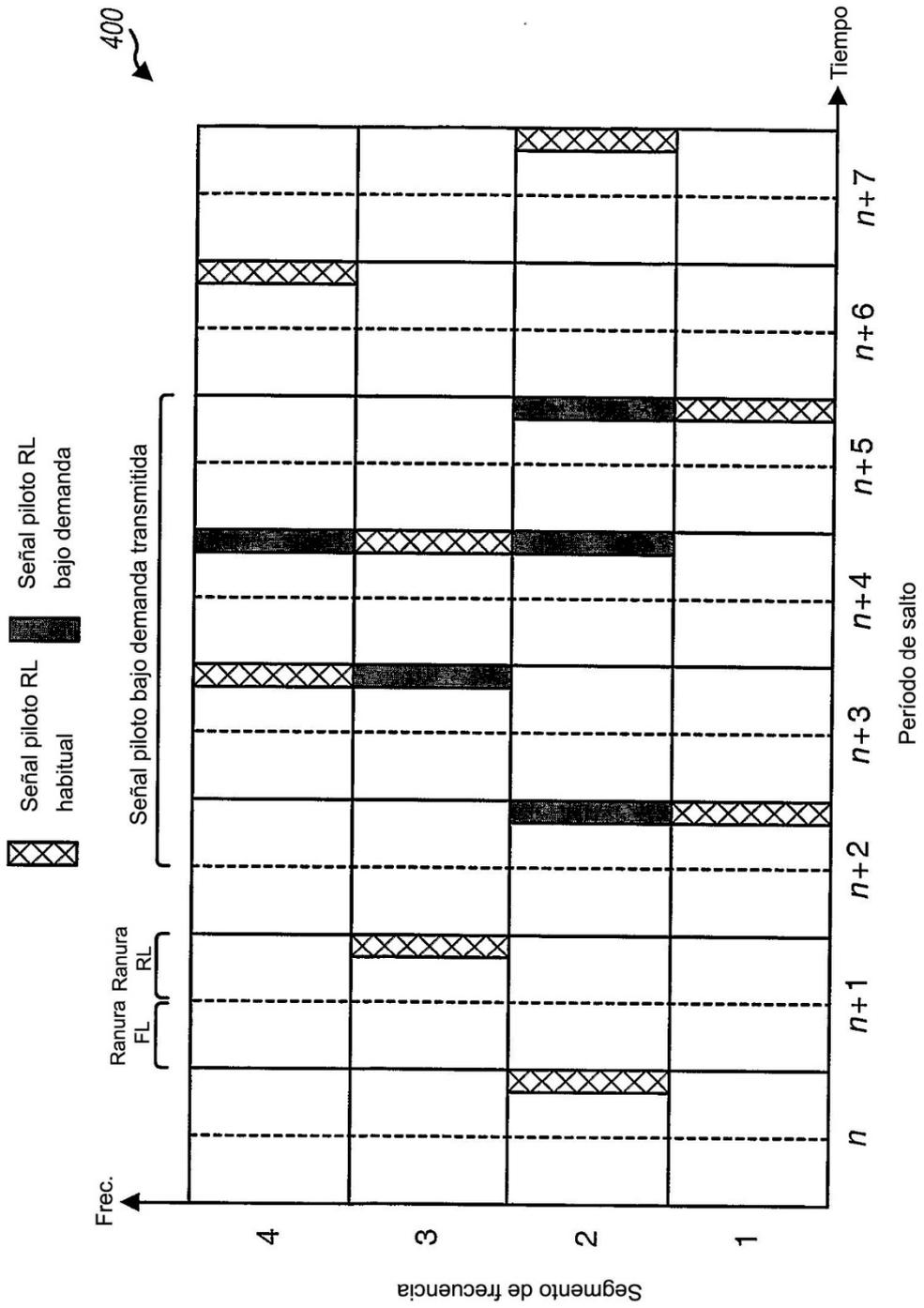
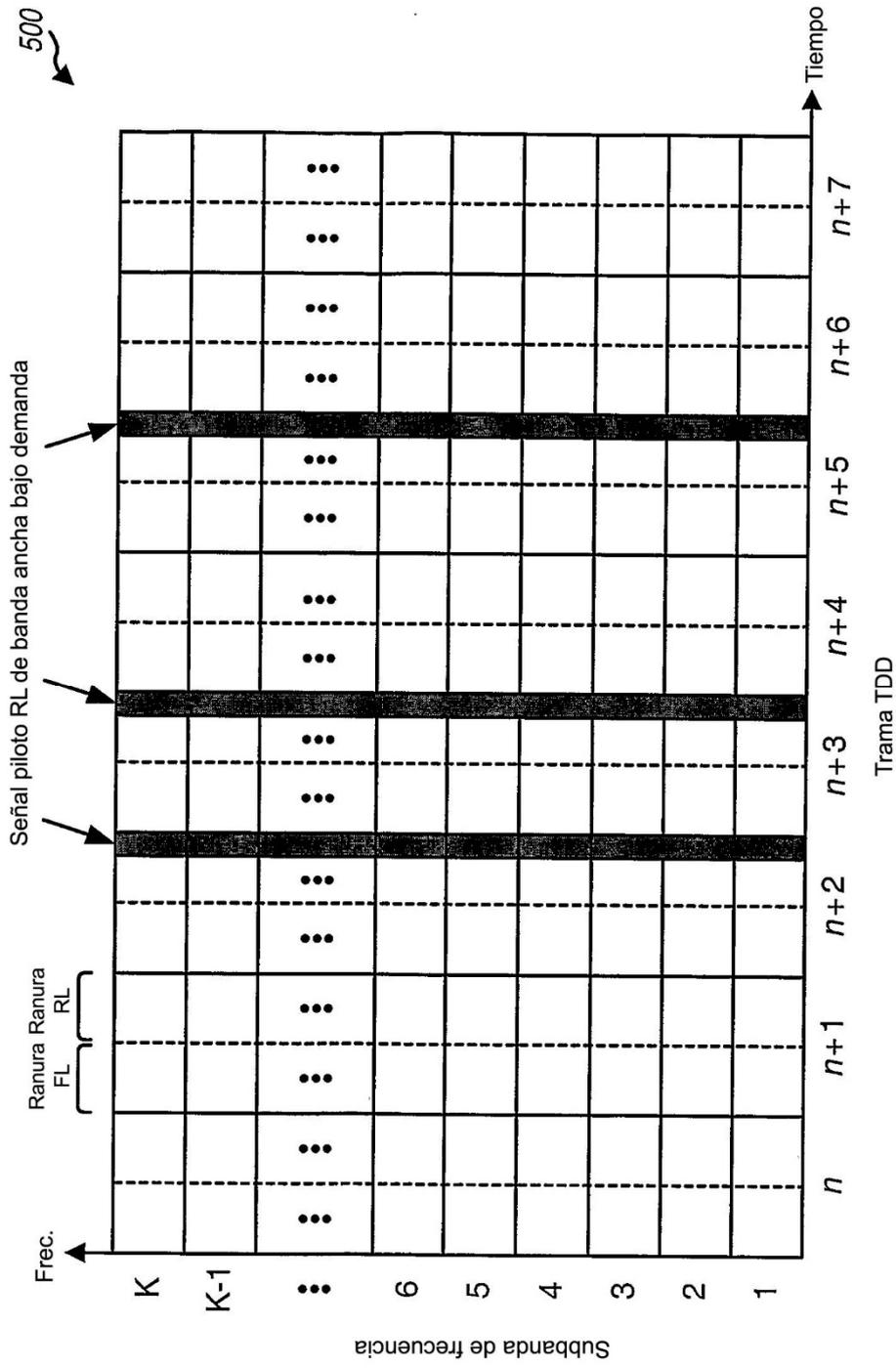


FIG. 4



Trama TDD
FIG. 5

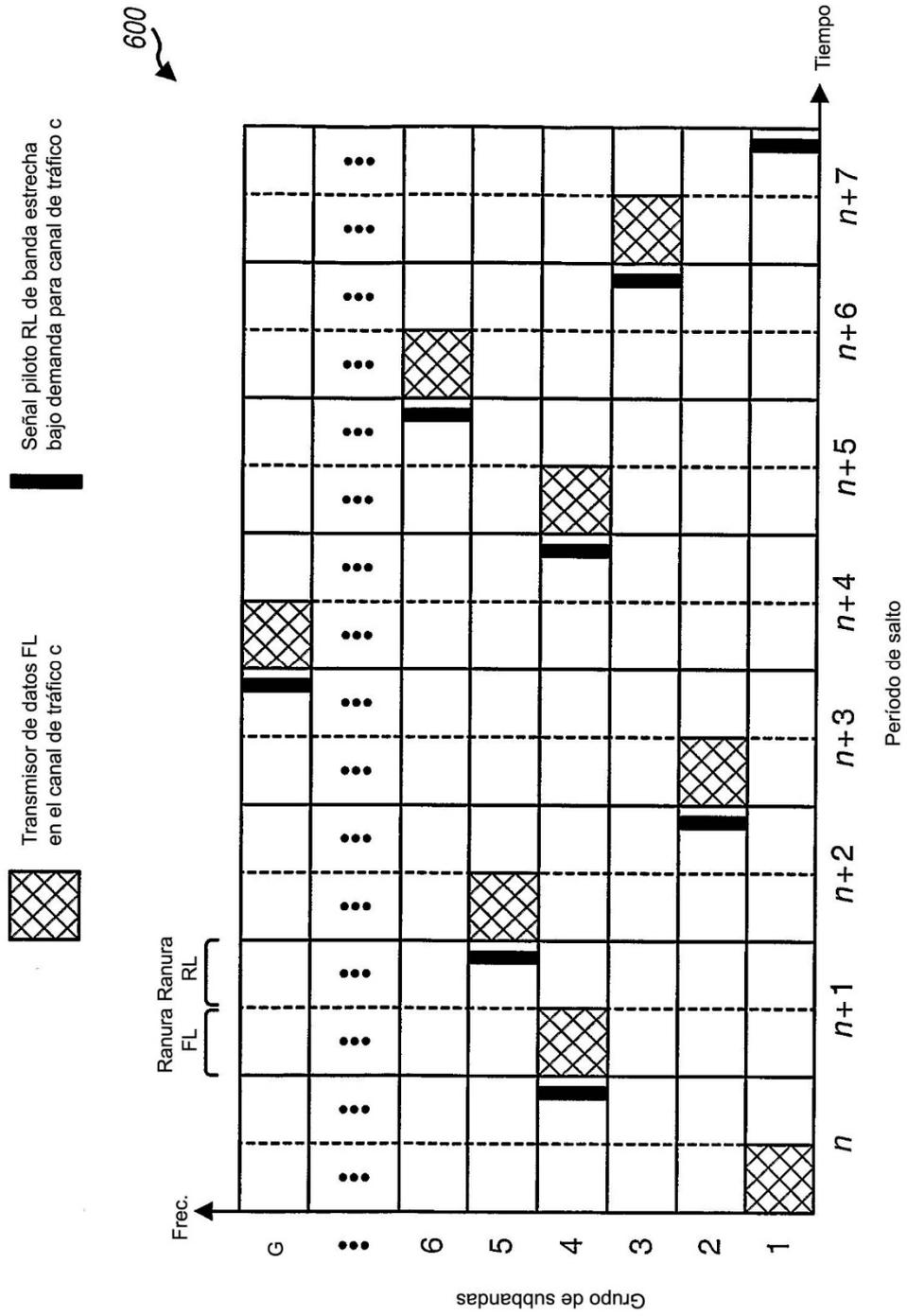


FIG. 6

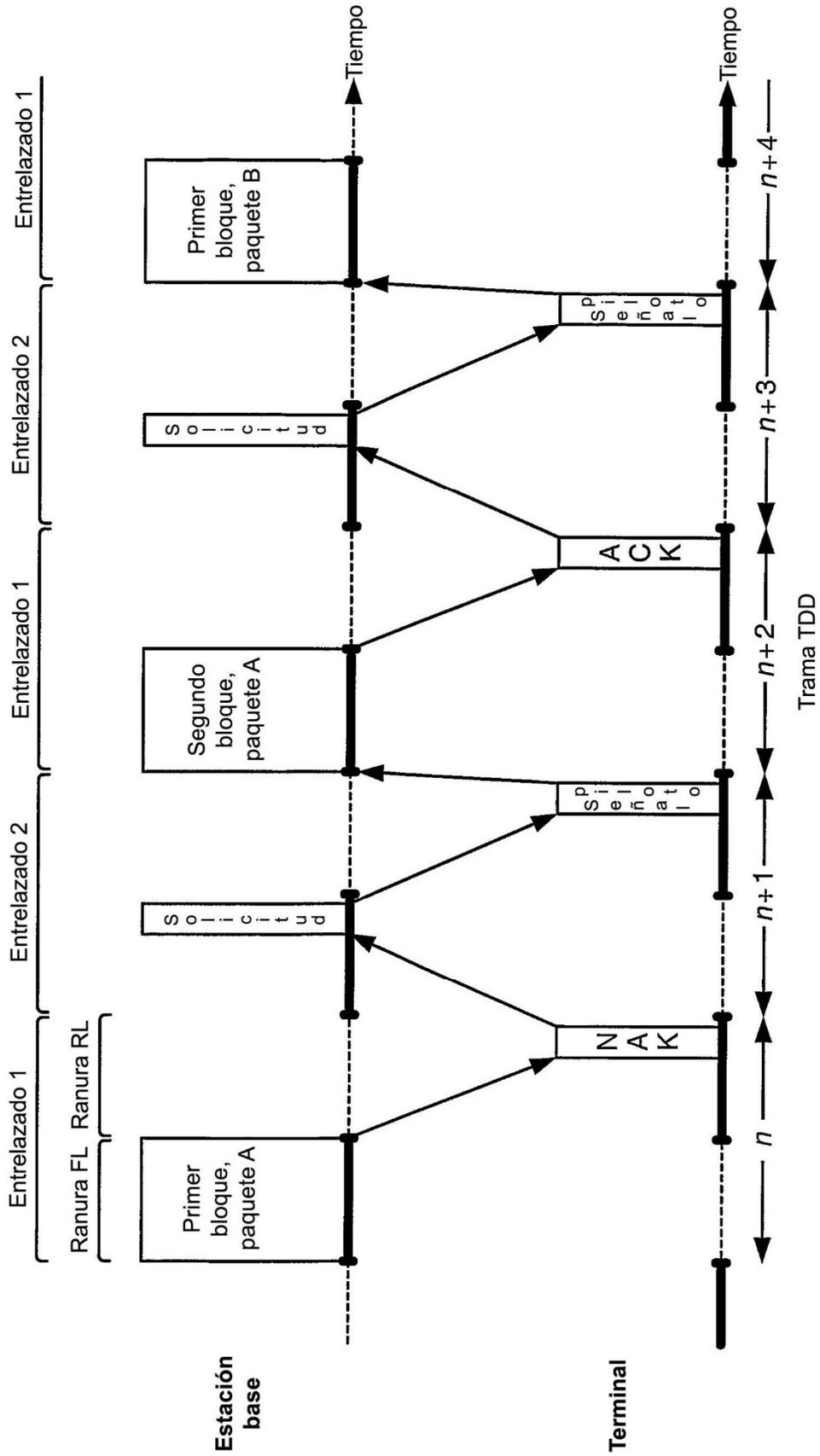


FIG. 7

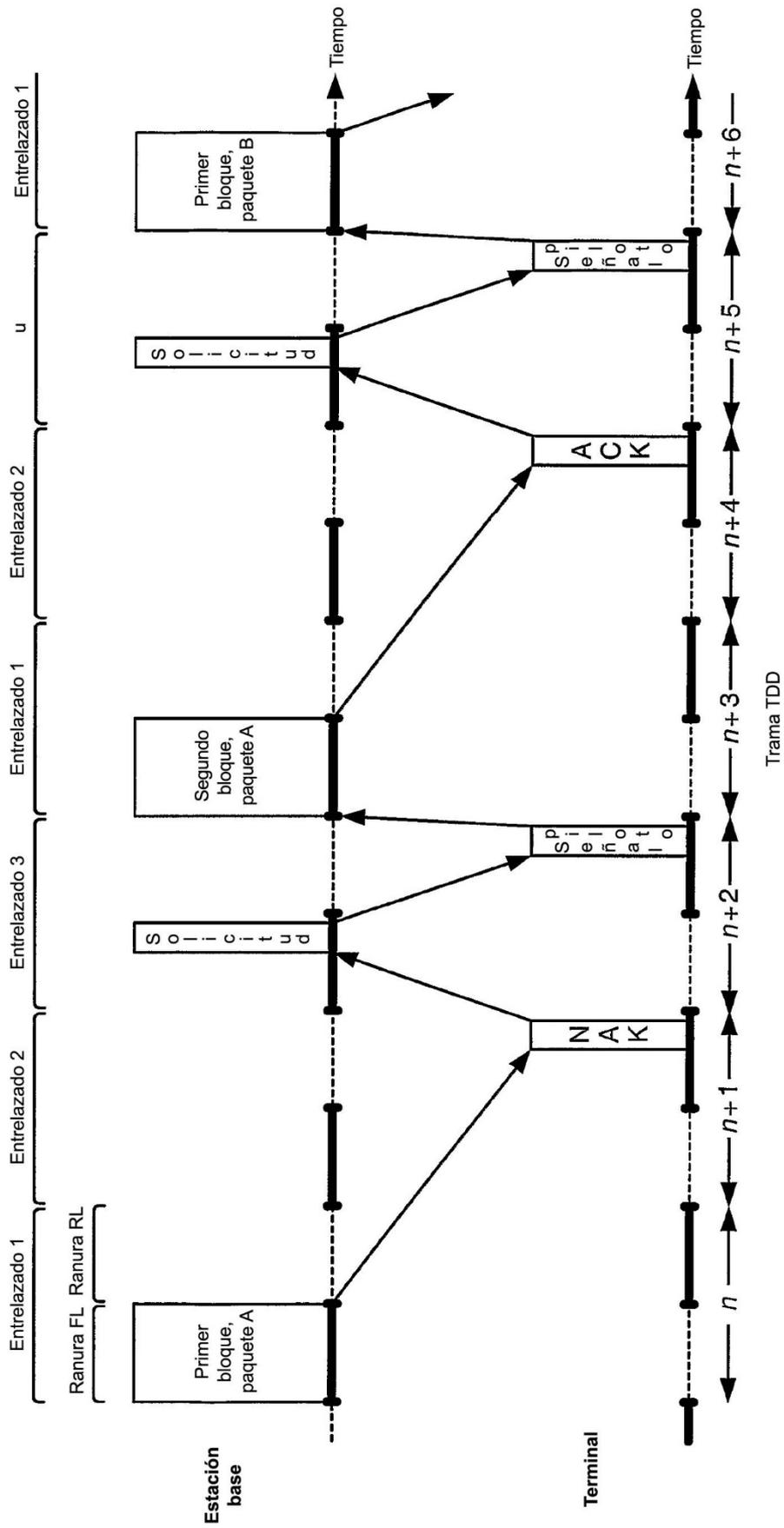


FIG. 8

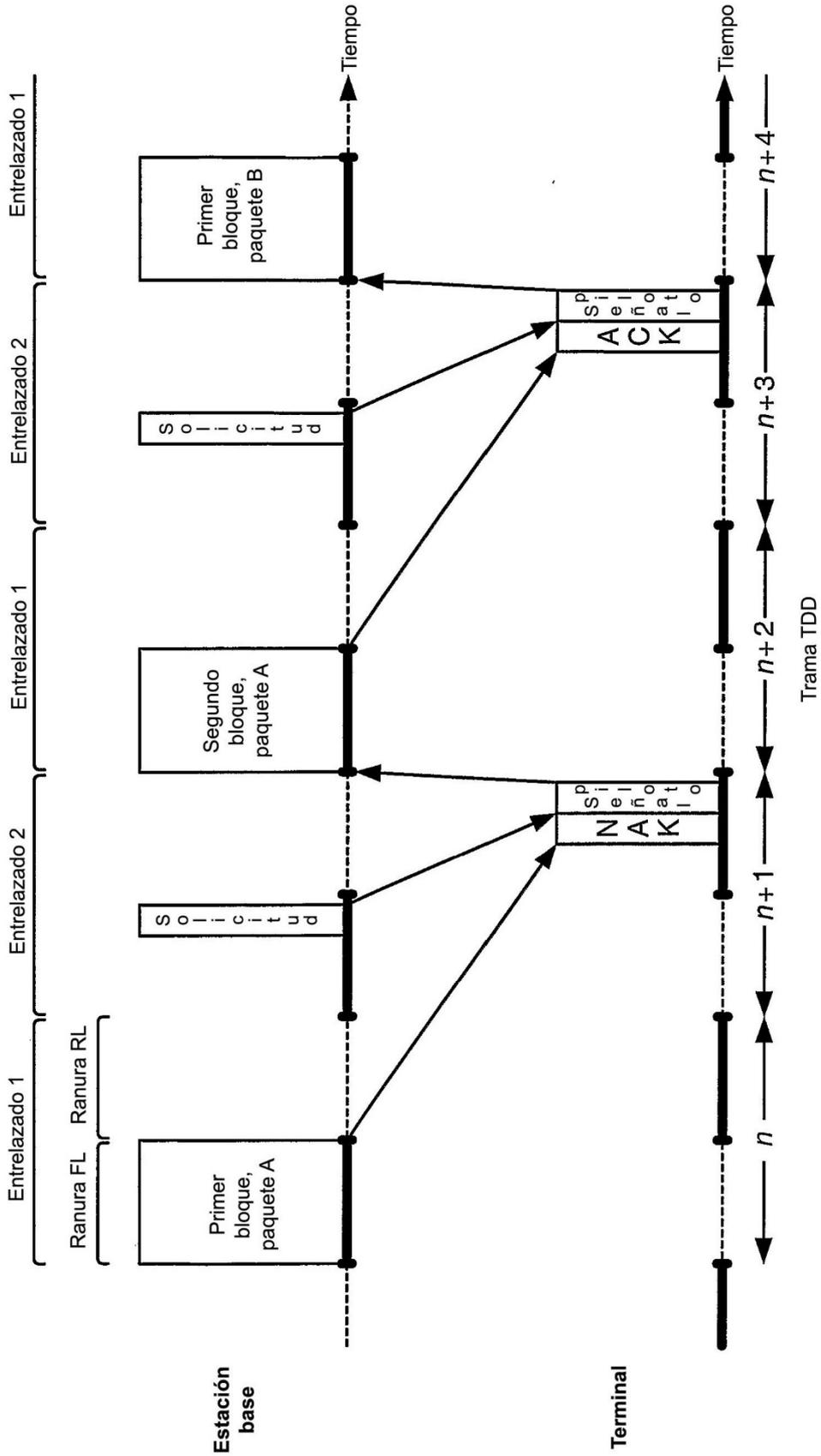


FIG. 9

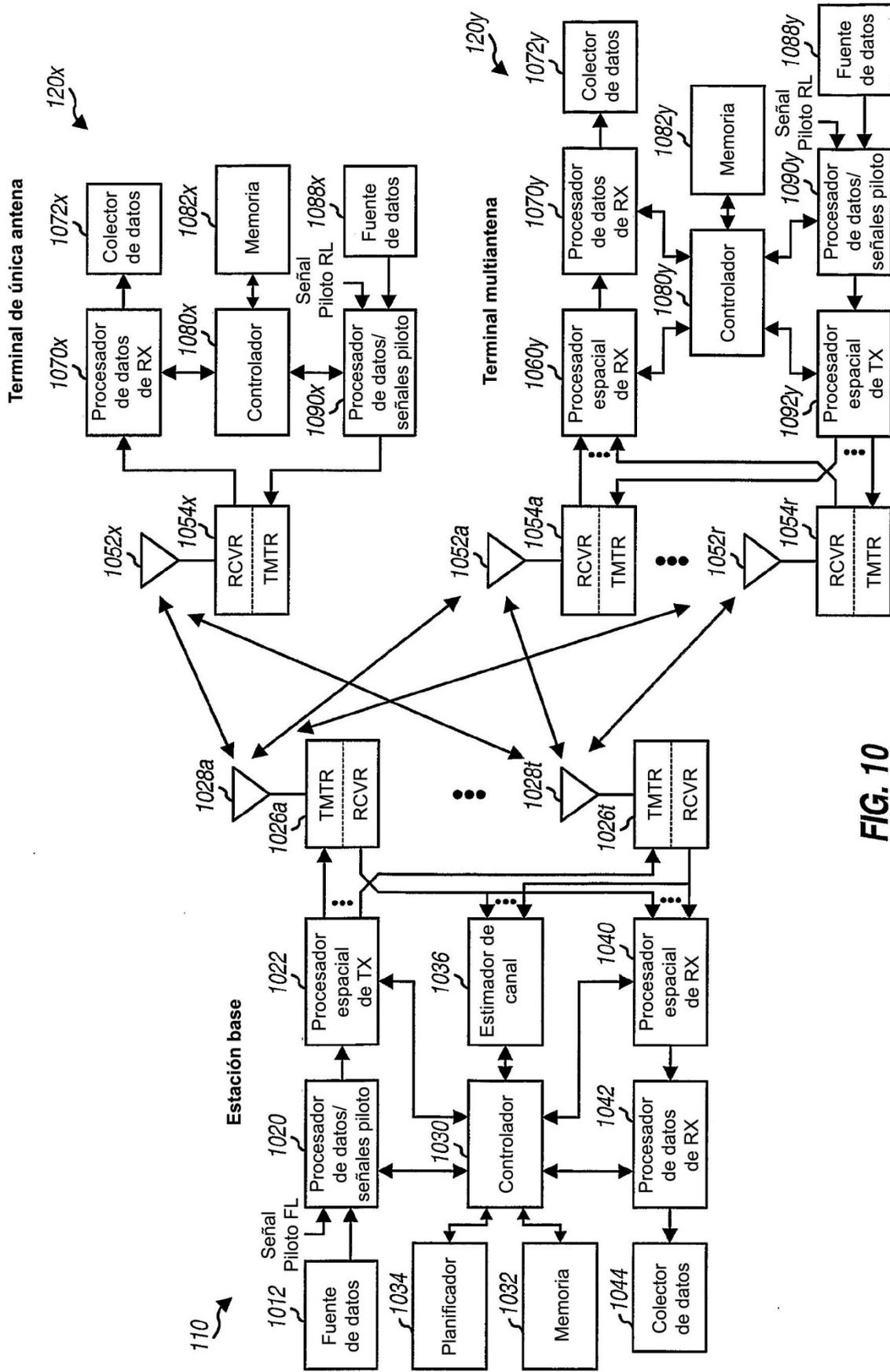


FIG. 10