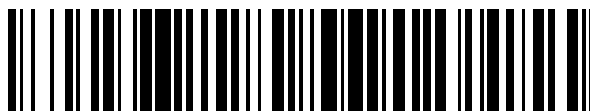


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 821**

51 Int. Cl.:

**H04W 88/04** (2009.01)

**H04L 25/03** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.08.2015** **PCT/EP2015/069251**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.03.2016** **WO16030294**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.08.2015** **E 15753946 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2019** **EP 3187022**

54 Título: **Un transceptor, un SUDAC, un procedimiento para el procesamiento de señales en un transceptor y procedimientos para el procesamiento de señales en un SUDAC**

30 Prioridad:

**27.08.2014 EP 14182552**

**16.12.2014 EP 14198339**

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

**11.03.2020**

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (100.0%)  
Hansastraße 27c  
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**BREILING, MARCO;  
BURKHARDT, FRANK;  
ROHDE, CHRISTIAN;  
NG, WING KWAN y  
SCHÖBER, ROBERT**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 747 821 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

Un transceptor, un SUDAC, un procedimiento para el procesamiento de señales en un transceptor y procedimientos para el procesamiento de señales en un SUDAC

5

**[0001]** Las realizaciones de la presente invención se refieren a un transceptor, un SUDAC (también denominado Componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido) y un sistema que comprende el transceptor y el SUDAC. Otras realizaciones se refieren a procedimientos para el procesamiento de señales en el transceptor o en el SUDAC. Las realizaciones preferidas se refieren a un concepto de sincronización para un SUDAS (Sistema de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido).

10

**[0002]** El documento US 5592507 A se refiere a una estación de retransmisión intermedia de un sistema de comunicación digital por microondas que utiliza canales de servicio para monitorizar y controlar los recursos.

15

**[0003]** Un SUDAS es un sistema que comprende al menos un relé. En las redes de retransmisión de amplificación y avance (AF, por sus siglas en inglés) convencionales, la señal retransmitida (transmitida desde el nodo de retransmisión) normalmente se encuentra en la misma banda de frecuencia portadora que la señal original (transmitida desde el nodo de origen). Se admiten canales ortogonales para los relés, donde se admite multiplexación por división de tiempo (TDM, por sus siglas en inglés), multiplexación por división de frecuencia (FDM, por sus siglas en inglés) o multiplexación por división de código (CDM, por sus siglas en inglés). Los datos pilotos (también llamados datos de formación o datos de referencia) proporcionados dentro de los datos de carga útil son normalmente suficientes para la sincronización y la estimación general en la banda de frecuencia portadora utilizada y las subbandas relacionadas. Debido a la consideración de la misma banda de frecuencia para la transmisión, la estructura piloto (transmitida por el nodo de origen) se puede optimizar para sistemas de relé AF con respecto a las peores condiciones del canal y las técnicas de estimación de canal aplicadas en el nodo de destino, véase [9], [10]. Esto no es válido para una conversión de frecuencia importante durante la transmisión y reenvío de señal.

20

25

**[0004]** Por ejemplo, se propone un diseño de matriz piloto en [8], donde el canal en cascada desde el nodo de origen al nodo de retransmisión y el nodo de retransmisión al nodo de destino se identifica para un sistema de retransmisión AF. Sin embargo, se admiten las mismas características lentamente variables en el tiempo de ambos canales debido a la transmisión en la misma banda de frecuencia. Es por eso que se puede aplicar un conjunto de distintas matrices piloto (= matrices de permutación subportadoras unitarias aplicadas en el nodo de retransmisión) presuponiendo que ambos canales sean casi constantes. El nodo de destino aprovecha el conocimiento de este conjunto para estimar ambos canales.

35

**[0005]** Dada una estructura de señal, donde se incluyen los campos de datos pilotos, los procedimientos para estimar el canal de transmisión o el desplazamiento de frecuencia (portadora) de estos campos piloto son ampliamente conocidos y aplicados, véase [3] y [6]. Estas estimaciones se mantienen para el recurso tiempo-frecuencia-código-espacio (t-f-c-e), donde se encuentran los campos piloto. Además, el hecho de tener reciprocidad del canal inalámbrico es ampliamente conocido y a menudo explotado, p. ej., en [7], donde se presupone la información perfecta del estado del canal.

40

**[0006]** En [11], se consideran los esquemas de sincronización y estimación de canales en los sistemas de retransmisión OFDM/OFDMA, donde se diferencia entre los sistemas de retransmisión transparentes y cooperativos que soportan un sistema de red móvil basado en OFDM. Un relé transparente significa que el equipo de usuario no puede determinar si el equipo de usuario recibió la señal de la estación base o del relé. Sin embargo, los relés cooperativos interactúan con la estación base y el equipo de usuario, donde se hace especial hincapié aquí en la codificación espacio-tiempo (bloque) y la codificación de frecuencia espacial (bloque).

45

**[0007]** En [11], los datos pilotos dentro de la señal de carga útil del relé se pueden usar directamente para la estimación y sincronización del canal. Además, [11] utiliza una estimación del retardo de propagación entre distintos enlaces de transmisión, p. ej., entre enlace directo y dos enlaces de retransmisión, así como una compensación de los distintos retrasos para una estimación de canal más precisa. Aunque no se indica en [11], esto funciona solo mientras los retrasos se encuentren dentro del prefijo cíclico del símbolo OFDM para evitar interferencias entre símbolos (ISI) e interferencias entre portadores (ICI).

55

**[0008]** [11] utiliza además las compensaciones de portadora y los desplazamientos de temporización almacenados de una estimación anterior, por lo que se propone una identificación del dispositivo transmisor para la búsqueda correcta de la tabla y la compensación del desplazamiento. Esta tabla puede mantenerse actualizada. Esto es muy esencial para el sistema cooperativo en [11], porque todos los dispositivos (estación base, relés, equipos de usuario) comparten los mismos recursos t-f-c-e.

60

**[0009]** En [12], se describe un procedimiento de estimación de canal especial, llamado detección comprimida, para una red de retransmisión bidireccional. Según una secuencia de formación muy específica, una secuencia de formación aleatoria gaussiana, que se transmite por cada terminal de usuario, se realiza una estimación iterativa del

65

canal. Por lo tanto, este procedimiento funciona bien solo en relación con la aplicación de la secuencia de formación aleatoria gaussiana.

**[0010]** [13] muestra un intercambio de errores de estimación de canal en el sistema de retransmisión bidireccional MIMO utilizando un algoritmo iterativo, en el que el retraso adicional se produce al intercambiar los errores de estimación de canal.

**[0011]** En [14], se considera un nodo de retransmisión de procesamiento MIMO, es decir, con múltiples antenas de entrada y salida, mientras que los nodos de origen y destino solo tienen una sola antena. En este sistema de retransmisión unidireccional, los nodos de origen y los nodos de retransmisión transmiten secuencias de formación al nodo de retransmisión y al nodo de destino (recibe la secuencia de formación del nodo de origen y el relé), que es una forma directa de medir todos los enlaces presentes. El nodo de retransmisión realiza la estimación de canal, así como el cálculo de la matriz de procesamiento de señal MIMO de retransmisión y la matriz de recepción para los nodos de destino mediante un algoritmo iterativo. La técnica de [14] no puede resolver el problema declarado de un canal que varía rápidamente en el tiempo debido a la gran demora introducida por el tiempo de convergencia de un algoritmo derivado y debido a la degradación de la retroalimentación obsoleta muy probable de las estimaciones de canal desde los nodos de destino.

**[0012]** Todos los conceptos mencionados anteriormente tienen en común que los efectos como el desplazamiento Doppler u otras distorsiones de canal se magnifican debido al uso de estaciones de retransmisión y se supone que muestran características similares. Esto se debe a que una conversión de frecuencia importante, que cambia las características, no se considera en estos conceptos.

**[0013]** Por lo tanto, existe la necesidad de una técnica mejorada.

**[0014]** El objeto es proporcionar un concepto que evite los inconvenientes descritos anteriormente. Este objeto se resuelve por el objeto de las reivindicaciones independientes.

**[0015]** Según una primera realización, un transceptor de un equipo de usuario comprende una etapa de recepción, un estimador de canal frontal, un ecualizador de canal frontal, un estimador de canal final y un ecualizador de canal final. La etapa de recepción está configurada para recibir una señal entrante de un SUDAC, que permite una comunicación de retransmisión que comprende una comunicación frontal que usa frecuencias extremadamente altas y una comunicación final que usa frecuencias ultra altas. La señal entrante comprende una porción de datos, una porción de control final y una porción de control frontal, la porción de control frontal comprende una señal de evaluación frontal y una señal de configuración. El estimador de canal frontal está configurado para realizar una estimación de canal basada en la señal de evaluación frontal, en el que el ecualizador de canal frontal está configurado para ecualizar las distorsiones, causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas, basadas en la estimación de canal del estimador de canal frontal. El estimador de canal final está configurado para realizar una estimación de canal basada en la porción de control final en la que el ecualizador de canal final está configurado para ecualizar las distorsiones, causadas por el uso de frecuencias ultra altas, basadas en la estimación de canal del estimador de canal final.

**[0016]** Las enseñanzas aquí descritas se basan en la idea fundamental de que un sistema, que utiliza dos interfaces aéreas acopladas en serie para transmitir datos, comprende medios para compensar los efectos de distorsión causados por la primera y la segunda interfaz aérea. Por lo tanto, las realizaciones de la presente invención comprenden una técnica de dos etapas para detectar/estimar y/o compensar las distorsiones causadas en la primera y segunda interfaz aérea, por ejemplo, una técnica de dos etapas para la estimación de canal o una técnica de dos etapas para la estimación de desplazamiento de frecuencia. El término señal de evaluación puede referirse a datos de formación para evaluación explícita/directa y puede referirse a datos de información/carga útil para evaluación implícita/indirecta mediante la explotación de propiedades de los datos de información/carga útil. Estos dos casos de evaluación se denotan en la literatura como estimación asistida por datos y no asistida por datos. Y la evaluación puede comprender deducir estimaciones y parámetros para mejorar la sincronización y, por lo tanto, la calidad de la señal. Por ejemplo, la estimación de canal surge a un ecualizador con las estimaciones de canal para reducir las distorsiones del canal de transmisión. Se tiene en cuenta además que el uso de frecuencias ultra altas o frecuencias extremadamente altas puede referirse a frecuencias portadoras.

**[0017]** Según otras realizaciones, el transceptor comprende una etapa de transmisión, un preestimador de canal frontal y un preestimador de canal final. El preestimador de canal frontal está configurado para calcular los coeficientes de canal frontal para realizar una preestimación de canal con el fin de compensar previamente las distorsiones que serán causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas basadas en la señal de evaluación frontal. El preestimador de canal final está configurado para calcular los coeficientes de canal final con el fin de realizar una estimación de canal basada en la porción de control final para reducir las distorsiones que serán causadas por el uso de las frecuencias ultra altas. Al explotar estas (pre)estimaciones, las realizaciones muestran que la etapa de transmisión está configurada para transmitir las características del canal frontal y/o final y/o parámetros relacionados con el canal frontal y/o final y/o parámetros relacionados con el procesamiento de señales frontales y/o finales al SUDAC para controlar de forma remota el procesamiento de la señal en el SUDAC. Esta realización puede ser

adecuada para redes de comunicación móvil TDD (dúplex por división de tiempo), donde se usa la misma frecuencia portadora final para enlace de subida y enlace de bajada. En otras palabras, la reciprocidad del canal puede ser beneficiosa para esta realización.

5 **[0018]** Las realizaciones muestran el transceptor que comprende una etapa de recepción directa configurada para recibir directamente una señal de la estación base, en el que el estimador de canal final común está configurado para realizar una estimación de canal combinada basada en la pluralidad de porciones de control final y la señal recibida directamente desde la estación base. Esto es ventajoso ya que, adicionalmente, el transceptor puede recibir una señal directamente desde la estación base que no está siendo transmitida por un SUDAC.

10

**[0019]** Otras realizaciones muestran un SUDAC que comprende un transceptor final, un transceptor frontal y un generador de señal de evaluación. El transceptor final está configurado para recibir una señal entrante desde una estación base usando frecuencias ultra altas en las que el transceptor final está configurado para emitir la señal de entrada a frecuencias intermedias. El generador de señal de evaluación está configurado para generar una porción de control frontal que comprende una señal de evaluación frontal y una señal de control. Además, el transceptor frontal está configurado para generar una señal de salida usando frecuencias extremadamente altas que comprenden la señal entrante y la parte de control frontal y para transmitir la señal de salida y la señal de la parte de control frontal a un equipo de usuario. Esta realización puede referirse a un SUDAC con transmisión de señal que incluye una conversión de frecuencia.

20

**[0020]** Otras realizaciones muestran un SUDAC que comprende un transceptor frontal, un transceptor final y un ecualizador de canal final. El transceptor final está configurado para recibir una señal entrante desde una estación base usando frecuencias ultra altas y está configurado para emitir la señal de entrada a frecuencias intermedias. El ecualizador de canal final está configurado para reducir la señal entrante de las distorsiones causadas por el uso de las frecuencias ultra altas, mediante la señal de configuración recibida de un estimador de canal final del equipo de usuario a través del transceptor frontal. El transceptor frontal está configurado para emitir la señal entrante utilizando frecuencias extremadamente altas para generar una señal saliente y transmitir la señal saliente a un equipo de usuario. Además o alternativamente, el transceptor frontal está configurado para recibir una señal de configuración del equipo de usuario y para enviar la señal de configuración al ecualizador de canal final.

30

**[0021]** Una realización adicional muestra un SUDAC que comprende un preecualizador de canal frontal que está configurado para preecualizar la señal de salida para reducir las distorsiones, que serán causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas, basadas en la señal de configuración recibida de un estimador de canal frontal del equipo de usuario.

35

**[0022]** Otras realizaciones muestran el transceptor frontal del SUDAC que comprende un estimador de frecuencia frontal configurado para realizar una estimación de frecuencia frontal basada en la porción de control frontal. El compensador de frecuencia frontal está configurado para realizar una compensación de desplazamiento de frecuencia frontal de la señal de entrada y/o de salida frontal basada en la estimación. Adicional o alternativamente, el transceptor final comprende un estimador de frecuencia final configurado para realizar una estimación de frecuencia final basada en la porción de control final. El compensador de frecuencia final está configurado para realizar una compensación de desplazamiento de frecuencia final de la señal de entrada y/o de salida final basada en la estimación.

40

**[0023]** Otras realizaciones muestran que el SUDAC comprende un estimador de canal frontal y un ecualizador de canal frontal, en el que el estimador de canal frontal está configurado para realizar una estimación de canal basada en la señal de evaluación frontal y en el que el ecualizador de canal frontal está configurado para ecualizar las distorsiones, causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas, basadas en la estimación de canal del estimador de canal frontal.

45

50 **[0024]** Según otras realizaciones, se proporciona un sistema que comprende un transceptor y un SUDAC, en el que el SUDAC y el transceptor establecen un enlace de comunicación utilizando las etapas de recepción y transmisión del transceptor y el transceptor frontal del SUDAC. Además, el SUDAC y el transceptor establecen una sincronización de tiempo adaptativa de hardware y/o entorno, en la que la sincronización de tiempo comprende al menos una referencia de sincronización usando una referencia de tiempo común externa o una sincronización en la que el transceptor envía su referencia de reloj actual usando la señal de sincronización frontal o final.

55

**[0025]** Según realizaciones adicionales, se proporcionan procedimientos para el procesamiento de señales en el transceptor y el SUDAC. Los procedimientos se realizan utilizando un equipo de usuario y/o un SUDAC. Según una realización, se proporciona un programa informático para este procedimiento.

60

**[0026]** Las realizaciones de la presente invención se discutirán posteriormente haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra una descripción esquemática de los enlaces entre el SUDAC, el equipo de usuario y una estación base;

65



- la figura 2 muestra una descripción esquemática de un equipo de usuario en movimiento con respecto a tres SUDAC;
- la figura 3 muestra una descripción esquemática de un transceptor de un equipo de usuario y sus enlaces de comunicación;
- la figura 4 muestra una visión general esquemática de un transceptor de un equipo de usuario y sus bloques de procesamiento;
- 10 la figura 5 muestra un diagrama de bloques esquemático de un SUDAC según una realización;
- la figura 6 muestra un diagrama de bloques esquemático de un SUDAC según una realización;
- la figura 7 muestra un diagrama de bloques esquemático de un SUDAC según una realización;
- 15 la figura 8 muestra una descripción esquemática de un sistema que comprende un transceptor de un equipo de usuario y un SUDAC;
- la figura 9 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procedimiento para el procesamiento de señales en un transceptor;
- 20 la figura 10 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procedimiento para el procesamiento de señales en un SUDAC;
- 25 la figura 11 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procedimiento para el procesamiento de señales en un SUDAC;
- la figura 12a muestra un diagrama esquemático de la estación base y el equipo de usuario, cada uno con tres antenas que describen una comunicación MIMO 3x3 común;
- 30 la figura 12b muestra un diagrama esquemático de la estación base, dos SUDAC y un equipo de usuario en un modo de comunicación 3x3;
- la figura 12c muestra un diagrama esquemático de la estación base, el SUDAC que comprende dos antenas de recepción, el SUDAC que comprende una antena de recepción y el equipo de usuario que comprende una antena de recepción en un modo de comunicación 3x4.
- 35 la figura 13a muestra espectros de transmisión esquemáticos de tres SUDAC que se visualizan frente a la frecuencia  $f$ ;
- 40 la figura 13b muestra espectros de transmisión ejemplares de una transmisión de doble baliza no sincronizada en la banda 60G por tres SUDAC;
- la figura 14 muestra un espectro de transmisión ejemplar de bloques de señal de baliza múltiple en la banda 60G por un SUDAC;
- 45 la figura 15 muestra un espectro de transmisión ejemplar de bloques de señal de baliza de superposición en la banda 60G por un SUDAC;
- 50 la figura 16 muestra una estructura de señal de baliza de alto nivel ejemplar que indica campos piloto y campos para datos de control y configuración en un modo TDD (dúplex por división de tiempo);
- la figura 17 muestra una estructura de señal de baliza de alto nivel ejemplar que indica campos piloto y campos para datos de control y configuración en un modo FDD (dúplex por división de frecuencia);
- 55 la figura 18 muestra una imagen comparable a la imagen de la figura 16, donde además, se muestran estimaciones de un cambio Doppler frontal  $f_D(t_1) - f_D(t_5)$  y coeficientes de canal complejos  $h$  deducidos de dos señales de baliza ejemplares de un SUDAC;
- 60 la figura 19 muestra un procesamiento conjunto ejemplar de campos piloto a partir de dos señales de baliza, donde la estructura del campo piloto está alineada en las señales de baliza 1 y 2;
- la figura 20 muestra ejemplos de señales de baliza de un SUDAC que sirve como una ruta de retransmisión de enlace de bajada y una ruta de retransmisión de enlace de subida en modo dúplex por división de frecuencia (FDD);
- 65

la figura 21 muestra señales de baliza de un SUDAC que sirve como una ruta de retransmisión de enlace de bajada y una ruta de retransmisión de enlace de subida en modo dúplex por división de tiempo (TDD);

la figura 22 muestra un diagrama de bloques esquemático de bloques de procesamiento de señales en el equipo de usuario para comunicarse con los SUDAC;

la figura 23 muestra un diagrama de bloques esquemático de bloques de procesamiento de señales en el equipo de usuario para comunicarse con tres SUDAC;

la figura 24a muestra un diagrama de bloques esquemático de bloques de procesamiento de señal para procesamiento de señales comprimidas en el equipo de usuario y el SUDAC;

la figura 24b muestra un diagrama de bloques esquemático de bloques de procesamiento de señal para procesamiento de señales comprimidas en el equipo de usuario y el SUDAC;

la figura 24c muestra un diagrama de bloques esquemático de bloques de procesamiento de señal para procesamiento de señales comprimidas en el equipo de usuario y el SUDAC;

la figura 24d muestra un diagrama de bloques esquemático de bloques de procesamiento de señal para procesamiento de señales comprimidas en el equipo de usuario y el SUDAC;

la figura 24e muestra un diagrama de bloques esquemático de bloques de procesamiento de señal para procesamiento de señales comprimidas en el equipo de usuario y el SUDAC;

la figura 25 muestra un espectro de frecuencia esquemático de una señal retransmitida, donde la señal de carga útil objetivo tiene un ancho de banda menor que el ancho de banda de retransmisión para la retransmisión de señales de enlace de bajada y/o enlace de subida;

la figura 26 muestra un espectro de frecuencia esquemático de un canal de retransmisión compartido dentro del mismo ancho de banda de retransmisión, que se mantiene para la retransmisión de señales de enlace de bajada y de enlace de subida;

la figura 27 muestra espectros de frecuencia esquemáticos de procesamiento de cinco subbandas de señal final que se incrustan en cinco porciones de datos frontales en la interfaz; y

la figura 28 muestra una red 3D esquemática que muestra la pérdida/degradación en dB debido al ruido de fase y al error de estimación de canal que depende de la longitud del campo piloto y la SNR (relación señal/ruido) ( $E_s/N_0$ ).

**[0027]** A continuación, se discutirán en detalle realizaciones de la presente invención, en las que se proporcionan números de referencia idénticos a objetos que tienen funciones idénticas o similares, de modo que la descripción de los mismos es intercambiable o aplicable mutuamente.

#### Realizaciones básicas

**[0028]** En un sistema de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (SUDAS) como se propuso en [1], la señal de carga útil retransmitida en la banda de frecuencia de 60 GHz (onda de mm) (60G) tiene medios insuficientes para la estimación y sincronización adecuadas del canal, ya que la forma de onda de la señal de carga útil está diseñada para una transmisión en la banda de frecuencia sub-6 GHz (s6G). La señal de carga útil es una señal transmitida a través del SUDAS desde la estación base al equipo de usuario o viceversa, lo que significa enlace de bajada o enlace de subida, respectivamente. Por lo tanto, se propone un nuevo concepto de estimación y sincronización de canal para un SUDAS, que es adecuado para hacer frente a las características o condiciones del canal que cambian rápidamente y los desplazamientos de frecuencia potencialmente grandes en la banda de 60 GHz, que también afectan a la señal de carga útil retransmitida. El esquema descrito más adelante garantiza una transmisión fiable de las señales de carga útil retransmitidas y las señales de estado/control del SUDAS.

**[0029]** Se prevé instalar un sistema de antenas de retransmisión autónomas (SUDAS) que actúan como satélites o relés a un equipo de usuario (UE). Un sistema de antena distribuido formado de este tipo, que consta de uno o más componentes de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (SUDAC), es la clave para emplear técnicas MIMO que desbloquean la puerta a transmisiones de datos ultrarrápidas entre un equipo de usuario (UE) y la estación base (BS) de un sistema de comunicación móvil. En otras palabras, se construye una red de retransmisión en el sentido de una matriz de antena virtual que comprende una conversión de una señal entrante en una frecuencia saliente con una frecuencia más alta o más baja, que comprende además una estimación y sincronización de canal para ambas partes del canal de transmisión. Puede pensarse en SUDAS estacionarios y móviles, en los que los SUDAC estacionarios se pueden montar en casa y los SUDAC móviles se pueden montar, p. ej., en un automóvil o transporte público (por ejemplo, autobús/tren). A continuación, las figuras 1-8 muestran los

componentes de hardware, las figuras 9-11 procedimientos para el procesamiento de señales en los componentes de hardware, las figuras 12a-c presentan esquemas de procesamiento MIMO para la comunicación, y comenzando con la figura 13 se describirán los esquemas de generación y procesamiento de señales.

5 **[0030]** La estación base (como nodo de origen) podría transmitir también una estructura piloto adecuada para la banda de frecuencia 1 (por ejemplo, s6G) y la banda 2 (por ejemplo, 60G), que se retransmitirían junto con la carga útil. Sin embargo, la sobrecarga en la banda de frecuencia s6G sería demasiado grande como para que se adopte en ningún nuevo estándar de comunicación móvil. Además, no tiene la intención de modificar la estructura piloto de la señal de carga útil s6G en el SUDAC, ya que la estandarización de las redes de comunicaciones móviles podría haber  
10 sido terminada o, así como en las realizaciones, el SUDAC no tiene conocimiento de la estructura de la señal de carga útil s6G.

**[0031]** La figura 1 muestra una descripción esquemática de los enlaces entre el SUDAC 30, el equipo de usuario 10 y una estación base 70. Según una realización, un marco de comunicación considerado se describe en [1].

15 **[0032]** Como se representa en la figura 1, el enlace entre el SUDAC 30 y la estación base 70 se denomina enlace final 75a, que comprende la comunicación final. El enlace final utiliza la banda de frecuencia 1, que para los sistemas móviles actuales funciona en el rango de frecuencia por debajo de 6 GHz (s6G). Otro enlace final 75b es un enlace entre el equipo de usuario 10 y la estación base 70. Este enlace final 75b puede ser la ruta de comunicación  
20 utilizada normalmente entre el equipo de usuario 10 y la estación base 70. Este enlace final 75b será soportado o extendido utilizando la transmisión retransmitida a través del enlace final 75a y el enlace frontal 80 para mejorar la robustez o precisión de la transmisión y/o mejorar la velocidad de datos. El enlace frontal 80 se denomina a la transmisión entre el equipo de usuario 10 y el SUDAC 30, que se transmite en la banda de frecuencia de onda milimétrica (banda 2) para permitir altas velocidades de datos para transmisiones de corto alcance, principalmente de  
25 línea de visión (LOS). El enlace frontal 80 comprende la transmisión frontal. Desde el punto de vista del sistema, ambos enlaces son bidireccionales y, como un par, crean un solo enlace de retransmisión. Un solo SUDAC 30 incorpora uno o múltiples enlaces de retransmisión independientes. La dirección del enlace desde el equipo de usuario 10 al SUDAC 30 y desde el SUDAC 30 a la estación base 70 está etiquetada como enlace de subida, la otra dirección está etiquetada como enlace de bajada.

30 **[0033]** La figura 2 muestra una descripción esquemática de un equipo de usuario 10 en movimiento con respecto a tres SUDAC 30a, 30b, 30c. El movimiento del equipo de usuario 10 se evalúa en tres posiciones, donde en la posición 1 el equipo de usuario 10 tiene una conexión de línea de visión a los SUDAC 30a y 30b, en la posición 2 el equipo de usuario 10 tiene una conexión de línea de visión a los SUDAC 30a, 30b y 30c, y en la posición 3 el equipo  
35 de usuario 10 tiene una conexión de línea de visión a los SUDAC 30a y 30c. En la posición 1 y en la posición 3, el SUDAC 30b o 30c está oculto detrás de una pared.

**[0034]** Como el sistema se basa en transmisiones LOS en el enlace frontal, es evidente que el diseño de la red puede no ser estático para un equipo de usuario portátil 10. Cuando se mueve, el equipo del usuario descubre  
40 constantemente los nuevos SUDAC 30a-c mientras pierde de vista otros SUDAC como se muestra en la figura 2. Incluso si no hay cambios en el número de SUDAC accesibles, el canal de transmisión podría cambiar. Por lo tanto, para esta transmisión y recepción de doble banda (de los equipos de usuario 10 y SUDAC 30) es beneficioso aplicar un nuevo esquema de sincronización y estimación de canal, p. ej., utilizando balizas adecuadas y estructuras de datos piloto. En general, el enlace final es el recurso más restringido y se comparte entre distintas estaciones base y otros  
45 equipos de usuario, mientras que el enlace frontal se comparte entre distintos equipos de usuario 10 y SUDAC 30. Los SUDAC 30 están retransmitiendo entre las bandas y se describirán en detalle en la sección siguiente.

**[0035]** La figura 3 muestra un transceptor básico 5 de un equipo de usuario 10. Una técnica más sofisticada se muestra en las figuras 22 y 23. El equipo de usuario 10 es, p. ej., un teléfono móvil, un ordenador o un dispositivo de  
50 un «Internet de las cosas». El transceptor 5 comprende una etapa de recepción 15, un estimador de canal frontal 20, un ecualizador de canal frontal 21, un estimador de canal final 22 y un ecualizador de canal final 23. La etapa de recepción 15 está configurada para recibir una señal entrante 25 de un SUDAC 30, que permite una comunicación de retransmisión que comprende una comunicación frontal que usa frecuencias extremadamente altas (p. ej., en la banda de 60 GHz) y una comunicación final que usa frecuencias ultra altas (p. ej., en la banda de 60 s6G). Las frecuencias  
55 ultra altas pueden estar en una banda inferior a 6 GHz (s6G), mientras que las frecuencias extremadamente altas pueden estar en una banda de 60 GHz (60G). La señal de entrada 25 comprende una porción de datos 35, una porción de control final 50 y una porción de control frontal 40, la porción de control frontal comprende una señal de evaluación frontal 45 y una señal de configuración 46. La porción de datos 35 de la señal entrante 25 puede ser una señal de carga útil o parte de una señal de carga útil y la porción de control frontal 40 puede ser una señal de baliza que  
60 comprende uno o más campos de datos pilotos (señal de evaluación frontal 45) y uno o más campos de señal de configuración 46. La baliza es típicamente un canal de control en la banda 60G que aloja información sobre un SUDAS, su configuración y datos pilotos (también conocidos como datos de referencia o pilotos). La porción de control de final 50 puede comprender uno o más campos de datos pilotos según la forma de onda de comunicación de final aplicada, p. ej., especificado en un estándar de red de comunicación móvil, p. ej., una porción de la señal de carga útil, que  
65 comprende datos conocidos utilizados para la estimación del canal en la comunicación final, p. ej., utilizando un canal

de control común. Se tiene en cuenta que las porciones de control frontal y final (40 y 50) pueden comprender en esta realización datos pilotos explícitos (destinados a la sincronización asistida por datos). Sin embargo, las propiedades de señal de los datos de control 46, así como la porción de datos 35, también se pueden evaluar para la sincronización (sin ayuda de datos). En aras de la claridad, la descripción siguiente se refiere al primer caso sin excluir el segundo caso de evaluación potencialmente extendida.

**[0036]** El estimador de canal frontal 20 está configurado para realizar una estimación de canal basada en la señal de evaluación frontal 45 para reducir las distorsiones causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas. El ecualizador de canal frontal 21 está configurado para ecualizar las distorsiones, causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas, basadas en la estimación de canal del estimador de canal frontal 20. Además, el estimador de canal final 22 está configurado para realizar una estimación de canal basada en la porción de control final 50 para reducir las distorsiones causadas por el uso de frecuencias ultra altas. El ecualizador de canal final 23 está configurado para ecualizar las distorsiones, causadas por el uso de las frecuencias ultra altas, en base a la estimación de canal del estimador de canal final 22.

**[0037]** El transceptor 5 puede comprender adicionalmente una compensación y estimación de desplazamiento de frecuencia de dos etapas, p. ej., para calcular y compensar los cambios Doppler. La estimación del canal se discutirá en detalle en la figura 4. Los esquemas de procesamiento de señal reales se describirán en secciones adicionales.

**[0038]** Como se indica en la figura 4, otras realizaciones muestran el transceptor 5 que comprende una pluralidad de etapas de recepción 15, un estimador de canal final común 22 para la pluralidad de etapas de recepción 15 y un ecualizador de canal final común 23 para la pluralidad de etapas de recepción 15 que permiten al transceptor 5 del equipo de usuario 10 usar un modo de transmisión MIMO. El estimador de canal final común 22 está configurado para realizar una estimación de canal combinada basada en una pluralidad de porciones de control final 50. Además, el ecualizador de canal final común 23 está configurado para realizar una ecualización de canal combinada basada en los resultados de la estimación de canal combinado. Además, el transceptor 5 puede comprender una etapa de recepción directa 16 configurada para recibir directamente una señal desde la estación base 70. Por lo tanto, el estimador de canal final común 22 está configurado para realizar una estimación de canal combinada basada en la pluralidad de porciones de control final 50 y la señal recibida directamente desde la estación base.

**[0039]** Otra realización muestra el transceptor 5 que comprende un estimador de frecuencia frontal 17 configurado para realizar una estimación de frecuencia frontal basada en la porción de control frontal 40 y un compensador de frecuencia frontal 18 configurado para realizar una compensación de compensación de frecuencia frontal basada en la estimación. La estimación puede realizarse utilizando el estimador de frecuencia frontal 17.

**[0040]** Otra realización muestra el transceptor 5 que comprende un estimador de frecuencia final 19 configurado para realizar una estimación de frecuencia final basada en la porción de control final 50 y un compensador de frecuencia final 24 configurado para realizar una compensación de compensación de frecuencia final basada en la estimación. La estimación puede realizarse utilizando el estimador de frecuencia frontal 24.

**[0041]** Según otras realizaciones, el transceptor 5 puede comprender una etapa de transmisión 55 y un preestimador de canal frontal 65. El preestimador de canal frontal 65 está configurado para calcular los coeficientes de canal frontal para realizar una preestimación de canal con el fin de compensar previamente las distorsiones que serán causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas basadas en la señal de evaluación frontal 45. Además, el transceptor 5 puede comprender un preestimador de canal final 66 que está configurado para calcular los coeficientes de canal final con el fin de realizar una estimación de canal basada en la porción de control final 50 para reducir las distorsiones que serán causadas por el uso de las frecuencias ultra altas.

**[0042]** Otra realización muestra que la etapa de transmisión 55 está configurada para transmitir las características del canal frontal y/o final y/o parámetros relacionados con el canal frontal y/o final y/o parámetros relacionados con el procesamiento de señales frontales y/o finales al SUDAC 30 para controlar de forma remota el procesamiento de la señal en el SUDAC 30. Esta realización puede ser adecuada para redes de comunicación móvil TDD (dúplex por división de tiempo), donde se usa la misma frecuencia portadora final para enlace de subida y enlace de bajada. En otras palabras, la reciprocidad del canal puede ser beneficiosa para esta realización. Por lo tanto, el preestimador de canal 65 puede evaluar al menos una porción de control frontal y final 40, 50 recibida previamente para la precompensación de señal de salida. Se tiene en cuenta que en esta realización aprovecha la reciprocidad del canal de retransmisión. Esta preestimación y precompensación de la señal de salida 60 la realiza, por ejemplo, el transceptor 5.

**[0043]** Otra realización describe la porción de datos 35 y la porción de control frontal 40 de una señal de frecuencia extremadamente alta que es transmitida usando una frecuencia portadora distinta, y/o usando una estructura de código distinta y/o usando un intervalo de tiempo distinto. Además, la porción de datos 35 y la porción de control final 50 de una señal de frecuencia ultra alta se transmiten usando una frecuencia portadora distinta, y/o usando una estructura de código de datos distinta y/o usando un intervalo de tiempo distinto. En otras palabras, la porción de datos 35 y la porción de control frontal 40 de una señal de frecuencia extremadamente alta a transmitir

difieren entre sí con respecto a una frecuencia portadora, una estructura de código y/o un intervalo de tiempo. Además, la porción de datos 35 y la porción de control final 50 de la señal de frecuencia ultra alta a transmitir difieren entre sí con respecto a una frecuencia portadora, una estructura de código y/o un intervalo de tiempo. La señal de entrada 25 puede comprender además una porción 42 de control frontal adicional que tiene una frecuencia portadora distinta en comparación con la porción de control frontal 40 y/o que se desplaza en el tiempo en comparación con la porción de control frontal (40). Además, la porción de control frontal 40 y la porción de control frontal adicional 42 están alineadas en el tiempo y tienen distintas frecuencias portadoras para mejorar la robustez o precisión de la interpolación entre otras señales de evaluación frontal posteriores 45 debido a un procesamiento conjunto de la porción de control frontal 40 y la porción de control frontal adicional 42. Según esta realización, se usa al menos una señal de evaluación frontal, mientras que distintas condiciones de canal o estructuras de señal (final o frontal) pueden usar más de una señal de evaluación frontal. Los esquemas de procesamiento de señales se describirán en secciones adicionales. En general, debe señalarse que la comunicación frontal puede multiplexarse mediante acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), acceso múltiple por división de código (CDMA), acceso múltiple por división de espacio (SDMA) o cualquier otro procedimiento de multiplexación adecuado.

**[0044]** Otras realizaciones muestran el transceptor 5 que comprende un procesador de señal 68 que está configurado para calcular los parámetros de procesamiento de señal con el fin de transmitir los parámetros de procesamiento de señal al SUDAC 30. El SUDAC 30 puede usar los parámetros de procesamiento de señal para procesar o codificar, p. ej., la señal entrante 25 de modo que la señal entrante puede ser, p. ej., transmitida con un ancho de banda reducido o en un período de tiempo más corto, es decir, la señal entrante puede transmitirse comprimida en las frecuencias extremadamente altas. Para decodificar una señal entrante comprimida, el equipo de usuario 10 comprende opcionalmente un decodificador 69. El decodificador 69 se refiere a la descompresión/decodificación del lado del UE (para el enlace de bajada) controlada directamente por el procesador de parámetros de compresión 68, mientras que la descompresión/decodificación del lado del SUDAC (para el enlace de subida) 94 (que se muestra, p. ej., en la figura 7) se controla a distancia mediante el procesador de parámetros de compresión 68. Un codificador 67, también denominado compresor, se refiere a la compresión/codificación del lado del UE (para el enlace de subida) directamente controlada por el procesador de parámetros de compresión 68, mientras que la compresión/codificación del lado del SUDAC (para el enlace de bajada) 93 se controla a distancia mediante el procesador de parámetros de compresión 68. Los esquemas de compresión reales se describen en las figuras 24a-e.

**[0045]** En una realización adicional, la etapa de recepción 15 y/o la etapa de estimación de canal 20 del transceptor 5 están configuradas para adaptar los parámetros de recepción y los parámetros de procesamiento de señal según una SNR real (relación señal/ruido) y/o característica de canal real como la tasa de cambio Doppler.

**[0046]** Según otra realización, la porción de control frontal 40 y la porción de control frontal adicional 42 están alineadas en el tiempo y tienen distintas frecuencias portadoras para mejorar la robustez de la interpolación y/o la precisión de la interpolación entre otras señales de evaluación frontal 45 posteriores debido a un procesamiento conjunto de las porciones de control frontal 40, 42. El transceptor descrito anteriormente puede comprender adicionalmente un analizador de frecuencia para aprovechar una frecuencia de resonancia de un material circundante que es una referencia de tiempo/frecuencia para la etapa de recepción. Una referencia de tiempo es ventajosa cuando se utilizan técnicas de transmisión basadas en el tiempo, como, p. ej., un algoritmo de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Una buena referencia de frecuencia es ventajosa para soportar la estimación y compensación de desplazamiento de frecuencia.

**[0047]** La figura 4 muestra un diagrama de bloques esquemático de un esquema de procesamiento de señal en el equipo de usuario 10. El esquema de procesamiento de señal comprende dos rutas de procesamiento 1305a, 1305b para la comunicación 60G y una ruta de comunicación 1310 para la comunicación del canal s6G. La ruta de comunicación 1310 puede referirse a una comunicación s6G directa, indicada como 75b en la figura 1. Básicamente, las rutas de procesamiento 1305a y 1305b comprenden una sincronización frontal 15 (incluida la estimación de frecuencia frontal 17 y la compensación de desplazamiento de frecuencia frontal 18, que son similares al estimador de frecuencia frontal 96 y el compensador de frecuencia frontal 97 en el SUDAC 30) y además una estimación de canal frontal 20 y ecualización 21, donde los efectos del canal frontal se compensan (en su mayoría), para obtener los datos de comunicación s6G a partir de los datos de comunicación 60G. En los datos s6G de las tres vías de comunicación 1305a, 1305b, 1310, se puede aplicar una sincronización final (incluida la estimación de frecuencia final 19 y la compensación de desplazamiento de frecuencia final 24, que son similares al estimador de frecuencia final 98 y el compensador de desplazamiento de frecuencia final 99 del SUDAC 30) y la estimación de canal 22. La señal recibida en la ruta 1310 no contiene una transmisión en el canal 60G, pero el equipo de usuario 10 recibe los datos de carga directamente desde la estación base, p. ej., a través de la antena 168. Por lo tanto, solo se deben aplicar la sincronización final 16 y la estimación de canal final 22. La estimación de canal final de las tres rutas de procesamiento de señal 1305a, 1305b, 1310 se puede hacer de manera conjunta o por separado. Además, un decodificador MIMO conjunto para la ecualización MIMO (canal final) 23 usando las estimaciones del canal final de las entradas 60G y la antena s6G, separa las estimaciones de señal recibidas  $S_1$  a  $S_3$ .

**[0048]** La figura 5 muestra una descripción esquemática de un SUDAC 30 con respecto al procesamiento de

señal de enlace de bajada. El SUDAC 30 comprende un transceptor final 85, un transceptor frontal 90 y un generador de señal de evaluación 95. El transceptor final 85 está configurado para recibir una señal de entrada 105 desde al menos una estación base 70 usando frecuencias ultra altas. La señal de entrada 105 puede comprender la porción de datos 35 y la porción de control final 50. El generador de señal de evaluación 95 está configurado para generar la porción de control frontal 40 que comprende la señal de evaluación frontal 45 y la señal de control 46. Además, el transceptor frontal 90 está configurado para generar una señal de salida (110) utilizando frecuencias extremadamente altas que comprenden la señal entrante (105) y la parte de control frontal (40) y para transmitir la señal de salida (110) y la parte de control frontal (40) a un equipo de usuario (10).

- 10 **[0049]** Esta realización muestra el SUDAC 30 que está recibiendo y reenviando una señal desde la estación base 70 al equipo de usuario 10 sin un procesamiento de señal sofisticado tal como estimación de canal, etc. Además de la sincronización básica de tiempo y frecuencia en el transceptor final 85 y el transceptor frontal 90 incluidas adaptaciones de filtro, la parte de procesamiento de señal está limitada a una conversión de frecuencia y en realizaciones adicionales a una amplificación de la señal recibida. Además, el generador de señal de evaluación 95 crea la porción de control frontal (40) que comprende la señal de evaluación frontal 45 conocida, p. ej., un campo piloto en una señal de baliza. La señal de baliza se puede transmitir de forma continua o discreta de forma continua, p. ej., utilizando un canal de transmisión separado o la señal de baliza se incluye en la señal recibida, p. ej., como parte de un encabezado y permite al equipo de usuario 10 estimar al menos la señal de evaluación frontal 45 y le permite compensar las distorsiones detectadas. El transceptor frontal 90 está configurado para generar una señal de salida 110 utilizando frecuencias extremadamente altas que comprenden la señal entrante 105 y la parte de control frontal 40 y para transmitir la señal de salida 110 y la parte de control frontal 40 a un equipo de usuario 10.

- [0050]** La figura 6 muestra una descripción esquemática del SUDAC 30 según una realización. Esta realización puede denominarse un SUDAC con un modo de recepción (enlace de bajada) y un modo de compensación final. El SUDAC 30 comprende el transceptor frontal 90, el transceptor final 85 y un ecualizador de canal final 86. El transceptor final 85 está configurado para recibir la señal de entrada 105 desde la al menos una estación base 70 usando frecuencias ultra altas y para emitir la señal de entrada 105 a frecuencias intermedias. Opcionalmente, la señal de entrada 105 puede sincronizarse mediante un estimador de frecuencia final 98 y un estimador de frecuencia final 99. La señal de entrada 105 puede comprender la porción de datos 35 y la porción de control final 50. Además, el transceptor final 85 puede transformar la señal de entrada 105 de frecuencias ultra altas a una frecuencia intermedia que es una frecuencia más fácil de usar en el procesamiento, p. ej., eliminando o reduciendo la conversión de la frecuencia portadora. El ecualizador de canal final 86 está configurado para reducir la señal entrante de las distorsiones causadas por el uso de las frecuencias ultra altas, mediante la señal de configuración 46 recibida de un estimador de canal final del equipo de usuario 10 a través del transceptor frontal 90. La señal de configuración 46 puede recibirse como parte de la porción de control 40, p. ej., mediante el transceptor frontal 90. El transceptor frontal 90 está configurado para emitir la señal entrante utilizando frecuencias extremadamente altas para generar una señal saliente 110 y transmitir la señal saliente 110 a un equipo de usuario 10. Además o alternativamente, el transceptor frontal 90 está configurado para recibir una señal de configuración 46 del equipo de usuario 10 y para enviar la señal de configuración al ecualizador de canal final 86. El transceptor frontal 90 transmite la señal de salida 110 al equipo de usuario 10 de una manera predistorsionada. Por lo tanto, el ecualizador de canal final 86 puede configurarse remotamente mediante el UE 10, que analiza la señal final retransmitida. Por ejemplo, el UE 10 estima el canal MIMO final, calcula la matriz de ecualización MIMO final y distribuye las partes relevantes a través de la señal de configuración 46 en las señales de baliza (porción de control 40) a los SUDAC correspondientes. La señal de configuración 46 puede comprender coeficientes de filtro o índices de filtro para seleccionar de un conjunto de filtros u otros parámetros de procesamiento de señal.

- [0051]** Según otras realizaciones, el SUDAC 30 comprende un estimador de canal frontal 91 y un preecualizador de canal frontal 92. El estimador de canal frontal 91 está configurado para realizar una estimación de canal basada en la señal de evaluación frontal 45. Además, el preecualizador de canal frontal 92 está configurado para preecualizar la señal de entrada 105 para reducir las distorsiones, que serán causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas durante la transmisión de la señal de salida 110, en base a la estimación de canal del estimador de canal frontal 91. Esta realización describe el SUDAC 30 con capacidades de procesamiento extendidas, ya que el SUDAC 30 realiza una preestimación y una precompensación de canal frontal. Por lo tanto, el equipo de usuario 10 puede transmitir una porción de control frontal 40 que comprende la señal de evaluación frontal 45. El estimador de canal frontal 91 puede usar la señal de evaluación frontal para calcular, p. ej., coeficientes de filtro o índices de filtro, que se pueden aplicar para filtrar la señal de salida por el preecualizador de canal frontal 92. Además, otros datos de comunicación frontal, como el estado y la información de control de las balizas, pueden compensarse previamente para la transmisión al equipo de usuario 10. Por lo tanto, un ecualizador de canal 92 en el equipo de usuario 10 es innecesario o al menos puede usar capacidades de procesamiento reducidas.

- [0052]** Una realización adicional muestra el SUDAC 30 que comprende un preecualizador de canal frontal 92 que está configurado para preecualizar la señal de entrada 105 para reducir las distorsiones, que serán causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas durante la transmisión de la señal de salida 110, basada en la señal de configuración 46 recibida desde un estimador de canal frontal 20 del equipo de usuario 10. Esta realización muestra el SUDAC 30 con el preecualizador de canal frontal 92 configurado a distancia por el equipo de usuario 10. Por lo

tanto, el equipo de usuario 10 puede transmitir una señal de configuración 46 en una porción de control frontal 40 al SUDAC 30. El SUDAC 30 extrae la señal de configuración 46 que comprende, p. ej., coeficientes de filtro o índices de filtro, que pueden ser aplicados por el preecualizador de canal frontal 92 para, p. ej., filtrar la señal de salida. Además, otros datos de comunicación frontal como el estado y la información de control de las balizas pueden compensarse

5 previamente para la transmisión al UE 10. Además, la señal de entrada 105 puede estar codificada por un codificador 93, p. ej., antes de que la señal de entrada 105 se preecualice o, alternativamente, la señal de entrada 105 se puede codificar usando el codificador 93, p. ej., para comprimir la señal entrante 105 y, por lo tanto, reducir los datos a transmitir por la señal saliente 110 al equipo de usuario 10. Además, el codificador puede comprender una cuantificación de la señal entrante.

10

**[0053]** La figura 7 muestra una descripción esquemática del SUDAC 30 según una realización. Esta realización puede denominarse un SUDAC con un modo de transmisión (enlace de subida) y un modo de compensación. En principio, el resumen esquemático de la figura 6 se usa en la dirección de transmisión opuesta. El SUDAC 30 comprende los mismos/similares bloques de procesamiento en comparación con el SUDAC descrito en la figura 6. Por

15 lo tanto, el transceptor frontal 90 está configurado para recibir una señal de entrada 150 desde un equipo de usuario 10 que usa frecuencias extremadamente altas. Opcionalmente, la señal entrante puede sincronizarse aplicando un estimador de frecuencia frontal 96 y un compensador de frecuencia frontal 97 en la señal entrante 150. La señal de entrada 150 puede comprender una porción de datos 35, una porción de control final 50, y una porción de control frontal 40 que comprende una señal de evaluación frontal 45 y una señal de configuración 46. Un ecualizador de canal

20 frontal 92a puede ser configurado por el estimador de canal frontal 91 o remotamente por el equipo de usuario 10, p. ej., utilizando la señal de configuración 46. Por lo tanto, el estimador de canal frontal 91 o el equipo de usuario 10 analizan la señal frontal basada en la señal de evaluación frontal 45 o con respecto a una señal de baliza, para reducir las distorsiones de señal entrante. Si la señal de entrada 150 ha sido codificada por el equipo de usuario 10, un decodificador 94 puede decodificar la señal de entrada 150 antes del procesamiento adicional. El transceptor frontal

25 90 puede transformar aún más la señal entrante 150 del equipo de usuario 10 usando frecuencias extremadamente altas a una frecuencia fácil de usar en el procesamiento, p. ej., eliminando o reduciendo la conversión de la frecuencia portadora. El transceptor frontal 90 puede extraer una señal de configuración a partir de la señal entrante y la surte al preecualizador 86 del canal frontal para su aplicación. Los datos de configuración pueden comprender coeficientes de filtro o índices de filtro para seleccionar de un conjunto de filtros u otros parámetros de procesamiento de señal. La

30 señal entrante ecualizada y preprocesada se reenvía al transceptor final 85. Además, el SUDAC 30 puede aplicar una estimación y compensación de desplazamiento de frecuencia (dos etapas), p. ej., para reducir los cambios Doppler en la comunicación frontal y/o final. El transceptor final 85 puede estar configurado para transmitir la señal de salida 165 a la estación base 70 usando frecuencias ultra altas. Por lo tanto, el transceptor final puede aplicar una conversión de frecuencia, p. ej., desde el procesamiento de frecuencias fáciles de usar hasta frecuencias ultra altas hasta la señal

35 de salida 165.

**[0054]** Todas las realizaciones anteriores tienen en común que las distorsiones de la comunicación frontal así como de la comunicación final se reducen o al menos que la reducción de las distorsiones frontales y las distorsiones finales están habilitadas debido a la estimación de canal de dos etapas (también de forma distribuida: estimación de

40 canal final en el UE y estimación de canal frontal en el SUDAC) y compensación en el equipo de usuario para el enlace de bajada. Según la realización descrita anteriormente, el SUDAC 30 descrito en la figura 7 puede comprender el SUDAC según la realización descrita en la figura 6, por ejemplo para crear un SUDAC que tenga un modo de recepción y transmisión. Esta realización describe el SUDAC 30 que comprende un procesamiento de señal sofisticado. La señal recibida, ya sea a través del enlace frontal o final, puede ecualizarse, es decir, reducir las distorsiones causadas por

45 la transmisión de datos, donde la ecualización puede ser, p. ej., controlada a distancia por el equipo de usuario 10. Por lo tanto, se realiza una estimación de canal en el equipo de usuario 10 (enlace de subida o enlace de bajada) o en el SUDAC 30 (enlace de subida). Una vez completada la conversión de frecuencia, la señal a transmitir puede compensarse previamente utilizando una porción de control final recibida previamente o una porción de control frontal recibida previamente, según la dirección de la transmisión de datos. La precompensación significa mejorar la calidad

50 de la señal en el receptor en comparación con la precompensación omitida (suponiendo que el receptor solo tenga capacidades de compensación pequeñas/limitadas).

**[0055]** Las realizaciones muestran el transceptor frontal 90 del SUDAC 30 que comprende un estimador de frecuencia frontal configurado para realizar una estimación de frecuencia frontal basado en la porción de control frontal

55 40 y un compensador de frecuencia frontal configurado para realizar una compensación de desplazamiento de frecuencia frontal basado en la estimación. Además o alternativamente, el transceptor final 85 del SUDAC 30 comprende un estimador de frecuencia final configurado para realizar una estimación de frecuencia final basada en la porción de control final 50 y un compensador de frecuencia final configurado para realizar una compensación de desplazamiento de frecuencia final basada en la estimación. La conversión de frecuencia puede realizarse aplicando

60 un ajuste de bucle de fase bloqueada para controlar la conversión de frecuencia de las frecuencias extremadamente altas a las frecuencias ultra altas y/o fáciles de usar en el procesamiento. El ajuste de bucle de fase bloqueada también podría controlar la conversión de frecuencia de las frecuencias ultra altas a las frecuencias extremadamente altas y/o fáciles de usar en el procesamiento. El ajuste de bucle de fase bloqueada puede realizarse en la señal analógica (proporcionada, p. ej., por una señal de baliza) y, por lo tanto, reduce el esfuerzo de procesamiento digital en el SUDAC

65 30. Este puede ser un procesamiento más eficiente en términos de velocidad de procesamiento y potencia de

procesamiento. Por lo tanto, el SUDAC 30 puede comprender un oscilador controlado por voltaje (VCO), para obtener la compensación de desplazamiento de frecuencia frontal y/o final, en el que la señal de evaluación de interfaz frontal adicional 47 es una señal de onda continua utilizada por el oscilador controlado por voltaje para realizar una modulación de frecuencia inversa. Esto puede compensar un cambio de frecuencia de la señal entrante, p. ej., para combatir el cambio de frecuencia Doppler rápidamente variable en el tiempo. Según una realización adicional, el transceptor frontal y/o final 85, 90 está configurado para adaptar su ancho de banda de recepción al ancho de banda de la señal entrante real.

**[0056]** Otras realizaciones muestran que el transceptor frontal 90 del SUDAC 30 está configurado para recibir una señal entrante 150 desde un equipo de usuario 10 que usa frecuencias extremadamente altas, en el que la señal entrante 150 comprende una porción de datos 35 y una porción de control frontal 40 que comprende una señal de evaluación frontal 45. Además, la comunicación frontal puede usar una técnica dúplex de división de frecuencia y en la que la comunicación final puede usar una técnica dúplex de división de tiempo.

**[0057]** Según otras realizaciones, el SUDAC 30 comprende un codificador configurado para codificar y/o comprimir la señal de entrada 105 usando parámetros de procesamiento de señal y/o parámetros de compresión recibidos desde el equipo de usuario 10, o en el que el SUDAC comprende un decodificador configurado para decodificar y/o descomprimir la señal de salida utilizando parámetros de decodificación y/o descomprimiendo parámetros recibidos desde el equipo de usuario 10. Esta realización se describe en las figuras 24a-e.

**[0058]** Los SUDAC pueden retransmitir a/desde distintas subbandas en la banda de frecuencia 60G. Además, según una realización, se prevé que los SUDAC señalen sus retrasos de procesamiento (potencialmente individuales) al equipo de usuario. Y debido a la proximidad de los equipos de usuario y los SUDAC (por ejemplo, una habitación), los efectos de retraso de propagación son mínimos en comparación con los retrasos de propagación en la banda s6G.

**[0059]** En general, un SUDAS consta de 1 a S SUDAC, en el que un SUDAS puede construirse en dos configuraciones distintas: un modo de amplificación y reenvío (AF), sin procesamiento de señal transparente de la señal de carga útil retransmitida, o un modo de decodificación y reenvío y compresión y reenvío (DF/CF), que incluye procesamiento de señal (digital) en el SUDAC. En el último caso, el enlace de subida estaría relacionado con un esquema de decodificación y reenvío, que es una decodificación de un código de protección contra errores de la forma de onda 60G sin volver a codificar el código de corrección de errores de la forma de onda s6G. Y el enlace de bajada significa el muestreo de la señal s6G recibida en el dominio digital sin decodificar el código de corrección de errores de la forma de onda s6G, así como la codificación de las muestras de datos de carga útil mediante un código de protección de errores y/o mediante procedimientos de compresión de datos de la forma de onda 60G. En el SUDAS, cada SUDAC tiene al menos una ruta de retransmisión, es decir, medios físicos para recibir una señal de carga útil (por ejemplo, la porción de datos 35), procesarla (por ejemplo, filtrado de paso de banda), amplificarla, realizar conversión de frecuencia y retransmitir. Una ruta de retransmisión puede ser unidireccional (simple) o bidireccional en modo semidúplex. El dúplex completo (es decir, la transmisión simultánea de señal de enlace de subida y enlace de bajada) solo es posible con dos rutas de retransmisión.

**[0060]** Sin embargo, en el concepto SUDAS, casi no hay limitaciones debido al uso de una segunda banda de frecuencia 60G. Además, en el concepto propuesto se prevé que el equipo de usuario pueda controlar de forma remota los SUDAC con respecto a la alineación de desplazamiento de frecuencia portadora (CFO) y tiempo o referir los SUDAC para sincronizarse con una estación base objetivo.

**[0061]** Cada SUDAC puede tener 0 a N rutas de retransmisión de enlace de bajada y 0 a M rutas de retransmisión de enlace de subida. La combinación de 0 enlaces de subida y enlaces de bajada no tiene sentido y, por lo tanto, está excluida. Más de una ruta de retransmisión por SUDAC permitiría la retransmisión de varias bandas s6G del mismo operador de red móvil (en el caso de bandas de frecuencia no continuas) o la retransmisión de distintos operadores de red móvil. Esto es válido para rutas de retransmisión con un ancho de banda de retransmisión relativamente estrecho. Sin embargo, las rutas de retransmisión que admiten la retransmisión de banda ancha pueden cubrir varias bandas s6G del mismo operador o de distintos operadores de redes móviles.

**[0062]** Según una realización, el SUDAC realiza una conversión de frecuencia de una señal (desde/a un sistema MIMO), donde todo el procesamiento se considera en una sola banda de frecuencia. Esto no está restringido a, p. ej., una técnica TDMA de nodos terminales y de retransmisión, pero puede usar cualquier esquema de multiplexación adecuado. Además, el procesamiento no requiere mucho tiempo de procesamiento y puede aplicarse en la banda de frecuencia 60G, que es un aspecto muy decisivo en vista de un canal de transmisión rápidamente variable en el tiempo.

**[0063]** Según una realización, el SUDAC no está destinado a hacer una estimación de canal MIMO y un procesamiento de señal sofisticado, para lo cual pueden usarse los resultados de la estimación de canal de los nodos de destino. Esta función central del procesamiento MIMO no está prevista según esta realización, porque los SUDAC solo reenviarán las señales MIMO, mientras que el procesamiento de la señal MIMO (codificación/decodificación) se realiza en la estación base y en el lado del equipo de usuario. En oposición al llamado multiusuario MIMO considerado



en [14], es decir, varios nodos de origen y destino con una sola antena, los SUDAC actúan como antenas externas al equipo de usuario para decodificar las señales MIMO de la BS (que tiene múltiples antenas) y viceversa.

**[0064]** Según una realización adicional, el SUDAC realiza la estimación de canales y el procesamiento de la señal para la señal entrante y saliente. La señal de entrada se ecualiza usando la señal de evaluación adjunta en la que la señal de salida se compensa previamente usando una señal de evaluación previamente enviada por el receptor, p. ej., el equipo de usuario 10 o la estación base 70.

**[0065]** La estación base 70 también puede comprender o coincidir con una estación base femto. Aunque un dispositivo de estación base femto también puede alojar un SUDAC además del enlace de comunicación s6G, esto no contradice esta agrupación. En otras palabras, en oposición a la estación base normal, puede alojar comunicaciones s6G y 60G. Este caso puede considerarse como un SUDAC adicional para el SUDAS en esta sala, donde está montada la estación base femto.

**[0066]** Después de que el SUDAC 30 y el equipo de usuario 10 se describieron por separado, en la figura 8 se muestra un sistema 700 que comprende el transceptor 5 del equipo de usuario 10 y el SUDAC 30. El SUDAC 30 y el transceptor 5 del equipo de usuario 10 establecen un enlace de comunicación utilizando las etapas de recepción y transmisión 15 y 55 del transceptor 5 del equipo de usuario 10 y el transceptor frontal 90 del SUDAC 30. Además, el SUDAC 30 y el transceptor 5 del equipo de usuario 10 pueden establecer una sincronización de tiempo adaptativa de hardware y/o entorno, en el que la sincronización de tiempo comprende una sincronización usando una referencia de tiempo común externa, o donde el transceptor envía su referencia horaria actual. En una realización adicional, el sistema 700 comprende además la estación base 70 y/o SUDAC 30 adicionales y/o equipos de usuario 10 adicionales. Además o alternativamente, el transceptor 5 del equipo de usuario 10 y/o el SUDAC 30 puede recibir una referencia de tiempo común de la estación base 70 y aplicarla a su tiempo u horario local. Para reducir las capacidades de procesamiento del SUDAC 30, el equipo de usuario 10 puede extraer la referencia de tiempo de la señal de control final de la estación base y enviar la referencia de tiempo común al SUDAC 30 usando, p. ej., la señal de configuración 46 en la porción de control frontal 40. Por lo tanto, se puede obtener una referencia de tiempo común en la estación base 70, el SUDAC 30 y el equipo de usuario 10. En una realización, el SUDAC 30 en el sistema 700 está configurado para retransmitir simultáneamente dos o más enlaces de comunicación que sirven a una o más etapas de recepción y transmisión 15, 55 del transceptor 5 de uno o más equipos de usuario 10. En otras palabras, el SUDAC 30 sirve simultáneamente a dos o más UE (enlace de subida y/o enlace de bajada) por medio de una ruta de retransmisión, que se habilita mediante la negociación entre UE y SUDAC y/o entre UE y la estación base con respecto a un asignación adecuada de recursos y/o parámetros de señal de transmisión final y/o frontal. El transceptor 5 puede comprender una o más etapas de recepción 15, 55 en un solo equipo de usuario o en más de un equipo de usuario. El sistema 700 y especialmente los enlaces de comunicación se describirán en detalle en las secciones siguientes. De antemano, los procedimientos para el procesamiento de señales en el transceptor 5 y los SUDAC 30 se describirán en las figuras 9 a 11.

**[0067]** La figura 9 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procedimiento 800 para el procesamiento de señales en un transceptor. El procedimiento 800 comprende un paso 805 «que recibe una señal entrante de un SUDAC con una etapa de recepción, que permite una comunicación de retransmisión que comprende una comunicación frontal que usa frecuencias extremadamente altas y una comunicación final que usa frecuencias ultra altas, en el que la señal entrante comprende un porción de datos, una porción de control final y una porción de control frontal, la porción de control frontal comprende una señal de evaluación frontal y una señal de configuración», un paso 810 «que realiza una estimación de canal con un estimador de canal frontal basada en la señal de evaluación frontal», un paso 815 «que ecualiza distorsiones, causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas, con un ecualizador de canal frontal basado en la estimación de canal del estimador de canal frontal», un paso 820 «que realiza una estimación de canal con un estimador de canal final basada en la porción de control final», y un paso 825 «que ecualiza las distorsiones, causadas por el uso de las frecuencias ultra altas, con un ecualizador de canal final basado en la estimación de canal del estimador de canal final». En una realización adicional, el paso 825 puede realizarse «ecualizando distorsiones, causadas por el uso de frecuencias ultra altas, con un ecualizador de canal final basado en la estimación de canal del estimador de canal de final, que incluye el posible procesamiento conjunto de una pluralidad de etapas de recepción en el sentido de las reivindicaciones 2 y 3».

**[0068]** La figura 10 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procedimiento 900 para el procesamiento de señales en un SUDAC que comprende un paso 905 «que recibe una señal entrante desde una estación base con un transceptor final que usa frecuencias ultra altas», un paso 910 «que emite la señal entrante a frecuencias intermedias con un transceptor final», un paso 915 «que genera una porción de control frontal con un generador de señal de evaluación que comprende una señal de evaluación frontal y una señal de control», y un paso 920 «que genera una señal de salida con un transceptor frontal utilizando frecuencias extremadamente altas que comprenden la señal de entrada y la porción de control y para transmitir la señal de salida y la señal de evaluación frontal a un equipo de usuario».

**[0069]** La figura 11 muestra un diagrama de bloques esquemático de un procedimiento 1000 para el procesamiento de señales en un SUDAC que comprende un paso 1005 «que recibe una señal entrante desde una

estación base con un transceptor final que usa frecuencias ultra altas», un paso 1010 «que emite la señal entrante a frecuencias intermedias con un transceptor final», un paso 1015 «que reduce la señal entrante de las distorsiones causadas por el uso de las frecuencias ultra altas con un ecualizador de canal final, que usa la señal de configuración recibida de un estimador de canal final del equipo de usuario», y un paso 1020 «que emite la señal entrante con un transceptor frontal que usa frecuencias extremadamente altas para generar una señal saliente y transmitir la señal saliente a un equipo de usuario».

**[0070]** A continuación, las figuras 12a-c muestran diagramas de una representación MIMO de las realizaciones anteriores.

**[0071]** La figura 12a muestra un diagrama esquemático de la estación base 70 y el equipo de usuario 10, cada uno con tres antenas (167a-c y 168a-c, respectivamente) que describen una comunicación MIMO 3x3 común. El equipo de usuario 10 puede realizar una estimación de canal conjunto de  $3 \times 3 = 9$  canales. Además, el equipo de usuario 10 realiza una ecualización conjunta de 9 canales (decodificación MIMO), que permite al equipo de usuario 10 distinguir y separar las señales S1, S2 y S3 que se transmiten desde la estación base 70.

**[0072]** La figura 12b muestra un diagrama esquemático de la estación base 70, dos SUDAC 30a, 30b y un equipo de usuario 10 en un modo de comunicación 3x3. En esta realización, los dos SUDAC 30a y 30b comprenden una antena cada uno para recibir señales MIMO a través del enlace de comunicación final. Además, los SUDAC 30a y 30b comprenden una comunicación frontal 60G con el equipo de usuario 10. El equipo de usuario 10 comprende además su propia antena de enlace final 168c para recibir señales a través de la comunicación final (denominada 75b en la figura 1). En esta realización, el equipo de usuario primero realiza una estimación y sincronización del canal frontal en el enlace 60G y luego realiza una estimación conjunta del canal final para poder realizar un paso de decodificación MIMO para separar las señales S1 a S3. Esta realización muestra el caso de un relé de procesamiento MIMO con suficiente (es decir, una cantidad mínima de) antenas de recepción.

**[0073]** La figura 12c muestra un diagrama esquemático de la estación base 70, el SUDAC 30a que comprende dos antenas de recepción 168a, 168b, el SUDAC 30b que comprende una antena de recepción 168c y el equipo de usuario 10 que comprende una antena de recepción 168d. Esta realización muestra una comunicación MIMO 3x4 que ofrece un mayor rendimiento en términos de, p. ej., tasa de error de bit en comparación con el caso MIMO 3x3. Esto se debe a que se ofrece un grado adicional de libertad al decodificador MIMO, que comúnmente se denomina ganancia de diversidad de recepción. En otras palabras, las cuatro antenas de recepción proporcionan en general más información sobre las tres señales transmitidas S1 a S3 al decodificador MIMO que las tres antenas de recepción.

**[0074]** Las realizaciones mostradas en las figuras 12b y 12c comprenden ambas una sola antena en el equipo de usuario 10, lo cual es ventajoso en equipos de usuario pequeños ya que las antenas para el canal sub-6G son comparativamente grandes. A diferencia de las antenas s6G, una antena construida para la comunicación 60G es relativamente pequeña. Por lo tanto, un equipo de usuario puede comprender más antenas 60G que antenas s6G, por lo que el equipo de usuario puede establecer más conexiones 60G en comparación con un equipo de usuario en un entorno sin SUDAC, lo que resulta en un mejor rendimiento.

**[0075]** Las realizaciones mencionadas anteriormente describen el hardware de un SUDAS. A continuación, se describirán las ventajas de un esquema de comunicación mejorado entre los componentes de hardware, p. ej., el SUDAC, el equipo de usuario y la estación base. Como se indicó anteriormente, la comunicación de retransmisión desde la estación base a través del SUDAC a un equipo de usuario y viceversa utiliza dos frecuencias de canal distintas, por ejemplo, un canal s6G y un canal 60G. Hay pocos puntos de interacción entre los efectos s6G y los efectos 60G. Esto es relevante para modelar el impacto del canal de transmisión, pero también el impacto de la tolerancia de producción natural de los componentes del dispositivo.

**[0076]** A continuación, se describirá un modelo de canal de transmisión para la banda de frecuencia 60G. Una realización considera que el equipo de usuario es un objeto en movimiento o que los alrededores del equipo de usuario varían con el tiempo (por ejemplo, movimiento del cuerpo o reflectores metálicos), mientras que se supone que los SUDAC están fijos. Según realizaciones adicionales, la relación relativa de movimiento y entorno entre la estación base y los SUDAC (por ejemplo, estación base fija y SUDAC en movimiento), así como entre la estación base y el equipo de usuario en el dominio s6G se puede tener en cuenta.

#### Variabilidad de frecuencia del canal 60G

**[0077]** Los modelos recientes de canales basados en mediciones suponen que el canal 60G está sujeto principalmente a un desvanecimiento plano con un fuerte componente de línea de visión (LOS), que puede modelarse como un desvanecimiento de Rician plano. Según [2], los valores de propagación de retraso habituales para la comunicación de interior son del orden de  $\sigma\tau = 10\text{-}20$  ns. Esto puede traducirse en un ancho de banda de coherencia (donde la correlación de frecuencia del canal es superior a 0,5) por [5]

$$B_c \approx \frac{1}{5\sigma_\tau} = \frac{1}{5 \cdot 20 \text{ ns}} = 10 \text{ MHz}.$$

Esto indica una medida aproximada de ancho de banda sobre la cual se puede suponer que un canal es casi constante. Las demoras máximas en exceso de unos pocos cientos de nanosegundos pueden ocurrir con una atenuación muy fuerte, por otro lado, la aplicación de antenas directivas u orientables (en SUDAC y equipos de usuario) para la transmisión de datos en el canal 60G reducirá la propagación del retraso además del exceso de retraso máximo en general.

**[0078]** Como consecuencia, para un sistema de transmisión con un ancho de banda de señal significativamente menor que  $B_c$ , la función de transmisión de canal se puede modelar como una constante compleja de valor único sobre el ancho de banda de la señal. Por el contrario, un sistema de transmisión con un ancho de banda de señal significativamente mayor que  $B_c$  puede tener en cuenta la variabilidad de frecuencia. En el último caso, la respuesta al impulso del canal del canal 60G se puede estimar y utilizar para la ecualización. Por lo tanto, la ecualización puede realizarse en el lado del receptor (por ejemplo, en el equipo del usuario en caso de un enlace de bajada) o en el lado de la transmisión (= precodificación/precompensación) (por ejemplo, en el equipo del usuario en caso de un enlace de subida), donde se pueden aprovechar las ventajas de una forma de onda de señal OFDM. Se tiene en cuenta que la estación base puede hacer una codificación previa solo para el enlace s6G pero no para el enlace de comunicación 60G.

## 20 Variabilidad en el tiempo del canal 60G

**[0079]** Debido a la ausencia de componentes multitrayectoria fuertes, el efecto de desvanecimiento sobre la frecuencia es marginal pero importante sobre el espacio/ubicación del equipo de usuario en movimiento. Además, el efecto Doppler debido al movimiento del equipo de usuario dará como resultado principalmente un cambio Doppler en lugar de una extensión Doppler para cada transmisión de señal.

**[0080]** Esto se ilustra en los ejemplos siguientes:

- Las velocidades comunes del equipo de usuario (portátil) son inferiores a 1 m/s. Suponiendo una frecuencia portadora de 60 GHz, la frecuencia Doppler máxima y el tiempo de coherencia según [5] resultan como

$$f_{D,max} = \frac{v}{c} \cdot f_c = \frac{1 \frac{m}{s}}{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} \cdot 60 \text{ GHz} = 200 \text{ Hz}$$

$$T_c = \frac{9}{16\pi f_{D,max}} \approx 0.895 \text{ ms}$$

- La velocidad máxima/peor de  $v_{max} = 3 \text{ m/s}$  puede ocurrir cuando el usuario gira rápidamente con el equipo de usuario en sus manos.

Por lo tanto, tenemos

$$f_{D,max} = \frac{v}{c} \cdot f_c = \frac{3 \frac{m}{s}}{3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}} \cdot 60 \text{ GHz} = 600 \text{ Hz}$$

$$T_c \approx \frac{9}{16\pi f_{D,max}} = 0.298 \text{ ms}$$

**[0081]** Se tiene en cuenta que la característica de canal LOS (línea de visión) descrita puede ser diferente en edificios de fábrica y automóviles debido a reflejos en superficies metálicas, lo cual no es el caso en ambientes interiores convencionales. Este efecto podría hacerse más evidente con anchos de banda de carga útil retransmitidos más grandes, pero para un ancho de banda de 20 MHz y menos, se puede suponer un desvanecimiento plano de

frecuencia.

**[0082]** Un desplazamiento Doppler constante se puede manejar fácilmente, porque los equipos de usuario que se mueven rápidamente (a la velocidad del vehículo) experimentan tales cambios Doppler ya en el enlace directo a la estación base en un enlace s6G. Por lo tanto, un equipo de usuario común ya puede estimar y compensar un cambio tan constante.

**[0083]** Sin embargo, el cambio Doppler considerado en la banda de onda milimétrica puede cambiar mucho más rápido con el tiempo debido a cambios repentinos en la dirección de movimiento del equipo de usuario que en el dominio s6G. Por ejemplo, si un equipo de usuario, cuyo usuario comienza a caminar, acelera de  $v = 0 \text{ m/s}$  a  $v_2 = 1 \text{ m/s}$  dentro de una duración de  $\Delta t = 1$  segundo, entonces el cambio Doppler cambia en promedio por

$$\frac{\Delta f_D}{\Delta t} = \frac{\Delta v / \Delta t}{c} \cdot f_c = \frac{1 \frac{\text{m}}{\text{s}} / 1 \text{ s}}{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} \cdot 60 \text{ GHz} = 200 \frac{\text{Hz}}{\text{s}}.$$

**[0084]** La misma aceleración en la banda s6G con, p. ej.,  $f_c = 3 \text{ GHz}$  significaría un cambio de  $10 \text{ Hz/s}$ .

**[0085]** Eso significa que hay un cambio Doppler  $f_D(f)$  que varía en el tiempo mucho más fuerte que en la banda s6G. Como resultado, la fase del canal (y la amplitud) cambian rápidamente con el tiempo, así como la velocidad de cambio o gradiente del cambio Doppler  $\partial f_D(f) / \partial \lambda$ .

**[0086]** Como consecuencia, el equipo de usuario no podría compensar estas variaciones rápidas de fase a 60G explotando los datos de referencia proporcionados dentro de la señal de carga útil retransmitida, que se especifica en función de las características del canal s6G. Se tiene en cuenta que la transmisión de alta velocidad de datos prevista es muy sensible a cualquier tipo de interferencia y distorsión. Por lo tanto, la estimación precisa del canal y la sincronización son ventajosas para los sistemas de comunicación 60G.

#### Consideración de compensación de frecuencia horaria y portadora

**[0087]** El oscilador local (LO) para la generación de reloj de referencia 60G es uno de los elementos más importantes relacionados con una sincronización. Todos los SUDAC, así como los equipos de usuario incluyen estos generadores de reloj. Pueden tener osciladores locales baratos, que tienen, por ejemplo, una imprecisión de 50 ppm con respecto a una frecuencia nominal. Esto, en el peor de los casos, lleva a una compensación de  $\pm 50 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \text{ GHz} = \pm 3 \text{ MHz}$  en términos de frecuencia de muestreo y frecuencia portadora. Esto ya es un desplazamiento en el mismo orden del ancho de banda de la señal transmitida, lo que conduciría a fuertes distorsiones si no se compensa. Desafortunadamente, la sincronización s6G no es suficiente porque está diseñada para compensaciones mucho más pequeñas. Por lo tanto, se puede implementar un nuevo concepto para sincronizar a 60G en el equipo de usuario y en el SUDAC.

#### Transmisión ejemplar a 60G

**[0088]** Antes de explicar en detalle el nuevo concepto de transmisión y sincronización, se introduce un SUDAS de tal manera que se pueden definir todos los desplazamientos de frecuencia que se producen. En este ejemplo, consideramos primero el enlace de bajada frontal con  $S = 3$  SUDAC, es decir, la transmisión desde el SUDAC al equipo de usuario.

#### Enlace de bajada con señal de baliza simple

**[0089]** La figura 13a muestra espectros de transmisión esquemáticos 170a-c de tres SUDAC que se visualizan frente a la frecuencia  $f$ . Según una realización, cada SUDAC transmite un bloque de señal, que consiste en una señal de baliza 175a-c (flecha vertical) y la señal de carga útil retransmitida 180a-c dentro del ancho de banda retransmitido  $B_{\text{Relay}}$  185a-c (rectangular discontinua). Entre la señal de baliza 175a-c y la banda retransmitida 185a-c, hay un ancho de banda de protección  $B_9$  190a-c. Se tiene en cuenta que partes de las señales s6G vecinas 195a-c próximas en frecuencia en la banda s6G a la señal de carga útil objetivo 180a-c también pueden ser enviadas por el relé. Esta es una señal no pensada para el UE que esté usando el SUDAS.

**[0090]** Además, la figura 13a muestra distintos distancias y desplazamientos de frecuencia y de la siguiente manera:

- Hay un ancho de banda de protección  $B_9$  190a-c entre cada señal de baliza 175a-c y el ancho de banda de la señal retransmitida  $B_{\text{Relay}}$  185a-c. Se puede hacer una suposición de  $B_{G1} \approx B_{G2} \approx B_{G3}$  pero no es esencial porque la señal

retransmitida 180a-c no está necesariamente ubicada en el centro del ancho de banda retransmitido 185a-c debido a, p. ej., cambios Doppler finales  $f_{B1}$ - $f_{B3}$ . Por lo tanto, de todos modos puede no haber una distancia de frecuencia común entre la señal de baliza 175a-c y la señal de carga útil retransmitida 180a-c.

- 5 • Cambios Doppler frontales debido al movimiento del UE en relación con los SUDAC:  $f_{D1}$ ,  $f_{D2}$ , y  $f_{D3}$ . Los guiones bajos discontinuos indican que este cambio se cumple para todo el bloque de señal.

- Cambio Doppler frontal  $f_B$ , que probablemente también incluirá algo de Doppler extendido desde la propagación del canal de radio s6G. Por ejemplo, considerando un automóvil montado con SUDAC o vehículos de transporte público, pueden tener antenas finales orientadas algo fuera del vehículo y, por lo tanto, se producirán distintos cambios  $f_{B1}$ ,  $f_{B2}$ , y  $f_{B3}$  de la señal de carga útil dentro del ancho de banda retransmitido. Ubicaciones estáticas de BS y SUDAC con respecto a entre sí dan como resultado  $f_{B1} = f_{B2} = f_{B3} = 0$  Hz.

- 15 • Debido a las imprecisiones mencionadas de los osciladores locales de los SUDAC en relación con el oscilador local del equipo de usuario, se produce un desplazamiento de frecuencia  $Af_{io}$ . Dado que los SUDAC aún no están sincronizados, se puede considerar  $Af_{io1} \neq Af_{io2} \neq Af_{io3} \neq 0$ , donde los valores del peor de los casos en el rango de 63 MHz pueden ocurrir como se analizó anteriormente. Estas compensaciones normalmente ocurren cuando se enciende un dispositivo. Por lo tanto, este desplazamiento puede considerarse en una fase inicial de adquisición, donde el desplazamiento de frecuencia grande se elimina primero (usando un protocolo de interfaz como se muestra a continuación) y luego comienza a transmitir la señal de carga útil.

[0091] Los cambios de frecuencia reales dan como resultado:

[Baliza 1 + Señal transmitida 1] = Bloque de señal 1 170a

25

→Cambio de frecuencia real por  $f_{D1} + Af_{io1}$

[Baliza 2 + Señal transmitida 2] = Bloque de señal 2 170b

30 →Cambio de frecuencia real por  $f_{D2} + Af_{io2}$

[Baliza 3 + Señal transmitida 3] = Bloque de señal 3 170c

→Cambio de frecuencia real por  $f_{D3} + Af_{io3}$ , que es negativo en el ejemplo mostrado en la figura 13a

35

- [0092] En esta realización, se supone que cada SUDAC tiene una ruta de retransmisión de enlace de bajada. Sin embargo, cada SUDAC puede tener N rutas de retransmisión en general. Si  $N = 2$ , p. ej., el bloque de señal 1 170a y el bloque de señal 2 170b pueden ser transmitidos por el mismo SUDAC a un equipo de usuario. Entonces, se produciría  $Af_{io1} \neq Af_{io2}$  y  $f_{D1} \approx f_{D2}$ , donde el cambio Doppler es solo aproximadamente igual debido a orientaciones y ubicaciones de antena potencialmente distintas en el dispositivo SUDAC.

#### Consideraciones de enlace de subida

- [0093] El caso del enlace ascendente, es decir, la transmisión desde el equipo del usuario a tres SUDAC, se explica según la figura 13a. Nuevamente, hay  $Af_{io1} \neq Af_{io2} \neq Af_{io3} \neq 0$  como desplazamiento relativo entre el oscilador local del equipo de usuario y los osciladores SUDAC. No hay cambio de frecuencia Doppler final  $f_{B1} - f_{B3}$  debido a la dirección de transmisión opuesta, pero los cambios Doppler frontales debido al movimiento del equipo de usuario en relación con los SUDAC ( $f_{D1}$ ,  $f_{D2}$ , y  $f_{D3}$ ) siguen siendo diferentes y pueden compensarse dentro del SUDAS porque la estación base no podrá compensarlos.

50

- [0094] Por lo tanto, se puede aplicar un mecanismo de sincronización que permita que el equipo de usuario, el SUDAC y la estación base envíen y reciban datos de manera fiable de un dispositivo a otro.

#### Concepto de sincronización

55

- [0095] El concepto de sincronización apunta al tipo SUDAS de «Amplificar y reenviar» (AF), donde surge el desafío de sincronizar e igualar una señal transmitida, que no está diseñada para la transmisión 60G. Sin embargo, para el tipo SUDAS de «Comprimir y reenviar» (CF), habrá una forma de onda específica, que será adecuada para la transmisión 60G para sincronizar correctamente e independientemente los datos de carga útil retransmitidos integrados. Aquí, «adecuado para la transmisión 60G» significa una estructura de datos pilotos adecuada de la forma de onda CF para sincronización a 60G. Sin embargo, en el caso de AF, los datos de carga útil retransmitidos se envían directa o transparentemente y la «estructura de datos pilotos adecuada» se puede agregar por separado según el concepto que se describe a continuación. Las siguientes partes tratan del sistema de transmisión en general.

Tipos de dúplex de red móvil

**[0096]** En general, se puede distinguir entre dos tipos de dúplex de red móvil, que conducen a diferentes aspectos en caso de retransmisión:

• Sistema dúplex por división de frecuencia (FDD): La transmisión de carga útil de enlace de subida y de bajada tiene lugar en distintas frecuencias portadoras y, por lo tanto, se puede usar simultáneamente y no necesita sincronizarse en el tiempo. Para este caso, las técnicas que se analizan a continuación se pueden usar tal y como están. Los SUDAC tienen implementadas rutas de retransmisión unidireccionales, p. ej., una ruta de retransmisión de enlace de bajada y una ruta de retransmisión de enlace de subida, que funcionan independientemente entre sí.

• Sistema dúplex por división de tiempo (TDD): La transmisión de carga útil de enlace de subida y de bajada tiene lugar en la misma frecuencia portadora pero en distintos intervalos de tiempo. Para este caso, el SUDAS también puede sincronizarse con el ciclo de conmutación dúplex. Cada ruta de retransmisión implementada de un SUDAC también debe admitir la transmisión bidireccional según el ciclo de conmutación dúplex.

Esquemas de señal de baliza ejemplares

**[0097]** Las señales de baliza están destinadas a la comunicación, configuración y sincronización a 60G del SUDAS, también llamados canales de estado/control. Según la realización real, la señal de baliza puede ser, p. ej., una señal portadora única, una señal portadora múltiple como OFDM o una señal de espectro expandido, véase [4] y [5]. A continuación se enumeran los aspectos generales para crear un esquema de señal de baliza adecuado.

• Debido a la ausencia de dispersión de canal en la banda 60G, una sola señal portadora puede ser una buena opción debido a su simplicidad en el procesamiento de la señal.

• Dado que podría preverse la comunicación bidireccional a través de señales de baliza entre el SUDAC y el UE, se puede elegir entre una técnica TDD y una técnica FDD. En cualquier caso, deberá haber una estructura lo suficientemente densa de campos piloto dentro de la señal de baliza para garantizar dos objetivos: Estimación y sincronización exitosas del canal para una comunicación consistente de señal de baliza, así como la ecualización del canal frontal que varía rápidamente sobre el ancho de banda retransmitido.

• En general, la señal de baliza se puede especificar como transmisión continua o discontinua/a ráfagas, donde esta última sería ventajosa para la técnica TDD. Durante la retransmisión activa de una señal, la forma más conveniente para el receptor de sincronización (etapa de recepción del equipo de usuario) es tener una estructura continua y regular de datos pilotos dentro de la señal de baliza. A este respecto, no importa si los campos de datos de baliza llenan completamente el espacio entre los campos piloto o si los campos de datos son transmitidos por el SUDAC o por el equipo del usuario (en el caso de TDD). Por lo tanto, es ventajoso especificar el ciclo de trabajo de campo piloto del portador de baliza, es decir, la relación de compartición entre campos pilotos y campos no pilotos.

• Debido al canal que rápidamente varía en el tiempo, es ventajoso que la señal de baliza tenga una velocidad de símbolo suficientemente alta para transmitir datos pilotos en una red de tiempo densa. Por lo tanto, los campos piloto dentro de las señales de baliza pueden ser lo suficientemente densos como para permitir la interpolación sobre los campos de datos de baliza. Dependiendo de la relación señal/ruido (SNR), también hay una cierta longitud de campo piloto ventajosa para asegurar la precisión de la estimación. A continuación, se supone que el ciclo de trabajo del campo piloto y la longitud del campo están diseñados correctamente para el canal 60G (= «estructura de datos pilotos adecuada»).

**[0098]** Para ser más específicos, las posibles realizaciones de los esquemas de señal de baliza se describen en las figuras 13a-17, en las que las figuras 13a-15 muestran espectros de transmisión ejemplares usando diferentes esquemas de baliza y las figuras 16-17 muestran estructuras ejemplares de esquemas de baliza. Los signos de referencia 175, 200, 205, 210 y 215 utilizados para la señal de baliza se refieren a la porción de control frontal 40 y/o la porción de control frontal adicional 42. El signo de referencia 220 de los campos de datos pilotos se refiere a la porción de control frontal 45 y el signo de referencia 225 de los campos de datos se refiere a la señal de configuración

**[0099]** En la figura 13a, se muestra un bloque de señal de baliza simple que ya se ha introducido y visualizado.

**[0100]** La figura 13b muestra espectros de transmisión ejemplares 170a-c de una transmisión de doble baliza no sincronizada en la banda 60G por tres SUDAC. Usando bloques de señal de doble baliza, una señal de baliza se organiza debajo y otra señal de baliza se coloca por encima del ancho de banda de retransmisión. Por lo tanto, se agrega una segunda señal de baliza 200a-c a los espectros de transmisión de la figura 13a. Como se muestra en la figura 13b, la segunda señal de baliza 200a-c puede tener el mismo ancho de banda de protección  $B_{91} - B_{93}$  por encima del ancho de banda retransmitido 185a-c en comparación con el ancho de banda de protección de las señales de baliza 175a-c por debajo del ancho de banda retransmitido. En una realización adicional, el ancho de banda de

protección también puede diferir entre la señal de carga útil retransmitida 180a-c y la señal de baliza 175a-c o la señal de baliza 200a-c.

**[0101]** La figura 14 muestra un espectro de transmisión ejemplar 170 de bloques de señal de baliza múltiple en la banda 60G por un SUDAC. Los bloques de señal de baliza múltiple se caracterizan por más de una señal de baliza por debajo del ancho de banda de retransmisión 185 y/o más de una señal de baliza por encima. En la realización mostrada en la figura 14, hay una primera y una segunda baliza 175, 205 por debajo del ancho de banda de retransmisión 185 y una primera y una segunda baliza 200, 210 por encima del ancho de banda de retransmisión 185 que tienen dos anchos de banda de protección  $B_{9B}$  y  $B_{C1}$ . Las señales de balizas múltiples se pueden realizar e implementar de diferentes maneras. Si se aplica un procedimiento de transmisión multiportadora como OFDM, puede haber una asignación de recursos individuales subportadores para datos de baliza y datos pilotos. Según otras realizaciones, se pueden colocar varias señales de baliza portadoras individuales a distintas frecuencias para lograr la misma asignación de recursos libres como se muestra en la figura 15. Sin embargo, una simple repetición de una señal de baliza portadora única sobre la frecuencia puede lograrse transmitiendo también las repeticiones espectrales de la señal de baliza digital original.

**[0102]** Además, se pueden aplicar bloques de señal de (multi)baliza (como en la figura 14) con una estructura de señal distinta/adaptativa sobre el recurso t-f-c-e. Es decir, la densidad piloto puede adaptarse con el tiempo (longitud o densidad del campo piloto) para tener en cuenta un canal variable más rápido o más lento. Por lo tanto, el dispositivo de estimación de canal (por ejemplo, UE) dará retroalimentación al dispositivo de transmisión de campo piloto (por ejemplo, SUDAC). Opuesta a la técnica siguiente, una ventaja de los bloques de señal de baliza múltiple es que las balizas se pueden eliminar fácilmente del bloque de señal de manera que no quede interferencia en la carga útil retransmitida.

**[0103]** La figura 15 muestra un espectro de transmisión ejemplar 170 de un bloque de señal de baliza de superposición en la banda 60G por un SUDAC. Aquí se aprovecha un espacio espectral dentro del ancho de banda de retransmisión para colocar una baliza de superposición 215. Los bloques de señal de baliza de superposición corresponden a los bloques de señal de baliza múltiple, pero también introducen señales de baliza 215 dentro del ancho de banda retransmitido 185. Por lo tanto, las últimas señales de baliza se superpondrán con las señales transmitidas. Una forma de onda de señal de baliza consistente es beneficiosa para permitir la detección y la estimación del canal en este escenario de interferencia. Las señales de baliza de superposición tienen tres ventajas/características principales:

a) Como el UE conoce la ubicación y el contenido de las señales de baliza superpuestas, pueden cancelarse desde la señal de carga útil. Este esquema de transmisión puede estar relacionado con un tipo de transmisión CDMA.

b) Como a) pero aprovechando algunos huecos en el espectro de las señales transmitidas dentro del ancho de banda transmitido. Lo más probable es que el UE tenga conocimiento o detecte vacíos y envíe esta información al SUDAC. Por lo tanto, se evita una interferencia restante después de una posible cancelación incompleta de la señal de baliza, porque una señal de carga útil no se encuentra en estas frecuencias. Esta realización se visualiza en la figura 15. Este esquema es adecuado para una técnica FDMA. En caso de que el UE informe al SUDAC sobre la asignación de recursos de señal de carga útil a tiempo, también se puede aplicar un esquema TDMA para las balizas de superposición.

c) El equipo de usuario puede indicar a la estación base que no asigne datos de carga útil a recursos de frecuencia específicos, donde las señales de baliza superpuestas se ubicarán en frecuencia. Como consecuencia, tampoco se producirá una superposición distorsionadora a costa de un ancho de banda s6G útil reducido para los datos de carga útil debido a esta brecha espectral. Sin embargo, la estación base puede llenar este vacío espectral con datos de carga útil para otros equipos de usuario, que no son reenviados por el SUDAC

#### Bloque de señal de baliza de red

**[0104]** En el caso especial de retransmitir un conjunto de portadoras finales, el SUDAC puede cambiar los espectros de señal de las distintas portadoras finales en frecuencia (además de/junto con la conversión ascendente) para producir espacios adecuados para transmitir las señales de baliza. Este modo se puede usar si la estación base agrega un conjunto de subbandas para un equipo de usuario o un cierto grupo de equipos de usuario, que es un posible procedimiento para lograr altas velocidades de datos. Si los datos de un determinado grupo de equipos de usuario se extienden sobre estas subbandas, se puede lograr una ganancia de multiplexación en comparación con la agregación exclusiva de una subbanda por cada equipo de usuario. Se visualiza un ejemplo en la figura 27, donde las subbandas/portadores 1 a 3 1605-1615 se desplazan por separado y las subbandas/portadores 4+5 1620, 1625 en bloque. Se tiene en cuenta que habrá una distancia máxima entre dos balizas para permitir la estimación correcta del canal, razón por la cual este desplazamiento de subbandas y tener las balizas de «superposición» podría ser ventajoso. El ancho de banda total de la señal retransmisión  $B_{\text{relay, total}}$  es igual a la suma de los anchos de banda de las señales de retransmisión finales  $B_{\text{relay, a}} + B_{\text{relay, b}} + B_{\text{relay, c}} + B_{\text{relay, d}}$ .

**[0105]** Dada la estructura de la señal de baliza, a continuación se discuten dos ejemplos para un bloque de señal de doble baliza.

**[0106]** La figura 16 muestra una estructura de señal de baliza de alto nivel ejemplar que indica campos piloto y campos para datos de control y configuración en un modo TDD. Suponiendo una señal portadora única con modulación lineal, en la figura 16 se muestra una primera posible estructura de señal de alto nivel, donde los campos de datos pilotos 220 se insertan de manera regular, transmitidos por el SUDAC y tienen una duración de  $T_{\text{pilot}}$ . Entre los campos piloto, hay campos de datos 225 para datos de configuración y control. En esta realización de la señal de baliza 1 175, primero transmite el SUDAC, luego el equipo de usuario 1 y finalmente el equipo de usuario 2, mientras que el último campo de datos está vacío como reserva. El diseño de señal de baliza adecuado mencionado anteriormente asegurará que  $T_{\text{pilot}} + T_{\text{data}}$  sea (notablemente) más pequeño que  $T_c$ . En este ejemplo, la señal de baliza 2 200 (colocada, por ejemplo, en el lado derecho del espectro) tiene la misma estructura pero desplazada. Este esquema escalonado, que también se puede extender a más de dos señales de baliza, tiene las siguientes ventajas:

- Una red más densa de estimaciones de frecuencia Doppler (al menos una por cada campo piloto) en resultados de dirección de tiempo en comparación con una única señal de baliza del mismo tipo. Esto da como resultado un mejor rastreo del cambio de frecuencia Doppler.

- La estructura permite una interpolación de canal más precisa desde los campos piloto escalonados sobre el ancho de banda retransmitido, como se describe en una sección adicional.

**[0107]** Dado que esta estructura de señal representada en la figura 16 permite la transmisión de equipos de usuario y SUDAC en un modo TDD, la estructura se puede usar para la transmisión de enlace de subida y de bajada debido a los conceptos de sincronización que se muestran a continuación.

**[0108]** La figura 17 muestra una estructura de señal de baliza de alto nivel ejemplar que indica campos piloto y campos para datos de control y configuración en un modo FDD. Según esta realización, ambas señales de baliza 175, 200 tienen la misma estructura piloto que se muestra en la figura 16. Aquí, la señal de baliza 1 175 está destinada únicamente a transmitir datos de configuración SUDAC y la señal de baliza 2 200 está destinada solo a datos de control de equipos de usuario. Por lo tanto, este esquema mixto TDMA/FDMA permite la transmisión de datos de estado y control de UE y SUDAC en un modo FDD (a la vista de SUDAC).

**[0109]** La transmisión de campos piloto por el SUDAC tiene un par de ventajas en comparación con la transmisión de campos piloto por parte del equipo de usuario.

- La aplicación de un esquema para alinear la transmisión de campo piloto de UE1, UE2 y otras más sería necesario, donde el manejo de dispositivos recién introducidos no es ventajoso. Se requeriría un número exagerado de campos de datos de reserva para alojar todos los posibles campos piloto de los UE debido a los distintos canales de transmisión. Sin embargo, los campos piloto transmitidos por un SUDAC pueden usarse para más de un enlace de transmisión.

- El SUDAC no necesita gastar esfuerzo en la estimación y ecualización del canal, esto lo hace el equipo de usuario.

- Buena precisión de estimación de canal sobre el ancho de banda transmitido ya que cada equipo de usuario puede evaluar las señales de baliza de cada SUDAC que tiene una conexión de línea de visión con el equipo de usuario.

- La transmisión permanente de campos piloto no es un problema para un SUDAC que está comúnmente conectado a una (cualquier tipo de) fuente de alimentación, pero el UE impulsado por batería podría sufrir la carga de la transmisión permanente.

**[0110]** En general, la secuencia de símbolos piloto puede ser igual o distinta dentro de distintos campos piloto según un esquema de generación predefinido.

#### Principios y demandas

**[0111]** Funcionalidad básica / principio de funcionamiento del SUDAC:

- Comunicación de señalización mediante señales de baliza (procesamiento digital Rx y Tx) entre SUDAC y UE en el dominio 60G.

- Transmisión de señales de carga útil por una o más cadenas de RF analógicas, que incluye amplificación, conversión de frecuencia portadora y filtrado. Se utiliza una ruta de retransmisión por cada señal transmitida. Se puede usar al menos un procesador de señal de baliza por cada señal transmitida.

**[0112]** Exigencias del usuario al sistema:



- Casos típicos: caminar con el UE, dar la vuelta con el UE. La alta precisión de la estimación del canal es beneficiosa para no degradar el rendimiento del sistema.

- 5 • Casos atípicos: arrojar el UE al suelo, agitar rápidamente el UE. La estimación del canal puede fallar y la sincronización puede perderse mientras tal caso de uso persista. Se proporciona una recuperación rápida después de que finalicen estos acontecimientos.

**[0113]** Flujo de sincronización general en un receptor:

10

1. Adquisición de sincronización aproximada para reducir los desplazamientos (p. ej., desplazamiento de frecuencia portadora) de modo que los algoritmos de la etapa de seguimiento puedan hacer frente a ella:

- Adquisición en frío después de encender el dispositivo.

- 15 • Adquisición en caliente después de un reinicio interno del dispositivo iniciado, p. ej., presionando un botón de reinicio

2. Seguimiento para sincronización excelente y estimación de canal

- Los desplazamientos se reducen aún más por los algoritmos más precisos de esta etapa

- 20 • En este modo, se realiza la demodulación de datos

#### Sincronización de frecuencia

- 25 **[0114]** Como se indicó anteriormente, el desplazamiento del horario local que conduce al muestreo y los desplazamientos de frecuencias portadoras es un problema grave, porque el desplazamiento en el peor de los casos ya es más alto que los posibles anchos de banda de la señal de baliza. Normalmente, la sincronización de frecuencia se realiza antes de aplicar la estimación de canal. Aunque solo se puede medir la suma  $Af_{lo} + f_D$ , se puede aprovechar que puede ocurrir que  $|Af_{lo}| \gg |f_D|$  y que el cambio Doppler  $f_D$  varíe más rápido con el tiempo que  $Af_{lo}$ .

- 30 1. Durante la adquisición, se estima y compensa el desplazamiento de frecuencia portadora potencialmente grande y promedio, que se refiere principalmente al desplazamiento de frecuencia  $Af_{lo}$  del oscilador local.

2. Durante el seguimiento, se supone que el gran desplazamiento estimado en 1. ya está compensado. Hay tres tareas a realizar:

35

- La frecuencia Doppler frontal que cambia rápidamente se puede estimar, rastrear y compensar.
- La segunda tarea es realizar un seguimiento de la deriva de la frecuencia del oscilador local a lo largo del tiempo, que suele ser un proceso bastante lento.
- La frecuencia Doppler final se puede estimar y compensar.

40

#### Estimación inicial del desplazamiento de frecuencia de los osciladores locales

- 45 **[0115]** La parte principal del problema de desplazamiento de frecuencia portadora está relacionada con el desplazamiento de frecuencia  $Af_{lo}$  del oscilador local a 60G, que es relativo entre los dispositivos de comunicación, p. ej., entre SUDAC y/o equipos de usuario. A continuación, se exponen distintas estrategias como posibles soluciones:

1. Autosincronización del SUDAS a través de canales de encuentro 60G. Los SUDAC pueden detectarse entre sí mediante sus señales de baliza transmitidas en los canales de encuentro escaneando sobre el rango de frecuencia. Una vez encontrados, los SUDAC pueden negociar una referencia de reloj común a través de la comunicación de señal de baliza. El equipo del usuario se sincronizará con las señales de baliza transmitidas desde los SUDAC o participará en el proceso de negociación. Para evitar el llamado problema de nodo oculto, donde algunos SUDAC no se pueden detectar debido a una fuerte atenuación de señal o incluso bloqueo, un equipo de usuario, si está presente, podría tener conexión con los SUDAC que falten y podría reenviar los comandos de negociación. Los UE podrían incluso ver un SUDAC de este grupo y uno de otro grupo, lo que permitiría sincronizar estos grupos. Esto evita que los SUDAC pierdan la negociación del reloj. Este esquema puede funcionar bien y de forma autónoma, cuando se garantiza que todos los SUDAC pueden detectarse entre sí, p. ej., por planificación de ubicación de los dispositivos dentro de un automóvil. Además, esta realización no necesita una comunicación s6G, donde, si en un entorno móvil  $f_{B1} * f_{B2} * f_{B3}$  se mantiene también para las señales de referencia de la estación base, una comunicación s6G puede conducir a problemas adicionales.

60

2. Autosincronización del SUDAS a través de una red de comunicación de terceros, p. ej., comunicación de línea de alimentación en caso de que todos los SUDAC estén montados en tomas de pared. Luego, el UE se sincronizará con las señales de baliza transmitidas desde los SUDAC. Este esquema puede funcionar de manera autónoma como el procedimiento 1, pero omite el problema del nodo oculto, porque todos los SUDAC están conectados a la red de comunicación de terceros para asistir a la negociación de una referencia de reloj común. Por lo tanto, se puede aplicar

65

un dispositivo/componente de comunicación en cada SUDAC.

3. Alineación del SUDAS al dispositivo de reloj de referencia externo/separado. Los SUDAC están conectados a un dispositivo de reloj de referencia externo. Incluso se podría pensar en un dispositivo que utiliza la frecuencia de resonancia, p. ej., oxígeno. Estas líneas espectrales son muy nítidas, las cuales pueden aprovecharse para la sincronización del oscilador local. El equipo de usuario se sincronizará con las señales de baliza transmitidas desde los SUDAC.

Esta estrategia se refiere a una referencia común sin ningún mecanismo de control adicional o esfuerzo de negociación, la cual puede ser práctica para experimentos de laboratorio y pequeños SUDAS como en un automóvil, donde, p. ej., se podría utilizar una modulación de radiofrecuencia (RF) de la fuente de alimentación de CC (corriente continua). Esto reduce el esfuerzo de instalar o establecer cables separados o enlaces de radio para distribuir la señal del reloj, ya que los cables existentes pueden reutilizarse. Una referencia común puede ser aplicable mediante el uso de un dispositivo que aprovecha frecuencias de resonancia / líneas espectrales del material circundante, p. ej., un gas como el oxígeno.

4. Alineación del SUDAS a un equipo de usuario como referencia,

a) Dado que el UE puede buscar de todos modos nuevos SUDAC en su rango de transmisión a través de la detección de señales de baliza, así como para rastrear la calidad de las conexiones reales, el UE puede controlar el desplazamiento del reloj SUDAC en relación con su propio reloj local.

Si los SUDAC poseen varias rutas de retransmisión, cada ruta puede tener su propia generación/alineación de reloj porque cada ruta puede estar relacionada con un UE distinto. Si todos los equipos de usuario están sincronizados correctamente con su estación base y las estaciones base están sincronizadas, entonces la dificultad de alinearse con distintos relojes puede no surgir. El equipo de usuario también puede dedicar algo de esfuerzo a controlar todos los SUDAC, así como proporcionar actualizaciones rápidas en caso de que se una un SUDAC. Por lo tanto, solo los SUDAC en el rango del UE pueden estar activos y sincronizarse.

b) Se podría realizar un esquema de sincronización de frecuencia de reloj automatizado en el SUDAC basado en «señales de baliza de activación» enviadas por el UE en canales de encuentro. Es decir, los SUDAC se sincronizan con las señales de baliza del UE. Este puede ser un proceso de varios pasos: sincronización inicial con la señal de activación seguida de un protocolo de transferencia, donde el desplazamiento se reduce aún más y finalmente se usa la baliza de equipos de usuario para permanecer sincronizado. El SUDAC puede buscar activamente «señales de baliza de activación» y realiza el procesamiento para adaptar/controlar su reloj local. El escaneo se puede hacer de todos modos, además, el algoritmo de adquisición puede detectar señales de activación a un desplazamiento de frecuencia muy alta y luego estimar este desplazamiento. Nuevamente, si los SUDAC poseen varias rutas de retransmisión, cada ruta puede tener su propia generación/alineación de reloj porque cada ruta puede estar relacionada con un UE distinto. Por lo tanto, el equipo de usuario puede no administrar y controlar todas las compensaciones de reloj de los distintos SUDAC. Además, no es necesario transmitir señales de control adicionales.

5. SUDAS alineado a una estación base como referencia. La estación base transmite señales de referencia en el dominio s6G (como el canal de control común en modo no MIMO [Entrada múltiple, salida múltiple], así como datos pilotos integrados en la señal de carga útil) para permitir la sincronización del equipo de usuario. Un SUDAC capaz también podría recibir estas señales y aprovecharlas para la sincronización. Como alternativa, se pueden transmitir señales de referencia especiales desde la estación base dedicada a los SUDAC u otros dispositivos para sincronizar. Por lo tanto, los SUDAC pueden procesar señales s6G para recibir la referencia de reloj. En esta realización, todos los dispositivos 60G (incluidos los equipos de usuario) tienen la misma referencia. Como la señal BS siempre está presente, los SUDAC pueden actualizar su compensación de desplazamiento en un ciclo específico. Por lo tanto, se sincroniza en cualquier momento y puede comenzar a retransmitir directamente, cuando se activa por parte del UE. Esto puede ser de especial interés en un entorno (casi) estacionario/fijo de BS y SUDAC.

6. Técnicas combinadas:

- Cambiar entre técnicas: Por ejemplo, si una fuente de reloj externa está conectada a un SUDAC, cambia al procedimiento 3. De lo contrario, utilizará el procedimiento 5.
- Uso simultáneo de técnicas: Por ejemplo, el procedimiento 5 se utiliza como línea de base para la sincronización aproximada, porque existe la incertidumbre de un cambio Doppler final distinto de cero  $f_D$ . La excelente sincronización de frecuencia portadora se realiza mediante el procedimiento 4.b).

**[0116]** Además, se enumerarán los pasos para la sincronización de frecuencia portadora según una realización.

1. Escanear sobre la frecuencia, donde normalmente se aplica la detección de potencia (de las señales de baliza). Esto da como resultado una sincronización de frecuencia portadora gruesa. A partir de entonces, se pueden recoger todas las frecuencias de señal de baliza encontradas.

2. Excelente sincronización de frecuencia portadora y control

**[0117]** Adicionalmente o alternativamente, se puede aplicar un procedimiento para calcular una estimación del desplazamiento de frecuencia a partir de datos de referencia o ciegamente mediante detección de potencia o explotación de propiedades de correlación de señal.

## 5 Compensación de frecuencia portadora frontal

**[0118]** La figura 18 muestra la imagen de la figura 16, donde además, se muestran estimaciones de un cambio Doppler frontal  $f_D(t_1) - f_D(t_2)$  y coeficientes de canal complejos  $h$  deducidos de dos señales de baliza ejemplares 175, 200 de un SUDAC.

**[0119]** El desplazamiento de frecuencia portadora frontal (CFO) puede estimarse por cada campo piloto (o subbloques de campos piloto), puede interpolarse entre los campos piloto (o subbloques) y compensarse inmediatamente debido a la rápida variación en el tiempo. Aunque la figura 18 representa solo un bloque de señal, esto puede hacerse para cada bloque de señal individualmente debido a distintos desplazamientos (Doppler).

**[0120]** Los algoritmos para esta estimación más el posible promedio sobre las estimaciones de distintas señales de baliza se aplican y las variaciones de fase restantes (debido a una cierta variación de estimación) a lo largo del tiempo y la frecuencia se abordarán mediante la estimación de canal. Esto se visualiza en la figura 18, donde las frecuencias estimadas de Doppler frontal  $f_D$  se muestran en distintos instantes de tiempo, así como las estimaciones de canal (coeficiente único)  $h$  en distintos instantes de tiempo y frecuencia.

**[0121]** Dado que el CFO frontal es el mismo para todas las señales de baliza de la misma fuente, especialmente una estructura de campo piloto escalonada en el tiempo permite una interpolación y compensación muy suaves del CFO frontal real.

## Desplazamiento de frecuencia portadora final

**[0122]** Después de la compensación del CFO frontal, el CFO final debido al cambio Doppler  $f_B$  puede ser compensado. Según una realización, la compensación de estos desplazamientos no debe ser realizada por el SUDAC (especialmente en el caso de un tipo de amplificación y reenvío analógico debido a problemas de viabilidad de la estimación), sino más bien por el UE, que ya tiene dicha funcionalidad implementada.

## Problemas de la estimación del desplazamiento de frecuencia portadora

### **[0123]**

- Las nuevas formas de adquisición inicial se muestran en las secciones anteriores.
- La técnica de dos pasos de estimación y compensación es útil para el seguimiento: Primero, el CFO frontal se estima en función de los campos piloto de señal de baliza y se compensa por la señal de baliza y la señal de carga útil retransmitida. En segundo lugar, el CFO final se estima y compensa en función de los datos de referencia de la señal de carga útil.
- El equipo de usuario puede transmitir señales de baliza dentro del bloque de señal de enlace de subida, que se puede usar en los SUDAC para la compensación del desplazamiento de frecuencia. En una realización, las señales de baliza especiales controlan un ajuste de bucle de bloqueo de fase rápida (PLL) para controlar el mezclador para la conversión descendente de 60G a s6G. Más específicamente, una de las señales de baliza de un bloque de señal de baliza múltiple podría ser una señal de onda continua, que puede reenviarse dentro del SUDAC directamente como entrada analógica a un VCO para lograr una modulación de frecuencia inversa para una compensación rápida de desplazamiento de frecuencia. Esta técnica puede compensar las señales variantes de fase/frecuencia. En el caso del tipo de SUDAS comprimir y reenviar, esta compensación de fase se puede lograr en el dominio digital del SUDAC.

## Estimación de canal para la parte de enlace de bajada: estación base - SUDAS - equipo de usuario

**[0124]** La estimación de canal es beneficiosa para igualar las señales de baliza y las señales de carga útil retransmitidas.

## Estimación de canal en el lado del UE

**[0125]** Después de los pasos de procesamiento convencionales del UE, como el filtrado de paso de banda, la conversión descendente, el filtrado de paso bajo y la sincronización, se realiza la estimación de canal. Las señales de distintos SUDAC pueden considerarse por separado, ya que se aplican distintos canales de transmisión por cada enlace. El procedimiento de estimación del canal y la precisión dependen de las señales de baliza proporcionadas por los SUDAC de la siguiente manera:

• Bloques de señal de baliza simple: La estimación de canal solo se puede hacer en la frecuencia de baliza simple. Dado que no hay información/estimación sobre la variabilidad del canal sobre la banda retransmitida, se supone un único valor complejo (o respuesta de impulso) para que la compensación sea constante en toda la banda de frecuencia. Esto es de baja complejidad, porque solo se aplica un transceptor de baliza a 60G por señal transmitida.

5

• Bloques de señal de doble baliza: La estimación del canal se puede hacer por interpolación sobre el ancho de banda retransmitido, donde se aprovechan las estimaciones complejas del canal de la señal de baliza inferior y superior. Por lo tanto, una variabilidad moderada del canal sobre la frecuencia se puede estimar y compensar mediante ecualización. Por lo tanto, se puede lograr una mejor precisión de estimación que en el caso de bloques de señal de baliza simple.

10 Este esquema es de complejidad media, porque se aplican dos receptores de baliza sincronizados (o rutas de recepción) a 60G por señal transmitida para el enlace de subida y una cantidad correspondiente de transmisores para el enlace de bajada, ambos posiblemente funcionando en paralelo. Por lo tanto, se respeta el cambio variante en el tiempo del canal sobre la frecuencia, donde todavía se espera que se produzca una pequeña degradación por el hecho de que solo la interpolación lineal sobre la frecuencia podría no cubrir el comportamiento del canal real.

15

• Bloques de señal de baliza múltiple (con estructura de señal igual, distinta o adaptativa): Interpolación sofisticada entre varios valores complejos sobre la frecuencia para compensación mediante, p. ej., la adaptación de polinomios de orden superior. También se pueden calcular soluciones de mínimos cuadrados (LS) para polinomios de orden superior, en caso de que haya más estimaciones de canal disponibles de los bloques de señal de baliza múltiple de lo necesario, p. ej., en un sistema sobredeterminado. Este esquema es de complejidad media a alta para un SUDAC y un UE, porque se aplican varios transmisores/receptores de baliza 60G sincronizados. Según otra realización, el esquema es de complejidad media, si se pueden usar repeticiones espectrales de la misma señal de baliza de la conversión de digital a analógico para generar una señal de baliza múltiple (señales idénticas en todas las subportadoras de baliza) o si dos señales de baliza multiportadora se transmiten por dos rutas de transmisión.

20

• Bloques de señal de baliza de superposición:

La estimación de canal utilizando bloques de señal de baliza de superposición es de complejidad media cuando se aplican los procedimientos descritos en la figura 15 relacionados con la técnica b) o c), ya que esto podría conducir al mismo nivel de complejidad que en el caso de los bloques de señal de baliza múltiple. Las estimaciones de canal más precisas se pueden lograr por dos razones: Primero, la distancia de interpolación sobre el ancho de banda retransmitido se reduce aquí a solo una fracción de este ancho de banda, lo que mejora la precisión de la estimación del canal con respecto a los otros procedimientos anteriores. Y segundo, las señales de baliza no se ven perturbadas por la señal de carga útil, que actuaría como interferencia.

35

Según la realización relacionada con la técnica a) descrita con respecto a la figura 15, la estimación de canal puede tener un esfuerzo de cálculo más alto para la cancelación de interferencia.

**[0126]** Además, la estructura piloto desplazada de las señales de baliza que se muestra en la figura 16 y la figura 17 tiene la ventaja de que un esquema de interpolación bidimensional más mejorado (es decir, una estimación simultánea en tiempo y frecuencia) ganaría sobre un esquema de interpolación dos veces unidimensional (es decir, una estimación separada en tiempo y frecuencia). Si, p. ej., las señales de baliza 1 y 2 estuviesen idénticamente alineadas en el tiempo, un esquema de interpolación bidimensional solo puede funcionar tan bien como el esquema de interpolación dos veces unidimensional, que se conoce a partir de la estimación de canal en los sistemas OFDM.

45

**[0127]** Además de otros pasos de sincronización y procesión, el UE puede hacer dos pasos para la estimación y ecualización de canal según una realización:

1. Compensación y estimación de canal basadas en las señales de baliza por dos razones:

50

• Demodulación de los campos de datos de configuración de la(s) señal(es) de baliza de los bloques de señal de destino.

• Estimación de los coeficientes de canales complejos que rápidamente varían en el tiempo, que son válidos en las frecuencias de las señales de baliza en el dominio 60G.

55

Primero, la estimación del canal se realiza en cada campo piloto recibido, donde el procedimiento aplicado depende de la forma de onda seleccionada para la señal de baliza, de la longitud de respuesta al impulso del canal objetivo y el nivel de precisión.

60

En segundo lugar, se realiza la interpolación de las estimaciones del canal en la dirección del tiempo sobre los campos de datos de baliza y en la dirección de la frecuencia sobre el ancho de banda retransmitido. Las estimaciones de canal en los campos de datos de baliza se aplican para ecualizar y demodular la configuración transportada y los datos de control con éxito. Las estimaciones de canal a partir de la interpolación a lo largo del tiempo y la frecuencia se pueden utilizar para ecualizar la señal de carga útil del ancho de banda retransmitido.

65

Para este propósito, la interpolación puede adaptar las estimaciones de canal a una velocidad de muestreo que está directamente relacionada con la señal de carga útil retransmitida. En general, la interpolación adapta/relaciona las estimaciones de canal de los campos piloto de señal de baliza a la (distinta) red de recursos t-f-c-e de la señal de carga útil retransmitida.

5

Esta técnica modular se aplica en paralelo a todos los canales de retransmisión, es decir, estimación múltiple, interpolación e instancias de compensación/ecualización.

La figura 19 muestra un procesamiento conjunto ejemplar de campos piloto a partir de dos señales de baliza, donde la estructura del campo piloto está alineada en las señales de baliza 1 y 2. Aquí, un procesamiento conjunto de campos

10 piloto para la estimación del canal (y la estimación del CFO) se puede realizar alternativamente al interpretar las señales de baliza (por ejemplo, a distintas frecuencias) como una señal única con distribución desigual de potencia sobre la frecuencia. En esta realización, es posible mejorar la resolución temporal de la respuesta de impulso de canal estimada, es decir, con respecto a la resolución de los retrasos de la ruta del canal, en comparación con el caso estándar de una resolución relacionada con la velocidad de símbolos de la estimación de canal a partir de una

15 estimación de canal por baliza. Sin embargo, todavía podría aplicarse una interpolación en la dirección del tiempo. Es más práctico para esta técnica tener una estructura de campo piloto no escalonada pero alineada. Especialmente, esto incluye una transmisión constantemente sincrónica de campos piloto, donde una señal de baliza se desplaza a la mitad de la duración de un símbolo ( $= T/2$ ). Este procesamiento conjunto de los campos piloto de señal de baliza 220 a partir de distintas señales de baliza 175, 200 mejora la estimación de canal y la estimación de CFO. Si los datos

20 de configuración y control dentro de los campos de datos de señal de baliza también están alineados, una detección conjunta de los campos de datos de configuración y control 225 mejorará la consistencia y/o la precisión.

Si un SUDAC con más de una ruta de retransmisión de enlace de bajada transmite sus datos de carga útil al UE, los bloques de señal deben ubicarse en frecuencia lo más cerca posible. Esto se debe a que un esquema de estimación de canal más mejorado puede considerar este conjunto de señales de baliza (de diferentes bloques de señal pero el

25 mismo SUDAC y, por lo tanto, canales muy similares) como un esquema de baliza múltiple y mejorar la precisión de la estimación de canal en oposición al procesamiento por bloque de señal.

En el caso especial de los pilotos de superposición con desplazamiento de subbanda como se visualiza en la figura 27, el UE puede realizar un procesamiento de banda ancha utilizando todas las señales de baliza para el procesamiento conjunto. Como alternativa, el UE puede hacer un procesamiento paralelo por separado por cada ancho

30 de banda de retransmisión aprovechando las balizas vecinas.

2. La estimación de canal y la compensación basada en los campos piloto de la señal retransmitida se aplican después de la compensación de canal que varía rápidamente en la etapa 1, así como los pasos de sincronización adicionales en la señal de carga útil, p. ej., estimación y compensación del cambio Doppler  $f_B$  del canal final. Dado que las señales de carga útil retransmitidas incluyen suficientes pilotos para ecualizar el canal final experimentado en el sistema de

35 radio móvil, se pueden aplicar técnicas comunes, que son específicas del sistema pero que normalmente ya están establecidas (por ejemplo, para GSM, UMTS, LTE, etc.).

**[0128]** A continuación, se consideran dos realizaciones con respecto al primer paso de estimación y ecualización de canal para el ejemplo presentado anteriormente de una señal de baliza portadora única con

40 modulación lineal.

#### Realizaciones usando un coeficiente de canal complejo por campo piloto

**[0129]** Para el ejemplo presentado anteriormente de una señal de baliza portadora única con modulación lineal,

45 una correlación con la secuencia piloto original produciría una estimación de canal complejo único en el máximo de correlación. Esto representa una estimación precisa si el canal muestra una extensión de retraso insignificante.

**[0130]** Después de la evaluación de los campos piloto (es decir, estimaciones de canal válidas para elementos de recursos específicos de t-f-c-e), se puede realizar la tarea de interpolación. Hay una gran variedad de

50 procedimientos. Algunos ejemplos son:

- Procedimientos de interpolación lineal sobre la red de recursos t-f-c-e. El procedimiento más trivial de esta clase es aplicar una estimación de canal constante sobre la red de recursos t-f-c-e. También de baja complejidad es aplicar el promedio o la adaptación de filtros lineales.

55

- En el caso de señales de baliza múltiple, se puede utilizar una técnica de mínimos cuadrados (LS) para adaptar los coeficientes polinómicos de orden superior para la interpolación, que es de valor en un sistema sobredeterminado con más estimaciones incorporadas que coeficientes polinómicos.

60 • Existen procedimientos de seguimiento de canales para adaptar/actualizar continuamente los parámetros de un supuesto modelo de canal con las estimaciones de canal más recientes. A partir del modelo, se puede deducir la interpolación o incluso los resultados de la previsión/predicción. La precisión depende en gran medida de la falta de coincidencia del modelo con respecto a la realidad.

65 **[0131]** Después de la tarea de interpolación, una posible representación de la estimación de canal es una

función de transferencia de canal de dominio de frecuencia. Se puede utilizar para la ecualización del dominio de frecuencia, cuyos coeficientes se derivan de la función de transferencia de canal.

#### Realización para la respuesta de impulso de canal con propagación de retraso no despreciable

**[0132]** Si el canal verdadero muestra una extensión de retraso no despreciable, su respuesta al impulso de canal se compone de la señal de línea de visión (LOS) y varias derivaciones de retraso. La estimación puede, p. ej., lograrse mediante el estimador de máxima verosimilitud, que aplica una multiplicación de matriz de vectores por campo piloto.

**[0133]** Al tener una estimación de respuesta de impulso de canal por campo piloto, se puede aplicar la interpolación sobre la red de recursos t-f-c-e. En general, los procedimientos de la realización 1 pueden usarse en cada valor complejo individual de la respuesta al impulso de canal.

**[0134]** Después de eso, uno puede usar nuevamente el procedimiento mencionado anteriormente para calcular una función de transferencia de canal general y usarla para la ecualización en el dominio de frecuencia. Alternativamente, uno puede dividir la banda en subbandas y asumir un desvanecimiento plano en cada subbanda. Entonces, la ecualización individual de subbandas se puede realizar en base a los resultados de interpolación que se supone que son constantes por subbanda.

**[0135]** Un procedimiento diferente puede estar relacionado con la división de la ecualización en una parte de compensación de fase (véase la realización 1, un coeficiente complejo que varía rápidamente con el tiempo y poca modificación con respecto a la frecuencia) y una parte de compensación multirruta (la respuesta al impulso del canal también varía rápidamente con el tiempo, pero una respuesta al impulso de canal es válida para toda la banda de frecuencia retransmitida).

**[0136]** Las técnicas de ecualización y estimación de canal mencionadas anteriormente también pueden extenderse a técnicas iterativas según el principio de ecualización turbo. Entonces, los procedimientos mencionados anteriormente representan el paso inicial para iniciar un algoritmo de ecualización turbo.

**[0137]** Dado que esta es una idea central de las realizaciones descritas, se señala de nuevo la estimación de canal en dos etapas y la técnica de ecualización, primero para compensar los efectos del canal 60G, donde se aprovechan las señales de baliza, y segundo para compensar los efectos del canal s6G por medio de la capacidad/estructura de la señal de carga útil. Además, la interpolación de estimación de canal sobre el ancho de banda retransmitido (o partes del mismo en el caso de pilotos de superposición) es ventajosa según algunas realizaciones. Otras realizaciones describen el procesamiento conjunto de campos piloto y campos de datos.

#### Estimación de canal en el lado del SUDAC

**[0138]** La comunicación de los SUDAC puede estar relacionada solo con las señales de baliza (ancho de banda bastante pequeño en comparación con la señal retransmitida), donde los datos de configuración y control son enviados por los UE al SUDAC (y viceversa) como se ha mostrado en las secciones anteriores, es decir, se recibe (o transmite) un canal de control de retorno. Por lo tanto, el SUDAC puede recibir y ecualizar la señal de baliza correctamente. En esta realización, el SUDAC no realiza una estimación de canal sobre el ancho de banda de retransmisión como el UE.

**[0139]** Aunque las señales de baliza de enlace de bajada se consideran en esta sección, el canal de control de retorno también puede ser recibido por el SUDAC desde las señales de baliza que acompañan a las señales de retransmisión de enlace de subida.

**[0140]** Para la estimación de canal para la detección de la señal de baliza, puede ser suficiente asumir una extensión de retraso insignificante, es decir, solo un factor complejo, que puede variar potencialmente rápido con el tiempo. Por lo tanto, los campos piloto pueden ser lo suficientemente densos como para interpolar sobre los campos de datos de la señal de baliza. En bases al concepto de sistema que defina qué dispositivo transmite los campos piloto asociados con los campos de datos de señal de baliza objetivo, resultan las siguientes dos técnicas distintas según las realizaciones:

##### 1. UE transmite campos piloto

En consecuencia, el SUDAC puede hacer una estimación de canal basada en los campos piloto recibidos y realiza la interpolación a lo largo del tiempo debido a la presencia de los campos de datos de baliza. Con este resultado de estimación de canal, la distorsión del canal puede compensarse mediante ecualización. Esto se refiere al mismo esquema discutido anteriormente para el UE. Esta realización puede tener algún esfuerzo de procesamiento en el lado SUDAC.

##### 2. SUDAC transmite campos piloto

Como se muestra en la realización mostrada en, p. ej., la figura 16, el SUDAC transmite campos piloto. En base a estos campos piloto, el equipo de usuario realiza la estimación de canal, lo que puede hacerse de todos modos debido

a la ecualización aplicada de los datos de carga útil retransmitidos. Por lo tanto, el equipo de usuario puede usar sus resultados de estimación para realizar una precompensación/ecualización de sus señales de control y carga útil. Entonces, el SUDAC puede prescindir de la estimación y ecualización de canal. Sin embargo, los campos de datos de señal de baliza también pueden tener algunos campos piloto pequeños para asegurar la correcta demodulación de

5 datos de control importantes por parte del SUDAC. En conclusión, el UE realiza la mayor parte del trabajo de ecualización basado en los campos piloto transmitidos por el SUDAC. Y el SUDAC tiene relativamente poco esfuerzo para usar los pequeños campos piloto, que son inherentes a los campos de datos de señal de baliza. Esta técnica colaborativa de estimación de canal y precompensación en el lado del UE para la mayoría del trabajo de ecualización y la explotación de los «pilotos de campos de datos de señal de baliza» por el SUDAC para la excelente

10 ecualización es ventajosa. Según esta realización, se pueden usar los recursos de hardware existentes, p. ej., en el equipo de usuario, y la implementación de más recursos de hardware se puede minimizar.

#### Estimación de canal para la parte de enlace de subida: equipo de usuario - SUDAS - estación base

15 **[0141]** Según las realizaciones, la estación base no puede estimar y corregir las variaciones de fase rápida del dominio 60G (debido a los efectos del canal de propagación como el cambio Doppler). Además, todas las señales de transmisión de todos los SUDAC a la estación base se superpondrían en la misma banda s6G. Si las señales de baliza también se transmitieran a la estación base, también se superpondrían como la señal de enlace de subida de la carga útil y podrían no ser adecuadas para la transmisión s6G (no se ajustan al estándar de comunicación o incluso interfieren

20 con otras señales de enlace de subida s6G de otros UE).

Posibles soluciones:

#### **[0142]**

25 • Compensación previa en el equipo de usuario, ya que el procesamiento de la señal se puede hacer allí de todos modos. A continuación se explican dos opciones para la implementación del concepto:

a. Retroalimentación rápida de las estimaciones de fase desde el SUDAC al equipo de usuario. El SUDAC puede estimar los coeficientes del canal complejo real a partir de las señales de baliza enviadas por el equipo de usuario. La retroalimentación rápida de estas estimaciones por una señal de baliza es beneficiosa para no tener estimaciones de canal desactualizadas para la precompensación.

b. La figura 20 muestra ejemplos de señales de baliza de un SUDAC que sirve como una ruta de retransmisión de enlace de bajada y una ruta de retransmisión de enlace de subida en modo dúplex por división de frecuencia (FDD) con respecto a los datos de carga útil retransmitidos, que está relacionado con el modo dúplex de la red móvil. El equipo de usuario transmite solo la señal de enlace de subida a retransmitir, pero no los campos piloto de señal de baliza. El SUDAC transmite campos piloto de señal de baliza 220 dentro de las señales de baliza 175, 200 relacionadas con el ancho de banda retransmitido 185 utilizado por el equipo de usuario como se muestra en la figura 16 y la figura

35 20. El equipo de usuario aprovecha estos campos piloto de señal de baliza 220 para estimar los coeficientes de canal complejos y calcula la precompensación. Si los bloques de señal de enlace de subida y de enlace de bajada están tan cerca como en la figura 20, una estimación de canal conjunta, interpretar esto como una señal de baliza múltiple puede proporcionar una mejor precisión de estimación que la estimación separada de canal de enlace de subida y de enlace de bajada. Por lo tanto, es ventajoso que no haya un enlace de retroalimentación explícito aplicado como en a. y la

40 probabilidad de usar datos obsoletos solo depende de la velocidad de procesamiento del equipo de usuario. Se supone que una reciprocidad de canal aproximada de enlace de subida y enlace de bajada en 60G es válida para esta técnica.

• Cada SUDAC reenvía los pilotos recibidos a 60G a través de un enlace separado compatible con s6G a la estación base, donde se pueden aplicar procedimientos de procesamiento más mejorados. Nuevamente, se puede aplicar una estimación de canal de dos etapas y una técnica de ecualización como en las secciones anteriores gracias al número de antenas de recepción en la estación base. A esta realización se le pueden dar más recursos en la banda s6G, así como la estandarización de modo que todas las BS entiendan el enlace de subida s6G de los SUDAC.

**[0143]** En esencia, todas estas técnicas de compensación pueden compensar las variaciones de fase y

55 amplitud restantes debido a las distorsiones de canal frontal después de la compensación de los cambios de frecuencia reales del dominio 60G, p. ej., incluidos los cambios Doppler  $f_{D1}$ ,  $f_{D2}$ , y  $f_{D3}$  en el caso de tres rutas de retransmisión de enlace de subida SUDAC.

**[0144]** La figura 21 muestra señales de baliza de un SUDAC que sirve como una ruta de retransmisión para enlace de bajada y enlace de subida en modo dúplex por división de tiempo (TDD) con respecto a los datos de carga útil retransmitidos, que está relacionado con el modo dúplex de la red móvil. El modo TDD que se muestra en la figura 21 representa el modo alternativo al modo FDD que se muestra en la figura 20. Las realizaciones de la figura 20 y la figura 21 pueden ser realizaciones preferidas, aunque el UE puede transmitir y precompensar la señal de enlace de subida para cada SUDAC simultáneamente. Sin embargo, esto simplifica el concepto de transmisión dúplex por

60 división de tiempo (TDD) como se muestra en la figura 21, porque el equipo de usuario puede estimar continuamente

el canal de transmisión 60G y selecciona solo entre el uso de estas estimaciones: preecualización para la transmisión de enlace de subida o ecualización para el enlace de bajada. Por supuesto, los anchos de banda de protección  $B_{91}$  en modo TDD y  $B_{90}$ ,  $B_{91}$ , y  $B_{92}$  en modo FDD pueden elegirse cuidadosamente para tener un aislamiento suficiente de las señales de transmisión y recepción.

5

**[0145]** Se tiene en cuenta que es posible en una realización alternativa usar el esquema de la figura 20 para TDD. En este caso, el SUDAC proporciona comunicación FDD en el enlace frontal, donde la señal de retransmisión de enlace de subida y la señal de retransmisión de enlace de bajada, destinadas a la red de comunicación móvil TDD, están separadas en frecuencia. Aunque esto puede usar más ancho de banda frontal, pero puede tener ventajas para la implementación: El cambio de la dirección de transmisión para TDD debe realizarse en el SUDAC, pero esto se puede hacer en las frecuencias fáciles de procesar en lugar de las frecuencias extremadamente altas para la técnica de la figura 21. Por lo tanto, se puede omitir un dispositivo de conmutación costoso para las frecuencias extremadamente altas.

10

15 **[0146]** Una realización preferida puede comprender los siguientes pasos de procesamiento:

- El SUDAC transmite campos piloto de señal de baliza, independientemente de la retransmisión de enlace de subida o de bajada como se describió anteriormente.

20 • El UE realiza una estimación de canal continua basada en los campos piloto de señal de baliza.

- En el caso de una red de comunicación móvil TDD, el uso del resultado de la estimación se puede cambiar entre precompensación/preecualización en caso de transmisión de enlace de subida (señal de carga útil para transmisión de enlace de subida o campos de datos de baliza) y ecualización de las señales de enlace de bajada recibidas (señal de carga útil de enlace de bajada retransmitida o campos de datos de baliza). Esto ha sido descrito con respecto a la figura 21.

25

- En el caso de una red de comunicación móvil FDD, se puede deducir una precisión de estimación de canal mejorada en el UE en caso de canales de subida y de bajada cercanos, como se describe con respecto a la figura 20.

30

- Además, la realización alternativa descrita anteriormente del uso de la comunicación frontal según la figura 20 también puede lograr la comunicación final con una red de comunicación móvil TDD.

**[0147]** Finalmente, este esquema tiene dos ventajas:

35 • El SUDAC tiene un mínimo de esfuerzo de procesamiento que conduce a la reducción de los requisitos de hardware y finalmente a obtener un dispositivo SUDAC más barato.

- Concepto de eficiencia energética, porque los elementos que consumen más energía son los amplificadores de potencia de transmisión. Dado que el SUDAC probablemente esté conectado a una fuente de alimentación general, el consumo de energía para transmitir las señales de baliza no es un problema. Y el equipo de usuario alimentado por batería utiliza sus amplificadores de potencia solo para datos de estado/control o para la transmisión de enlace de subida.

40

**[0148]** Sin embargo, en general también es posible intercambiar los roles de SUDAC y el equipo de usuario en el concepto mencionado anteriormente. Es decir, el equipo de usuario transmitiría permanentemente campos piloto de señal de baliza y el SUDAC haría el desplazamiento de frecuencia portadora (CFO) y la estimación de canal, así como la (pre)compensación.

45

#### Diagrama de bloque conjunto de estimación de CFO y estimación de canal

50 **[0149]** Dado que hemos descubierto que una técnica de dos pasos es ventajosa para la estimación de desplazamiento de frecuencia portadora (CFO) y para la parte de estimación de canal, es importante saber que se puede respetar el siguiente orden de aplicación en caso de procesamiento de señal de recepción:

1. Durante la adquisición: Estimación y compensación del CFO grueso inducido principalmente por el desplazamiento del oscilador local (LO).

55

2. Estimación y compensación del CFO frontal, que se reutiliza también para el procesamiento de señales de transmisión (precompensación).

60 3. Estimación y compensación del canal frontal, que se reutiliza también para el procesamiento de señales de transmisión (precompensación).

4. Estimación y compensación del CFO final.

65 5. Estimación y compensación del canal final.



**[0150]** La figura 22 muestra un diagrama de bloques esquemático de bloques de procesamiento de señales en el equipo de usuario para comunicarse con los SUDAC. Módulos de procesamiento general, p. ej., por sincronización de tiempo y filtros de paso de banda, así como la conversión descendente/ascendente (de/a frecuencias extremadamente altas a/de frecuencias de fácil procesamiento) se omiten por simplicidad. La figura 22 da una indicación sobre las interacciones de los pasos 2 a 5. En la parte superior, está la ruta de procesamiento de la señal de recepción y en la parte inferior la parte de procesamiento de la señal de transmisión.

**[0151]** Según esta realización, la parte de procesamiento de señal de recepción comprende un extractor 240a, p. ej., un demultiplexor, que está configurado para extraer una señal de baliza 242 de la señal recibida compuesta de señales de baliza y señal de carga útil retransmitida. Un estimador de desplazamiento de frecuencia portadora (CFO) 17 basado en pilotos calcula las estimaciones del CFO  $f_D(t_k)$  247 evaluando los campos piloto (es decir, la señal de evaluación frontal) de la señal de baliza 242. Después de una interpolación regular en el tiempo, un oscilador controlado numéricamente (NCO) 255 genera una señal de rotación de fase  $\exp(-j2\pi D(t))$  257. La señal 257 se multiplica con la señal de recepción (es decir, la señal entrante) usando un multiplicador 260 para compensar el CFO. Después de la corrección del CFO, la señal de baliza ahora corregida por el CFO 265 es extraída nuevamente por un extractor 240b. El estimador de canal frontal 20 calcula los coeficientes de canal  $h(t, f)$  267 a partir de la señal de baliza 265. Los coeficientes de canal  $h(t, f)$  son utilizados por un ecualizador frontal 21 para proporcionar una señal entrante ecualizada 275 de donde la señal de baliza ecualizada 280 y la señal de carga útil retransmitida ecualizada 285 se extraen con un extractor 240c. La señal de carga útil retransmitida ecualizada 285 se procesa adicionalmente mediante una estimación y compensación del CFO final 290 y una estimación de canal final y ecualización MIMO 295. Se tiene en cuenta que 290 y 295 también reciben otras señales finales retransmitidas de instancias de comunicación como la figura 22, así como también las señales finales directamente recibidas en el UE para tener un procesamiento conjunto/colaborativo. Un procesador de señal de baliza 300 recibe la señal de baliza ecualizada 280 y puede controlar el generador de campos de datos de señal de baliza 305 para crear una señal de baliza 307 (que comprende al menos datos de control y configuración) que transmite en el recurso t-f-c-e correcto.

**[0152]** Además, para la parte de procesamiento de señal de transmisión, un generador de señal de enlace de subida final 310 crea la señal de carga útil de enlace de subida 315. Esta señal de carga útil de enlace de subida 315 se multiplexa con la señal de baliza 307. Después de una precodificación/preecualización frontal con un precodificador 325 frontal que usa los coeficientes de canal  $h(t, f)$  267 para la precompensación del canal, la señal precodificada se rota en fase para precompensar el supuesto CFO por multiplicación con la señal de rotación de fase  $\exp(-j2\pi D(t))$  257 usando el multiplicador 260. La señal de salida ahora precompensada 60 puede enviarse al SUDAC.

**[0153]** Por cada SUDAC utilizado, dicha instancia que se muestra en el diagrama de bloques se puede implementar en el UE, donde los componentes mostrados 290, 295 y 310 pueden coincidir o pueden conectarse para el intercambio de información. Esta realización se muestra en la figura 23.

**[0154]** Gracias a la compensación previa del CFO frontal y el canal frontal, el SUDAC solo tiene un pequeño esfuerzo de procesamiento de señal, lo que hace que el dispositivo sea más barato.

**[0155]** Dado que el equipo del usuario posee una potencia de procesamiento ya importante (debido a las capacidades de procesamiento de entrada múltiple, salida múltiple [MIMO]), el procesamiento de señal mencionado anteriormente probablemente se realice en el equipo de usuario. Sin embargo, sería sencillo reorganizar el diagrama de bloques de la figura 22, para el caso de realizar el procesamiento de la señal en el SUDAC cuando el equipo de usuario transmite permanentemente los campos piloto de la señal de baliza.

**[0156]** La figura 23 muestra un diagrama de bloques esquemático de bloques de procesamiento de señales en el equipo de usuario para comunicarse con tres SUDAC. La figura 23 es una extensión de la realización descrita en la figura 22. La figura 23 comprende tres rutas de procesamiento. Cada una de las rutas de procesamiento puede comunicarse con un SUDAC. El procesamiento de la señal según la realización mostrada en la figura 23 es similar al procesamiento de señal descrito en la figura 22. Además, se puede aplicar una estimación y compensación del CFO final único o combinado (conjunto) (290) y una ecualización y estimación de canal final combinada o conjunta (MIMO) (295). Además, según la figura 4, el equipo de usuario puede comprender una antena para la comunicación s6G para recibir directamente señales o datos desde la estación base. Por lo tanto, se puede agregar una ruta de recepción simplificada sin procesamiento de señal de canal frontal como se muestra en la figura 4 a la realización de la figura 23.

#### Compresión

**[0157]** Las figuras 24a-e muestran diagramas de bloques esquemático de bloques de procesamiento de señal para procesamiento de señales comprimidas en el equipo de usuario 10 y el SUDAC 30. En aras de la simplicidad, el codificador 67 y el decodificador 69 del lado del UE se muestran en la figura 3, pero se omiten en las figuras 24a-e. El decodificador 69 se refiere a la descompresión/decodificación del lado del UE (para el enlace de bajada) controlada directamente por el procesador de parámetros de compresión 68. El codificador 67 se refiere a la

compresión/codificación del lado del UE (para el enlace de subida) controlada directamente por el procesador de parámetros de compresión 68.

**[0158]** La figura 24a muestra una realización de la presente invención. El SUDAC 30 comprime y cuantifica la señal recibida desde el enlace final en una banda de frecuencia ultra alta usando el codificador 93 y envía la señal comprimida y cuantificada sobre el enlace frontal en una banda de frecuencia extremadamente alta hacia el UE 10, de modo que el número de símbolos enviados a través del enlace frontal se reduce con respecto al caso sin compresión ni cuantificación. Todos o parte de los parámetros que utiliza el SUDAC 30 para este proceso de compresión y cuantificación se calculan en el UE 10 en función de la señal frontal recibida de este SUDAC y/o en función de otras señales finales recibidas en una banda de frecuencia ultra alta por las antenas internas del UE o de otras señales frontales recibidas en una banda de frecuencia extremadamente alta de SUDAC adicionales. Por lo tanto, el equipo de usuario 10 comprende el procesador de señal 68, que puede recibir información a través de una ruta 2400 desde las antenas internas del UE o desde otros SUDAC 30 y que puede transmitir información a través de una ruta 2405 a más SUDAC 30. La compresión/codificación del lado del SUDAC (para el enlace de bajada) 93 puede ser controlada a distancia por el procesador de parámetros de compresión 68.

**[0159]** De este modo, el UE puede optimizar la compresión y cuantificación en el SUDAC de modo que el rendimiento global de extremo a extremo del UE se optimice teniendo en cuenta las características de canal de todos las rutas de transmisión en la transmisión MIMO.

**[0160]** En una realización, la compresión y cuantificación que tiene lugar en el SUDAC comprende un dispositivo de cuantificación de vectores, y el UE proporciona los parámetros utilizados para la cuantificación del vector, como los parámetros de red utilizados y el número de niveles de cuantificación.

**[0161]** En otra realización de la presente invención, la compresión y cuantificación se basa en un libro de códigos, donde se calcula la proyección de la señal final recibida en el SUDAC en los distintos elementos del libro de códigos, se selecciona la entrada del libro de códigos que mejor se ajusta y su representante se transmite al UE y además la señal de diferencia residual entre la señal recibida y el elemento seleccionado del libro de códigos se comprime y cuantifica.

**[0162]** La figura 24b muestra una realización adicional en la que las funciones de compresión y cuantificación se dividen en dos dispositivos 93a, 93b en el SUDAC 30, y cada uno recibe todos o parte de sus parámetros del UE 10 en base a cálculos de parámetros similares en el procesador de señal 68.

**[0163]** La figura 24c muestra otra realización. El dispositivo de compresión contiene un filtro (ajustable) 93a que puede, por ejemplo, implementar un filtrado lineal según un criterio de error mínimo cuadrático medio (MMSE). Parte o la totalidad del cálculo del coeficiente de filtro basado en este criterio MMSE se implementa en el UE 10 usando el procesador de señal 68. El criterio MMSE puede ser, por ejemplo, filtrar la señal de fondo de tal manera que las señales de una o múltiples antenas de la estación base se emitan con una relación máxima de señal a ruido más interferencia (SNIR) después del filtro y antes de la compresión, donde las señales de las otras antenas de la estación base pueden considerarse como interferencia para este cálculo.

**[0164]** La figura 24d muestra otra realización más en la que el filtro del dispositivo de compresión 93a puede implementar predicción de señal para blanquear la señal final recibida, donde la compresión comprende un filtro de predicción y opcionalmente un elemento de retraso para predecir la siguiente muestra de la señal final recibida, donde los coeficientes de filtro son calculados por el UE.

**[0165]** La figura 24e muestra una realización adicional en la que el SUDAC 30 lleva a cabo la descompresión (en el decodificador 94) de señales que fueron comprimidas por el UE 10 y que se reciben a través del enlace frontal en bandas de frecuencia extremadamente alta del UE 10, donde el UE 10 calcula los parámetros necesarios para la descompresión y los reenvía al SUDAC 30 a través de un enlace frontal. El tipo de compresión que necesita descomprimirse puede ser cualquiera de los tipos descritos anteriormente para el caso opuesto donde se produce compresión en el SUDAC. El cálculo de los parámetros de (des)compresión se basa nuevamente en las características de las distintas rutas de canales MIMO en la banda de frecuencia ultra alta que terminan en las antenas de la estación base por un lado y en las antenas internas del UE o en las antenas finales de los SUDAC por el otro. Los parámetros de (des)compresión pueden calcularse nuevamente en el procesador de señal 68. En otras palabras, la descompresión/decodificación del lado del SUDAC (para el enlace de subida) 94 puede ser controlada a distancia por el procesador 68 de parámetros de compresión.

#### Adaptación del ancho de banda retransmitido para el ancho de banda del enlace de bajada

**[0166]** La figura 25 muestra un espectro de frecuencia esquemático de una señal retransmitida, donde la señal de carga útil 230 objetivo tiene un ancho de banda menor que el ancho de banda de retransmisión 185 para la retransmisión de señales de enlace de bajada y/o enlace de subida. Como se muestra en la figura 25, un ancho de banda retransmitido estáticamente  $B_{Relay}$  185 puede conducir también a la retransmisión de partes de señales vecinas

195 (interferencia de canal adyacente, ACI), así como al ruido. Si el SUDAC admite la adaptación de ancho de banda retransmitido mediante, p. ej., la configuración de los filtros de banda de paso con  $B_{pass}$  235 en consecuencia o cambiando  $B_{Relay}$  185, el equipo de usuario puede enviar a los SUDAC el ancho de banda de señal de carga útil y la frecuencia portadora apropiados para controlar el SUDAC. Esto funciona ya que el equipo del usuario tiene conocimiento de la estructura de señal deseada pero el SUDAC no. Esta adaptación se puede realizar cambiando entre diferentes filtros de entrada de diferentes anchos de banda o adaptando filtros. Esto puede implementarse en un dominio analógico o digital o como una técnica mixta: p. ej., filtro de ancho de banda retransmitido  $B_{Relay}$  185 en dominio analógico y filtros de banda de paso 235 con  $B_{pass}$  en dominio digital.

10 **[0167]** Se tiene en cuenta que se hace una diferencia entre  $B_{Relay}$  y  $B_{pass}$ , por la implementación posiblemente diferente en una realización:  $B_{pass}$  como filtro digital adaptable y  $B_{Relay}$  como ancho de banda del filtro analógico, que puede corresponder al ancho de banda máximo de la ruta de retransmisión o a los filtros analógicos conmutables de diferente ancho de banda. Por lo tanto, el SUDAC se ajusta a distancia a la subbanda y al ancho de banda correctos para el caso de enlace de bajada.

15 **[0168]** Si no hay ningún problema en amplificar y reenviar señales y ruido vecinos, se puede usar la implementación de ancho de banda de retransmisión estática más barata en un SUDAC. Dado que el UE ya ha implementado medios para la selección de subbanda adecuada para la comunicación s6G, estos medios también pueden aplicarse a la señal retransmitida después de la conversión descendente del dominio 60G a la banda base.

20 Adaptación del ancho de banda retransmitido para el ancho de banda del enlace de subida

**[0169]** El problema de la transmisión de ruido (y quizás ACI) es más grave para el enlace de subida como se muestra en la figura 25. Si la ruta de retransmisión de enlace de subida tuviera un ancho de banda estático, el ruido de las frecuencias 60G no asignadas (y tal vez ACI) dentro de la banda también se amplificaría y se enviaría a la banda s6G. Al menos en el caso de dúplex por división de frecuencia (FDD), esto produciría una distorsión adicional a otros enlaces de subida en subbandas de enlace de subida s6G cercanas, que experimentan este ruido reenviado. Como remedio, el equipo de usuario puede controlar el SUDAC para sintonizar la subbanda y el ancho de banda correctos como banda de paso y para suprimir/bloquear todas las otras partes de la banda de frecuencia del enlace de subida. Por lo tanto, el SUDAC se ajusta a distancia a la subbanda y al ancho de banda correctos para el caso de enlace de subida.

Sincronización de tiempo (muestreo, encuadre, cambio)

35 **[0170]** La frecuencia de muestreo o el desplazamiento del reloj local ya se ha considerado en las secciones anteriores, debido a la estrecha relación del desplazamiento de frecuencia portadora con el reloj local.

**[0171]** En el caso de una red móvil dúplex por división de tiempo (TDD), el equipo de usuario configura/controla los SUDAC para cambiar sincrónicamente entre la transmisión de enlace de subida y de bajada para ser reenviada. Para no perturbar las señales de enlace de subida de otros equipos de usuario en su intervalo de tiempo enviando muestras de ruido, el SUDAC puede tener un tercer estado de conmutación: sin retransmisión ni silenciamiento. Por lo tanto, para operar en redes móviles TDD, el equipo de usuario controla el SUDAC con respecto a los estados generales:

- 45 1. transmisión de enlace de bajada,
2. transmisión de enlace de subida,
3. pausa / no retransmisión / volver al principio.

**[0172]** Por lo tanto, el SUDAC se sincroniza a distancia con el ciclo dúplex por división de tiempo (TDD), así como los filtros de banda de paso se cambian/ajustan.

**[0173]** Independientemente de tener una red móvil de división de tiempo dúplex (TDD) o de división de frecuencia dúplex (FDD), cada SUDAC puede decirle al equipo de usuario su tiempo de procesamiento máximo a través de los campos de datos de configuración y control en las señales de baliza. El equipo de usuario utiliza esta información para calcular el retraso de los datos de carga útil de enlace de bajada retransmitidos y para alinear los flujos de datos de carga útil recibidos en la banda 60G de los diferentes SUDAC entre sí y el flujo de datos de carga útil recibidos directamente en la banda s6G. Por lo tanto, los diferentes tipos de SUDAC pueden tener diferentes retrasos de procesamiento, pero informan al equipo del usuario para la alineación de retrasos.

60 **[0174]** En caso de retransmisión de enlace de subida, el equipo de usuario utiliza los retrasos de procesamiento de enlace de subida señalados de los SUDAC para programar una transmisión más temprana en la banda 60G que para su propia transmisión de enlace de subida directa en s6G para respetar los protocolos y reglas de la red móvil.

**[0175]** Esto es de especial importancia en el caso del esquema de compresión y reenvío / decodificación y reenvío (CF/DF), mientras que para amplificación y reenvío (AF) se espera que el retraso sea bastante pequeño. Más

específicamente, el equipo de usuario y todos los SUDAC conectados sincronizan sus contadores de marca de tiempo a través de los campos de datos de configuración y control en las señales de baliza, donde lo más probable es que el equipo de usuario sea la referencia. Luego utiliza las marcas de tiempo de la siguiente manera para CF/DF:

- 5 • Enlace de subida (decodificar y reenviar, DF): Además de los datos de la carga útil del enlace de subida, el UE señala a los SUDAC una marca de tiempo objetivo para su transmisión por el SUDAC. El UE luego transmitirá en su propio enlace de subida 6G en la misma marca de tiempo objetivo para la transmisión, porque todas estas señales (para ser enviadas por los SUDAC y por el UE) pueden estar precodificadas por MIMO y, por lo tanto, la transmisión síncrona es ventajosa. Esta marca de tiempo objetivo para la transmisión respeta los tiempos de procesamiento máximos de todos los SUDAC involucrados.

- Enlace de bajada (comprimir y reenviar, CF): Además de los datos de carga útil retransmitidos, los SUDAC transmiten las marcas de tiempo, cuando reciben las ráfagas de datos de carga útil en la banda de frecuencia s6G. Esta información se utiliza en el equipo del usuario para clasificar/alinear correctamente todos los flujos/ráfagas de datos de entrada de los diferentes SUDAC con los flujos/ráfagas de datos recibidos directamente por el equipo de usuario (UE) en s6G y finalmente para realizar la decodificación correcta de la señal MIMO.

- [0176] Por lo tanto, el procesamiento del lado del equipo de usuario alinea varios flujos/ráfagas de datos de 60G con respecto a entre sí, así como con un flujo/ráfagas de datos de s6G correspondiente según los retrasos de procesamiento señalados o las marcas de tiempo de los diferentes SUDAC para satisfacer los protocolos y reglas de la red móvil y para permitir la decodificación de señal MIMO (aborda el enlace de subida y el enlace de bajada).

#### Formas de soportar múltiples equipos de usuario dentro de un SUDAS

- 25 [0177] Hasta ahora, se consideró el caso de un equipo de usuario por SUDAS. Sin embargo, es muy probable que haya varios equipos de usuario incluso en una habitación, que exigen el soporte de un SUDAS para mejorar las velocidades de transmisión de datos. Por lo tanto, una extensión directa es asignar SUDAC exclusivamente a cada equipo de usuario, es decir, subconjuntos disjuntos de SUDAC por cada equipo de usuario. Según una realización, una solución tiene como objetivo proporcionar también el servicio de SUDAC compartido a varios equipos de usuario.

#### Enlace de bajada compartido (para redes móviles dúplex por división de frecuencia (FDD))

- [0178] Cada SUDAC puede reenviar toda la banda de enlace de bajada de un operador o incluso toda la banda de enlace de bajada de varios/todos los operadores, lo que lleva a transmitir varios diez MHz desde s6G a diferentes subbandas de 60G. Dado que un SUDAC podría no tener la capacidad de analizar todo el ancho de banda retransmitido, los equipos de usuario negociarían entre sí y enviarían señales al SUDAC, donde se encuentran las partes deseadas del espectro, así como las brechas en el espectro del enlace de bajada, que podrían usarse por balizas de superposición. La negociación se aplica debido a las diferentes capacidades de los equipos de usuario para cancelar las balizas de superposición. La indicación en la banda deseada ayuda o incluso controla directamente el SUDAC para ajustar los filtros de banda de paso como se expuso en una sección anterior. Para evitar el problema del nodo oculto en la presente invención, la comunicación entre los equipos de usuario puede ser retransmitida por el SUDAC que se supone que debe atenderlos.

- [0179] La figura 26 muestra un espectro de frecuencia esquemática de un canal de retransmisión compartido dentro del mismo ancho de banda de retransmisión, que se mantiene para la retransmisión de señales de enlace de bajada y enlace de subida. Según esta realización, un SUDAC sirve a dos equipos de usuario. Como el objetivo es utilizar una única ruta de retransmisión, las dos señales objetivo mantienen su distancia en frecuencia  $A_f$  durante la conversión ascendente de s6G al dominio 60G. Los dos filtros de banda de paso adaptados con  $B_{pass\_UE1}$  y  $B_{pass\_UE2}$  suprimen el ruido y la interferencia de canal adyacente (ACI) para que se pueda asignar una baliza de superposición. Debido a la negociación con éxito del SUDAC y equipos de usuario, la baliza de superposición no necesita ser cancelada en este caso ejemplar, ya que no interfiere con las señales transmitidas. Por lo tanto, el SUDAC se aconseja/controla a distancia para ajustar los filtros de banda de paso y las señales de baliza de superposición. La negociación entre los equipos de usuario a través de SUDAC se puede realizar (es decir, la optimización cooperativa conjunta), porque algunos equipos de usuario podrían no poder comunicarse entre sí directamente.

#### Enlace de subida compartido (para redes móviles FDD)

- [0180] Las ideas de la transmisión de enlace de bajada, así como el ejemplo de la figura 26, se pueden transferir a una transmisión de enlace de subida compartido. Una vez más, los equipos de usuario y el SUDAC pueden negociar la asignación de espectro del ancho de banda retransmitido para ajustar los filtros de banda de paso, identificar brechas de banda para balizas de superposición y también respetar la distancia en frecuencia  $A_f$  entre las señales de enlace de subida, porque  $A_f$  es un resultado directo del esquema de asignación de recursos para el dominio s6G señalado desde la estación base a los equipos de usuario.

- 65 [0181] Esto tiene nuevamente el sabor de que la banda combinada de enlace de subida puede convertirse de

forma descendente de 60G a s6G en una sola ruta de retransmisión y transmitirse a la estación base. El concepto de enviar simultáneamente campos piloto en la señal de baliza desde el SUDAC a los equipos de usuario y enviar el enlace de subida de carga útil precompensada desde el equipo de usuario al SUDAC descrito en las secciones anteriores para el caso de un equipo de usuario por SUDAC, puede ser aplicado aquí también. Esto se debe a que cada equipo de usuario puede compensar previamente su propia señal de carga útil de enlace de subida según el canal experimentado por las señales de baliza. Sin embargo, la técnica alternativa de la estimación del canal frontal y la ecualización/compensación en el SUDAC serían un poco más sofisticadas, porque cada equipo de usuario puede enviar señales de baliza (disjuntas) al SUDAC para estimar cada uno de los diferentes canales en el lado del SUDAC. Con el procesamiento digital de la señal de carga útil en el SUDAC, las diferentes señales de carga útil pueden ecualizarse individualmente.

**[0182]** Una banda de retransmisión de enlace de subida está reservada por un SUDAC, que es un caso de reenvío directo. Por lo tanto, un SUDAC adicional ofrecería su banda de retransmisión de enlace de subida a una frecuencia portadora diferente a la primera. Los equipos de usuario pueden transmitir la misma señal de carga útil de enlace de subida pero con una compensación previa diferente a los dos SUDAC. Dado que el equipo de usuario puede precompensar la señal de enlace de subida solo según un canal de transmisión, los equipos de usuario no pueden transmitir simultáneamente a más de un SUDAC en la misma banda de retransmisión de enlace de subida frontal.

**[0183]** Por lo tanto, los SUDAC se aconsejan/controlan a distancia para ajustar los filtros de banda de paso y las señales de baliza de superposición. La negociación entre los equipos de usuario a través de SUDAC se puede realizar (es decir, la optimización cooperativa conjunta), porque algunos equipos de usuario podrían no poder comunicarse entre sí directamente. Especialmente, la distancia en frecuencia Af entre las señales de enlace de subida de la carga útil puede alinearse con precisión (mediante la negociación) según las señales de control de la estación base.

#### Retransmisión compartida (para redes móviles TDD)

**[0184]** Para comparar el uso compartido de TDD y FDD, uno puede diferenciar:

1. FDD/TDD, donde se utilizan múltiples equipos de usuario (bloques de recursos de tiempo-frecuencia) de la misma portadora
2. FDD/TDD con múltiples equipos de usuario que utilizan múltiples operadores del mismo operador de red móvil (es decir, agregación sincronizada/coordinada de operadores)
3. FDD/TDD a través de operadores de múltiples operadores de redes móviles (no sincronizada)

**[0185]** Para FDD, los procedimientos mencionados anteriormente funcionan en los casos 1, 2 y 3, donde el cálculo y la alineación adecuados en la frecuencia con respecto a la brecha de banda Af es beneficiosa en el caso 3 debido a los diferentes operadores. Sin embargo, la retransmisión compartida en modo TDD funciona solo en los casos 1 y 2, donde se supone para el caso 2 que un operador usa el mismo ciclo de conmutación TDD en diferentes frecuencias portadoras. TDD en el caso 3 puede no funcionar porque diferentes operadores no alinearán sus diferentes ciclos de conmutación TDD (entre enlace de subida y enlace de bajada). Este es un problema porque una ruta de retransmisión solo puede estar relacionada con un solo ciclo de conmutación TDD.

**[0186]** Por lo tanto, se podría argumentar que se aplican dos rutas de retransmisión, una realiza únicamente la retransmisión de enlace de subida (2 estados: transmisión de enlace de subida y pausa / no retransmisión) y otra realiza únicamente la transmisión de enlace de bajada (2 estados: retransmisión de enlace de bajada y pausa / no retransmisión). Entonces, las dos rutas de retransmisión tendrían la misma frecuencia portadora en s6G (con respecto al ancho de banda retransmitido) pero diferentes frecuencias en 60G. Por lo tanto, se aplica la conmutación y el ajuste independientes de los filtros de banda de paso por trayecto de retransmisión (enlace de subida o enlace de bajada), porque cada equipo de usuario puede estar relacionado con un ciclo de conmutación diferente. Las rutas de retransmisión de enlace de subida o de bajada dedicadas se aplican en este modo.

**[0187]** Sin embargo, la recepción y transmisión simultáneas a la misma frecuencia portadora en s6G (con respecto al ancho de banda retransmitido) puede conducir a una conversación cruzada desfavorable dentro del SUDAC. Esto puede ocurrir aunque la asignación de recursos, que cada operador realiza por separado dentro de su banda, no muestra conflictos directos.

#### Realizaciones adicionales

**[0188]** CFO conjunto y estimación de canal más (pre)compensación en el lado del UE (para AF)

- El SUDAC tiene un mínimo de esfuerzo de procesamiento que conduce a la reducción de los requisitos de hardware y finalmente a obtener un dispositivo SUDAC más barato.

- Concepto de eficiencia energética, porque los elementos que consumen más energía son los amplificadores de potencia de transmisión. Dado que el SUDAC probablemente esté conectado a una fuente de alimentación general, el consumo de energía para transmitir las señales de baliza no es un problema. Y el equipo de usuario alimentado por batería puede utilizar sus amplificadores de potencia solo para datos de estado/control o para la transmisión de enlace de subida.
  - Cada proveedor de equipo de usuario es responsable de proporcionar la calidad del resultado del procesamiento de la señal a 60G, donde la competencia conduce normalmente a soluciones valiosas.
- [0189]** CFO conjunto y estimación de canal más (pre)compensación en el lado del SUDAC (para AF)
- En el caso de un enlace ascendente que no sea MIMO, el UE puede transmitir la misma señal de carga útil del enlace de subida a varios SUDAC y no individualmente a cada SUDAC, porque la estimación y ecualización del canal se realiza en el lado del SUDAC. Sin embargo, esto no se cumple para el enlace de subida MIMO, porque diferentes flujos de datos de carga útil se transmiten a diferentes SUDAC.
  - Se requieren menos capacidades de procesamiento en el lado del UE.
  - El equipo de usuario puede ejecutar permanentemente sus amplificadores de potencia para transmitir los campos piloto de la señal de baliza.
  - El enlace de subida compartido puede ser más fácil utilizando una alineación adicional de las señales de baliza de los diferentes equipos de usuario, p. ej., por TDMA o FDMA para que el SUDAC pueda estimar los diferentes canales frontales (desde el equipo de usuario hasta el SUDAC) y compensarlo por las diferentes subbandas individualmente.

#### Comentarios sobre otras realizaciones

- [0190]** Según una realización, la transmisión MIMO se considera para enlace de subida y enlace de bajada para varios equipos de usuario (sin conexión a la estación base), SUDAC y estación base. Los procedimientos descritos anteriormente se pueden aplicar directamente a este caso, aunque aquí se propone que cada equipo de usuario controle sus SUDAC de servicio con respecto a la asignación de recursos, la alineación de interferencia, etc. Sin embargo, el SUDAC puede enviar señales al equipo de usuario a través de la configuración y el canal de control (= señal de baliza) cuando se observan mitigaciones debidas a interferencias. Por lo tanto, se puede aplicar una sincronización consistente debida a la posible interferencia que permite la asignación de recursos que cambia con el tiempo. Se pueden unir nuevos SUDAC y otros pueden abandonar los SUDAS activos. Por lo tanto, una actualización continua de la asignación de recursos y la interoperabilidad con otros sistemas (interferencia), p. ej., en parte durante el descubrimiento y en parte durante la operación por asignación de recursos, es beneficioso.
- [0191]** Una realización adicional describe los equipos de usuario que tienen conexión a la estación base opuesta a lo anterior. En este caso, la sincronización de tiempo mencionada como se expuso anteriormente es de relevancia adicional. Se tiene en cuenta que el equipo del usuario puede indicar a la estación base el grado de multiplexación espacial posible dependiendo de la cantidad real de antenas propiedad del equipo de usuario y los SUDAC empleados. Entonces, la estación base puede compensar entre ganancia conformadora de haz y ganancia de multiplexación espacial, es decir, si las antenas de la estación base se usan más para la formación de haces o para la transmisión de más flujos de datos espaciales.
- [0192]** Si el equipo de usuario posee un conjunto de antenas (es decir, más de una antena), un uso puro para la formación/dirección del haz utilizará solo una instancia de estimación de canal + ecualización/precodificación por enlace 60G. Sin embargo, la aplicación (en parte) de la matriz de antenas para mitigar la interferencia utilizará varias instancias de la estimación de canal y una ecualización/precodificación conjunta. Esto se debe a que las señales interferentes se separan según las diferentes características del canal, que se estiman mediante la estimación de canal.
- [0193]** Cuando se aplican antenas polarizadas (tal vez en combinación con la formación de haces), se aplica una instancia de estimación de canal por polarización. Si hay una formación de haz conjunta o ninguna formación de haz para las diferentes polarizaciones, es ventajosa una estimación de canal conjunto sobre las señales de/para las diferentes polarizaciones.
- [0194]** Si se aplica CDMA, la señal de baliza también se extenderá por el espectro ensanchado de secuencia directa. Puede ser útil hacer una difusión conjunta de balizas + señal de carga útil desde/para retransmitir. Después de difundir, los algoritmos descritos para las estimaciones de canal deberían ser aplicables.
- [0195]** La aplicación de diferentes intervalos de tiempo en lugar de diferentes subbandas para CF/DF en el dominio de frecuencia 60G es similar cuando se tiene solo un poco más de flexibilidad para la estimación de canal al

estimar los diferentes canales desde/hacia diferentes SUDAC en los intervalos de tiempo correspondientes.

**[0196]** La extracción de amplitud y fase o la estimación de canal a partir de los datos de referencia son, en general, bien conocidas por una señal en la banda s6G, así como por las técnicas de interpolación/extrapolación.

5 Estos procedimientos son medios extendidos para lograr el objetivo de la comunicación 60G. Por lo tanto, se muestra una estimación de canal e interpolación a lo largo del tiempo y la frecuencia de/sobre un espectro de señal transmitida basado en señales de baliza, donde la señal transmitida por sí sola no proporciona medios suficientes para lograr la precisión y resolución de la estimación de este canal. La estimación de canal descrita puede admitir diferentes densidades de campo piloto, así como diferentes números de señales de baliza, diferentes estructuras de señal de baliza (por ejemplo, señales de baliza normales y de superposición) o diferentes ubicaciones en la red de recursos t-f-c-e. Además, la estimación del canal puede adaptarse a las posiciones cambiantes y la estructura de las señales de baliza (por ejemplo, en el caso de señales de baliza de superposición). Además, los algoritmos de estimación pueden adaptar su forma de procesar los campos piloto según, p. ej., la tasa de cambio real de SNR o Doppler frontal real u otras compensaciones. Por ejemplo, existe una compensación entre la longitud del campo piloto o la longitud del segmento explotado de los campos piloto y la SNR ( $E_s/N_0$ ), a partir de la cual se puede calcular una pérdida (debido a una interferencia adicional) a partir del error de estimación de canal y el ruido de fase no compensable. Esto se muestra en la figura 28, que muestra una red 3D 350 que muestra la pérdida en dB que depende de la longitud del campo piloto y la SNR ( $E_s/N_0$ ). Según la figura 28, siempre hay una pérdida mínima para una longitud de campo piloto dada o una longitud de segmento explotada de un campo piloto y la SNR.

20 **[0197]** Otras realizaciones muestran el transceptor (5), en el que la etapa de recepción (15) y/o el estimador de canal frontal y/o final (20, 22) está configurado para adaptar los parámetros de recepción según las características del canal real como la SNR real y/o una tasa de cambio Doppler real.

25 **[0198]** Otra realización muestra el transceptor (5), que comprende un analizador de frecuencia para explotar una frecuencia de resonancia de un material circundante que es una referencia de tiempo para el transceptor (5).

**[0199]** Además, el equipo de usuario (10) puede comprender al menos un transceptor (5).

30 **[0200]** Según otras realizaciones, el SUDAC (30) comprende un estimador de canal frontal (91), en el que el estimador de canal frontal (91) está configurado para realizar una estimación de canal basada en la señal de evaluación frontal (45) para calcular los coeficientes de estimación de canal, en el que el transceptor frontal (90) está configurado para transmitir los coeficientes de estimación de canal a un equipo de usuario.

35 **[0201]** Otra realización muestra el SUDAC (30), en el que la compensación de desplazamiento de frecuencia frontal y/o final realiza un ajuste de bucle de fase bloqueada para controlar la conversión de frecuencia de la frecuencia extremadamente alta a la frecuencia ultra alta y/o las frecuencias intermedias.

**[0202]** Una realización adicional muestra el SUDAC (30), en el que el transceptor final y/o frontal (85, 90) está configurado para adaptar su ancho de banda de recepción al ancho de banda de la señal entrante real.

**[0203]** Aunque se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, es evidente que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, donde un bloque o dispositivo corresponde a una etapa de procedimiento o un rasgo de una etapa de procedimiento. De forma análoga, los aspectos descritos en el contexto de una etapa de procedimiento también representan una descripción de un bloque o elemento o rasgo correspondiente de un aparato correspondiente. Algunas o todas las etapas del procedimiento se pueden ejecutar por (o utilizando) un aparato de hardware, como, por ejemplo, un microprocesador, un ordenador programable o un circuito electrónico. En algunas realizaciones, algunas de una o más de las etapas de procedimiento más importantes se pueden ejecutar por tales aparatos. Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, las realizaciones de la invención se pueden implementar en hardware o software. La implementación se puede realizar utilizando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo, un disco flexible, un DVD, un Blu-ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM, o una memoria flash, que tiene señales de control electrónicamente legibles almacenadas en la misma, que cooperan (o son capaces de cooperar) con un sistema informático programable de tal forma que se realiza el procedimiento respectivo. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por ordenador.

55 **[0204]** Algunas realizaciones según la invención comprenden un portador de datos que tiene señales de control electrónicamente legibles, que son capaces de cooperar con un sistema informático programable, de tal forma que se realiza de los procedimientos descritos en el presente documento.

60 **[0205]** En general, las realizaciones de la presente invención se pueden implementar como un producto de programa informático con un código de programa, siendo código de programa operativo para realizar uno de los procedimientos cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. El código de programa, por ejemplo, puede almacenarse en un portador legible por máquina.

65 **[0206]** Otras realizaciones comprenden el programa informático para realizar uno de los procedimientos

descritos en el presente documento, almacenados en un portador legible por máquina.

**[0207]** En otras palabras, una realización del procedimiento inventivo es, por lo tanto, un programa informático que tiene un código de programa para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

**[0208]** Una realización adicional es, por lo tanto, un portador de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por ordenador) que comprende, grabado en el mismo, el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento. El portador de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio grabado son típicamente tangibles y/o no transitorios.

**[0209]** Una realización adicional es, por lo tanto, un flujo de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento. El flujo de datos o la secuencia de señales se pueden configurar, por ejemplo, para que se transfiera a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de Internet.

**[0210]** Una realización adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo, un ordenador, o un dispositivo lógico programable, configurado para o adaptado para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

**[0211]** Una realización adicional comprende una computadora que tiene instalado en la misma el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento.

**[0212]** Una realización adicional comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, electrónica u ópticamente) un programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento a un receptor. El receptor puede, por ejemplo, ser una computadora, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o similares. El aparato o sistema puede, por ejemplo, comprender un servidor de archivos para transferir el programa informático al receptor.

**[0213]** En algunas realizaciones, se puede utilizar un dispositivo lógico programable (por ejemplo una matriz de compuertas programables en el campo) para realizar algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en el presente documento. En algunas realizaciones, una matriz de compuertas programables en el campo puede cooperar con un microprocesador a fin de realizar uno de los procedimientos descritos en el presente documento. En general, los procedimientos se realizan preferentemente mediante cualquier aparato de hardware.

**[0214]** Las realizaciones descritas anteriormente son simplemente ilustrativas de los principios de la presente invención. Se entiende que serán evidentes modificaciones y variaciones de las disposiciones y los detalles descritos en el presente documento para otros expertos en la técnica. Es la intención, por lo tanto, de estar limitado solo por el alcance de las reivindicaciones de patente inminentes y no por los detalles específicos presentados a modo de descripción y las explicaciones de las realizaciones en el presente documento.

#### Documentos relacionados

#### **[0215]**

- [1] Solicitud de patente paralela
- [2] T.S. Rappaport, et al., "State of the Art in 60-GHz Integrated Circuits and Systems for Wireless Communications", Proceedings of the IEEE (Volume 99, Issue 8, pp. 1390 - 1436), Aug. 2011.
- [3] Mengali, D'Andrea, "Synchronization Techniques for Digital Receivers", Plenum Press, New York, USA, 1997.
- [4] J.G. Proakis, "Digital Communication", 5th Edition, McGraw-Hill Inc., New York, USA, 2008.
- [5] T.S. Rappaport, "Wireless Communications: Principles and Practice", 2nd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, USA 2002.
- [6] L. Hanzo, M. Munster, B. J. Choi, and T. Keller, "OFDM and MC-CDMA for Broadband Multi-User Communications, WLANs and Broadcasting", John Wiley & Sons Ltd. - IEEE Press, West Sussex, England, 2003.
- [7] Karolina Ratajczak, Krzysztof Bakowski, Krzysztof Wesolowski, "Two-way Relaying for 5G Systems - Comparison of Network Coding and MIMO Techniques," IEEE Wireless Communications and Networks Conference, WCNC 2014.
- [8] Jun Ma, Philip Orlik, Jinyun Zhang, and Geoffrey Ye Li, "Pilot Matrix Design for Estimating Cascaded Channels in Two-Hop MIMO Amplify-and-Forward Relay Systems", IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 10, No. 6, June 2011.
- [9] Chirag S. Patel and Gordon L. Stuber, "Channel Estimation for Amplify and Forward Relay Based Cooperation Diversity Systems," IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, VOL. 6, NO. 6, JUNE 2007.
- [10] Feifei Gao, Tao Cui, and Arumugam Nallanathan, "On Channel Estimation and Optimal Training Design for Amplify and Forward Relay Networks," IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, VOL. 7, NO. 5, MAY 2008.
- [11] Patent WO0806955A1 (Patent Family 41912590), "APPARATUS AND METHOD FOR CHANNEL ESTIMATION



AND SYNCHRONIZATION IN OFDM/OFDMA RELAY SYSTEM", Prio Date 5.12.2006

[12] Patent CN102833193A, "COMPRESSED SENSING BASED SPARSE CHANNEL ESTIMATION METHOD IN TWO-WAY RELAY NETWORK," Prio Date 20.08.2012

[13] Patent CN102281129A, "MIMO two-way relay system information processing method (Machine translation)," Prio  
5 Date 12.08.2011

[14] Patent CN102546127A, "Information processing method for multiple-input multiple-output (MIMO) relay system,"  
Prio Date 6.01.2012

## REIVINDICACIONES

1. Un componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30) SUDAC, que comprende:
  - 5 un transceptor final (85),  
un transceptor frontal (90), y  
un generador de señal de evaluación (95);  
en el que el transceptor final (85) está configurado para recibir una señal de entrada (105) desde al menos una estación base (70) usando frecuencias ultra altas y para emitir la señal de entrada a frecuencias intermedias;  
10 en el que el generador de señal de evaluación (95) está configurado para crear una porción de control frontal (40) que comprende una señal de evaluación frontal (45);  
en el que el transceptor frontal (90) está configurado para generar una señal de salida (110) usando frecuencias extremadamente altas que comprenden la señal de entrada (105) usando un ancho de banda de retransmisión (185)  
15 y que además comprende la porción de control frontal y transmitir la señal de salida (110) que comprende la parte de control frontal a un equipo de usuario (10)  
**caracterizado porque** el SUDAC está configurado para organizar la porción de control frontal por debajo del ancho de banda de retransmisión, mientras que el SUDAC está configurado para organizar otra porción de control frontal por encima del ancho de banda de retransmisión.
- 20 2. Un sistema (700) que comprende:  
un transceptor (5); y  
un componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30) según la reivindicación 1;  
25 en el que el componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30) y el transceptor (5) están configurados para establecer un enlace de comunicación utilizando las etapas de recepción y transmisión (15, 55) del transceptor (5) y el transceptor frontal (90) del componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30); y  
en el que el componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30) y/o el transceptor (5)  
30 están configurados para realizar una sincronización de tiempo basada en una referencia de tiempo común externa o en una señal enviada por el transceptor (5) que comprende una referencia de tiempo actual;  
en el que el transceptor comprende: una etapa de recepción (15); un estimador de canal frontal (20); un ecualizador de canal frontal (21); un estimador de canal final (22); y un ecualizador de canal final (23);  
en el que la etapa de recepción (15) está configurada para recibir una señal entrante (25) desde un componente de  
35 antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30), en el que el componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido está configurado para habilitar una comunicación de retransmisión que comprende una comunicación frontal usando frecuencias extremadamente altas y una comunicación final usando frecuencias ultra altas, en el que la señal entrante (25) comprende una porción de datos (35), una porción de control final (50) y una porción de control frontal (40), la porción de control frontal que comprende una señal de evaluación frontal (45) y una señal de configuración (46); en el que el estimador de canal frontal (20) está configurado para realizar una estimación de canal basada en la señal de evaluación frontal (45); en el que el ecualizador de canal frontal (21)  
40 está configurado para ecualizar las distorsiones, causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas, basadas en la estimación de canal del estimador de canal frontal (20); en el que el estimador de canal final (22) está configurado para realizar una estimación de canal basada en la porción de control final (50); y en el que el ecualizador de canal final (23) está configurado para ecualizar las distorsiones, causadas por el uso de las frecuencias ultra altas, en base a la estimación de canal del estimador de canal final (22).
3. El sistema según la reivindicación 2, en el que el transceptor (5) comprende:  
50 una pluralidad de etapas de recepción (15),  
un estimador de canal final común (22) para la pluralidad de etapas de recepción (15); y  
un ecualizador de canal final común (23) para la pluralidad de etapas de recepción (15);  
en el que el estimador de canal final común (22) está configurado para realizar una estimación de canal combinada basada en una pluralidad de porciones de control final (50); y  
55 en el que el ecualizador de canal final común (23) está configurado para realizar una ecualización de canal combinada basada en los resultados de la estimación de canal combinado.
4. El sistema según la reivindicación 3, en el que el transceptor (5) comprende una etapa de recepción directa (16) configurada para recibir directamente una señal de la estación base (70);  
60 en el que el estimador de canal final común (22) está configurado para realizar una estimación de canal combinada basada en la pluralidad de porciones de control final (50) y la señal recibida directamente desde la estación base.
5. El sistema según una de las reivindicaciones 2-4,  
en el que el transceptor (5) comprende un estimador de frecuencia frontal (17) configurado para realizar una estimación  
65 de frecuencia frontal basada en la porción de control frontal (40) y un compensador de frecuencia frontal (18)

configurado para realizar una compensación de compensación de frecuencia frontal basada en la estimación. y/o en el que el transceptor (5) comprende un estimador de frecuencia final (19) configurado para realizar una estimación de frecuencia final basada en la porción de control final (50) y un compensador de frecuencia final (24) configurado para realizar una compensación de compensación de frecuencia final basada en la estimación.

5

6. El sistema según las reivindicaciones 2-5, en el que el transceptor (5) comprende:

una etapa de transmisión (55); y un preestimador de canal frontal (65); en el que el preestimador del canal frontal (65) está configurado para calcular los coeficientes del canal frontal para realizar una preestimación del canal basada en la señal de evaluación frontal (45) para compensar previamente las distorsiones que serán causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas; o

10

en el que el transceptor (5) comprende: una etapa de transmisión (55); un preestimador de canal frontal (65); y un preestimador de canal final (66); en el que el preestimador del canal frontal (65) está configurado para calcular los coeficientes del canal frontal para realizar una preestimación del canal basada en la señal de evaluación frontal (45) para compensar previamente las distorsiones que serán causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas; en el que el preestimador de canal final (66) está configurado para calcular los coeficientes de canal final con el fin de realizar una estimación de canal basada en la porción de control final (50) para reducir las distorsiones que serán causadas por el uso de las frecuencias ultra altas; o

15

en el que el transceptor (5) comprende una etapa de transmisión (55); y un preestimador de canal frontal (65); en el que el preestimador del canal frontal (65) está configurado para calcular los coeficientes del canal frontal para realizar una preestimación del canal basada en la señal de evaluación frontal (45) para compensar previamente las distorsiones que serán causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas, en el que la etapa de transmisión (55) está configurada para transmitir las características de canal frontal y/o final y/o los parámetros relacionados con el canal frontal y/o final y/o los parámetros relacionados con el procesamiento de la señal frontal y/o final al componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30) para controlar a distancia el procesamiento de la señal en el componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30); o

20

en el que el transceptor (5) comprende: una etapa de transmisión (55); un preestimador de canal frontal (65); y un preestimador de canal final (66); en el que el preestimador del canal frontal (65) está configurado para calcular los coeficientes del canal frontal para realizar una preestimación del canal basada en la señal de evaluación frontal (45) para compensar previamente las distorsiones que serán causadas por el uso de frecuencias extremadamente altas; en el que el preestimador de canal final (66) está configurado para calcular los coeficientes de canal final con el fin de realizar una estimación de canal basada en la porción de control final (50) para reducir las distorsiones que serán causadas por el uso de las frecuencias ultra altas; en el que la etapa de transmisión (55) está configurada para transmitir las características del canal frontal y/o final y/o los parámetros relacionados con el canal frontal y/o final y/o los parámetros relacionados con el procesamiento de la señal frontal y/o final al componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30) para controlar a distancia el procesamiento de la señal en el componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30).

25

30

35

7. El sistema según una de las reivindicaciones 2-6, en el que el transceptor (5) comprende un procesador de señal (68); en el que el procesador de señal (68) está configurado para calcular parámetros de procesamiento de señal para transmitir los parámetros de procesamiento de señal al componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30).

40

8. El sistema según una de las reivindicaciones 2-7,

en el que la porción de datos (35) y la porción de control frontal (40) de una señal de frecuencia extremadamente alta a transmitir difieren entre sí con respecto a una frecuencia portadora, una estructura de código y/o un intervalo de tiempo; y/o en el que la porción de datos (35) y la porción de control final (50) de una señal de frecuencia ultra alta a transmitir difieren entre sí con respecto a una frecuencia portadora, una estructura de código y/o un intervalo de tiempo.

45

9. El sistema según una de las reivindicaciones 2-8, en el que la señal entrante (25) comprende una porción de control frontal adicional (42, 200) que tiene una frecuencia portadora distinta en comparación con la parte de control frontal (40, 175) y/o al ser desplazada en el tiempo en comparación con la porción de control frontal (40); y/o en el que la porción de control frontal (40, 175) y una porción de control frontal adicional (42, 200) están alineadas en el tiempo y tienen distintas frecuencias portadoras para mejorar la robustez o precisión de la interpolación entre otras señales de evaluación frontal posteriores (45, 220) debido a un procesamiento conjunto de la porción de control frontal (40, 175) y la porción de control frontal adicional (42, 200).

50

55

10. El sistema (700) según una de las reivindicaciones 2-9, en el que el sistema comprende una estación base (70).

60

11. El sistema (700) según una de las reivindicaciones 2-10, en el que el transceptor (5) y/o el componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30) están configurados para usar la porción de control final (50) de la estación base como referencia de tiempo común.

65

12. El sistema (700) según una de las reivindicaciones 2-11,

65

en el que los equipos de usuario están configurados para extraer una referencia de tiempo de la porción de control final (50); en el que el equipo de usuario transmite la referencia de tiempo al componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30) para obtener una referencia de tiempo común.

- 5 13. El sistema (700) según una de las reivindicaciones 2-12, en el que el componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30) está configurado para retransmitir simultáneamente dos o más enlaces de comunicación que sirven a una o más etapas de recepción y transmisión (15, 55) del transceptor (5) de uno o más equipos de usuario (10).
- 10 14. Un procedimiento para el procesamiento de señales en un componente de antena distribuida del lado del equipo de usuario compartido (30) SUDAC, que comprende los pasos de:  
  
recibir una señal entrante (105) desde al menos una estación base (70) con un transceptor final utilizando frecuencias ultra altas y para emitir la señal entrante a frecuencias intermedias;
- 15 crear una porción de control frontal (40) con un generador de señal de evaluación (95) que comprende una señal de evaluación frontal (45);  
generar una señal de salida (110) con un transceptor frontal utilizando frecuencias extremadamente altas que comprenden la señal entrante (105) utilizando un ancho de banda de retransmisión y que además comprende la parte de control frontal y transmitir la señal de salida (110) que comprende la parte de control frontal a un equipo de usuario
- 20 (10);  
**caracterizado porque** organiza, mediante el SUDAC, la porción de control frontal por debajo del ancho de banda de retransmisión mientras que, mediante el SUDAC, organiza otra porción de control frontal por encima del ancho de banda de retransmisión.
- 25 15. Medio de almacenamiento digital legible por ordenador que ha almacenado en él un programa informático que tiene un código de programa para realizar, cuando se ejecuta en un ordenador, un procedimiento según la reivindicación 14.

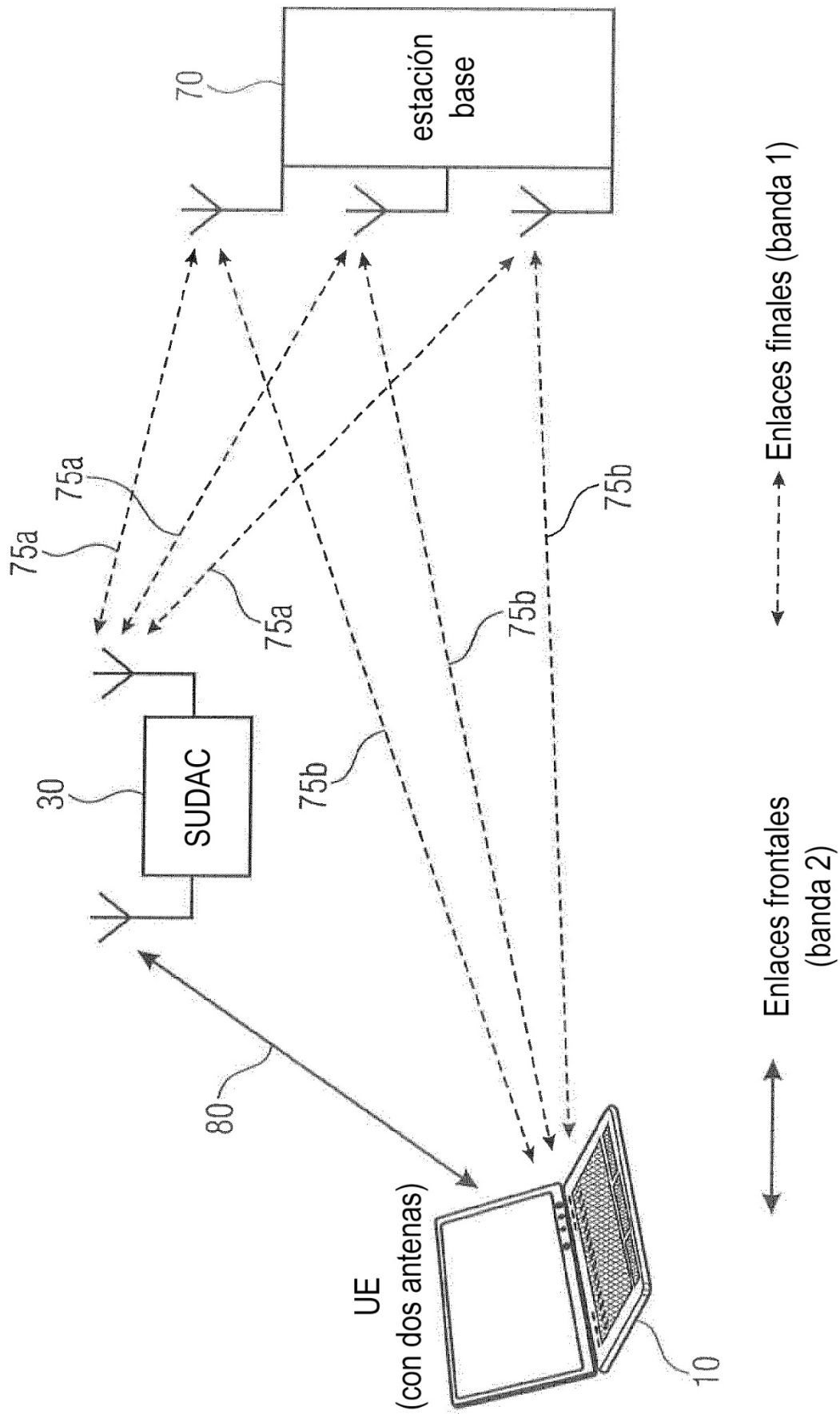


FIG 1

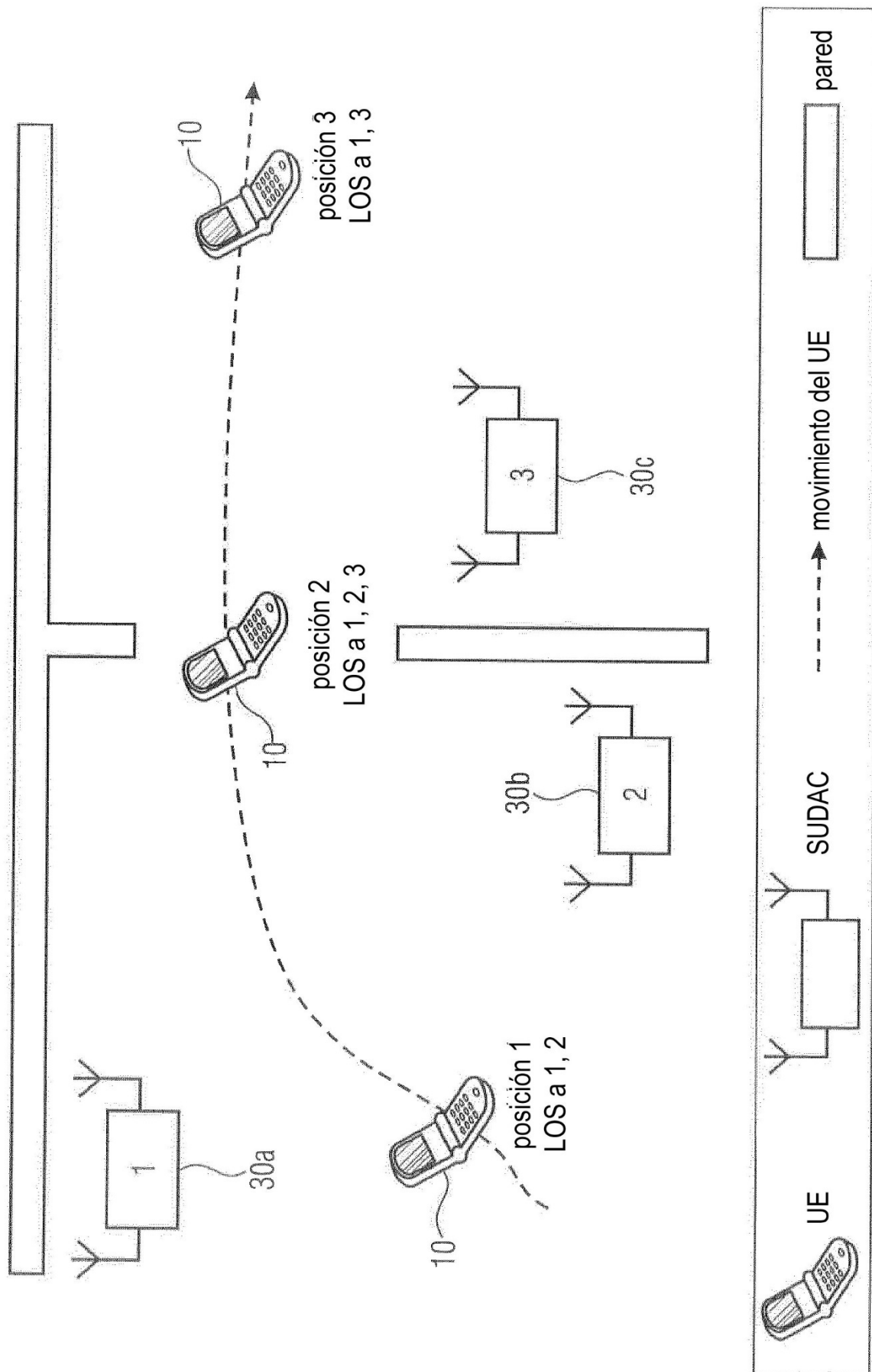


FIG 2

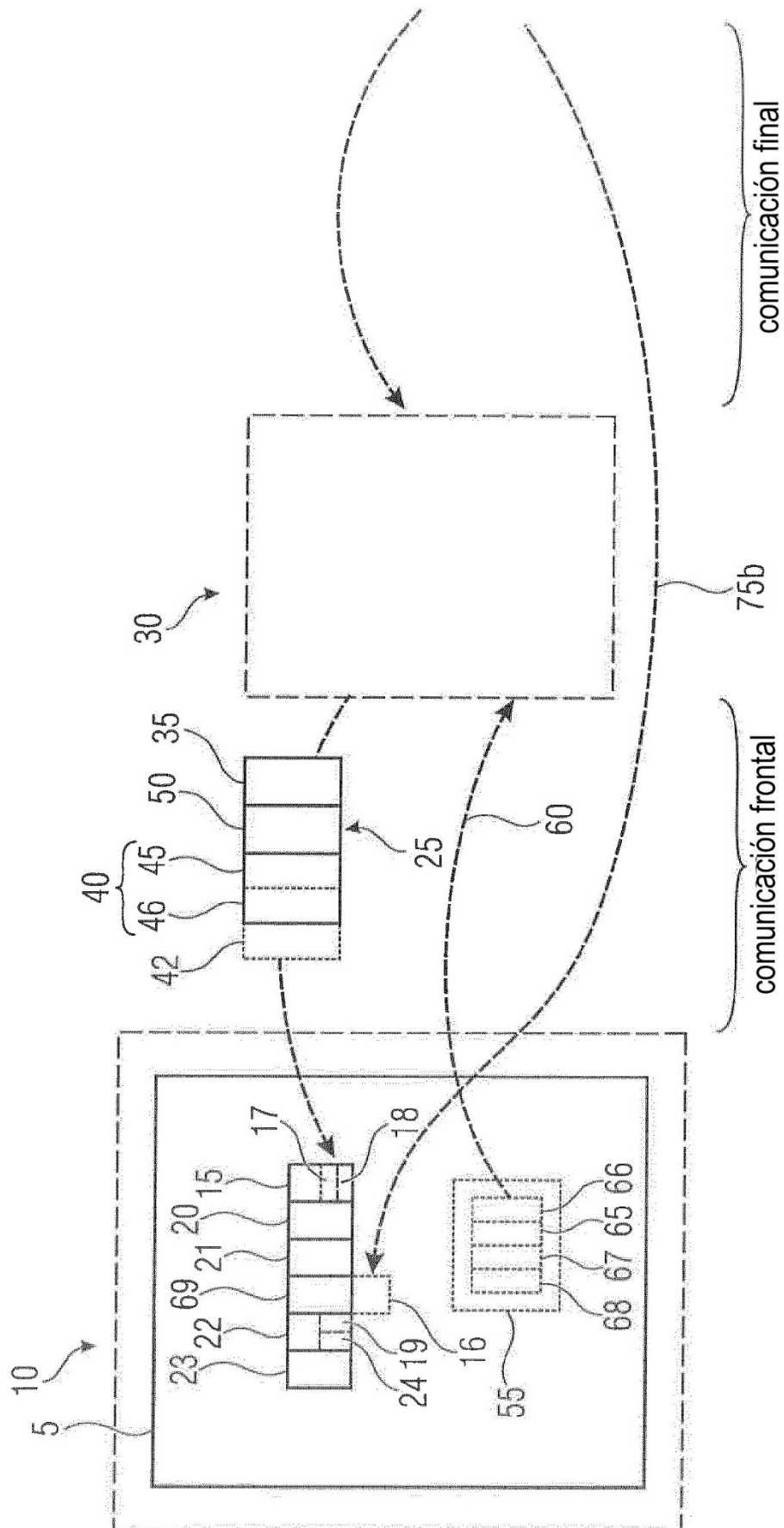
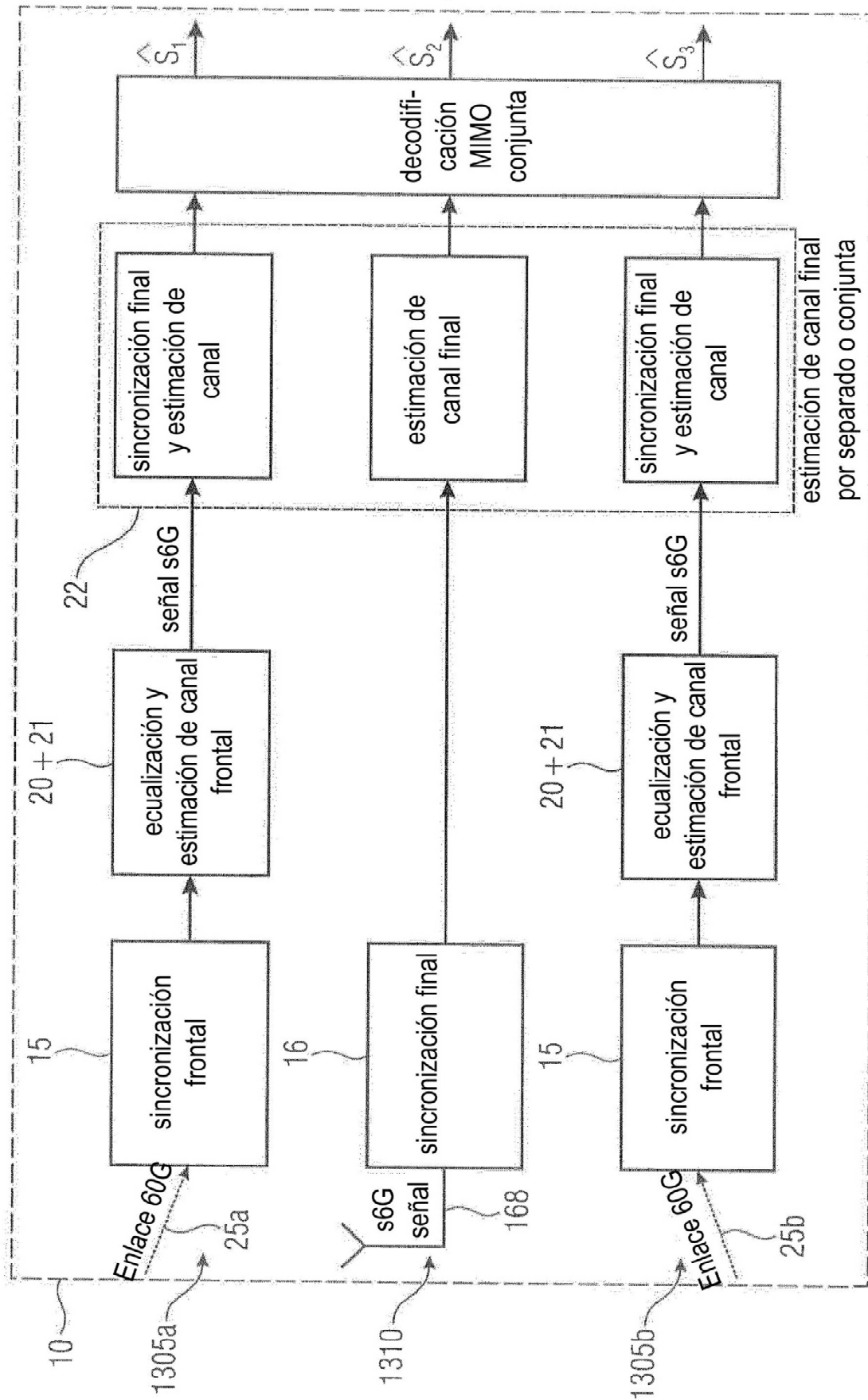


FIG 3





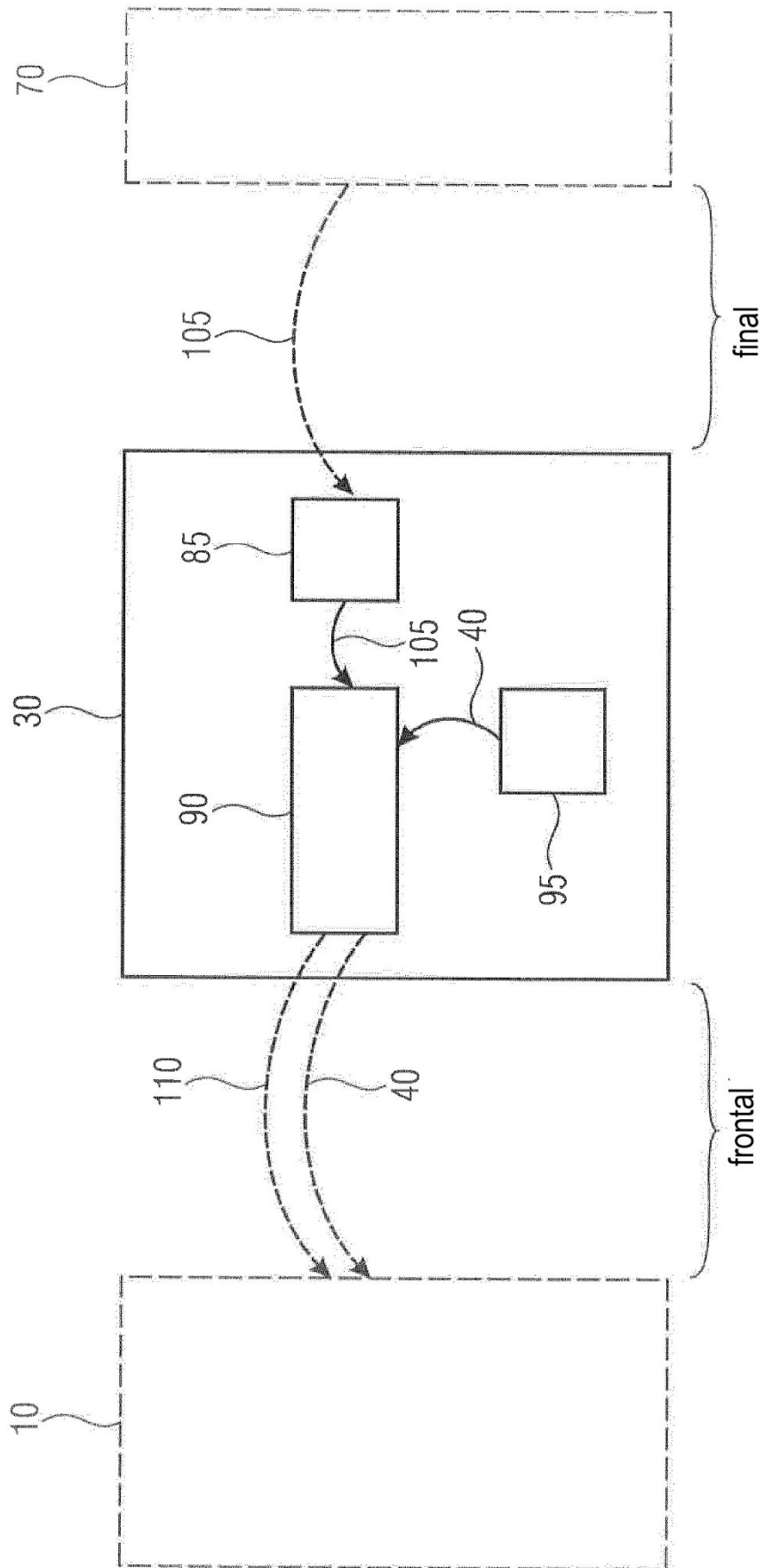


FIG 5

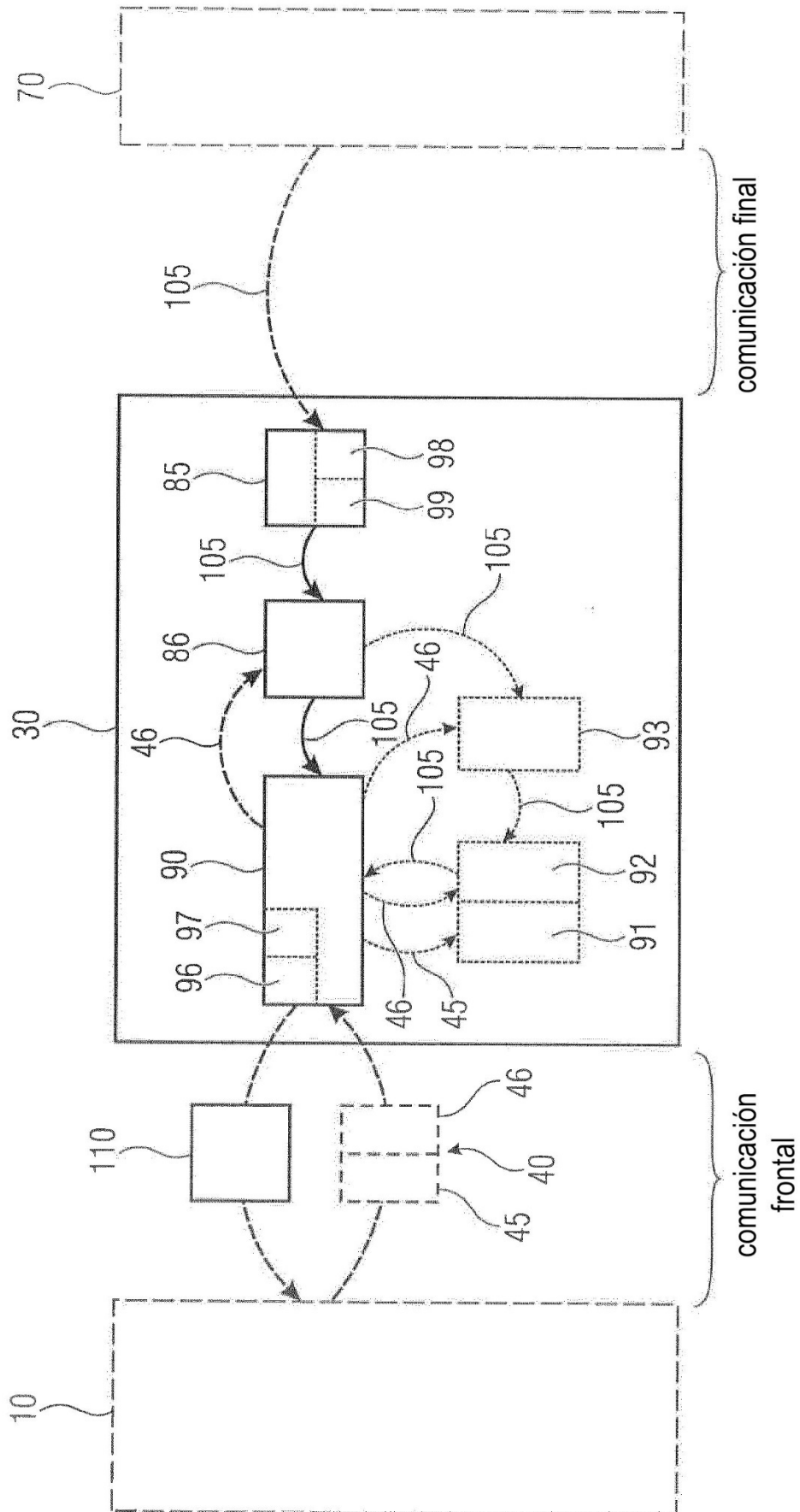


FIG 6

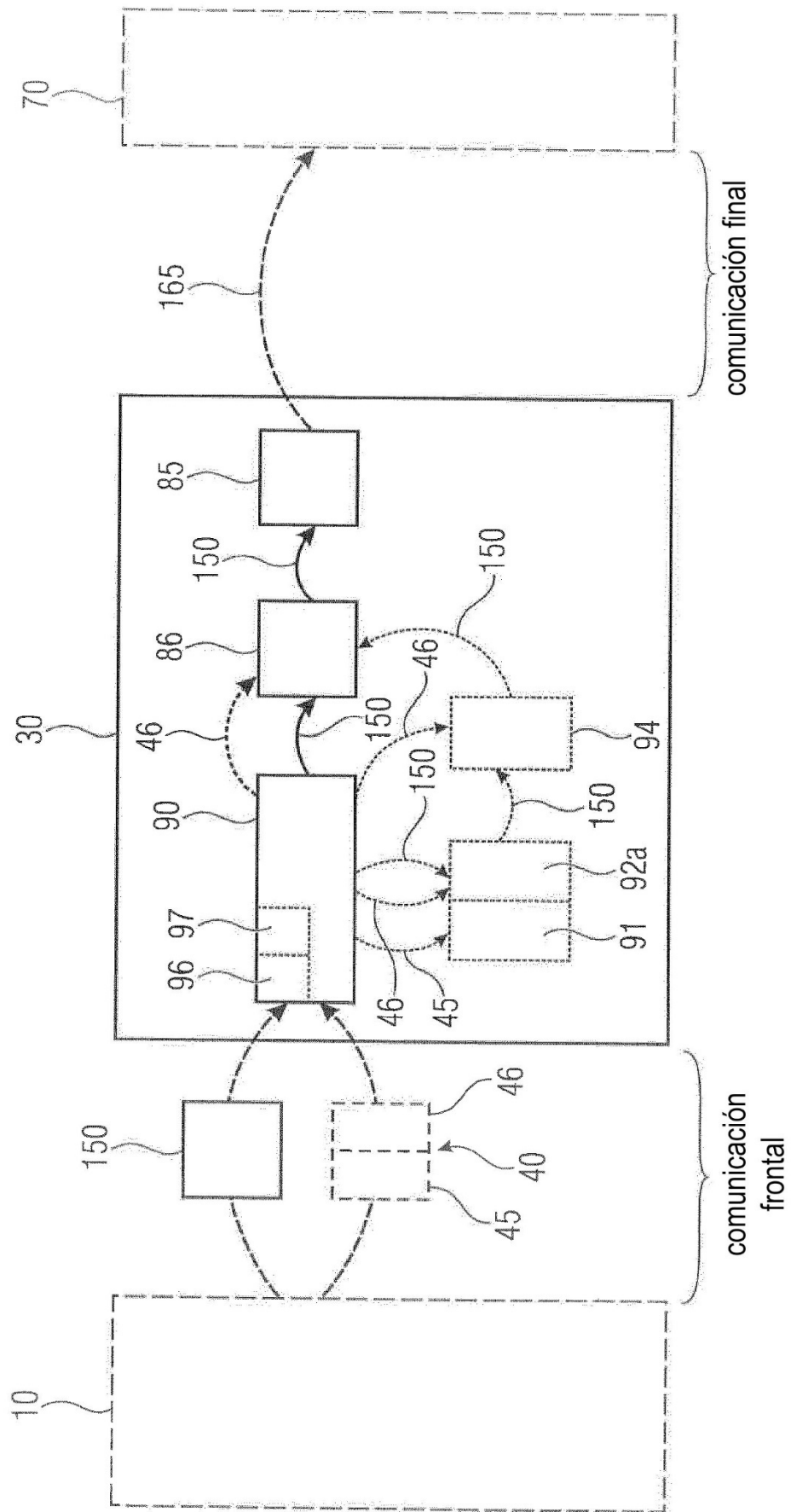


FIG 7

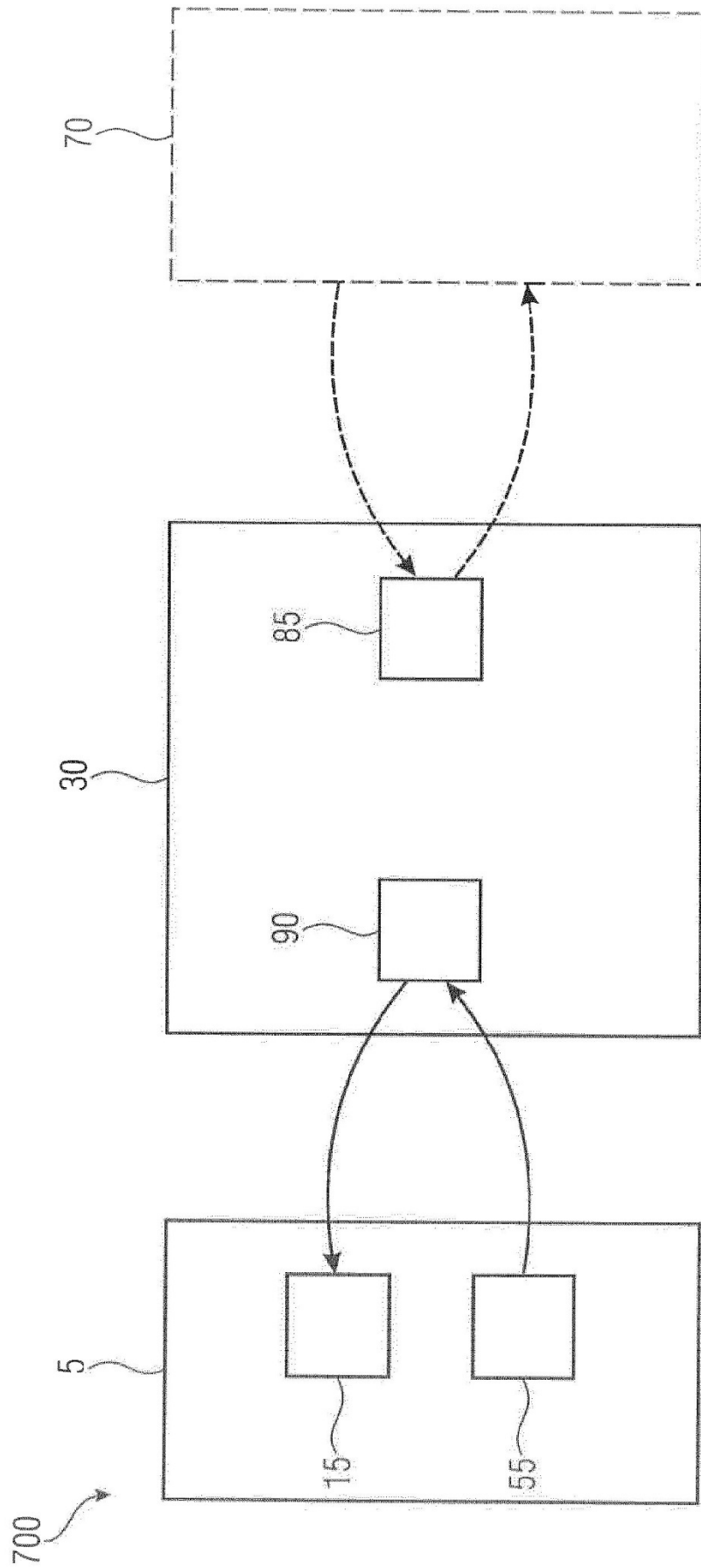


FIG 8

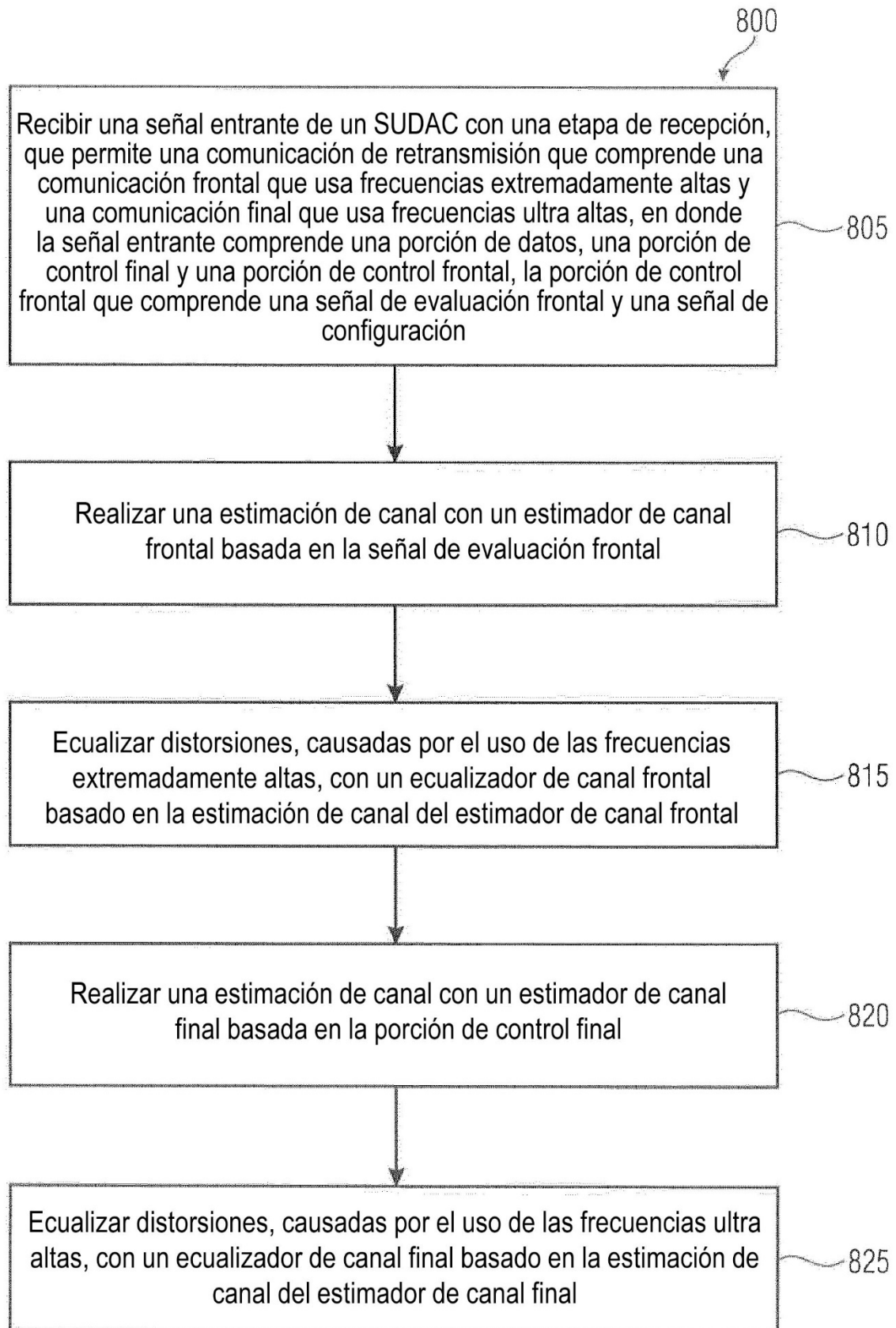


FIG 9

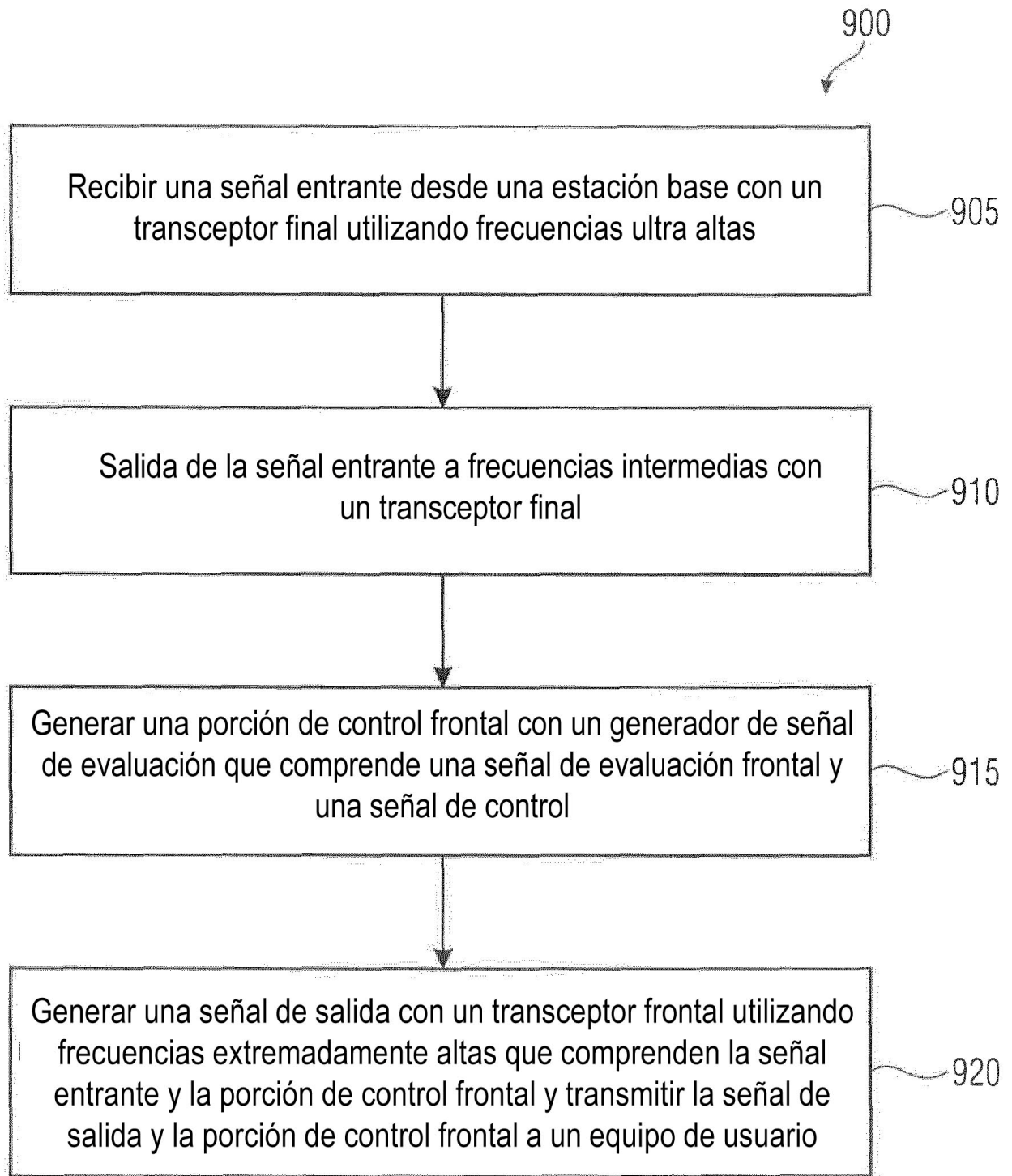


FIG 10

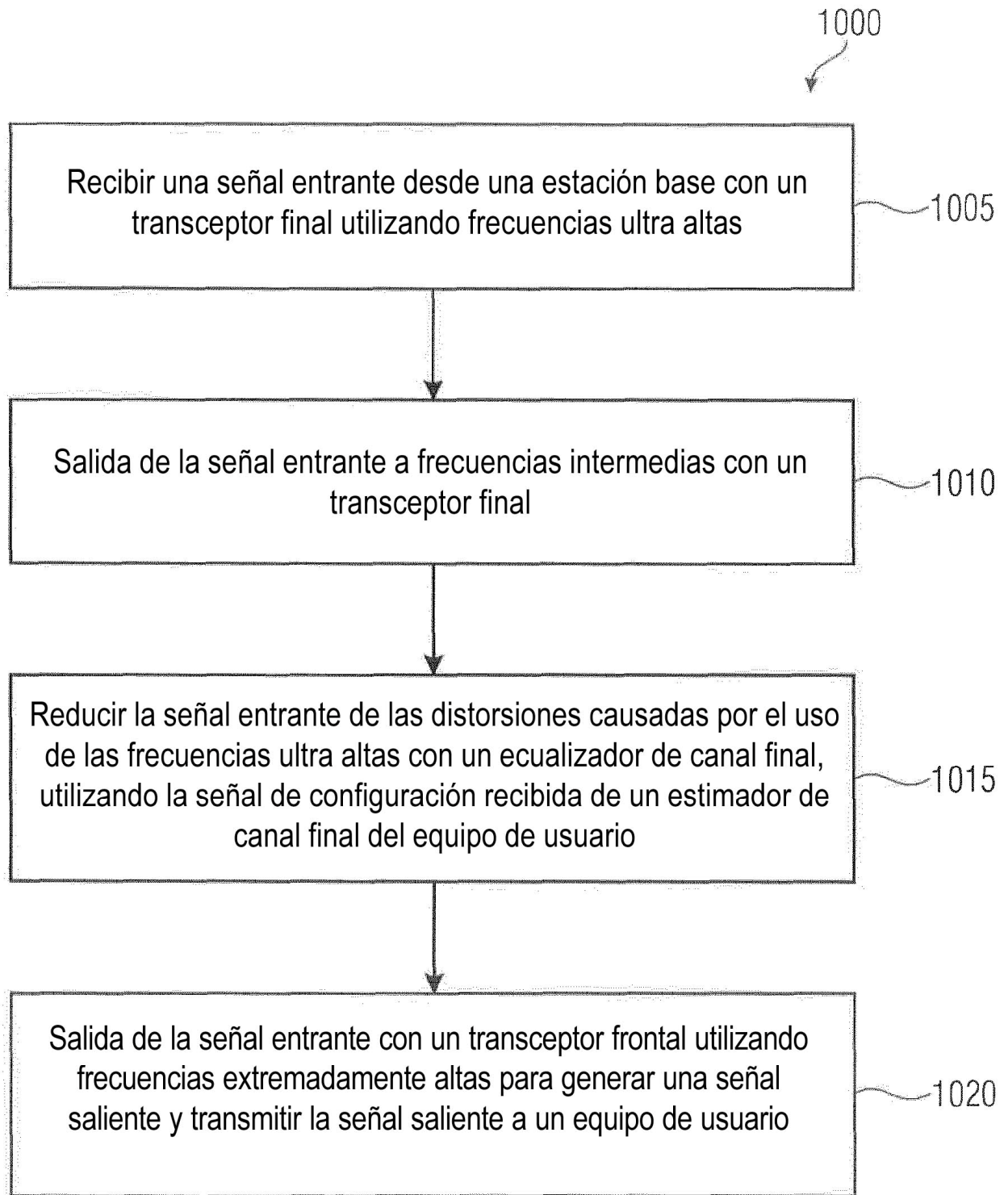


FIG 11

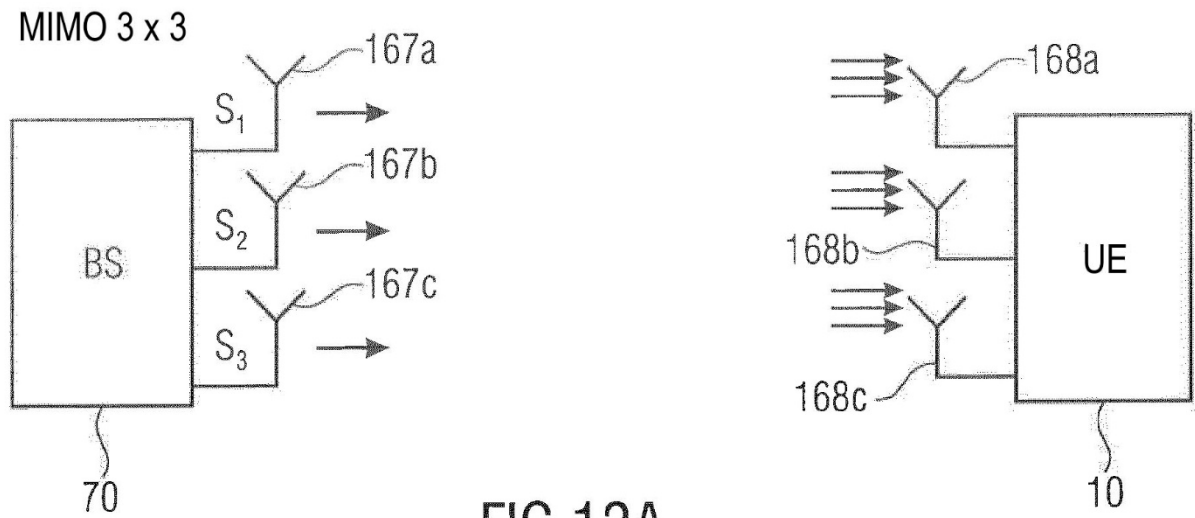


FIG 12A

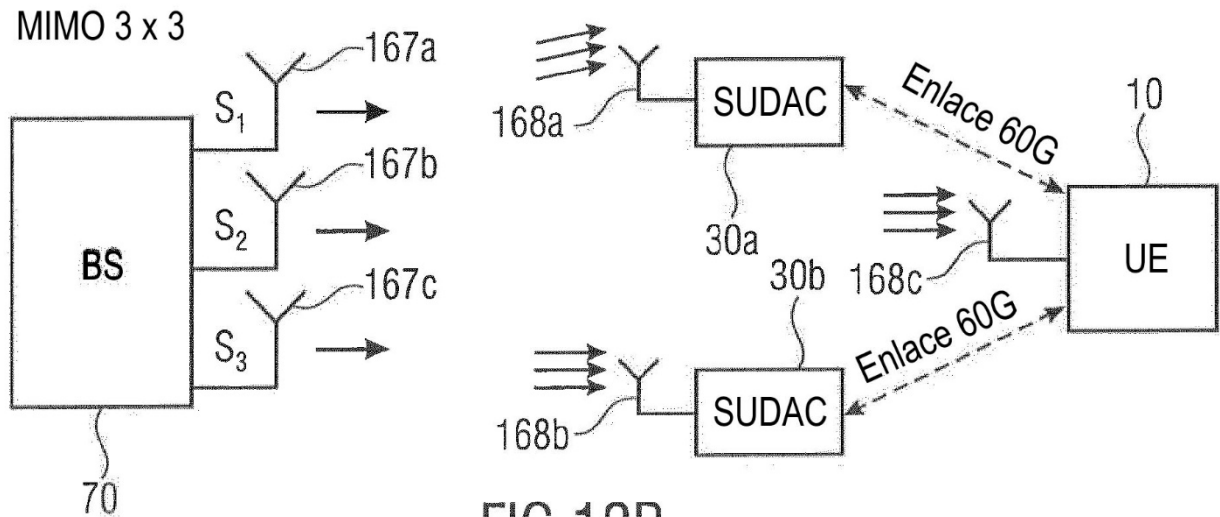


FIG 12B

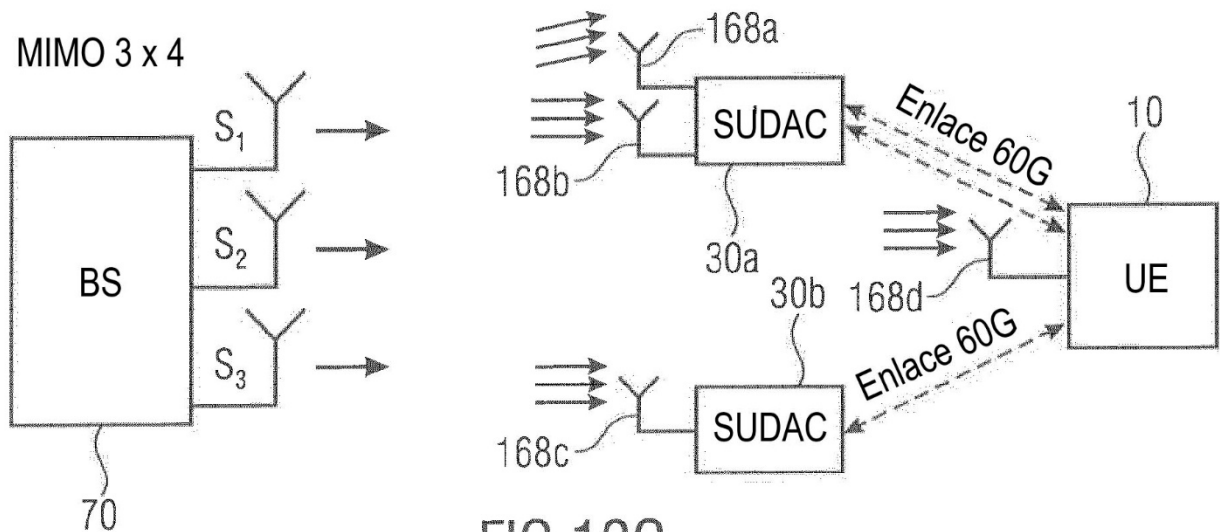


FIG 12C



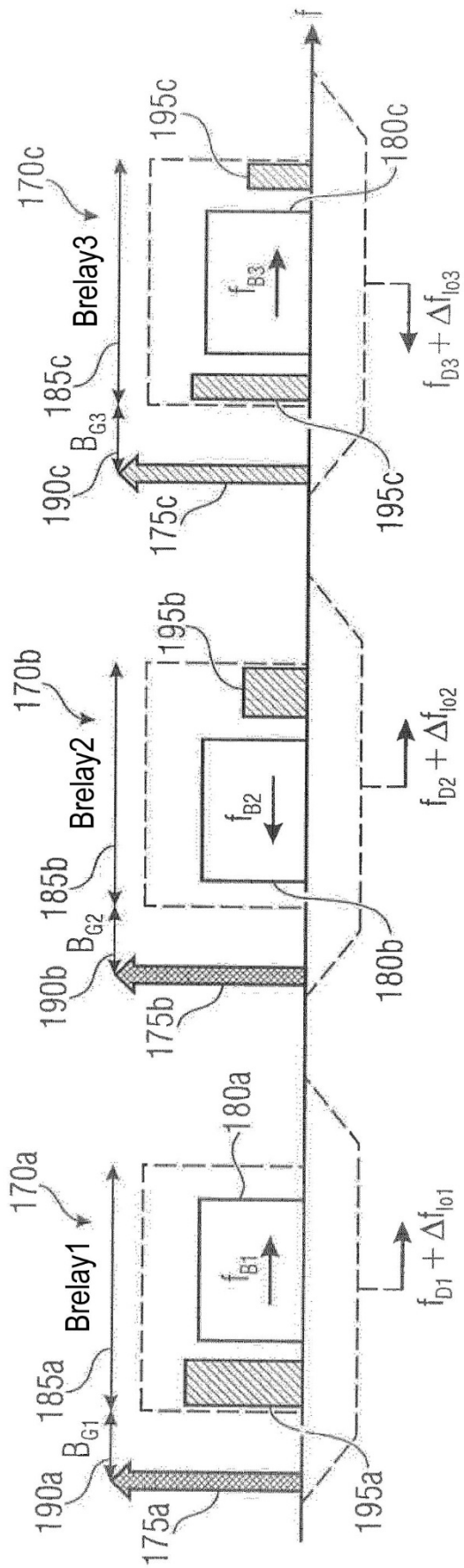


FIG 13A

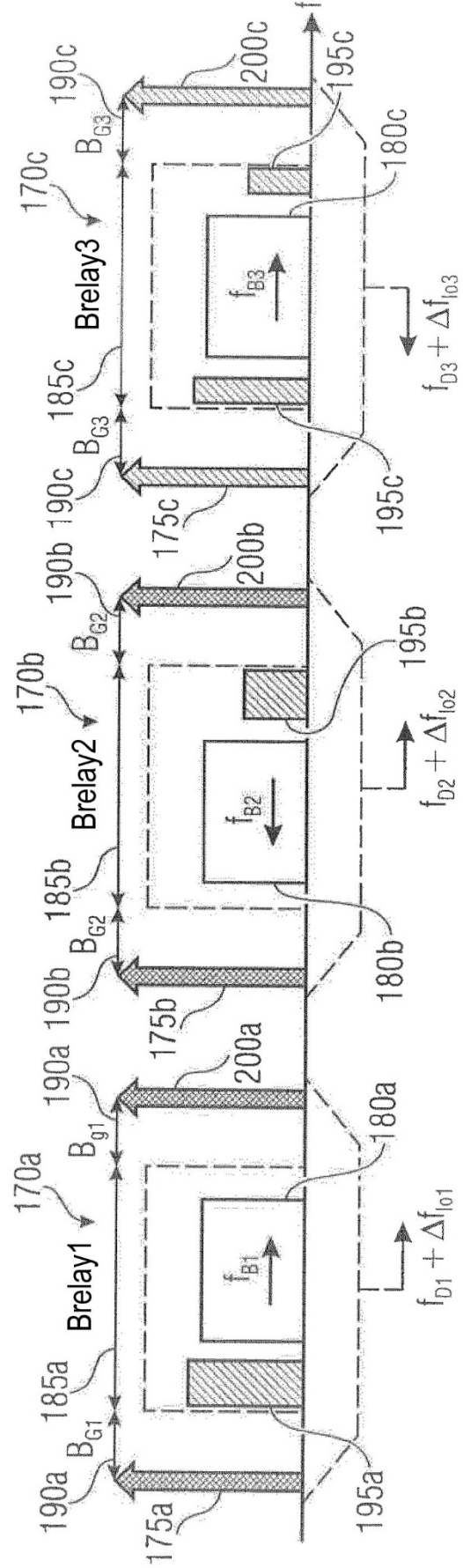


FIG 13B

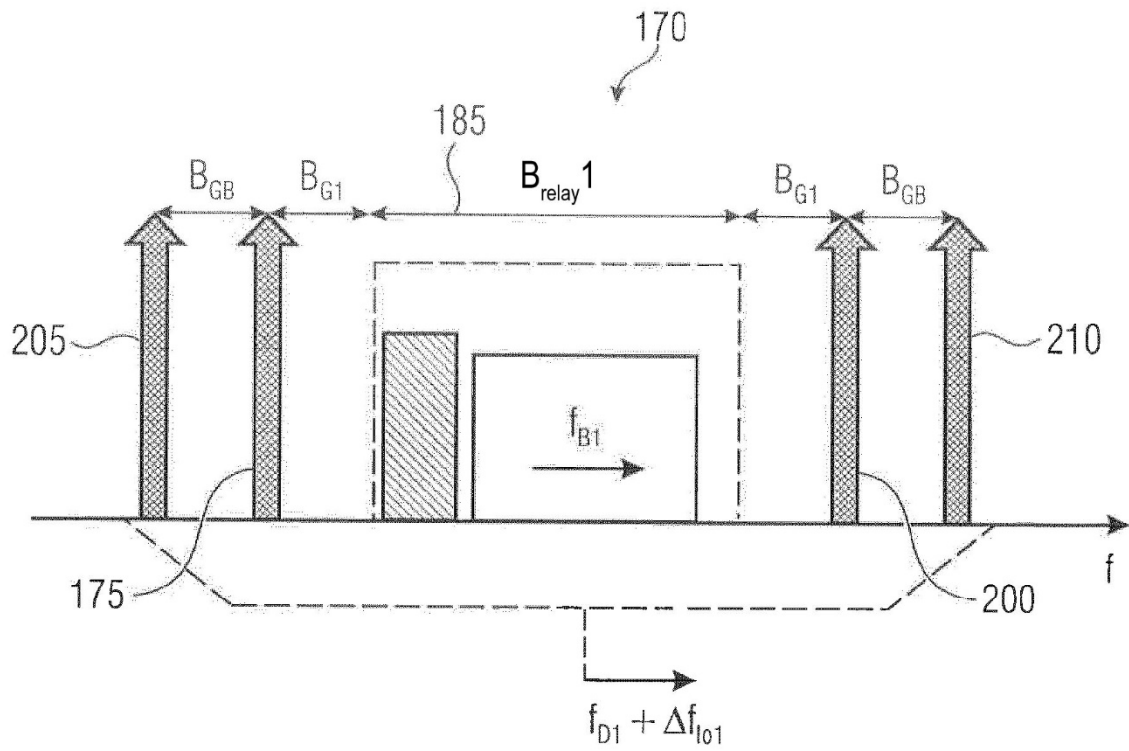


FIG 14

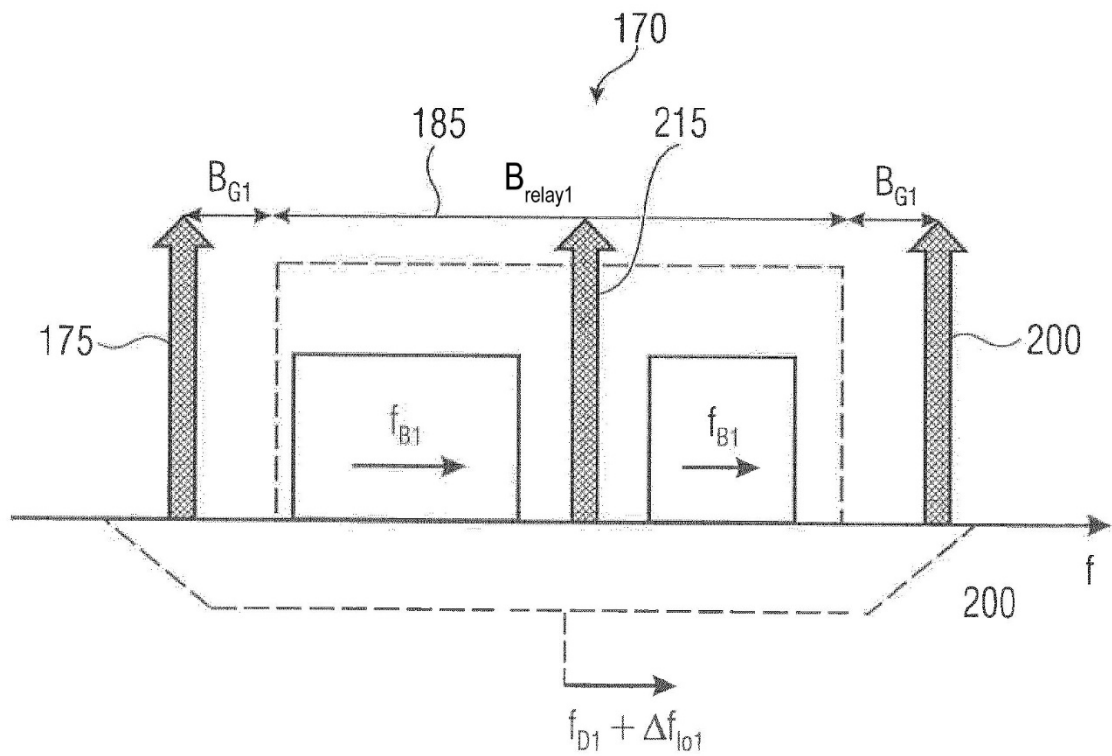


FIG 15

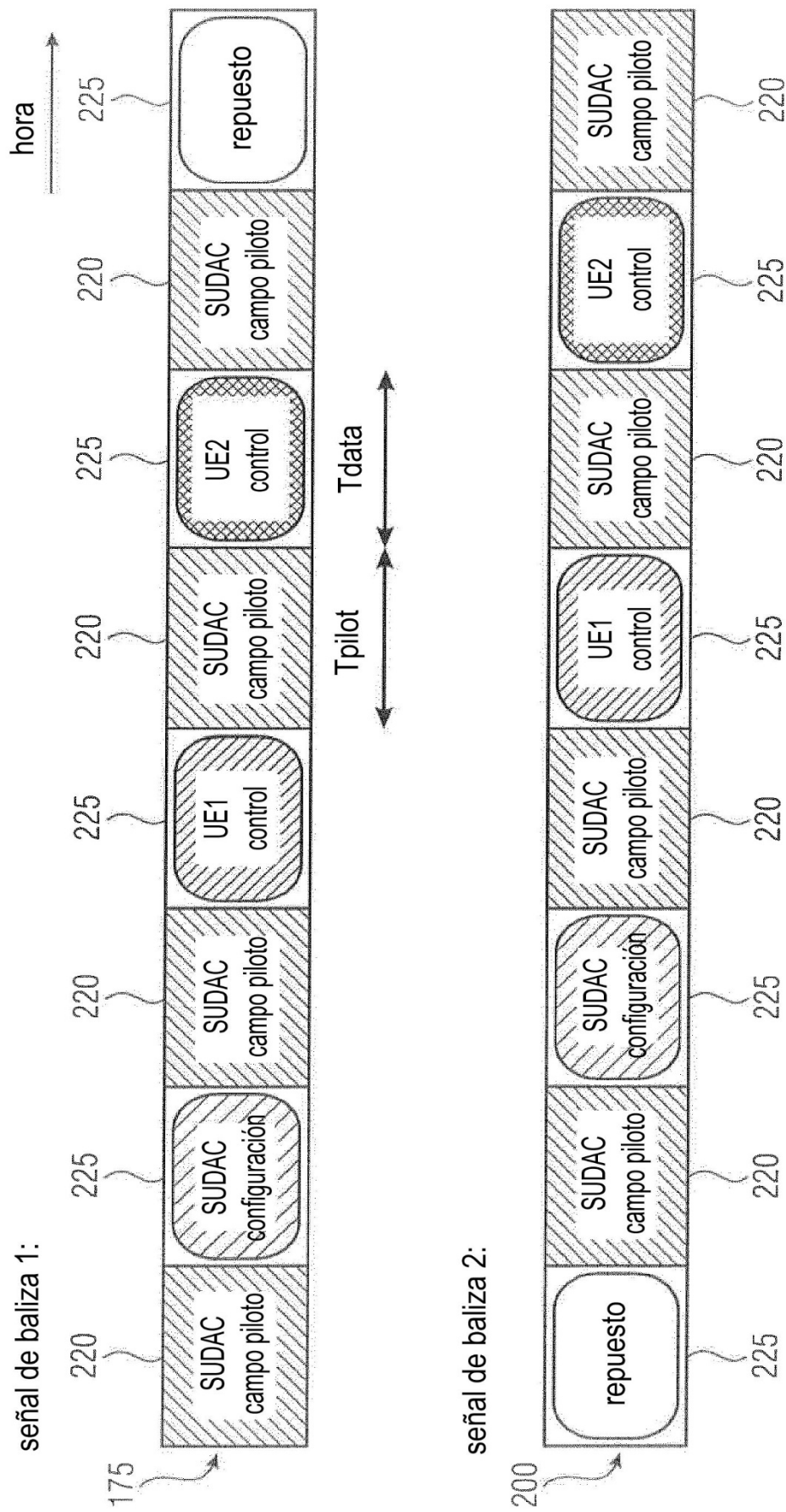


FIG 16

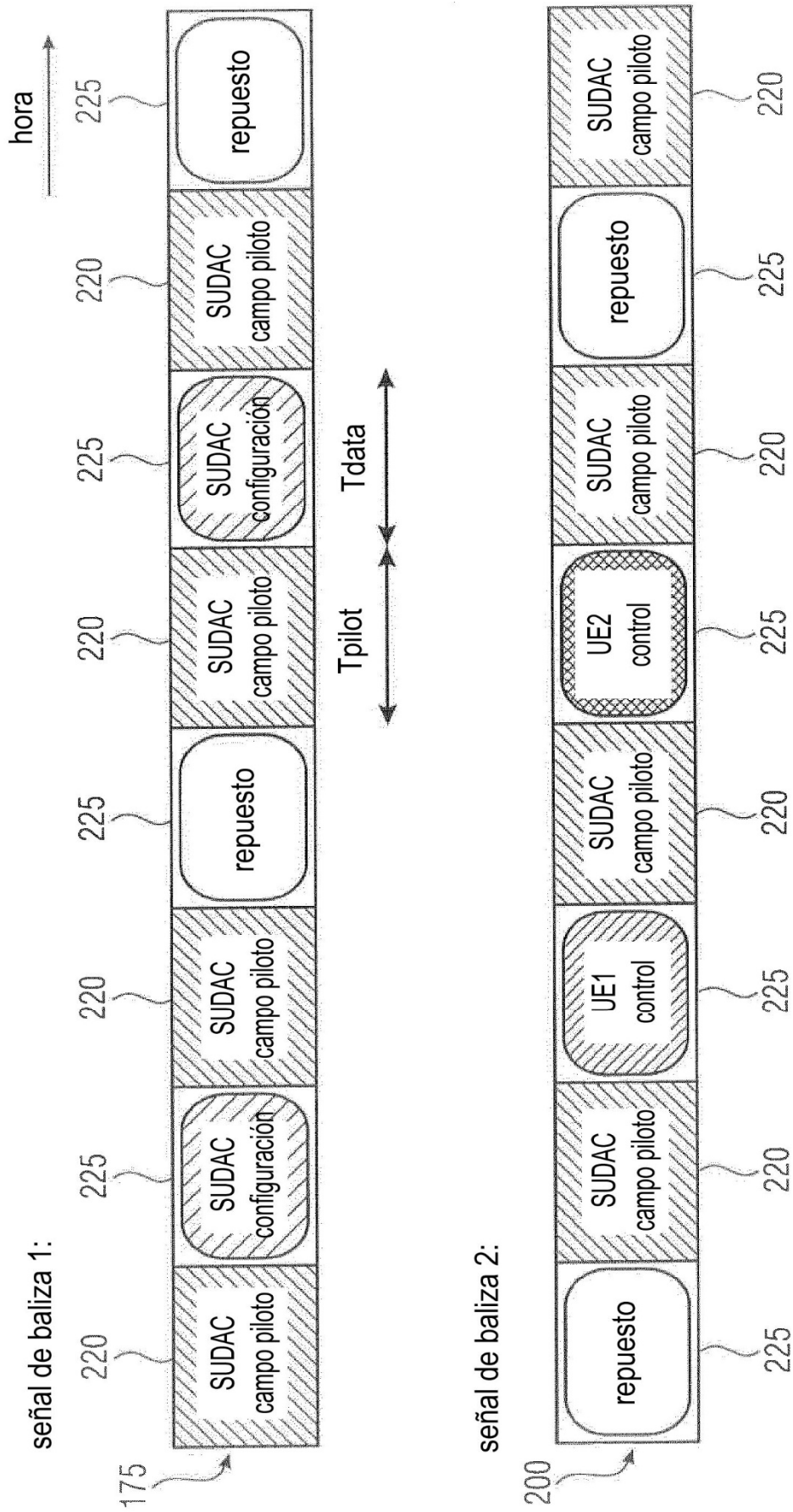


FIG 17

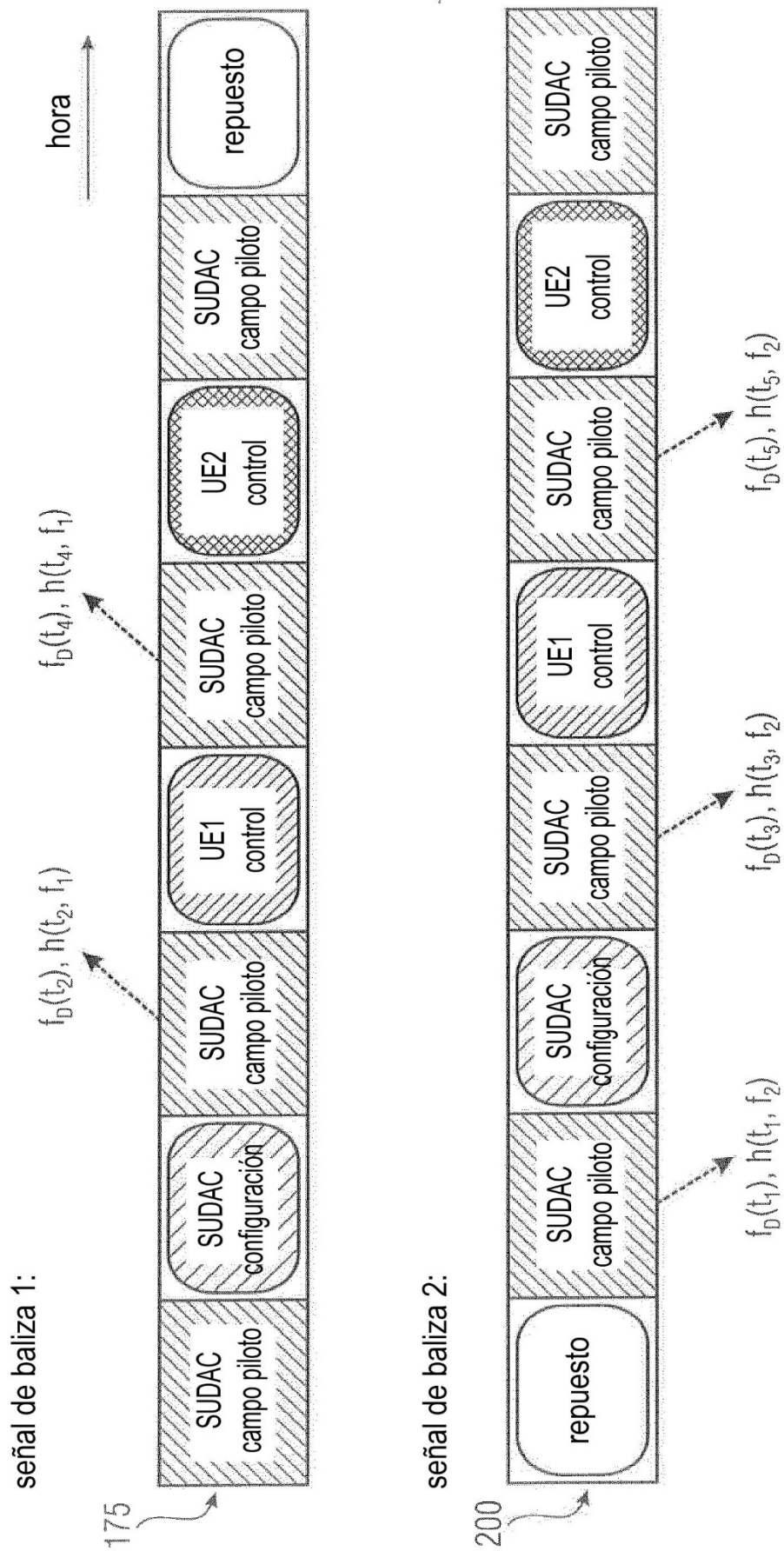


FIG 18

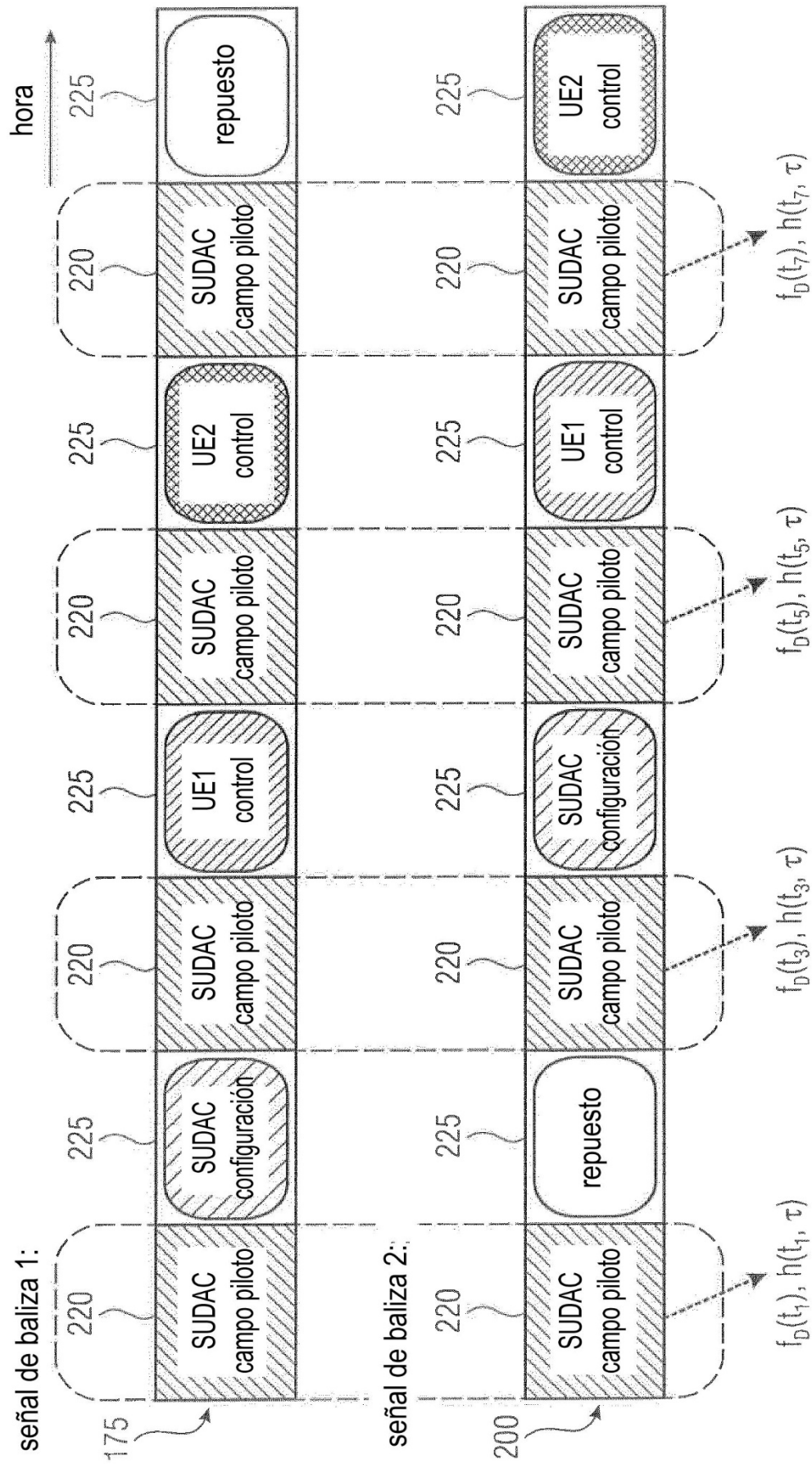


FIG 19

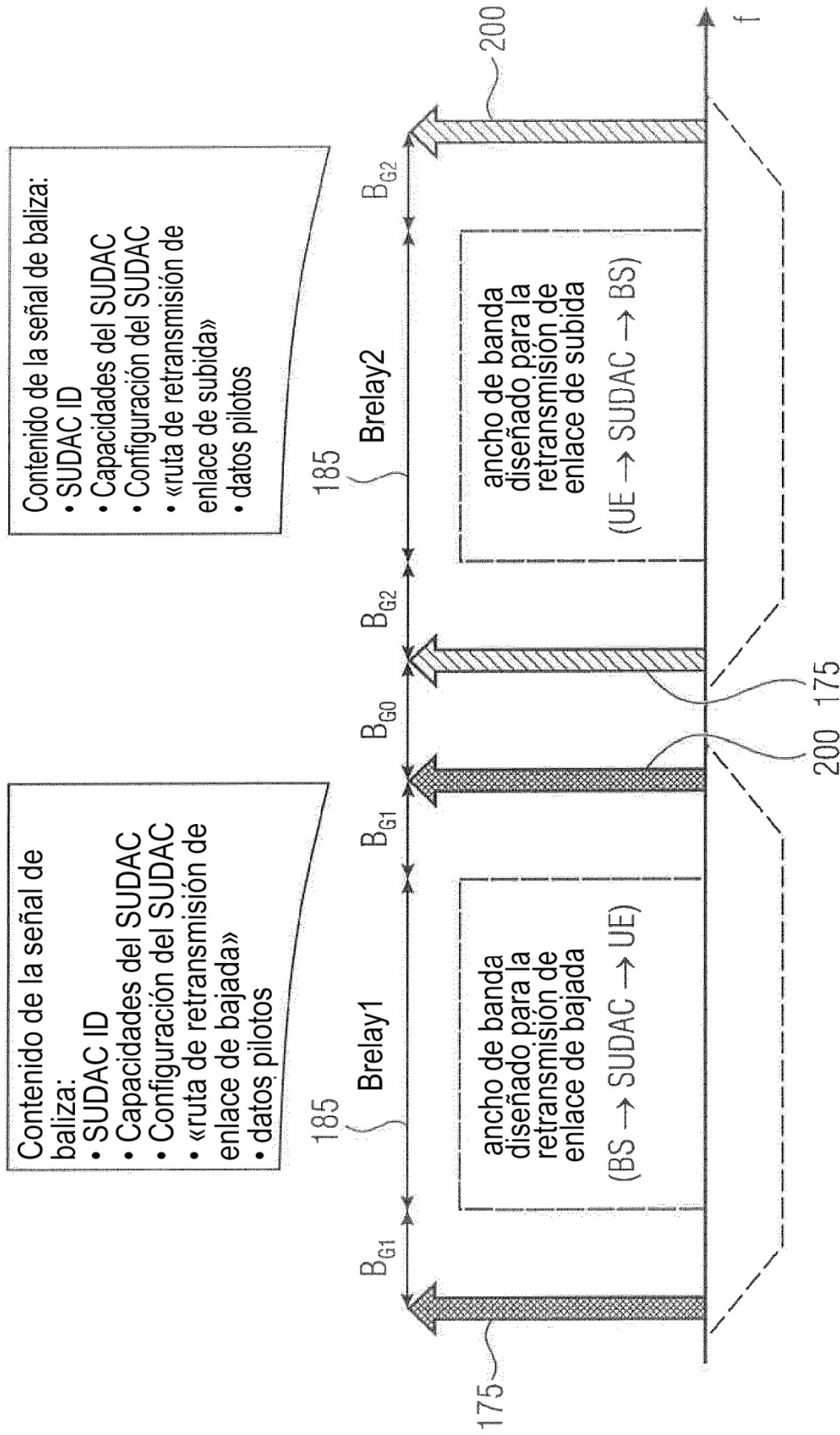


FIG 20

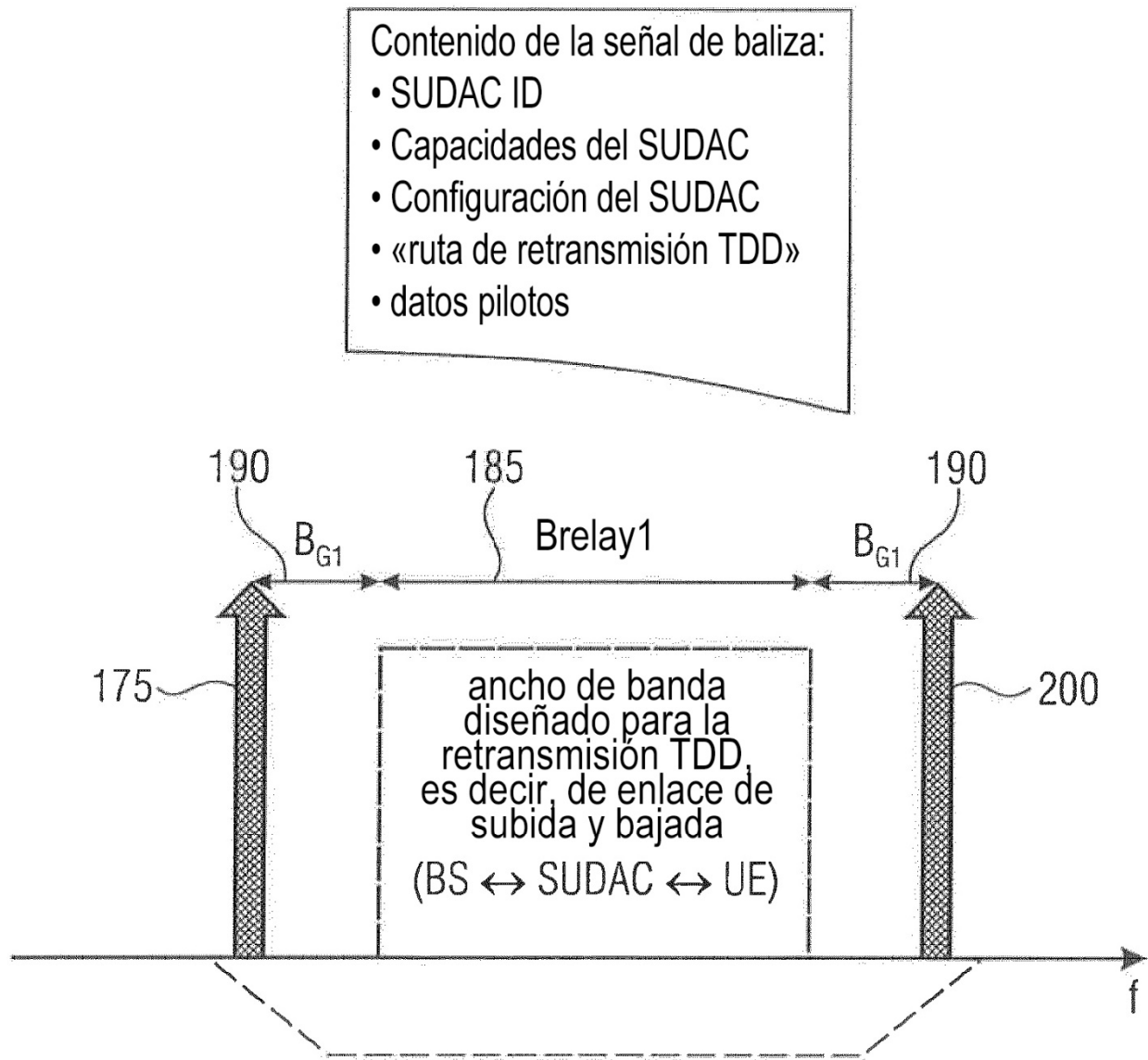


FIG 21



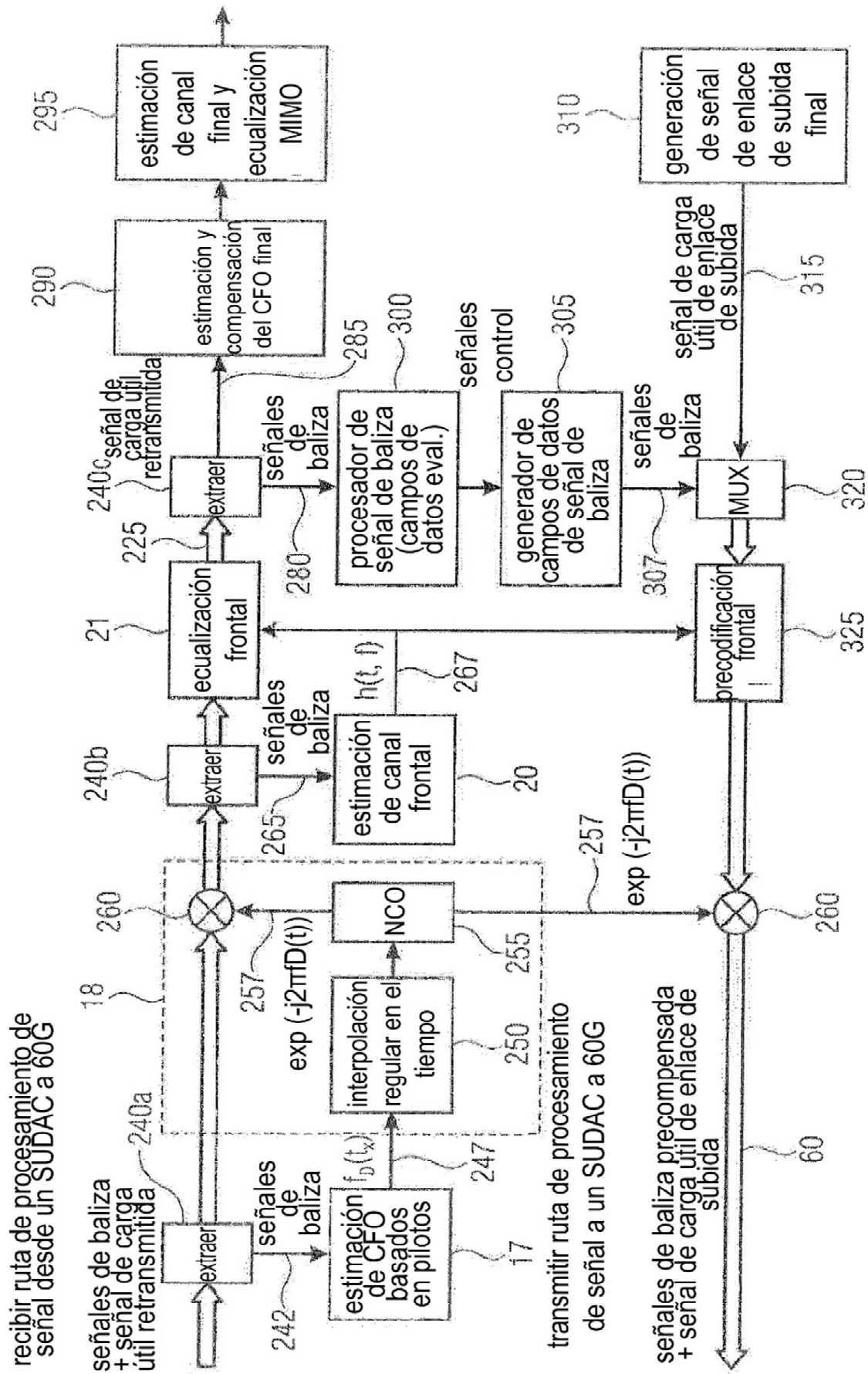
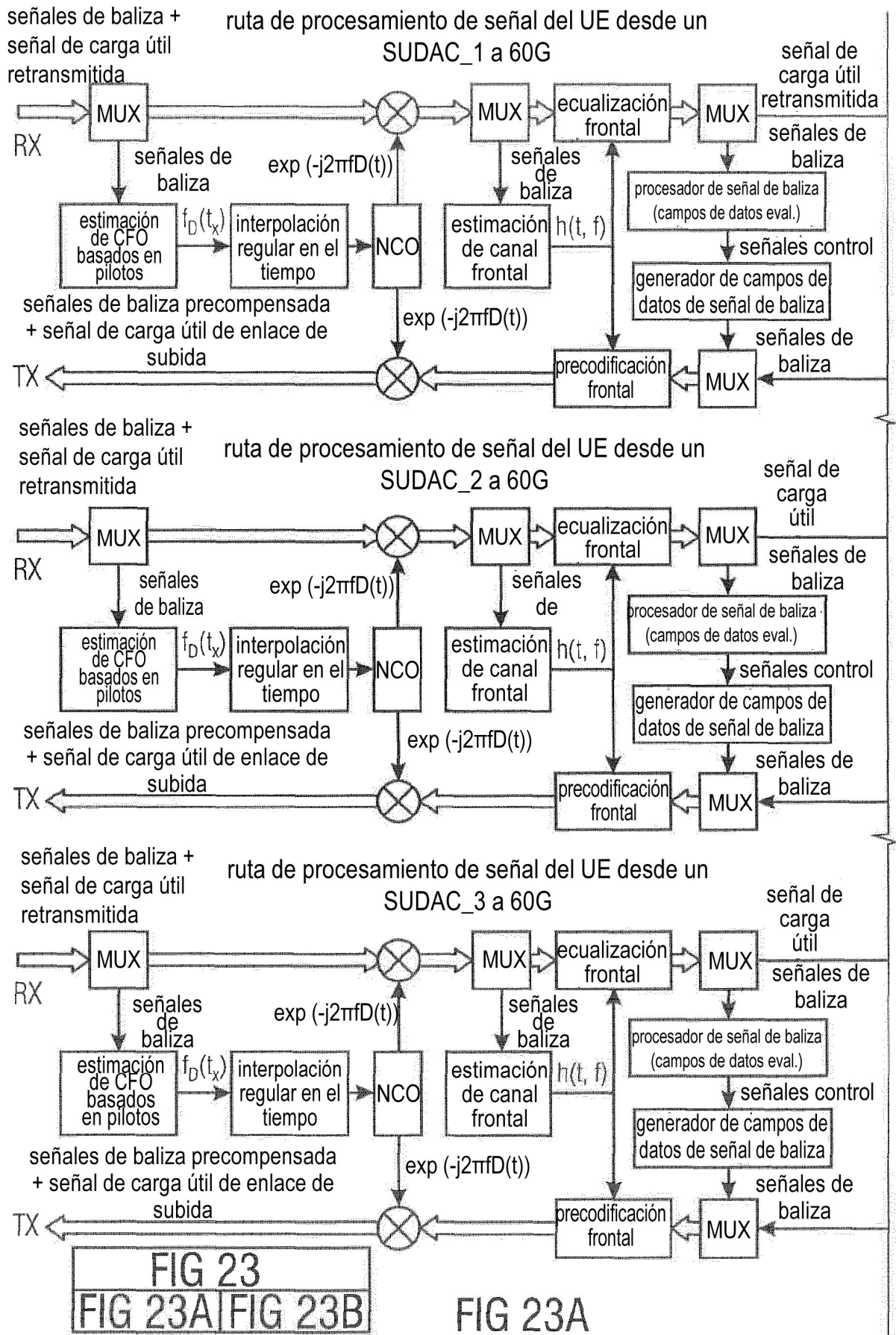


FIG 22



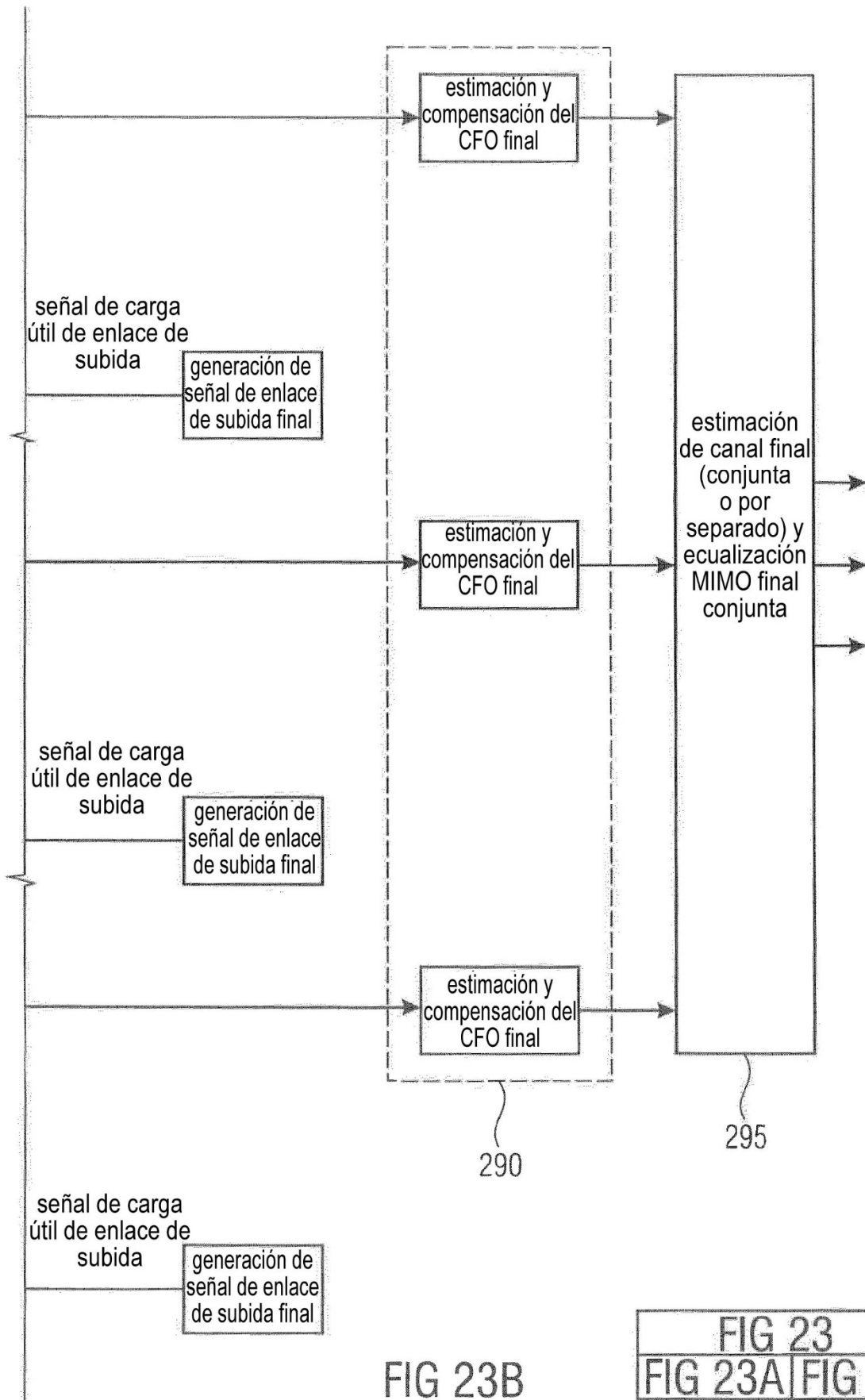


FIG 23  
FIG 23A FIG 23B

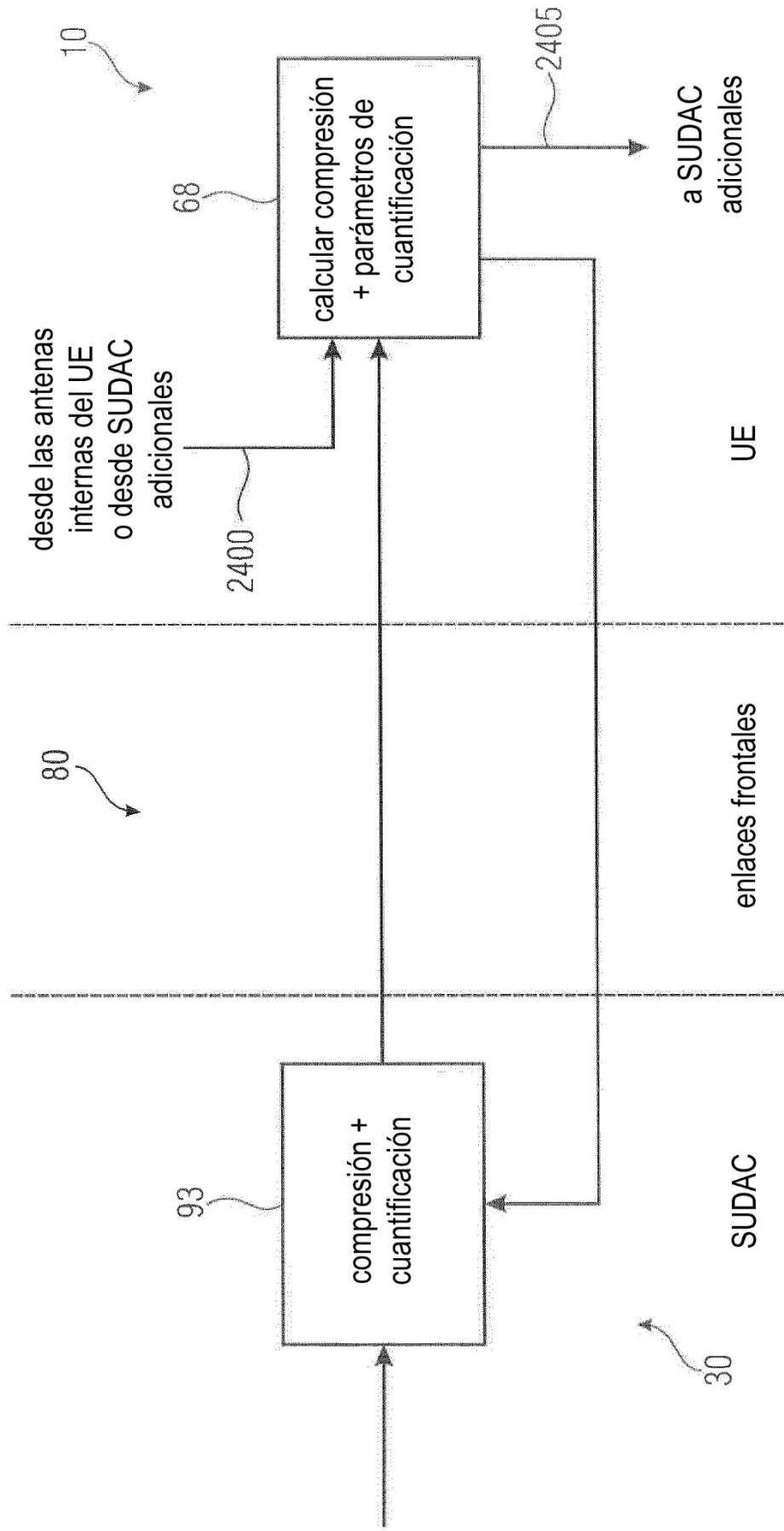


FIG 24A

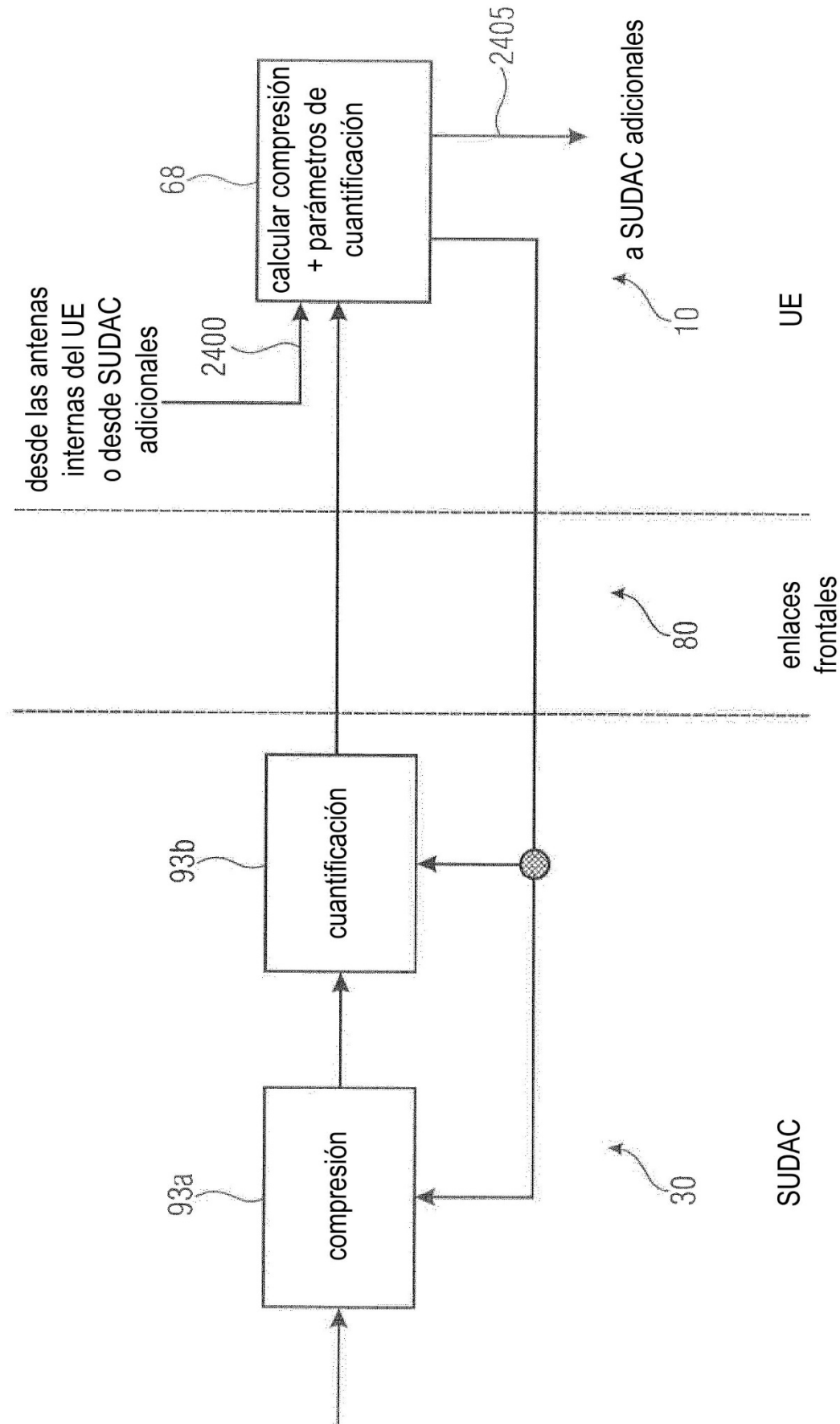


FIG 24B

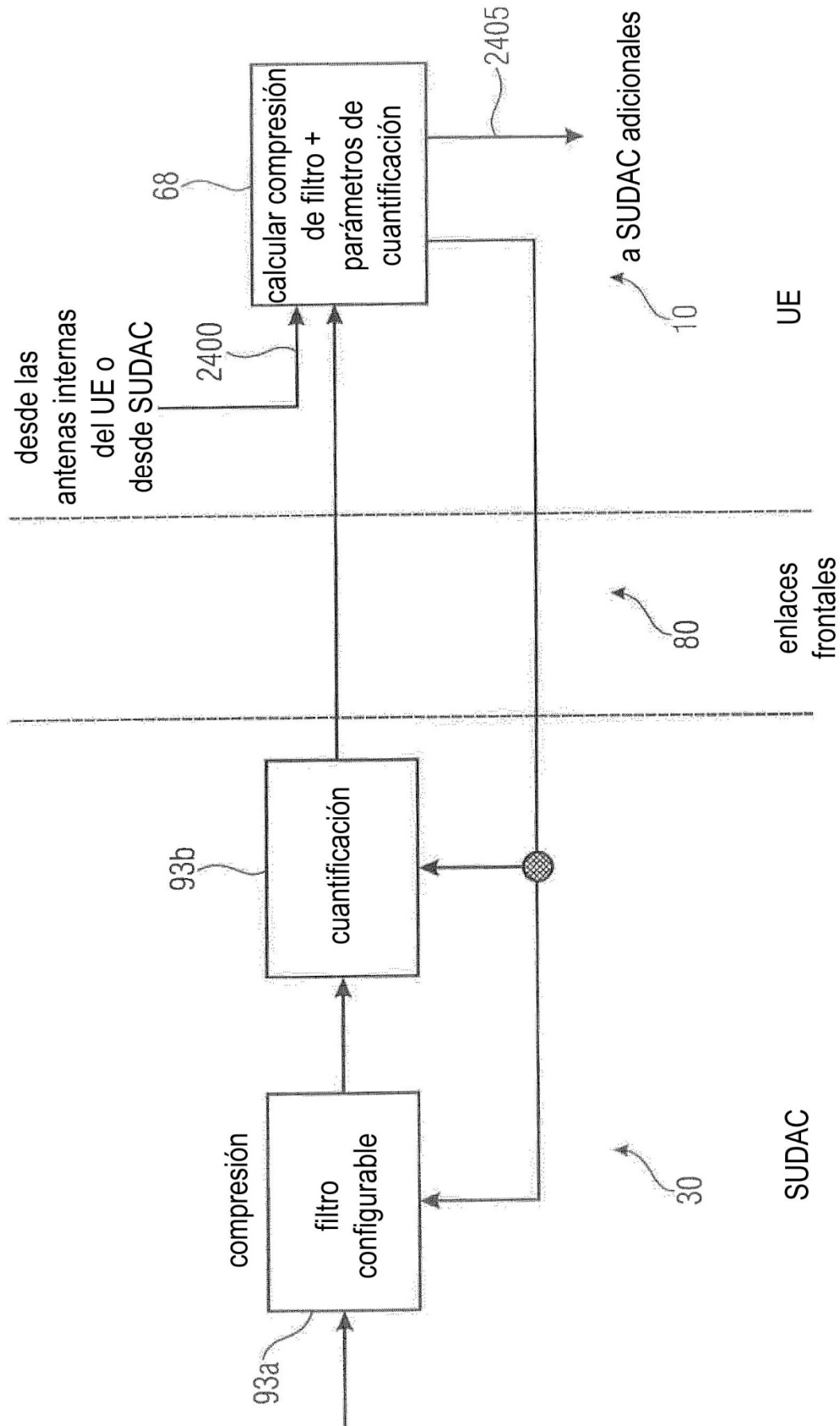


FIG 24C

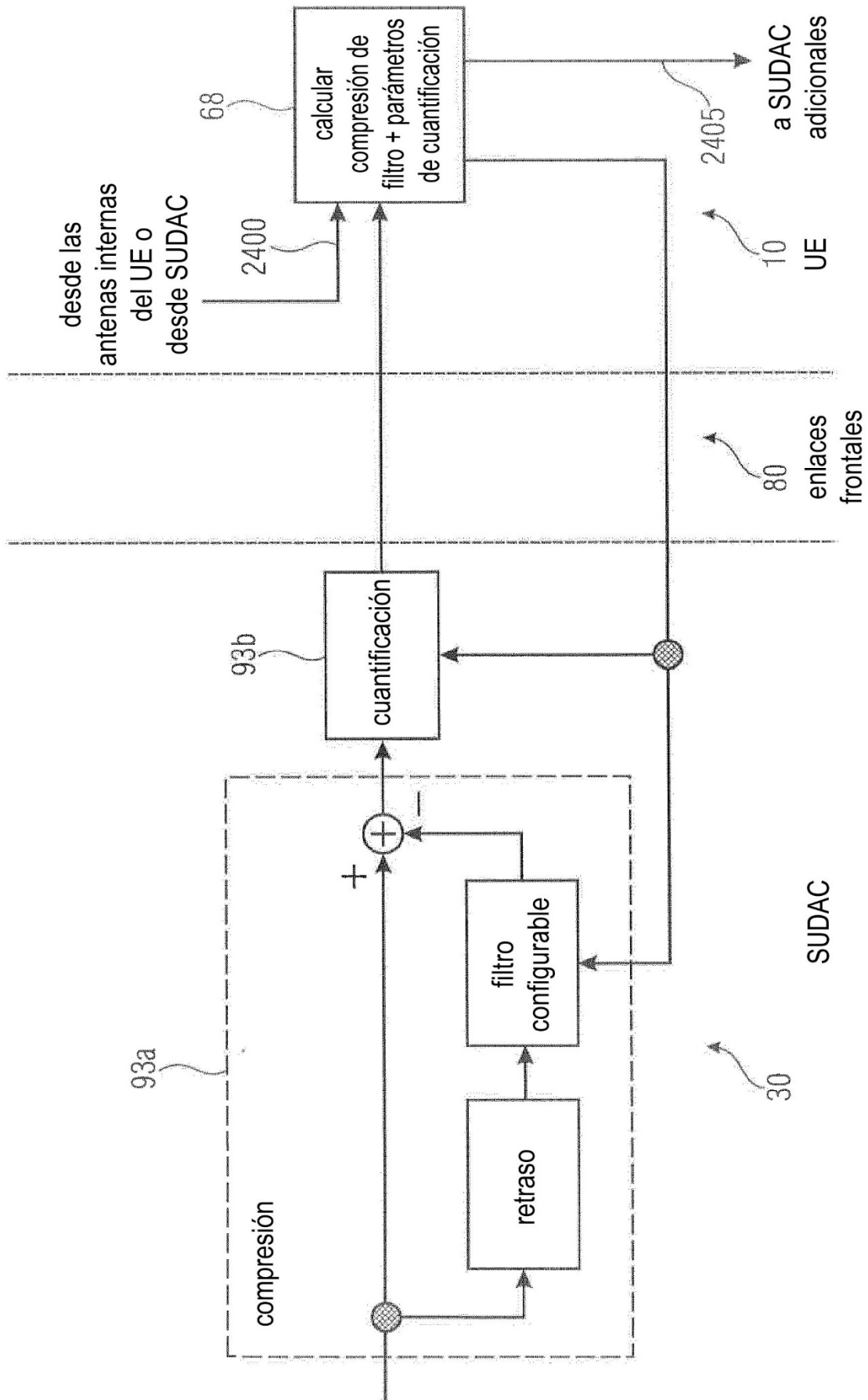


FIG 24D

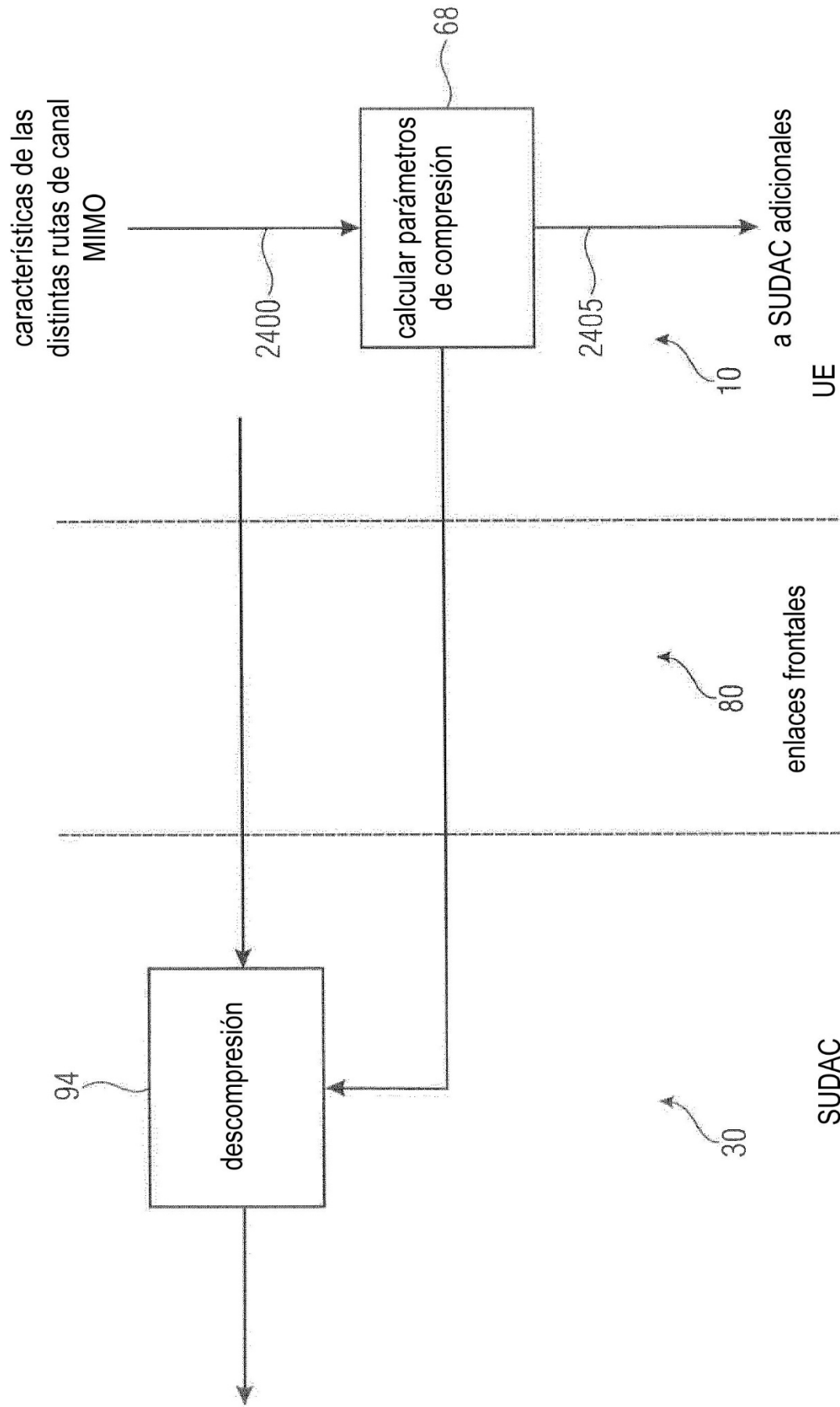


FIG 24E



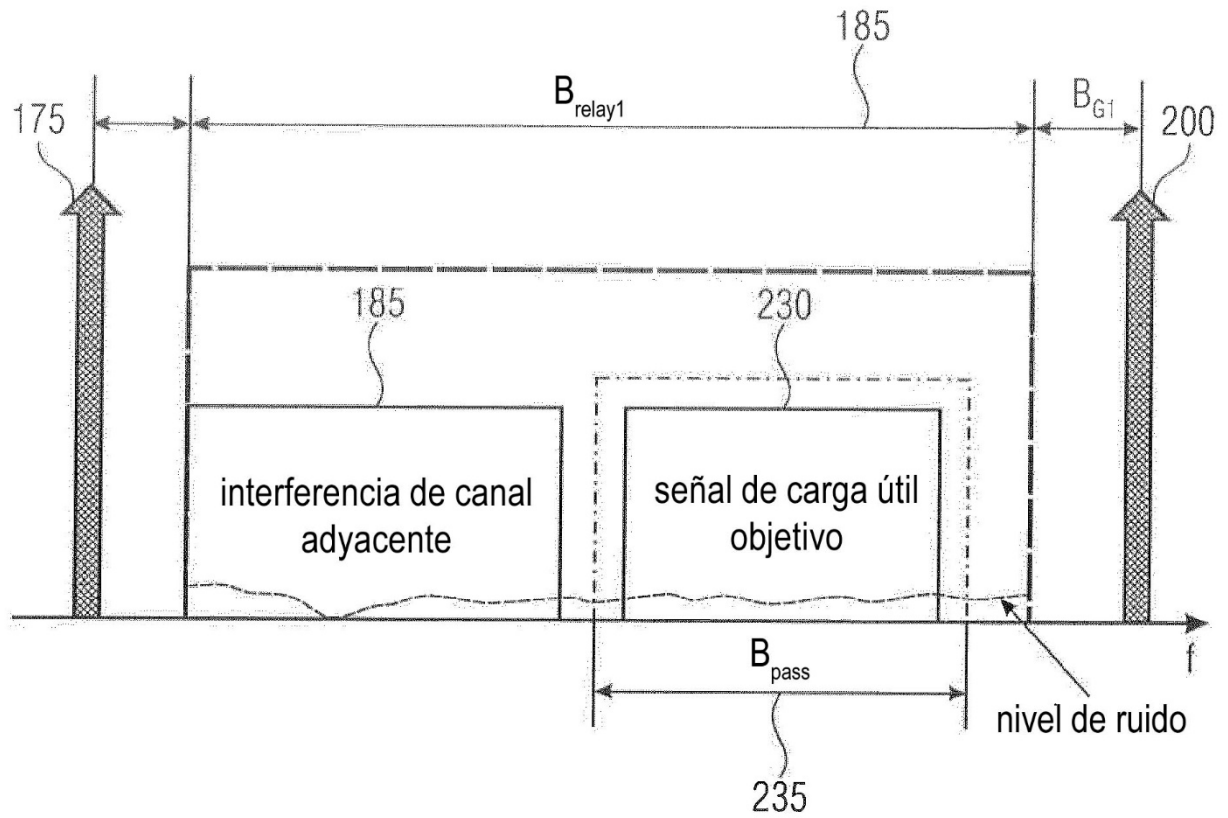


FIG 25

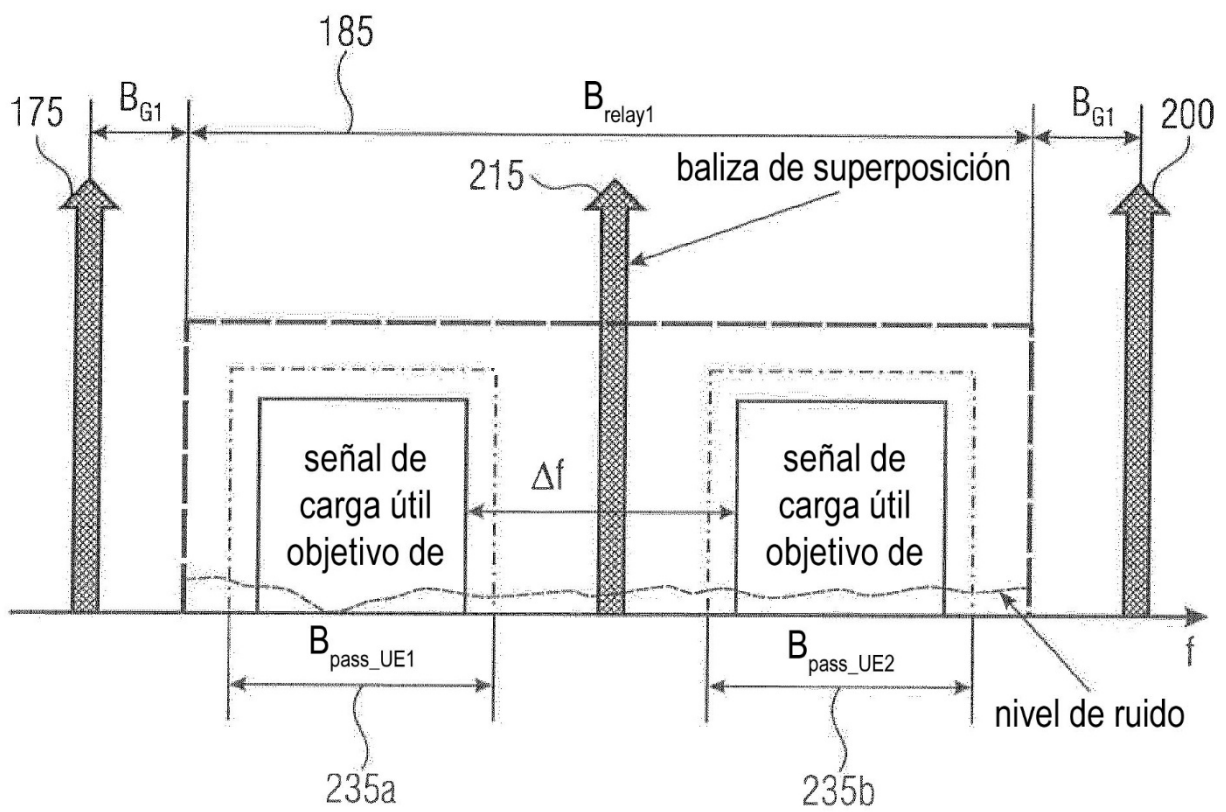


FIG 26

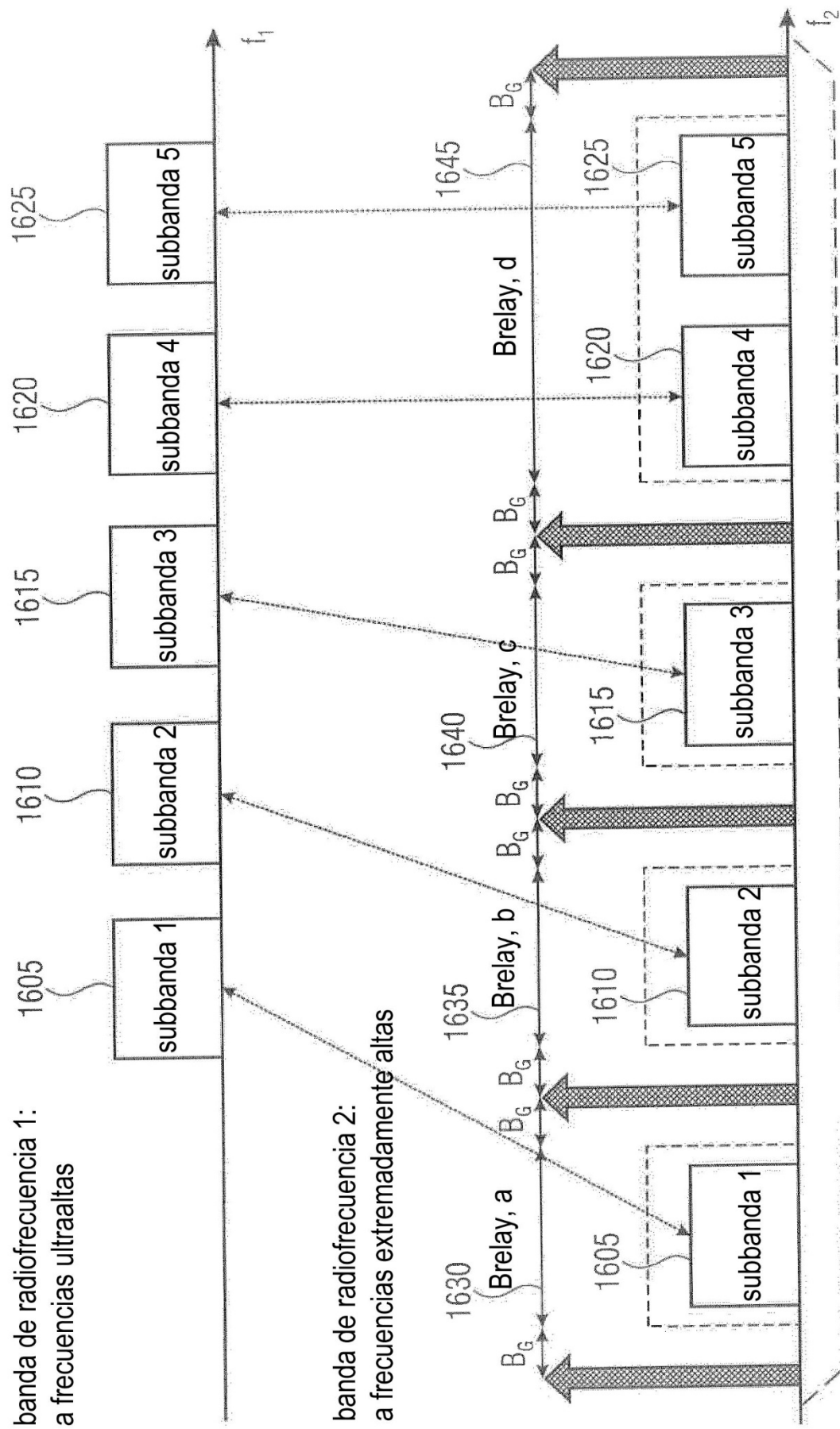


FIG 27

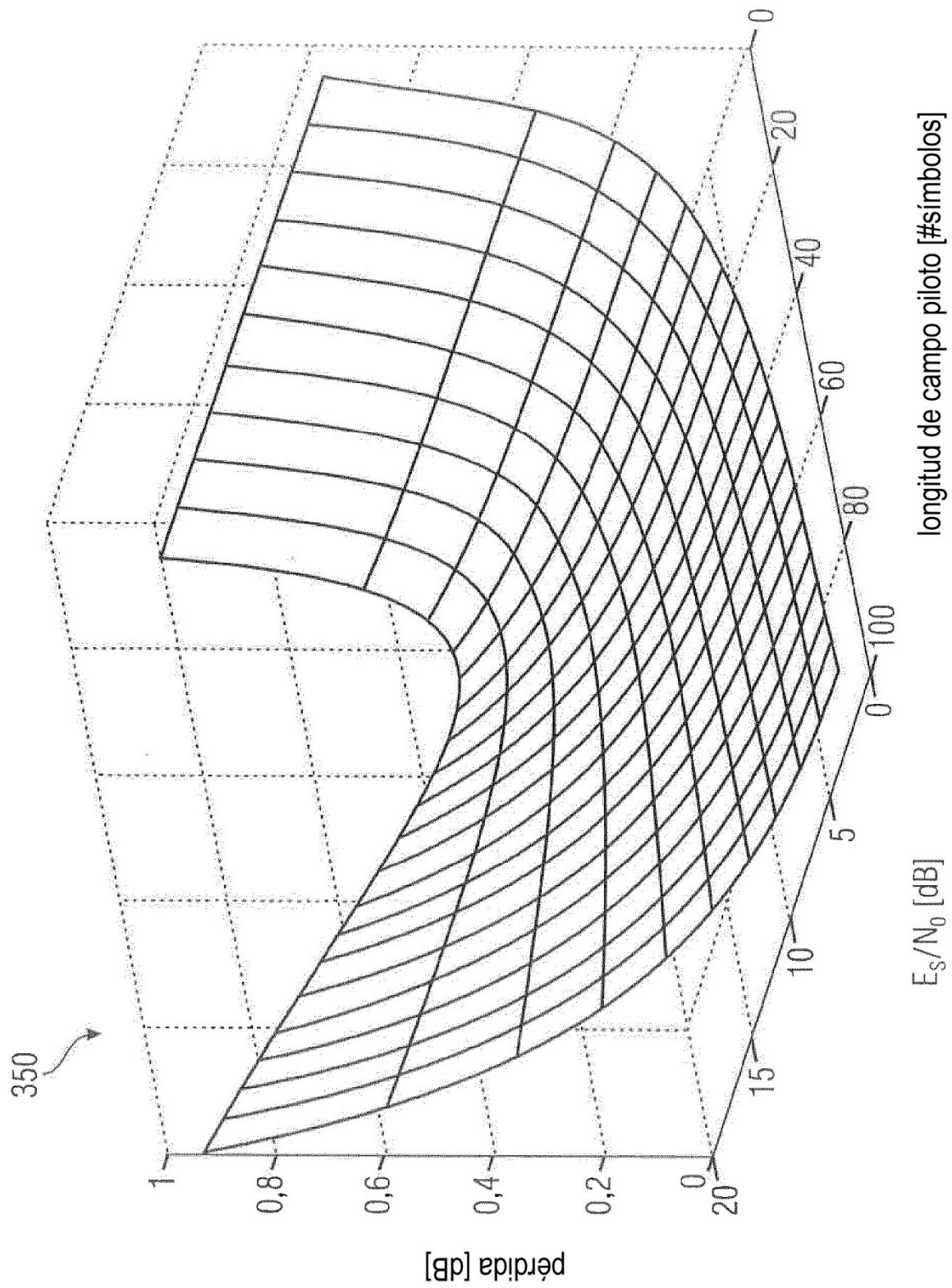


FIG 28