

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 906 246**

51 Int. Cl.:

H04B 7/155 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.08.2015 PCT/EP2015/069290**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.03.2016 WO16030300**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.08.2015 E 15757196 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.12.2021 EP 3186900**

54 Título: **Controlador para un sistema de relés**

30 Prioridad:

27.08.2014 EP 14182546

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

13.04.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BREILING, MARCO y
HEYN, THOMAS**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 906 246 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

Controlador para un sistema de relés

- 5 **[0001]** Las realizaciones de la presente invención se refieren a un controlador para un sistema SUDA (también denominado sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido), a un procedimiento para controlar un sistema SUDA y a un programa informático.
- 10 **[0002]** Ya durante su despliegue, los actuales sistemas de comunicaciones móviles 4G (como LTE-Advanced) parecen sufrir una escasez de velocidad de transmisión de datos que se puede proporcionar a los usuarios. Se espera que, en el futuro, la tasa de transmisión de datos solicitada por los usuarios crezca considerablemente, lo que se debe principalmente a la recepción de contenidos de vídeo. Existe una tendencia al aumento del consumo de televisión/vídeo no lineal, es decir, contenidos de vídeo que no se emiten en el momento mismo de su consumo. Además de los contenidos de radiodifusión que se consumen en algún momento posterior a su transmisión (como la
- 15 oferta de los centros de medios de los canales de televisión) y que podrían almacenarse dentro de una memoria caché en el equipo de usuario (UE) hasta su consumo, existe un vasto ámbito de contenidos que no pueden ser distribuidos simplemente por sistemas de radiodifusión convencionales (televisión por satélite, terrestre, por cable) como los vídeos de YouTube. Al mismo tiempo, los contenidos consumidos en los hogares requieren una velocidad de transmisión de datos cada vez más alta, por ejemplo, para la televisión de ultra alta definición (UHDTV) o los contenidos 3D (con o
- 20 sin gafas 3D dedicadas).
- [0003]** Además, las personas intercambian, es decir, bajan y suben archivos cada vez más grandes. Si bien actualmente se trata de fotos con un par de megabytes, en el futuro la gente va a descargar películas completas de muchos gigabytes desde sus dispositivos móviles. Para tales acciones, la gente está interesada en mantener los
- 25 tiempos de descarga lo más cortos posible, de modo que las velocidades de transmisión de datos muy altas en el orden de diez gigabit/s son un requisito realista para el futuro. Como las personas van a utilizar en mayor medida los servicios en la nube en el futuro, habrá una necesidad de sincronización rápida de los contenidos en un dispositivo móvil con la nube cuando las personas salgan o entren en la cobertura de una red móvil, es decir, antes de que se desconecten y después de que regresen de su estado de desconexión. La cantidad de datos a sincronizar podría ser
- 30 bastante grande. Todo esto demuestra que la transmisión a velocidades de transmisión de datos muy altas es una necesidad en el futuro para muchos dispositivos (móviles y estacionarios).
- [0004]** Una alternativa al uso de comunicaciones móviles como LTE para la descarga de archivos tan grandes es el empleo de una red de área local (LAN), ya sea inalámbrica (WLAN, Wi-Fi) o cableada (Ethernet). Sin embargo,
- 35 la última milla desde la red troncal hasta los hogares no puede soportar las altas velocidades de transmisión de datos requeridas en el intervalo de Gbit/s, excepto si se utilizan fibras ópticas (fibra hasta el hogar FTTH). Sin embargo, el costo de equipar los hogares con FTTH es muy alto; por ejemplo, solo para Alemania, el coste de equipar cada edificio con FTTH se estima en alrededor de 93 mil millones de euros. Por lo tanto, la última milla eventualmente se convertirá en una conexión principalmente inalámbrica. Esto reduce significativamente el coste de llevar banda ancha a cada
- 40 edificio y a sus habitaciones.
- [0005]** Además, la mayoría de los hogares no poseen una infraestructura LAN por cable dedicada (Ethernet) para distribuir los datos recibidos en la última milla, es decir, la mayoría de los hogares emplean Wi-Fi para conectar sus dispositivos a Internet por su punto de acceso (AP), donde el AP representa el punto terminal de la última milla.
- 45 Se debe observar que para alcanzar velocidades de transmisión de datos de Gbit/s, ya sea un conector Ethernet o un AP debe estar presente en cada habitación de cada hogar o edificio de oficinas. Por lo tanto, el coste de conectar cada habitación de cada edificio debe añadirse a la cifra mencionada anteriormente para conectar los edificios.
- [0006]** La Fig. 10a muestra una situación típica de una estrategia del estado de la técnica para el intercambio
- 50 de señales de datos entre una estación base 10 y uno o más equipos de usuario 20a y 20b, que se colocan en un entorno conocido, como el hogar. Tal como se ilustra, el equipo de usuario 20a y 20b puede ser un teléfono inteligente, tableta PC o portátil. El intercambio entre el equipo de usuario 20a/20b y la estación base 10 se realiza por medio de una estación base de célula pequeña 32.
- 55 **[0007]** En este caso, la estación base de célula pequeña 32, también denominada punto de acceso, está conectada a la estación base 10 que permite la conexión al fondo de Internet por una pluralidad de antenas. En detalle, la estación base 10 tiene tres antenas 12a, 12b y 12c, donde el punto de acceso 32 tiene dos antenas 32a y 32b. En dicha configuración, la estación base 10 y el punto de acceso 30 forman un sistema MIMO 3 X 2 (MIMO: Múltiple Entrada, Múltiple salida). Esto tiene el propósito de que la multiplexación espacial doble se pueda usar tal como está
- 60 implementada o planificada para los estándares de comunicación como UMTS o LTE. El punto de acceso 30 reenvía los datos al equipo de usuario 20a y 20B, por ejemplo, mediante el uso de estándares de comunicación por radio de corto alcance como Wi-Fi. En el ejemplo mostrado, el equipo de usuario 20a y 20b posee dos antenas (no marcadas por números de referencia), por lo que dos sistemas MIMO 2 X 2 junto con el punto de acceso 32 se forman de manera que nuevamente se puede usar multiplexación espacial doble. Tenga en cuenta que dicho sistema Wi-Fi normalmente
- 65 utiliza una banda de frecuencias diferente que el sistema de comunicación móvil (entre 32 y 10).

[0008] La Fig. 10b muestra una alternativa simple, donde no hay ningún punto de acceso presente en el hogar. En este caso, el equipo de usuario 20a y 20b están conectados directamente a la estación base 10. Dos sistemas MIMO 3 X 2 están presentes debido al hecho de que el equipo de usuario 20a y 20b posee al menos dos antenas, donde la estación base 30 posee tres antenas 12a, 12b y 12c. Esto permite que se pueda usar la multiplexación espacial doble.

[0009] Desafortunadamente, los sistemas 4G y Wi-Fi actuales no pueden alcanzar las altas velocidades de transmisión de datos motivadas anteriormente: La capacidad que puede transmitirse para cada antena de transmisión de una estación base (o AP en el caso de Wi-Fi, respectivamente) está limitada por la constelación de señal utilizada, y de manera similar, la capacidad recibida para cada antena de recepción está limitada por la constelación de señal utilizada también. Por ejemplo, el uso de constelaciones 64-QAM no puede alcanzar eficiencias espectrales superiores a 6 bits/s/Hz por antena de transmisión o recepción. Por lo tanto, hay dos maneras de aumentar la velocidad general de transmisión de datos de un enlace de comunicaciones: Primero: Aumentar el ancho de banda de frecuencias disponible: los sistemas actuales funcionan principalmente en las bandas sub-6 GHz (con la excepción de algunas bandas de frecuencia Wi-Fi por encima de 6 GHz); las frecuencias en este intervalo se buscan para diversas aplicaciones y servicios y, por lo tanto, son escasas. Posiblemente, se puedan obtener más dividendos digitales de la parte del espectro que actualmente sigue ocupada por la radiodifusión televisiva.

[0010] Segundo: Aumentar el número de antenas de transmisión y recepción: posiblemente, el número de antenas en el lado de la estación base puede aumentarse significativamente, por ejemplo, utilizando sistemas de antenas distribuidas (DAS). Sin embargo, para el lado del equipo de usuario (UE), las dimensiones físicas del terminal limitan el número de antenas que se pueden integrar. Para lograr una decorrelación suficiente de los coeficientes de canal entre cada antena de transmisión y cada antena de recepción, la separación entre las antenas de transmisión y también entre las antenas de recepción debe ser de al menos $0,5 \lambda$, donde λ es la longitud de onda empleada. Para la frecuencia de la portadora de 1 GHz, λ es 30 cm y para 6 GHz, es 5 cm. Por lo tanto, los equipos de usuario portátiles actuales llevan típicamente solo 2 antenas, e incluso para equipos de usuario del tamaño de tableta o portátil, 4 antenas casi nunca proporcionan cuatro veces el rendimiento de una antena debido a la correlación resultante entre las antenas. Más de 4 antenas no se consideran útiles para ningún dispositivo de equipo de usuario portátil.

[0011] Como ejemplo, supongamos que el objetivo es transmitir a un equipo de usuario a una velocidad de transmisión de datos de 10 Gbit/s (observe que este es un objetivo realista asumido en la discusión actual sobre el futuro estándar 5G). Supongamos que una futura estación base puede asignar hasta 300 MHz (utilizando procedimientos como la agregación de portadoras) en las bandas sub-6 GHz, y que a un solo equipo de usuario se le asigna el 50 % de los recursos de tiempo-frecuencia totales en el enlace descendente. La estación base podría poseer bastantes antenas, mientras que el equipo de usuario del tamaño del teléfono está limitado a 2 antenas. Por lo tanto, solo dos flujos individuales se pueden multiplexar espacialmente. Cada uno de ellos tiene que alcanzar una eficiencia

$$\frac{10 \text{ Gbit/s}}{300 \text{ MHz} \cdot 50\% \cdot 2} = 33,3 \text{ Bit/símbolo}$$

espectral de $300 \text{ MHz} \cdot 50\% \cdot 2 = 33,3 \text{ Bit/símbolo}$. Teniendo en cuenta que se necesita un código FEC que añada alguna redundancia, en este ejemplo, cada flujo espacial tendría que emplear una constelación de señal de al menos 2^{34} puntos de señal. Es obvio que una cardinalidad de constelación tan alta no puede ser soportada de manera realista.

[0012] Por lo tanto, se necesitan otras soluciones para este problema. En los últimos años, los investigadores han comenzado a investigar cómo podría ser el sistema de comunicaciones móviles de próxima generación 5G. Una de las ideas más atractivas es extender el espectro utilizado a la onda milimétrica, es decir, al intervalo de frecuencias de 30-300 GHz. Todavía hay bandas de frecuencias de varios cientos de MHz o incluso varios GHz, que podrían ponerse a disposición de las comunicaciones móviles. Esto sería muy útil para proporcionar suficiente ancho de banda de modo que la eficiencia espectral no tenga que ser tan alta como se muestra en el ejemplo anterior. Sin embargo, el alcance de cobertura para las señales en tales frecuencias altas es mucho más pequeño que en las bandas sub 6 GHz. Por ejemplo, la molécula de oxígeno tiene su frecuencia de resonancia entre 57 y 64 GHz. Dentro de este intervalo de frecuencias, el oxígeno absorbe gran parte de la potencia transmitida. Las paredes de los edificios también son un grave obstáculo para las señales de onda milimétrica que causan una atenuación masiva. La comunicación por onda milimétrica se asemeja bastante a la propagación óptica, que apenas permite la comunicación cuando el enlace de comunicación es sin necesidad de línea de visión (NLOS).

[0013] Estos argumentos son la razón por la que para el 5G se considera principalmente el concepto de una red de dos niveles. Este concepto es de hecho similar a lo que se muestra en la Fig. 10a, cuando el AP se reemplaza por una estación base de célula pequeña (SCBS) y las conexiones Wi-Fi (líneas continuas) se reemplazan por enlaces de onda milimétrica. Como los AP para sistemas similares a Wi-Fi son muy similares a SCBS, ambos estarán representados por el término SCBS en la secuela, mientras que el término estación base (BS) representa una estación base de macrocélula en este documento. El nombre "red de dos niveles" proviene del hecho de que, en un primer nivel, los datos se intercambian entre la estación base y SCBS, mientras que, en un segundo nivel, el intercambio de datos se produce entre SCBS y los equipos de usuario.

[0014] La conectividad troncal (enlace por cable o microondas) para tal sistema tiene que conectar solo las estaciones base, pero no SCBS a la red troncal, lo que asegura un costo relativamente modesto de todo el sistema.

[0015] A menudo, ambos extremos del enlace de comunicación (origen y destino) se encuentran dentro de la misma célula pequeña (por ejemplo, descargar un vídeo desde un servidor dentro del hogar al equipo de usuario en el mismo edificio), pero en otros casos, el usuario requiere que se proporcione una alta velocidad de transmisión de datos desde o hacia la estación base (por ejemplo, descargar el vídeo desde la nube al equipo de usuario). En este caso, se aplican límites de velocidad de transmisión de datos similares para el enlace entre la estación base y SCBS como se muestra en el ejemplo anterior. Supongamos que la SCBS posee 6 antenas para la comunicación sub 6 GHz a la estación base, que ya es un gran número de antenas para un dispositivo relativamente pequeño como una SCBS, pero que permitiría hasta una multiplexación espacial de 6 veces. Volviendo al ejemplo anterior, con el fin de lograr 10 Gbit/s, cada flujo espacial aún tiene que lograr una eficiencia espectral de aproximadamente 11,1 bits/símbolo. Eso significa que al menos un 1024-QAM o 4096-QAM tiene que ser utilizado en cada flujo espacial. Una constelación tan grande necesita una SNR muy alta para funcionar y es difícil de demodular correctamente (debido a la estimación imperfecta del canal, el ruido de fase, las no linealidades del transmisor y del receptor, la cuantización de señales, etc.). Además, tal SCBS debe colocarse en casi todas las habitaciones y debe ser bastante grande para separar sus 6 antenas lo suficiente en el espacio y, por lo tanto, decorrelacionar sus respectivas trayectorias de propagación. Desde ambos puntos, la comunicación en la macrocélula entre la estación base de macrocélula y la SCBS representa una especie de cuello de botella para el sistema de comunicación general.

[0016] Por lo tanto, existe la necesidad de una técnica mejorada. Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de comunicación universalmente aplicable que permita, en función de los recursos actuales de la estación base, altas velocidades de transmisión de datos, evitando al mismo tiempo los inconvenientes discutidos anteriormente y un procedimiento para organizar eficazmente el sistema de comunicación. Se hace referencia a los siguientes documentos: D1 = WO 2006/088400 A1 (ERICSSON), 24 de agosto de 2006; D2 = WO 2005/064872 A1 (ERICSSON), 14 de julio de 2005; D3 = WO 2007/068999 A1 (NOKIA CORP), 21 de junio de 2007; D4 = RANVIER S Y COL: "Low-Cost Planar Omnidirectional Antenna for mm-Wave Applications", IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS, IEEE, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 7, 1 de enero de 2008, págs. 521-523; D5 = JIANG J Y COL: "Performance assessment of virtual multiple-input multiple-output systems with compress-and-forward cooperation", IET COMMUNICATIONS, THE INSTITUTION OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, 24 de julio de 2012, páginas 1456-1465; D6 = EP 2 001 000 A2 (OPTIMAL INNOVATION INC), 10 de diciembre de 2008; D7 = GB 2 424 800 A (TOSHIBA), 4 de octubre de 2006; D8 = WO 2014/004996 A1 (MAGNETICOMM INC [US]) 3 de enero de 2014 (03-01-2014) D9 = US 2005/107033 A1 (KATES LAWRENCE), 19 de mayo de 2005; D10 = BURATTI C Y COL: "Capacity Analysis of Two-Hop Virtual MIMO-Systems in a Poisson Field of Nodes", 69ª CONFERENCIA SOBRE TECNOLOGÍA VEHICULAR de la IEEE, 2009; 26-29 DE ABRIL DE 2009, BARCELONA, ESPAÑA, 26 de abril de 2009 D11 = WO 2010/139137 A1 (ZTE CORP), 9 de diciembre de 2010; D12 = WO 2010/108145 A2 (QUALCOMM), 23 de septiembre de 2010; y D13 = WO 2010/132201 A1 (ALCATEL LUCENT), 18 de noviembre de 2010.

[0017] La presente invención se define por las reivindicaciones independientes, con realizaciones preferidas definidas en las reivindicaciones dependientes.

[0018] Una realización proporciona un controlador de un sistema SUDA, comprendiendo el sistema SUDA un primer grupo de redes de estaciones base y un segundo grupo de redes de estaciones base, al menos un primer SUDAC (Componente SUDA, que puede describirse de forma simplificada como datos de reenvío por relé configurables) así como un primer equipo de usuario asignado al primer grupo de redes de estaciones base y un segundo equipo de usuario asignado al segundo grupo de redes de estaciones base (por ejemplo, ambos pertenecientes al mismo proveedor de telecomunicaciones). Cada SUDAC está configurado para usar una frecuencia ultra alta (por ejemplo, sub-6 GHz) con el fin de transmitir al menos una señal de comunicación backend (entre un SUDAC y una BS, por ejemplo, a través de 5G o LTE) al primer y/o al segundo grupo de redes de estaciones base y para usar una frecuencia extremadamente alta (por ejemplo, 60 GHz) con el fin de transmitir al menos una señal de comunicación frontend (entre un UE y un SUDAC usando una llamada comunicación de corto alcance) al primer y/o al segundo equipo de usuario y para reenviar una señal de carga útil recibida a través de la señal de comunicación backend y para transmitirse a través de la señal de comunicación frontend mientras que la frecuencia convierte la frecuencia ultra alta a la frecuencia extremadamente alta y para reenviar la señal de carga útil recibida a través de la señal de comunicación frontend y para transmitirse a través de la señal de comunicación backend mientras que la frecuencia convierte la frecuencia extremadamente alta a la frecuencia ultra alta. El primer equipo de usuario está configurado para comunicarse a través de una primera señal de comunicación frontend con el primer SUDAC y a través de una segunda señal de comunicación frontend con un segundo SUDAC o a través de una señal de comunicación directa directamente con el primer grupo de redes de estaciones base, donde la primera señal de comunicación frontend se convierte en una primera señal de comunicación backend utilizada para la comunicación con el primer grupo de redes de estaciones base por el primer SUDAC y donde la segunda señal de comunicación frontend se convierte en una segunda señal de comunicación backend utilizada para la comunicación con el primer grupo de redes de estaciones base por el segundo SUDAC. El segundo equipo de usuario está configurado para comunicarse a través de una primera señal de comunicación frontend con el primer SUDAC y a través de una segunda señal de comunicación frontend con el segundo SUDAC o una señal de comunicación directa directamente con el

segundo grupo de redes de estaciones base, donde la primera señal de comunicación frontend se convierte en una primera señal de comunicación backend utilizada para la comunicación con el segundo grupo de redes de estaciones base por el segundo SUDAC y donde la segunda señal de comunicación frontend se convierte en una segunda señal de comunicación backend utilizada para la comunicación con el segundo grupo de redes de estaciones base por el primer SUDAC. El primer y el segundo equipo de usuario están configurados para agregar la primera y la segunda señales de comunicación frontend o las primeras señales de comunicación frontend y las señales de comunicación directa con el fin de aumentar una velocidad de transmisión de datos disponible, donde el controlador está configurado para seleccionar los primeros recursos, donde una primera parte de los primeros recursos caracteriza las configuraciones de la primera señal de comunicación frontend y de la primera señal de comunicación backend correspondiente y donde una segunda parte de los primeros recursos caracteriza las configuraciones de la segunda señal de comunicación frontend y de la segunda señal de comunicación backend correspondiente, para el primer equipo de usuario y para seleccionar segundos recursos, donde una primera parte de los segundos recursos caracteriza las configuraciones de la primera señal de comunicación frontend y de la primera señal de comunicación backend correspondiente y donde una segunda parte de los segundos recursos caracteriza las configuraciones de la segunda señal de comunicación frontend y de la segunda señal de comunicación backend correspondiente, para el segundo equipo de usuario, de modo que la primera señal de comunicación frontend del primer y del segundo equipo de usuario, así como las segundas señales de comunicación frontend del primer y del segundo equipo de usuario son distinguibles entre sí y/o de modo que las velocidades de transmisión de datos disponibles se asignen a cada equipo de usuario de acuerdo con sus requisitos y/o las capacidades de los equipos de usuario, los SUDACs y/o los grupos de redes de estaciones base, para soportar frecuencias de la portadora dadas, separación de portadoras, anchos de banda, potencias, etc. y/o una regulación de criterios definida por los operadores de red con respecto a la priorización de proporcionar velocidades de transmisión de datos dadas a usuarios dados, y/o de modo que las pérdidas de transmisión causadas por interferencias en la primera señal de comunicación frontend y la segunda señal de comunicación frontend del primer y del segundo equipo de usuario se reduzcan. Ventajosamente, el controlador permite que el único sistema SUDA que comprende una pluralidad de SUDACs sirva como red de retransmisión para la pluralidad de equipos de usuario que pertenecen a diferentes dispositivos de telecomunicación.

[0019] Las enseñanzas descritas en esta invención están relacionadas con un sistema SUDA, que comprende una pluralidad de SUDACs (estaciones relé configurables) que permiten mejorar la conexión entre un equipo de usuario, como un teléfono móvil o teléfono inteligente, y el grupo de estaciones base, por ejemplo, estaciones base del proveedor de telecomunicaciones, mediante el establecimiento de dos canales de comunicación en paralelo, denominados en la presente primera comunicación y segunda comunicación, para mejorar la velocidad de transmisión de datos disponible. En detalle, desde un equipo de usuario se intercambian una pluralidad de señales de comunicación (cf. la primera señal de comunicación y la segunda señal de comunicación) a través de la comunicación frontend a una pluralidad de SUDACs que reenvían las señales de comunicación como señales de comunicación backend al grupo de estaciones base respectivo. Las mejoras con respecto a la velocidad de transmisión de datos se logran debido al hecho de que la comunicación frontend utiliza una tecnología de comunicación de corta distancia (por ejemplo, comunicación de 60 GHz) mientras que la comunicación backend se basa en sistemas de comunicación MIMO convencionales (como LTE), pero realizada por los SUDACs que están separados entre sí de tal manera que se puede establecer un mayor número de canales de comunicación paralelos con mayor facilidad. El sistema SUDA tiene que ser controlado de manera efectiva para permitir un buen uso del sistema SUDA en la pluralidad de equipos de usuario. Por lo tanto, las enseñanzas descritas en esta invención proporcionan un controlador para controlar el sistema SUDA de una manera que la pluralidad de SUDACs pueda ser utilizada por diferentes equipos de usuario asignados a diferentes grupos de estaciones base, por ejemplo, de diferentes proveedores de telecomunicaciones. El control se realiza de manera que los canales respectivos (primer canal de comunicación y segundo canal de comunicación) de los diferentes equipos de usuario transmitidos a través de los SUDACs del sistema SUDA estén separados entre sí.

[0020] De acuerdo con una realización, la separación se puede realizar asignando diferentes recursos, por ejemplo, recursos en tiempo o recursos en frecuencia o recursos con respecto al código (de ensanchamiento) utilizado, a los diferentes canales de comunicación. En detalle, el controlador está, de acuerdo con una realización, configurado para controlar, a través de una señal de control, los recursos de tiempo del primer y del segundo equipo de usuario y del primer y del segundo SUDAC que comprende una memoria mediante la asignación de intervalos de tiempo respectivos a la primera y a la segunda señal de comunicación frontend y/o a la primera y a la segunda señal de comunicación backend, con el fin de realizar una modulación por TDM/TDMA. De acuerdo con una realización adicional, el controlador está configurado para controlar, a través de la señal de control, los recursos de frecuencia del primer y del segundo equipo de usuario y del primer y del segundo SUDAC que comprende un convertidor de frecuencia y de multiplexación mediante la asignación de frecuencias de la portadora respectivas a la primera y a la segunda señal de comunicación frontend y/o a la primera y a la segunda señal de comunicación backend, con el fin de realizar una modulación por FDM/FDMA. De acuerdo con otra realización y el controlador está configurado para controlar, a través de la señal de control, los recursos de código del primer y del segundo equipo de usuario y del primer y del segundo SUDAC que comprende un procesador mediante la asignación de esquemas de codificación especiales respectivos a la primera y a la segunda señal de comunicación frontend y/o a la primera y a la segunda señal de comunicación backend, con el fin de realizar una modulación por CDM/CDMA. Es más, el controlador está de acuerdo con una realización configurada para controlar, a través de la señal de control, los recursos espaciales del

primer y del segundo equipo de usuario usando el primer y el segundo SUDAC como antenas virtuales mediante la transmisión de las primeras señales de comunicación respectivas y/o las segundas señales de comunicación frontend a los respectivos SUDACs, con el fin de realizar una modulación por SDM/SDMA. Es más, el controlador puede configurarse para controlar, a través de la señal de control, los recursos adicionales que comprenden factores variables de un grupo que comprende frecuencia de la portadora, separación de portadoras, potencia de señal, tipo de polarización, índices del elemento de antena, parámetros de formación de haces y/o parámetros de ensanchamiento de DSSS.

[0021] De acuerdo con una realización adicional, el controlador controla el primer y el segundo SUDAC, que son configurables y comprenden un convertidor de frecuencia y de multiplexación que se configura para reenviar la señal de carga útil del primer equipo de usuario al primer grupo de estaciones base o del primer grupo de estaciones base al primer equipo de usuario dependiendo de las configuraciones para el primer equipo de usuario, seleccionadas por el controlador, mientras se cambia el tipo de multiplexación con respecto al tiempo, frecuencia y/o código; y donde el primer y el segundo SUDAC comprenden el convertidor de frecuencia y de multiplexación que se configura para reenviar la señal de carga útil del segundo equipo de usuario al segundo grupo de estaciones base o del segundo grupo de estaciones base al segundo equipo de usuario dependiendo de las configuraciones para el segundo equipo de usuario, seleccionadas por el controlador, mientras se cambia el tipo de multiplexación con respecto al tiempo, frecuencia y/o código.

[0022] De acuerdo con una realización adicional, el controlador puede implementarse en un equipo de usuario o puede implementarse como un controlador compartido, es decir, que el controlador se implementa como un algoritmo de control ejecutado por una pluralidad de entidades, como una pluralidad de equipos de usuario.

[0023] De acuerdo con una realización adicional, un procedimiento para controlar un sistema SUDA comprende las etapas de selección del primer y del segundo recurso, de modo que las primeras señales de comunicación frontend del primer y del segundo equipo de usuario, así como las segundas señales de comunicación frontend del primer y del segundo equipo de usuario puedan distinguirse entre sí y/o de modo que las pérdidas de transmisión causadas por interferencias en la primera señal de comunicación frontend y en la segunda señal de comunicación frontend del primer y del segundo equipo de usuario se reduzcan.

[0024] De acuerdo con una realización adicional, el controlador controla un sistema que comprende un primer grupo de redes de estaciones base, al menos un primer SUDAC y al menos un primer BS-SUDAC, así como un primer equipo de usuario, donde el BS-SUDAC representa un SUDAC para la estación base, que puede ser aquí una estación base doméstica.

[0025] De acuerdo con una realización adicional, se proporciona un programa informático para este procedimiento.

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

La Fig. 1a muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema que comprende un sistema de estaciones base, un sistema SUDA y al menos un equipo de usuario;

La Fig. 1b muestra una implementación mejorada del sistema de la Fig. 1a controlado por un controlador de acuerdo con una primera realización;

La Fig. 1c muestra un caso de uso adicional del controlador de la Fig. 1b de acuerdo con una realización;

La Fig. 1d muestra una implementación mejorada del sistema descrito por la Fig. 1a;

La Fig. 2 muestra un diagrama esquemático que ilustra un enlace descendente frontend para dos SUDACs que transmiten en diferentes subbandas de frecuencia al equipo de usuario;

Las Figs. 3a-3d muestran diagramas de bloques esquemáticos que ilustran diferentes escenarios (combinación de UEs, SUDACs y BSs) de las realizaciones anteriores.

La Fig. 4 ilustra un enlace descendente MIMO 3 X 3 para un único SUDAC y dos enlaces directos desde la estación base al equipo de usuario;

La Fig. 5a ilustra la determinación realizada por una estación base, cómo programar los recursos de tiempo-frecuencia en el backend (enlace descendente y enlace ascendente);

La Fig. 5b ilustra la asignación de recursos entre la estación base y los SUDACs para dos equipos de usuario y dos SUDACs (válido para un enlace descendente y enlace ascendente);

La Fig. 6 ilustra el enlace descendente para un sistema con múltiples estaciones base, múltiples SUDACs y múltiples equipos de usuario, donde existen enlaces directos desde la estación base a los equipos de usuario;

La Fig. 7 muestra una descripción general de una pluralidad de SUDACs y/o UEs que tienen coberturas de recepción superpuestas;

La Fig. 8a muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema MU-MIMO de acuerdo con una realización;

La Fig. 8b muestra un diagrama esquemático que ilustra la influencia cruzada de dos UEs en la velocidad de transmisión de datos resultante para la realización de 8a;

La Fig. 9a un diagrama de bloques esquemático de un sistema SUDAC que comprende un primer y un segundo BS-SUDAC configurado para establecer un enlace de comunicación interbackend con la estación base usando la

frecuencia extremadamente alta;

La Fig. 9b un diagrama de bloques esquemático de un sistema SUDAC que comprende dos equipos de usuario y dos SUDACs, donde un enlace de comunicación backend de un SUDAC a la estación base está inactivo;

La Fig. 10A muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema de relés del estado de la técnica que comprende una estación base de célula pequeña; y

La Fig. 10b muestra un diagrama de bloques esquemático de una estrategia del estado de la técnica para aumentar la velocidad de transmisión de datos entre una estación base y un equipo de usuario a través de un enlace directo

[0027] A continuación, se discutirán en detalle realizaciones de la presente invención, donde 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.

[0028] En primer lugar, se discutirá un sistema SUDA y la funcionalidad del mismo antes de describir el mecanismo de control utilizado para controlar el sistema SUDA y, especialmente, el controlador.

[0029] La Fig. 1a muestra un sistema 40 que comprende un sistema de estaciones base 100, un sistema SUDA 200 y un equipo de usuario 20.

[0030] El sistema de estaciones base 100, por ejemplo, un grupo de estaciones base de un único proveedor de telecomunicaciones, puede comprender una pluralidad de estaciones base 10a o 10b o puede estar formado alternativamente por una estación base única 10a que comprende al menos dos antenas 12a y 12b. Cabe señalar que también o preferentemente una combinación de las dos configuraciones, a saber, un sistema de estaciones base 100 que comprende las dos estaciones base 10a y 10b, cada estación base comprendiendo al menos dos antenas 12a y 12b, puede ser posible. Este sistema de estaciones base 100, que está configurado para recibir y transmitir datos a través de al menos dos antenas separadas, tiene el propósito de habilitar modos de transmisión como multiplexación espacial, codificación espacio-tiempo o formación de haces, que permiten mayores velocidades de transmisión de datos. En detalle, debido a las dos antenas, cada antena está configurada para utilizar frecuencias ultra altas (es decir, frecuencias en un intervalo entre 0,1 y 6 GHz, referido como banda 1 en la secuela), se pueden transmitir dos señales de comunicación backend (que comprenden señales de enlace ascendente backend (y/) o señales de enlace descendente backend) al sistema SUDA 200.

[0031] Las señales de frecuencia ultra alta de la primera y de la segunda señal de comunicación backend típicamente interfieren entre sí, por lo que la primera y la segunda señal de comunicación backend están representadas por una superposición de las señales de frecuencia ultra alta transmitidas a través de una primera y una segunda portadora. Las dos señales de comunicación backend se transmiten por el sistema de estaciones base 100 de modo que los flujos de datos paralelos se pueden dividir bajo la condición de que se conozcan ambas señales de frecuencia ultra alta. Esta técnica de transmisión independiente y separada de señales de datos codificados se llama multiplexación espacial.

[0032] De acuerdo con una estrategia alternativa, el sistema de estaciones base 100 utiliza al menos tres antenas con el fin de realizar una formación de haces para generar dos haces para transmitir una señal de comunicación backend a una primera posición, por ejemplo, la posición de un SUDAC (cf. el número de referencia 210) y una señal de comunicación backend adicional a una segunda posición, por ejemplo, del UE 20 a través de dos haces separados. Cada haz está formado por una superposición de al menos dos señales de frecuencia ultra alta transmitidas a través de las tres antenas. Como se explicó, la formación de haces se puede usar para el enlace descendente (BS 100 → UE 20), donde también es posible la formación de haces para el enlace ascendente, cuando, por ejemplo, la señal backend de enlace ascendente (UE 20 → BS 100), se transmite a través de una pluralidad de SUDACs, por ejemplo, 10 SUDACs, formando uno o más haces como una superposición de una pluralidad de las señales de frecuencia ultra alta emitidas por los SUDACs.

[0033] De acuerdo con una estrategia alternativa, el UE 20 utiliza su antena incorporada más al menos un SUDAC con el fin de realizar la formación de haces para establecer un enlace de comunicación backend a una BS 100 a través de un haz que está formado por una superposición de dos señales de frecuencia ultra alta transmitidas desde la antena incorporada del UE y el SUDAC.

[0034] De acuerdo con una estrategia alternativa, el UE 20 utiliza su antena incorporada más al menos un SUDAC con el fin de realizar una codificación espacio-tiempo para alcanzar una mayor robustez y, por lo tanto, mayores velocidades de transmisión de datos alcanzables para un enlace backend a una BS 100 que está formada por una superposición de dos señales de frecuencia ultra alta transmitidas desde la antena incorporada del UE y el SUDAC.

[0035] El sistema descrito aprovecha el hecho de que la multiplicidad de antenas de transmisión en la estación base (es decir, al menos trayectorias de propagación parcialmente independientes desde la estación base hasta el agrupamiento de relés) se puede asociar con la multiplicidad de canales (por ejemplo, subbandas de frecuencia) desde el agrupamiento de relés hasta el equipo de usuario (nuevamente trayectorias de propagación independientes). Por

tanto, se permite la transmisión simultánea de múltiples señales, es decir, el uso de multiplexación espacial.

[0036] El aumento de la velocidad de transmisión de datos mediante el uso de multiplexación espacial requiere no solo dos antenas en el transmisor, sino también dos antenas en el receptor, donde las antenas preferentemente deben estar dispuestas y separadas entre sí. El aumento de la velocidad de transmisión de datos mediante el uso de la codificación espacio-tiempo o la formación de haces requiere dos antenas en el transmisor y al menos una antena en el receptor (conocido como MISO). El sistema 200 que forma el homólogo del sistema de estaciones base 100 comprende también al menos dos antenas para que los datos puedan intercambiarse, por ejemplo, mediante el uso de multiplexación espacial, entre los dos sistemas 100 y 200, donde los medios de intercambio transmiten y/o reciben (es decir, los modos de transmisión tipo multiplexación espacial, codificación espacio-tiempo y formación de haces pueden usarse para el enlace descendente y para el enlace ascendente).

[0037] El sistema homólogo 200 denominado sistema SUDA 200 comprende al menos dos SUDACs 210 y 220, cada SUDAC 210, 220 comprende un convertidor de frecuencia y de multiplexación 212 y 222. Los convertidores de frecuencia y de multiplexación 212 y 222 están acoplados a antenas separadas 216 y 226. En este caso, las antenas 216 y 226 pueden estar integradas en el primer y el segundo SUDACs 210 y 220 o pueden ser antenas externas conectadas a los convertidores de frecuencia y de multiplexación 212 y 222 a través de las interfaces de antena respectivas 214 y 224. Los SUDACs 210 y 220 y, por lo tanto, el sistema SUDA 200 tienen el propósito de reenviar las señales de datos recibidas a través de los enlaces de comunicación backend al equipo de usuario 20 o transmitir las señales de datos recibidas del equipo de usuario 20 al sistema de estaciones base 100 a través de los enlaces de comunicación backend. Con el fin de intercambiar señales de datos que se recibirán o transmitirán a través del sistema SUDA 200, el sistema SUDA 200 o, más detalladamente, los dos SUDACs 210 y 220 están conectados al equipo de usuario 20 a través de los llamados enlaces frontend (como se observa desde el equipo de usuario) usando señales de comunicación frontend. Por lo tanto, cada convertidor de frecuencia y de multiplexación 212 y 220 está acoplado a una antena de radio de corto alcance respectiva 218 y 228, respectivamente, a través de la cual se establecen los enlaces de comunicación frontend. Las antenas de radiocomunicación de corto alcance 218 y 228 están configuradas para utilizar frecuencias extremadamente altas, por ejemplo, frecuencias en un intervalo entre 1 y 300 GHz o preferentemente entre 30 y 100 GHz. En resumen, los enlaces backend usan la Banda de frecuencias 1, por ejemplo, bandas sub-6 GHz, mientras que los enlaces frontend emplean la Banda 2, que podría ser de onda milimétrica.

[0038] Con el fin de establecer los enlaces de comunicación frontend entre el equipo de usuario 20 y el sistema SUDA 200, el equipo de usuario 20 tiene una unidad de antena de radiocomunicación de corto alcance que comprende una antena o un conjunto de antenas que está configurado para recibir y transmitir dichas señales de frecuencia extremadamente alta. Estas ondas milimétricas permiten que los recursos para dos enlaces frontend se puedan seleccionar de modo que las señales de datos transmitidas a través de los dos enlaces frontend sean separables.

[0039] Los recursos que deben variarse son frecuencia (f), tiempo (t), código (c) y espacio (s) para estos enlaces frontend y se eligen para evitar interferencias entre los enlaces frontend singulares. La variación de recursos se realiza por los UEs 20a y 20b y por los SUDACs configurables 210 y 220. Por ejemplo, se pueden usar dos portadoras diferentes para los enlaces de comunicación frontend (con el fin de usar una multiplexación/acceso múltiple por FDM/FDMA) o se pueden usar dos intervalos de tiempo diferentes para transmitir la primera y la segunda señal de datos a través de los dos enlaces frontend (con el fin de realizar una multiplexación/acceso múltiple por TDM/TDMA). Alternativamente, las dos señales de datos entre el sistema SUDA 200 y el equipo de usuario 20 pueden diferir entre sí debido al código utilizado para realizar una multiplexación/acceso múltiple por CDM/CDMA. Otra forma alternativa de elegir los recursos f-t-c-s de forma que sean diferenciables entre sí es realizar una multiplexación/acceso múltiple por SDM/SDMA, por ejemplo, mediante el uso de formación de haces para los enlaces de comunicación frontend. Por ejemplo, debido a los recursos t-c-s elegidos de manera diferente en el frontend, también denominados banda 2, los enlaces frontend pueden transmitirse en la misma banda de frecuencias. Con el fin de cambiar los recursos de tiempo y realizar una multiplexación por TDM/TDMA, SUDAC 210 y 220 pueden comprender una memoria con el fin de almacenar una señal recibida en un primer intervalo de tiempo (por ejemplo, de 0 a 100 ms) y emitir la señal retardada en un segundo intervalo de tiempo (de 100 a 200 ms). Opcionalmente, se puede usar duplexación por división de tiempo (TDD) o duplexación por división de frecuencia (FDD). Tenga en cuenta para FDD que la asignación de un SUDAC al UE A (observe que un SUDAC se puede asignar a más de un UE, es decir, que transmite más de una señal) puede ser solo para un enlace descendente, solo para un enlace ascendente o para ambos, según la calidad del canal y los requisitos del servicio (por ejemplo, la difusión por TV requiere solo un enlace descendente); para TDD, la asignación se realiza para ambos.

[0040] El enlace entre el equipo de usuario 20 y los SUDACs 210 y 220 puede describirse con otra palabra de tal manera que cada SUDAC 210 y 220 esté acoplado informativamente al equipo de usuario 20 para ser utilizado como un conjunto de antenas distribuidas. Esto permite que el equipo de usuario reciba dos flujos de datos de las dos antenas 216 y 226 enviados por el sistema de estaciones base 100 de modo que las dos antenas 216 y 226 formen un conjunto de antenas virtuales (VAA) que tiene antenas distribuidas que permiten recibir señales de datos multiplexadas espaciales o dos señales de datos transmitidas mediante el uso de formación de haces desde un sistema de estaciones base 100 (enlace descendente) o viceversa para transmitir dos señales de datos multiplexadas

espaciales o dos señales de datos mediante el uso de formación de haces al sistema de estaciones base 100 (enlace ascendente). En el caso de las señales entrantes (enlace descendente), las dos señales de datos del sistema de estaciones base 100 se combinan en el equipo de usuario 20 de modo que se logra una alta velocidad de transmisión de datos resultante de la primera y la segunda señal de datos agregada. En caso de señales salientes (enlace ascendente), las dos señales de datos transmitidas a través de las dos antenas 216 y 226 se transmiten de modo que la formación de haces o multiplexación espacial se habilita en la banda backend que tiene frecuencias ultra altas (también denominada banda 1). En consecuencia, eso significa que el equipo de usuario 20 accede a la red celular representada por las estaciones base 10a y 10b a través del sistema SUDA, es decir, utilizando al menos un primer enlace SUDAC y un segundo enlace, que puede ser otro enlace SUDAC o enlace directo entre el equipo de usuario y las estaciones base, y un primer y un segundo enlace de red celular (backend).

[0041] A partir de esta descripción general del sistema, es evidente que los dos SUDACs 210 y 220, o más detalladamente los dos convertidores de frecuencia y de multiplexación 212 y 222, tienen dos funciones fundamentales: La primera función es realizar una conversión de frecuencia tal que la portadora utilizada para la banda 1 se convierte de forma descendente en una portadora utilizada para la banda 2 (banda de frecuencias extremadamente altas) o viceversa (conversión ascendente de la banda 2 a la banda 1). La siguiente función es que los recursos frontend y la funcionalidad de SUDAC se asignan a los equipos de usuario conectados de modo que sus requisitos de servicio (por ejemplo, velocidades de transmisión de datos) se satisfagan en la medida de lo posible. Una tercera función es que las señales de datos intercambiadas a través de los enlaces frontend se multiplexan de manera que se eviten interferencias entre la pluralidad de enlaces frontend. Por lo tanto, cada convertidor de frecuencia y de multiplexación está configurado para elegir los recursos de frecuencia-tiempo-código-espacio para los enlaces frontend acorde como se describió anteriormente. Cabe señalar que las señales de datos amplificadas y reenviadas por los convertidores de frecuencia y de multiplexación 212 y 222 pueden reenviarse sin decodificación, cuando las señales permanecen en el dominio analógico o son muestreadas, procesadas digitalmente (por ejemplo, filtradas por banda) y convertidas al dominio analógico. En una segunda realización, las señales se comprimen y reenvían en el enlace descendente, es decir, se muestrean y se procesan digitalmente (por ejemplo, se comprimen) y se modulan (posiblemente incluyendo codificación) usando una segunda interfaz de aire. En el enlace ascendente, las señales se decodifican y reenvían, es decir, la segunda interfaz de aire se demodula, cualquier compresión se revierte y la carga útil se convierte al dominio analógico (sin codificación previa).

[0042] Aunque el sistema SUDA 200 se ha descrito en el contexto de un sistema que comprende al menos dos convertidores de frecuencia y de multiplexación 212 y 222 que están alojados en alojamientos separados, cabe señalar que dos convertidores de frecuencia y de multiplexación 212 y 222, que tienen un alojamiento común y están acoplados a dos antenas 216 y 226 que preferentemente deberían estar dispuestas separadas entre sí, pueden formar un sistema ("mini") SUDA. Aquí, el controlador puede implementarse en el alojamiento o al menos puede acoplarse de forma informativa (por ejemplo, a través del canal de control) al mini SUDAC. En este caso, las dos antenas de radio de corto alcance 218 y 228 pueden estar formadas por una antena de radio de corto alcance común o un conjunto de antenas, porque debido a la elección adecuada de los recursos f-t-c-s, dos enlaces frontend pueden establecerse en paralelo mediante el uso de solo una antena de radio de corto alcance 218/228.

[0043] Los recursos de tiempo-frecuencia-código-espacio se eligen utilizando un controlador (c.f. Fig. 1b), que puede implementarse en el equipo de usuario 20, el sistema SUDA 200 y/o el sistema de estaciones base 100. El controlador está configurado para controlar los SUDACs individuales 210 y 220 de modo que los al menos dos enlaces frontend se establezcan y sean diferenciables debido a los recursos f-t-c-s (véase arriba). Además, el controlador puede estar configurado para variar los recursos f-t-c-s para la banda 1. Los recursos f-t de la banda 1 pueden, por ejemplo, elegirse de modo que un primer enlace backend use la portadora de 800 MHz, donde un segundo enlace de comunicación backend use la portadora de 850 MHz. Estos recursos de la banda 1 y la banda 2 se adaptan en vista de las circunstancias (estaciones base disponibles, SUDACs disponibles, cantidad de equipos de usuario, calidad del enlace entre un SUDAC y un equipo de usuario en un recurso f-t-c-s potencial (por ejemplo, frecuencia de la portadora) y/o velocidad de transmisión de datos requerida para cada equipo de usuario). Por otra parte, el controlador puede tener en cuenta las capacidades de los SUDACs 210 y 220 en cuestión, los equipos de usuario 20 y las estaciones base 100, por ejemplo, cuántas portadoras son capaces de transmitir y recibir, qué frecuencias de la portadora se admiten en las bandas 1 y 2, cuál es la separación de frecuencia mínima o máxima de dos portadoras, cuál es la potencia de transmisión máxima, con qué rapidez puede un SUDAC cambiar la frecuencia de la portadora, etc. Con el fin de analizar las circunstancias, el controlador puede comprender opcionalmente un analizador que está configurado para analizar las circunstancias en función de la medición del canal o la evaluación de la información del estado del canal (CSI) y/o en función de las mediciones realizadas durante una secuencia de entrenamiento. Este medio de control se puede implementar en un algoritmo o en general en un procedimiento que comprende las etapas de ajuste de los recursos f-t-c-s.

[0044] A partir del concepto discutido anteriormente, queda claro que el principal desafío del concepto es asignar los recursos o, más detalladamente, los recursos de transmisión frontend y los recursos HW de los SUDACs a los equipos de usuario 20. Un desafío adicional es organizar los recursos f-t-c-s de tal manera que la pluralidad de señales frontend y la pluralidad correspondiente de señales backend no se alteren entre sí. Esto se vuelve más desafiante en caso de que una pluralidad de equipos de usuario 20 intenten utilizar el sistema SUDA 200 para la

comunicación con el sistema de estaciones base 100. Por ejemplo, la organización de los recursos puede organizarse por la estación base o al menos mediante el uso de la estación base.

5 **[0045]** Sin embargo, en caso de que una pluralidad de grupos de estaciones base, por ejemplo, de una pluralidad de diferentes proveedores de telecomunicaciones, deseen utilizar el sistema SUDA 200 para establecer enlaces de comunicación a una pluralidad de equipos de usuario que pueden asignarse a los diferentes grupos de estaciones base, existe la necesidad de una estrategia mejorada. Esta estrategia mejorada se tratará a continuación con respecto a la Fig. 1b. En la presente, el segundo enlace frontend establecido a través de las segundas señales de comunicación frontend se denomina segundo enlace frontend usando segundas señales de comunicación frontend, mientras que el primer enlace frontend establecido a través de la primera señal de comunicación frontend se denomina primer enlace frontend usando primeras señales de comunicación frontend para distinguir estos enlaces más claramente. La misma notación se utiliza para las señales backend (primera señal de comunicación backend y segunda señal de comunicación backend).

15 **[0046]** La Fig. 1b muestra un primer grupo de sistemas de estaciones base 100a y un segundo grupo de sistemas de estaciones base 100b, dos equipos de usuario 20a y 20b y un sistema SUDA 200 que conecta los respectivos grupos de sistemas de estaciones base 100a/100b con los equipos de usuario 20a/20b. Como se indica por la letra a de los números de referencia, el equipo de usuario 20a pertenece o se asigna al grupo de sistemas de estaciones base 100a, donde el equipo de usuario 20b pertenece o se asigna al grupo de sistemas de estaciones base 20 20b.

25 **[0047]** En consecuencia, el sistema SUDA 200, implementado en la presente como una combinación de dos SUDACs 210 y 220, tiene el propósito de reenviar señales frontend desde el primer equipo de usuario 20a mediante señales backend al primer grupo de estaciones base 100a y reenviar señales backend desde el primer grupo de estaciones base 100 mediante señales frontend al primer equipo de usuario 20a, así como reenviar señales frontend desde el segundo equipo de usuario 20b mediante señales backend al segundo grupo de estaciones base 100b y reenviar señales backend desde el segundo grupo de estaciones base 100b mediante señales frontend al segundo equipo de usuario 20b. En detalle, el primer equipo de usuario 20a utiliza una primera señal frontend 21a_1 al primer SUDAC 210, que convierte la primera señal frontend 21a_1 en una primera señal backend 101a_1, y una segunda señal backend 21a_2 al segundo SUDAC 320, que convierte esta segunda señal frontend 21a_2 en una segunda señal backend 101a_2 (o viceversa) para la comunicación con el primer grupo de estaciones base 100a. Cabe señalar que la primera y la segunda señales backend 101a_1 y 101a_2 no necesariamente tienen el mismo origen o destino, es decir, que el grupo de sistemas de estaciones base 100a puede comprender una pluralidad de estaciones base que están en conexión con el sistema SUDA 200, como se explica con respecto a la Fig. 1a. El segundo equipo de usuario 20b utiliza para la comunicación con el segundo grupo de estaciones base 100b al menos el primer enlace frontend 21b_1 al primer SUDAC 210 y un primer enlace backend 101b_1 a través del primer SUDAC 210. Adicionalmente, el segundo equipo de usuario 20b puede utilizar un segundo enlace frontend 21b_2 y un segundo enlace backend 101b_2 para permitir un mayor ancho de banda, como se discutió anteriormente.

40 **[0048]** Como puede verse debido a la complejidad de la pluralidad de enlaces frontend 21a_1, 21a_2, 21b_1 y 21b_2 y de la pluralidad de enlaces backend 101a_1, 101a_2, 101b_1 y 101b_2, tiene que organizarse una solución para controlar los recursos respectivos con respecto al tiempo, frecuencia, código y/o espacio como se discute con respecto a la Fig. 1a, para la pluralidad de enlaces.

45 **[0049]** Por lo tanto, el sistema ilustrado por la Fig. 1b comprende un controlador 50 configurado para realizar el control de los recursos para los enlaces frontend 21a_1, 21a_2, 21b_1 y 21b_2, así como el control de los recursos de los enlaces backend 101a_1, 101a_2, 101b_1 y 101b_2. En detalle, el controlador 50 permite controlar todos los recursos en el frontend, así como potencialmente los recursos en el backend para todas las entidades que utilizan el SUDAC 200, es decir, para las entidades que pertenecen al primer grupo de estaciones base 100a y para las entidades 50 que pertenecen al segundo grupo de estaciones base 100b.

60 **[0050]** El controlador 50 está configurado para controlar los recursos con respecto al tiempo, la frecuencia y el código, así como con respecto al espacio mediante la selección del SUDAC 210 o 220 respectivo para un equipo de usuario, por ejemplo, 20a de modo que los enlaces frontend singulares 21a_1, 21a_2, 21b_1 y 21b_2 y los enlaces backend respectivos 101a_1, 101a_2, 101b_1 y 101b_2 que pertenecen a diferentes grupos de sistemas de estaciones base 100a y 100b no se alteran entre sí o, más detalladamente de modo que los dos enlaces backend 101a_1, 101a_2 o los dos enlaces backend 101b_1 y 101b_2 usen recursos superpuestos para realizar MIMO. Por lo tanto, el controlador 50 debería estar habilitado para obtener acceso a los equipos de usuario 20a y 20b con el fin de seleccionar los recursos en los equipos de usuario 20a y 20b y obtener acceso a las entidades 210 y 220 del sistema SUDA 200 con el fin de definir los parámetros de acuerdo con los cuales los respectivos enlaces backend 101a_1, 101a_2, 101b_1 y 101b_2 se convierten en los respectivos enlaces frontend 21a_1, 21a_2, 21b_1 y 21b_2 y viceversa. En otras palabras, eso significa que cada SUDAC 210 o 220 puede configurarse para servir una pluralidad de UEs 20a y 20b (o al menos un UE), por ejemplo, si se asignan diferentes intervalos de tiempo a los diferentes canales frontend o mediante otro tipo de asignación de recursos definida por el controlador 50.

65

[0051] El controlador 50 puede utilizar un llamado canal de control establecido mediante el uso del sistema SUDA 200 para obtener acceso a las entidades singulares 20a, 20b, 210 y 220. Este canal de control puede implementarse como un canal que tiene una frecuencia predefinida y/o que usa un intervalo de tiempo determinado y/o que usa códigos (de ensanchamiento) dedicados, de modo que cada entidad esté habilitada para acceder a este canal de control independiente de la asignación de un equipo de usuario 20a a un grupo de estaciones base 100a o 20b en combinación con 100b. Opcionalmente, el controlador también puede tener acceso a los grupos de estaciones base 100a y 100b. Para tal caso de uso, puede ser más beneficioso implementar el controlador 50 como controlador central en algún lugar de la red formada por el sistema de estaciones base 100, el sistema SUDA 200 y la pluralidad de equipos de usuario 20, ya que el canal de control permite que el controlador 50 se pueda implementar en una entidad, por ejemplo, en un equipo de usuario 20a y pueda controlar los recursos para todos los demás equipos de usuario 20b, así como los recursos del sistema SUDA 200.

[0052] Según una realización preferida, el controlador 50 puede implementarse como un controlador compartido, es decir, en la pluralidad de equipos de usuario 20a y 20b. La implementación de dicho controlador compartido es que el controlador se implementa como un protocolo o un algoritmo ejecutado a través del canal de control.

[0053] De acuerdo con una realización adicional, el controlador 50 está configurado para analizar las demandas de los equipos de usuario individuales 20a y 20b, así como las circunstancias, por ejemplo, una intensidad de señal disponible y un nivel de ruido o interferencia del equipo de usuario 20a y 20b. En base a este análisis, el controlador cambia los recursos distribuidos, por ejemplo, de esa manera que se habiliten y deshabiliten los enlaces frontend y backend singulares, por ejemplo, el segundo enlace frontend 21b_2 y el segundo enlace backend 101b_2.

[0054] Aunque se han descrito aspectos de la invención en el contexto de un aparato, queda claro que la invención también se refiere a un procedimiento correspondiente que realiza el control, donde las etapas del procedimiento o al menos algunas etapas del procedimiento pueden realizarse mediante una CPU que ejecuta el algoritmo de control. La primera implementación del procedimiento de control comprende las etapas de seleccionar los primeros recursos y los segundos recursos teniendo en cuenta los requisitos de velocidad de transmisión de datos y/o las capacidades de velocidad de transmisión de datos del primer y/o del segundo equipo de usuario (20, 20a, 20b) y/o del primer y/o del segundo grupo de redes de estaciones base (100a, 100b) y/o de manera que las primeras señales de comunicación frontend 21a_1 y 21b_1, convertidas en las primeras señales de comunicación backend 101a_1 y 101b_1 respectivas, así como las segundas señales de comunicación frontend 21a_2 y 21b_2, convertidas en las primeras señales de comunicación backend 101a_2 respectivas, y 101b_2, se puedan distinguir entre sí y/o de manera que las pérdidas de transmisión causadas por interferencias en las primeras señales de comunicación frontend 21a_1 y 21b_1 y las segundas señales de comunicación frontend 21a_2 y 21b_2 se reduzcan. Por tanto, el controlador se puede configurar para detectar la interferencia en función de la información disponible en el canal de control.

[0055] De acuerdo con una realización adicional, el sistema SUDA 200 puede comprender un SUDAC adicional (no mostrado) que se puede usar por equipos de usuario individuales 20a o 20b, por ejemplo, si la calidad de enlace al SUDAC adicional es mayor en comparación con una calidad de enlace al SUDAC 210 y 220. Por tanto, el controlador 50 puede configurarse para distribuir los recursos relevantes de modo que cada equipo de usuario 20a y 20b tenga una buena calidad de enlace disponible. Opcionalmente, el controlador 50 puede configurarse para controlar la potencia de transmisión de un UE o un SUDAC para que los enlaces frontend mejoren la calidad del enlace. En general, eso significa que el controlador 50 puede configurarse adicionalmente para tener en cuenta la calidad de los enlaces frontend y también la calidad del enlace backend. Por ejemplo, si la calidad de enlace frontend es buena y la calidad de enlace backend es mala, entonces la calidad de enlace general es mala y el relé no debe usarse para la comunicación entre la estación base y el UE, es decir, que la asignación de enlace frontend se base en una consideración conjunta de las cualidades de enlace frontend y backend. Las razones para la calidad de enlace variable pueden ser un movimiento del equipo de usuario 20a y 20b. Tal situación ejemplar se muestra en la Fig. 1c. El controlador que tiene acceso a toda la información relevante proporcionada por los dispositivos del sistema (UE, SUDAC y/o BS) permite llevar a cabo una asignación activa de recursos no solo en función de los enlaces que el propio dispositivo ve, sino también en función de enlaces adicionales (por ejemplo, el UE tiene en cuenta que el SUDAC ve UEs adicionales, y que estos UEs adicionales ven SUDACs adicionales).

[0056] De acuerdo con una realización, el controlador 50 mantiene una tabla donde almacena las métricas de calidad de canal (más detalles a continuación) en varios canales backend s6G (enlace descendente y enlace ascendente) obtenidos de conexiones anteriores; estos valores habían sido dados al SUDAC por los UEs asociados durante estas conexiones; además, la tabla contiene marcas temporales sobre cuándo se midió la calidad. Aquí, la métrica de calidad se calcula para un canal backend (enlace descendente o enlace ascendente) por el UE midiendo la calidad para el canal completo (es decir, backend + frontend) y la calidad del canal frontend (utilizando canales piloto entre UE y SUDAC) calculando a partir de ambos la calidad del canal backend. Como las métricas se refieren solo al canal backend (BS a SUDAC) y ambos están en ubicaciones fijas y las condiciones de propagación en frecuencias sub6G no son muy sensibles a las personas o muebles que se mueven, cabe esperar que estas métricas se mantengan bastante constantes durante un período de tiempo más largo.

65

[0057] De acuerdo con una realización, el controlador informa a las estaciones base sobre qué canales backend potenciales podría utilizar un UE que emplea un SUDA, por ejemplo, cuando los SUDACs tienen soporte limitado de canales de frecuencia backend. En base a esta información, las estaciones base pueden llevar a cabo la asignación de recursos backend para el UE.

5

[0058] La Fig. 1c muestra un sistema SUDA 200 que comprende cinco SUDACs, dos grupos de estaciones base 100a y 100b y tres equipos de usuario 20a, 20b y 20c, donde no cada equipo de usuario 20a, 20b y 20c está habilitado para acceder a cada SUDAC debido a la presencia de paredes 98.

10 **[0059]** Para el siguiente ejemplo, se asume que se usa duplexación por división de frecuencia (FDD) y que el frontend tiene recursos suficientes para un máximo de 2 enlaces SRD por UE y SUDAC (por ejemplo, dos subbandas de frecuencias diferentes o dos segmentos de tiempo diferentes), donde cada enlace tiene la capacidad de transportar ya sea una señal de enlace descendente o de enlace ascendente. El sistema implementa un sistema VMIMO 2x2 a cada UE en enlace descendente y enlace ascendente, donde existe un enlace directo entre la estación base y el UE
15 y donde los UEs solo poseen una única antena para la Banda 1. Por lo tanto, cada UE tiene que establecer un enlace descendente adicional sobre un SUDAC y un enlace ascendente adicional sobre un SUDAC. Cada UE "ve" dos SUDACs, donde el central "es visto" por ambos UEs, los otros dos SUDACs son "vistos" solo por un UE (gracias al bloqueo de la propagación de la línea de visión por una pared 98). Ahora suponga que todos los enlaces frontend tengan aproximadamente la misma calidad, mientras que el enlace backend entre SUDAC B y la estación base es
20 significativamente mejor que para los enlaces entre los SUDACs A y C y la estación base. Si solo el UE A está presente al principio, podría ocupar SUDAC B por completo, lo que ofrece una buena calidad de enlace backend. Cuando el UE B se une a continuación al sistema y cuando, por ejemplo, se utiliza una asignación de recursos individual simple mencionada anteriormente, el UE B solo puede usar SUDAC C para su enlace descendente y enlace ascendente, y por lo tanto tiene que aceptar la calidad de enlace backend inferior. Por otro lado, el SUDAC A permanece
25 completamente inutilizado. Por lo tanto, existe un fuerte desequilibrio en las cualidades generales de enlace (frontend y backend) entre el UE A y el UE B.

[0060] Como se puede observar debido a la Fig. 1c, el controlador que controla todas las entidades que utilizan el sistema SUDA 200 permite que se podría elegir en su lugar una asignación de recursos más justa. Sin embargo,
30 para dicha asignación de recursos, el UE A tiene que tener en cuenta la calidad del enlace backend entre el SUDAC C y la estación base, aunque el UE A no use este SUDAC y ni siquiera lo vea. Observe que una topología como se muestra en la Fig. 1c a veces podría tener ventajas, por ejemplo, cuando se usa Multiusuario-MIMO y las matrices de canal deben estar lo menos correlacionadas posible. Por supuesto, esto también se puede tener en cuenta en una consideración conjunta de los enlaces frontend y backend. Aquí, la asignación de recursos se realiza de una manera
35 dinámica y flexible teniendo en cuenta la apariencia y la caída de los dispositivos, las variaciones en las propiedades de enlace requeridas (ancho de banda, número de portadoras o bloques de recursos, etc.) y las condiciones de propagación cambiantes (por ejemplo, alguien que se mueve entre habitaciones).

[0061] La configurabilidad del sistema que tiene dispositivos SUDAC reconfigurables dedicados permite una flexibilidad total con el número de UEs, SUDACs (por ejemplo, en una gran oficina de planta abierta) y estaciones base involucradas en el sistema. Los UEs y las estaciones base de múltiples operadores de red pueden ser parte del sistema, posiblemente incluso las señales de comunicaciones no celulares (como las señales de TV) podrían ser transmitidas por los SUDACs (y un UE sería una TV en este caso). Observe que cada estación base individual puede usar múltiples portadoras (agregación de portadoras).
40
45

[0062] A continuación se analizará una posible forma de entrar a una red SUDAC disponible, con referencia a la Fig. 1c: En caso de que un UE A 20a desee utilizar nuevos SUDACs 210-250 (por ejemplo, iniciar la operación, o moverse de una habitación, que posiblemente contenga SUDACs, a otra habitación con otros SUDACs) y comience a buscar y contactar los SUDACs circundantes; estos SUDACs se dividen en dos grupos: SUDACs libres y ocupados
50 (suponiendo que cada SUDAC pueda proporcionar una trayectoria de relé de enlace descendente y enlace ascendente); o más bien trayectorias de relé de SUDAC libres y ocupados (enlace descendente y enlace ascendente), si un SUDAC se utiliza solo para un enlace descendente o enlace ascendente. El UE A puede

[0063] contactar con los SUDAC libres y ocupados y solicitar las métricas de calidad del canal backend de su tabla interna junto con las marcas temporales; en función de la marca temporal y la hora actual, el UE A 20a puede decidir si cualquier métrica de calidad sigue estando actualizada o desactualizada; en el primer caso, el UE puede configurar un pedido de los SUDACs más prometedores con los que ahora quiere ponerse en contacto para obtener las métricas de calidad de canal actuales.
55

60 **[0064]** En la siguiente etapa, el UE A se pone en contacto con los SUDACs libres y les dice qué canales backend de enlace ascendente y enlace descendente, es decir, frecuencias s6G, por los que quiere comunicarse. Cada SUDAC 210 - 250 libre y UE A 20a escanean en busca de canales frontend disponibles con buena SNIR (buenas condiciones de propagación y baja interferencia); para medir estas métricas de calidad de canal backend, los SUDACs se comunican con el UE a través de estos canales (al menos utilizando canales piloto y datos de control); los SUDACs
65 210 - 250 comunican los canales frontend candidatos identificados y sus métricas de calidad al UE A 20a.

[0065] Preferentemente, pero no necesariamente, los SUDACs miden inicialmente solo la potencia en los canales backend deseados y la utilizan como una métrica de calidad para la gestión inicial de recursos de radio (RRM) de los enlaces backend: El trasfondo de esto es que los SUDACs serán baratos; por tanto, la estimación del canal para cada enlace backend individual (utilizando conjuntos ortogonales de pilotos para cada antena de transmisión MIMO) podría tener demasiada complejidad en un SUDAC; se puede esperar para la multiplexación espacial (es decir, sin formación de haces) que la potencia de suma recibida de la BS (antes de que la BS comience realmente a usar la precodificación MIMO para el UE A) sea una buena medida de la aptitud del SUDAC para enviar señales desde/hacia esta BS (refleja bien si el SUDAC está oculto); en el caso de TDD, la métrica de calidad del canal backend de enlace ascendente es aproximadamente la misma gracias a la reciprocidad del canal y a la pequeña desviación temporal en los enlaces backend no móviles (véase más arriba); es beneficioso que solo se necesite medir un único parámetro simple para cada canal backend, en lugar de una fila completa de la matriz H del canal MIMO como en los algoritmos convencionales.

[0066] A continuación se discutirá un posible concepto de control para el enlace ascendente, por ejemplo, usando FDD con SUDACs, la métrica de calidad de canal anterior, donde la discusión se realiza en el supuesto de que el controlador está integrado en el UE A: Aquí, el UE A utiliza el SUDAC para una conexión de prueba con la BS; la BS mide la calidad de canal (frontend y/o backend) en el enlace ascendente (ahora la métrica de calidad de canal puede ser, por ejemplo, la fila completa de la matriz H del canal MIMO) y la retroalimenta al UE A. Por otra parte, el UE A puede obtener una métrica de calidad de canal más fiable y detallada (frontend y/o backend) (por ejemplo, filas de la matriz H) del enlace descendente de esta conexión de prueba. En el caso de los SUDACs ocupados (por ejemplo, ya conectados a un UE B 20b), el UE A se pone en contacto con los SUDACs ocupados y les indica los canales de enlace descendente y enlace ascendente backend (es decir, sub6G) por los que quiere comunicarse. El SUDAC informa al UE A qué canal(es) está(n) transmitiendo actualmente (enlace descendente y enlace ascendente). Para un enlace descendente y enlace ascendente, eso significa que si es el canal o canales deseados por el UE A, entonces el SUDAC reenvía la métrica de calidad de canal backend del canal o canales de enlace descendente y enlace ascendente correspondientes que se midió por el UE B 20b que actualmente está usando este SUDAC; el UE A 20a puede compartir relé de enlace descendente y enlace ascendente con el UE B, ya que la BS 100a/100b puede asignar diferentes bloques de recursos (tiempo-frecuencia-código) a los dos UEs (incluso diferentes bloques de recursos espaciales son posibles, cuando MU-MIMO es utilizado por la BS).

[0067] De acuerdo con una realización, el UE A puede medir la calidad de canal frontend desde el canal piloto y de los datos de control intercambiados con el SUDAC. De lo contrario, es decir, si los canales transmitidos actualmente son diferentes de los deseados, entonces el SUDAC puede medir posiblemente la métrica de calidad del enlace descendente o canal TDD deseado durante un intervalo de tiempo, cuando está inactivo para la conexión hacia/desde el UE B; para que esto funcione, el UE B tiene que informar al SUDAC, cuando ocurren tales tiempos de inactividad. Además, estos tiempos de inactividad se pueden utilizar para medir la métrica de calidad de otros canales frontend al UE A diferente de la utilizada actualmente. Lo mismo se aplica a las dos opciones siguientes. De lo contrario, si es posible, la conexión para el UE B se reconfigura durante un corto tiempo (esto incluye el intercambio de datos de control con la BS del UE A y del UE B (son potencialmente dos estaciones base en diferentes redes móviles)), de modo que el SUDAC se vuelve inactivo durante este corto tiempo y puede realizar la medición de calidad para el canal backend deseado para el UE A (para un enlace descendente y enlace ascendente). Alternativamente, las velocidades de transmisión de datos deseadas y las velocidades de transmisión de datos actualmente disponibles (en enlace descendente) del UE A y B se consideran de acuerdo con algún criterio (por ejemplo, si el UE A tiene alguna prioridad sobre el UE B, o si las velocidades de transmisión de datos deseadas hasta 3 Mbit/s tienen prioridad sobre las velocidades de transmisión de datos deseadas por encima de eso), y se decide si el SUDAC considerado permanece con el UE B o se da (al menos temporalmente) al UE A. La información necesaria para esta decisión se recopila en el UE A o en el UE B, es decir, un UE proporciona toda la información necesaria al otro UE a través de información de control transmitida por medio del SUDAC. El SUDAC y el otro UE son informados posteriormente sobre la decisión. El otro UE acepta esta decisión, ya que sus propios intereses ya se han tenido en cuenta en esta decisión.

[0068] En base a las métricas obtenidas hasta ahora (es decir, las de las tablas internas de SUDAC de conexiones anteriores, las de los SUDACs libres y los SUDACs ocupados, para los canales backend y frontend), el UE A realiza una selección para el conjunto del UE A y todos los demás UEs, que actualmente están utilizando uno de los SUDACs ocupados, sobre cuál de los SUDACs (libres y ocupados) (y sus trayectorias de relé de enlace descendente/enlace ascendente) contactados por el UE A se asigna a qué UE(s) 20a-20c y, en consecuencia, qué canal backend deseado se retransmitirá, qué canales frontend utilizarán un SUDAC asignado al UE A y a qué potencia transmitirán los SUDACs y los UEs en el frontend. En cualquier momento dado, el algoritmo no se distribuye entre múltiples dispositivos y el UE A puede realizar la selección de potencia por sí mismo. Además de las métricas de calidad de los canales backend y frontend vistos por el UE A (enlace descendente y enlace ascendente), esta selección se basa en las métricas de calidad de los canales backend y frontend actualmente utilizados de los otros UEs y los de los SUDACs libres que rodean a estos UEs (es decir, el UE A conoce la calidad de canal de sus propios canales hacia la BS, así como los de los otros UEs hacia sus BS), las velocidades de transmisión de datos deseadas y las velocidades de transmisión de datos actualmente disponibles de los UEs en cuestión (incl. UE A) y algún criterio (por ejemplo, si el UE 3 tiene alguna prioridad sobre el UE y, o si las velocidades de transmisión de datos deseadas de hasta 3 Mbit/s tienen prioridad sobre las velocidades de transmisión de datos deseadas por encima de eso). La información necesaria

para esta decisión se recopila en el UE A, es decir, los SUDACs y los otros UEs proporcionan toda la información necesaria al UE A a través de la información de control transmitida por medio de los SUDACs.

[0069] El UE A comunica la decisión/selección a los SUDACs circundantes y a los otros UEs a través de los SUDACs; los demás UEs aceptan esta decisión, ya que sus propios intereses ya han sido tenidos en cuenta por el UE A en la presente decisión. Además, los UEs informan regularmente a sus SUDACs sobre las métricas de calidad de enlace descendente y enlace ascendente de sus canales backend; los SUDACs almacenan estos valores en la tabla interna mencionada anteriormente. Además, los UEs informan a sus BS correspondientes sobre el evento que se aproxima, cuándo se cambiarán sus propiedades de canal (V)MIMO (es decir, cuando se cambia la configuración actual, ya sea agregando/eliminando SUDACs a un UE, cambiando la frecuencia de enlace frontend (o backend), etc.). Este esquema no centralizado funciona no solo para la comunicación entre BSs y UEs, sino también para otras comunicaciones sub6G como la radiodifusión televisiva.

[0070] Después de tal RRM inicial (cuando un UE A entra en un sistema SUDAS 200), cada UE puede iniciar regularmente una actualización de los recursos asignados (por ejemplo, cada 100 ms). Es decir, cada UE comienza una nueva ronda de RRM de acuerdo con el esquema descrito anteriormente. Por ende, existen múltiples conjuntos no discontinuos de UEs y SUDACs (todos los SUDACs y UEs que son vecinos del UE considerado), donde el RRM se optimiza individualmente para todos los enlaces en dicho conjunto. Esto es, por lo tanto, un algoritmo de optimización distribuida, donde la optimización no se produce simultáneamente para cada conjunto, sino secuencialmente. Las rondas mencionadas anteriormente son, por lo tanto, iteraciones en el algoritmo que conducen a una asignación de recursos general mejorada. Posiblemente, este algoritmo no converge, sino que oscila, pero se puede esperar que la velocidad de transmisión de datos promedio (con el tiempo) por UE esté cerca de una buena asignación de recursos estacionarios. Este esquema permite una adaptación también cuando las condiciones de propagación de un UE cambian significativamente, por ejemplo, cuando se mueve a otra habitación que contiene otros SUDACs, o cuando un obstáculo como un cuerpo humano causa ocultación de señal. Parte del intercambio de información desde/hacia los SUDACs podría llevarse a cabo alternativamente a través de canales backend de control especiales hacia/desde una BS.

[0071] Expresado en otras palabras, el algoritmo descrito tiene en cuenta la situación completa en un vecindario de UE, y, además, también tiene en cuenta las velocidades de transmisión de datos deseadas y disponibles que incluyen los enlaces frontend entre el UE B y SUDAC D y entre el UE C y SUDAC E, y el enlace backend entre SUDAC D y BS A y entre SUDAC E y BS B. Además, el algoritmo puede tener en cuenta que simplemente "robar" un SUDAC de otro UE podría degradar su rendimiento enormemente.

[0072] De acuerdo con una realización, el control se puede realizar de modo que se puedan usar múltiples portadoras en el backend con el fin de realizar la agregación de portadoras o para permitir el uso paralelo de múltiples estaciones base en una misma red móvil (conocida como Multipunto coordinado - CoMP). Además, los recursos frontend se seleccionan de modo que se puedan usar múltiples portadoras para el mismo equipo de usuario (agregación de portadoras). También múltiples portadoras pueden ser utilizadas por múltiples equipos de usuario. Adicionalmente, la asignación de SUDACs y canales frontend para la misma red móvil se puede llevar a cabo, por ejemplo, de modo que algunos SUDACs y canales se asignen al UE 1 y otros al UE 2 a propósito para realizar MU-MIMO. Esto representa una alternativa a la asignación de los mismos canales frontend a ambos UE, cuando los enlaces frontend se separan mediante la asignación de diferentes recursos t-f. Además, el controlador puede seleccionar los recursos del canal de manera que se eviten los errores causados por portadoras de sistemas externos (interferencias, como un sistema WiGig).

[0073] Con referencia a la Fig. 1a, cabe señalar que el sistema 40 puede comprender una o múltiples (al menos 2) estaciones base 10a/10b, cada una equipada con múltiples antenas de transmisión y recepción 12a/12b, múltiples dispositivos SUDACs 210/220 y uno o múltiples equipos de usuario 20, cuando una estación base 10a/10b transmite y recibe datos hacia/desde un equipo de usuario 20 en la Banda 1. (Obsérvese que esto significa que el destino/origen final de los datos es la estación base 10a/10b y el equipo de usuario 20, mientras que en este ejemplo no hay un enlace directo para las señales en la Banda 1 entre ambos). La principal ventaja del sistema 40 es que las ventajas de la comunicación celular (sub-6 GHz, propagación de onda favorable incluso en condiciones NLOS) y la comunicación frontend (onda milimétrica, gran ancho de banda disponible) se combinan para evitar el inconveniente de la comunicación sub-6 GHz de que el tamaño del equipo de usuario es prohibitivo para una gran cantidad de antenas en una separación espacial adecuada.

[0074] Una realización adicional se refiere a un procedimiento de intercambio de datos entre 12a/12b y 20: Para el enlace descendente, la frecuencia SUDAC 210/220 convierte en frecuencia las señales backend recibidas en la Banda 1 en un canal de la Banda 2 y las transmite a un enlace frontend (conocido como amplificación y avance). Para el enlace ascendente, una frecuencia SUDAC 210/220 convierte la señal frontend recibida en una subbanda de la Banda 2 a la Banda 1 y la transmite a un enlace backend. Las frecuencias de las subbandas que se utilizarán en los enlaces frontend para transmisión y recepción son seleccionadas por el controlador, de modo que eviten la interferencia entre las señales asociadas con cada SUDAC 210/220 hacia/desde los equipos de usuario 20 en enlace descendente y enlace ascendente, y además eviten la interferencia de otros sistemas, como Wi-Fi o Bluetooth.

[0075] La Fig. 1d muestra dispositivos dedicados denominados SUDACs 210, 220 y 230 colocados en muchas ubicaciones en una habitación u hogar. Cada SUDAC 210, 220 y 230 puede ser alimentado por baterías, alimentado por la red eléctrica o alimentado por energía solar o eólica. Puede ser un dispositivo independiente dedicado o puede integrarse en varios dispositivos eléctricos como tomas/enchufes de pared eléctricos, tomas de luz eléctricas, interruptores eléctricos, cajas de distribución, cables o enchufes de extensión eléctrica, persianas eléctricas, farolas/postes, lámparas eléctricas, ordenadores y/o dispositivos eléctricos de todo tipo, incluidos los adaptadores de salida que proporcionan una toma de salida. Un sistema SUDA así formado puede denominarse "infraestructura dispersa" en o para el hogar. Además, puede integrarse en el techo o a los lados de un coche, un autobús/autocar, un tren u otros vehículos. Específicamente, los SUDACs se pueden integrar en los equipos de usuario. Reciben y transmiten señales desde y hacia la estación base en la banda sub-6 GHz, y las reenvían a los equipos de usuario 20a, 20b en su proximidad y reciben sus señales de retorno en las bandas de onda milimétrica, respectivamente. Más precisamente, para el enlace descendente, la señal recibida desde la estación base 10 en cada SUDAC 210, 220 y 230 es una superposición de las señales (espacialmente multiplexadas) de todas las antenas 12a, 12b y 12c de la estación base 10. Los SUDACs 210, 220, 230 no son capaces de separar esta superposición, sino que la procesan y reenvían en su conjunto a los equipos de usuario 10a, 10b. De manera similar, para el enlace ascendente, los equipos de usuario 20a, 20b preparan la señal, que se transmitirá desde un SUDAC 210, 220, 230 hacia la estación base 10, y transmiten estas señales a todos los SUDACs 210, 220, 230. Esta señal es una superposición de señales componentes que en conjunto proporcionan multiplexación espacial entre el conjunto de SUDACs 210, 220, 230 (o más bien el equipo de usuario correspondiente 20a, 20b) y la estación base 10.

[0076] Varios SUDACs juntos forman un sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido (SUDAS) 200. A continuación, los enlaces de radio entre los equipos de usuario 20a, 20b y los SUDACs 210, 220, 230 se denotarán como los enlaces frontend y aquellos entre los SUDACs 210, 220, 230 y la estación base 10 como los "enlaces backend". De acuerdo con una realización adicional, el uno o más equipos de usuario 20a y 20b pueden configurarse para establecer un enlace de comunicación backend adicional a la estación base 10 directamente, como se ilustra por las trayectorias directas entre la estación base 10 y el equipo de usuario 20a y 20b. Esto permite aumentar adicionalmente la velocidad de transmisión de datos. Estos enlaces hacen uso de la misma Banda de frecuencia 1 que los enlaces backend. Debido al hecho de que se usan dos bandas de frecuencia (banda 1 y banda 2), es decir, separar los dos enlaces que terminan en el equipo de usuario 20a/20b por frecuencia, evita efectivamente interferencias entre la trayectoria directa y la trayectoria transmitida y, por lo tanto, mejora significativamente el rendimiento del sistema. El equipo de usuario 20a y 20b (pre-) procesa esta señal recibida/transmitida en la Banda 1 conjuntamente con las señales de recepción/transmisión frontend en el o los canales de la Banda 2 (procesamiento MIMO, es decir, decodificación MIMO y MIMO anterior, respectivamente).

[0077] La Banda 2 puede dividirse en varias subbandas cuando se transmiten múltiples señales en paralelo. Por lo tanto, dicha transmisión representa una forma de multiplexación por división de frecuencia o acceso múltiple por división de frecuencia (FDM/FDMA). Las alternativas bien conocidas a FDM(A) son la multiplexación (acceso) por división de tiempo TDM(A), la multiplexación (acceso) por división de código CDM(A) y la multiplexación (acceso) por división de espacio SDM(A). Para dar cabida a todos estos diferentes tipos de multiplexación o acceso múltiple, el término "recursos" se utiliza para denotar todos los recursos en el espacio de señalización tiempo-frecuencia-código-espacio; aquí el espacio (en el sentido de multiplexación espacial) representa todas las dimensiones de espacio de señalización posibles que pueden ser ofrecidas por las antenas físicas, por ejemplo, para ser utilizadas individualmente para cada señal: polarización, índices del elemento de antena, dirección (ángulos en coordenadas polares) en caso de formación de haces, y/o en general (incluye lo anterior): parámetros anteriores (amplitud y fase) para cada elemento de antena (polarizada) para la formación de haces, lo que conduce a una característica específica de directividad de la antena.

[0078] En la realización anterior de la Fig. 1d, el sistema SUDA 200 que comprende los SUDACs 210, 220 y 230 forma una especie de sistema de antenas distribuidas, donde el sistema SUDA 200 junto con el equipo de usuario 20a, 20b prepara una señal que será transmitida por las antenas. De manera similar, el sistema SUDA 200 procesa todas las señales que han sido recibidas por las antenas individuales, donde el procesamiento de las señales entrantes y salientes se realiza típicamente por el equipo de usuario. Las ventajas de dicho sistema de antenas distribuidas en comparación con un sistema de antenas no distribuidas donde las antenas están ubicadas cerca es una diversidad espacial significativamente mayor que permite usar un mayor grado de multiplexación espacial y, por tanto, una transmisión a una mayor velocidad de transmisión de datos.

[0079] Según una realización adicional, la estación base 10 utiliza las múltiples antenas 12a, 12b y 12c para llevar a cabo la formación de haces hacia el agrupamiento de SUDACs. Los múltiples SUDACs cooperan y realizan conjuntamente la formación de haces hacia el equipo de usuario y/o las estaciones base. Esta técnica controlada por el controlador anterior puede denominarse formación cooperativa de haces.

[0080] La Fig. 2 muestra el enlace descendente en el frontend, cuando están presentes dos SUDACs 210 y 220, que transmiten hacia dos equipos de usuario 20a y 20b. El SUDAC 210 emplea un canal en la frecuencia f_1 y el SUDAC 220 otro canal en la frecuencia f_2 . Para el ejemplo de la Fig. 1d, eso significa que si la atenuación de señal entre el SUDAC 210 y el equipo de usuario 20a es grande, y si la que hay entre el equipo de usuario 20b y el SUDAC

220 también es grande, entonces estos dos SUDACs 210 y 220 pueden usar los mismos recursos frontend (por ejemplo, frecuencia), mientras que el SUDAC tiene que usar un segundo canal. De lo contrario, cada SUDAC tiene que utilizar sus propios recursos, es decir, los SUDACs ocupan un total de 3 canales.

5 **[0081]** El enlace descendente y el enlace ascendente pueden usar los mismos recursos de la Banda 2 (si el enlace descendente backend y el enlace ascendente backend usan la misma frecuencia, es decir, cuando el modo multiplexación por división de tiempo TDD es utilizado por la estación base) o diferentes (si el enlace descendente y el enlace ascendente backend usan diferentes frecuencias, es decir, en el modo multiplexación por división de frecuencia FDD). En el caso de FDM(A) en el frontend, un SUDAC transmite solo en una sola subbanda y recibe en
10 una sola subbanda, mientras que los equipos de usuario tienen que recibir y transmitir en múltiples subbandas. Las subbandas que deben utilizar los SUDACs y los equipos de usuario en el frontend se asignan mediante algún algoritmo interno del controlador mencionado anteriormente para optimizar el rendimiento de transmisión/recepción actual (evitar interferencias y colisiones con otras señales frontend). Este algoritmo puede basarse en el resultado de mediciones de canales (actividad de otros transmisores en la misma subbanda). El equipo de usuario 20a y 20b puede detectar
15 las subbandas para un enlace descendente y enlace ascendente seleccionadas por el SUDAC 210, 220 a partir de su señal recibida, cuando identifica un nuevo SUDAC o un cambio en las subbandas utilizadas.

[0082] El equipo de usuario 20a y 20b recibe las señales frontend en los canales de la Banda 2 y las procesa conjuntamente (detección MIMO, por ejemplo: Máxima probabilidad o detección por MMSE). De manera similar, el
20 equipo de usuario puede, en un caso de uso, preprocesar múltiples señales de enlace ascendente conjuntamente (precodificación MIMO, por ejemplo: multiplexación espacial, codificación espacio-tiempo o formación de haces) y transmitir las en los enlaces frontend o, en un segundo caso de uso, transmitir múltiples señales de transmisión en estos enlaces frontend sin dicho preprocesamiento. Observe que la parte frontend del enlace ascendente entre cualquier equipo de usuario y cualquier SUDAC puede ser un enlace de una sola entrada y una sola salida (SISO).
25 Por consiguiente, el preprocesamiento MIMO, que el equipo de usuario emplea para las señales de enlace ascendente en el primer caso de uso descrito, se hace efectivo solo cuando los SUDACs transmiten estas señales hacia la o las estaciones base.

[0083] Con referencia a las Figs. 3a a 3d, se discutirán las realizaciones mejoradas o la aplicación de las
30 realizaciones anteriores a diferentes situaciones.

[0084] La Fig. 3a muestra la situación como ya se describió en el contexto de la Fig. 1b usando una ilustración diferente. En detalle, la Fig. 3a muestra un sistema de comunicación que comprende los dos equipos de usuario 20a y 20b, los dos SUDACs 210 y 220 y los dos grupos de estaciones base 100a y 100b.
35

[0085] Los enlaces frontend están marcados por los números de referencia 21 o $r_{EHF,1}$, $E_{HF,2}$, $r_{EHF,3}$ y $r_{EHF,4}$, donde los enlaces de comunicación backend están marcados por los números de referencia 101 y $f_{UHF,1}$, $f_{UHF,2}$, $f_{UHF,3}$ y $f_{UHF,4}$. La funcionalidad del sistema descrito cumple con la funcionalidad del sistema de la Fig. 1b. Cabe destacar que este sistema, especialmente los enlaces de comunicación frontend, se controlan usando el controlador, aunque
40 no se ilustra en la Fig. 3a.

[0086] La Fig. 3b muestra la modificación del sistema de la Fig. 3a, donde solo se utiliza un SUDAC 210. Aquí, el equipo de usuario 20a permanece en comunicación con la estación base 100a a través de un enlace de comunicación transmitido usando el SUDAC 210 y a través de un enlace de comunicación directa (marcado por el
45 número de referencia 102 o $f_{UHF,5}$) que puede ser una conexión LTE o 3G convencional, es decir, usando frecuencias ultra altas. Por consiguiente, el segundo equipo de usuario 20b está conectado a la estación base 100b a través de un enlace de comunicación directa 102/ $f_{UHF,6}$ y a través de un enlace de comunicación de relé usando el SUDAC 210. Aquí, los enlaces de comunicación frontend 21/ $r_{EHF,1}$ y $r_{EHF,2}$, así como los enlaces de comunicación backend 101/ $f_{UHF,1}$ y $f_{UHF,2}$ se ilustran mediante líneas discontinuas para dejar claro que los recursos, por ejemplo, los recursos de tiempo,
50 se asignan realmente de modo que los enlaces transmitidos respectivos no estén activos. Esto significa que los enlaces de comunicación transmitidos que utilizan el SUDAC 210 están desactivados, al menos para el intervalo de tiempo respectivo, por el controlador, pero se habilitarán con el fin de aumentar la velocidad de transmisión de datos para el equipo de usuario respectivo 20a o 20b.

[0087] La Fig. 3c muestra una situación en la que el primer equipo de usuario 20a se conecta directamente a la primera estación base 100a y en la que el segundo equipo de usuario 20b utiliza un enlace directo y el enlace transmitido a través del segundo SUDAC 220 para la comunicación con la segunda estación base 100b. Como se ilustra por las líneas discontinuas, los enlaces transmitidos a través del SUDAC 210 no están activos, pero pueden estar disponibles para el primer y el segundo equipo de usuario 20a y 20b si es necesario, por ejemplo, en caso de
60 que se requieran altas velocidades de transmisión de datos.

[0088] La transferencia de la asignación de recursos con respecto a los recursos de tiempo a la realización de la Fig. 3a se ilustra en la Fig. 3d. Aquí, el segundo equipo de usuario 20b utiliza la conexión transmitida a la estación base 100b a través del segundo SUDAC 220, mientras que todas las conexiones frontend y backend del primer SUDAC
65 210 no están activas. En caso de que el equipo de usuario 20b necesite una velocidad de transferencia de datos más

alta, la conexión transmitida usando el SUDAC 210 puede estar habilitada, pero preferentemente no cuando la conexión transmitida entre el primer equipo de usuario 20a y la primera estación base 100a usando el primer SUDAC 210 está activa.

5 **[0089]** En general, el controlador realiza la asignación de recursos para todas las situaciones (*cf.* Figs. 3a a 3d) de manera que se logre una distribución justa de la velocidad de transferencia de datos disponible. Por ejemplo, el controlador controla los recursos de manera que se utilice un enlace directo para un primer equipo de usuario en caso de que un segundo equipo de usuario necesite una alta velocidad de transmisión de datos que se puede lograr usando dos SUDACs. Es más, en caso de que ambos equipos de usuario requieran una velocidad de transferencia de datos
10 similar y en caso de que el enlace directo entre el segundo equipo de usuario y la segunda estación base sea mejor que el enlace directo entre la primera estación base y el primer equipo de usuario, entonces el controlador controla los recursos de modo que el primer equipo de usuario utilice los enlaces transmitidos, mientras que el segundo equipo de usuario utilice los enlaces directos.

15 **[0090]** La Fig. 4 muestra un enlace descendente para dicho sistema con un único SUDAC 210 y un único equipo de usuario 20. Observe que la estación base 10 posee 3 antenas de transmisión 12a, 12b y 12c. El SUDAC recibe una superposición de las tres señales backend. De manera similar, el equipo de usuario 20 recibe superposiciones de las tres señales backend. Si el equipo de usuario posee dos antenas de recepción (no mostradas), el SUDAC y el enlace frontend adicional (que transmite la señal superpuesta compuesta por las tres señales de
20 transmisión de estación base) crean un sistema MIMO 3x3 entre la estación base 10 y el equipo de usuario 20 y permiten el uso de multiplexación espacial triple.

[0091] Tenga en cuenta que la funcionalidad SUDAC se puede integrar en un equipo de usuario, es decir, además de la funcionalidad del equipo de usuario original, dicho dispositivo contiene una funcionalidad para actuar
25 como SUDAC para otros equipos de usuario.

[0092] Múltiples equipos de usuario pueden compartir los mismos recursos frontend en el enlace ascendente, ya que su transmisión está programada por la o las estaciones base y, por lo tanto, se evitan colisiones, véase la Fig. 5a. En la secuela, se hace una distinción entre la programación o asignación de recursos llevada a cabo por la estación
30 base (lado marcado por BEL) y la asignación de los recursos frontend (es decir, la Banda 2) a los SUDACs individuales para el enlace descendente y el enlace ascendente, es decir, donde los SUDACs y los equipos de usuario transmiten en la Banda 2 (lado marcado por FEL). El primero se denominará asignación de recursos de estación base o programación de estación base, mientras que el segundo se denomina asignación de recursos de SUDAC. En la Fig. 5a, la asignación de recursos de SUDACs es simplemente: subbanda 1 para SUDAC 1 y subbanda 2 para SUDAC 2.
35 Dentro del recurso de cada SUDAC (aquí: subbanda) aparece nuevamente la asignación de recursos de la estación base.

[0093] Observe que varios SUDACs pueden estar ubicados en la misma ubicación e incluso estar integrados en un solo dispositivo físico. Sin embargo, cada componente SUDA, dentro de dicho dispositivo compuesto todavía
40 lleva a cabo la entrega simple entre una señal de antena (en la Banda 1) en el enlace backend y una señal en un enlace frontend (de la Banda 2) tanto en las direcciones de enlace descendente como de enlace ascendente.

[0094] En caso de tener múltiples equipos de usuario en uso, diferentes canales (en el caso de subbandas FDM(A)) pueden usar cada SUDAC, mientras que múltiples equipos de usuario comparten el mismo canal. Esto es
45 posible para un SUDAC, ya que la estación base garantiza el uso sin colisiones de los enlaces frontend mediante su programación de los equipos de usuario en los enlaces backend, véase la Fig. 5a.

[0095] La Fig. 5b ilustra un ejemplo para cambiar los recursos f-t-c-s, donde un SUDAC puede emplear recursos frontend específicos (de la Banda 2) en dominio de tiempo, frecuencia, código y espacial, por ejemplo, una subbanda
50 solo durante intervalos de tiempo específicos. Dicha asignación de recursos t-f-c-s puede ser fija (por ejemplo, siempre el intervalo de tiempo 1 de la subbanda 2) o seguir un patrón sistemático.

[0096] Una variante de las realizaciones anteriores está representada por el caso de que varios SUDACs tienen los mismos recursos de enlace descendente y enlace ascendente f-t-c-s en la Banda 2 asociados con ellos. Esto
55 puede ser útil, cuando hay una escasez de recursos f-t-c-s en la Banda 2, cuando hay más SUDACs que los requeridos para la multiplexación espacial utilizada por las estaciones base y si la interferencia causada por este compartimento de recursos se mantiene en un nivel tolerable. De hecho, el compartimento de recursos no necesita ser perjudicial para las velocidades de transmisión de datos alcanzables, ya que el compartimento de recursos crea un canal de propagación de múltiples trayectorias visto desde el equipo de usuario (al menos para las técnicas de amplitud y
60 avance), que puede lograr una mayor diversidad espacial y de frecuencia que cada enlace en el caso no compartido.

[0097] En general, para las realizaciones descritas, podría resultar útil no solo seleccionar los recursos f-t-c-s empleados, sino también asignar la energía que se utilizará en cada enlace directo y de retorno. Por ejemplo, las señales transmitidas por los SUDACs y los equipos de usuario a través de enlaces frontend con una atenuación más
65 alta pueden usar una potencia mayor que las transmitidas a través de mejores enlaces frontend. En el caso del

compartimento de recursos, el sistema podría alcanzar velocidades de transmisión de datos más altas reduciendo la potencia de algunas señales frontend al tiempo que aumenta la de otras, que reutilizan el mismo recurso.

[0098] La Fig. 6 muestra el enlace descendente para un sistema SUDA que tiene los SUDACS 210 y 220 de acuerdo con las realizaciones anteriores para dos equipos de estación base 10a y 10b y tres equipos de usuario 20A, 20B, 20C, de los cuales el del medio 20b equipado con 2 antenas de recepción (necesita solo un enlace frontend adicional para permitir MIMO 3x3) y los otros dos con 1 antena de recepción (necesita dos enlaces frontend).

[0099] En un entorno real, la topología y las condiciones de propagación de los enlaces frontend pueden cambiar con bastante frecuencia: los equipos de usuario entran/salen de la ubicación o están encendidos o apagados (es decir, los equipos de usuario están apareciendo o desapareciendo); Los SUDACs también pueden aparecer o desaparecer, por ejemplo, cuando un SUDAC está integrado en una toma de luz: cuando la luz está encendida, el SUDAC aparece, cuando está apagado, desaparece; las condiciones de propagación de los enlaces frontend pueden cambiar con el tiempo, por ejemplo, cuando un equipo de usuario se reubica (transporta).

[0100] El resultado de tal cambio es que la asignación de recursos f-t-c-s del SUDAC para el enlace ascendente y enlace descendente frontend puede tener que modificarse.

[0101] En otra realización del controlador, cuando un SUDAC necesita usar un nuevo recurso f-t-c-s para su transmisión (esto se describe para subbandas que representan un recurso de frecuencia), puede seleccionar estos recursos y su potencia de transmisión detectando las señales recibidas en la Banda 2 y comprobando si hay recursos f-t-c-s libres o recursos que solo llevan una señal débil. A continuación, los equipos de usuario asociados pueden informarse sobre la asignación de recursos seleccionados mediante señales de control o simplemente detectarla analizando sus señales de recepción.

[0102] En otra realización, cada uno de estos equipos de usuario puede seleccionar su recurso f-t-c-s y potencia correspondiente para transmitirse a través del enlace ascendente frontend mediante uno de los siguientes procedimientos: El equipo de usuario puede recibir datos de control apropiados o detectar las señales recibidas en la Banda 2 y verificar si hay recursos f-t-c-s libres o recursos que llevan solo una señal débil. A continuación, el equipo de usuario puede ocupar estos recursos y adaptar su potencia, y el SUDAC respectivo puede detectar esta asignación de recursos analizando su señal de recepción. Puede haber un emparejamiento conocido de frecuencias/polarizaciones/secuencias de difusión/intervalos de tiempo. Por lo tanto, cuando el equipo de usuario ha detectado los recursos f-t-c-s utilizados por el SUDA, puede ocupar los recursos emparejados correspondientes para su transmisión. Su potencia de transmisión puede, por ejemplo, adaptarse según el nivel de la señal recibida.

[0103] Para el caso de que un equipo de usuario ya esté funcionando y un SUDAC inicie su operación o haya identificado alguna otra razón para una actualización de la asignación de recursos y energía, una alternativa a la selección autónoma de recursos y energía descrita anteriormente es el uso de un protocolo de intercambio. Este protocolo puede incluir la siguiente comunicación:
El SUDAC solicita una asignación (o reasignación) de recursos f-t-c-s y energía de un equipo de usuario; el equipo de usuario responde asignando al SUDA los recursos f-t-c-s y valores de potencia adecuados.

[0104] Alternativamente: el SUDAC analiza su señal recibida, identifica los recursos f-t-c-s y valores de potencia adecuados, inicia su transmisión e informa a todos los equipos de usuario circundantes y/o SUDACs sobre los recursos asignados y potencias.

[0105] Los equipos de usuario y los SUDACs pueden intercambiar los resultados del análisis sobre las señales que reciben y transmiten en la Banda 2 (es decir, qué señales reciben y transmiten sobre qué recursos f-t-c-s y cuáles son sus potencias de señal, respectivamente) y/o su nueva asignación de recursos y potencia propuesta.

[0106] Típicamente, el UE señala los resultados de la asignación de recursos a las BSs. Solo se deben transmitir los detalles relevantes para la BS, es decir, cada UE informa a sus BS(s) sobre cuántos y qué canales backend puede recibir y transmitir. Esta información depende de las trayectorias de relé SUDAC disponibles (algunos SUDACs pueden tener limitaciones en cuanto a la frecuencia de la portadora o ancho de banda admitidos en el backend).

[0107] Los equipos de usuario pueden intercambiar dicha información inmediatamente entre sí, es decir, sin pasar por los SUDACs, en recursos f-t-c-s dedicados. Lo mismo se aplica a los SUDAC: pueden intercambiar información sin pasar por equipos de usuario. Dicho intercambio puede propagarse a través de múltiples saltos, por ejemplo, desde un equipo de usuario a todos sus SUDACs conectados, y además a todos los equipos de usuario conectados a estos SUDACs.

[0108] La asignación de recursos f-t-c-s y potencia puede negociarse interactivamente a través de dichos múltiples saltos entre todos los dispositivos participantes (equipos de usuario y/o SUDACs). De manera adicional o alternativa, los equipos de usuario y/o SUDACs pueden utilizar las estaciones base para intercambiar información

sobre la asignación de recursos SUDACS y sobre los resultados del análisis de las señales recibidas en la Banda 2 por los equipos de usuario/SUDACs y sus SUDACs/equipos de usuario asociados.

5 **[0109]** La transmisión de dichos protocolos puede ocurrir fuera de banda (es decir, utilizando recursos f-t-c-s diferentes de los que transportan los datos en la señal de enlace frontend) o dentro de banda (es decir, utilizando los mismos recursos f-t-c-s que los datos).

10 **[0110]** Alternativamente al esquema de asignación de recursos descrito anteriormente, la o las estaciones base pueden intercambiar información con los equipos de usuario/SUDACs sobre los recursos empleados por los equipos de usuario/SUDACs y sus SUDAC/equipos de usuario asociados y sobre los resultados del análisis de las señales recibidas en la Banda 1 y en la Banda 2.

15 **[0111]** En tal realización, los recursos SUDACS utilizados en el frontend pueden ser asignados por la o las estaciones base en lugar de los equipos de usuario y/o SUDACs. Dicha asignación de recursos de SUDACS podría, además, llevarse a cabo de manera coordinada entre múltiples estaciones base, que pueden pertenecer a la misma o diferentes redes móviles. En este caso, la asignación de recursos SUDACS se transmite desde la o las estaciones base a los equipos de usuario y/o SUDACs ya sea dentro o fuera de banda mediante una transmisión suficientemente robusta.

20 **[0112]** En una realización asociada, la o las estaciones base asignan los recursos SUDACS utilizados en el frontend y transmiten información sobre esta asignación de recursos SUDACS a los equipos de usuario, que reenvían esta información de señalización a los SUDACs a través de enlaces frontend (utilizando transmisión dentro o fuera de banda).

25 **[0113]** En una realización adicional, la asignación de recursos SUDACS puede llevarse a cabo de forma interactiva entre la o las estaciones base, los equipos de usuario y/o los SUDACs, posiblemente a través de múltiples saltos como se describió adicionalmente anteriormente.

30 **[0114]** Observe que, para el enlace ascendente, la asignación de recursos de la estación base (programación realizada por la (s) estación(es) base) permite la asignación de los mismos recursos f-t-c-s en el enlace ascendente frontend a múltiples equipos de usuario sin el peligro de colisiones/interferencia. De hecho, cada equipo de usuario ocupará solo una parte de estos recursos f-t-c-s de frontend, y la programación de la estación base garantizará que estas partes sean distintas para cada equipo de usuario, véanse las Fig. 5a y Fig. 5b.

35 **[0115]** Varios dispositivos pueden compartir los mismos recursos SUDAC para la transmisión de señales individuales. Por ejemplo, un equipo de usuario puede transmitir a múltiples SUDACs en el mismo enlace frontend. En este caso, una dirección transmitida junto con la señal (dentro o fuera de banda) puede identificar el destinatario previsto (comparable a una dirección MAC [Medium Access Control Layer, Capa de control de acceso al medio]).

40 **[0116]** En otro ejemplo, múltiples equipos de usuario pueden transmitir hacia el mismo SUDAC en el mismo recurso frontend. En este caso, los equipos de usuario pueden utilizar la detección de colisiones para iniciar una retransmisión, si sus señales han interferido entre sí.

45 **[0117]** Para el caso mencionado anteriormente, cuando se intercambia información de señalización entre la o las estaciones base y múltiples SUDACs/equipos de usuario en los enlaces backend, se pueden usar direcciones de dispositivo (direcciones MAC) para el enlace descendente y detección de colisión lejos del enlace ascendente.

50 **[0118]** La señalización dentro de banda o fuera de banda de un equipo de usuario a los SUDACs también puede contener los recursos f-t-c-s de la estación base que se utilizarán para la transmisión o recepción en los enlaces backend (Banda 1), por ejemplo, los bloques de recursos (tiempo-frecuencia) como se utiliza por LTE. Por ende, el SUDAC transmite la señal de enlace ascendente solo en estos recursos a través del backend a la estación base, y recibe selectivamente la señal de enlace descendente backend solo en los recursos designados y la transmite al equipo de usuario correspondiente en el frontend.

55 **[0119]** Alternativamente, el SUDAC puede analizar la señalización de asignación de recursos de estación base transmitida desde la estación base y aplicar la transmisión entre las señales backend y frontend solo a los recursos de estación base asignados a sus equipos de usuario conectados. Este procedimiento requiere que esta información de señalización pueda ser decodificada por los SUDACs. La o las estaciones base pueden utilizar una transmisión particularmente robusta (dentro de banda o fuera de banda) para garantizar una calidad de señal suficiente.

60 **[0120]** Un caso de uso para dicho reenvío de la asignación de recursos de la estación base de los equipos de usuario a los SUDACs o, alternativamente, para la inspección de la asignación de recursos de la estación base en los SUDACs es la adaptación de los períodos de tiempo de recepción y transmisión en caso de duplexación por división de tiempo (TDD) de la estación base. Otro caso de uso es cuando la estación base transmite un ancho de banda mayor que el que pueden acomodar en la Banda 2 todos los SUDACs dentro de un SUDACS. En este caso, los

SUDACs transmiten selectivamente solo aquellas señales que se dirigen a sus equipos de usuario asociados o que se originan a partir de ellos. En tal esquema, un SUDAC necesita transmitir señalización adicional para informar al equipo de usuario de qué recurso de la estación base se ha asignado a qué recurso SUDACS.

5 **[0121]** Aunque en las realizaciones anteriores a los SUDACs se ha descrito como unidades que realizan un procedimiento de amplificación y reenvío sin decodificación, los SUDACs también se pueden configurar para realizar un procedimiento denominado de compresión y reenvío que comprende cuantificación y remodulación en el enlace descendente y un procedimiento de decodificación y reenvío que comprende demodulación y conversión digital a analógica en el enlace ascendente.

10

[0122] De acuerdo con una implementación de un sistema SUDA, un equipo de usuario puede formar un SUDAC de la siguiente manera: la señal de la Banda 1 de recepción puede, por un lado, usarse en el equipo de usuario directamente y, por otro lado, puede reenviarse a otros equipos de usuario a través de la Banda 2; de manera similar, la señal de la Banda 1 transmitida puede originarse desde el propio equipo de usuario o puede reenviarse desde las

15

[0123] De acuerdo con realizaciones adicionales, las señales en la Banda 1 no se transmiten simplemente como señales analógicas hacia/desde las subbandas de la Banda 2. En cambio, la señal frontend en la Banda 2 lleva una representación digital de la señal backend de la Banda 1. Por ejemplo, para el enlace descendente, los componentes en fase y cuadratura de la señal backend se muestrean, cuantifican y posiblemente se comprimen y se codifican por FEC en el SUDAC y se transmiten a través de un enlace frontend. Esta técnica se conoce como comprimir y reenviar. Dicha señal frontend puede ocupar un ancho de banda reducido en comparación con la señal backend, por ejemplo, cuando se utiliza una constelación de señal de orden superior en el frontend, o se puede aumentar la robustez mediante codificación por FEC, es decir, la relación señal a ruido final vista por el equipo de usuario es mayor que

20

[0124] Según una realización adicional, cada SUDAC puede comprender un filtro lineal configurado por algún algoritmo controlador para realizar un filtrado lineal con el fin de producir la señal o señales transmitidas. En un caso de uso, dos señales de enlace descendente de frecuencia ultra alta recibidas por dos antenas del mismo SUDAC se pueden combinar y transmitir a través de un enlace frontend único en una frecuencia extremadamente alta. Este filtrado puede, p. ej., representar la combinación de relación máxima. De manera similar, para el enlace ascendente, se puede filtrar linealmente una sola señal frontend de dos maneras diferentes para obtener el primer o el segundo enlace de comunicación backend que se transmite a través de las dos antenas de Banda 1 de SUDACs. Este filtrado puede, p. ej., representar la formación de haces.

25

[0125] De acuerdo con realizaciones adicionales, cada equipo de usuario posee una matriz de antenas para la Banda 2 y utiliza la formación de haces en la Banda 2 y/o la cancelación de interferencias para transmitir/recibir hacia/desde los SUDACs en lugar de usar múltiples subbandas de la Banda 2 para enlace descendente y enlace ascendente. Posiblemente, cada SUDAC posee una matriz de antenas para la Banda 2 y utiliza la formación de haces en la Banda 2 y/o la cancelación de interferencias para transmitir/recibir hacia/desde los equipos de usuario. Observe que esta realización reemplaza el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) como se usa en las realizaciones anteriores por acceso múltiple por división de espacio (SDMA). La forma de la formación de haces puede configurarse estáticamente para cada equipo de usuario/SUDAC o adaptarse mediante algún algoritmo dentro del equipo de usuario/SUDAC para optimizar el rendimiento actual de transmisión/recepción.

30

[0126] De acuerdo con otra realización, si el SUDAC posee múltiples antenas de banda 1, el equipo de usuario señala al SUDAC lo que estas múltiples antenas deben transmitir (es decir, diferentes flujos de datos o la configuración de, por ejemplo, un filtro lineal necesario para la formación de haces de uno o varios flujos de datos).

35 **[0127]** De acuerdo con realizaciones adicionales, cada SUDAC posee una o múltiples antenas polarizadas y utiliza una única polarización en el frontend para transmitir/recibir hacia/desde el equipo de usuario en lugar de usar la formación de haces, y/o el equipo de usuario posee una o múltiples antenas polarizadas y utiliza una única polarización en el frontend para transmitir/recibir hacia/desde los SUDACs en lugar de usar la formación de haces. La polarización utilizada se puede configurar estáticamente para cada SUDAC/equipo de usuario, o se puede asignar por algún algoritmo interno en el SUDAC/equipo de usuario (actuando como transmisor en el frontend) con el fin de optimizar el rendimiento actual de la transmisión/recepción y puede detectarse a partir de la señal por el receptor (equipo de usuario o SUDA).

40

[0128] De acuerdo con realizaciones adicionales, cada SUDAC lleva a cabo un ensanchamiento en el sentido del espectro ensanchado de secuencia directa (DSSS) a la señal de enlace descendente frontend (por ejemplo, mediante multiplicación con una secuencia de ensanchamiento de mayor ancho de banda que la señal de enlace descendente frontend) y transmite la señal así procesada en la Banda 2 al equipo de usuario en lugar de usar múltiples subbandas de la Banda 2. El equipo de usuario lleva a cabo la compresión del espectro de banda ancha y posiblemente la cancelación de interferencias/detección multiusuario de las señales recibidas de cada uno de los SUDACs

45

conectados en lugar de recibir múltiples subbandas de la Banda 2. En lugar de o adicionalmente al enlace

descendente, dicha técnica de ensanchamiento DSSS se puede usar en el enlace ascendente frontend en lugar de transmitir/recibir en múltiples subbandas de la Banda 2, cuando el equipo de usuario y SUDAC intercambian sus roles en comparación con la técnica de enlace descendente descrita. Observe que esta realización reemplaza el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) como se usa en las realizaciones anteriores por acceso múltiple por división de código (CDMA). Las secuencias DSSS utilizadas se pueden configurar estáticamente para cada SUDA/equipo de usuario, o se pueden asignar mediante algún algoritmo interno en el SUDA/equipo de usuario (actuando como transmisor en el frontend) con el fin de optimizar el rendimiento de transmisión/recepción actual y se pueden detectar desde la señal por el receptor (equipo de usuario o SUDAC).

10 **[0129]** De acuerdo con realizaciones adicionales, el SUDAC transmite y/o recibe la representación muestreada, cuantificada (y posiblemente comprimida y codificada por FEC) de la señal backend analógica (Banda 1) como una señal frontend solo en intervalos de tiempo dedicados en la Banda 2 hacia/desde los equipos de usuario en lugar de usar múltiples subbandas de la Banda 2. De manera similar, el equipo de usuario recibe y/o transmite dicha representación digital de la señal backend analógica (Banda 1) solo en intervalos de tiempo dedicados de la Banda 2 desde/hacia los SUDACs en lugar de usar múltiples subbandas de la Banda 2. Observe que esta realización reemplaza el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) como se usa en la realización anterior por acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Los intervalos de tiempo empleados se pueden configurar estáticamente para cada SUDA/equipo de usuario, o se pueden asignar mediante algún algoritmo interno en el SUDA/equipo de usuario (actuando como transmisor en el frontend) con el fin de optimizar el rendimiento de transmisión/recepción actual y se pueden detectar a partir de la señal por el receptor (equipo de usuario o SUDA).

25 **[0130]** Con referencia a la Fig. 1a, se debe tener en cuenta que el equipo de usuario 20 puede tener solo una única antena, de modo que la transmisión entre el sistema SUDA 200 y el equipo de usuario 20 es la llamada transmisión de entrada múltiple, salida única (MISO) en el enlace descendente y una transmisión de salida única, múltiple entrada (SIMO) en el enlace ascendente. En el caso del uso de múltiples equipos de usuario, el sistema completo con transmisión simultánea a múltiples equipos de usuario representa por tanto un esquema de usuario múltiple-MIMO (MU-MIMO), que se discutirá a continuación.

30 **[0131]** Con referencia a la Fig. 1b, cabe señalar que el controlador 50, que puede implementarse como una CPU que realiza un algoritmo de control, puede integrarse en el sistema de estaciones base 100, el sistema SUDA 200 o los equipos de usuario 20. Alternativamente, el controlador se puede integrar en varias unidades de todo el sistema 40 para formar un denominado medio de control distribuido.

35 **[0132]** El controlador 50 puede configurarse además para asignar estáticamente los recursos f-t-c-s para la banda 2 y los recursos f-t-c-s para la banda 1 o para cambiar dinámicamente los recursos respectivos.

40 **[0133]** El controlador descrito anteriormente puede configurarse opcionalmente para seleccionar los recursos f-t-c-s de modo que se eviten interferencias a los sistemas SUDA vecinos o equipos de usuario adicionales conectados en el sistema SUDA. Con el fin de programar la transmisión de múltiples señales de datos a múltiples equipos de usuario conectados a la red celular a través de uno o más sistemas SUDA, los SUDACs respectivos pueden configurarse para intercambiar señales de control a través de las cuales se pueden controlar los recursos asignados a los respectivos equipos de usuario. Por tanto, el procedimiento discutido anteriormente para controlar los SUDACs puede comprender la etapa de ajustar su programación de recursos f-t-c-s utilizada en la banda 2 de acuerdo con las condiciones de canal de banda 2 entre un conjunto de SUDACs (en sí y los SUDACs vecinos) por un lado y todos los equipos de usuario vecinos por el otro, y de acuerdo con las condiciones de canal de banda 1 entre un conjunto de SUDACs por un lado y todas las estaciones base vecinas por el otro.

50 **[0134]** Por otra parte, el ajuste de la programación de recursos f-t-c-s utilizada en la banda 2 puede ser de acuerdo con el volumen de la señal recibida (por ejemplo, la cantidad de muestras dentro de un intervalo de tiempo determinado) para los equipos de usuario proporcionados.

[0135] Con referencia a la Fig. 1d, cabe señalar que las comunicaciones de luz visible (VLC) de manera alternativa pueden ser una alternativa que se utilizará para los enlaces frontend.

55 **[0136]** De acuerdo con una realización adicional, un SUDAS es una infraestructura dispersa que se controla de forma remota y de forma conjunta mediante conjuntos superpuestos de UEs (posiblemente también controlada por SUDACs y/o BSs), tal como se ilustra en la Fig. 7. Aquí todos los UEs en un conjunto están cerca. Como los conjuntos están superpuestos (no son discontinuos), no hay límites claros entre los conjuntos. Un SUDAS puede cubrir un hogar completo o incluso una ciudad completa, y un conjunto podría corresponder a todos los SUDAS en una habitación. Sin embargo, algunos de los SUDACs en la habitación A pueden recibir también en la habitación vecina B, mientras que otros no. Por ende, estos SUDACs pertenecen al conjunto en la habitación A y también al de la habitación vecina B. Eso significa que una red muy extendida de SUDACs está controlada por una red muy extendida de UEs, donde un subconjunto local (es decir, conjunto) de los SUDAS (también denominado subSUDAS, es decir, un subsistema) está controlado predominantemente por un conjunto de UE que lo rodea. Indirectamente, incluso los UEs un poco más separados tendrán una influencia en el control (ya que la asignación de recursos es un algoritmo distribuido), pero

esta influencia disminuye con la distancia.

[0137] Esta estructura de la Fig. 7 explica los desafíos para la asignación de recursos. Cada UE no tiene información sobre los SUDACs, canales y condiciones de propagación disponibles de la red completa (o incluso sobre todos los otros UEs), por ende, los algoritmos no son aplicables si requieren dicho conocimiento. Si dicho conocimiento se va a propagar a partir de cada UE a través de la red a cada UE individual, entonces la sobrecarga de comunicación es enorme.

[0138] De acuerdo con una realización adicional, se puede usar una infraestructura SUDAS para comunicarse no solo desde el exterior de un hogar (Estación Base) hacia el interior, sino también para la comunicación entre las habitaciones. Considere el caso ilustrado en la figura a continuación. Un hogar tiene una conexión (óptica) de fibra hasta el domicilio que termina, por ejemplo, en la sala de estar. Por lo tanto, hay una femto estación base (o doméstica) en la sala de estar que posiblemente utiliza comunicación 60G con el fin de proporcionar altas velocidades de transmisión de datos a todos los dispositivos dentro de la sala de estar. Sin embargo, con el fin de alcanzar altas velocidades de transmisión de datos también en otras habitaciones (por ejemplo, en la oficina en el hogar), la comunicación 60G no es posible, ya que no penetra en las paredes. El Wi-Fi convencional no proporcionará las altas velocidades de transmisión de datos deseadas, ya que la ganancia MIMO es demasiado pequeña (ya que la femto-BS tiene como máximo 4 antenas). Sin embargo, la femto-BS podría comunicarse con múltiples SUDACs en la sala de estar usando 60G y transmitir una señal VMIMO precodificada a estos SUDACs, que a continuación transmiten la señal a través de una banda de frecuencias s6G a la oficina en el hogar. Aquí, varios SUDACs reciben la señal VMIMO y la reenvían sobre 60G al UE, que puede entonces llevar a cabo la decodificación VMIMO. Por supuesto, lo mismo se aplica en la otra dirección para el enlace ascendente.

[0139] A continuación, se analizará una realización adicional que tiene una instalación multiusuario MIMO. Considere el caso donde dos equipos de usuario que pertenecen al mismo grupo de estaciones base (red móvil) necesitan recibir y transmitir datos en paralelo y ambos ven el mismo SUDAC - véase la Figura 1b.

[0140] A continuación, hay tres opciones para la asignación del SUDAC a los equipos de usuario y la asignación de los recursos backend y frontend, tal como se ilustra en la Fig. 8a. Aquí los recursos frontend están marcados por $\Gamma_{EHF,i}$. De acuerdo con una primera opción, el grupo de estaciones base asigna recursos de código-frecuencia-tiempo no superpuestos en el backend a ambos equipos de usuario, es decir, los dos equipos de usuario no reciben el mismo tiempo/frecuencia/código de ensanchamiento (o transmiten, respectivamente). En este caso, ambos equipos de usuario siempre pueden compartir el SUDAC o posiblemente pueden usar el SUDAC por turnos, es decir, para el enlace descendente, el SUDAC transmite el enlace backend siempre a ambos SUDACs, o al principio a SUDAC 1 y después a SUDAC 2, etc. Para el enlace ascendente se puede seguir un principio similar. La ventaja de este esquema es que la asignación de recursos y el procesamiento de señales tanto para los equipos de usuario como para la estación base son bastante simples.

[0141] De acuerdo con una segunda opción, el grupo de estaciones base asigna los mismos recursos de tiempo-frecuencia-código en el backend a ambos equipos de usuario, es decir, los dos equipos de usuario reciben el mismo tiempo/frecuencia/código de ensanchamiento (o transmiten, respectivamente), y el SUDAC se asigna a ambos equipos de usuario simultáneamente o a un equipo de usuario para uno cualquiera de intervalo de transmisión y posiblemente se puede reasignar al otro equipo de usuario para el siguiente intervalo de transmisión. Esto significa que, en cualquier intervalo de transmisión, ambos equipos de usuario tienen su antena interna más la antena virtual representada por el SUDAC y ambos pueden usar un sistema N X 2-MIMO, o un equipo de usuario tiene su antena interna más la antena virtual representada por el SUDAC y puede usar un sistema N X 2-MIMO con el grupo de estaciones base, mientras que el otro equipo de usuario solo posee su antena interna y puede usar solo un sistema N X 1-MISO. Como ambos equipos de usuario emplean los mismos recursos de tiempo-frecuencia-código, sus transmisiones solo se separan en la dimensión espacial mediante el uso de antenas (virtuales) en diferentes ubicaciones. Mediante el procesamiento de señales en los equipos de usuario, las señales de enlace descendente se pueden separar siempre que el enlace descendente en un equipo de usuario consista solo en un único flujo espacial y el enlace descendente en el otro equipo de usuario no consista en más de dos flujos espaciales, lo que da un total máximo de 3 flujos espaciales para 3 antenas de recepción. Dicho esquema se denomina multiusuario MIMO (MU-MIMO). La ventaja de este esquema es que el procesamiento de señales tanto para los equipos de usuario como para la estación base no es demasiado complejo, y el esquema puede lograr velocidades de transmisión de datos generales más altas (suma sobre los dos equipos de usuario) que el esquema anterior que no es MU-MIMO, porque las tres antenas (virtuales) siempre se utilizan simultáneamente, por ende, explotando completamente la dimensión espacial.

[0142] De acuerdo con una tercera opción, el grupo de estaciones base asigna los mismos recursos de tiempo-frecuencia en el backend a ambos equipos de usuario, es decir, los dos equipos de usuario reciben al mismo tiempo/frecuencia (o transmiten, respectivamente), y el SUDAC siempre se asigna a ambos equipos de usuario simultáneamente. Esto significa que, en cualquier intervalo de transmisión, ambos equipos de usuario tienen su antena interna más la antena virtual representada por el SUDAC y pueden utilizar un sistema N X 2-MIMO con el grupo de estaciones base. En este esquema, el enlace descendente a ambos equipos de usuario consiste simultáneamente en dos flujos espaciales. Dado que ambos equipos de usuario emplean los mismos recursos de tiempo-frecuencia y parcialmente los mismos recursos espaciales (una antena compartida), sus transmisiones solo pueden separarse en

la dimensión de código soportada por la dimensión espacial. Para acercarse a la capacidad del canal, la separación requiere un tipo de detección multiusuario, ya sea filtrado lineal (por ejemplo, basado en el criterio de error cuadrático mínimo medio), cancelación de interferencias, decodificación de máxima probabilidad (por ejemplo, usando un decodificador de esfera) o procedimientos iterativos que se acercan al resultado de decodificación de máxima probabilidad. Dicho esquema también es una variante de MU-MIMO. Si bien un equipo de usuario solo necesita decodificar su propia señal de enlace descendente, el segundo equipo de usuario primero tiene que llevar a cabo la misma decodificación que el primer equipo de usuario seguido de una segunda decodificación de su propia señal de enlace descendente, donde el resultado de la primera decodificación debe tenerse en cuenta. Cuando el primer equipo de usuario UE 1 decodifica su señal de enlace descendente, la segunda señal de enlace descendente se considera interferencia, y la velocidad de transferencia de datos R_1 en la región de velocidad mostrada en la Figura 8a se puede transmitir a través de este enlace descendente (o R_2 , respectivamente, cuando el UE 2 asume el papel del primer equipo de usuario). El segundo equipo de usuario UE 2 puede realizar una velocidad de transmisión de datos $R_{2|1}$, que es mayor que R_2 , porque la señal de enlace descendente decodificada del primer equipo de usuario se tiene en cuenta y ya no representa interferencia (de manera similar $R_{1|2}$ para el UE 1, cuando se intercambian los roles de los equipos de usuario). La cara (llamada dominante) de la región de velocidad que está etiquetada con " $R_1' + R_2$ " solo se puede alcanzar mediante la detección conjunta multiusuario (es decir, la decodificación conjunta de ambas señales de enlace descendente en lugar de secuencialmente), lo que representa una complejidad significativa, o mediante el uso de una estrategia de división de velocidad (cf. Grant, A.J.; Rimoldi, B.; Urbanke, R.L.; Whiting, P.A, "Rate-splitting multiple access for discrete memoryless channels," Information Theory, IEEE Transactions on, vol. 47, n.º 3, págs. 873,890, marzo de 2001), donde un solo equipo de usuario se divide artificialmente en al menos dos equipos de usuario virtuales, cada uno experimentando exactamente el mismo canal de propagación, y cada uno asigna una velocidad de transmisión de datos $R_{i,1}, R_{i,2}, \dots$, donde la velocidad de transmisión de datos total del equipo de usuario es $R_i' = R_{i,1} + R_{i,2} + \dots$.

Para el enlace ascendente, se puede usar un procedimiento de decodificación similar y una estrategia de división de velocidad, donde, sin embargo, la decodificación se lleva a cabo exclusivamente en la estación base. La ventaja de este esquema es que pueden lograr velocidades de transmisión de datos generales aún más altas (suma sobre los dos equipos de usuario) que los esquemas anteriores, porque ambos equipos de usuario explotan completamente la dimensión de espacio simultáneamente (ambos usan dos antenas (virtuales)) y que es más flexible para asignar una velocidad de transmisión de datos requerida a los equipos de usuario, como se ilustra en la Fig. 8b.

[0143] La Fig. 8b muestra un diagrama que ilustra la influencia cruzada de dos UEs usando MU-MIMO en la velocidad de transmisión de datos resultante. El inconveniente es que la asignación de recursos y especialmente el procesamiento de señales son significativamente más complejos que para las estrategias anteriores.

[0144] De acuerdo con una realización, los equipos de usuario y/o la estación base llevan a cabo una detección multiusuario MIMO para SUDACs compartidos, es decir, para las antenas virtuales compartidas de los equipos de usuario. Aquí, se pueden usar tecnologías como el filtrado lineal (por ejemplo, basado en el criterio de error cuadrático mínimo medio), la cancelación de interferencias, la decodificación de máxima probabilidad (por ejemplo, usando un decodificador de esfera) o procedimientos iterativos que se acercan al resultado de decodificación de máxima probabilidad. Además, los procedimientos descritos anteriormente para la asignación de recursos son aplicables a dichos conceptos MU-MIMO. Por ejemplo, dos equipos de usuario pueden utilizar los mismos recursos de tiempo-frecuencia si se seleccionan diferentes recursos de código (ensanchamiento). Esta asignación de recursos es realizada por el controlador descrito anteriormente.

[0145] El controlador descrito anteriormente también puede ser aplicable a otros sistemas que comprenden un primer y un segundo BS-SUDAC, como se ilustra en las Figs. 9a y 9b.

[0146] La Fig. 9a muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema SUDAC que comprende un primer y un segundo BS-SUDAC 260 y 270 configurados para establecer un enlace de comunicación entre backend 103 respectivamente con la estación base 100', aquí un femto/estación base doméstica, usando la frecuencia extremadamente alta (cf. enlace backend 22). La estación base 100' está configurada para recibir información de un proveedor de servicios, por ejemplo, la estación base 100' puede ser una estación base doméstica local tal como un servidor doméstico que comprende una conectividad troncal, por ejemplo, a través de una fibra óptica, una conexión cableada o una conexión inalámbrica. Esto se puede llamar una femto estación base o una estación base doméstica. La estación base 100' comprende una pluralidad de interfaces o antenas de comunicación inalámbrica, por ejemplo, 3, 4 o más.

[0147] La estación base 100' está configurada para establecer los enlaces backend 22 en función de una conexión LoS a los BS-SUDACS 260 y 270. Por lo tanto, los BS-SUDACS 260 y 270 se pueden utilizar como antenas virtuales de la estación base 100'. Cuando se compara con los SUDACs 210 y 220 utilizados por el equipo de usuario 20, la estación base 100' utiliza los BS-SUDACS 210 y 220 de una manera similar, donde una comunicación entre la estación base 100' y los BS-SUDACS 260 y 270 en el primer lado y el equipo de usuario 20 y los SUDACs 210 y 220 en el segundo lado se habilita mediante enlaces intrarred 101 que se establecen usando la frecuencia ultra alta. Esto permite una distribución de información desde la estación base 100' a los SUDACs 210 y 220 de una manera más eficiente, ya que no solo se establece un enlace de conexión entre la estación base y un SUDAC, cada socio de

comunicación, equipo de usuario 20, SUDACs 210, 220, BS-SUDACs 260 y 270 y estación base 100', pueden comunicarse a través de una pluralidad o incluso una multitud de canales entre sí.

5 **[0148]** El BS-SUDAC puede implementarse mediante un SUDAC 210 o 220' configurado para establecer un enlace de comunicación con la estación base 100' usando la frecuencia extremadamente alta y con SUDACs 210a y 220b adicionales y/o con el equipo de usuario 20 usando la frecuencia ultra alta. En palabras simples, los BS-SUDACs 260 y 270 pueden ser un SUDAC 210 o 220 que se comunica con el equipo de usuario 20 y la estación base 100' en roles intercambiados.

10 **[0149]** De manera alternativa, el sistema SUDAC puede comprender solo un BS-SUDAC 260 o 270 una cantidad diferente de un SUDAC, p. ej., cero, uno o más de dos.

[0150] En otras palabras, la infraestructura SUDAS se puede utilizar para comunicarse no solo desde el exterior de un hogar (Estación Base) al interior, sino también para la comunicación entre habitaciones. Como se representa en la Fig. 9, un hogar tiene una conexión de fibra hasta el domicilio (óptica) que termina, por ejemplo, en la sala de estar. Por tanto, hay una femto estación base (o doméstica) 100' en la habitación respectiva, por ejemplo, la sala de estar que posiblemente utiliza comunicación 60G (banda 1) con el fin de proporcionar altas velocidades de transmisión de datos a todos los dispositivos dentro de la sala de estar. Sin embargo, para alcanzar altas velocidades de transmisión de datos también en otras habitaciones (por ejemplo, en la oficina en el hogar), la comunicación 60G no es posible, ya que podría no penetrar en las paredes. Es posible que el Wi-Fi convencional no proporcione las altas velocidades de transmisión de datos deseadas, ya que la ganancia de MIMO es demasiado pequeña (por ejemplo, cuando la femto estación base 100' tiene como máximo 4 antenas). Sin embargo, la femto-BS podría comunicarse con múltiples SUDACs en la sala de estar usando 60G y transmitir una señal MIMO virtual (VMIMO) precodificada a estos SUDAC 260 y 270, que a continuación transmiten la señal a través de una banda de frecuencias s6G (banda 2) a la oficina en el hogar. Aquí, varios SUDACs 210 y 220 reciben la señal VMIMO y la reenvían sobre 60G al equipo de usuario 20, que a continuación puede llevar a cabo la decodificación VMIMO. Por supuesto, lo mismo se aplica en la otra dirección para el enlace ascendente. Este escenario puede requerir una asignación de recursos, que incluye también la femto estación base 100', ya que hace uso de enlaces/canales en la banda 2 (que se denominan "enlaces frontend", pero el significado de esto se incumple en este escenario).

30 **[0151]** La Fig. 9b muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema SUDAC adicional que comprende dos equipos de usuario 20a y 20b y dos SUDACs 210 y 220. El SUDAC 210 estableció un enlace de comunicación frontend 21a_1 con el equipo de usuario 20a y un enlace de comunicación frontend 21b_1 con el equipo de usuario 20b. El SUDAC 220 ha establecido un enlace de comunicación frontend 21a_2 con el equipo de usuario 20a y un enlace de comunicación frontend 21b_2 con el equipo de usuario 20b. El enlace de comunicación frontend 101 entre la estación base 100' y el SUDAC 220 está (temporalmente) inactivo, por ejemplo, ya que ninguno de los equipos de usuario 20a y 20b solicita servicio de la estación base 100'. Por tanto, el equipo de usuario 20a y 20b y los SUDACs 210 y 220 pueden cambiar a un modo de funcionamiento de dispositivo a dispositivo (D2D), por ejemplo, en función de un enlace de comunicación inactivo o ausente a la estación base 100' o en función de un comando de usuario transmitido por el equipo de usuario 20a o 20b.

45 **[0152]** El sistema SUDAC permite una propagación eficiente de información y/o datos de un equipo de usuario 20a o 20b a otro. Esto puede estar destinado, por ejemplo, a la transmisión de vídeo o audio o compartir dentro de una habitación o espacio pequeño, por ejemplo, dentro de un edificio o un automóvil. El sistema SUDAC puede volver al funcionamiento normal como se describió anteriormente, por ejemplo, en función de un comando de usuario o en función de una solicitud de comunicación de la estación base a un equipo de usuario 20a o 20b o viceversa. La asignación de recursos puede ser realizada por un controlador (o por el SUDAC 210, 220, el equipo de usuario 20a y/o 20b que comprende el controlador implementado). Por tanto, al menos el controlador (comparable al controlador descrito anteriormente; es decir, el control se realiza de acuerdo con los principios de control discutidos anteriormente) puede ser necesario para estar al tanto del resto de los socios de comunicación para determinar y propagar la asignación de recursos.

55 **[0153]** Alternativamente, solo se pueden organizar uno o más SUDACs. Alternativamente o adicionalmente, se pueden disponer más de dos equipos de usuario.

60 **[0154]** En otras palabras, existe un escenario similar al escenario representado en la Fig. 10a, cuando dos UEs desean intercambiar datos directamente (no a través de una Estación Base). Esto se denomina comunicación de dispositivo a dispositivo (D2D). Un caso de uso es dentro de un coche, donde un reproductor de vídeo quiere transferir un vídeo al sistema de entretenimiento para asientos traseros, incluyendo las pantallas. Si los UEs no se "ven" entre sí, tienen que comunicarse utilizando la infraestructura SUDAS en el coche. Observe que toda la comunicación entre los dos UEs/dispositivos (por medio de los SUDACs) puede tener lugar en 60G en este caso (en s6G, las condiciones de propagación pueden ser mejores, pero posiblemente la velocidad de transmisión de datos deseada no sea alcanzable en este caso). Básicamente, un único SUDAC sería suficiente para transmitir la señal 60G del UE 20a a 20b y/o viceversa. Sin embargo, puede haber razones para que haya varios SUDACs. Por ejemplo, cada SUDAC individual no proporciona canales de ancho de banda lo suficientemente grandes, de modo que no se pueden alcanzar

las velocidades de transmisión de datos deseadas, cuando se usa un único SUDAC, pero se deben usar múltiples SUDACs juntos. Alternativa o adicionalmente, la diversidad del espacio podría ser una razón más, ya que las personas se mueven en el automóvil y el automóvil se mueve en la calle, tales condiciones de propagación pueden variar rápidamente. Dicho escenario se puede tener en cuenta, cuando se asignan los recursos en 60G, donde la asignación de recursos es realizada o controlada por un controlador.

[0155] Aunque se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, es evidente que estos aspectos representan también 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 representan también 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 usando) 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.

[0156] Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, las realizaciones de la invención pueden implementarse 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.

[0157] Algunas realizaciones según la invención comprenden un soporte de datos que tiene señales de control legibles electrónicamente, que son capaces de cooperar con un sistema informático programable, de modo que se realiza uno de los procedimientos descritos en esta invención.

[0158] En general, las realizaciones de la presente invención pueden implementarse como un producto de programa informático con un código de programa, siendo el 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 puede almacenarse, por ejemplo, en un soporte legible por máquina.

[0159] Otras realizaciones comprenden el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención, almacenados en un soporte legible por máquina.

[0160] 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 esta invención, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

[0161] Una realización adicional de los procedimientos inventivos es, por lo tanto, un soporte 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 esta invención. El soporte de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio grabado son típicamente tangibles y/o no transitorios.

[0162] Una realización adicional del procedimiento inventivo es, por lo tanto, un tren de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. El tren de datos o la secuencia de señales pueden estar configurados, por ejemplo, para que se transfieran a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de Internet.

[0163] 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 esta invención.

[0164] Una realización adicional comprende un ordenador que tiene instalado en el mismo el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención.

[0165] Una realización adicional según la invención comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, electrónicamente u ópticamente) un programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención a un receptor. El receptor puede, por ejemplo, ser un ordenador, 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.

[0166] En algunas realizaciones, puede usarse un dispositivo lógico programable (por ejemplo, una matriz de puertas programable *in situ*) para realizar algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en esta invención. En algunas realizaciones, una matriz de puertas programable *in situ* puede cooperar con un microprocesador con el fin de realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. En general, los

procedimientos se realizan preferentemente mediante cualquier aparato de hardware.

[0167] Las realizaciones descritas anteriormente son simplemente ilustrativas de los principios de la presente invención. Se entiende que, para otros expertos en la materia, resultarán evidentes modificaciones y variaciones de las disposiciones y los detalles descritos en esta invención. Por lo tanto, la intención es que esté limitada solo por el alcance de las reivindicaciones de patente inminentes y no por los detalles específicos presentados a modo de descripción y explicación de las realizaciones de esta invención.

REIVINDICACIONES

1. Un primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) que comprende un controlador (50) para controlar un sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido (200), el sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido (200) perteneciendo a un sistema (40) que comprende un primer grupo de redes de estaciones base (100a) y un segundo grupo de redes de estaciones base (100b), el sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido (200), un primer equipo de usuario (20a), un segundo equipo de usuario (20b) y el controlador (50); el sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido (200) comprendiendo el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y un segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220), siendo el primer equipo de usuario (20a) asignado al primer grupo de redes de estaciones base (100a) y siendo el segundo equipo de usuario (20b) asignado al segundo grupo de redes de estaciones base (100b);
- a) donde el primer y el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) están configurados para usar una frecuencia ultra alta con el fin de transmitir al menos una señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2) al primer grupo de redes de estaciones base (100a) y configurados para usar una frecuencia ultra alta con el fin de transmitir al menos una señal de comunicación backend (101b_1, 101b_2) al segundo grupo de redes de estaciones base (100b) y para usar una frecuencia extremadamente alta con el fin de transmitir al menos una señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) al primer y/o al segundo equipo de usuario (20a, 20b) y con el fin de transmitir una señal de carga útil recibida a través de la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) y con el fin de transmitirse a través de la señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) mientras que la frecuencia convierte la frecuencia ultra alta a la frecuencia extremadamente alta y con el fin de transmitir la señal de carga útil recibida a través de la señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) y para transmitirse a través de la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) mientras que la frecuencia convierte la frecuencia extremadamente alta a la frecuencia ultra alta;
- b) donde el primer equipo de usuario (20a) está configurado para comunicarse a través de una primera señal de comunicación frontend (21a_1) con el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una segunda señal de comunicación frontend (21a_2) con un segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220), o a través de la primera señal de comunicación frontend (21a_1) con el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una señal de comunicación directa (102) directamente con el primer grupo de redes de estaciones base (100a), donde la primera señal de comunicación frontend (21a_1) se convierte en una primera señal de comunicación backend (101a_1) utilizada para la comunicación con el primer grupo de redes de estaciones base (100a) por el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y donde la segunda señal de comunicación frontend (21a_2) se convierte en una segunda señal de comunicación backend (101a_2) utilizada para la comunicación con el primer grupo de redes de estaciones base (100a) por el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220);
- c) donde el segundo equipo de usuario (20b) está configurado para comunicarse a través de una primera señal de comunicación frontend (21b_1) con el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una segunda señal de comunicación frontend (21b_2) con el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220), o a través de una primera señal de comunicación frontend (21b_1) con el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una señal de comunicación directa (102) directamente con el segundo grupo de redes de estaciones base (100b), donde la primera señal de comunicación frontend (21b_1) se convierte en una primera señal de comunicación backend (101b_1) utilizada para la comunicación con el segundo grupo de redes de estaciones base (100b) por el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y donde la segunda señal de comunicación frontend (21b_2) se convierte en una segunda señal de comunicación backend (101b_2) utilizada para la comunicación con el segundo grupo de redes de estaciones base (100b) por el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220);
- d) donde el primer y el segundo equipo de usuario (20a, 20b) están configurados para agregar las primera y segunda señales de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2,) o la primera señal de comunicación frontend (21a_1, 21b_1,) y la señal de comunicación directa (102) para aumentar una velocidad de transmisión de datos disponible;
- e) donde el controlador (50) está configurado
- e1) para seleccionar los primeros recursos, donde una primera parte de los primeros recursos caracteriza las configuraciones de la primera señal de comunicación frontend (21a_1) y de la primera señal de comunicación backend correspondiente (101a_1) y donde una segunda parte de los primeros recursos caracteriza las configuraciones de la segunda señal de comunicación frontend (21a_2) y de la segunda señal de comunicación backend correspondiente (101a_2), para el primer equipo de usuario (20a) y
- e2) para seleccionar segundos recursos, donde una primera parte de los segundos recursos caracteriza las configuraciones de la primera señal de comunicación frontend (21b_1) y de la primera señal de comunicación backend correspondiente (101b_1) y donde una segunda parte de los segundos recursos caracteriza las configuraciones de la segunda señal de comunicación frontend (21b_2) y de la segunda señal de comunicación backend correspondiente (101b_2), para el segundo equipo de usuario (20b),
- e3) teniendo en cuenta los requisitos de velocidad de transmisión de datos y/o las capacidades de velocidad de transmisión de datos del primer y/o del segundo equipo de usuario (20a, 20b) y/o del primer y/o del segundo

- grupo de redes de estaciones base (100a, 100b) y/o de manera que las primeras señales de comunicación frontend (21a_1, 21b_1) del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) así como las segundas señales de comunicación frontend (21a_2, 21b_2) del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) puedan distinguirse entre sí y/o de manera que las pérdidas de transmisión causadas por interferencias en la primera señal de comunicación frontend (21a_1, 21b_1) y la segunda señal de comunicación frontend (21a_2, 21b_2) del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) se reduzcan,
- 5 e4) donde el controlador (50) está configurado para controlar a través de una señal de control el primer y/o el segundo equipo de usuario (20a, 20b) y/o el primer y/o el segundo relé del lado del equipo de usuario (210, 220),
- 10 y
- e5) el controlador (50) tiene acceso a toda la información relevante proporcionada por los dispositivos del sistema o disponible en un canal de control.
2. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según la reivindicación 1, donde los
- 15 primer y segundo recursos comprenden los recursos de un grupo que comprende recursos de tiempo, recursos de frecuencia, recursos de código y/o recursos espaciales.
3. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según la reivindicación 2, donde el controlador (50) está configurado para controlar, a través de una señal de control, los recursos de tiempo del primer y
- 20 del segundo equipo de usuario (20a, 20b) y del primer y del segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) que comprende una memoria mediante la asignación de intervalos de tiempo respectivos a la primera y a la segunda señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) y/o a la primera y a la segunda señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2), con el fin de realizar una modulación por TDM/TDMA; y/o
- 25 donde el controlador (50) está configurado para controlar, a través de la señal de control, los recursos de frecuencia del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) y del primer y del segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) comprendiendo un convertidor de frecuencia y de multiplexación (212, 222) mediante la asignación de frecuencias de la portadora respectivas a la primera y a la segunda señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) y/o a la primera y a la segunda señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2,
- 30 101b_1, 101b_2), con el fin de realizar una modulación por FDM/FDMA; y/o
- donde el controlador (50) está configurado para controlar, a través de la señal de control, los recursos de código del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) y del primer y del segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) comprendiendo un procesador mediante la asignación de esquemas de codificación especiales respectivos a la primera y a la segunda señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2)
- 35 y/o a la primera y a la segunda señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2), con el fin de realizar una modulación por TDM/TD-MA, con el fin de realizar una modulación por CDM/CDMA; y/o
- donde el controlador (50) está configurado para controlar, a través de la señal de control, los recursos espaciales del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) usando el primer y el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) como antenas virtuales mediante la transmisión de las primeras señales de
- 40 comunicación respectivas y/o las segundas señales de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) a los relés del lado del equipo de usuario compartido respectivos (210, 220), con el fin de realizar una modulación por SDM/SDMA; y/o
- donde el controlador (50) está configurado para controlar, a través de la señal de control, los recursos adicionales que comprenden los factores variables de un grupo que comprende frecuencia de la portadora, separación entre
- 45 portadoras, potencia de señal, tipo de polarización, índices del elemento de antena, parámetros de formación de haces y/o parámetros de ensanchamiento de DSSS.
4. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según la reivindicación 3, donde el convertidor de frecuencia y de multiplexación (212, 222) está configurado para transmitir la señal de carga útil sin
- 50 decodificación.
5. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según una de las reivindicaciones 1 a 4, donde el controlador está configurado para seleccionar los primeros y segundos recursos en función de una evaluación de datos CSI de primer grado que indican una intensidad de señal en un tercer equipo de usuario que se
- 55 conecta al controlador a través de al menos un tercer relé del lado del equipo de usuario compartido (230) o en función de una evaluación de datos CSI de segundo grado que indican una intensidad de señal en un cuarto equipo de usuario que se conecta al controlador a través de al menos un tercer equipo de usuario y de un tercer y de un cuarto relé del lado del equipo de usuario compartido (230, 240).
- 60 6. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según una de las reivindicaciones 1 a 5, donde una distancia entre las antenas del primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) y del segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) es de al menos 0,5 o 10 veces una longitud de onda de la frecuencia ultra alta para permitir la formación de haces.
- 65 7. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según una de las reivindicaciones 1

- a 6, donde el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220), o el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) está integrado en una toma de corriente de pared eléctrica, interruptores de luz eléctrica, una toma de luz eléctrica, un dispositivo de toma de corriente que se conecta a una toma de corriente de pared en uno de sus lados y ofrece una toma de corriente libre en el otro lado, una farola o un automóvil o en un equipo de usuario adicional (20a, 20b).
- 5
8. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según una de las reivindicaciones 1 a 7, donde el primer y el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) están configurados para transmitir en paralelo las primera y segunda señales de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) y las primera y segunda señales de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) entre el primer equipo de usuario (20a, 20b) y el primer grupo de estaciones base y entre el segundo equipo de usuario (20a, 20b) y el segundo grupo de estaciones base.
- 10
9. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según la reivindicación 8, donde el controlador (50) controla el primer y el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) de modo que no se intercambien las señales de carga útil entre el primer equipo de usuario (20a, 20b) y el segundo grupo de estaciones base y entre el segundo equipo de usuario (20a, 20b) y el primer grupo de estaciones base.
- 15
10. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según una de las reivindicaciones 1 a 9, donde la primera y la segunda señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) del primer o del segundo equipo de usuario (20a, 20b) representa una superposición de señales de frecuencia ultra alta transmitidas a través de la primera portadora y de la segunda portadora mediante el uso de al menos dos antenas (12a, 12b, 12c) de un grupo de estaciones base respectivo.
- 20
11. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según una de las reivindicaciones 1 a 10, donde el sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido comprende un relé del lado del equipo de usuario compartido adicional (210, 220) que se configura para utilizar una frecuencia ultra alta con el fin de transmitir una señal de comunicación backend adicional (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) al primer y/o al segundo grupo de redes de estaciones base (100a, 100b) y para utilizar una frecuencia extremadamente alta con el fin de transmitir una señal de comunicación frontend adicional (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) al primer y/o al segundo equipo de usuario (20a, 20b), donde el controlador (50) está configurado para usar la señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) y/o la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) del relé del lado del equipo de usuario compartido adicional en lugar de la señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) y/o de la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) del primer o del segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) si una calidad de enlace de la señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) y/o de la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) del relé del lado del equipo de usuario compartido adicional en vista del primer y/o del segundo equipo de usuario (20a, 20b) es mayor en comparación con una calidad de enlace de la señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) y/o de la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) del primer o del segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) en vista del primer y/o del segundo equipo de usuario respectivo (20a, 20b).
- 25
- 30
- 35
- 40
12. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según una de las reivindicaciones 1 a 11, donde el controlador (50) es un controlador combinado y/o un controlador compartido (50) integrado en una pluralidad de entidades del primer y/o del segundo equipo de usuario (20a, 20b) y/o en el primer y/o el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) o donde el controlador (50) se realiza como un protocolo o un algoritmo que se ejecuta a través de un canal de control que conecta el primer y el segundo equipo de usuario (20a, 20b) y el primer y el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220).
- 45
- 50
13. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según una de las reivindicaciones 1 a 12, donde el controlador (50) está configurado para proporcionar información con respecto a los relés del lado del equipo de usuario compartido disponibles (210, 220) al primer y/o segundo grupo de estaciones base (100a, 100b) de modo que el primer y/o segundo grupo de estaciones base (100a, 100b) realice la asignación de recursos de la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) en función de la información.
- 55
14. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según una de las reivindicaciones 1 a 13, donde el controlador (50) está configurado para seleccionar o para iniciar la selección de recursos de tiempo-frecuencia-código utilizados para la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) y para seleccionar los primer y/o segundo recursos que permiten una asignación de los relés del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) a los equipos de usuario respectivos (20a, 20b) con el fin de permitir el uso de multiusuario MIMO y/o de modo que el relé del lado del equipo de usuario compartido respectivo (210, 220) sea utilizado por uno de los equipos de usuario (20a, 20b) en un momento cualquiera o por una pluralidad de equipos de usuario (20a, 20b) simultáneamente.
- 60
- 65
15. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según la reivindicación 14, donde el

controlador (50) selecciona los recursos de manera que se asignen múltiples códigos de extensión simultáneos a uno de los equipos de usuario (20a, 20b) para permitir una división de velocidad en una transmisión MU-MIMO.

16. Un sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido (200) que comprende un primer grupo de redes de estaciones base (100a, 100b) y un segundo grupo de redes de estaciones base (100a, 100b), un segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) así como un primer equipo de usuario (20a, 20b) asignado al primer grupo de redes de estaciones base (100a, 100b) y un segundo equipo de usuario (20a, 20b) asignado al primer grupo de redes de estaciones base (100a, 100b) y el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según una de las reivindicaciones 1 a 15.

17. Un procedimiento para controlar un sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido (200) implementado como algoritmo de control integrado en un primer o un segundo equipo de usuario (20a, 20b) o en un primer o un segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220), el sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido (200) comprendiendo un primer grupo de redes de estaciones base (100a) y un segundo grupo de redes de estaciones base (100b), un primer y un segundo relés del lado del equipo de usuario compartido (210) así como un primer equipo de usuario (20a) que se asigna al primer grupo de redes de estaciones base (100a) y un segundo equipo de usuario (20b) que se asigna al segundo grupo de redes de estaciones base (100b),

a) donde el primer y el segundo relés del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) están configurados para usar una frecuencia ultra alta con el fin de transmitir al menos una señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2) al primer grupo de redes de estaciones base (100a) y para usar una frecuencia ultra alta con el fin de transmitir al menos una señal de comunicación backend (101b_1, 101b_2) al segundo grupo de redes de estaciones base (100b) y para usar una frecuencia extremadamente alta con el fin de transmitir al menos una señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) al primer y/o al segundo equipo de usuario (20a, 20b) y para transmitir una señal de carga útil recibida a través de la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) y para transmitirse a través de la señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) mientras que la frecuencia convierte la frecuencia ultra alta a la frecuencia extremadamente alta y para transmitir la señal de carga útil recibida a través de la señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) y para transmitirse a través de la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) mientras que la frecuencia convierte la frecuencia extremadamente alta a la frecuencia ultra alta,

b) donde el primer equipo de usuario (20a) está configurado para comunicarse a través de una primera señal de comunicación frontend (21a_1) con el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una segunda señal de comunicación frontend (21a_2) con un segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220), o a través de una primera señal de comunicación frontend (21a_1) con el primer relé de lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una señal de comunicación directa (102) directamente con el primer grupo de redes de estaciones base, donde la primera señal de comunicación frontend (21a_1, 21b_1) se convierte en una primera señal de comunicación backend (101a_1, 101b_1) utilizada para la comunicación con el primer grupo de redes de estaciones base (100a) por el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y donde la segunda señal de comunicación frontend (21a_2, 21b_2) se convierte en una segunda señal de comunicación backend (101a_2, 101b_2) utilizada para la comunicación con el primer grupo de redes de estaciones base (100a) por el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220);

c) donde el segundo equipo de usuario (20b) está configurado para comunicarse a través de una primera señal de comunicación de frontend (21b_1) con el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una segunda señal de comunicación frontend (21b_2) con el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220), o a través de una primera señal de comunicación frontend (21b_1) con el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una señal de comunicación directa (102) directamente con el segundo grupo de redes de estaciones base (100b), donde la primera señal de comunicación frontend (21a_1, 21b_1) se convierte en una primera señal de comunicación backend (101a_1, 101b_1) utilizada para la comunicación con el segundo grupo de redes de estaciones base (100b) por el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (220) y donde la segunda señal de comunicación frontend (21a_2, 21b_2) se convierte en una segunda señal de comunicación backend (101a_2, 101b_2) utilizada para la comunicación con el segundo grupo de redes de estaciones base (100b) por el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210);

d) donde el primer y el segundo equipo de usuario (20a, 20b) están configurados para agregar la primera y la segunda señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) o la primera señal de comunicación frontend (21a_1, 21b_1) y la señal de comunicación directa (102) para aumentar una velocidad de transmisión de datos disponible;

e) comprendiendo el procedimiento las etapas:

e1) seleccionar los primeros recursos, donde una primera parte de los primeros recursos caracteriza las configuraciones de la primera señal de comunicación frontend (21a_1) y de la primera señal de comunicación backend correspondiente (101a_1) y donde una segunda parte de los primeros recursos caracteriza las configuraciones de la segunda señal de comunicación frontend (21a_2) y de la segunda señal de comunicación backend correspondiente (101a_2), para el primer equipo de usuario (20a); y

e2) seleccionar segundos recursos, donde una primera parte de los segundos recursos caracteriza las

configuraciones de la primera señal de comunicación frontend (21b_1) y de la primera señal de comunicación backend correspondiente (101b_1) y donde una segunda parte de los segundos recursos caracteriza las configuraciones de la segunda señal de comunicación frontend (21b_2) y de la segunda señal de comunicación backend correspondiente (101b_2), para el segundo equipo de usuario (20b),

5 e3) teniendo en cuenta los requisitos del primer y/o del segundo equipo de usuario (20a, 20b) y/o del primer y/o del segundo grupo de redes de estaciones base (100a, 100b) y/o de modo que las primeras señales de comunicación frontend (21a_1, 21b_1) del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) así como las segundas señales de comunicación frontend (21a_2, 21b_2) del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) puedan distinguirse entre sí y/o de modo que las pérdidas de transmisión causadas por interferencias en la primera señal de comunicación frontend (21a_1, 21b_1) y en la segunda señal de comunicación frontend (21a_2, 21b_2) del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) se reduzcan;

10 e4) donde el control del primer y/o del segundo equipo de usuario (20a, 20b) y/o del primer y/o del segundo relé del lado del equipo de usuario (210, 220) se realiza a través de una señal de control y en función del acceso a toda la información relevante proporcionada por los dispositivos del sistema o disponible en el canal de control.

18. El procedimiento según la reivindicación 17, donde el algoritmo de control se ejecuta mediante una pluralidad de entidades del primer y/o del segundo equipo de usuario (20a, 20b) y/o del primer y/o del segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220).

19. 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, el procedimiento según la reivindicación 17 o 18.

20. Un sistema (40) que comprende un primer grupo de redes de estaciones base (100a) y un segundo grupo de redes de estaciones base (100b), un sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido (200), un primer equipo de usuario (20a), un segundo equipo de usuario (20b) y un controlador (50); el sistema de antenas distribuidas del lado del equipo de usuario compartido (200) comprendiendo un primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y un segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220), siendo el primer equipo de usuario (20a) asignado al primer grupo de redes de estaciones base (100a) y siendo el segundo equipo de usuario (20b) asignado al segundo grupo de redes de estaciones base (100b), siendo el controlador (50) implementado en el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) o siendo implementado en el primer equipo de usuario (20a) o siendo implementado como algoritmo de control ejecutado por una pluralidad de entidades del primer y/o del segundo equipo de usuario (20a, 20b) y/o del primer y/o del segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220);

a) donde el primer y el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) están configurados para usar una frecuencia ultra alta con el fin de transmitir al menos una señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2) al primer grupo de redes de estaciones base (100a) y para usar una frecuencia ultra alta con el fin de transmitir al menos una señal de comunicación backend (101b_1, 101b_2) al segundo grupo de redes de estaciones base (100b) y para usar una frecuencia extremadamente alta con el fin de transmitir al menos una señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) al primer y/o al segundo equipo de usuario (20a, 20b) y para transmitir una señal de carga útil recibida a través de la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) y para transmitirse a través de la señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) mientras que la frecuencia convierte la frecuencia ultra alta a la frecuencia extremadamente alta y para transmitir la señal de carga útil recibida a través de la señal de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2) y para transmitirse a través de la señal de comunicación backend (101a_1, 101a_2, 101b_1, 101b_2) mientras que la frecuencia convierte la frecuencia extremadamente alta a la frecuencia ultra alta;

b) donde el primer equipo de usuario (20a) está configurado para comunicarse a través de una primera señal de comunicación frontend (21a_1) con el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una segunda señal de comunicación frontend (21a_2) con un segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220), o a través de la primera señal de comunicación frontend (21a_1) con el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una señal de comunicación directa (102) directamente con el primer grupo de redes de estaciones base (100a), donde la primera señal de comunicación frontend (21a_1) se convierte en una primera señal de comunicación backend (101a_1) utilizada para la comunicación con el primer grupo de redes de estaciones base (100a) por el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y donde la segunda señal de comunicación frontend (21a_2) se convierte en una segunda señal de comunicación backend (101a_2) utilizada para la comunicación con el primer grupo de redes de estaciones base (100a) por el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220);

c) donde el segundo equipo de usuario (20b) está configurado para comunicarse a través de una primera señal de comunicación frontend (21b_1) con el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una segunda señal de comunicación frontend (21b_2) con el segundo relé del lado del equipo de usuario compartido (220), o a través de una primera señal de comunicación frontend (21b_1) con el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y a través de una señal de comunicación directa (102) directamente con el segundo grupo de redes de estaciones base (100b), donde la primera señal de comunicación frontend (21b_1) se

convierte en una primera señal de comunicación backend (101b_1) utilizada para la comunicación con el segundo grupo de redes de estaciones base (100b) por el primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210) y donde la segunda señal de comunicación frontend (21b_2) se convierte en una segunda señal de comunicación backend (101b_2) utilizada para la comunicación con el segundo grupo de redes de estaciones base (100b) por el

5

d) donde el primer y el segundo equipo de usuario (20a, 20b) están configurados para agregar las primera y segunda señales de comunicación frontend (21a_1, 21a_2, 21b_1, 21b_2,) o la primera señal de comunicación frontend (21a_1, 21b_1,) y la señal de comunicación directa (102) para aumentar una velocidad de transmisión de datos disponible;

10

e) donde el controlador (50) está configurado

e1) para seleccionar los primeros recursos, donde una primera parte de los primeros recursos caracteriza las configuraciones de la primera señal de comunicación frontend (21a_1) y de la primera señal de comunicación backend correspondiente (101a_1) y donde una segunda parte de los primeros recursos caracteriza las configuraciones de la segunda señal de comunicación frontend (21a_2) y de la segunda señal de comunicación backend correspondiente (101a_2), para el primer equipo de usuario (20a) durante la comunicación con el primer grupo de estaciones base (100a); y e2) para seleccionar segundos recursos, donde una primera parte de los segundos recursos caracteriza las configuraciones de la primera señal de comunicación frontend (21b_1) y de la primera señal de comunicación backend correspondiente (101b_1) y donde una segunda parte de los segundos recursos caracteriza las configuraciones de la segunda señal de comunicación frontend (21b_2) y de la segunda señal de comunicación backend correspondiente (101b_2), para el segundo equipo de usuario (20b) durante la comunicación con el segundo grupo de estaciones base (100b),

15

20

e3) teniendo en cuenta los requisitos de velocidad de transmisión de datos y/o las capacidades de velocidad de transmisión de datos del primer y/o del segundo equipo de usuario (20a, 20b) y/o del primer y/o del segundo grupo de redes de estaciones base (100a, 100b) y/o de manera que las primeras señales de comunicación frontend (21a_1, 21b_1) del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) así como las segundas señales de comunicación frontend (21a_2, 21b_2) del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) puedan distinguirse entre sí y/o de manera que las pérdidas de transmisión causadas por interferencias en la primera señal de comunicación frontend (21a_1, 21b_1) y la segunda señal de comunicación frontend (21a_2, 21b_2) del primer y del segundo equipo de usuario (20a, 20b) se reduzcan,

25

30

e4) donde el controlador (50) está configurado para controlar, a través de una señal de control, el primer y/o el segundo equipo de usuario (20a, 20b) y/o el primer y/o el segundo relé del lado del equipo de usuario (210, 220), y e5) el controlador (50) tiene acceso a toda la información relevante proporcionada por los dispositivos del sistema o disponible en un canal de control.

35

21. El primer relé del lado del equipo de usuario compartido (210, 220) según una de las reivindicaciones 1-15, que se asigna a ambos equipos de usuario (20a, 20b) simultáneamente.

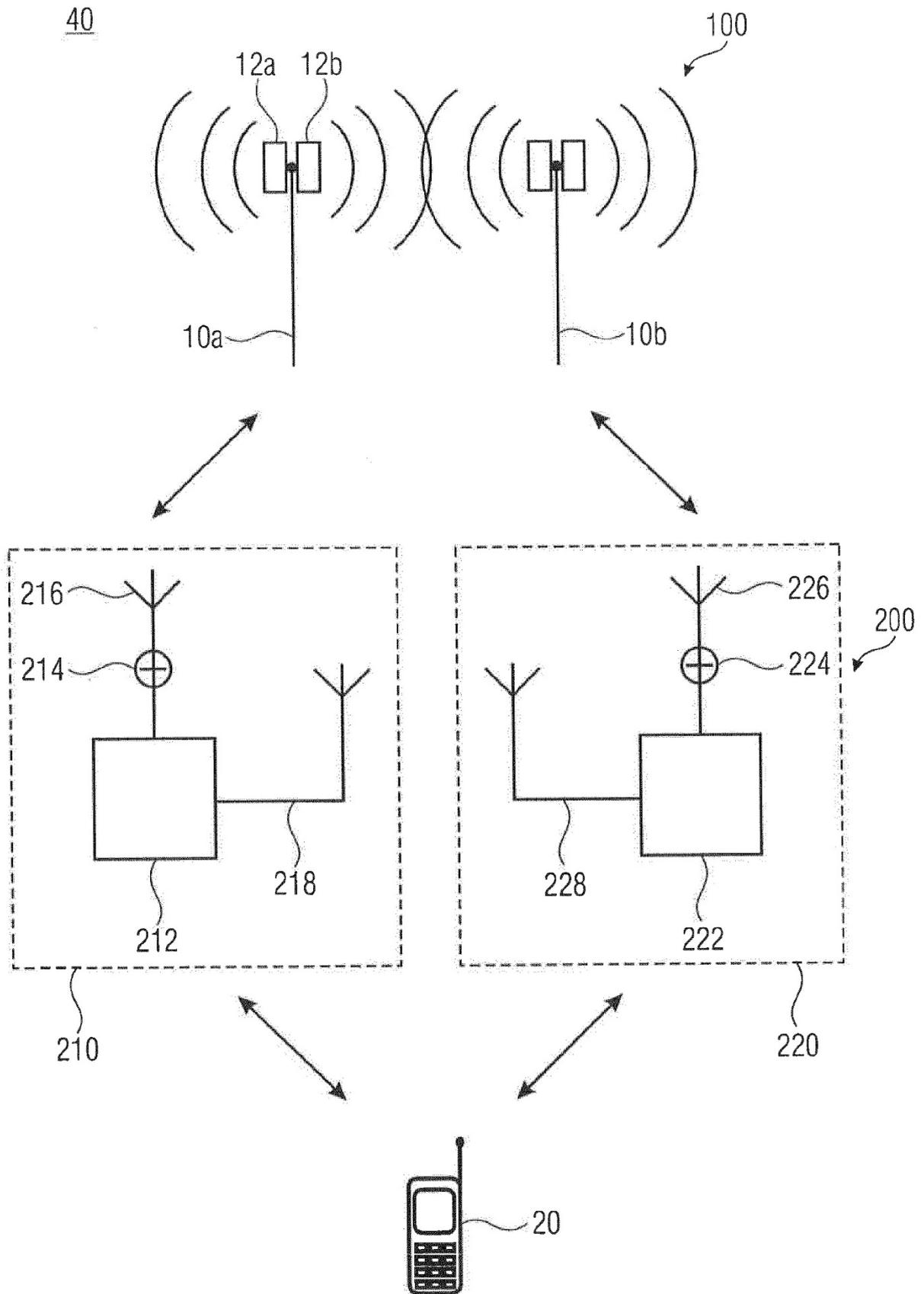


FIG 1A

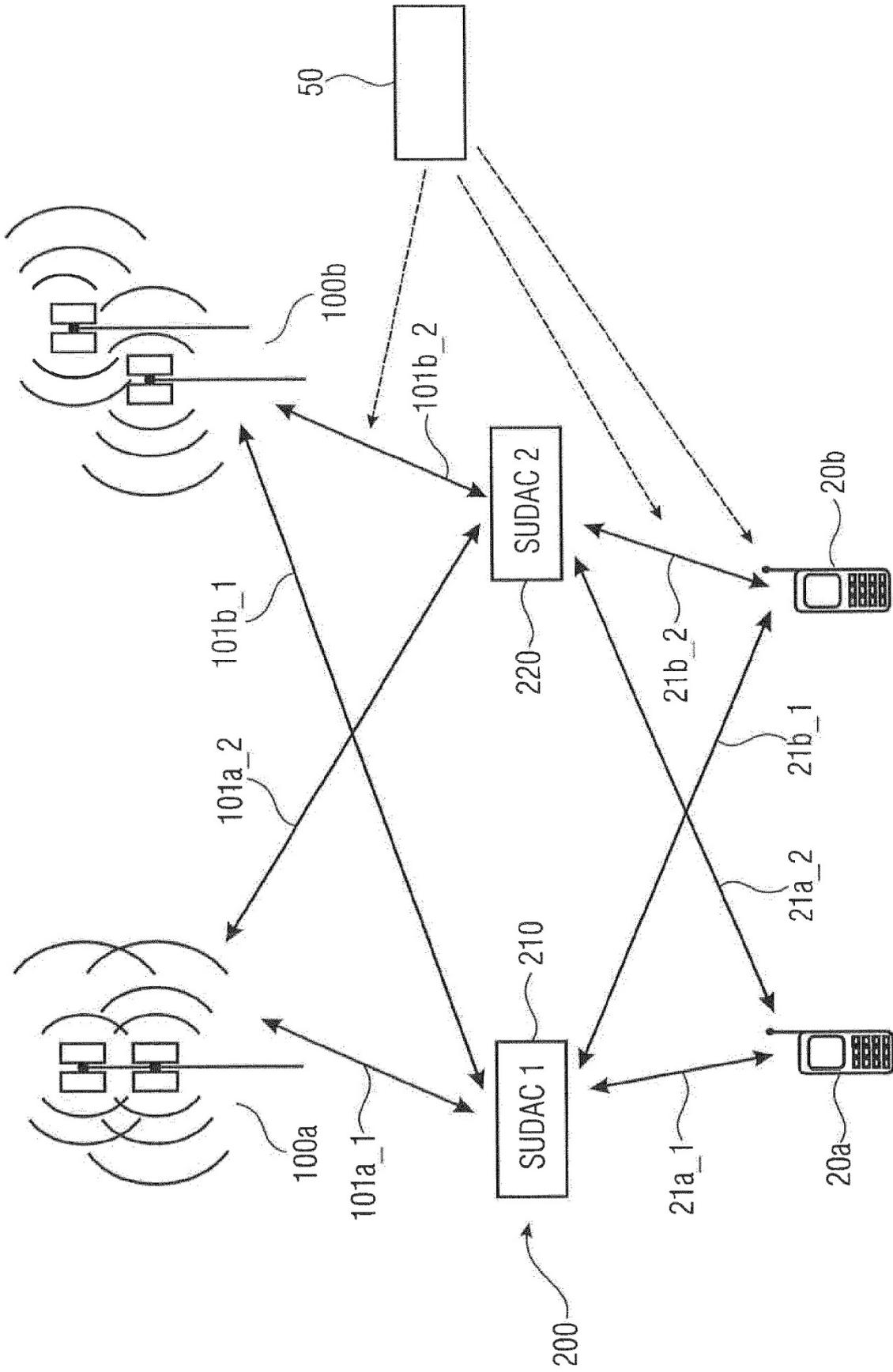


FIG 1B

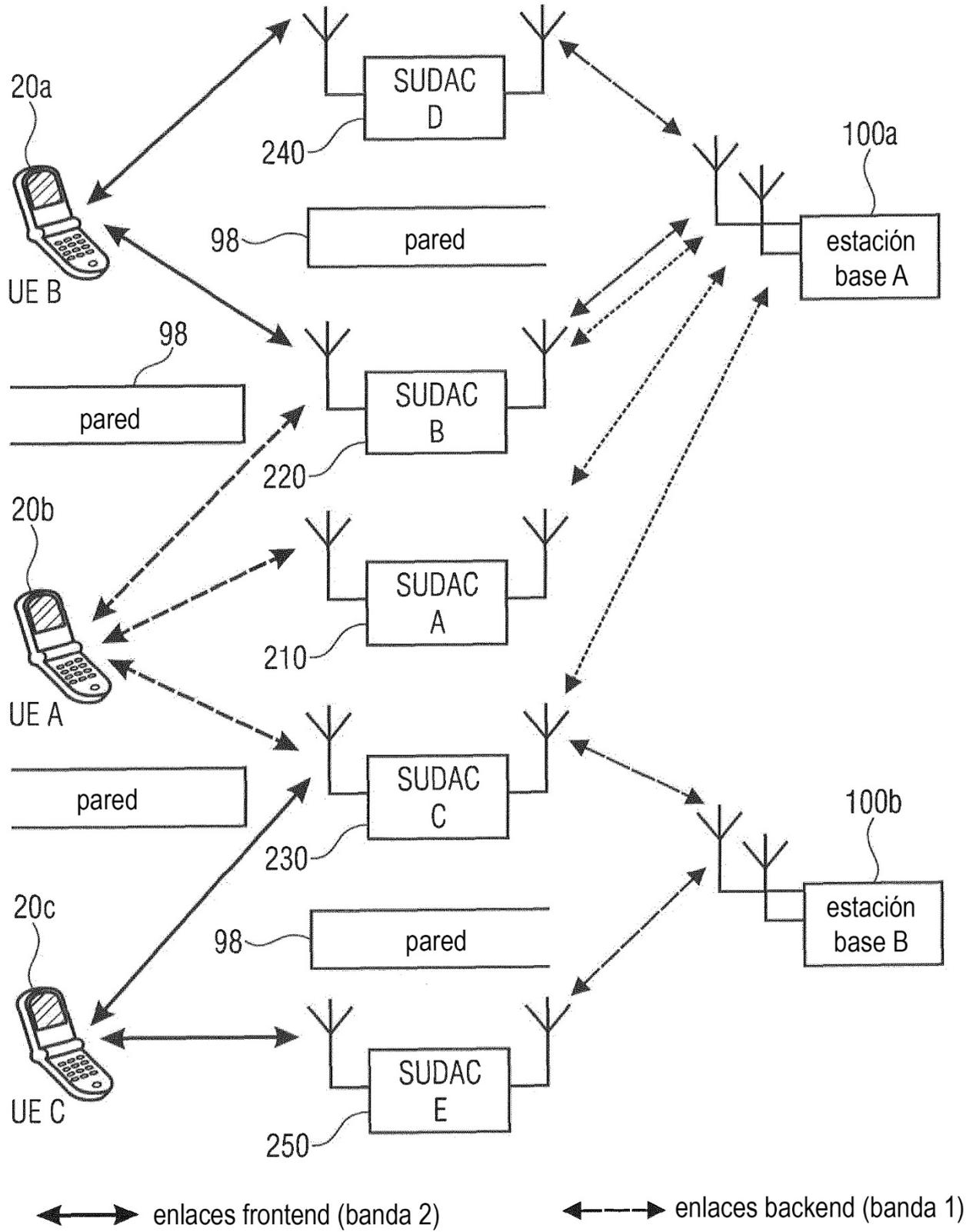


FIG 1C

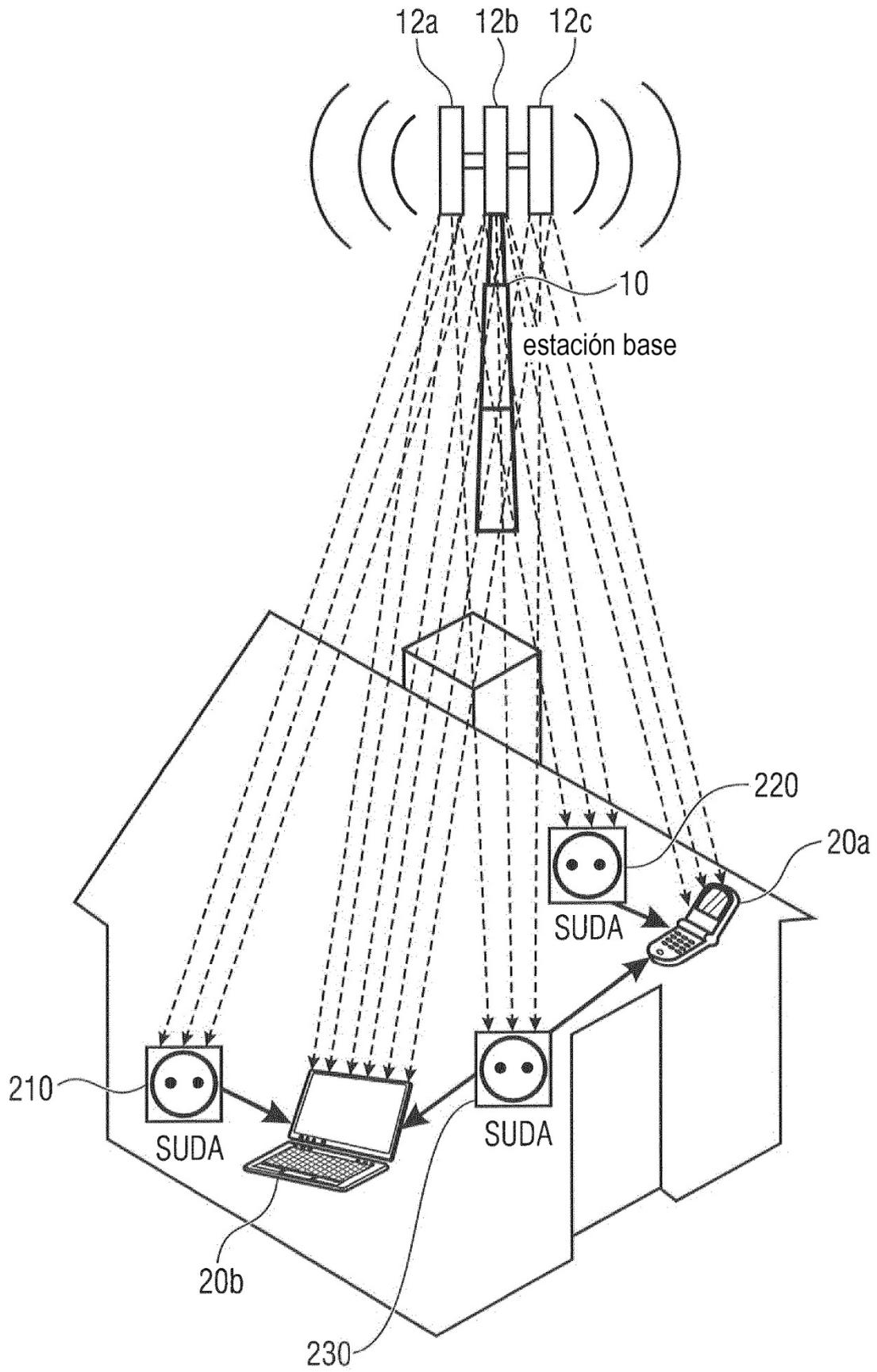


FIG 1D

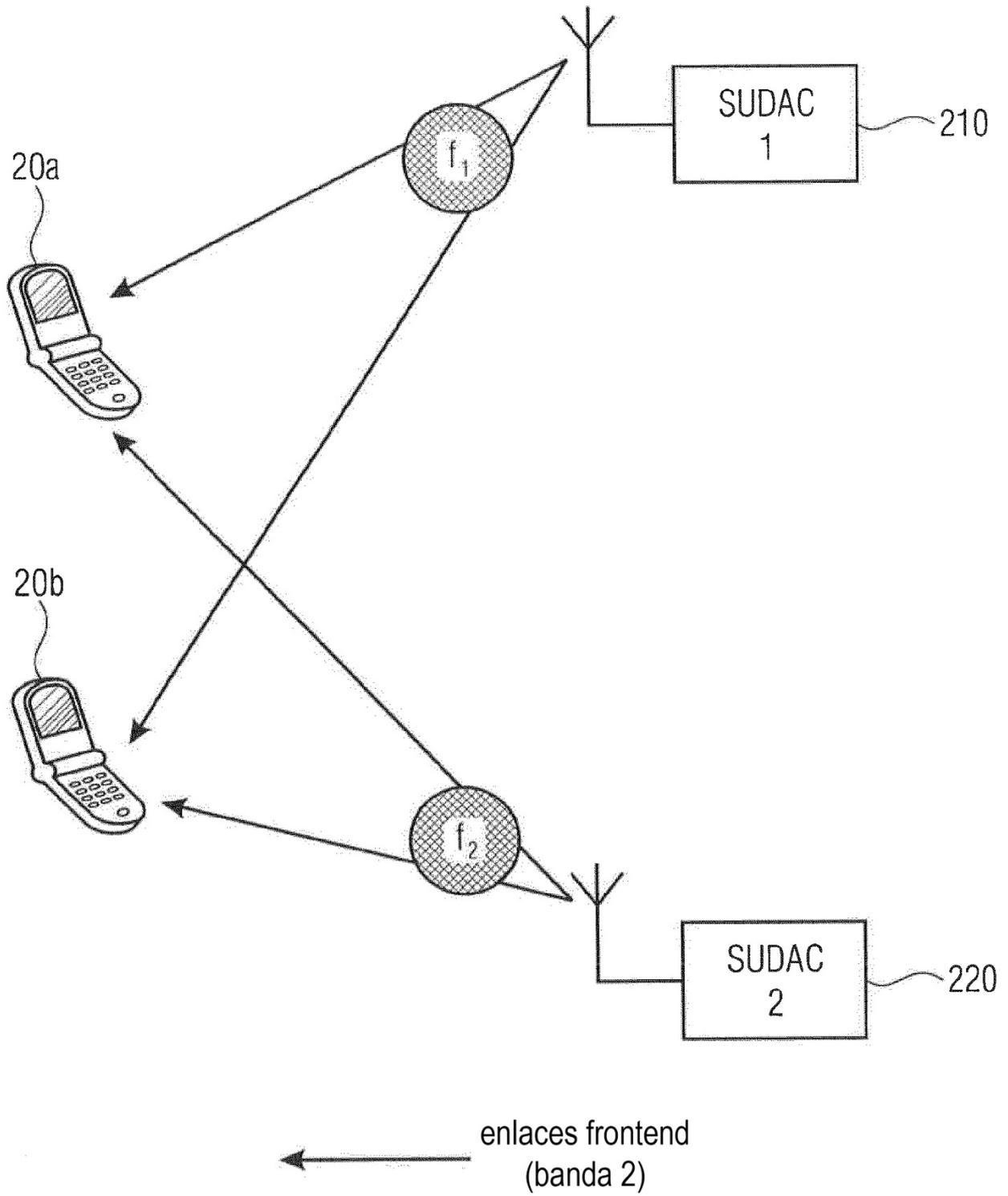


FIG 2

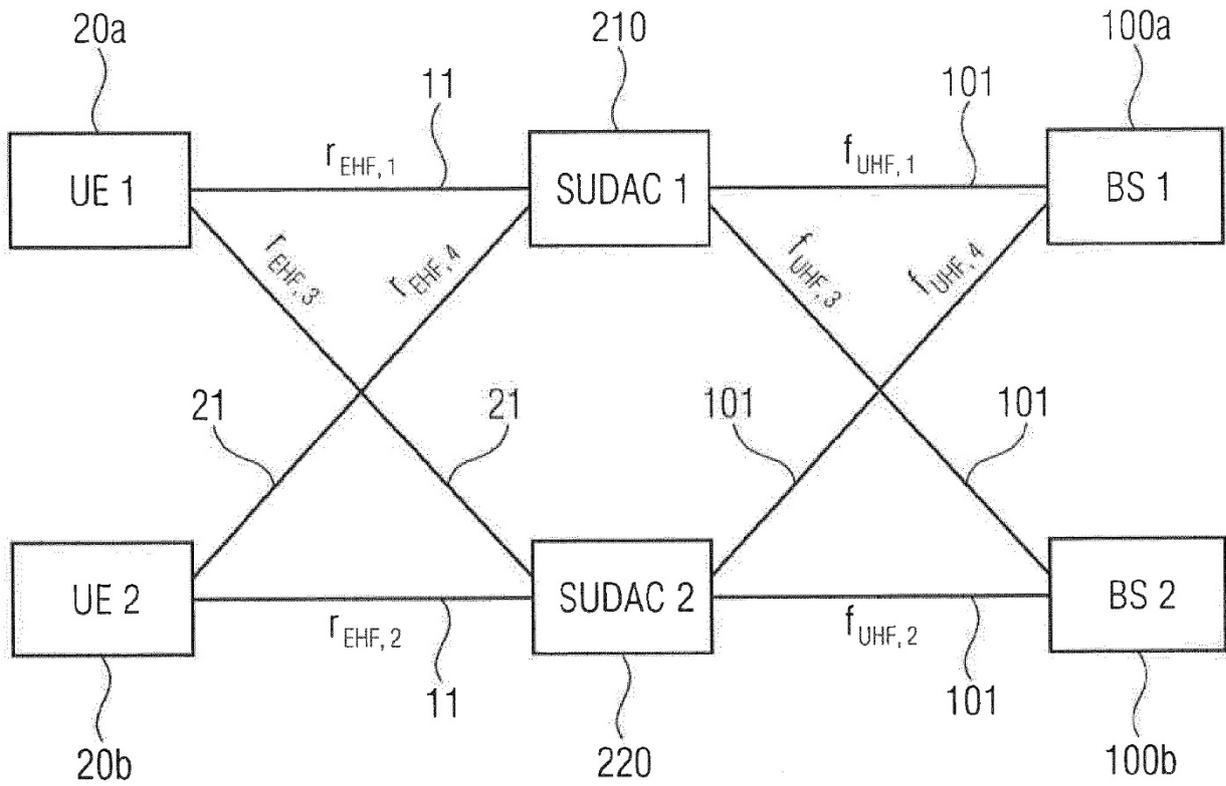


FIG 3A

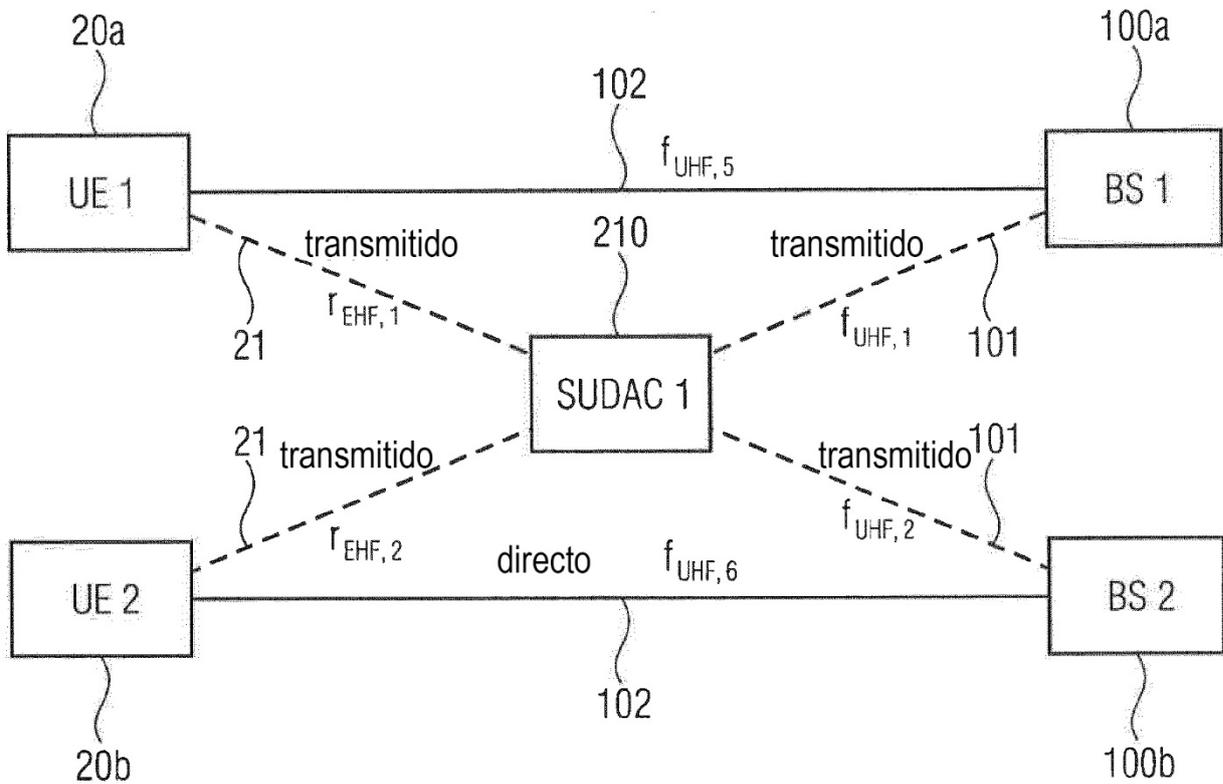


FIG 3B

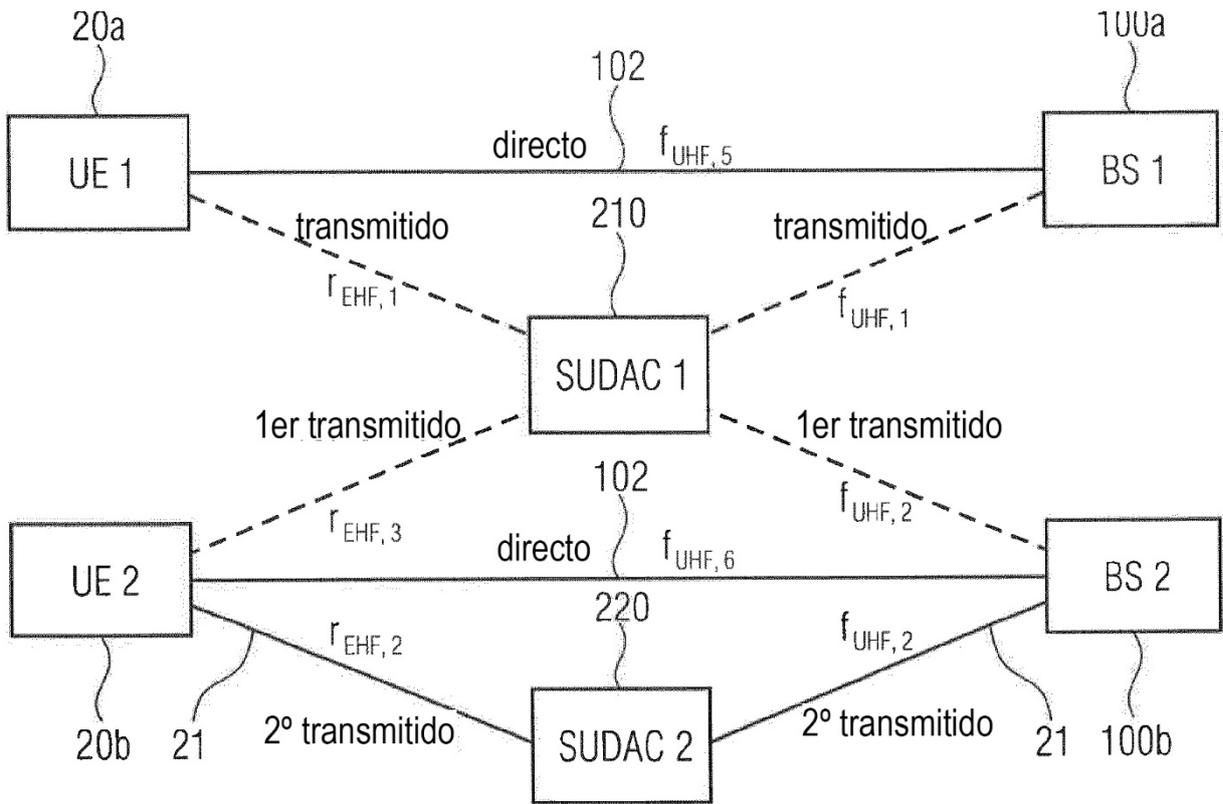


FIG 3C

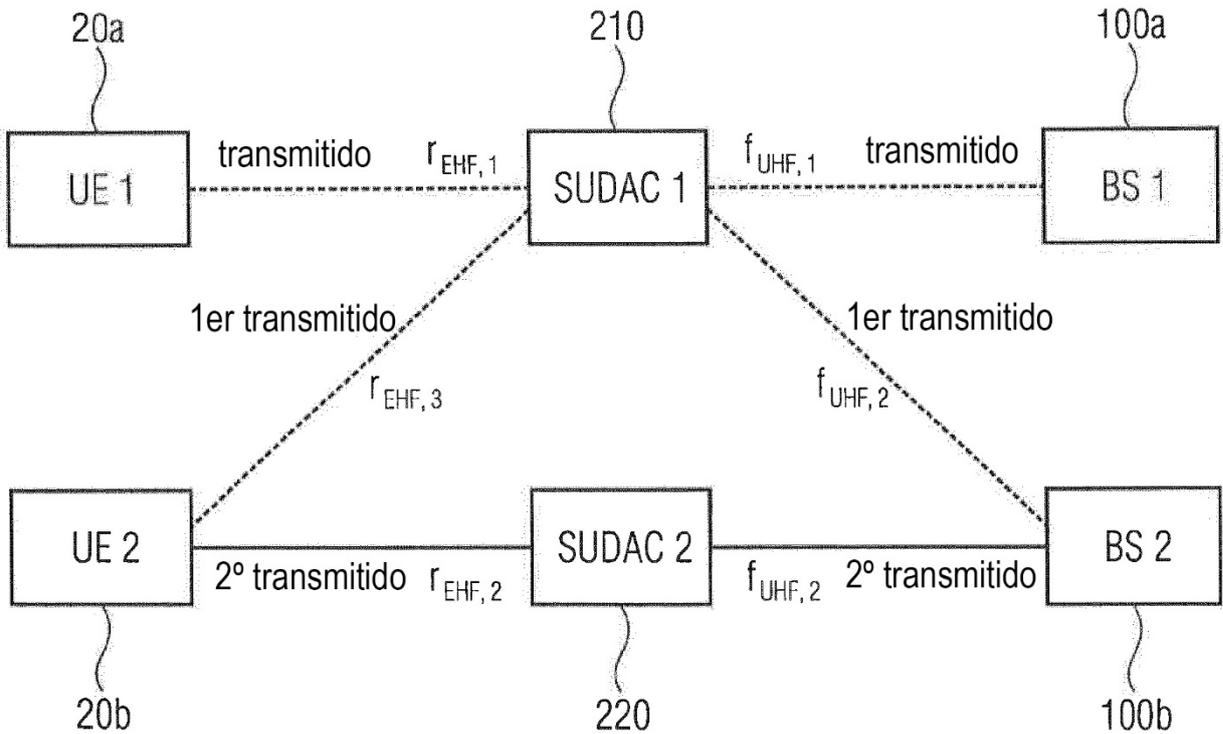


FIG 3D

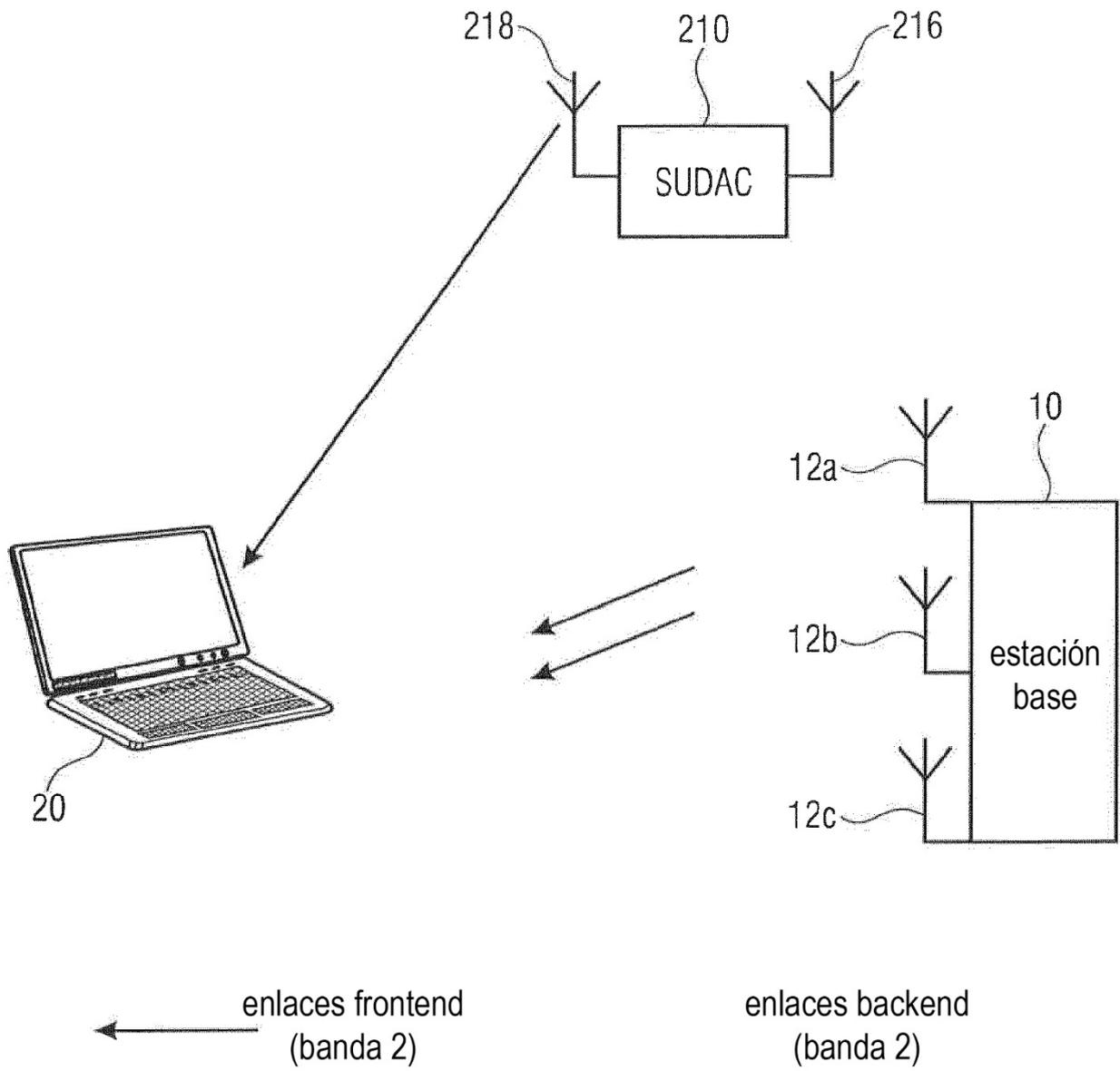


FIG 4

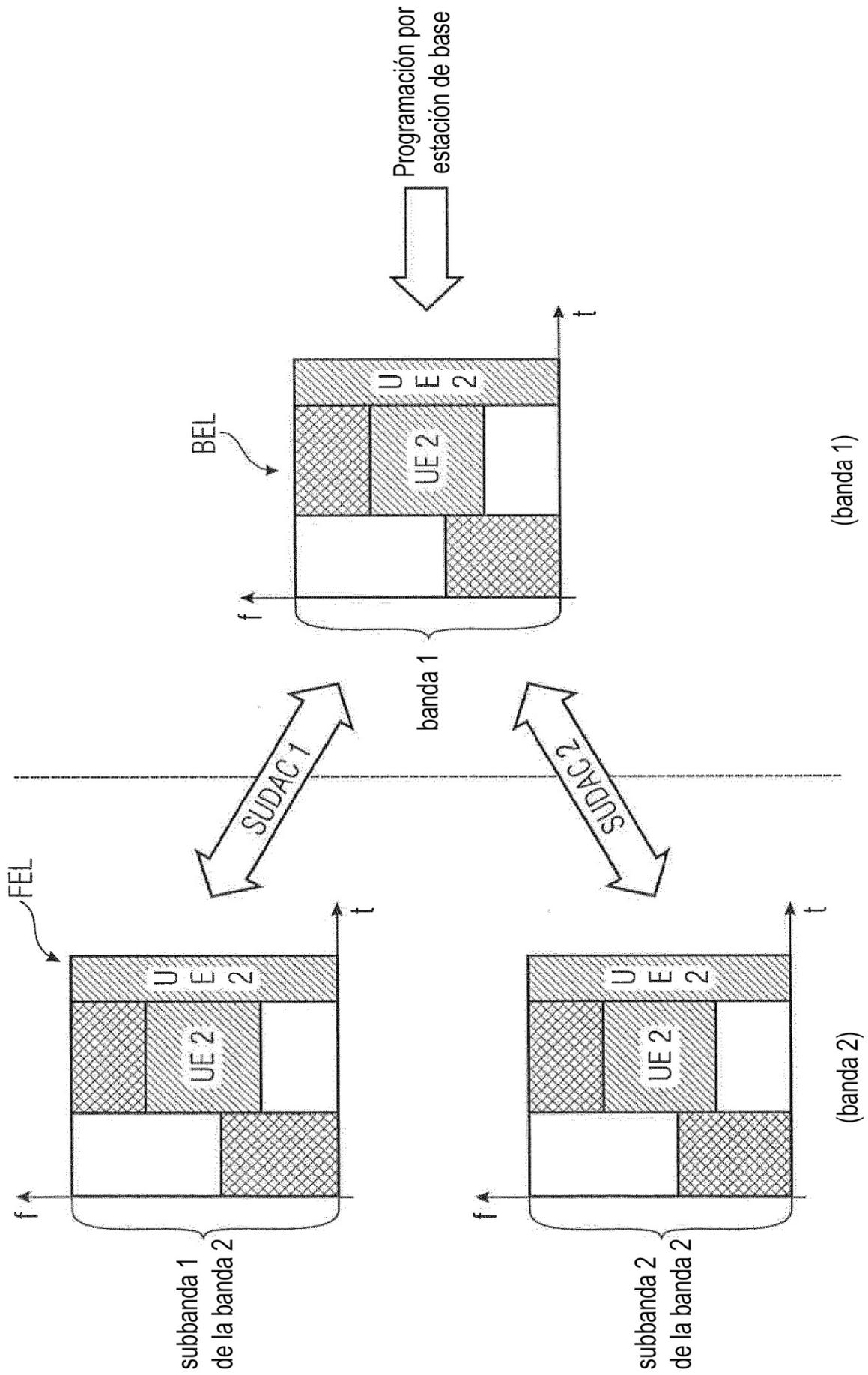


FIG 5A

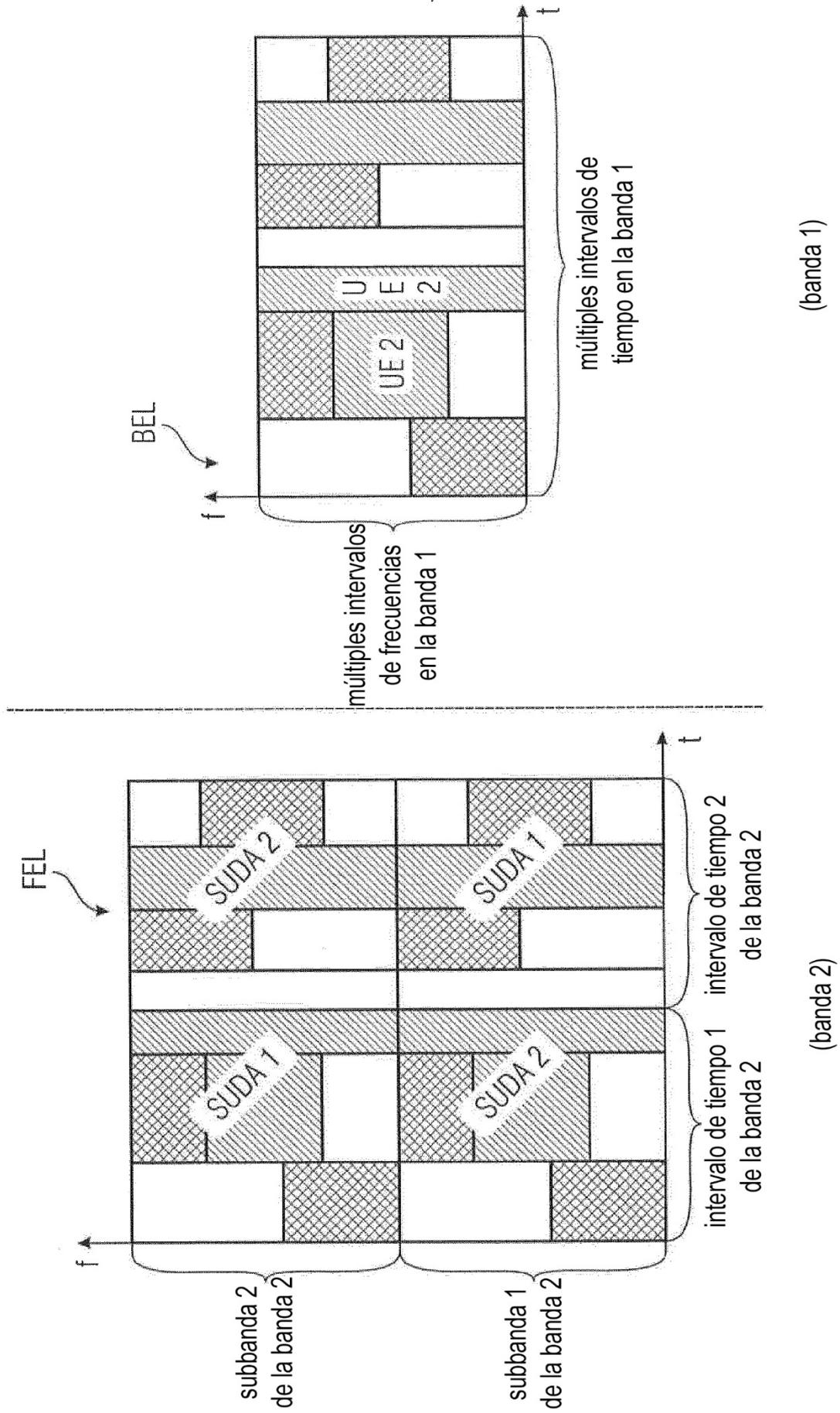


FIG 5B

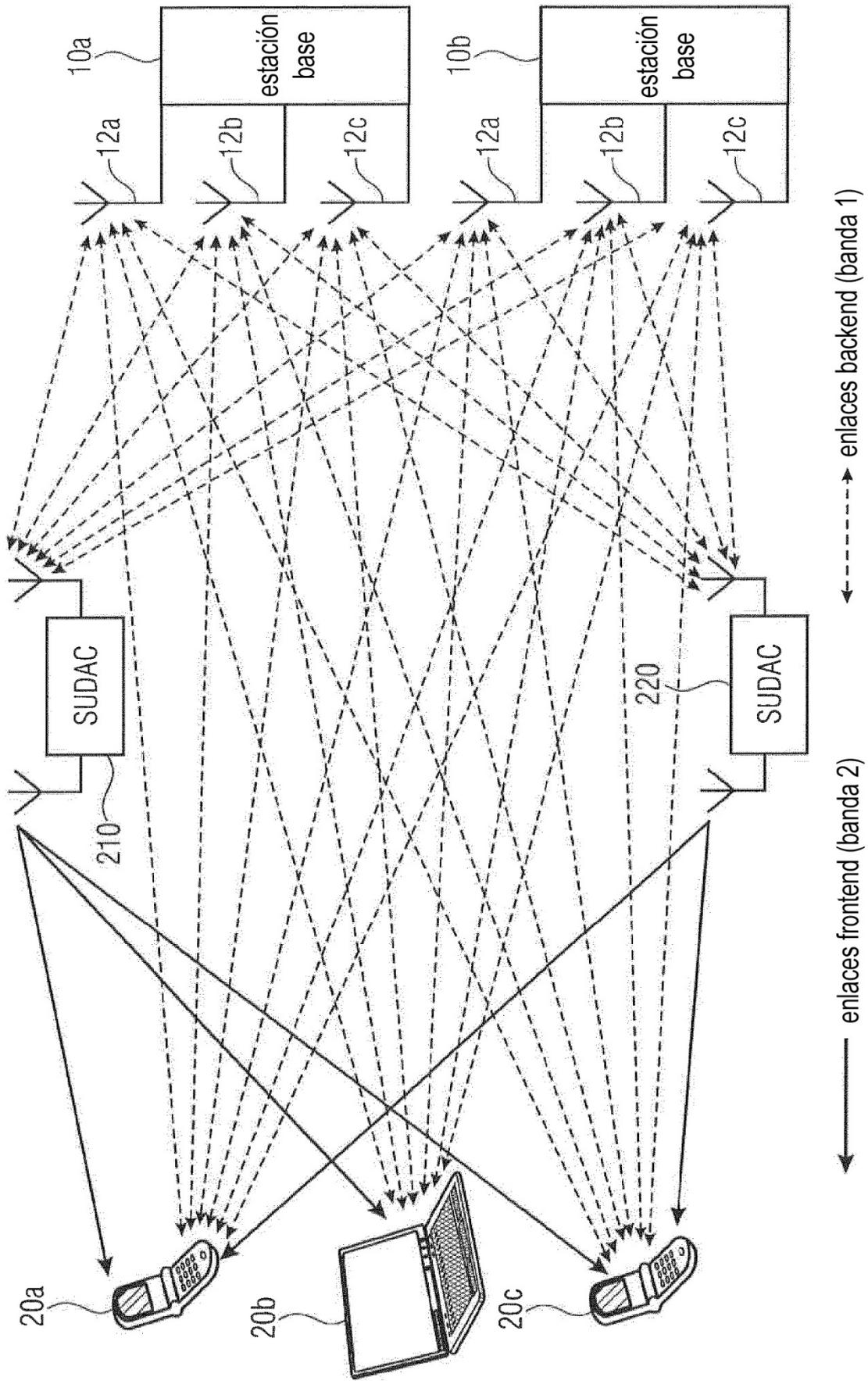


FIG 6

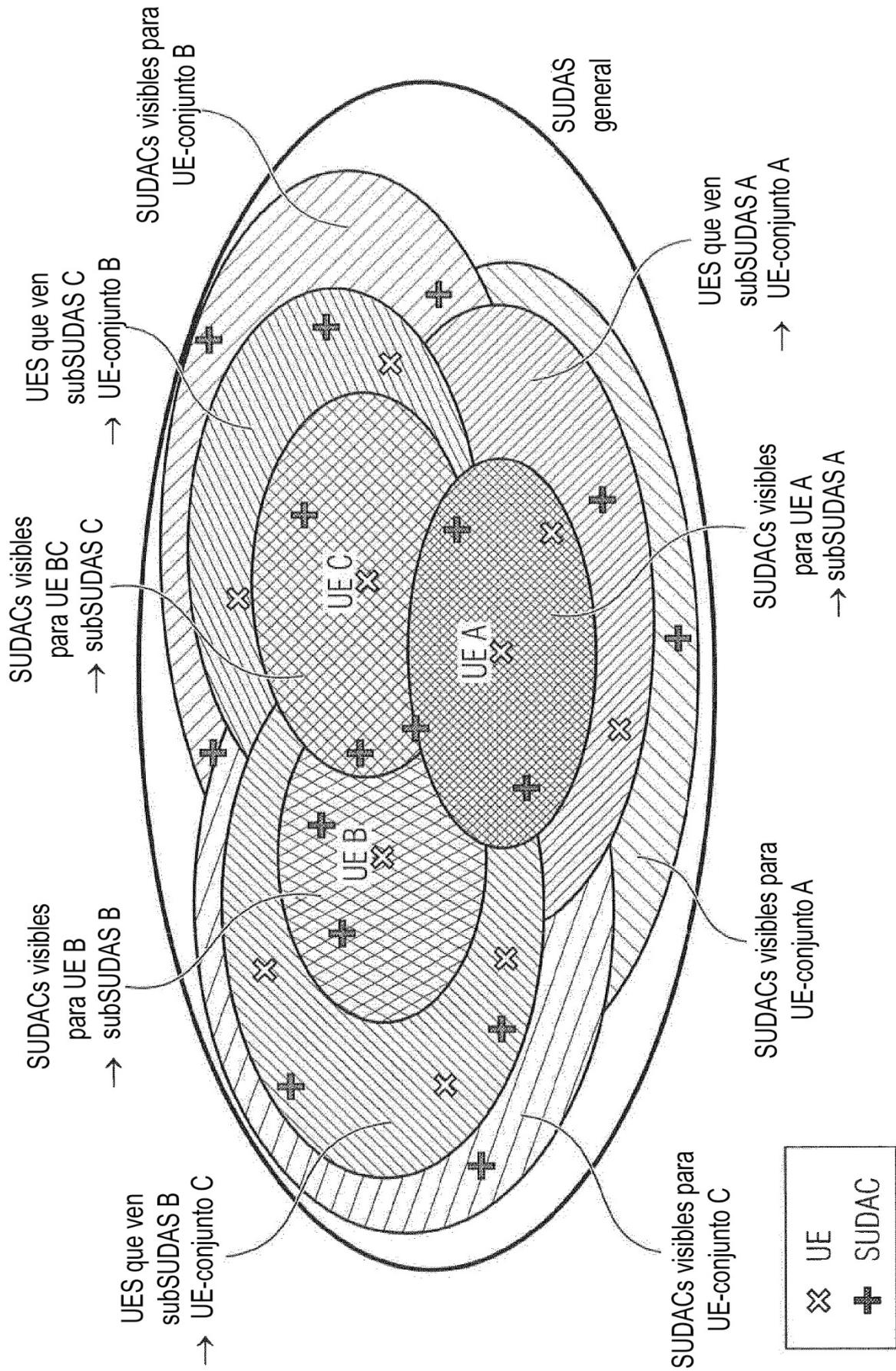


FIG 7

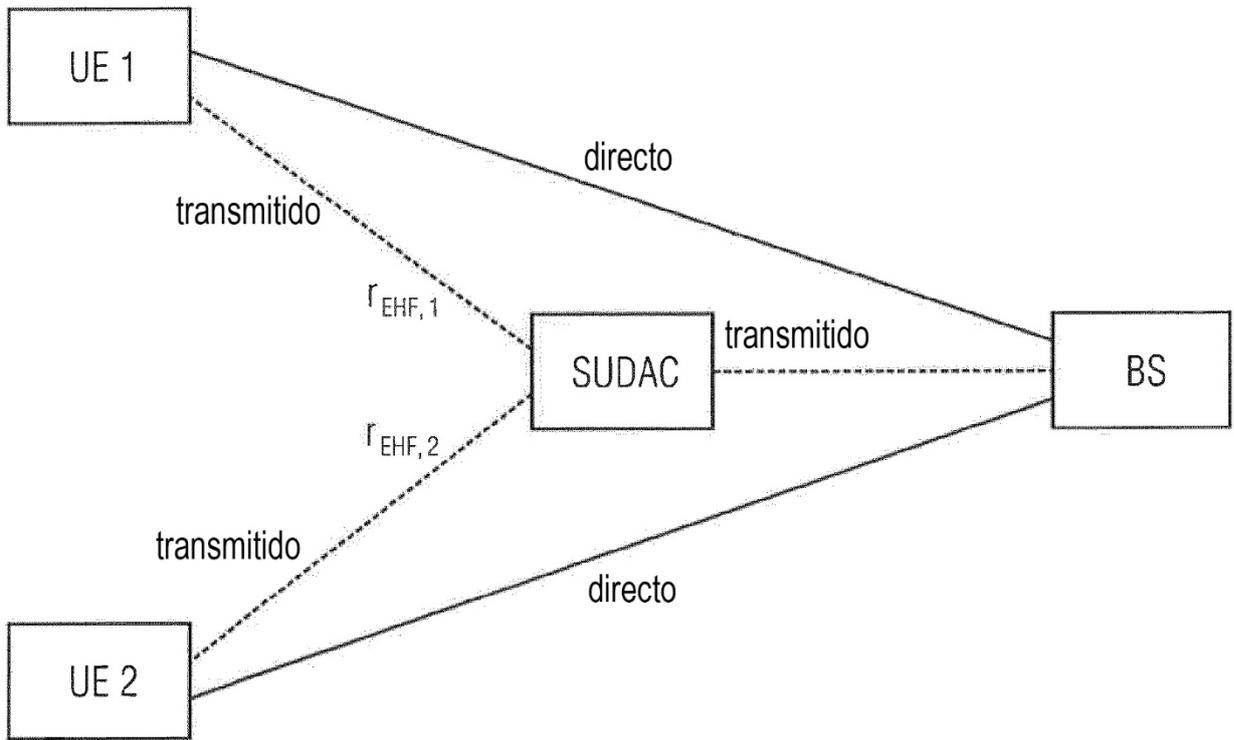


FIG 8A

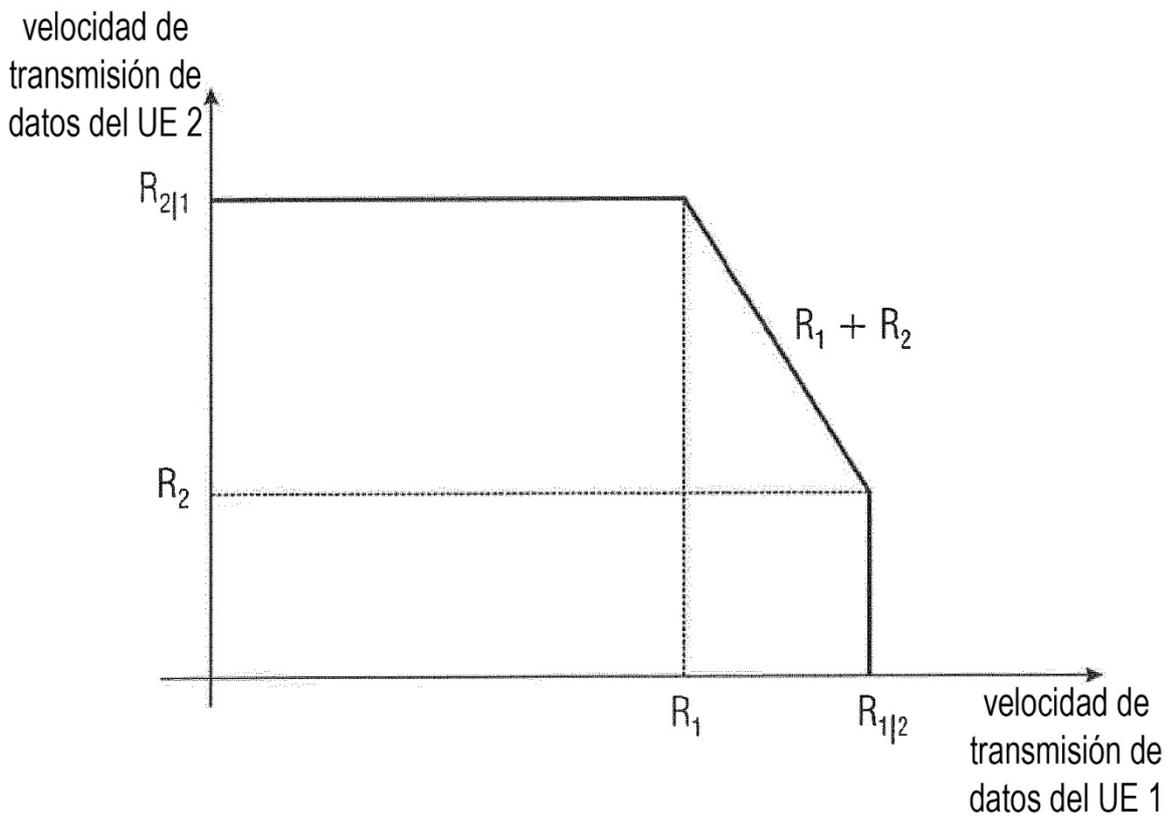


FIG 8B

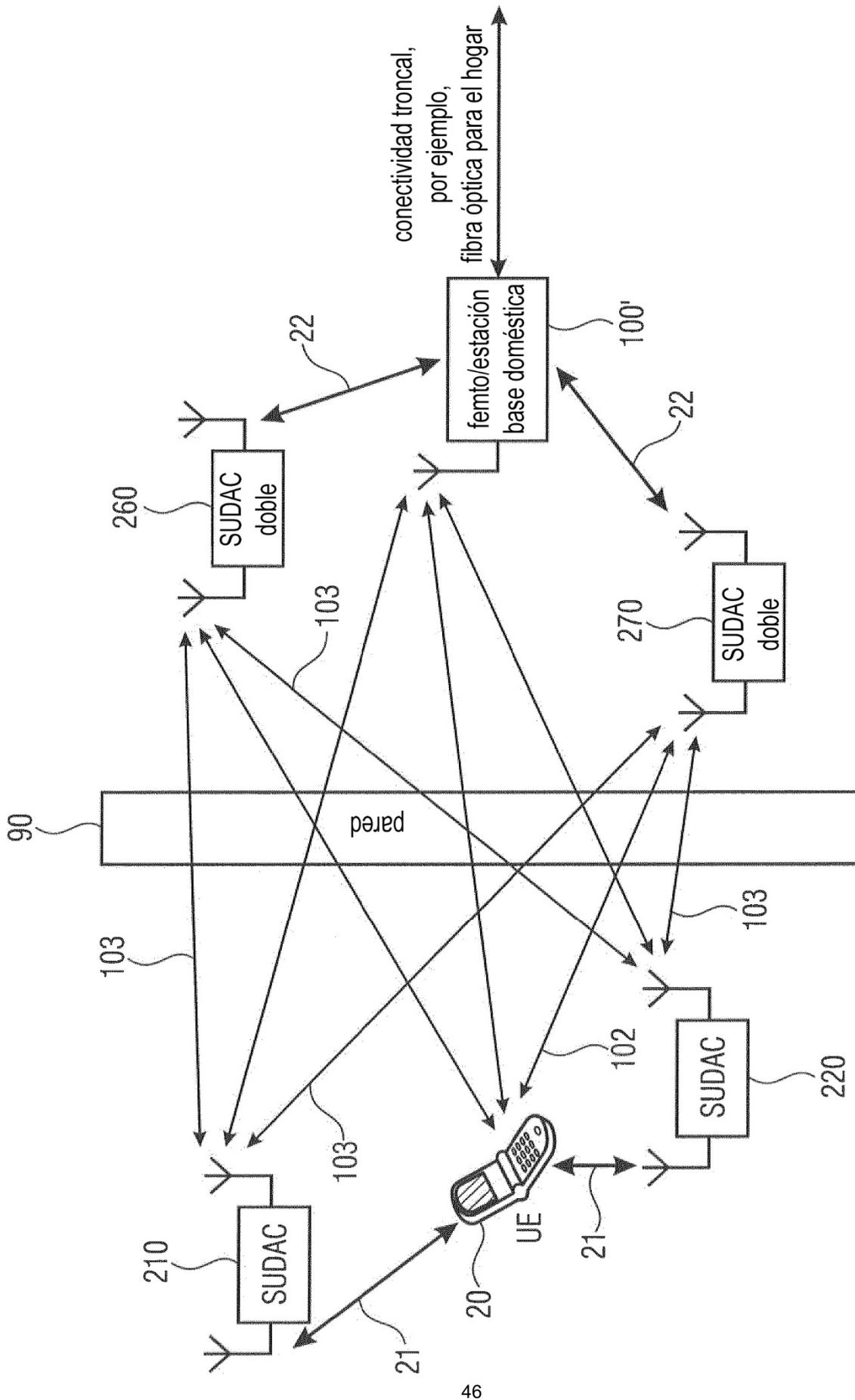


FIG 9A

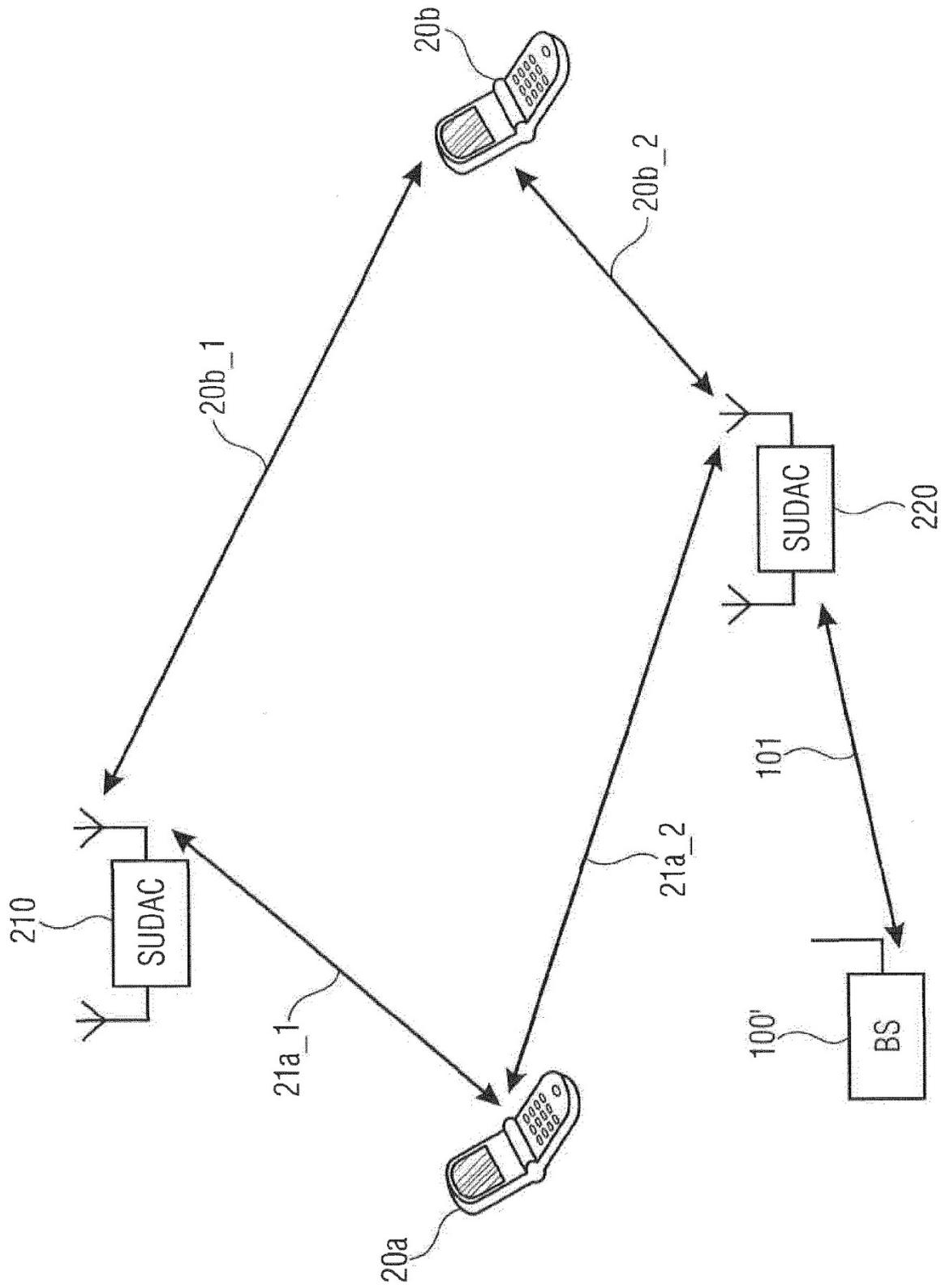


FIG 9B

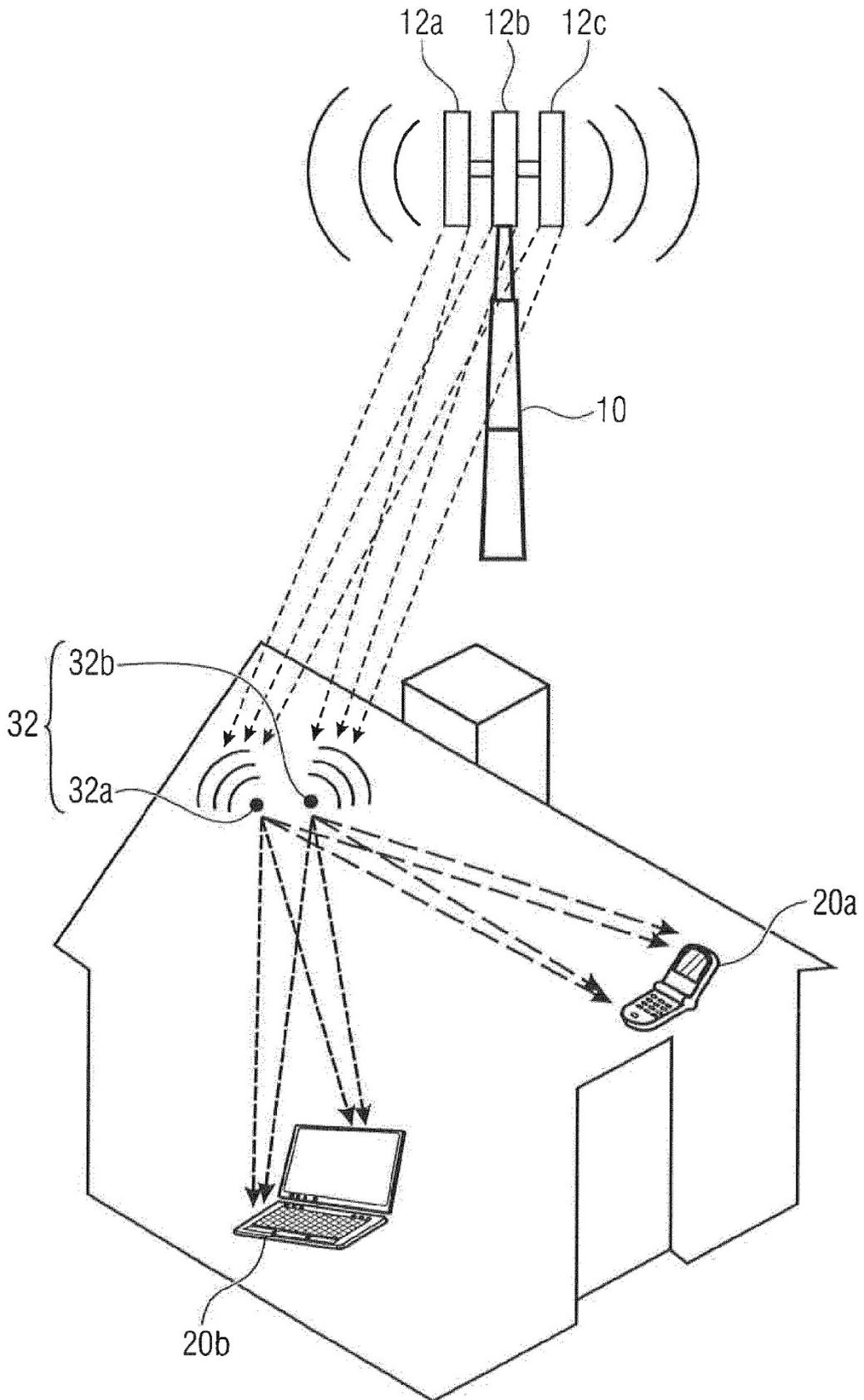


FIG 10A

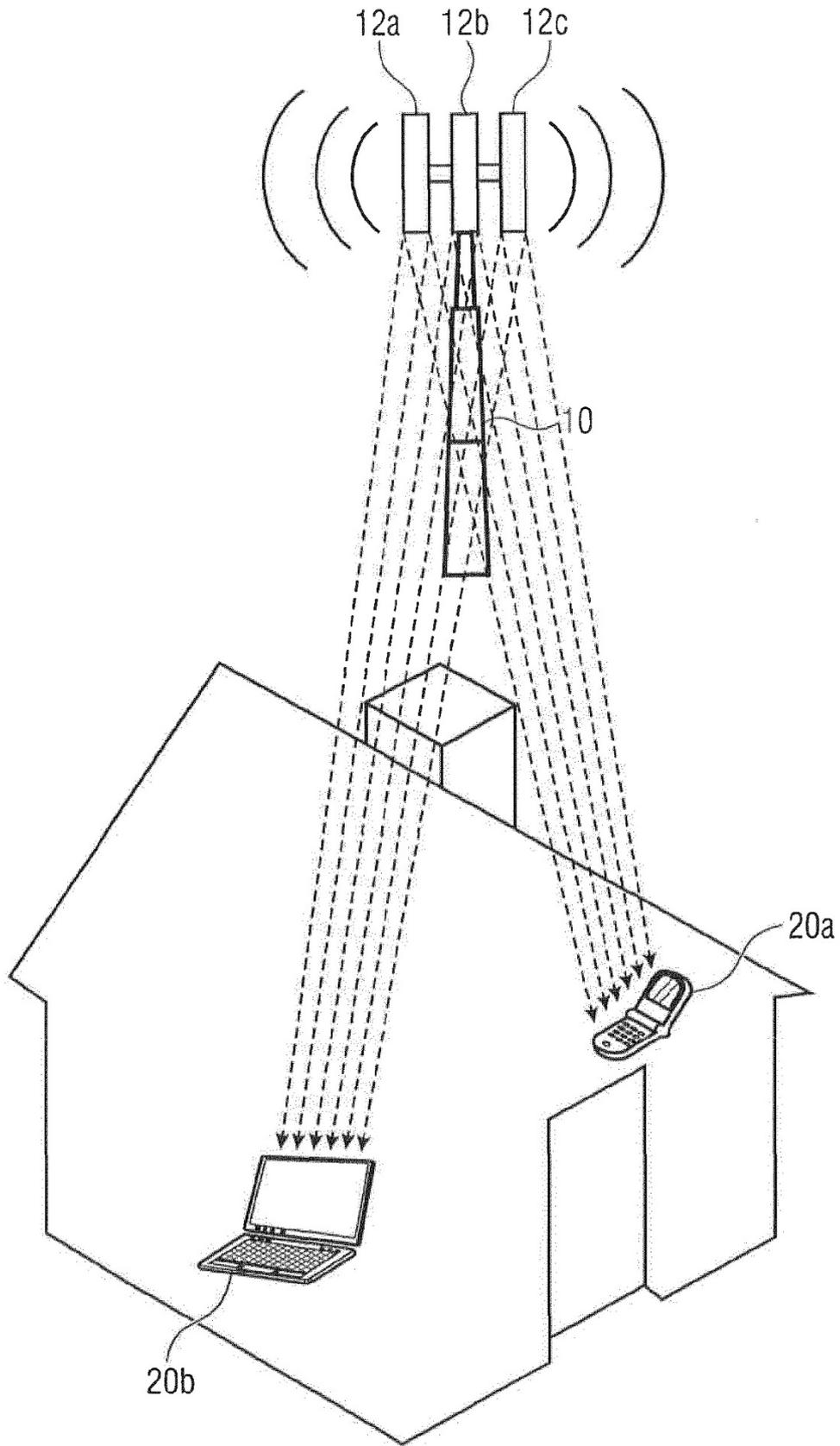


FIG 10B